



**Región de Los Ríos**  
GOBIERNO REGIONAL  
Corporación Regional de  
Desarrollo Productivo



**Región de Los Ríos**  
GOBIERNO REGIONAL

**INFORME FINAL**  
**“PLAN DE ZONIFICACIÓN**  
**EDAFOCLIMÁTICA PARA EL CULTIVO DEL**  
**LÚPULO EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS”**  
**BIP 40001371-0**

**Proyecto financiado a través del Fondo de Innovación para la**  
**Competitividad Regional (FIC-R) del Gobierno Regional y su Consejo**  
**Regional**

**Estudio ejecutado por**  
**Universidad Austral de Chile**



**Valdivia, agosto 2022**

## INDICE

INTRODUCCIÓN	4
PRODUCTO 1. DESARROLLAR UN PLAN DE ZONIFICACIÓN DE LA APTITUD PRODUCTIVA DEL LÚPULO BAJO CONDICIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y FUTURAS TENDIENTE A SU PROYECCIÓN DE MASIFICACIÓN EN LA REGIÓN	5
Antecedentes generales	5
1.1. Coordinación y control	7
1.2. Preparación y generación de información de suelos	8
1.3. Preparación y generación de información de clima	22
1.4. Modelamiento ecofisiológico y bioquímico (comportamiento de alfa y beta ácidos) del lúpulo. Estudio de relaciones ecofisiológicas y bioquímicas con variables y parámetros ambientales.	53
1.5. Modelo de aptitud productiva por clima y suelo.	54
1.6. Zonificación edafoclimática de la aptitud productiva (rendimiento y calidad, bajo condiciones de clima actuales y futuras, de lúpulo en la Región de los Ríos.	57
1.7. Validación del plan de zonificación con actores regionales pertinentes	79
2. DESARROLLAR UN PATIO DEMOSTRATIVO CON DIVERSOS ECOTIPOS Y VARIEDADES DE LÚPULO QUE FACILITARÁ LA INVESTIGACIÓN, DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA LAS TECNOLOGÍAS APROPIADAS PARA ESTE CULTIVO EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS	80
2.1. Diseño del Patio de Lúpulos	80
2.2. Adquisición y caracterización de ecotipos locales y variedades comerciales	89

2.3. Construcción estructural y acondicionamiento del Patio	97
2.4. Plantación de ecotipos y variedades	99
2.5. Manejo agronómico del Patio de variedades	101
2.6. Identificación genética de aquellas variedades de lúpulo asociadas al proyecto	112
2.7. Evaluación del comportamiento fenológico y productivo de diversos ecotipos y variedades.	116
2.8. Estudio de indicadores bioquímicos	131
2.9. Elaboración de cerveza en base a diferentes lúpulos, análisis químico y sensorial	133
2.10. Caracterización Ecofisiológica de accesiones de lúpulo	140
2.11. Estudio de la incidencia y severidad de Mildiú ( <i>Pseudoperonospera humuli</i> )	149
2.12. Evaluación económica y financiera, basados en los costos de instalación del patio demostrativo y la rentabilidad del cultivo	153
2.13. Definición y validación de aquellas variedades más aptas para el cultivo de Lúpulo de acuerdo a parámetros agronómicos, productivos, económico-financieros, bioquímicos y organolépticos para la Región. Recomendaciones para su cultivo y cosecha	190
2.14 Días de campo y talleres de transferencia tecnológica en los patios demostrativos.	194
3. REALIZAR UN PLAN DE DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA HACIA LOS PRODUCTORES Y PÚBLICO INTERESADO DE LA REGIÓN DE LOS RÍOS BASADO EN LOS RESULTADOS DE LA ZONIFICACIÓN	209
3.1. Seminario de lanzamiento del proyecto	209
3.2. Seminario de cierre del proyecto	211

3.3 Visita de captura tecnológica a centros de investigación y desarrollo en lúpulo, empresas y agricultores en República Checa (Región de Zatec) y Bélgica	213
3.4. Días de campo y talleres de transferencia tecnológica para productores, profesionales y técnicos	216
3.5. Desarrollo de Manual técnico-productivo-económico del lúpulo en la Región de los Ríos, que incluirá las proyecciones del cultivo regional emanadas del Plan de Desarrollo orientados hacia productores, profesionales y técnicos	217
3.6. Incorporación de los resultados del Plan de Zonificación en soportes digitales, software, web	218
3.7 Redacción de publicaciones científicas y de divulgación, participación en seminarios nacionales y/o internacionales	220
CONCLUSIONES	221
REFERENCIAS	234

## INTRODUCCIÓN

El Presente Informe corresponde al estudio “Plan de zonificación edafoclimática para el cultivo del lúpulo en la Región de los Ríos”, que tiene como propósito apoyar técnicamente la creación e implementación de un plan de zonificación regional para el cultivo del lúpulo, utilizando metodologías de planificación territorial y softwares especializados. El proyecto busca generar instancias para potenciar y fortalecer el desarrollo del cultivo del lúpulo, con fines comerciales para abastecer la industria regional, nacional e internacional.

El objetivo general del estudio es desarrollar e implementar un plan de zonificación edafoclimática del lúpulo y transferir las tecnologías apropiadas a los territorios de la Región de los Ríos, tendiente a desarrollar su comercialización tanto a nivel nacional, como internacional.

Los objetivos específicos son:

1. Desarrollar un Plan de Zonificación de la aptitud productiva del lúpulo bajo condiciones climáticas actuales y futuras tendiente a su proyección de masificación en la Región de los Ríos
2. Desarrollar un patio demostrativo con diversos ecotipos y variedades de lúpulo que facilitará la investigación, divulgación y transferencia de tecnologías apropiadas para este cultivo en la Región de los Ríos.
3. Realizar un plan de divulgación y transferencia tecnológica hacia los productores y público interesado de la Región de los Ríos basado en los resultados de la Zonificación de Aptitud productiva.

Para responder a cada objetivo se propuso una serie de actividades, cuya ejecución y alcances es detallado en presente informe.

## **PRODUCTO 1. DESARROLLAR UN PLAN DE ZONIFICACIÓN DE LA APTITUD PRODUCTIVA DEL LÚPULO BAJO CONDICIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y FUTURAS TENDIENTE A SU PROYECCIÓN DE MASIFICACIÓN EN LA REGIÓN**

### **Antecedentes generales**

El Lúpulo (*Humulus lupulus*), es uno de los 4 ingredientes básicos en la elaboración de cerveza que aporta los sabores amargos y aromas que dan un sabor más equilibrado y característico para cada tipo de cerveza. La producción de alfa y beta ácidos en los conos de lúpulo varía con el ecotipo y la condición edafoclimática en que este se desarrolle por lo cual sus características son ampliamente dependientes de la condición ambiental. Por lo anterior es que el presente estudio permitió obtener un plan de zonificación, para el desarrollo del cultivo en la región de los Ríos y su proyección en escenarios de cambio climático.

El lúpulo, es una especie que requiere temperaturas entre 15 y 19°C, precipitaciones de 400-700 mm durante el ciclo del cultivo y una ventana de fotoperiodo largos durante la etapa vegetativa y de días que comienzan a acortarse en la etapa reproductiva (Teuber, 2001). Es una perenne, de hábito trepador, con una raíz pivotante que puede llegar a 1,5 metros en profundidad y más de 2 metros lateralmente. Genera una corona subterránea de rizomas semileñosos a partir de los cuales desarrolla anualmente su parte aérea. La parte aérea, crece hasta los 7 metros de alto y produce flores masculinas agrupadas que producen polen, en el caso de las plantas macho, o inflorescencias femeninas condensadas, comúnmente llamadas conos, en el caso de plantas hembra (Neve, 1991; Teuber, 2001). Su ciclo de vida anual es de 150 a 210 días y su vida útil es de un rango de 12 a 15 años (Magadan et al., 2011). Se desarrolla bien en suelos profundos, con pH 5,5 a 6,5.

El estudio completo contempla el análisis de las variables climática y edáficas a nivel de la región de los Ríos, además del estudio del crecimiento y desarrollo de 3 ecotipos (Ranco, Valdivia y La Unión), y dos variedades (Hallentahuer y Tradition) en dos sitios específicos: Estación de innovación Territorial de Máfil, en la provincia de Valdivia y sector Vivanco en la provincia del Ranco (Figura 1). En estos sitios se establecieron dos patios de lúpulo, que permitirán alimentar el modelo ecofisiológico del cultivo, para su modelación y zonificación edafoclimática.

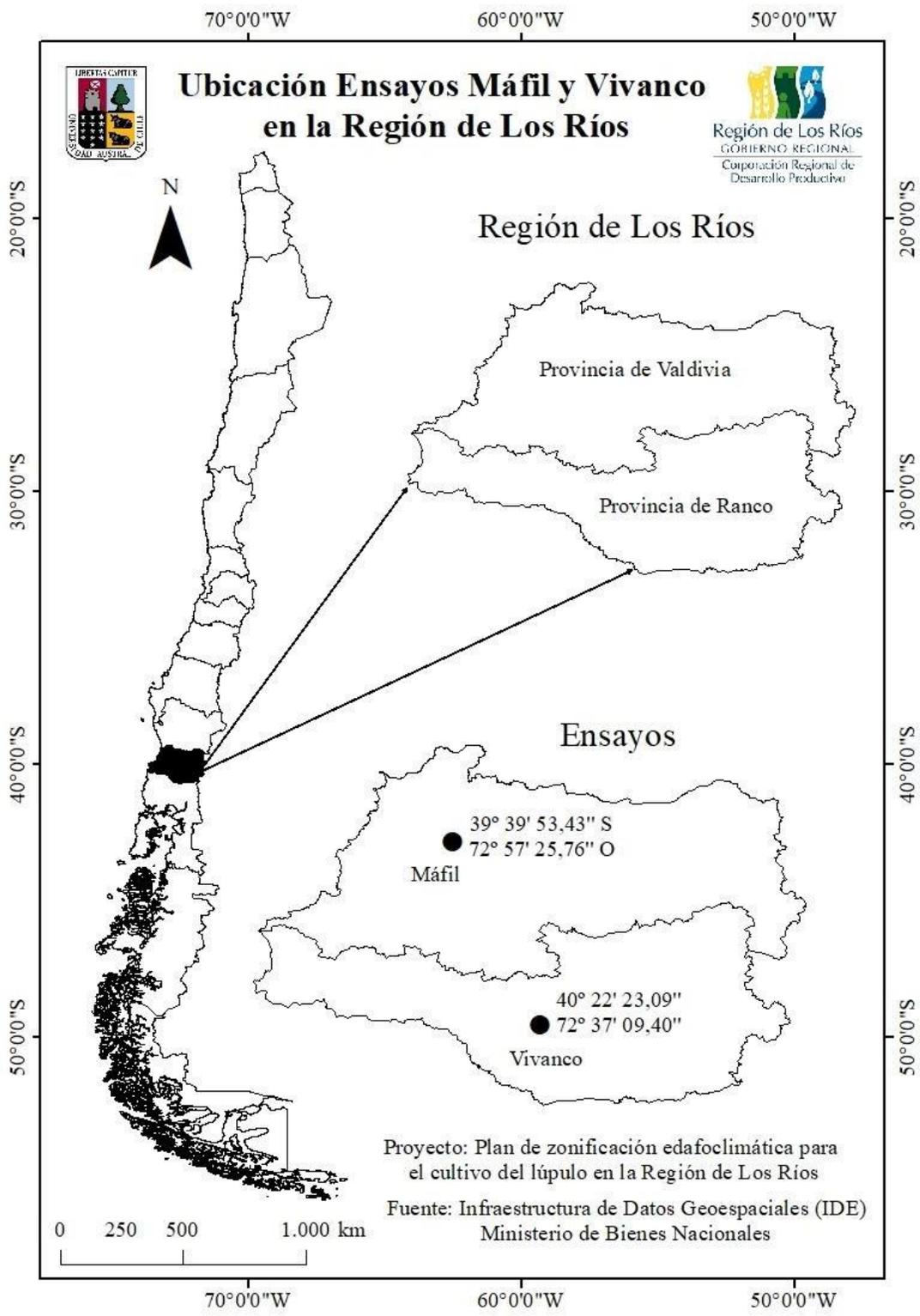


Figura 1. Ubicación geográfica de las provincias de la región de los Ríos y los sitios específicos que considera el estudio.

Las actividades referentes a la zonificación edafoclimática han sido desarrolladas conforme a la carta Gantt y de acuerdo a la metodología planteada en el proyecto. Es bueno aclarar que la zonificación edafoclimática es el producto final de este estudio, por lo cual en esta etapa solo se tienen componentes de ésta, tales como, información de suelo e información de clima, la cual compone bases de datos numéricas difíciles de mostrar. No obstante, atendiendo a la necesidad de visualizar los avances en el estudio, se han preparado algunas cartas de suelo y de clima, que forman parte integral y permiten obtener resultados preliminares de la zonificación del cultivo del Lúpulo, en la Región de los Ríos.

Toda la información climática, de suelos y de zonificación generada por este estudio, además de aspectos relativos a la masificación de la producción de lúpulo en la región de Los Ríos será entregada y discutida en el Informe 3. Este informe a su vez incluirá un SIG con toda la información territorial, preparada para responder consultas de los usuarios.

### **1.1. Coordinación y control**

La coordinación y control de las actividades consistió en la organización de reuniones presenciales y a distancia con el equipo del proyecto, visitas a terreno, contratación de personal y servicios para la ejecución de las actividades comprometidas, adquisición de materiales e insumos y gestión de pagos. También se realizó el seguimiento del proyecto y la coordinación con los académicos y profesionales responsables de diferentes áreas, para la ejecución de las diferentes actividades que permitieron cumplir los hitos y resultados propuestos.

Además, se realizó la elaboración de los productos comprometidos, como artículos, material de divulgación, manual del cultivo de lúpulo y los informes mensuales y anuales y final de la iniciativa, coordinando con los ejecutivos de la CRDP la ejecución del estudio.

## 1.2. Preparación y generación de información de suelos

Los suelos de la región de Los Ríos corresponden mayoritariamente a Ultisoles o rojo arcilloso, tales como los suelos de las Series Correltué o Cudico y Andisoles o trumaos, tales como los suelos de las Series Llastuco o Los Lagos. Si se traza un eje longitudinal norte-sur a través de la zona central de la región podemos decir que los suelos trumaos normalmente van desde el eje hacia la cordillera de Los Andes, mientras que los Ultisoles se presentan desde el eje hacia la costa. En términos globales los suelos Andisoles presentan mejores características físicas para la producción agrícola, en comparación a los Ultisoles. La descripción general de las series de suelos más importantes en la región fue obtenida del Estudio Agrológico de la X Región, publicación 123 de CiREN (2003).

La **Serie Correltué** es un miembro de la Familia fina, mixta, métrica de los Andic Palehumults (Ultisol).

Son suelos profundos, desarrollados a partir de cenizas volcánicas antiguas depositadas sobre el complejo metamórfico, que se encuentra principalmente en la Cordillera de la Costa, a una altura de 250 a 300 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en matices 10YR; de textura franco-limosa y color rojo oscuro en matices 2.5YR en profundidad. Suelos de buena permeabilidad y drenaje, la topografía dominante es de cerros con pendientes de 30 a 50%.

La **Serie Cudico** es un miembro de la Familia fina, mixta, isométrica de los Typic Hapludults (Ultisol). Son suelos profundos que se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas antiguas. De textura superficial franco arcillosa y color pardo oscuro en el matiz 10YR; de textura arcillosa y color pardo rojizo a rojo amarillento en el matiz 5YR en profundidad. Bien estructurado a través del perfil. Se presenta en forma de terrazas disectadas y erosionadas con pendientes complejas predominantemente de 5 a 20% y en topografía de lomajes y cerros con más de 20% de pendiente.

La **Serie Currapúe** es un miembro de la Familia media, métrica de los Acrudoxic Fulvudands

(Andisol).

Suelo profundo, de origen sedimentario, formado a partir de cenizas volcánicas, que se presenta en posición de terrazas remanentes con topografía casi plana de 1 a 3% de pendiente a ligeramente ondulada de 2 a 5% de pendiente, en la Depresión Intermedia a alturas próximas a 200 msnm. De textura superficial franco limosa y color negro en el matiz 10YR; de textura franco arcillo limosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR en profundidad. Bien estructurado hasta los 73 cm y maciza en profundidad. El substrato puede ser una toba cementada y compactada que limita el paso de las raíces.

La **Serie Hueycoya** es un miembro de la Familia fina, mixta, méstica de los Typic Haplohumults (Ultisol). Suelos derivados de micaesquisto, que se ubican en la Cordillera de la Costa entre los 100 y 750 msnm, moderadamente profundos, pero que presenta variaciones en la profundidad a causa de la erosión. De textura franco-limosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR en superficie y textura arcillo limosa y color pardo fuerte en el matiz 7.5YR en profundidad. Bien estructurado en todo el perfil. El material parental, micaesquisto, se encuentra con diferentes grados de meteorización. La topografía es de cerros con pendientes dominantes de 30 a 50%.

La **Serie Lanco** es un miembro de la Familia media, méstica, delgada de los Typic Durudands (Andisol).

Suelo que corresponde a un antiguo ñadi, de origen sedimentario, delgado a ligeramente profundo, formado por cenizas volcánicas depositadas sobre materiales fluvio-glaciales. Se ubica en la Depresión Intermedia a una altura de 25 a 30 msnm. De textura franco-limosa y color pardo muy rojizo oscuro en el matiz 5YR en superficie y textura franco arenosa con gravas y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato es un depósito fluvio glacial cementado que puede presentar fierrillo discontinuo, duro y quebradizo. La topografía es casi plana a plana, de drenaje moderado.

La **Serie La Unión** es un miembro de la Familia fina, mixta, méstica de los Andic Dystrudepts (Inceptisol). Suelo profundo, originado a partir de cenizas volcánicas, que ocupa una posición de lomajes en los primeros contrafuertes de la Cordillera de la Costa, a alturas que fluctúan

entre 60 y 90 msnm. Corresponden a cenizas volcánicas muy antiguas depositadas sobre conglomerados multicolores o sobre toba volcánica. De textura superficial franco arcillo limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 7.5YR y textura franco arcillo limosa de color pardo en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato es una toba muy descompuesta que se presenta predominantemente a una profundidad de 80 a 90 cm. La topografía es suavemente ondulada con 5 a 8% de pendiente, con ligera erosión y con buen drenaje.

La **Serie Liquiñe** es un miembro de la Familia media sobre arenosa, métrica de los Acrudoxic Hapludands (Andisol). Suelo moderadamente profundo a profundo, derivado de materiales volcánicos, en posición de cerros de la Cordillera de Los Andes, a alturas entre los 300 y 1.000 msnm. De textura superficial franco arenosa fina y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura franco arenosa fina y color pardo fuerte en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato está constituido por pómez fuertemente meteorizada. La topografía dominante es de cerros con pendientes de 30 a 50%, existiendo también áreas fuertemente onduladas con pendiente de 15 a 20%. Presenta drenaje excesivo.

La **Serie Loncoche** es un miembro de la Familia medial, métrica de los Acrudoxic Hapludands (Andisol). Son suelos moderadamente profundos, formados por redepósito de cenizas volcánicas, en posición de terraza aluvial, que se ubican en la Depresión Intermedia y a alturas entre 120 y 160 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo grisáceo muy oscuro en el matiz 10YR; de textura franco arcillo limosa y color pardo amarillento oscuro a pardo amarillento en el matiz 10YR en profundidad. La topografía es casi plana con pendientes de 1 a 3%, permeabilidad moderada y drenaje moderado.

La **Serie Los Lagos** es un miembro de la Familia media, métrica de los Typic Durudands (Andisol). Suelo moderadamente profundo, desarrollado a partir de cenizas volcánicas, en posición de terrazas remanentes y lacustres. De textura superficial franco arcillo limosa y color pardo muy oscuro en el matiz de 10YR; de textura franco arcillo arenosa y color pardo oscuro a pardo en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato lo constituyen materiales morrénicos muy mezclados de rocas y arenas con diferentes grados de cementación y compactación. Presenta una topografía compleja con pendientes de ligera a moderadamente ondulada que,

en las caídas, puede superar el 30%.

La **Serie Los Ulmos** es un miembro de la Familia muy fina, haloisítica, méstica de los Typic Paleudults (Ultisol). Suelos profundos, rojo arcillosos, originados a partir de cenizas volcánicas antiguas depositadas sobre el complejo metamórfico de la costa, ubicados en la Cordillera de la Costa a alturas entre 100 y 280 msnm. De textura superficial franco arcillosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR; de textura arcillosa y color rojo amarillento en el matiz 5YR en profundidad. Muy bien estructurados. La topografía dominante es de cerros con pendientes entre 30 y 50%. Bien drenado.

La **Serie Llastuco** es un miembro de la Familia media, méstica de los Acrudoxic Hapludands (Andisol).

Suelo profundo, derivado de cenizas volcánicas, que se presenta en posición de terrazas remanentes, en la Depresión Intermedia a una altura entre 30 y 45 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo en el matiz 7.5YR y textura arcillo limosa y color pardo grisáceo oscuro en el matiz 10YR en profundidad. Substrato constituido por una toba con diferentes grados de cementación, mezclada con clastos alterados, que se denomina localmente cancagua. Se presenta en una topografía casi plana con pendientes de 1 a 3% y es de drenaje moderado.

La **Serie Malihue** es un miembro de la Familia medial, méstica de los Acrudoxic Fulvudands (Andisol).

Suelos profundos, formados por depósitos de cenizas volcánicas sobre planos aluviales que se ubican en el Llano Central, a una altura de 170 a 300 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura franco arcillo limosa y color pardo amarillento oscuro en el matiz 10YR en profundidad. Suelo de topografía ligeramente ondulada con pendientes complejas de 2 a 20%, de permeabilidad moderada y bien drenado.

La **Serie Muticao** es un miembro de la Familia media, méstica de los Acrudoxic Fulvudands (Andisol).

Suelo profundo, originado a partir de cenizas volcánicas, que ocupa una posición de terrazas

remanentes en la Depresión Intermedia a una altura de 100 a 115 msnm. De textura superficial franco limosa y color negro en el matiz 10YR y textura arcillo limosa y color gris pardusco claro en el matiz 2.5Y en profundidad. El substrato es de materiales fluvioglaciales. La topografía es casi plana con 1 a 3% de pendiente y el drenaje imperfecto.

La **Serie Osorno** es un miembro de la Familia media, métrica de los Typic Hapludands (Andisol). Suelo profundo, originado a partir de cenizas volcánicas depositadas sobre planos fluvioglaciales, en posición de terrazas que se ubican en la Depresión Intermedia a una altura de 90 a 150 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 10YR y textura franco-limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. Suelos en topografía de lomajes suaves, de permeabilidad moderada y bien drenados. Presenta como inclusión suelos de mal drenaje, imperfecto o pobre, de las Series Chan Chan o Huiño Huiño, en las posiciones bajas, entre ondulaciones.

La **Serie Paillaco** es un miembro de la Familia media sobre fragmental, métrica de los Typic Hapludands (Andisol). Suelo moderadamente profundo, originado a partir de cenizas volcánicas, que ocupa una posición de terrazas planas a casi planas en la Depresión Intermedia a una altura de 130 a 150 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura areno francosa y color pardo fuerte en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato es de gravas redondeadas y subredondeadas, que en los sectores de drenaje restringido se encuentra con diferentes grados de cementación y con fierrillo. La topografía es casi plana con pendientes dominantes de 1 a 3% y con buen drenaje.

La **Serie Panguipulli** es un miembro de la Familia media, métrica de los Aquic Hapludands (Andisol). Suelo moderadamente profundo, formado a partir de cenizas volcánicas, depositadas sobre antiguos planos fluvioglaciales, que se ubican en la Depresión Intermedia a una altura de 200 msnm. De textura superficial franco arcillo arenosa y color negro en el matiz 10YR; de textura arcillosa y color gris oscuro en el matiz 5YR en profundidad. El substrato está constituido por depósitos fluvioglaciales. Presenta una topografía plana con 0 a 1% de pendiente y con drenaje moderado.

La **Serie Pelchuquín** es un miembro de la Familia media, métrica de los Eutric Fulvudands (Andisol).

Suelo profundo, formado por la depositación de cenizas volcánicas sobre una toba algo cementada con óxido de hierro y manganeso y mezclada con clastos alterados, denominada localmente cancagua. Se ubica en la Depresión de San José a una altura de 20 a 30 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo grisáceo muy oscuro en el matiz 10YR; de textura franco-limosa y colores pardo oscuro en los matices 7.5YR y 10YR en profundidad. La topografía es casi plana con 1 a 3% de pendiente y bien drenados.

La **Serie Ranco** es un miembro de la Familia media, métrica de los Eutric Fulvudands (Andisol). Suelo profundo, originado a partir de cenizas volcánicas, en posición de terrazas lacustres y sobre materiales fluvioglaciales. De textura franco-limosa y color negro en el matiz 10YR en superficie y textura franco arcillo arenosa y color pardo en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato está constituido por materiales fluvioglaciales de gravas y arenas con diferentes grados de cementación. De topografía ligeramente ondulada con pendientes de 2 a 5% y bien drenado.

La **Serie Río Bueno** es un miembro de la Familia media, métrica de los Typic Durudands (Andisol). Suelo moderadamente profundo, formado a partir de cenizas volcánicas, en posición de terrazas remanentes y aluviales recientes. De textura superficial franco arcillo limosa y color negro en el matiz 7.5YR y la misma textura y color pardo en el matiz 7.5YR en profundidad. Bien estructurado hasta los 80 cm de profundidad, con algunos rasgos de iluviación entre los 45 y 80 cm. El substrato está constituido por materiales fluvioglaciales con diferentes grados de cementación y con un fierrillo discontinuo. Suelo de topografía casi plana, con 1 a 3% de pendiente y con drenaje moderado.

La **Serie San José** es un miembro de la Familia media sobre arenosa esquelética de los Aquic Hapludands (Andisol). Suelo moderadamente profundo, desarrollado a partir de cenizas volcánicas que ocupa una posición de terrazas aluviales antiguas del río San José, en la Depresión Intermedia, a una altura de 25 a 40 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR y textura franco-arenosa y color pardo fuerte en el matiz

7.5YR en profundidad. El substrato es de origen aluvial con gravas abundantes. La topografía es casi plana, con 1 a 3% de pendiente y con drenaje moderado.

La **Serie San Pedro** es un miembro de la Familia media sobre arenosa esqueletal de los Acrudoxic Hapludands (Andisol). Suelo moderadamente profundo, originado a partir de cenizas volcánicas, que ocupa una posición de terrazas aluviales en la Depresión Intermedia a una altura de 20 a 40 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 10YR y textura franco arcillo arenosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato está constituido por gravas y piedras redondeadas de origen aluvial y con matriz de arena. La topografía es casi plana con pendientes de 1 a 3%, con drenaje bueno a excesivo.

La **Serie Valdivia** es un miembro de la Familia media, mélica de los Duric Hapludands (Andisol). Suelo moderadamente profundo, desarrollado a partir de cenizas volcánicas, que ocupa una posición de terrazas remanentes en la Depresión de San José, a una altura de 9 a 20 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR y textura areno francosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato corresponde a una toba, depósito de materiales volcánicos de fuerte compactación y mezclada con clastos alterados, se denomina localmente como cancagua. La topografía es compleja, suavemente ondulada con 5 a 8% de pendiente y con buen drenaje.

La información de suelos ha sido incorporada en el SIG del proyecto, arrojando mapas como los que se presentan a continuación. Estos mapas contienen la variabilidad espacial de las diferentes variables a considerar desde el punto de vista de la aptitud edáfica, para el cultivo del Lúpulo. Además, con información del laboratorio de geografía de la Universidad de la Frontera ([http://labgeo.ufro.cl/fichas/chile\\_utm19/ficha14utm19.html](http://labgeo.ufro.cl/fichas/chile_utm19/ficha14utm19.html)), se generó un modelo de elevación a partir de las curvas de nivel cada 100 m, para luego derivar los modelos de exposición y pendiente en formato ráster, definiendo el tamaño del pixel en 50 m. La exposición y pendiente de los diferentes sectores de la región de los Ríos son determinantes importantes para la zonificación del cultivo de Lúpulo, pues condicionan las variables climáticas y edáficas, que implican ventajas o desventajas en crecimiento, desarrollo y madurez de los cultivos.

A continuación, se presenta un mapa de ubicación, el modelo de elevación de terreno y el mapa de suelos según su clase de capacidad de uso, de la región de Los Ríos.

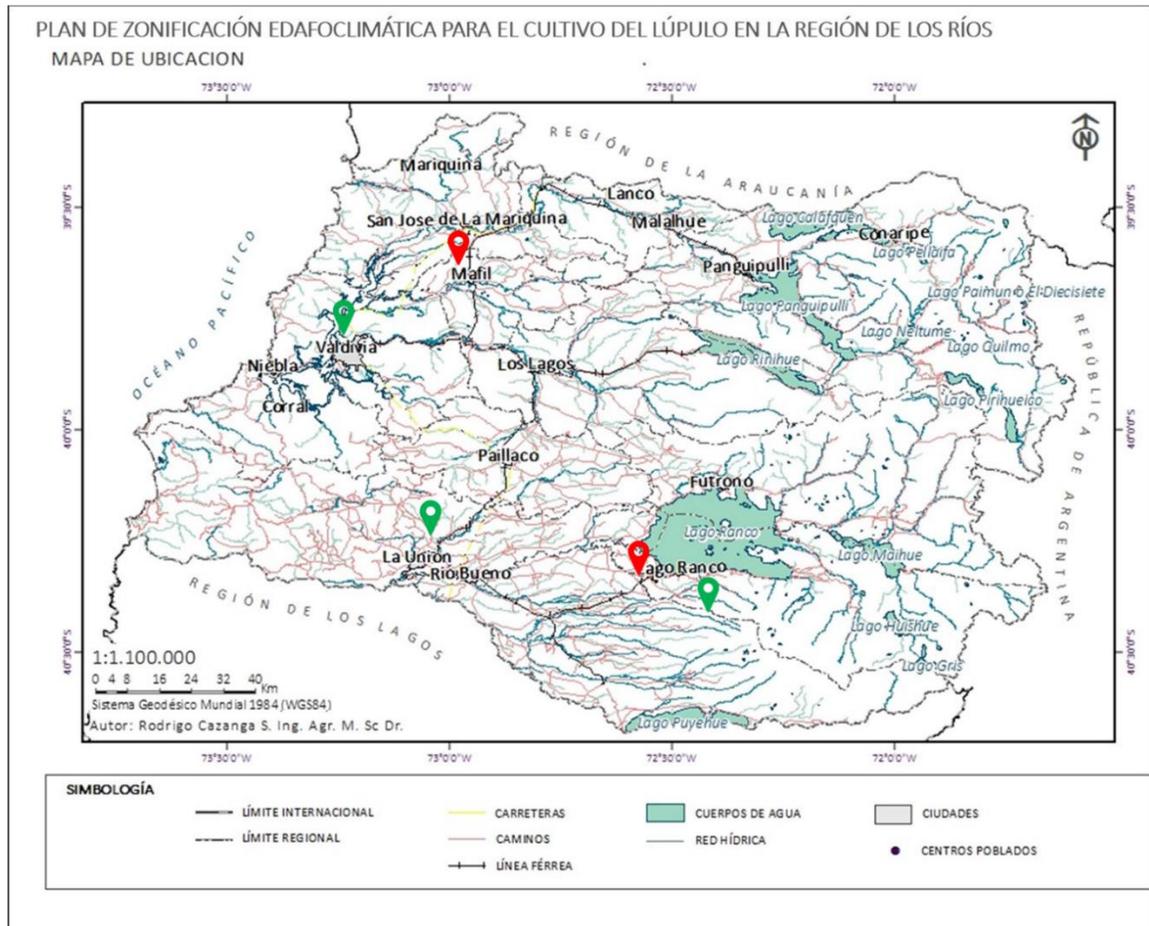


Figura 2. Mapa de la región de Los Ríos indicando la ubicación de los patios de lúpulo establecidos en el proyecto en el CIC de Mafil, provincia de Valdivia y parcela N°5 sector Vivanco en la provincia del Ranco (símbolos rojos). Los símbolos verdes muestran la ubicación de otros patios de lúpulo utilizados en el estudio de norte a Sur Estación experimental Agropecuarias Austral de la UACH en valdivia, Lúpulos tres puentes, sector Centinela, la Unión y Lúpulos Hueimen, Lago Ranco.

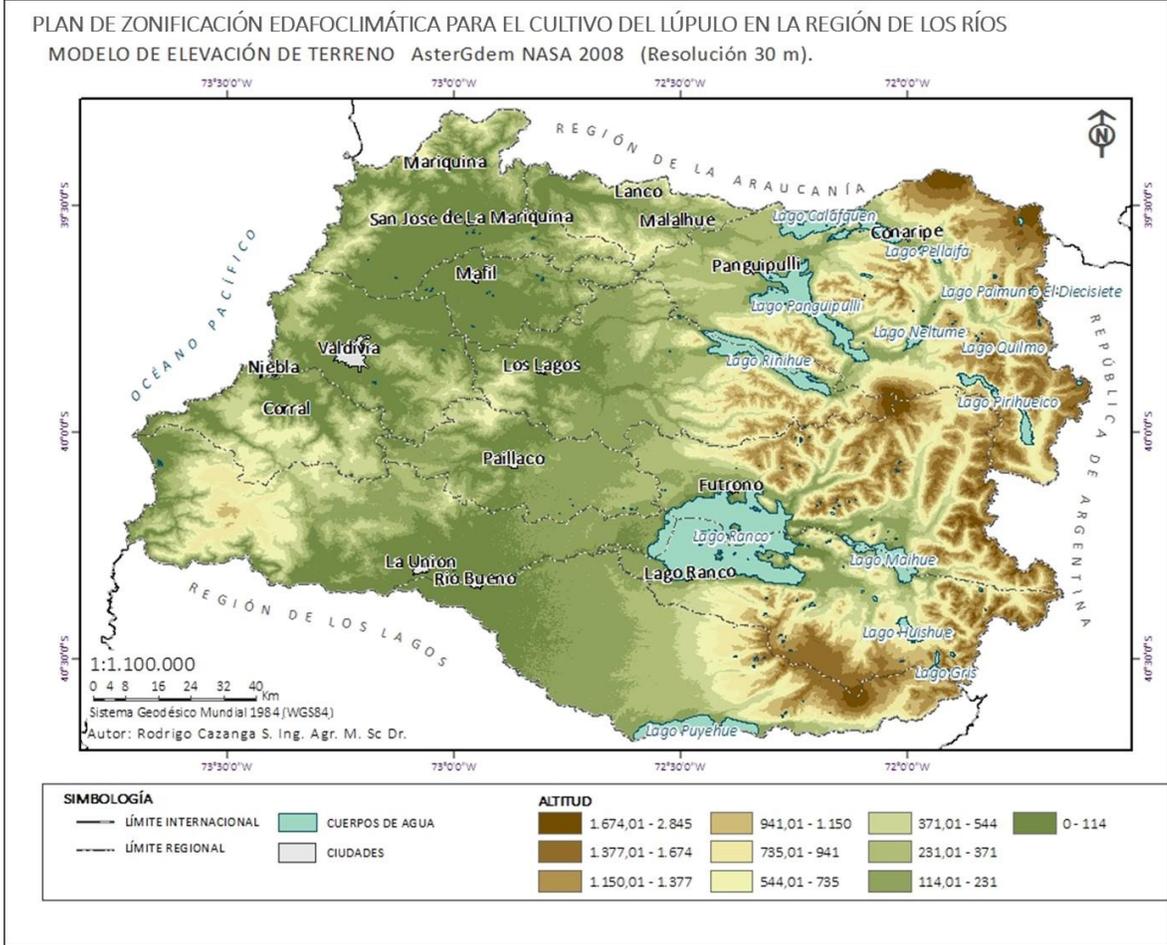


Figura 3. Modelo de elevación de terreno de la región de Los Ríos (m).

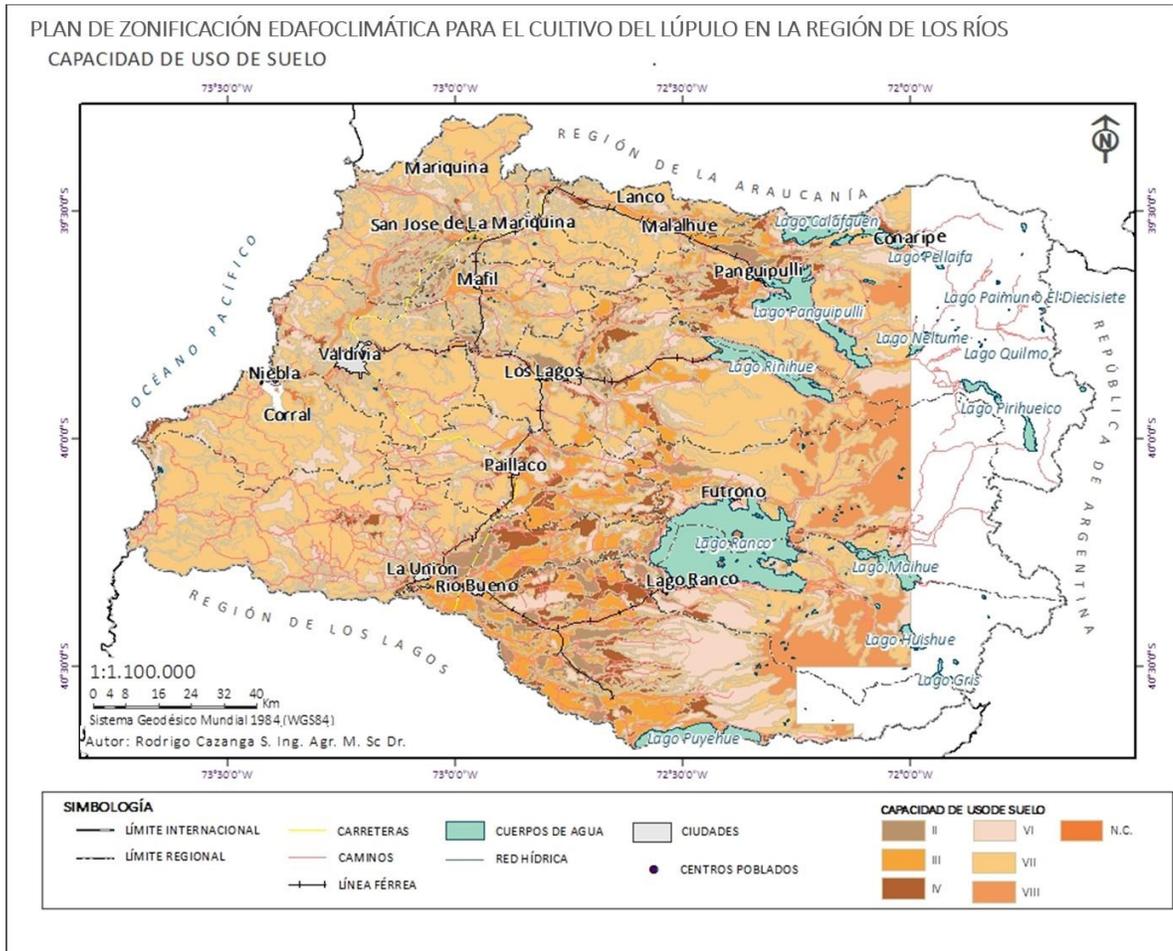


Figura 4. Mapa de suelos, según su clase de capacidad de uso, región de Los Ríos

Con información del laboratorio de geografía de la Universidad de la Frontera ([http://labgeo.ufro.cl/fichas/chile\\_utm19/ficha14utm19.html](http://labgeo.ufro.cl/fichas/chile_utm19/ficha14utm19.html)), se generó un modelo de elevación a partir de las curvas de nivel cada 100 m, para luego derivar los modelos de exposición y pendiente en formato ráster, definiendo el tamaño del pixel en 50 m (Figuras 4 y 5). La exposición y pendiente de los diferentes sectores de la región de los Ríos son determinantes importantes para la zonificación del cultivo de Lúpulo, pues condicionan las variables climáticas y edáficas, que implican ventajas o desventajas en crecimiento, desarrollo y madurez de los cultivos.

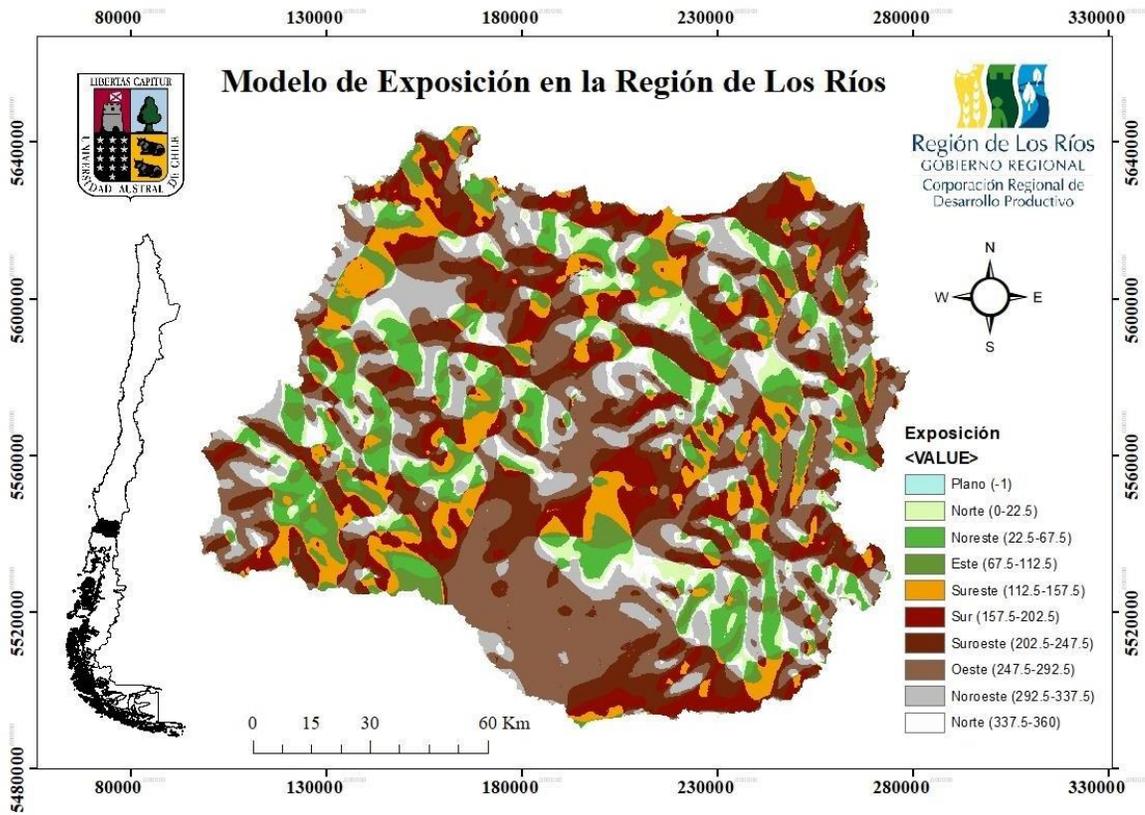


Figura 5. Modelo de exposición en la Región de los Ríos (Elaboración propia, con datos de Laboratorio de Geografía, IMA UFRO)

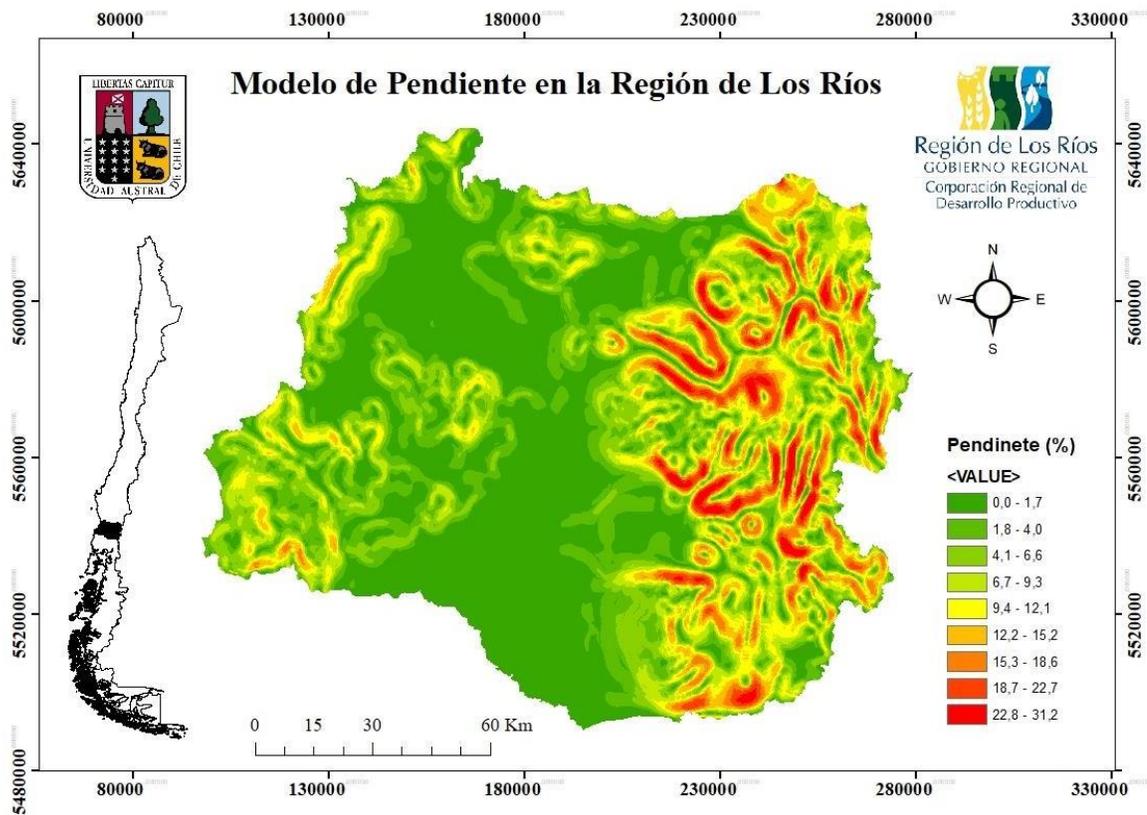
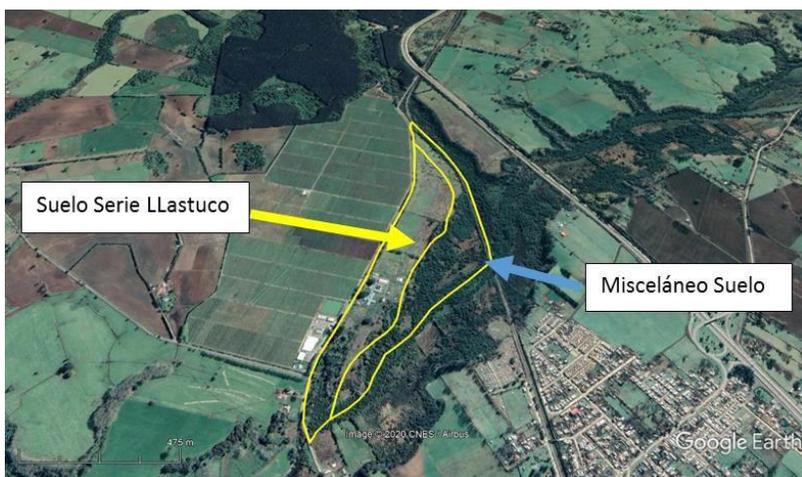


Figura 6. Modelo de pendiente en la Región de los Ríos (Elaboración propia, con datos de Laboratorio de Geografía, IMA UFRO)

Para complementar la información de suelos obtenida a nivel regional, se realizó la descripción de los suelos, en calicatas, de los sitios en donde se establecieron los patios de lúpulo comprometidos

El suelo de la Estación de Innovación Territorial de Máfil, pertenece al Orden *Andisoles*, Serie Llastuco, de buen drenaje, textura media, profundo, fuertemente ácido, plano, con clase de capacidad de uso II, con restricciones leves para la producción de la mayoría de los cultivos anuales y frutales (Tabla 1). En el caso de patio de Vivanco también pertenece al orden *Andisol*, serie Muticao, Fase 2, drenaje imperfecto, textura media, moderadamente profundo, de lomaje suave (Tabla 2).

Tabla 1. Descripción de suelo patio de Lúpulo, de la estación de innovación territorial de Máfil.



Parámetro	Magnitud y unidad
pH	5,1 – 5,5
Pendiente	1-3 %
Textura	Fl
Drenaje	Bueno
Salinidad	< 2 DS/m
Pedregosidad	< 5%
Profundidad	> 100 cm

Fl: Franco Limosa; Ds/m: Decisiemens por metro.

Tabla 2. Descripción de suelo patio de Lúpulo, en el sector Vivanco, Río Bueno.



Parámetro	Magnitud y unidad
pH	5,7
Pendiente	1-3 %
Textura	Fl
Drenaje	Imperfecto
Salinidad	< 2 DS/m
Pedregosidad	Sin
Profundidad	80-100 cm

Fl: Franco Limosa; Ds/m: Decisiemens por metro.

Las características químicas de los suelos en donde fueron establecidos los patios de lúpulo, también fueron determinadas como estaba comprometido (Tabla 3). Las características químicas del suelo de Máfil, son más favorables para el desarrollo del cultivo de Lúpulo, que las del suelo en Vivanco, no obstante, se pueden realizar las correcciones necesarias para un buen desarrollo del cultivo, por ejemplo, el Lúpulo prospera bien en suelos de pH 5,5 a 6,5, es decir neutros a ligeramente ácidos, por lo cual las enmiendas calcáreas son necesarias para su cultivo, al igual que ocurre con una gran parte de las especies

agrícolas que se cultivan en suelos derivados de cenizas volcánicas.

Tabla 3. Análisis de suelo de los sitios de establecimiento de patios de lúpulo en la provincia de Valdivia (Máfil) y provincia del Ranco (Vivanco).

RESULTADOS ANALITICOS		Máfil	Vivanco	Rangos óptimos Lúpulo <sup>(1)</sup>
pH	en agua (1:2,5)	5,7	5,7	5,5-6,5
pH	CaCl <sub>2</sub> ( 0,01M) (1:2,5)	5,1		
<b>Materia Organica</b>	(%)	16,1		5-15
<b>N- Mineral</b>	(N-NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> ) (mg/kg)	11,2		
<b>Fósforo</b>	Olsen (mg/kg)	12,9	4,0	40-60 mg <sup>-1</sup> (2)
<b>Potasio</b>	intercambiable (mg/kg)	262	70	250-400
<b>Azufre</b>	disponible (mg/kg)	15,40	1,94	n/d
<b>Sodio</b>	intercambiable (cmol <sup>+</sup> /kg)	0,13	0,17	n/d
<b>Calcio</b>	intercambiable (cmol <sup>+</sup> /kg)	5,24	2,55	n/d
<b>Magnesio</b>	intercambiable (cmol <sup>+</sup> /kg)	1,30	0,54	n/d
<b>Suma de bases</b>	intercambiables (cmol <sup>+</sup> /kg)	7,34	3,40	
<b>Aluminio</b>	intercambiable (cmol <sup>+</sup> /kg)	0,02	0,17	<0.25
<b>CICE</b>	(cmol <sup>+</sup> /kg)	7,26	3,60	
<b>Saturación de Aluminio</b>	(%)	0,2	4,7	<10%

(1) Los rangos óptimos son referenciales, debido a que no existe información sobre el comportamiento de los ecotipos locales en las condiciones edafoclimáticas de la región.

(2) Magadan et al., 2011, señalan que el lúpulo es muy exigente en nutrientes requiriendo niveles muy altos de P Olsen (46-70 mg L<sup>-1</sup>) y altos de Potasio (241-400 mg L<sup>-1</sup>). Los valores de la tabla fueron ajustados con otra literatura consultada.

### **1.3. Preparación y generación de información de clima**

La información climática de la región de los Ríos ya fue generada siguiendo la metodología propuesta en la licitación (Morales y Neira, 2009). Se realizó la recopilación de la información de las estaciones meteorológicas disponibles en la región; el análisis estadístico, validación e ingreso de información al sistema digital; se construyó el modelo digital de elevación, la topoclimatología y la Cartografía digital en escala 1:1.000.000.

Los mapas dan cuenta de la variación espacial de las principales variables climáticas en el escenario actual (línea base) y en los escenarios A2 definido por el IPCC para los años 2030 y 2040.

Los mapas de temperaturas máximas de enero muestran una clara tendencia al alza (Figura 7, 8 y 9), tal como ha sido proyectado en diferentes estudios (CONAMA., 2006). En el escenario 2030, la superficie con temperaturas máximas de enero entre 25 y 27°C se expanden a gran parte de la región y existen áreas específicas donde ésta puede llegar sobre los 30°C (Figura 8). En el escenario 2040, aumentará la superficie con temperaturas medias del mes de enero superiores a 30°C (Figura 9). El cultivo del lúpulo se adapta bien a temperaturas medias mensuales entre 15 y 19°C. Altas temperaturas en el mes de enero pueden exponer a la planta a estrés térmico y golpes de calor, lo cual pueden afectar de manera diferencial a los ecotipos y variedades. La demanda evaporativa además aumentará en estos escenarios futuros, lo cual sumado a la reducción de la precipitación, presume la necesidad de riego del cultivo, en escenarios futuros.

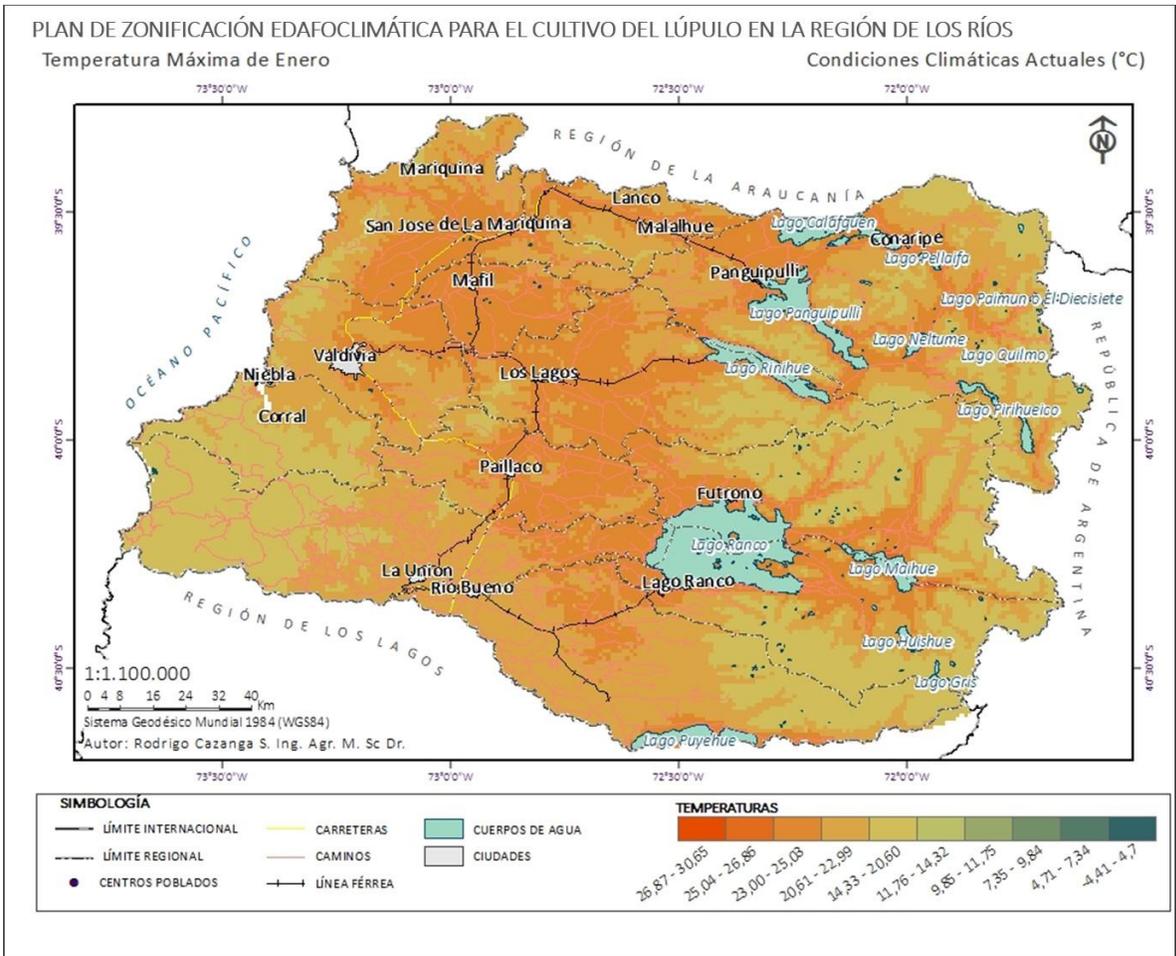


Figura 7. Temperatura máxima de enero (°C), condiciones climáticas actuales, región de Los Ríos.

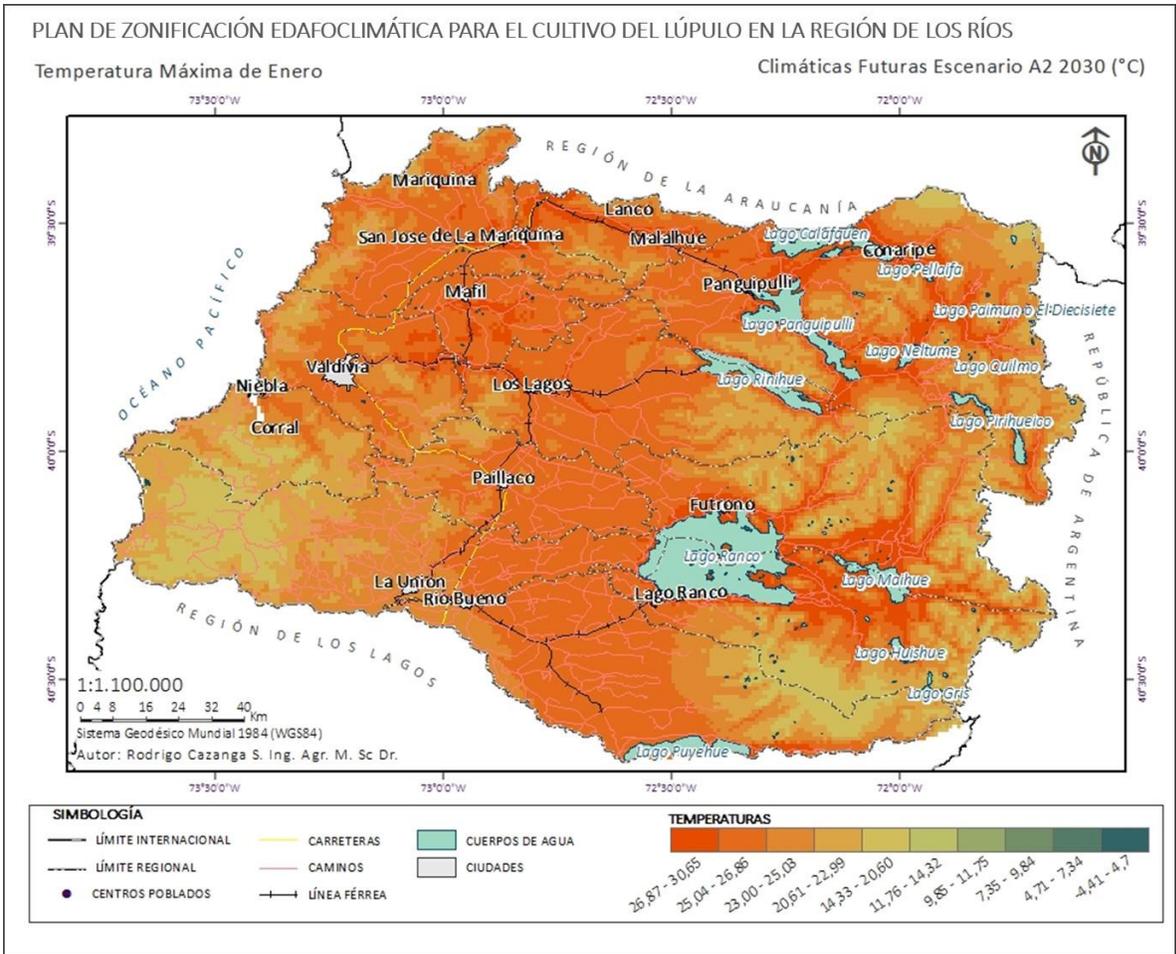


Figura 8. Temperatura máxima de enero (°C), condiciones climáticas futuras, escenario A2 2030, región de Los Ríos.

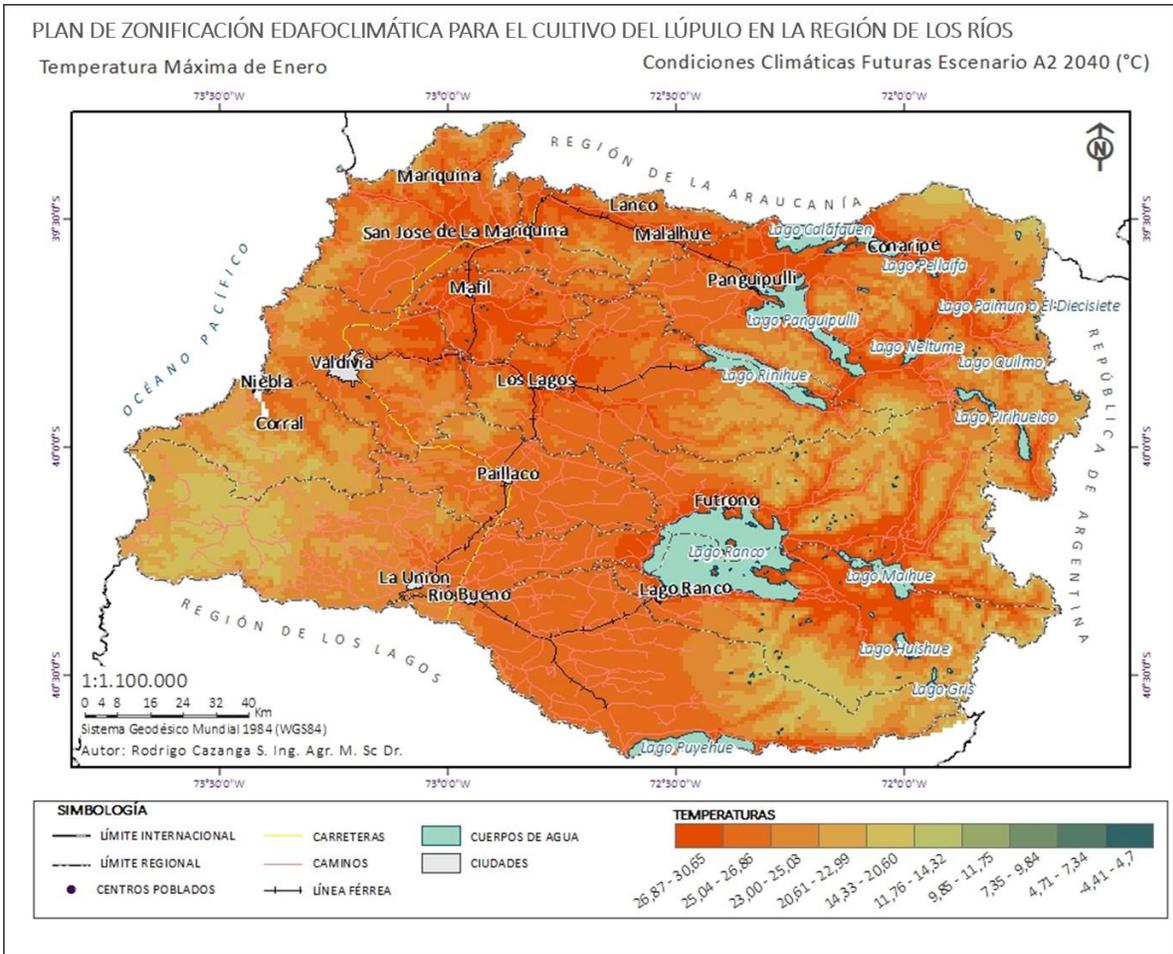


Figura 9. Temperatura máxima de enero (°C), condiciones climáticas futuras, escenario A2 2040, región de Los Ríos.

De acuerdo con la información climática, las temperaturas máximas del mes de julio actuales fluctúan entre 4,41 y 11,76°C (Figura 10). Tal como ha sido proyectado, se observa un incremento también de las temperaturas máximas durante el mes julio en los escenarios futuros al 2030 y 2040. En promedio las temperaturas máximas aumentarán al rango de 11,76-14,32°C (Figuras 11 y 12), indicando un fuerte aumento futuro de la temperatura máxima en zonas menos templadas de la región.

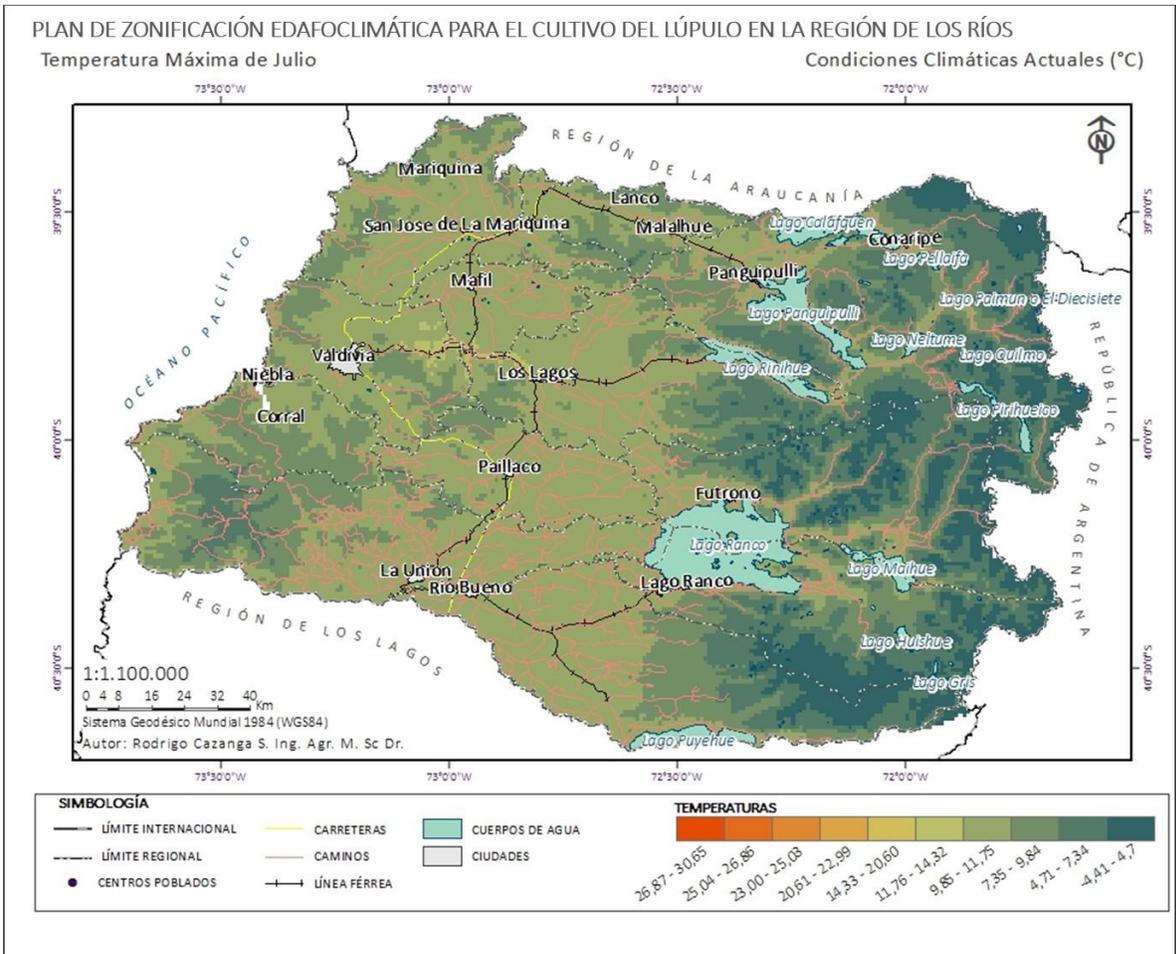


Figura 10. Temperatura máxima de julio (°C) en las condiciones climáticas actuales, región de Los Ríos.

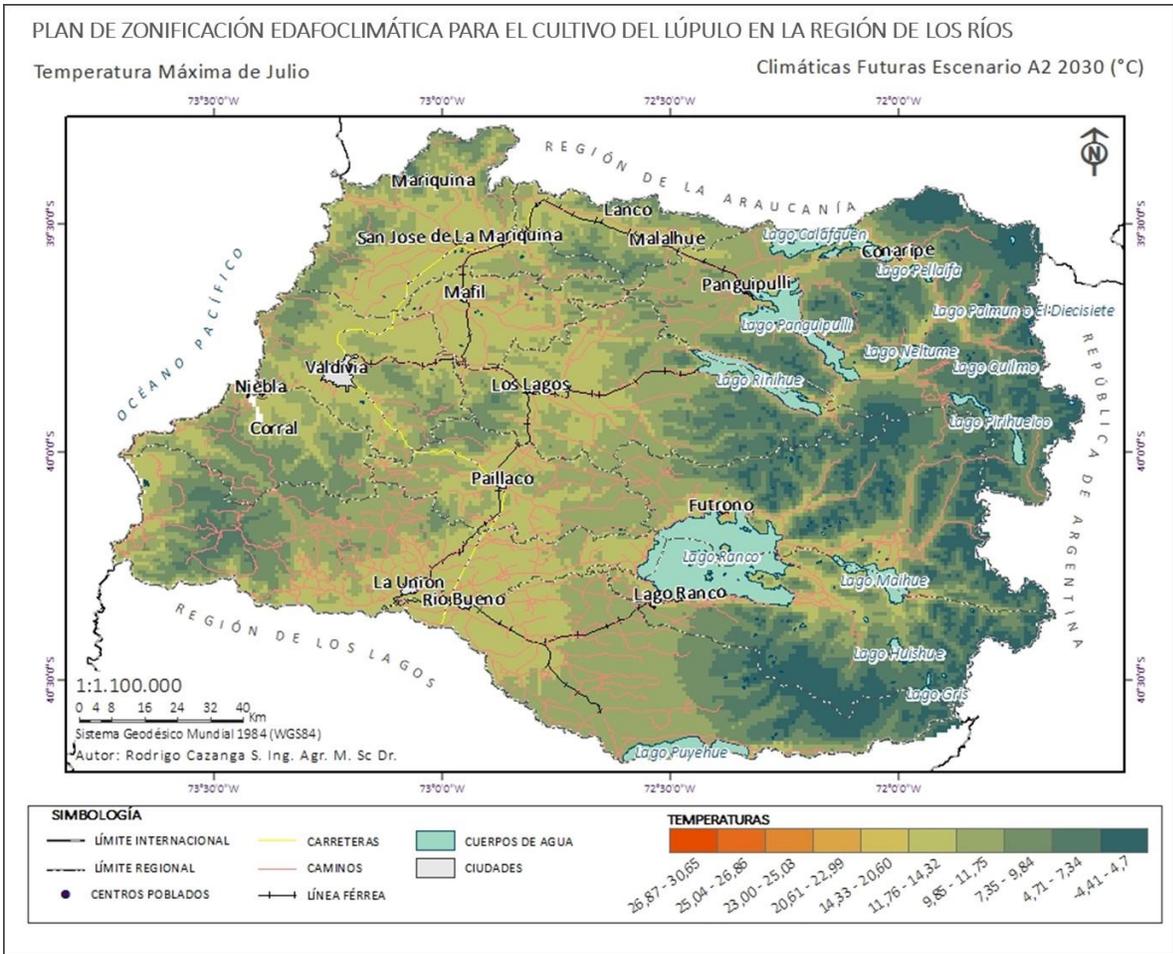


Figura 11. Temperatura máxima de julio (°C) en las condiciones climáticas futuras, Escenario A2 2030, región de Los Ríos.

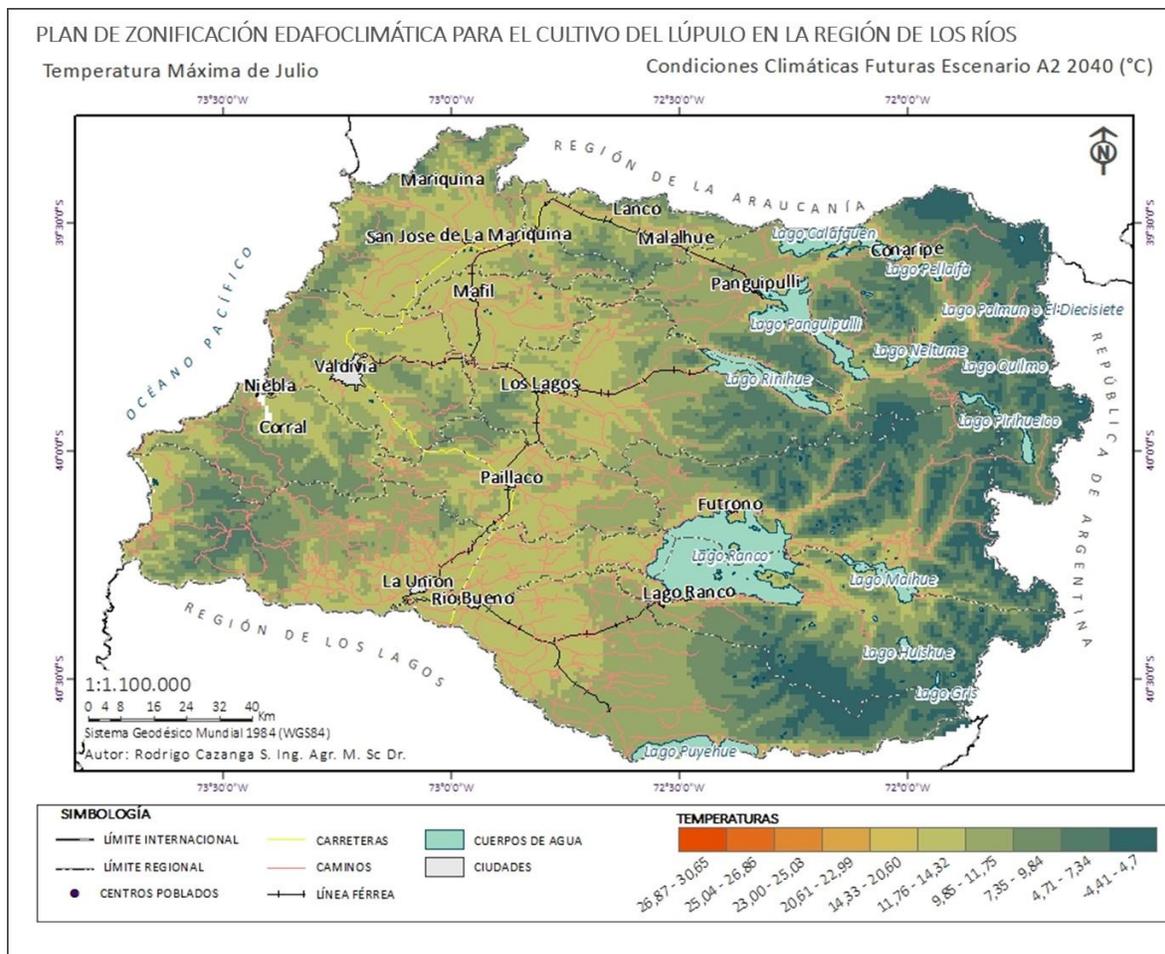


Figura 12. Temperatura máxima de julio (°C) en las condiciones climáticas futuras, Escenario A2 2040, región de Los Ríos.

El mapa de temperatura mínimas actuales durante el mes de enero muestra un rango promedio de temperaturas entre 8.31-18.7 °C (Figura 13). En los escenarios 2030 y 2040 se observa un escenario similar al actual (Figura 14 y 15), no obstante, en zonas de la cordillera de la costa y precordillera se espera una disminución de las temperaturas mínimas, aumentando las zonas con temperaturas entre los rangos 5-1,71 °C.

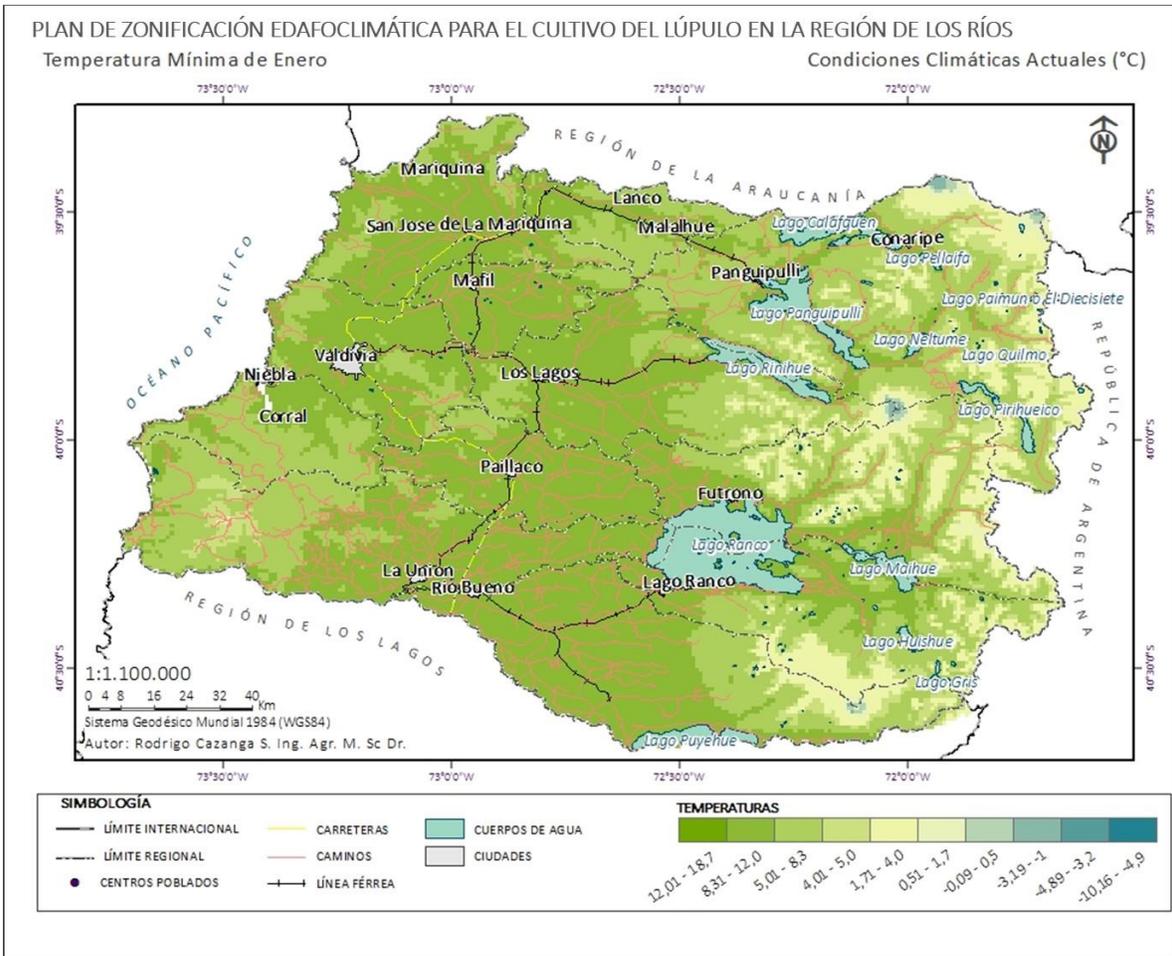


Figura 13. Temperatura mínima de enero (°C), condiciones climáticas actuales, región de los Ríos.

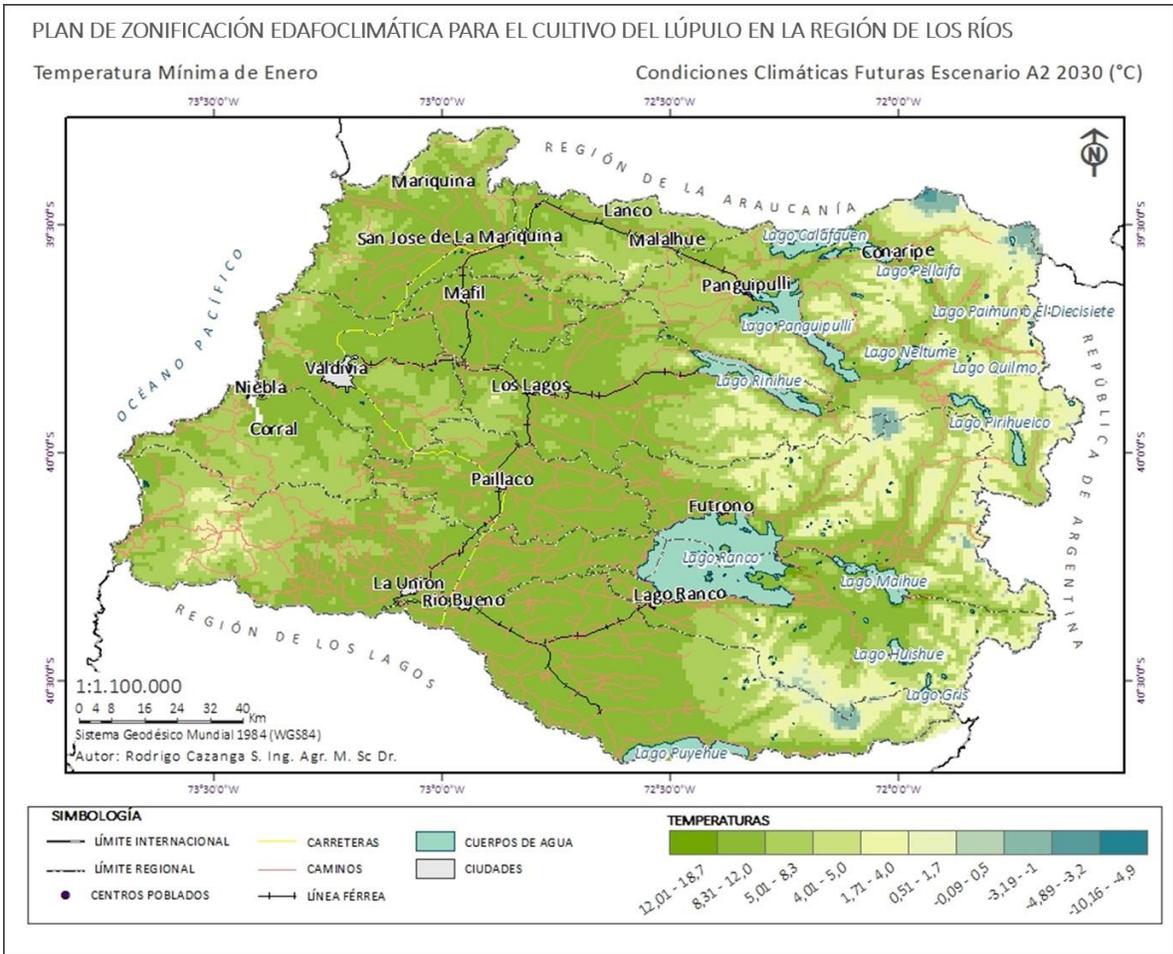


Figura 14. Temperatura mínima de enero (°C), condiciones climáticas actuales, Escenario A2 2030, región de los Ríos.

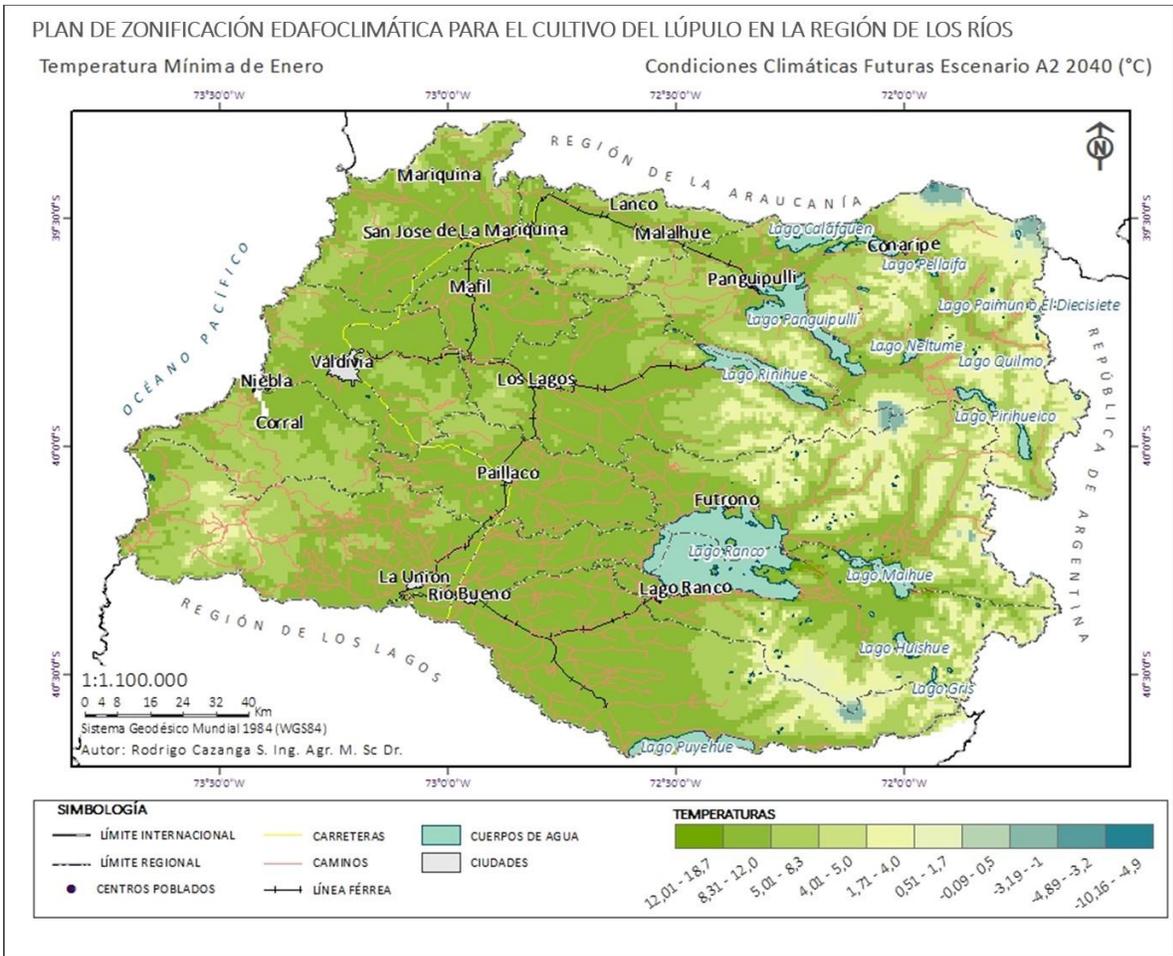


Figura 15. Temperatura mínima de enero (°C), condiciones climáticas futuras, Escenario 2040, región de los Ríos.

Por otra parte, las temperaturas mínimas del mes de julio que actualmente fluctúan entre 1,71 y 5°C en la mayor parte de la región (Figura 16), aumentarán en el escenario 2030 y 2040, llegando a valores de 4,01 y hasta 12°C (Figuras 17 y 18). Lo anterior puede tener consecuencias en la fenología del cultivo, puesto que ante un aumento de las temperaturas mínimas y máximas en los meses invernales la salida del receso de las plantas de Lúpulo podría adelantarse. Esto no necesariamente es un problema, en tanto no se produzcan heladas en periodo críticos del crecimiento del cultivo, una vez terminado su receso, lo cual podría ocurrir debido al aumento de la variabilidad climática esperada en escenarios futuros.

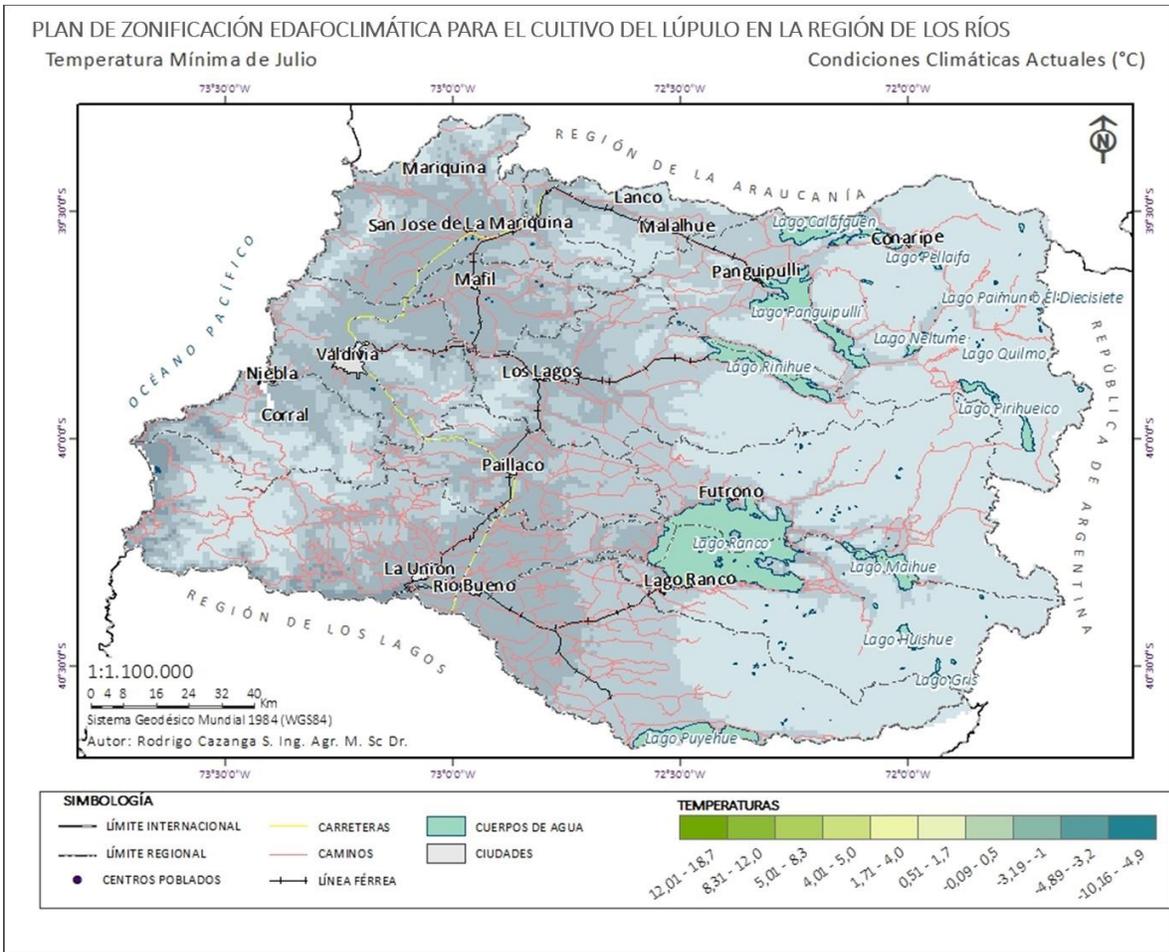


Figura 16. Temperatura mínima de julio (°C), condiciones climáticas actuales, Escenario A2 2030, región de los Ríos.

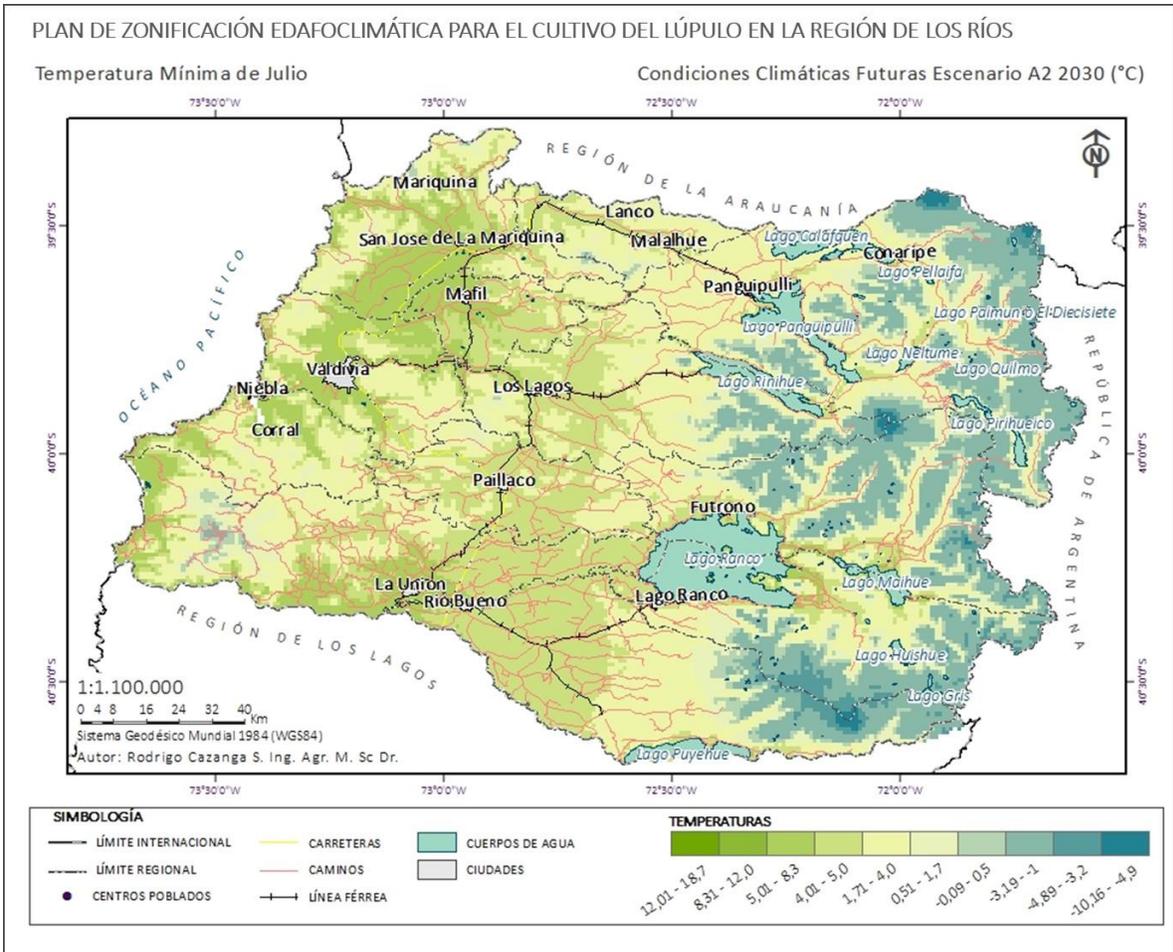


Figura 17. Temperatura mínima de julio (°C), condiciones climáticas futuras, Escenario A2 2030, región de los Ríos.

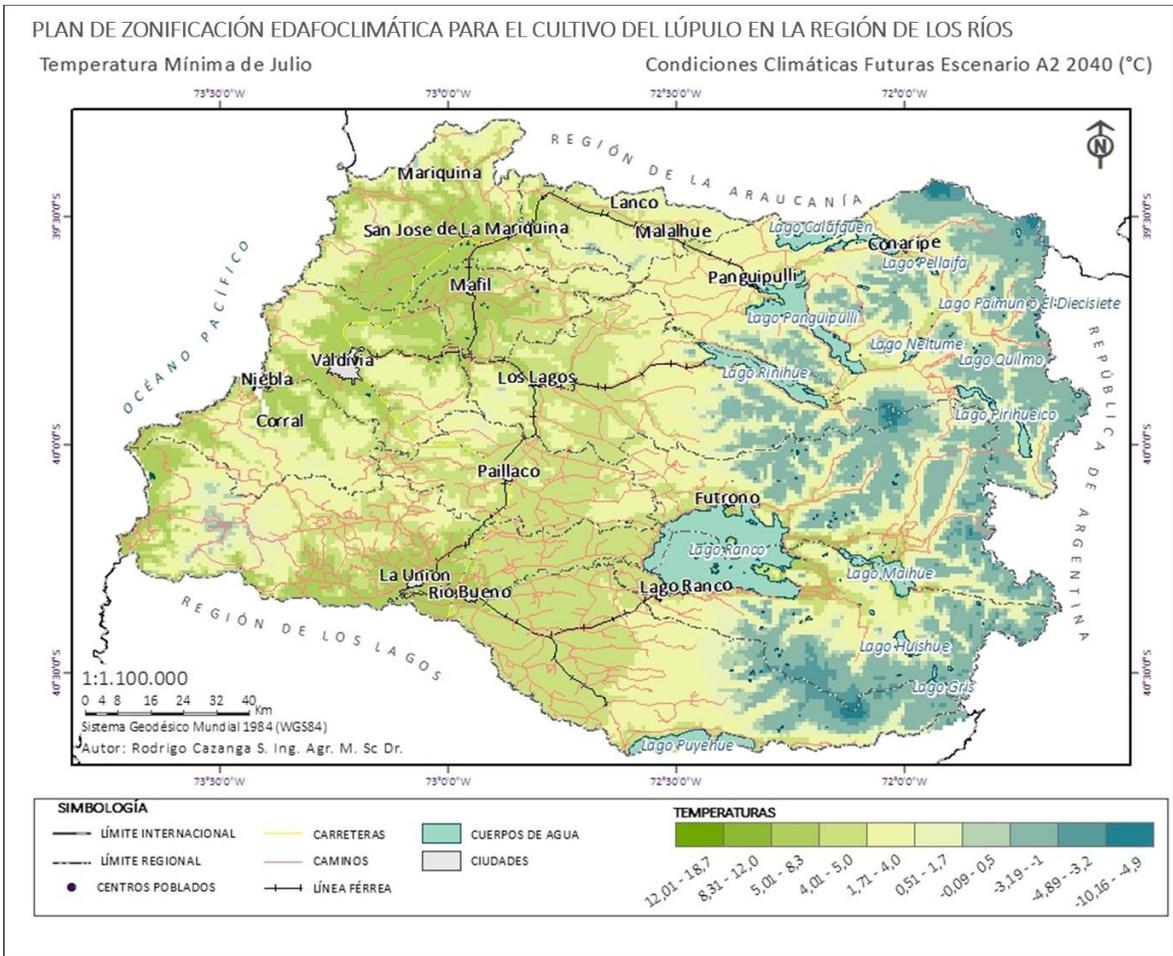


Figura 18. Temperatura mínima de julio (°C), condiciones climáticas futuras, Escenario A2 2040, región de los Ríos.

Respecto de las precipitaciones los mapas muestran una disminución de la precipitación del mes de enero, que para el 2030 podría variar entre 9 y 36% con las mayores reducciones en la zona centro de la región (Figura 20), donde actualmente se registran las menores precipitaciones (Figura 19). Para el año 2040, esta reducción podría llegar entre 10 y 39% dependiendo de la zona (Figura 21).

La integración de la información anual permitirá predecir de mejor manera los efectos que tendrá esta reducción de las precipitaciones en el cultivo del lúpulo en los escenarios actuales y futuros, no obstante, la reducción durante el periodo estival supone la necesidad de riego en varios sectores de la región. Lo anterior debido a que el lúpulo es una planta perenne, con un ciclo de crecimiento y producción en primavera-verano, por lo cual el abastecimiento hídrico en esta época será determinante en el rendimiento de conos y la calidad de los alfa y beta ácidos.

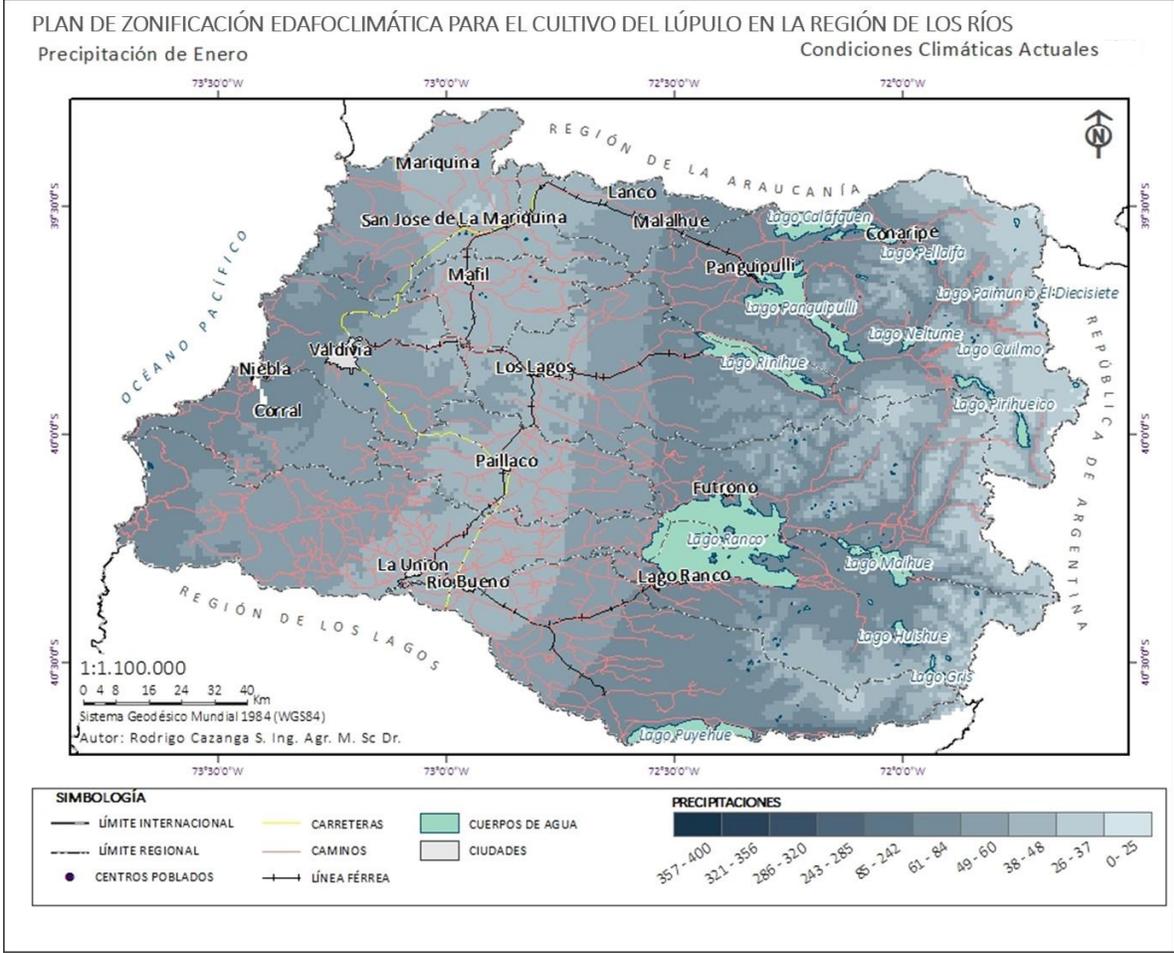


Figura 19. Precipitación del mes de enero (mm), condiciones climáticas actuales, región de los Ríos.

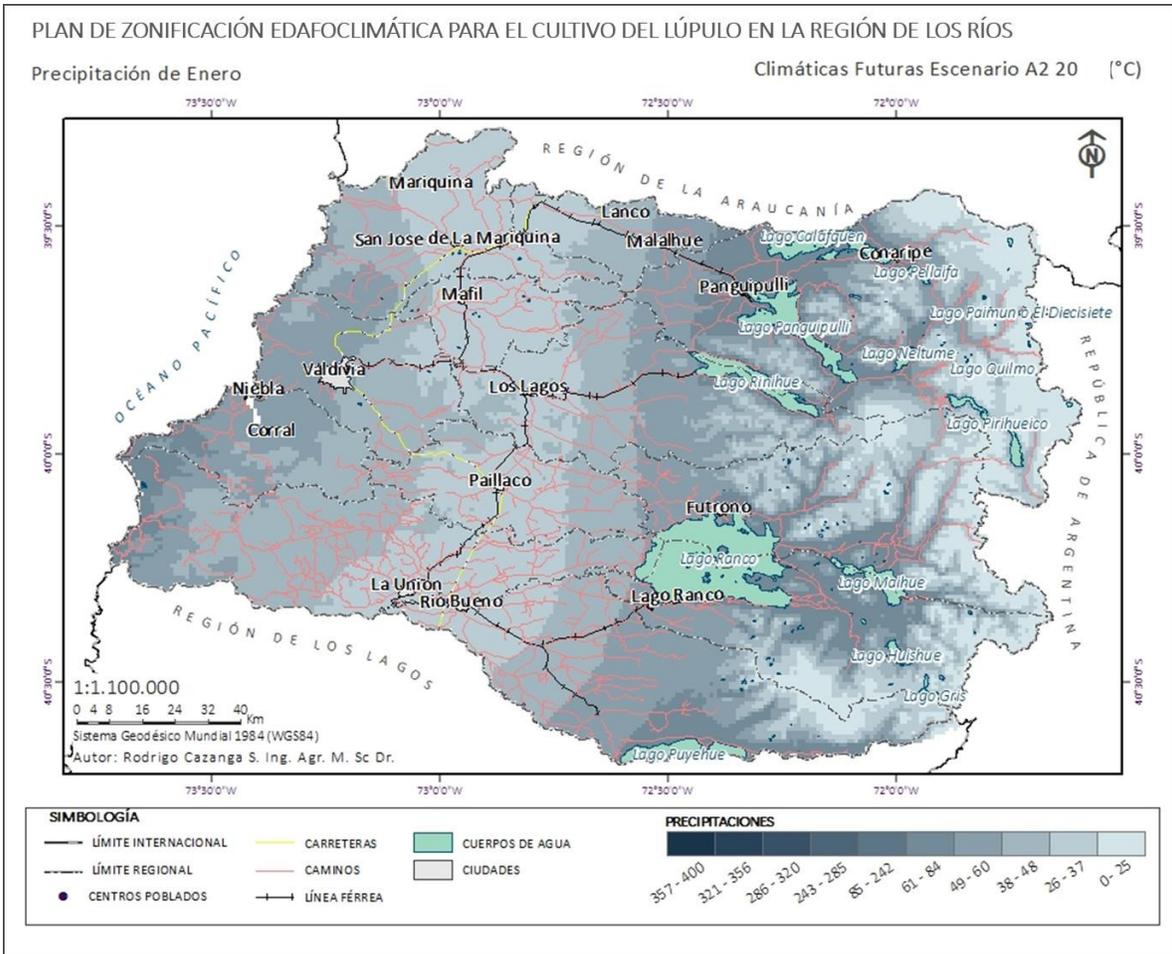


Figura 20. Precipitación del mes de enero (mm), condiciones climáticas futuras, Escenario A2 2030, región de los Ríos.

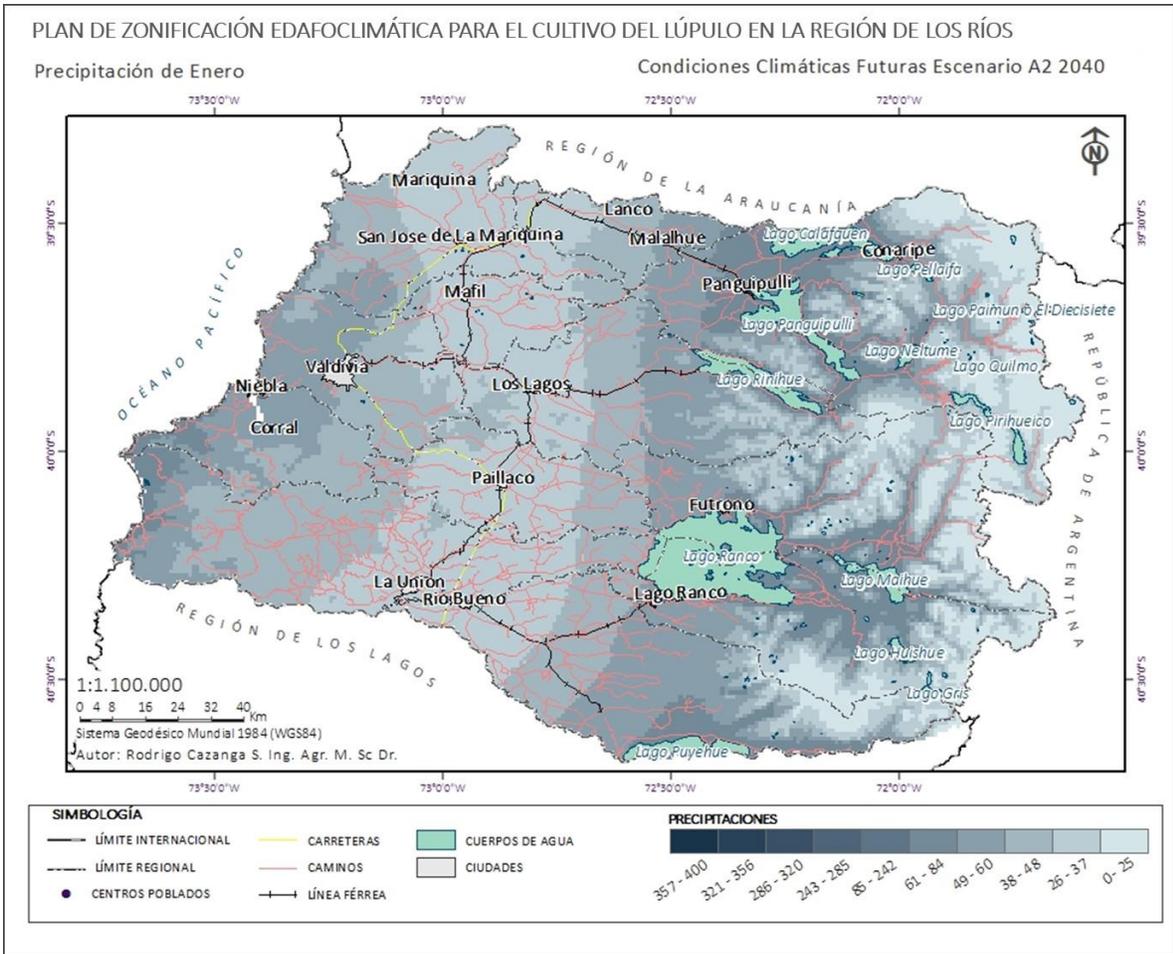


Figura 21. Precipitación del mes de enero (mm), condiciones climáticas futuras, Escenario A2 2040, región de los Ríos.

Respecto de las precipitaciones del mes de julio estas varían entre 60 y 400 mm en diferentes zonas de la región en el escenario actual, pero la mayor superficie tiene sobre 250 mm de pp en este mes (Figura 22). En el escenario 2030, las precipitaciones se reducen ampliándose el área que recibe entre 60 y 320 mm de precipitación (Figura 23), mientras que para el 2040 predominan las áreas en las que precipita entre 60 y 285 mm (Figura 24). La reducción sistemática de las precipitaciones en la época invernal afectará las reservas de agua en el suelo, para el periodo de crecimiento en primavera verano, lo que implicaría adelantar el suplemento con riego, durante el desarrollo del cultivo.

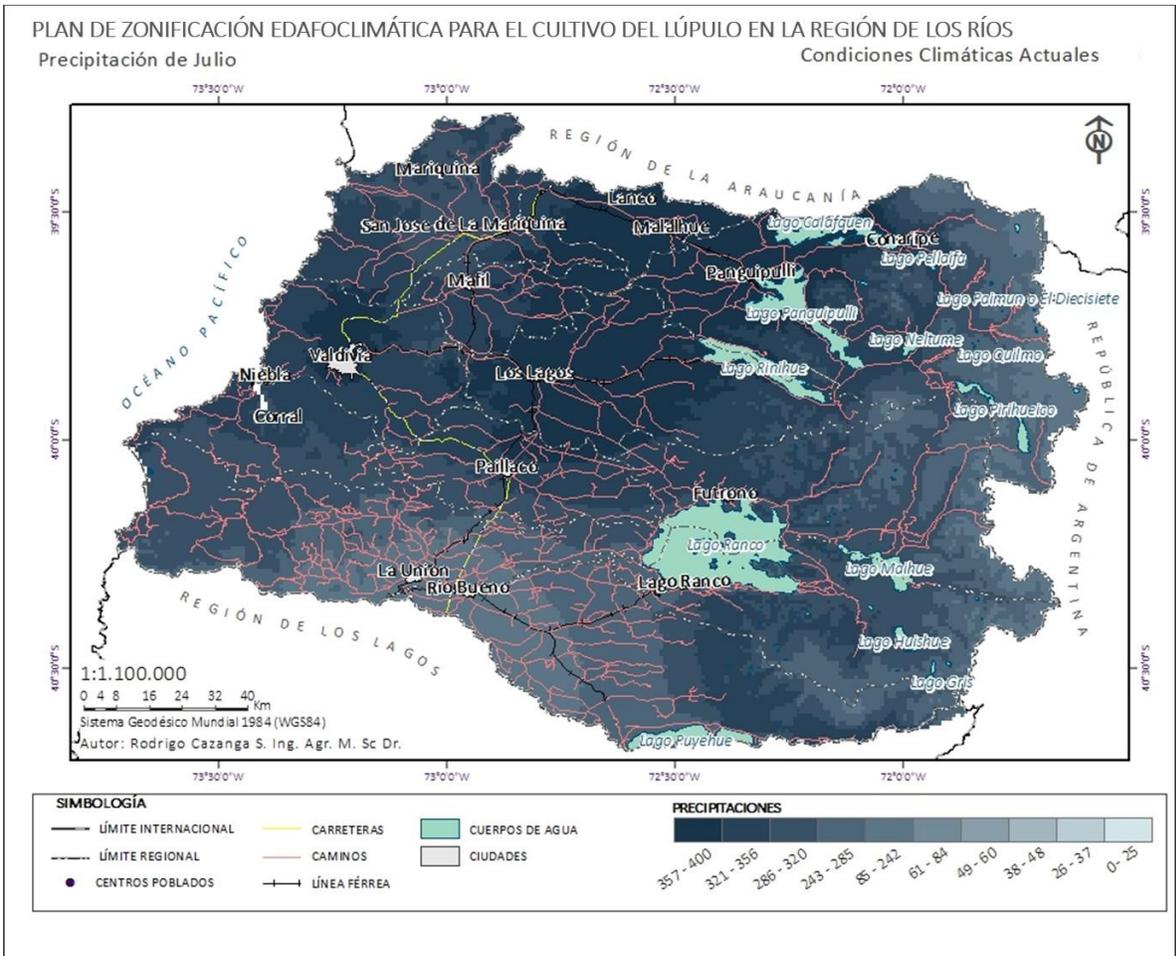


Figura 22. Precipitación del mes de julio (mm), condiciones climáticas actuales, región de los Ríos.

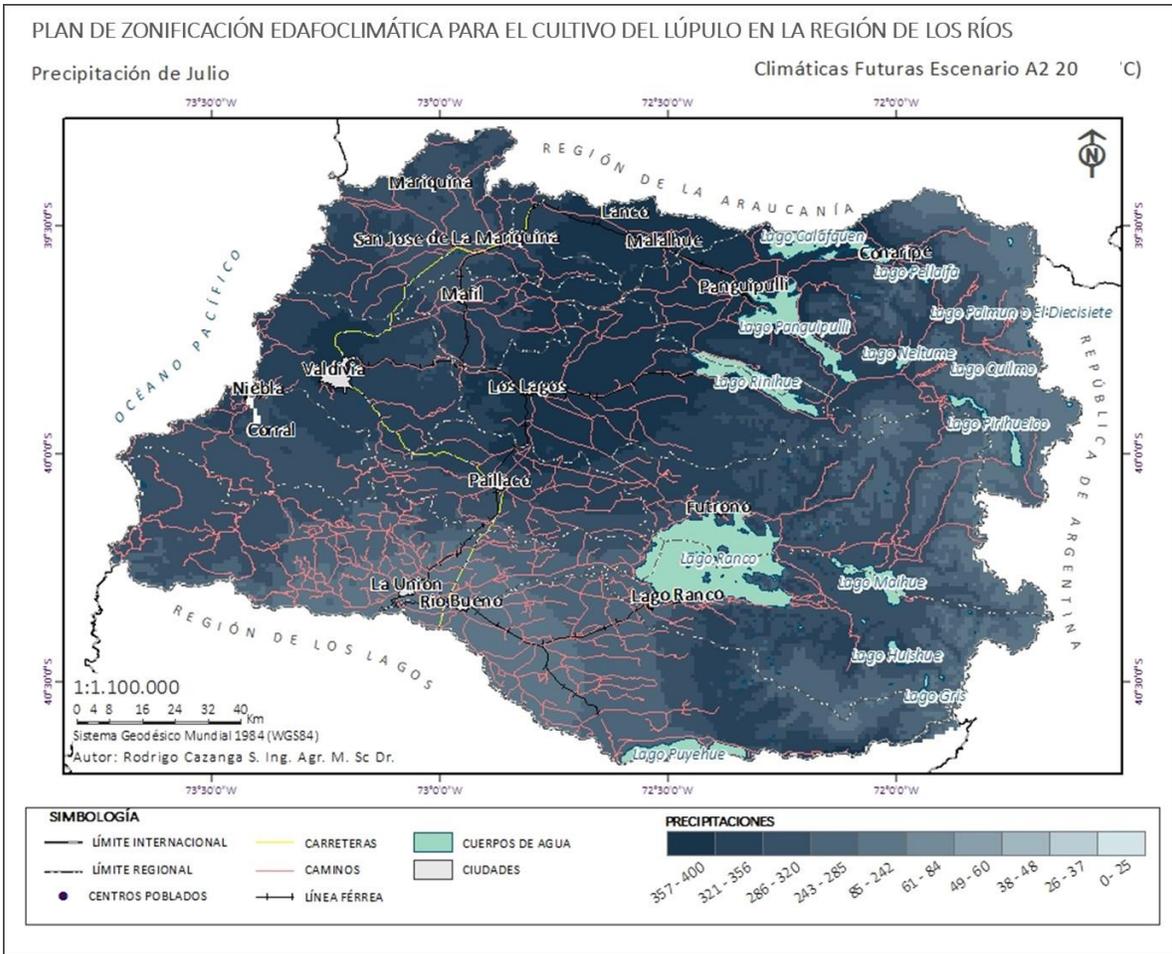


Figura 23. Precipitación del mes de julio (mm), condiciones climáticas actuales, Escenario A2 2030, región de los Ríos.

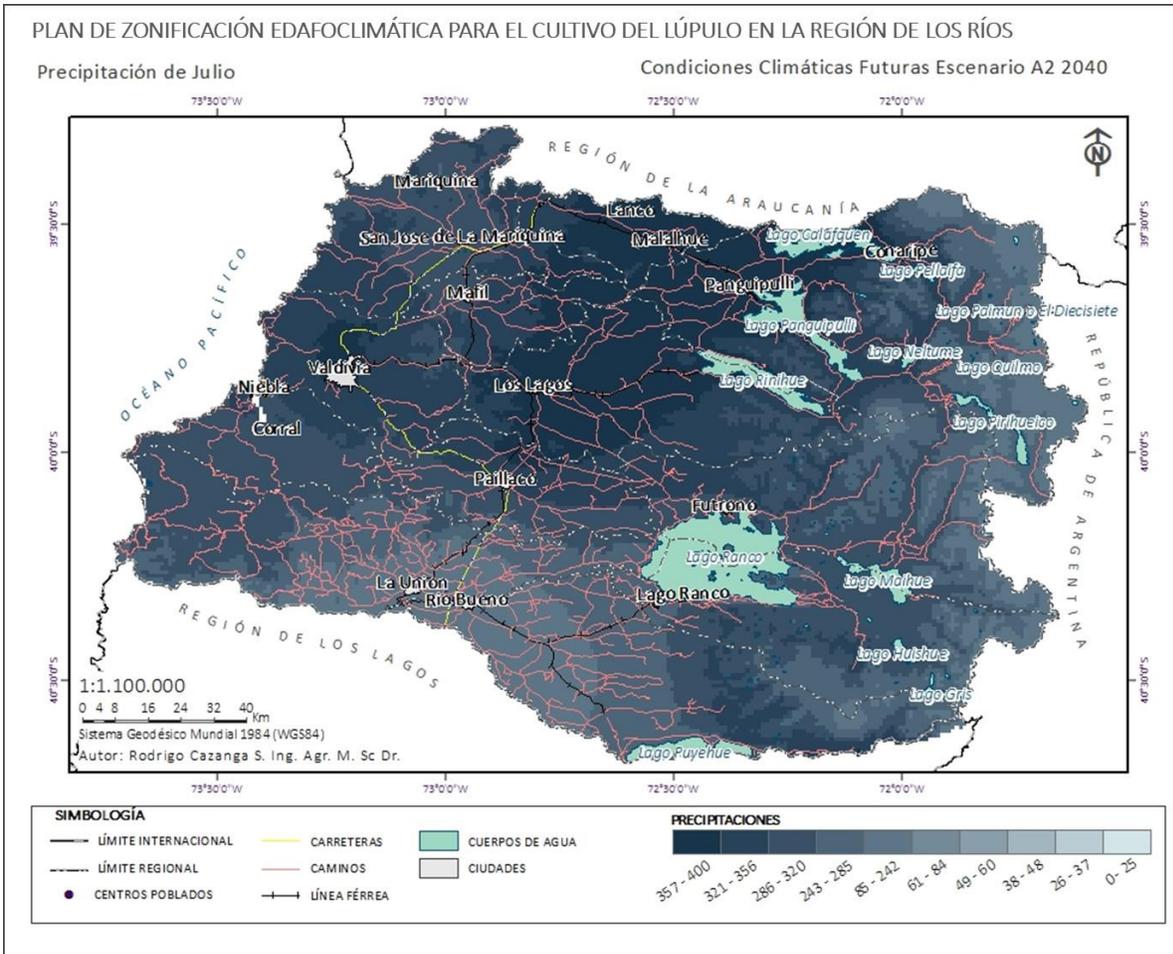


Figura 24. Precipitación del mes de julio (mm), condiciones climáticas futuras, Escenario A2 2040, región de los Ríos.

Los mapas de horas de frío muestran una clara tendencia a la disminución, tal como ha sido proyectado debido al cambio climático (Figura 25, 26 y 27). En el escenario 2030, se observa que en gran parte de la región disminuirá entre un 10 a un 30% el número de horas frío durante el periodo mayo-septiembre (Figura 26). Por otro lado, hacia el 2040, se observa un aumento de la superficie con menos horas de frío (Figura 27), comparado con el escenario 2030. En cuanto a las necesidades de horas frío invernal, el lúpulo sin una acumulación de horas frío adecuada presenta crecimiento débil y errático, el cual afecta la floración y el rendimiento

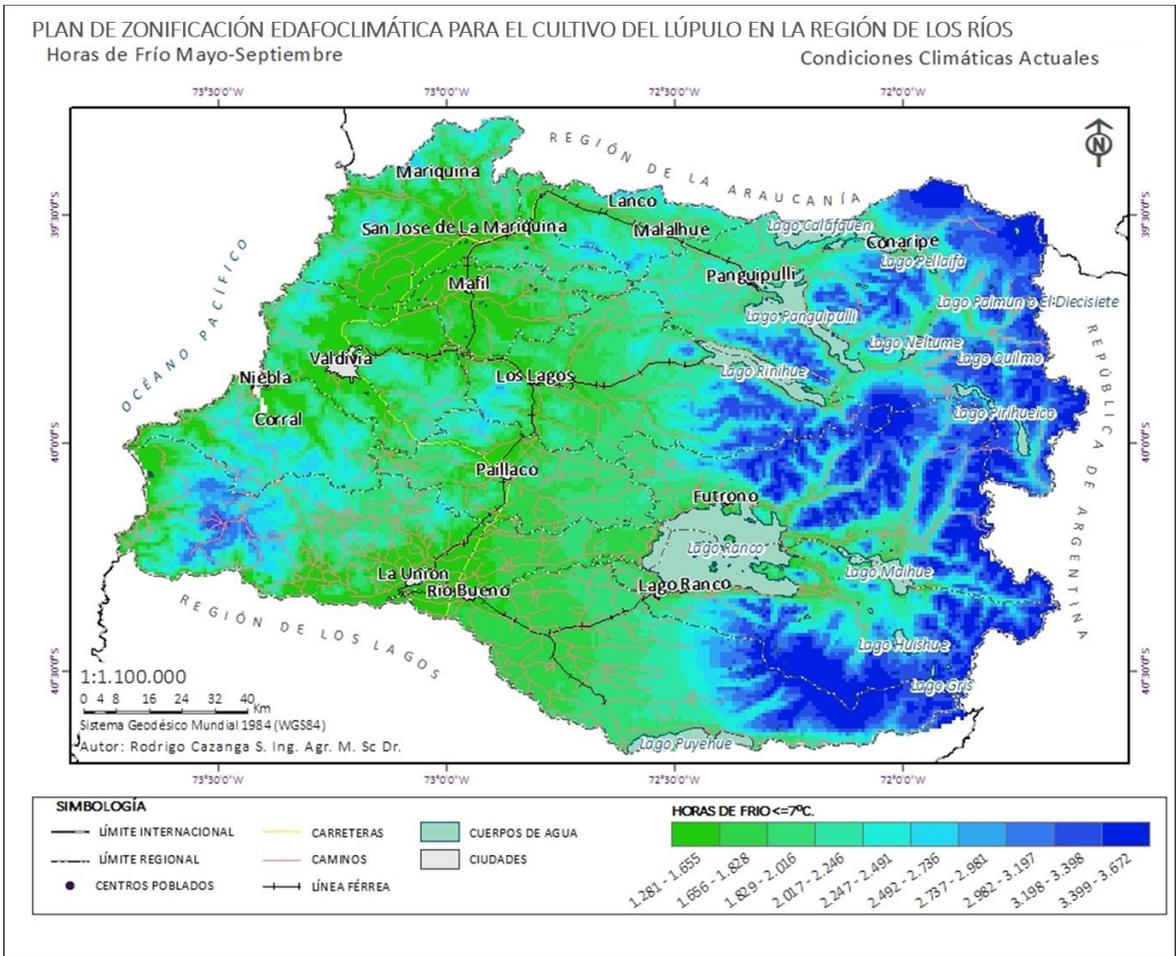


Figura 25. Horas de frío (<=7°C), condiciones climáticas actuales, región de Los Ríos.

PLAN DE ZONIFICACIÓN EDAFOCLIMÁTICA PARA EL CULTIVO DEL LÚPULO EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS

Horas de Frío Mayo-Septiembre

Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2030

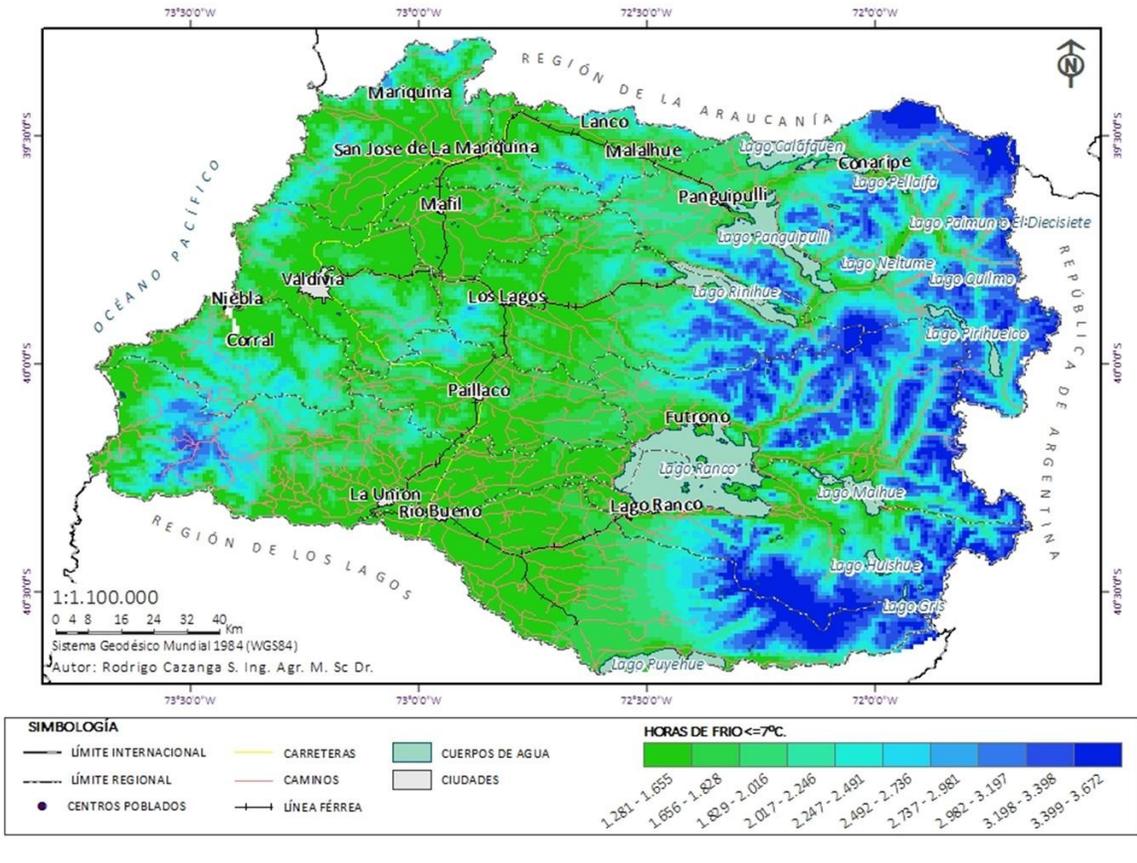


Figura 26. Horas de frío ( $\leq 7^{\circ}\text{C}$ ), condiciones climáticas futuras escenario A2 2030, región de Los Ríos.

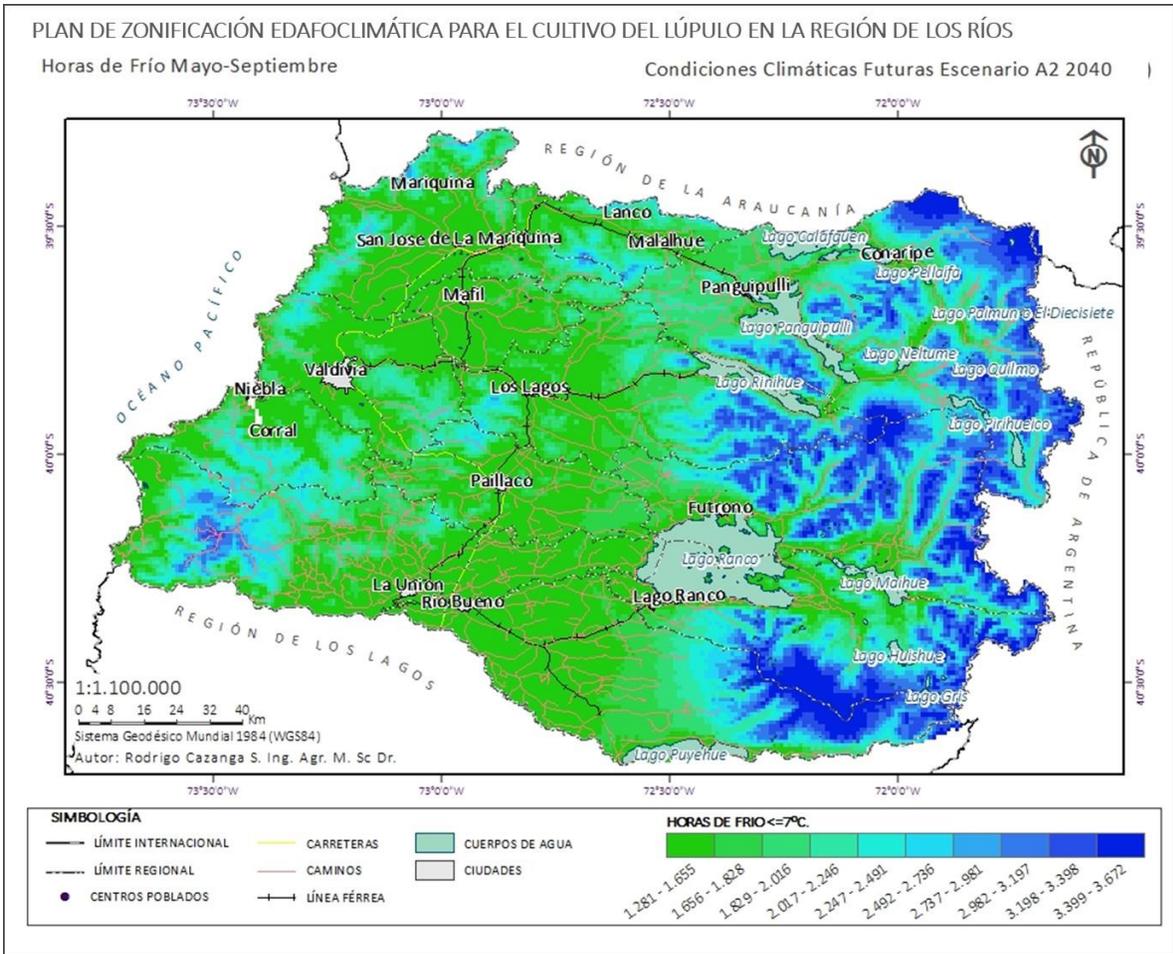


Figura 27. Horas de frío (<=7°C), condiciones climáticas futuras escenario A2 2040, región de Los Ríos.

Respecto de la suma térmica, entre los meses de julio-diciembre bajo las condiciones climáticas actuales alcanza una acumulación de grados día promedio de 566 a 858 en el valle central, mientras que en la zona precordillerana hay una acumulación entre 6 a 417 °CD (Figura 28). Bajo escenarios de cambio climático, hacia el 2030 y 2040 se observa un aumento de los grados días acumulados superior al 50%, alcanzado en zonas más frías aumentos sobre el 100% con respecto a los valores actuales (Figuras 29 y 30). Estos resultados indican que los días calendario en los cuales el lúpulo cumplirá los requerimientos térmicos para alcanzar las diferentes etapas del desarrollo se reducirá, ampliando la ventana de crecimiento del cultivo. Por otra parte sectores de la región en donde actualmente el cultivo no alcanzaría a completar su ciclo de desarrollo, serán aptos, desde el punto de vista de la suma térmica en el año 2030 y 2040.

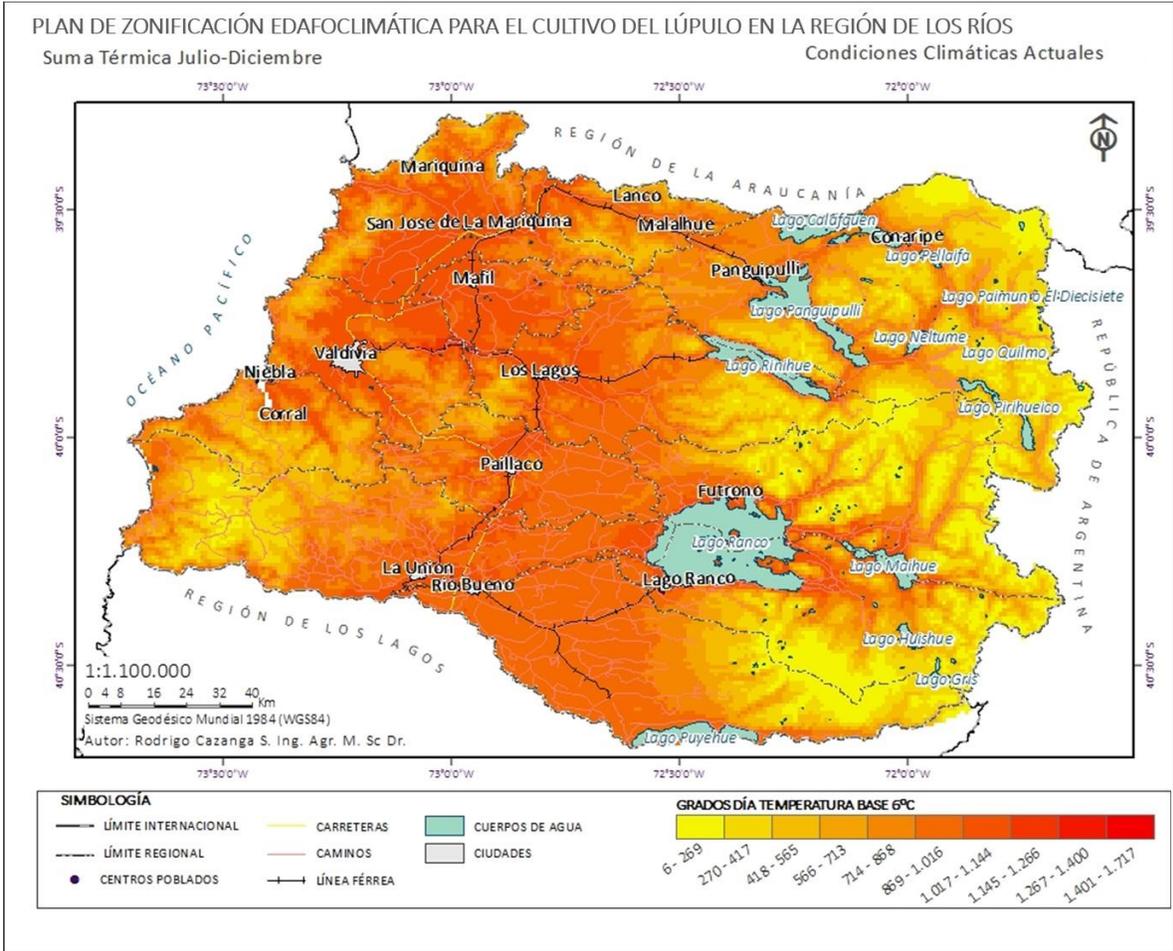


Figura 28. Suma térmica (grados día, temperatura base 6°C), condiciones climáticas actuales, región de Los Ríos.

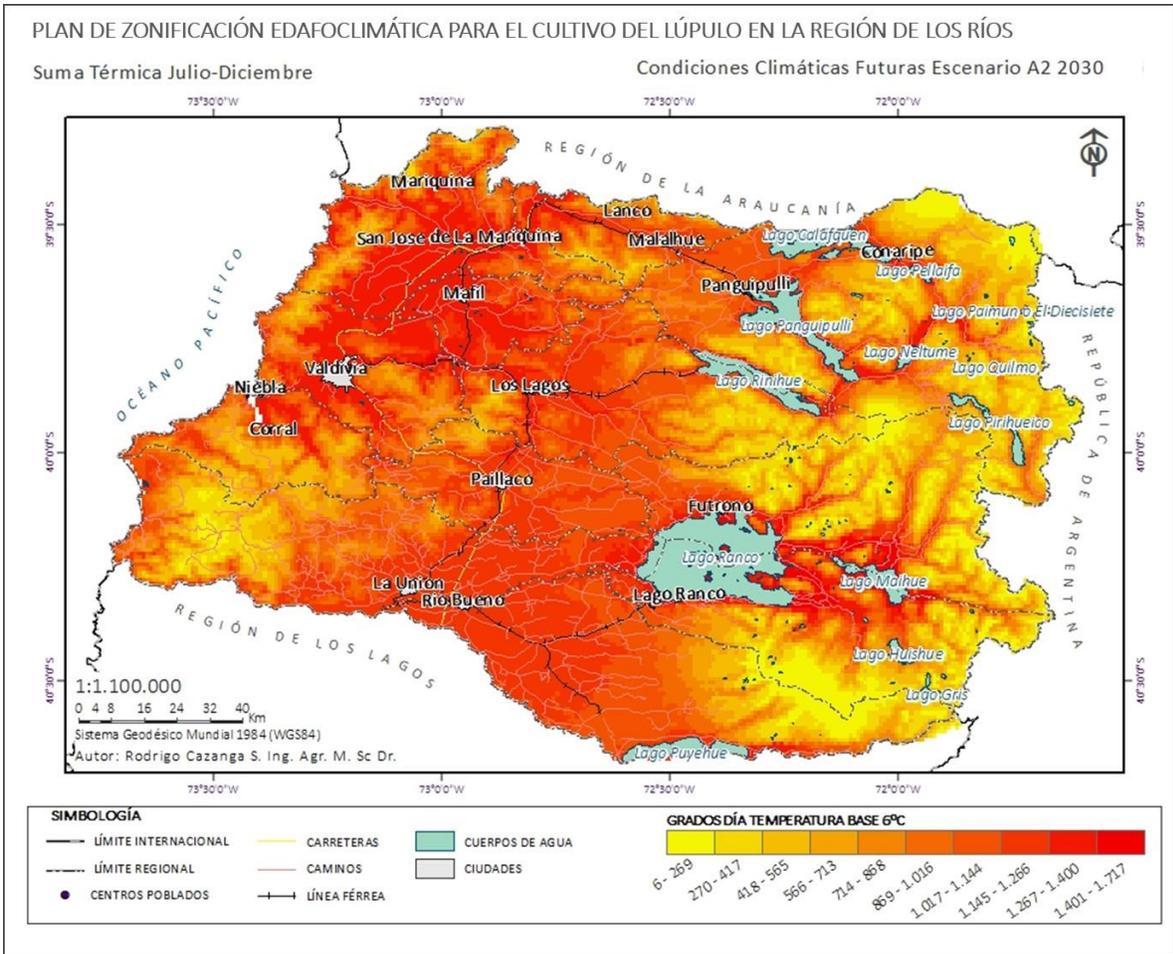


Figura 29. Suma térmica (grados día, temperatura base 6°C), condiciones climáticas futuras escenario A2 2030, región de Los Ríos.

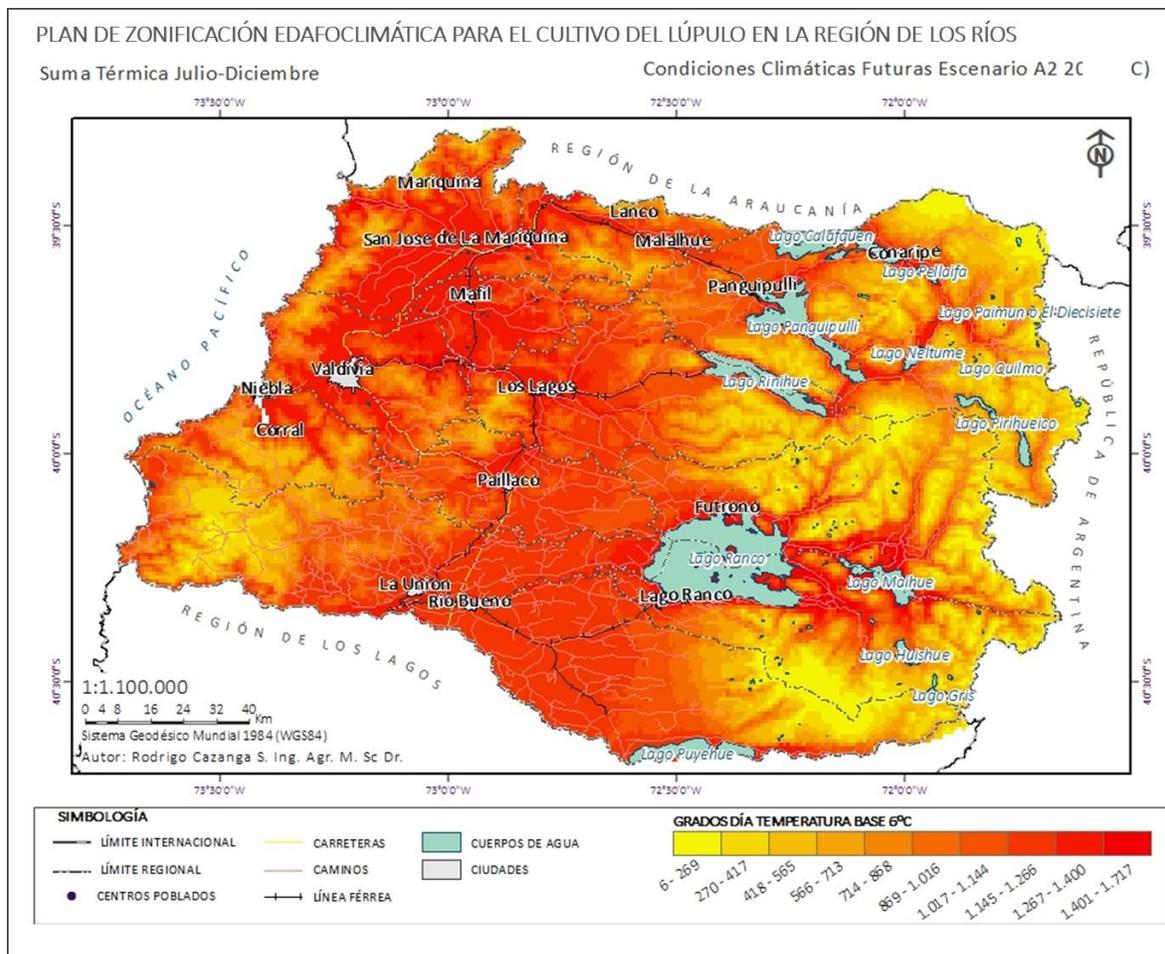


Figura 30. Suma térmica (grados día, temperatura base 6°C), condiciones climáticas futuras escenario A2 2040, región de Los Ríos.

Debido al alza de temperaturas invernales, el periodo libre de heladas también será reducido en los escenarios futuros, respecto del clima actual (Figuras 31, 32, 33). Esto reduciría el riesgo de daño en brotes recién emergidos o jóvenes al inicio de la primavera, asegurando un mejor crecimiento inicial del cultivo.

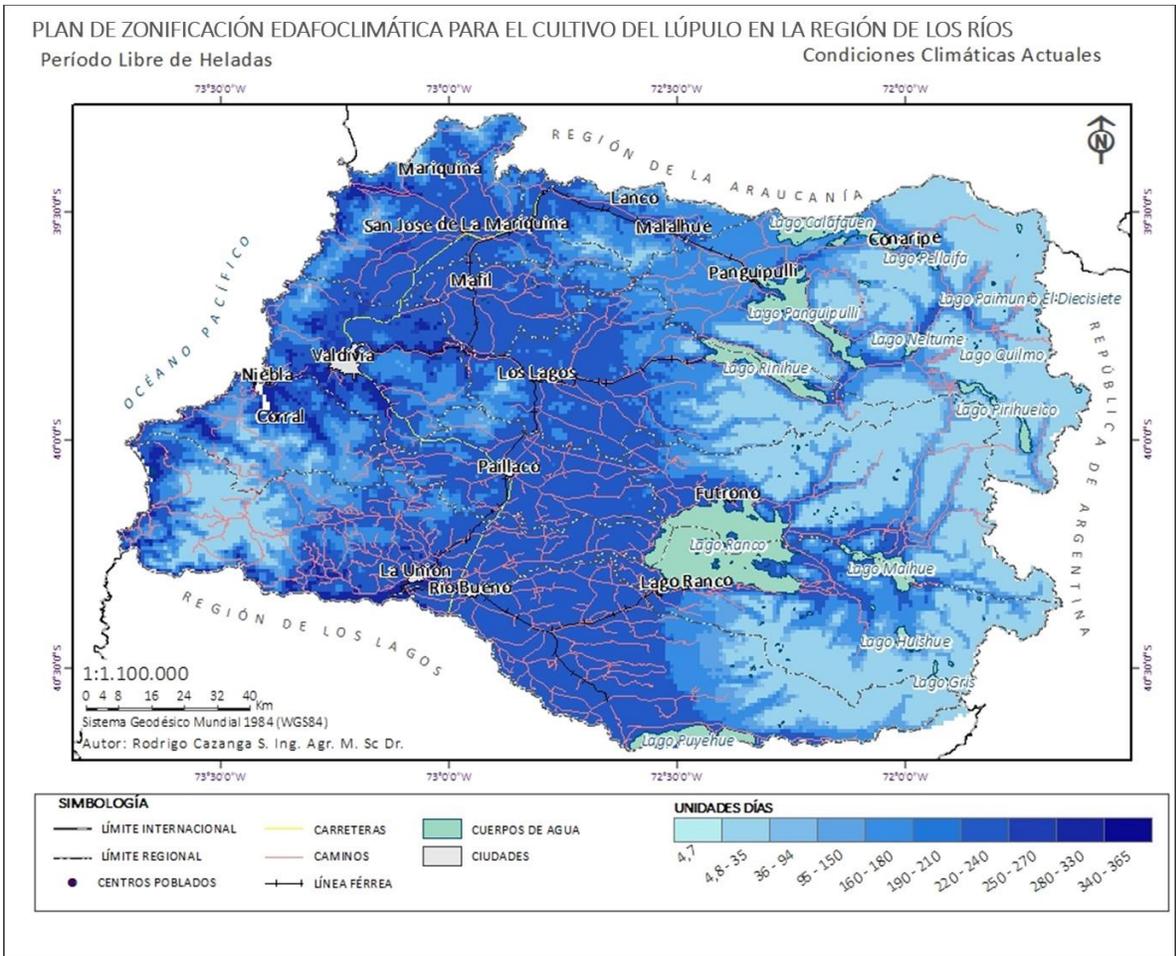


Figura 31. Período libre de heladas (días), condiciones climáticas actuales, región de Los Ríos.

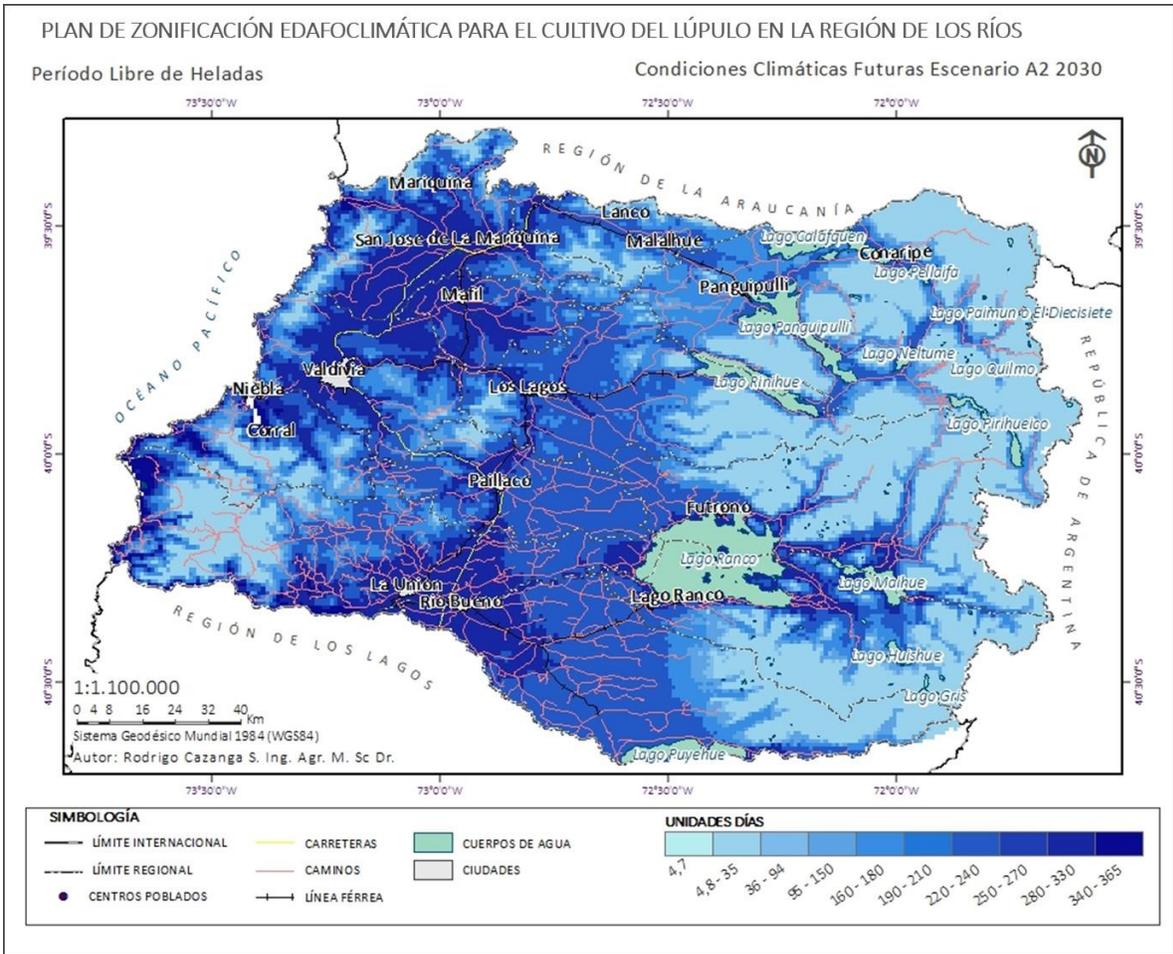


Figura 32. Período libre de heladas (días), condiciones climáticas futuras escenario A2 2030, región de Los Ríos.

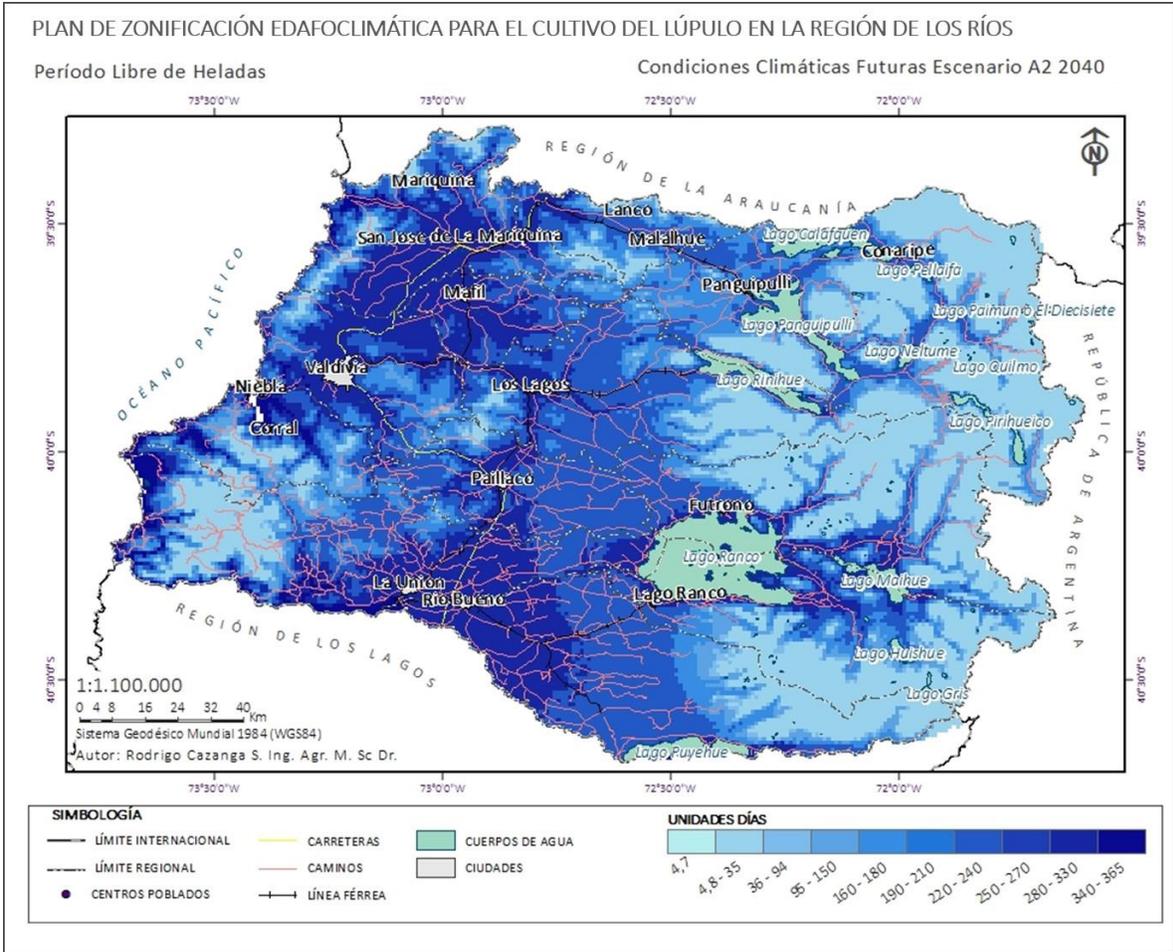


Figura 33. Período libre de heladas (días), condiciones climáticas futuras escenario A2 2040, región de Los Ríos.

El análisis de la incidencia de radiación solar indican que los niveles de radiación actuales, en el mes de enero (Figura 34), varían en la región entre 23 y 28 MJ/m<sup>2</sup> día y podrían aumentar en los escenarios futuros a rangos entre 25 y 31 MJ/m<sup>2</sup> día. Esto implicaría un aumento de la radiación solar, entre 10 y 18% en los escenarios 2030 y 2040 (Figuras 35 y 36). Estos niveles de radiación no deberían afectar el crecimiento del lúpulo, excepto que produjeran efectos adversos, como golpes de sol en los conos. En los meses de julio, la intensidad de radiación es menor registrándose niveles entre 3 y 4,5 MJ/m<sup>2</sup> día, en el escenario actual (Figura 37), y en los escenarios futuros el aumento proyectado es menor que en verano, llegando aproximadamente a 4% (Figuras 38 y 39). En los meses invernales la planta de Lúpulo se encuentra en receso, por lo tanto, a pesar de los bajos niveles de radiación registrados en invierno, no deberían presentar problemas para la acumulación de biomasa. De todos modos, la integración de la

información anual, para la zonificación productiva final, reflejará en términos de aptitud productiva, si la radiación fuera limitante para el crecimiento primaveral del cultivo.

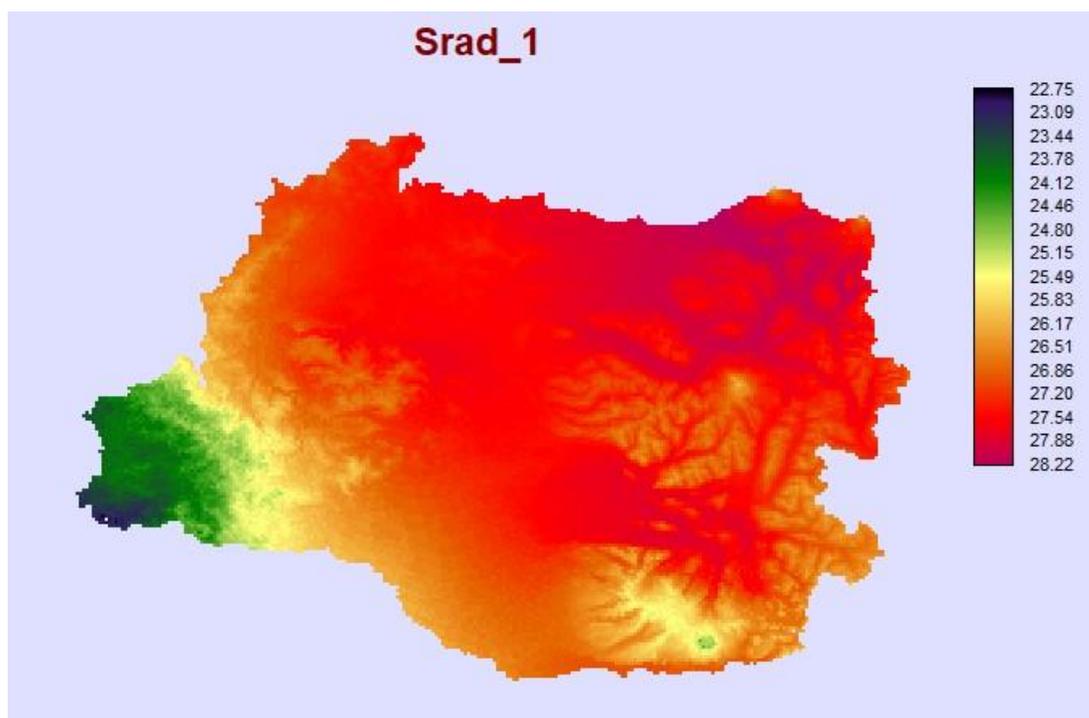


Figura 34. Radiación Solar de Enero ( $\text{MJ}/\text{m}^2$  día) región de los Ríos, bajo condiciones climáticas actuales (Elaboración propia, Rodrigo Cazanga, equipo consultor del proyecto).

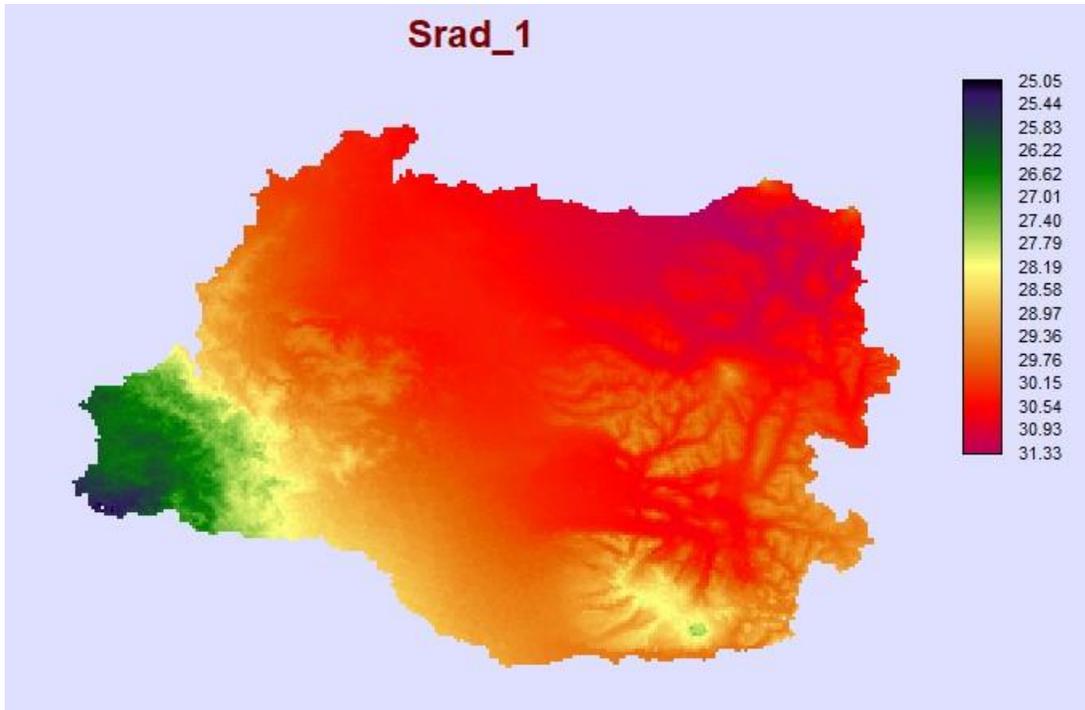


Figura 35. Radiación Solar de Enero (MJ/m<sup>2</sup> día) región de los Ríos, bajo condiciones climáticas futuras, 2030 (Elaboración propia, Rodrigo Cazanga, equipo consultor del proyecto).

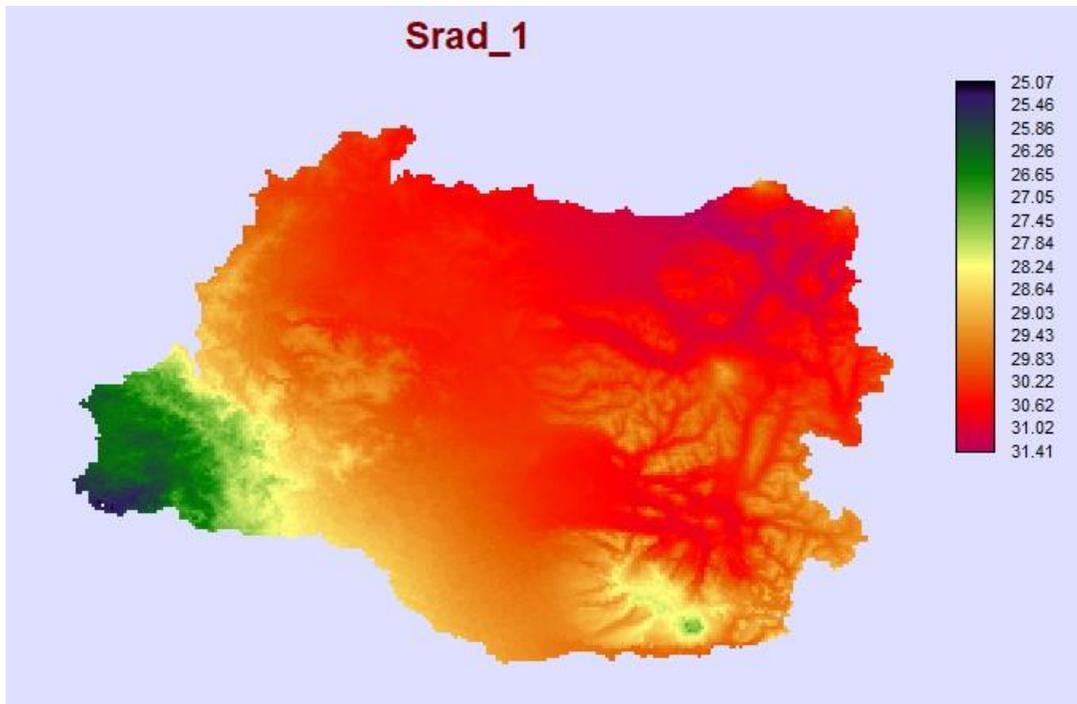


Figura 36. Radiación Solar de Enero (MJ/m<sup>2</sup> día) región de los Ríos, bajo condiciones climáticas futuras, 2040 (Elaboración propia, Rodrigo Cazanga, equipo consultor del proyecto).

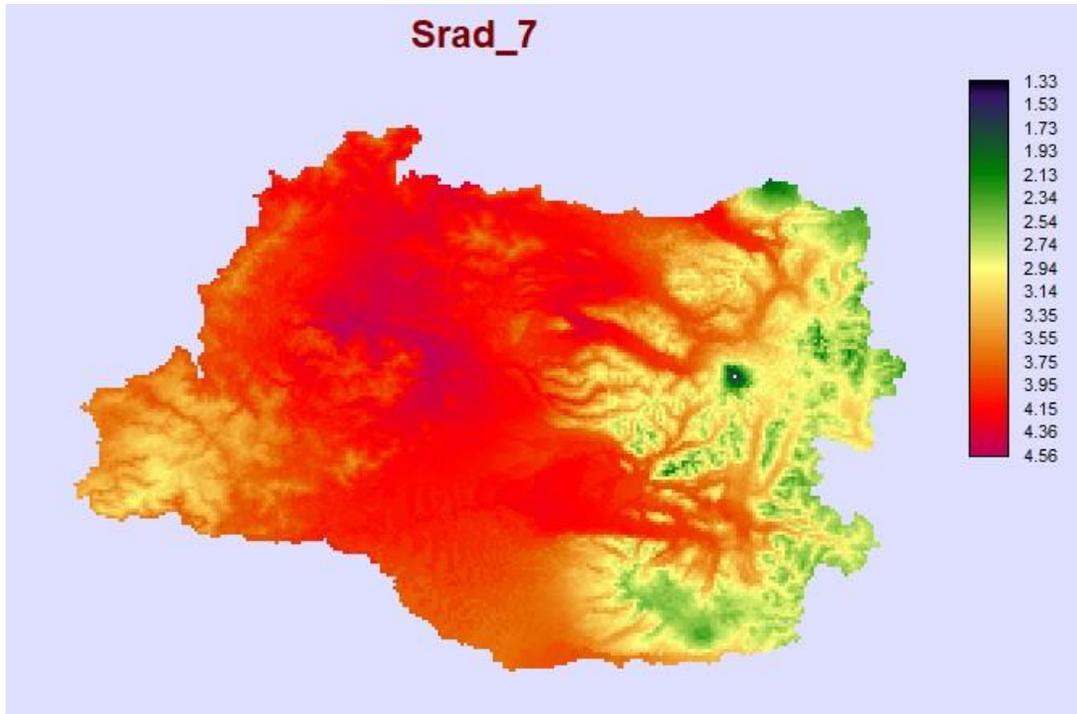


Figura 37. Radiación Solar de Julio ( $\text{MJ}/\text{m}^2$  día) región de los Ríos, bajo condiciones climáticas actuales (Elaboración propia, Rodrigo Cazanga, equipo consultor del proyecto).

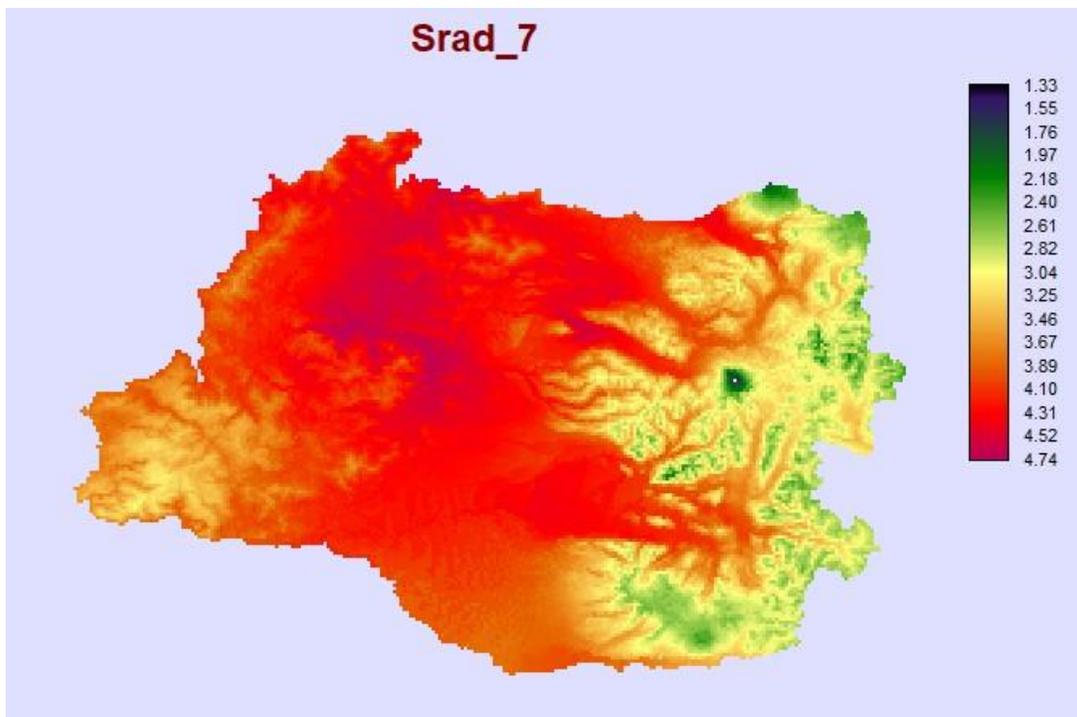


Figura 38. Radiación Solar de Julio ( $\text{MJ}/\text{m}^2$  día) región de los Ríos, bajo condiciones climáticas futuras, 2030 (Elaboración propia, Rodrigo Cazanga, equipo consultor del proyecto).

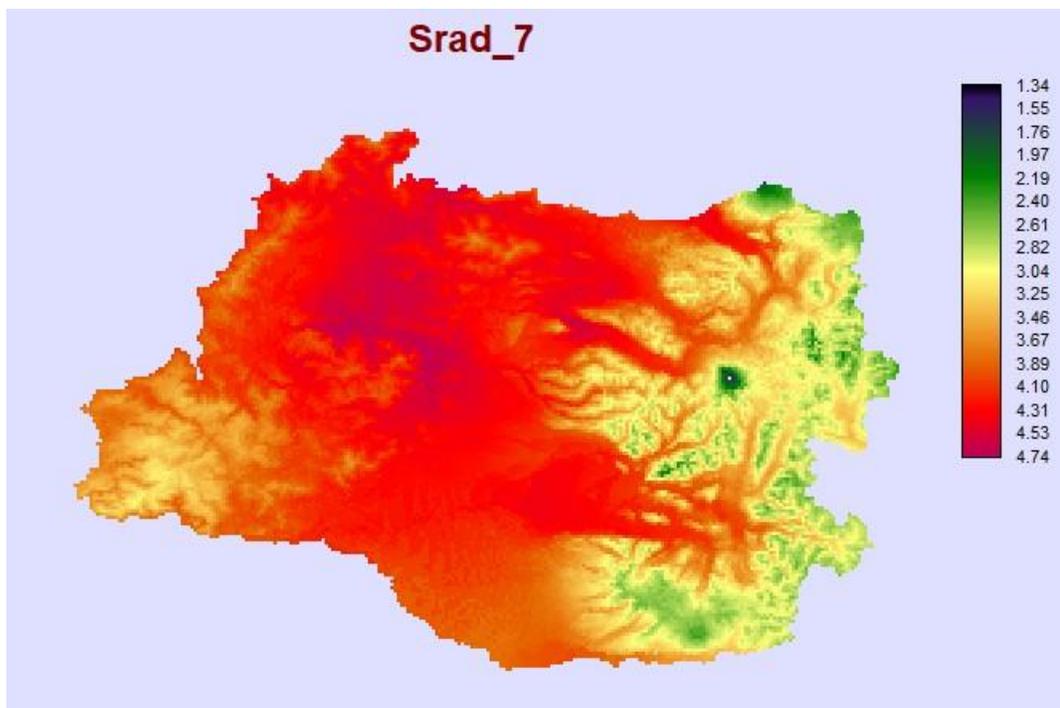


Figura 39. Radiación Solar de Julio ( $\text{MJ}/\text{m}^2$  día) región de los Ríos, bajo condiciones climáticas futuras, 2040 (Elaboración propia, Rodrigo Cazanga, equipo consultor del proyecto).

#### 1.4. Modelamiento ecofisiológico y bioquímico (comportamiento de alfa y beta ácidos) del lúpulo. Estudio de relaciones ecofisiológicas y bioquímicas con variables y parámetros ambientales.

Para establecer relaciones cualitativas y cuantitativas de los diferentes componentes del agroecosistema de Lúpulo, se recurrió a diferentes fuentes de información, nacionales y extranjeras, que evaluaban parámetros fisiológicos y bioquímicos e Lúpulo, en diferentes ambientes (Crepinsek, 1996; Pavlovic et al., 2012; Magadan et al., 2011; Lüer, 2019, entre otras). Entre las principales variables climáticas que afectan al rendimiento y la producción de alfa y beta ácidos del Lúpulo, están la disponibilidad de agua y la temperatura. Al respecto, está claro que el rendimiento depende de un buen abastecimiento hídrico del cultivo, pero existen estudios

contradictorios, respecto del efecto de la restricción de agua sobre la concentración de estos ácidos (Keukeleire et al., 2007; Srecec et al., 2008). Se ha determinado además que solo el 10% de los alfa ácidos, se forman, dos semanas antes de la cosecha (Hecht et al., 2004), por lo cual este periodo puede ser crítico para determinar su concentración. En general se conoce que existe un efecto positivo de la disponibilidad hídrica, en los meses de primavera e inicios del verano, sobre la concentración de alfa ácidos, pero un efecto negativo, de altas temperaturas estivales (Kucera and Krofta, 2009; Mozny et al. (2009). Los datos entregados por la literatura, así como las evaluaciones de campo de las concentraciones de ácidos, en las localidades de Máfil, Vivanco, Valdivia y los patios comerciales de lúpulos tres puentes (sector Vivanco, comuna de la Unión) y lúpulos Hueimen (comuna de lago Ranco), que fueron incorporados en este estudio, alimentan el modelo ecofisiológico planteado para determinar la aptitud productiva de las diferentes zonas de la región. Las evaluaciones de campo permitieron determinar la interacción del ambiente con el comportamiento fisiológico y bioquímico de los ecotipos, en la región de los Ríos, la cual fue tan importante como el efecto de los genotipos. Los datos específicos resultados de este estudio, así como el resultado de las variables ecofisiológicas asociadas al crecimiento y desarrollo de los ecotipos, son presentadas en las secciones 2.8 y 2.10 de este estudio.

### **1.5. Modelo de aptitud productiva por clima y suelo**

Desde hace algunas décadas, que los modelos de simulación han dejado de ser herramientas solo útiles en la investigación y la educación, transformándose en poderosos asistentes en la toma de decisiones en la cadena productiva de muchos rubros agrícolas.

En consecuencia, con lo anterior, y con el propósito de identificar áreas geográficas con diferente aptitud para la producción de las especies y variedades consideradas, se realizó una zonificación agroecológica, utilizando el modelamiento ecofisiológico, de acuerdo con el esquema presentado en la Figura 40 (Cazanga, 2012). Esta metodología incluye el modelamiento ecofisiológico y metabólico (Cazanga et al., 2011), así como el modelamiento climático y la espacialización territorial de los parámetros (Morales et al., 2018). Basado en estos modelos, se realizó la zonificación de aptitud productiva, la cual ayudará a la toma de decisiones estratégicas

relacionadas con la producción de lúpulo en la región de Los Ríos, considerando el efecto del cambio climático (IPCC, 2022).

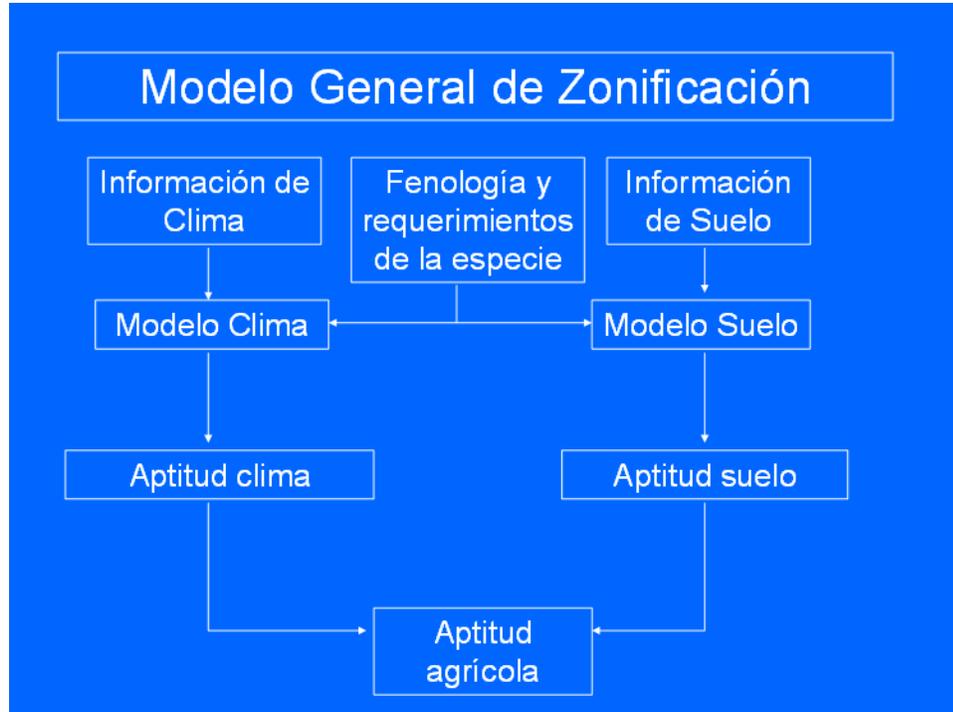


Figura 40. Diagrama de flujo simplificado del método de estimación de la aptitud productiva

Para cada lugar geográfico, donde puedan definirse sus condiciones climáticas y edáficas, se estimó la aptitud productiva mediante dos modelos, uno climático y otro de suelo, los cuales cuantifican la respuesta productiva de la planta a las condiciones ambientales. De esta manera, se calculó la aptitud productiva por clima (APC), y la aptitud productiva por suelo (APS), respectivamente.

La información de clima y suelos aplicada del proyecto proviene de las bases de datos que posee el equipo de investigación.

#### I. Modelo de clima

El modelo de aptitud productiva por clima (APC) considera diversos parámetros climáticos de

entrada, un conjunto de índices de respuesta fisiológica de la planta a tales parámetros, una función integradora de la respuesta de la planta a cada parámetro y un algoritmo de cálculo.

Entre los parámetros climáticos que se consideran están las temperaturas máximas y mínimas diarias del aire, la temperatura del aire a nivel horario, la suma de temperaturas sobre cierto umbral desde septiembre a mayo, las horas de frío entre 7 y 0 °C acumuladas entre mayo y septiembre, inclusive, la humedad relativa del aire, el período libre de heladas y la exposición a la radiación solar.

En consecuencia, con lo anterior, la APC es cuantificada mediante un modelo multiplicativo, de acuerdo con Monteith (1996). Entre las funciones, que considera el modelo están la suma de temperaturas ( $f(st)$ ), ocurrencia de heladas ( $f(hel)$ ), temperatura ( $f(ter)$ ), humedad relativa ( $f(hr)$ ) y grado de exposición a la radiación solar ( $f(rs)$ ), algunas de estas se presentan como ejemplo, en la Figura 41.

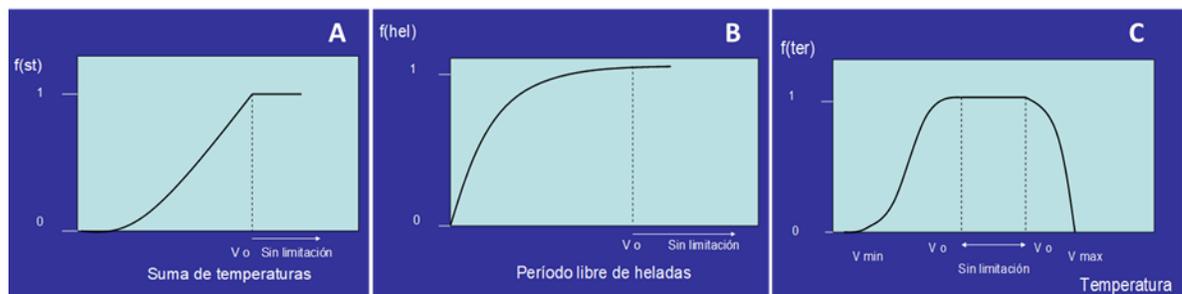


Figura 41. A. Función de suma de temperaturas. Donde  $f(st)$ : índice del efecto de la disponibilidad de suma de temperaturas en la planta (0-1). B. Función de heladas. Donde  $f(hel)$ : índice del efecto de las heladas en la planta (0-1). C. Función térmica. Donde  $f(ter)$ : índice del efecto de la temperatura en la planta (0-1).

## II. Modelo de suelo

En forma similar al caso del clima, la aptitud productiva por suelo (APS) es cuantificada en función de, entre otros factores, textura ( $f(text)$ ), profundidad ( $f(prof)$ ), drenaje ( $f(dren)$ )

Lo anterior implica, por ejemplo, que el efecto del mal drenaje del suelo afectará el crecimiento de las raíces de la planta, aún, cuando la profundidad sea más que suficiente.

Algunas de las funciones del modelo de suelo se presentan en forma gráfica en la Figura 42.

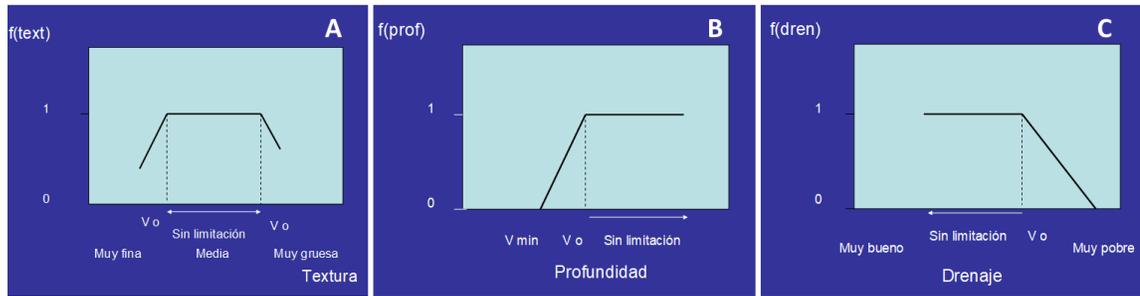


Figura 42. A. Función de textura. Donde  $f(\text{text})$ : índice del efecto de la textura en el crecimiento de la planta (0-1).  $V_o$  valor umbral. B. Función de profundidad. Donde  $f(\text{prof})$ : índice del efecto de la profundidad en el crecimiento de la planta (0-1).  $V_o$  y  $V_{\text{min}}$  valores umbrales. C. Función de drenaje. Donde  $f(\text{dren})$ : índice del efecto del drenaje en el crecimiento de la planta (0-1).  $V_o$  valor umbral.

### 1.6 Zonificación edafoclimática de la aptitud productiva (rendimiento y calidad, bajo condiciones de clima actuales y futuras, de lúpulo en la Región de los Ríos

Utilizando los modelos y sub rutinas antes mencionadas es posible hacer simulaciones con datos climáticos actuales, de los cuales se obtienen las zonificaciones de aptitud productiva bajo condiciones climáticas actuales. En tanto que, cuando se utilizan los datos climáticos futuros, se obtienen las zonificaciones de aptitud productiva futura de cada genotipo de lúpulo estudiado en la Región de Los Ríos. La información climática regional (temperatura, precipitación y radiación), en la cual está basada la aptitud productiva para el cultivo del lúpulo, está contenida en las secciones 1.2 y 1.3. Los mapas de las variables climáticas dan cuenta de las condiciones ambientales en escenarios climáticos actuales y futuros. En base a estas variables se calcularon los parámetros agroclimáticos que determinan la adaptación del cultivo en cada zona, como las

horas de frío, grados día acumulados y el periodo libre de heladas.

Respecto de la temperatura, el lúpulo se adapta bien a temperaturas medias mensuales entre 15 y 19°C. Altas temperaturas en el mes de enero pueden exponer a la planta a estrés térmico y golpes de sol, que provocan efectos negativos sobre el rendimiento y daño directo a los conos. Dado que la temperatura aumenta en los escenarios A2 del 2030 y 2040, la demanda evaporativa aumentará.

El alza en las temperaturas mínimas en la región puede tener consecuencias en la fenología del cultivo, especialmente un aumento de la temperatura mínima invernal, puede adelantar la salida del receso de las plantas de lúpulo, adelantándose la etapa de brotación. Esto no necesariamente es un problema, en tanto no se produzcan heladas en periodo sensibles del desarrollo del cultivo, como el crecimiento de brotes y especialmente la floración.

En cuanto a la precipitación, se proyecta una reducción en los escenarios futuros de cambio climático, lo cual sumado al aumento de la demanda evaporativa, producida por el incremento en la temperatura, confirma que el cultivo debe ser desarrollado en condiciones de riego. Lo anterior debido a que en ninguno de los escenarios expuestos se alcanza una precipitación acumulada que permita satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo que para la región son de 600 mm que deben estar disponibles y adecuadamente distribuidos, entre los meses de septiembre a marzo.

Con la información de este estudio se pudo establecer la zonificación productiva del cultivo a nivel de variedad y ecotipo bajo el clima actual y en el escenario A2 definido por el IPCC, para los años 2030 y 2040.

Los mapas muestran el efecto moderador de la temperatura por la presencia de grandes cuerpos de agua, tales como el lago Ranco. En el escenario climático actual cerca de un 50% de la superficie de la región no presentaría limitaciones o tendría limitaciones leves, para el establecimiento del cultivo del Lúpulo tanto de la variedad Cascade como el ecotipo La Unión. Para el escenario 2030, los sectores sin limitaciones se amplían, pero en el año 2040, algunas localidades especialmente costeras vuelven a aparecer con limitaciones leves para la producción de estos genotipos. Lo anterior representa en general escenarios favorables para el establecimiento de patios de cultivo del lúpulo que serán productivos en los próximos 20 años. Entre las principales variables climáticas que afectan al rendimiento y la producción de alfa y beta ácidos del Lúpulo, están la disponibilidad de agua y la temperatura. El rendimiento depende

de un buen abastecimiento hídrico del cultivo, pero existen estudios contradictorios, respecto del efecto de la restricción de agua sobre la concentración de los alfa y beta ácidos (Keukeleire et al., 2007; Srecec et al., 2008). En general existiría un efecto positivo de la disponibilidad hídrica, en los meses de primavera e inicios del verano, sobre la concentración de alfa ácidos, pero un efecto negativo, de altas temperaturas estivales (Kucera and Krofta, 2009; Mozny et al. (2009). Se ha determinado además que solo el 10% de los alfa ácidos, se forman, dos semanas antes de la cosecha (Hecht et al., 2004), por lo cual este periodo puede ser crítico para determinar su concentración.

Desde el punto de vista de los Suelos, no existen limitaciones importantes para el establecimiento de Lúpulo en la región de los Ríos. Este cultivo necesita suelos permeables y profundos, para un buen desarrollo de raíces, las que pueden llegar a una profundidad de 2 m. En este sentido solo algunos suelos asociados a las Series Lanco, Malihue u Osorno, podrían presentar limitaciones debido a su escasa profundidad o mal drenaje, sin embargo, eso es de fácil solución realizando la plantación camellones.

La zonificación de aptitud productiva del territorio de la Región de los Ríos para la producción de lúpulo (variedad Cascade y ecotipos Hallertauer Tradition, Ranco, La Unión, Río Bueno y Valdivia) se realizó de acuerdo con Cazanga R. 2011; Cazanga R., et al. 2012 y Morales L. et al. 2018.

De acuerdo con el estudio de zonificación se aprecia inequívocamente que la región de Los Ríos posee condiciones agroecológicas muy adecuadas para la producción de lúpulo. Sin embargo, también existen sectores geográficos no aptos para la producción de la variedad cascade o de cualquiera de los ecotipos estudiados. Las categorías de aptitud productiva indican la probabilidad de obtener un determinado rendimiento y calidad, a causa del medio, sin considerar el manejo que se haga en el predio. Lo anterior implica que, para un mismo manejo agronómico aplicado al huerto, en un sector con buena aptitud habrá más probabilidades de obtener un buen rendimiento y calidad del producto. En cambio, considerando el mismo manejo agronómico, si cultivamos en una zona de aptitud productiva con limitaciones severas, lo más probable es que obtengamos bajo rendimiento y calidad.

Por otra parte, los resultados del proyecto en el estudio de la fenología de los ecotipos La Unión,

Río Bueno y Valdivia no obtuvo diferencia entre ellos, por lo cual los resultados de zonificación en este primer estudio de fenología son iguales para los tres ecotipos mencionados. Lo anterior ha implicado que la zonificación de aptitud productiva haya resultado igual para estos ecotipos.

En la Tabla 4 se presentan los datos agroclimáticos registrados en la estación meteorológica de Valdivia.

Tabla 4.- Parámetros agroclimáticos registrados en la estación meteorológica de Valdivia.

Mes	Temperaturas (°C)		Radiación solar( cal cm2/día)	Precipitación (mm)	Humedad relativa(%)	Suma Temperaturas (Base 5°C) (grados-día)	Horas de Frío (<7°C)
	Máxima	Mínima					
Enero	23,3	11,0	312	73,9	68	376,7	0
Febrero	23,0	10,7	269	67,8	72	331,8	0
Marzo	20,5	9,4	221	105,4	76	308,5	35
Abril	17,0	7,7	148	180,4	82	220,5	112
Mayo	13,5	6,4	90	402,7	88	153,5	202
Junio	11,2	5,3	67	478,6	89	97,5	279
Julio	11,0	4,7	74	394,4	88	88,4	295
Agosto	12,4	4,6	111	312,4	86	108,5	258
Septiembre	14,3	5,2	178	206,3	81	142,5	202
Octubre	17,0	6,7	236	126,9	77	212,4	124
Noviembre	18,6	8,1	273	99,3	73	250,5	79
Diciembre	21,0	9,8	304	83,6	71	322,4	23
Promedio	16,9	7,5	190	211,0	79	217,8	134
Suma Anual				2.531,7		2.613,0	1.609

Fuente: Mapa Agroclimático de Chile (Novoa R. y Villaseca S., 1989)

En las figuras 43, 44 y 45 se presenta la aptitud productiva de la región para producir lúpulo variedad Cascade, bajo condiciones climáticas actuales, escenario futuro 2030 y escenario futuro 2040, respectivamente.

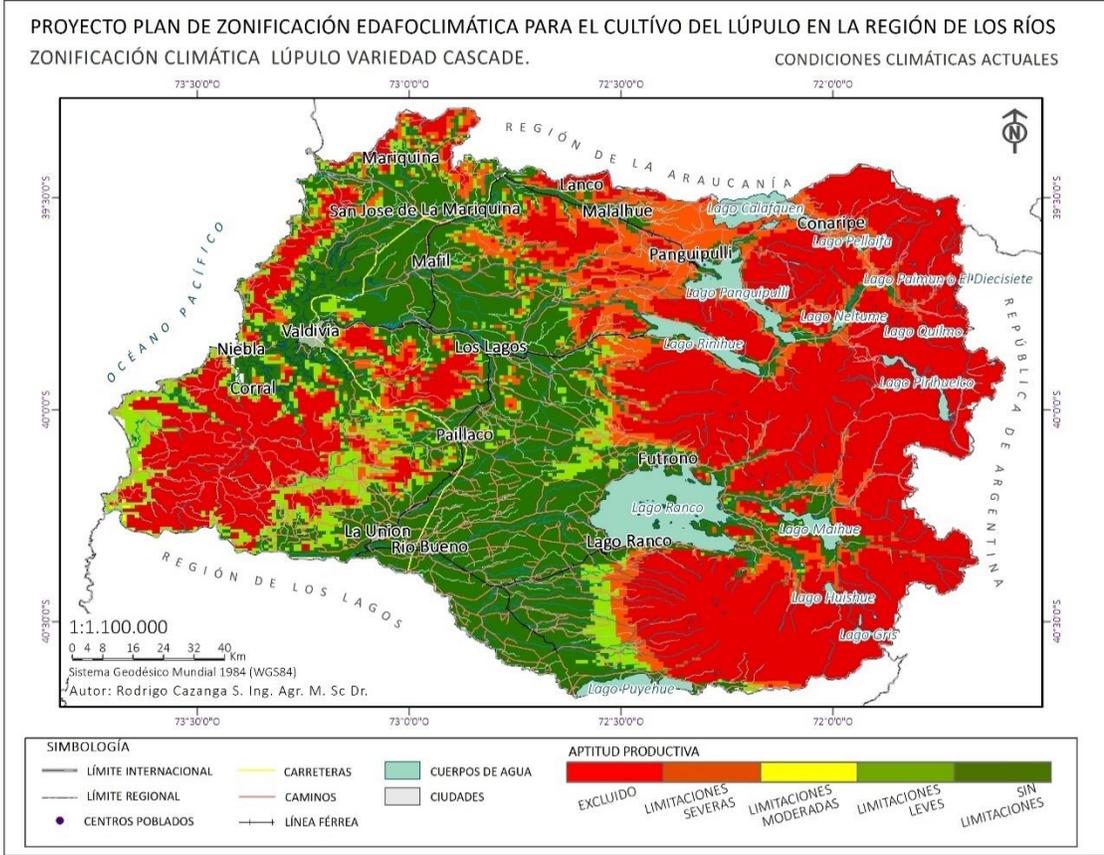


Figura 44. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo variedad Cascade bajo condiciones climáticas actuales.

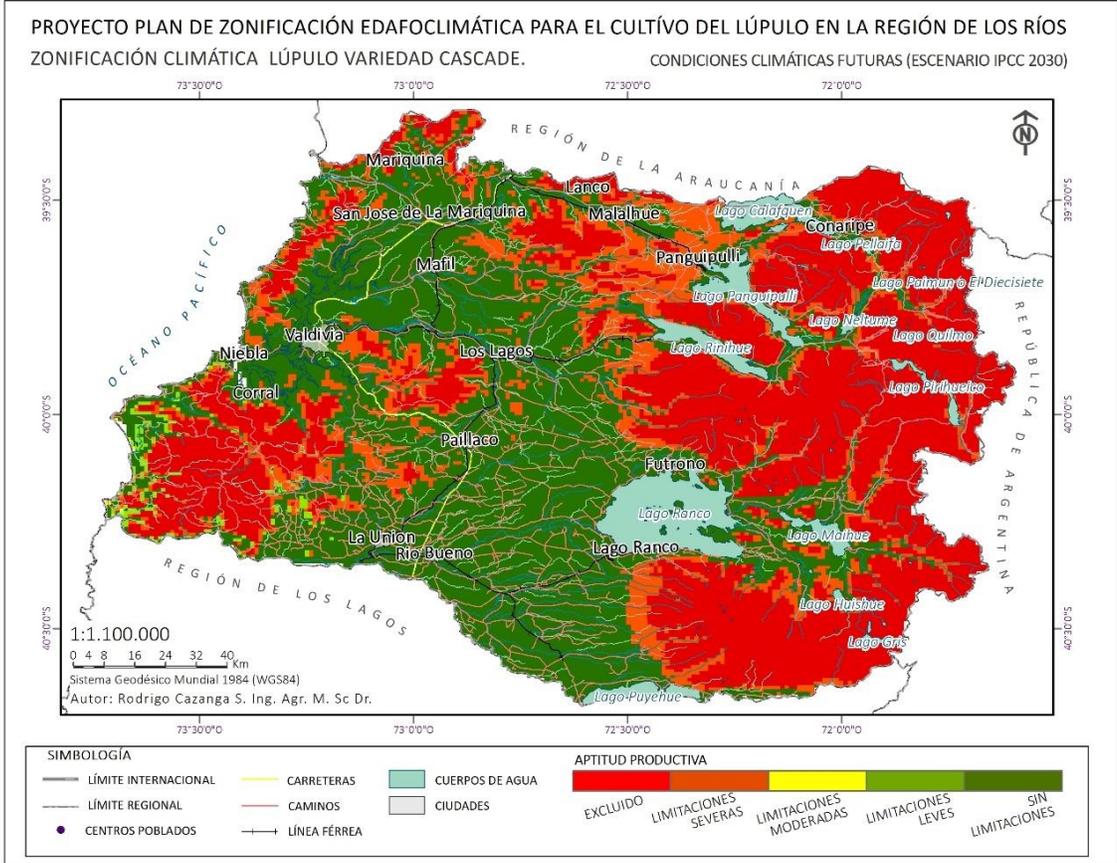


Figura 45. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo variedad Cascade bajo condiciones climáticas futuras, escenario IPCC 2030.

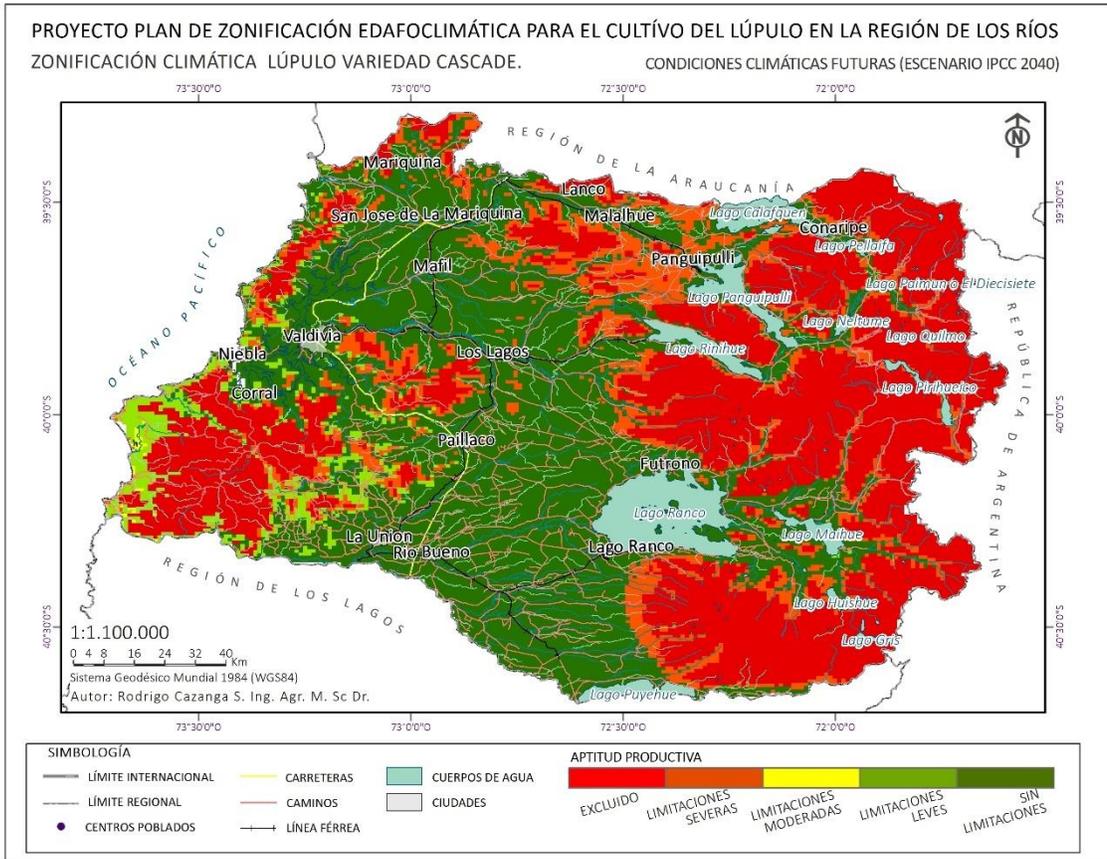


Figura 46. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo variedad Cascade bajo condiciones climáticas futuras, escenario IPCC 2040.

En las figuras 47, 48 y 49 se presenta la aptitud productiva de la región para producir lúpulo ecotipo Hallertauer Tradition, bajo condiciones climáticas actuales, escenario futuro 2030 y escenario futuro 2040, respectivamente.

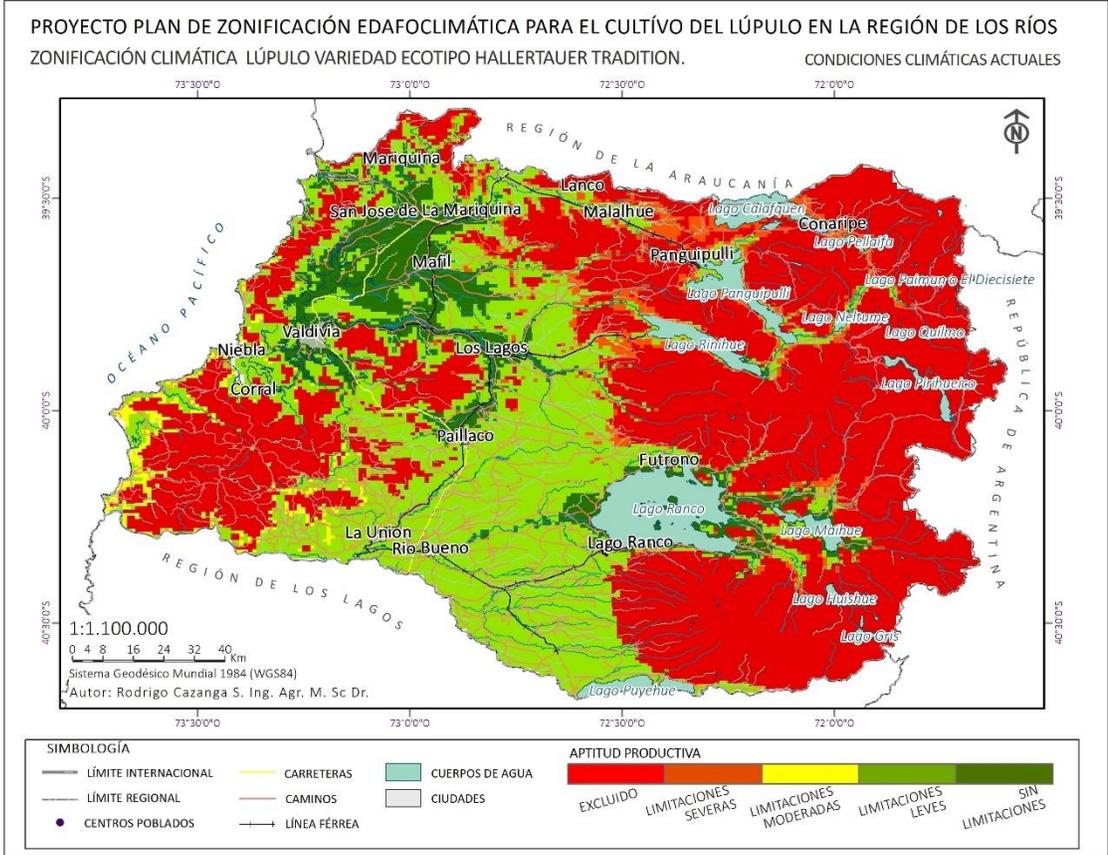


Figura 47. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo Hallertauer Tradition bajo condiciones climáticas actuales.

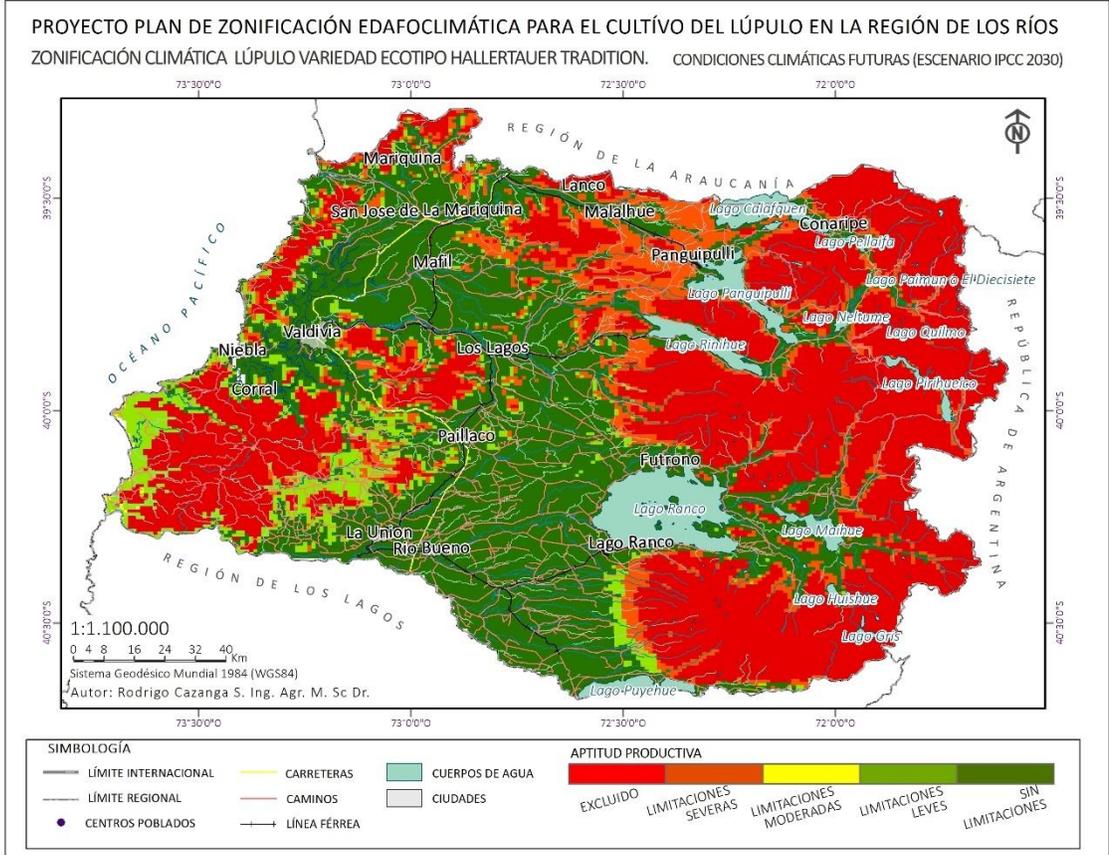


Figura 48. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo Hallertauer Tradition bajo condiciones climáticas futuras, escenario IPCC 2030.

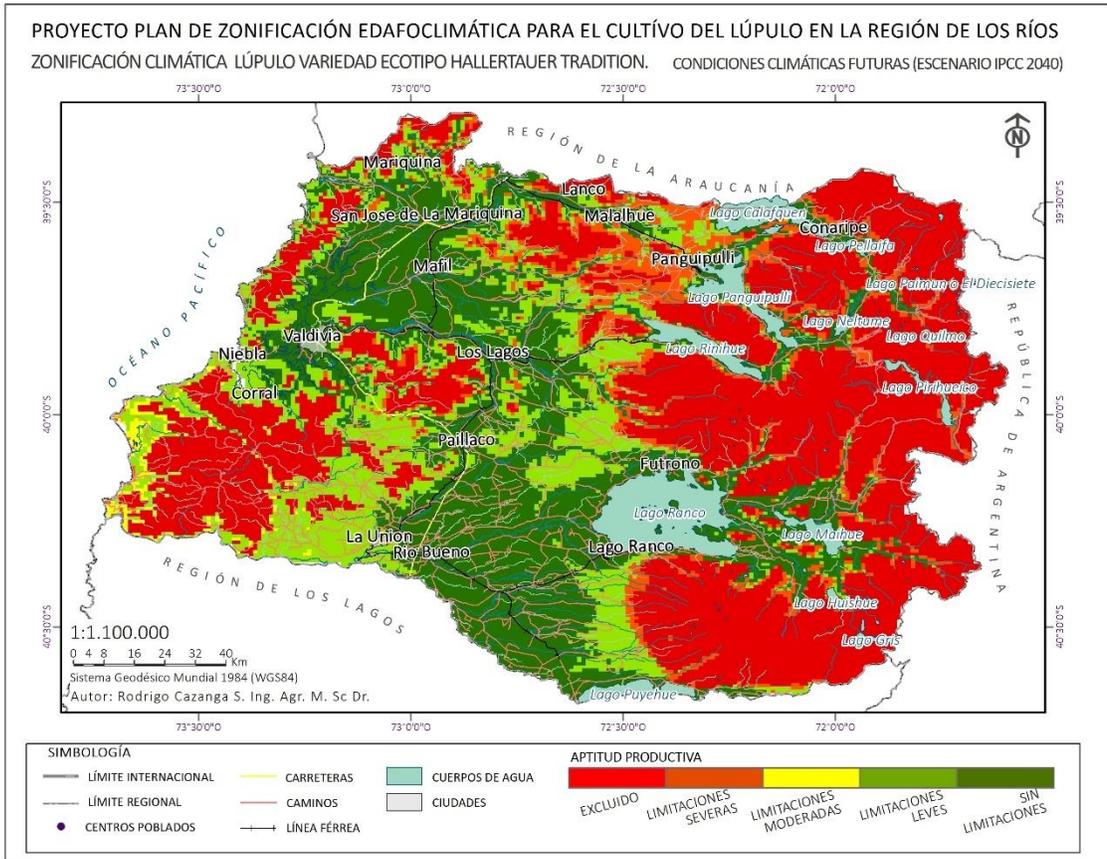


Figura 49. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo Hallertauer Tradition bajo condiciones climáticas futuras, escenario IPCC 2040.

En las figuras 50, 51 y 52 se presenta la aptitud productiva de la región para producir lúpulo ecotipo Ranco, bajo condiciones climáticas actuales, escenario futuro 2030 y escenario futuro 2040, respectivamente.

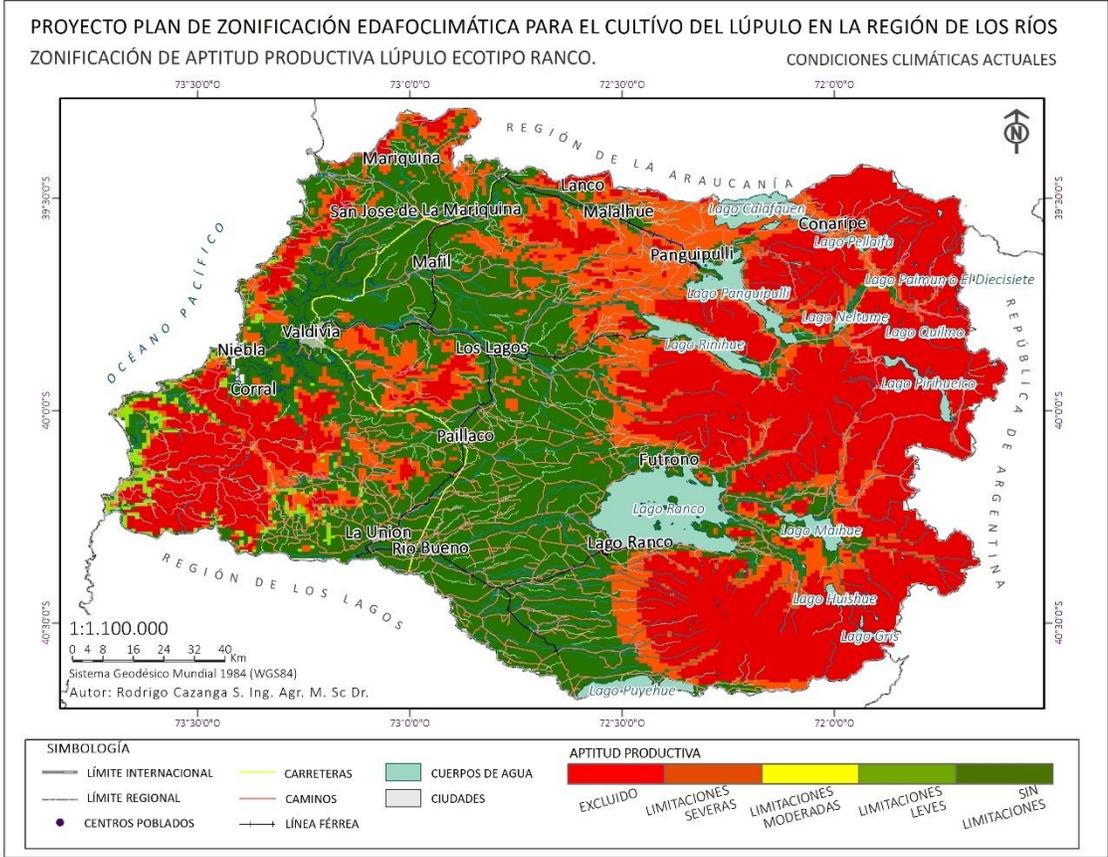


Figura 50. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo Ranco bajo condiciones climáticas actuales.

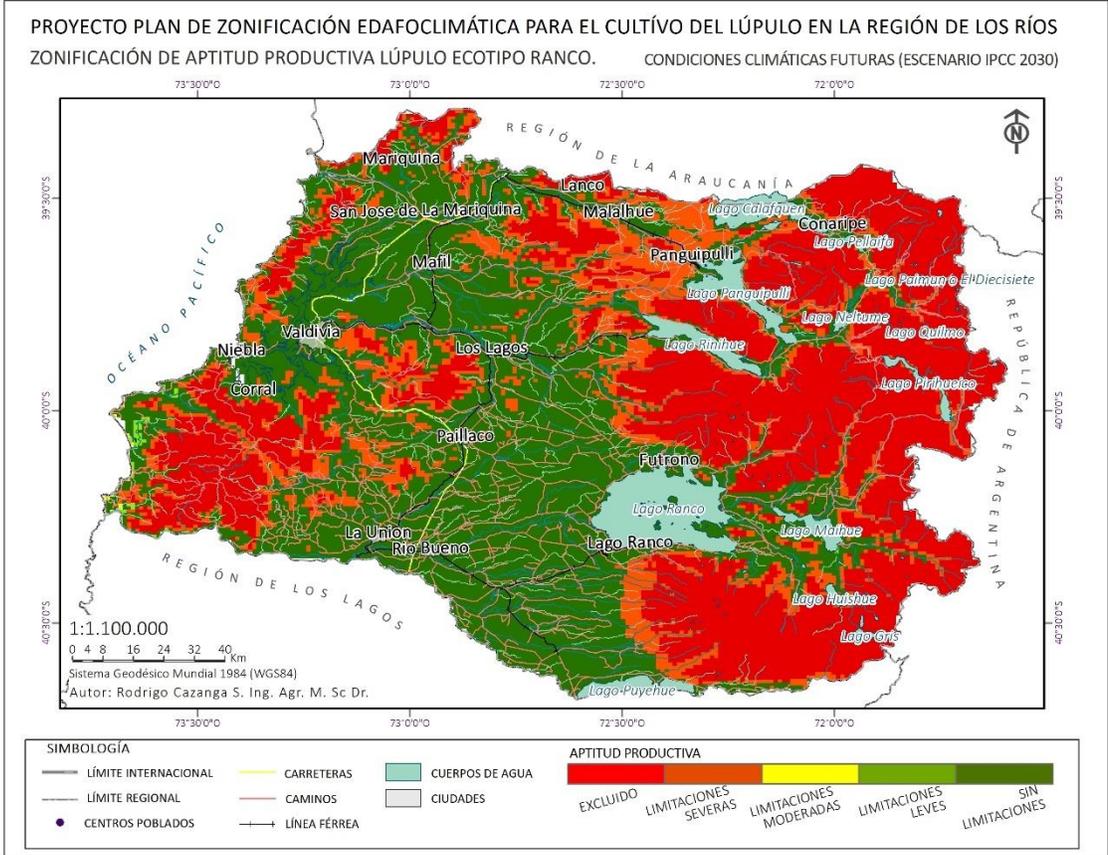


Figura 51. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo Ranco bajo condiciones climáticas futuras, escenario IPCC 2030.

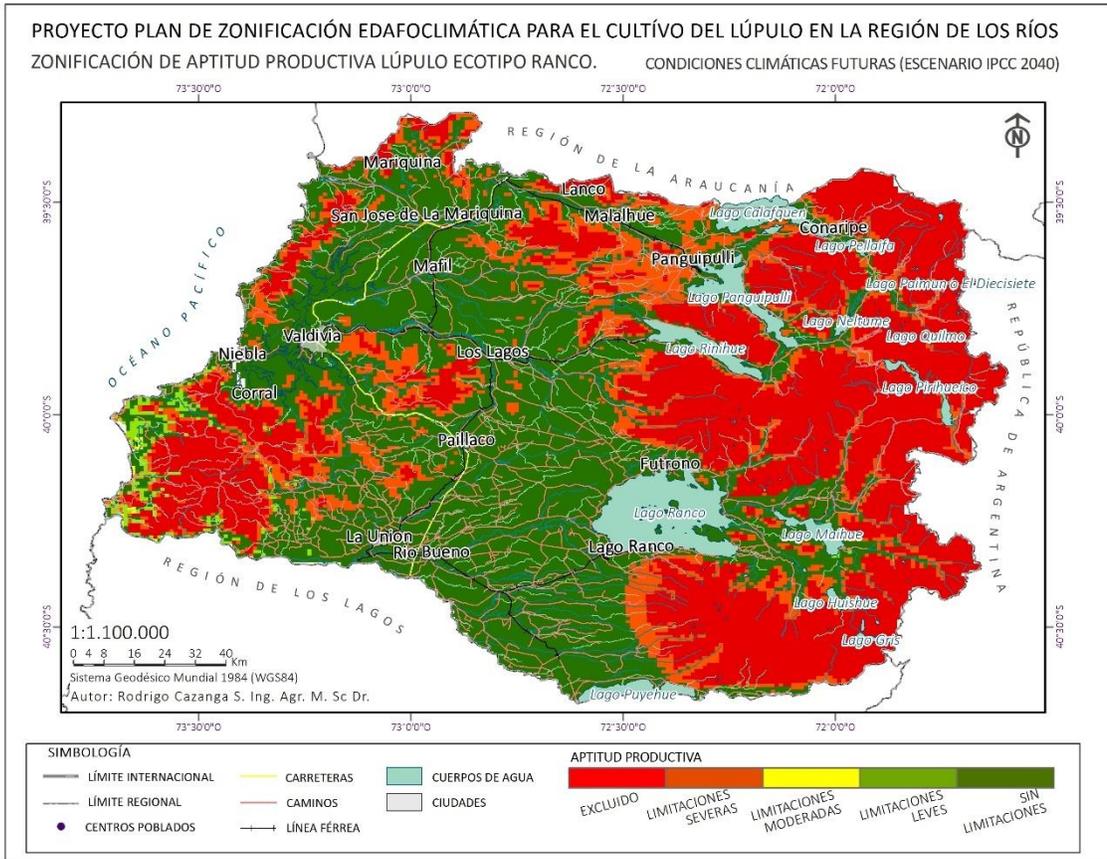


Figura 52. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo Ranco bajo condiciones climáticas futuras, escenario IPCC 2040.

En las figuras 53, 54 y 55 se presenta la aptitud productiva de la región para producir lúpulo ecotipo La Unión, bajo condiciones climáticas actuales, escenario futuro 2030 y escenario futuro 2040, respectivamente.

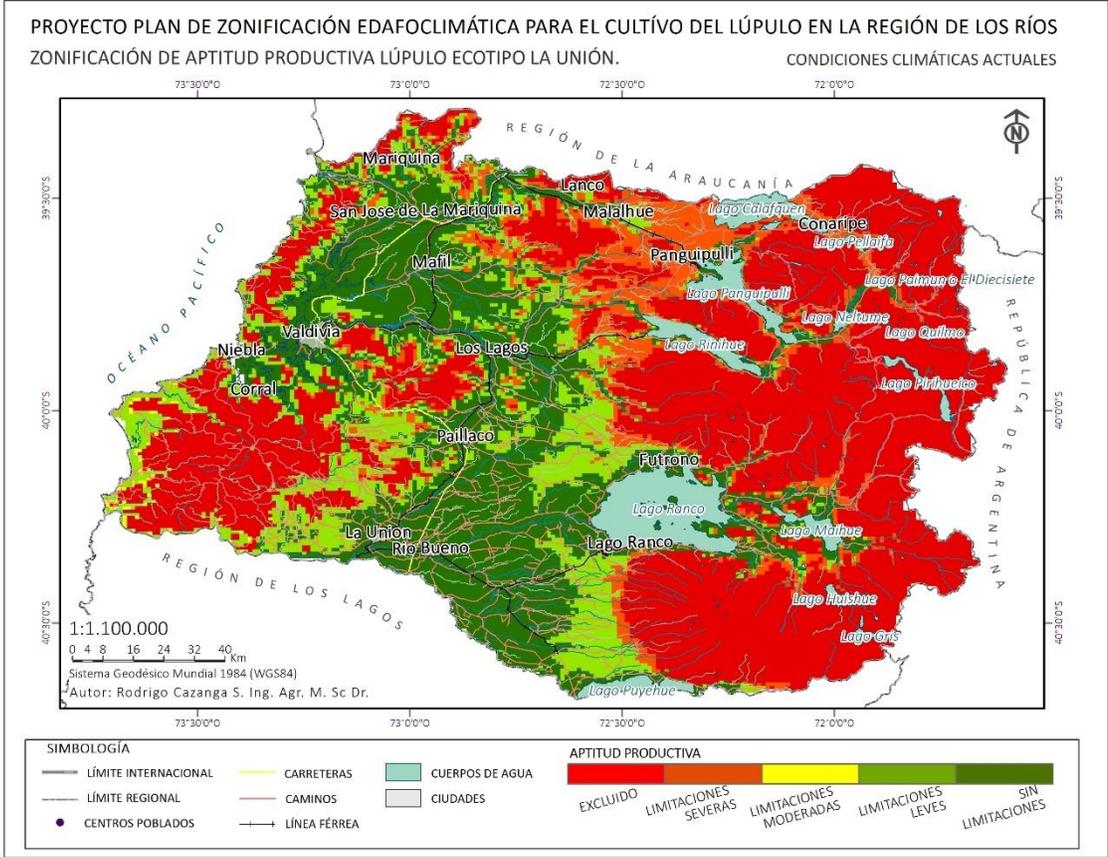


Figura 53. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo La Unión bajo condiciones climáticas actuales.

PROYECTO PLAN DE ZONIFICACIÓN EDAFOCLIMÁTICA PARA EL CULTÍVO DEL LÚPULO EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS  
 ZONIFICACIÓN DE APTITUD PRODUCTIVA LÚPULO ECOTIPO LA UNIÓN. CONDICIONES CLIMÁTICAS FUTURAS (ESCENARIO IPCC 2030)

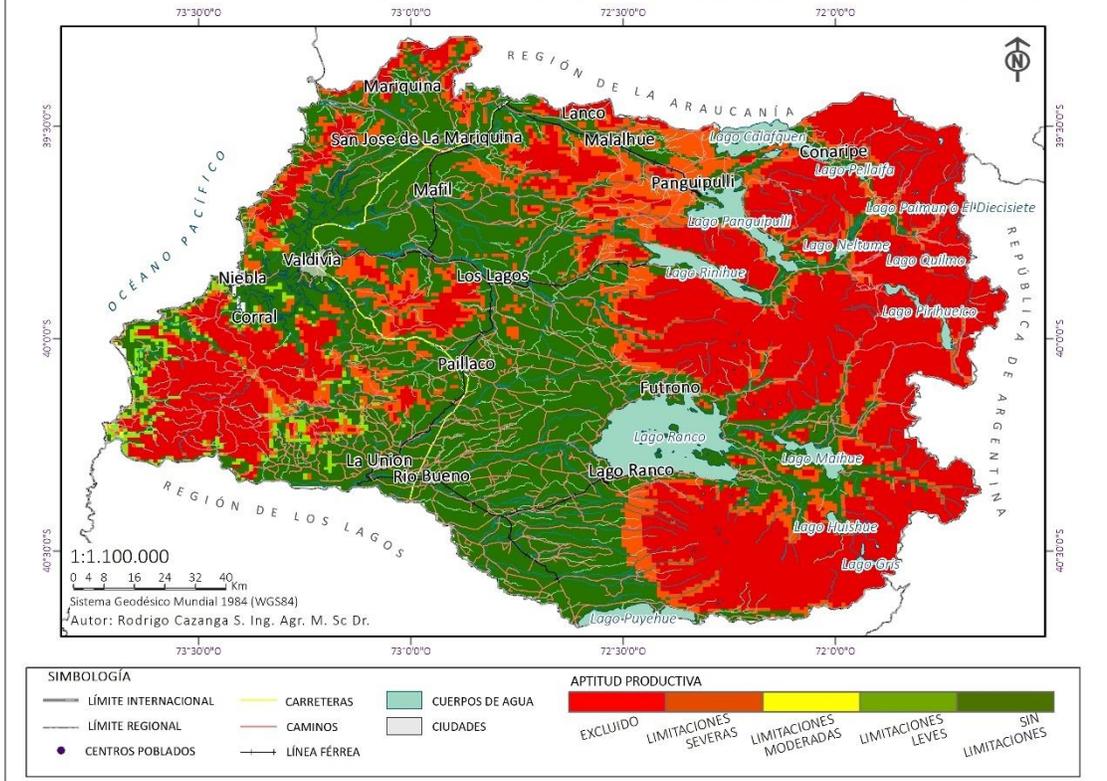


Figura 54. Aptitud productiva del territorio de la Región de los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo La Unión bajo condiciones climáticas futuras, escenario IPCC 2030.

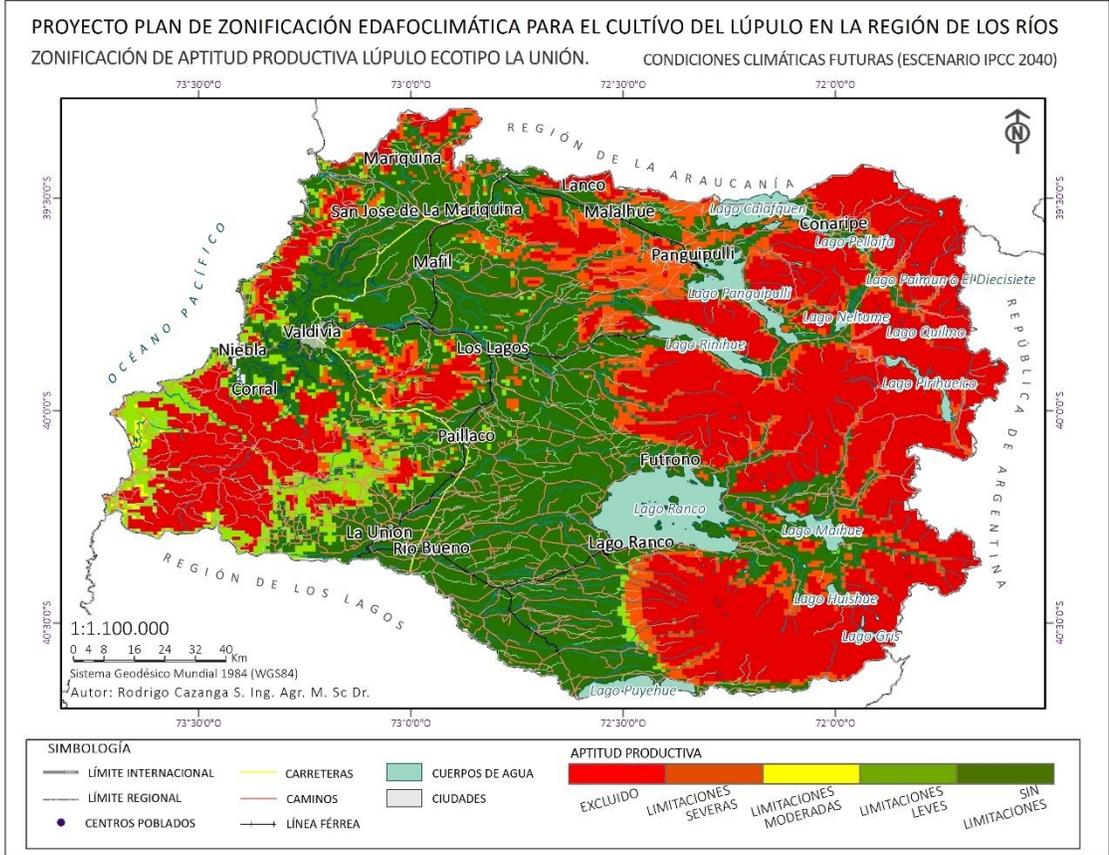


Figura 55. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo La Unión bajo condiciones climáticas futuras, escenario IPCC 2040.

En las figuras 56, 57 y 58 se presenta la aptitud productiva de la región para producir lúpulo ecotipo Río Bueno, bajo condiciones climáticas actuales, escenario futuro 2030 y escenario futuro 2040, respectivamente.

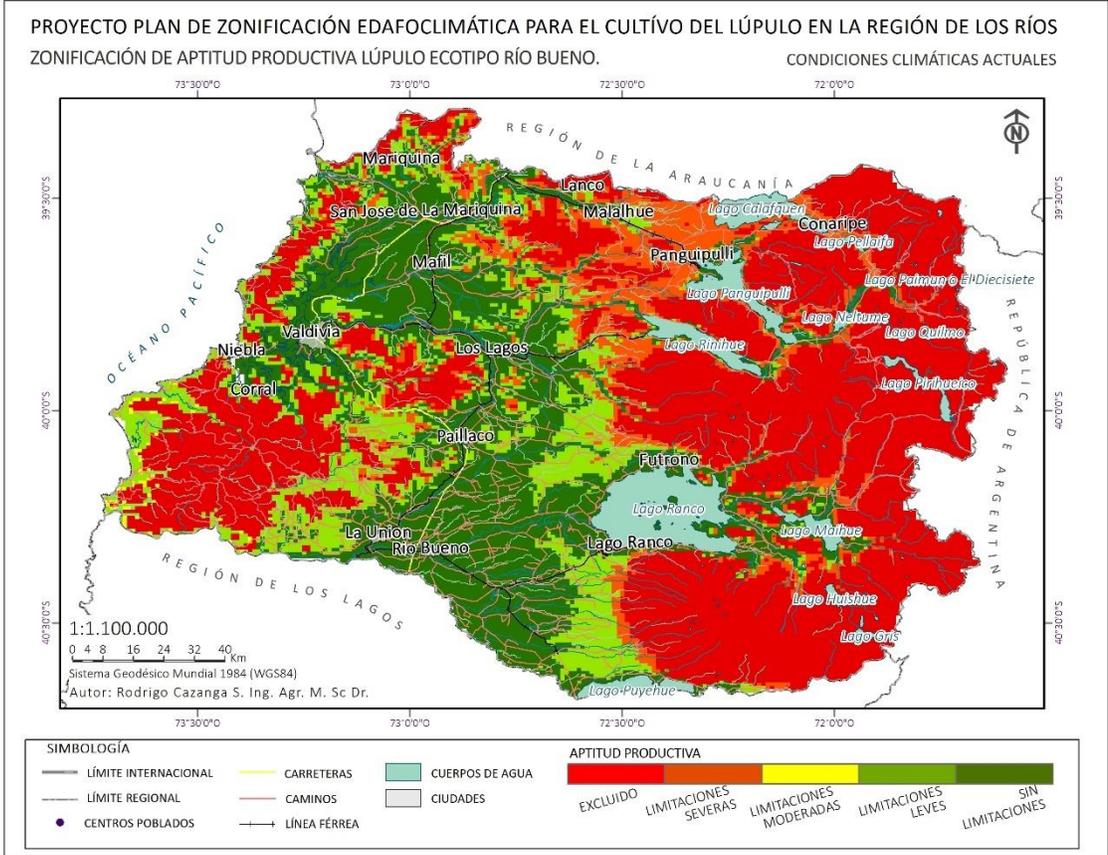


Figura 56. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo Río Bueno bajo condiciones climáticas actuales.

PROYECTO PLAN DE ZONIFICACIÓN EDAFOCLIMÁTICA PARA EL CULTÍVO DEL LÚPULO EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS  
 ZONIFICACIÓN DE APTITUD PRODUCTIVA LÚPULO ECOTIPO RÍO BUENO. CONDICIONES CLIMÁTICAS FUTURAS (ESCENARIO IPCC 2030)

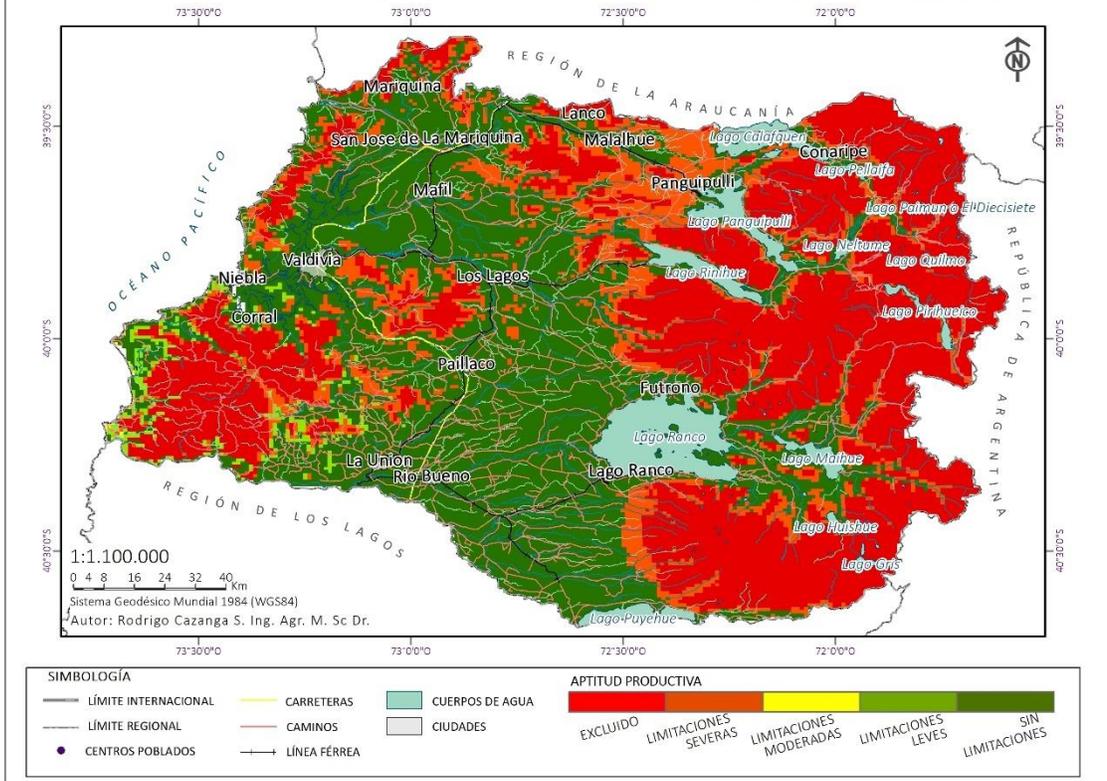


Figura 57. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo Río Bueno bajo condiciones climáticas futuras, escenario IPCC 2030.

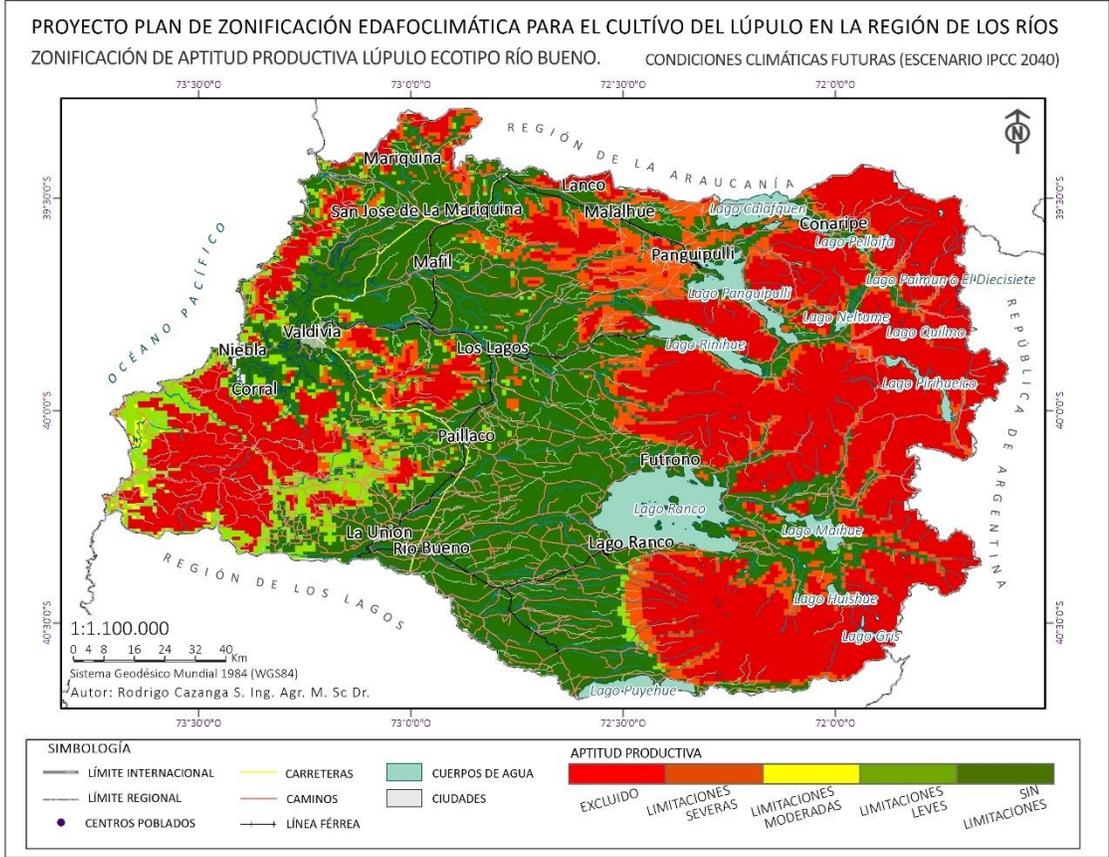


Figura 58. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo Río Bueno bajo condiciones climáticas actuales futuras, escenario IPCC 2040.

En las figuras 59, 60 y 61 se presenta la aptitud productiva de la región para producir lúpulo ecotipo Valdivia, bajo condiciones climáticas actuales, escenario futuro 2030 y escenario futuro 2040, respectivamente.

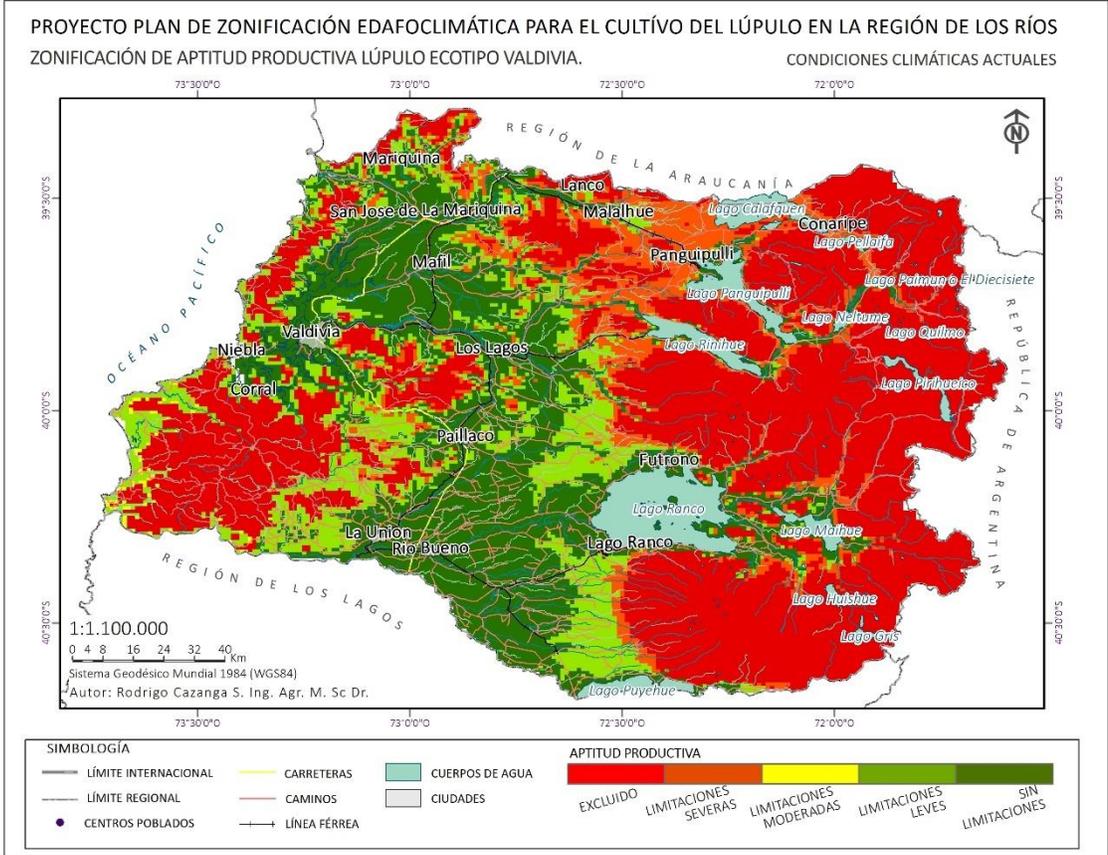


Figura 59. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo Valdivia bajo condiciones climáticas actuales.

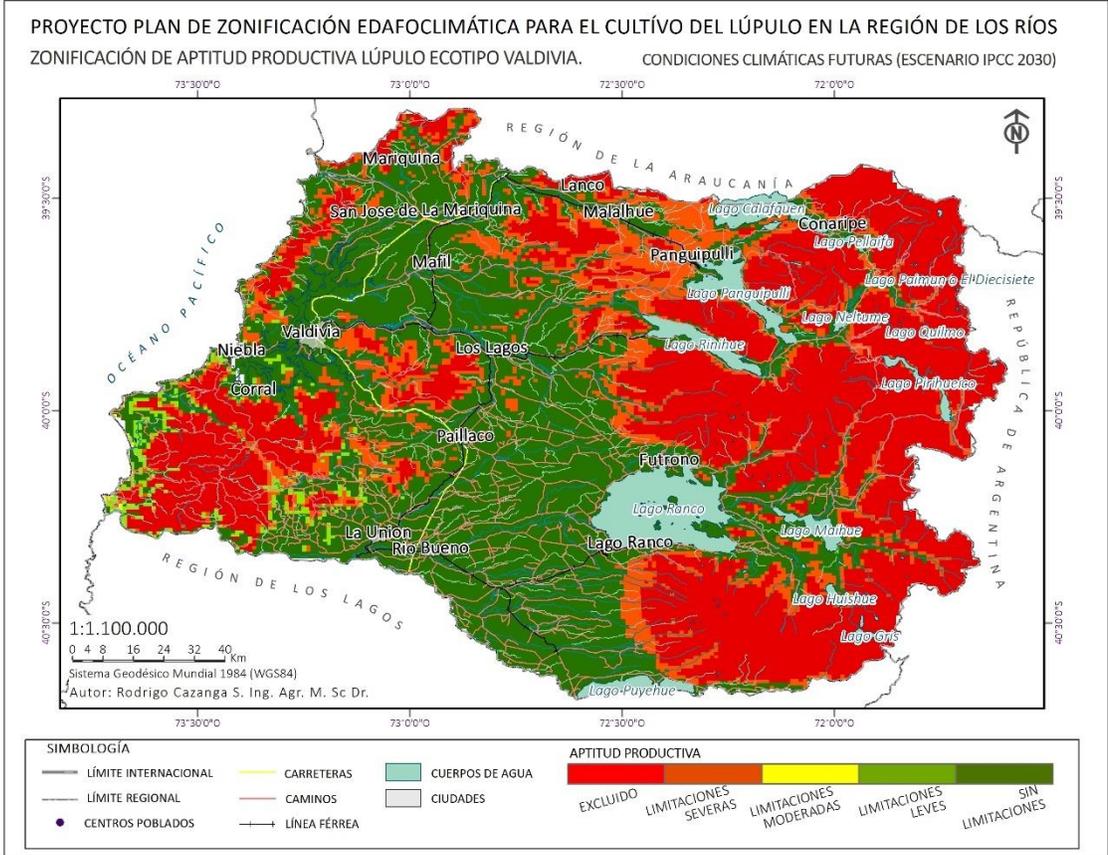


Figura 60. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo Valdivia bajo condiciones climáticas futuras, escenario IPCC 2030.

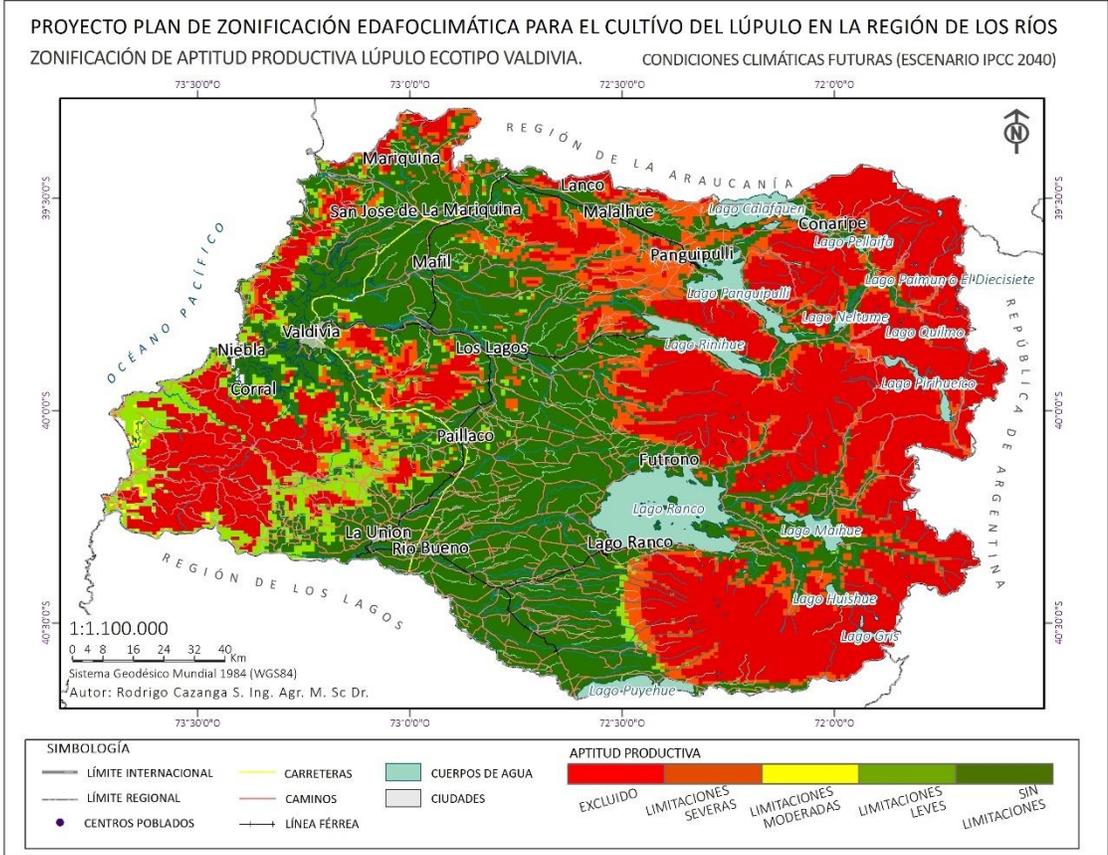


Figura 61. Aptitud productiva del territorio de la Región de Los Ríos para la producción de lúpulo ecotipo Valdivia bajo condiciones climáticas futuras, escenario IPCC 2040.

### **1.8 Validación del plan de zonificación con actores regionales pertinentes**

Para la validación del plan de zonificación del Lúpulo, los resultados preliminares han sido analizados y contrastados con la literatura existente, y a través de reuniones con actores claves en el desarrollo del cultivo en la región, entre ellos académicos de la Universidad Austral de Chile, como la Dra. Anita Behn y el Dr. Ivan Maureira, quienes han dirigido varios trabajos de titulación previos en Lúpulo y han aportado información valiosa, de base para el comportamiento de los ecotipos. La colaboración establecida con Lúpulos tres puentes, Lúpulos Hueimen y con el proyecto FIC “Valor Agregado en Productos de Lúpulos Regionales”, dirigido por el Dr. Alejandro Jerez y la Dra. Anita Behn, han sido claves para la validación de los resultados de zonificación, los cuales fueron presentados en tres presentaciones realizadas por el Dr. Rodrigo Cazanga en el marco de diferentes actividades del proyecto. El profesional Hardy Vergara además ha aportado la información del manejo de campo y comportamiento de los ecotipos, basada en su experiencia como productor de Lúpulo, por más de 10 años.

El taller de establecimiento del cultivo del lúpulo, realizado en el marco del Lanzamiento del estudio, permitió explicar a los actores de esta cadena los objetivos del estudio, las metodologías a utilizar, y los productos a desarrollar. En esta oportunidad además se recogió información, demandas e intereses de los actores regionales que asistieron, entre los cuales se encontraban productores de lúpulo, productores de cerveza, estudiantes, equipos técnicos y agricultores interesados en innovar con este nuevo rubro. El público objetivo se fue ampliando a lo largo del proyecto incluyendo a diferentes actores del ecosistema de la producción de lúpulo y cerveza como será explicado en la sección 3 de este estudio, que consistió en realizar un plan de divulgación y transferencia tecnológica hacia los productores y público interesado de la región de Los Ríos basado en los resultados de la zonificación de aptitud productiva.

## 2. DESARROLLAR UN PATIO DEMOSTRATIVO CON DIVERSOS ECOTIPOS Y VARIEDADES DE LÚPULO QUE FACILITARÁ LA INVESTIGACIÓN, DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA LAS TECNOLOGÍAS APROPIADAS PARA ESTE CULTIVO EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS

### 2.1. Diseño de los patios de lúpulo

Para realizar el estudio, se diseñaron y establecieron dos patios de Lúpulo de 806 m<sup>2</sup>, uno de ellos está ubicado en el Centro de Innovación Colaborativa (CIC) de Máfil (39°39'13.70" S, 72°57'21.68" O), comuna de Máfil y otro en la hijuela N°5, sector Vivanco, comuna de Río Bueno (40°30'05.71" S, 72°60'39.11" O), Figura 62.

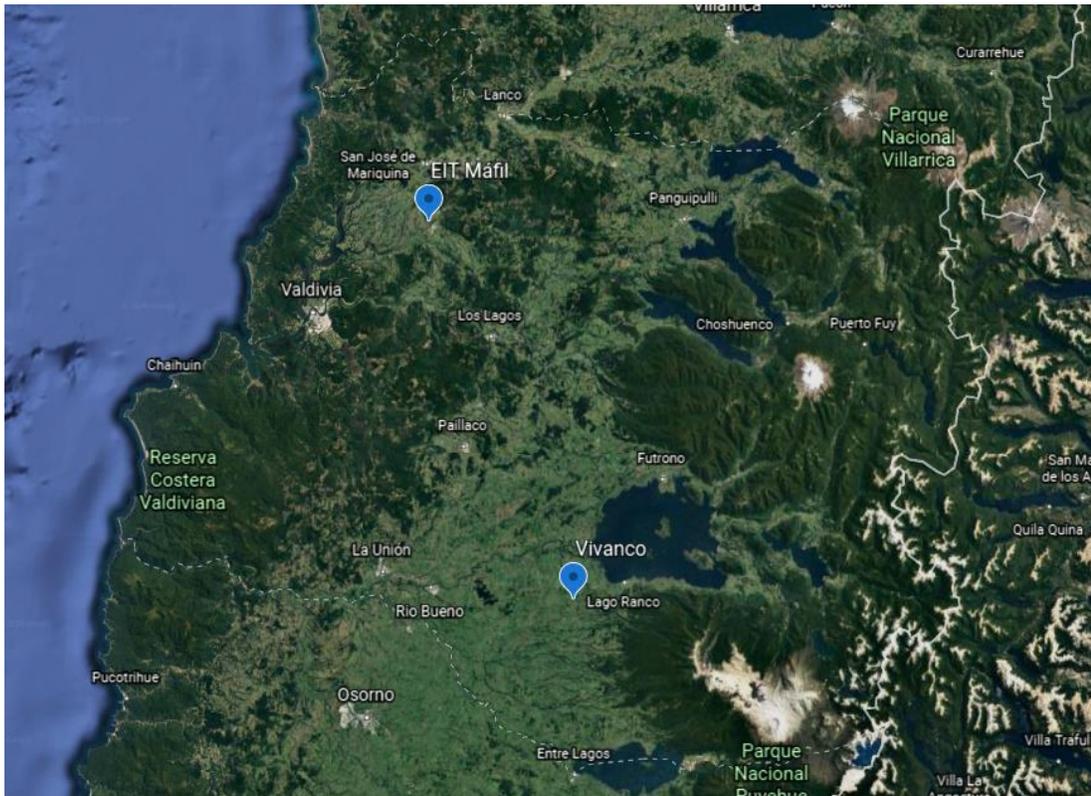


Figura 62. Ubicación geográfica de los patios de Lúpulo establecidos para el desarrollo del estudio de zonificación. Patio 1: Máfil, Patio 2: Vivanco.

Los patios de Lúpulo fueron establecidos en sitios geográficos diferentes de la región de los Ríos. Máfil, en la provincia de Valdivia, está cercano al Valle central a una altura de 29 m.s.n.m,

mientras que Vivanco, en la comuna de Río Bueno, está en una zona precordillerana a una altura de 263 m.s.n.m. Ninguno de los sitios tiene una influencia importante de cuerpos de agua, ya que Vivanco se encuentra a 10 km de distancia aproximada del lago Ranco. Climáticamente los sitios se encuentran en zonas con diferentes rangos de precipitación y temperatura; por ejemplo, en el mes de enero, Máfil está en un área de isoplumiometría menor a la de vivanco (38.7-46.9 mm versus 58.8-69.8 mm, Figura 63) y en un área isotérmica mayor (23 a 25°C) a la de Vivanco (20.6-22.9°C), Figura 64.

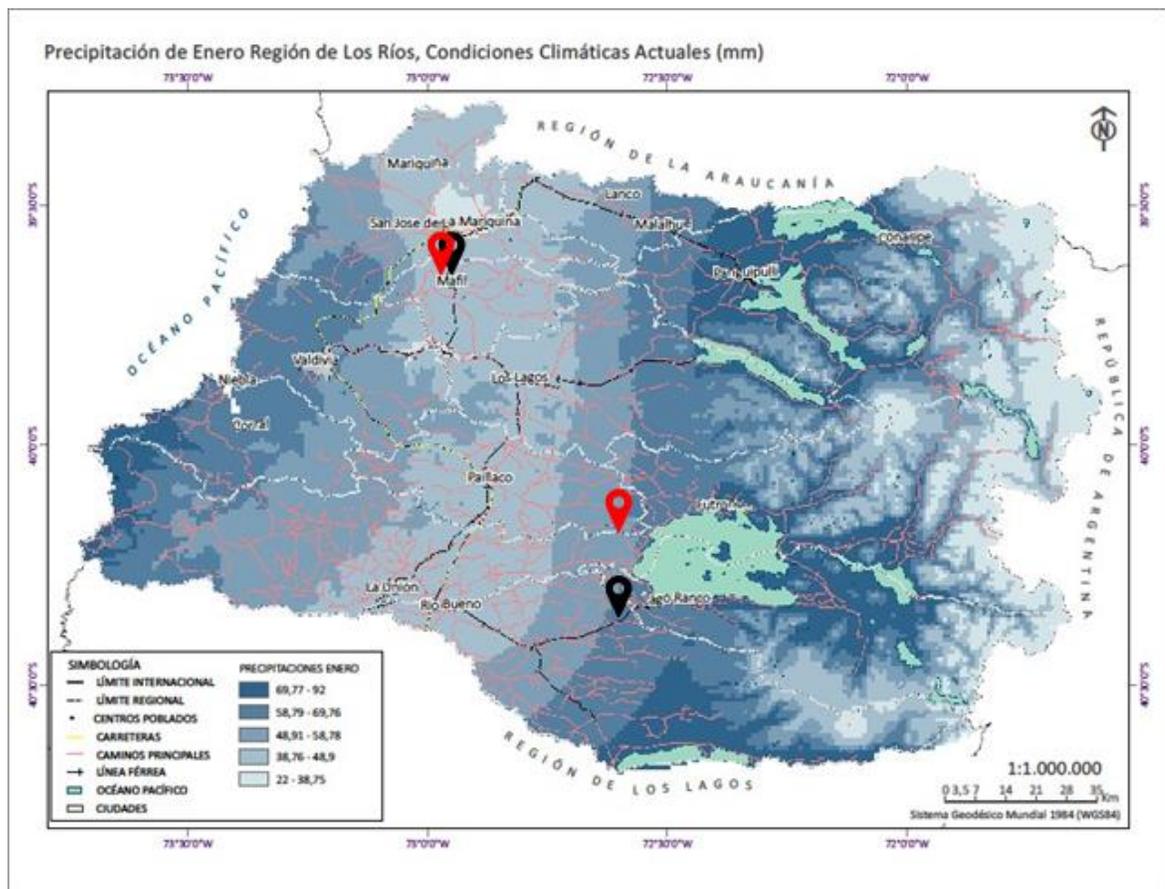


Figura 63. Precipitación promedio del mes de enero (mm), región de los Ríos, bajo condiciones climáticas actuales. Diferentes colores en el mapa representan diferentes rangos de precipitación. Símbolos negros muestran la ubicación de los Patios de Lúpulo (Máfil y Vivanco); Símbolos rojos muestran la ubicación de las estaciones meteorológicas de referencia (Máfil y Lago Verde), utilizadas para caracterizar y elegir los sitios de estudio.

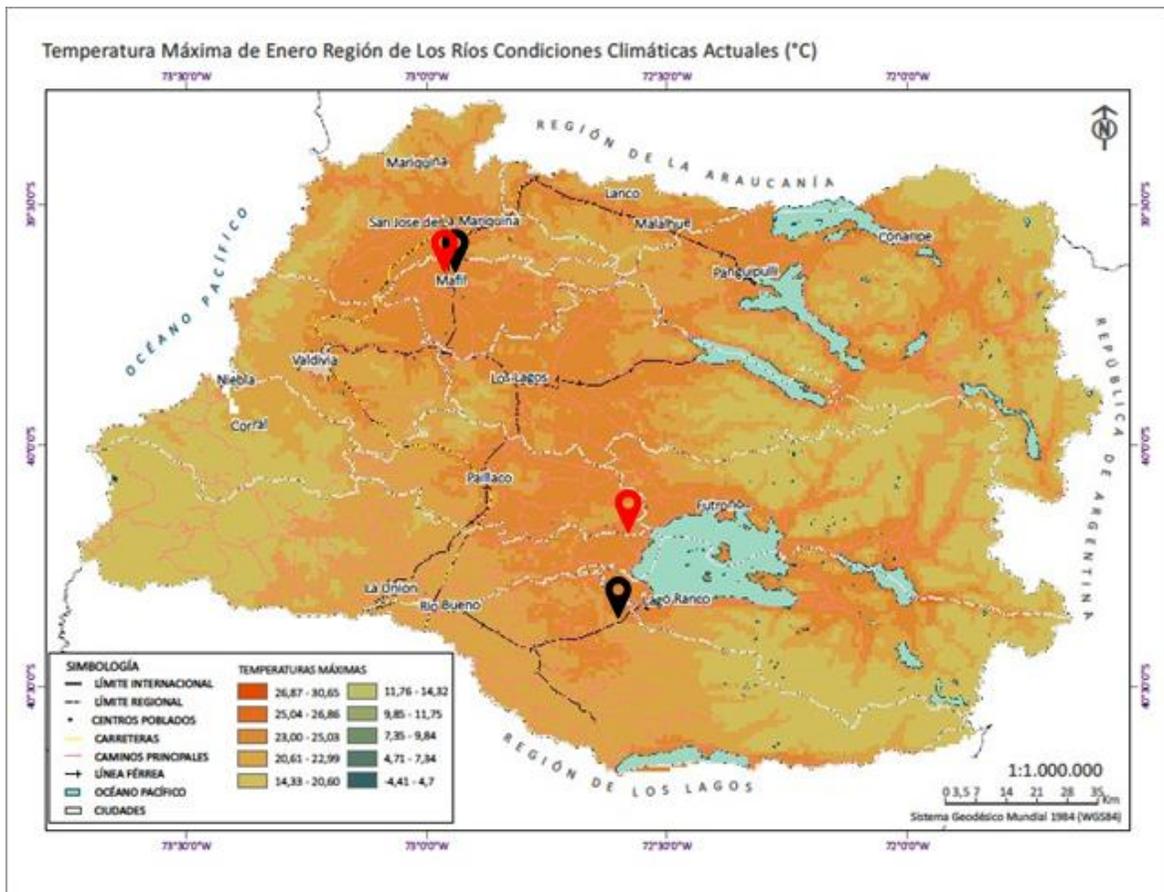


Figura 64. Temperatura media máxima del mes de enero (°C), región de los Ríos, bajo condiciones climáticas actuales. Diferentes colores en el mapa representan diferentes rangos de temperatura. Símbolos negros muestran la ubicación de los Patios de Lúpulo (Máfil y Vivanco); Símbolos rojos muestran la ubicación de las estaciones meteorológicas de referencia (Máfil y Lago verde), utilizadas para caracterizar y elegir los sitios de estudio.

Para tener una idea de la caracterización climática de cada sitio de estudio, se tomaron datos de las estaciones meteorológicas más cercanas a cada patio, en este caso Máfil y Lago Verde. De acuerdo con la Figuras 63 y 64 las condiciones climáticas de la estación Lago verde son representativas de la localidad de Vivanco. Aunque las condiciones climáticas en los sitios difieren moderadamente, estas diferencias pueden implicar cambios importantes en la fenología del cultivo, el rendimiento (Nakawuka et al., 2017; Potopová et al., 2020) o en la concentración de alfa y beta ácidos, cuya síntesis se afecta negativamente con el exceso de

radiación y temperatura y positivamente con mayor precipitación y humedad relativa (MacKinnon et al., 2020). También se ha demostrado que la proporción de cohumulone, adhumulone y humulone es muy influenciada por las condiciones ambientales (Hautke and Petrfeck, 1697).

Los registros climáticos históricos, muestran que durante los meses de activo crecimiento del Lúpulo (septiembre-marzo) la temperatura mínima es 1.3°C menor en Máfil que en Vivanco y la temperatura máxima 2.7°C mayor (Figura 65a), lo que implica una mayor amplitud térmica entre el día y la noche en la localidad de Máfil. La radiación incidente es 4% mayor en Máfil respecto de Vivanco, en ese mismo periodo (Figura 65b) y las precipitaciones en promedio aumentan 10 mm en Vivanco (Figura 65c). La humedad relativa no difiere sustancialmente siendo 0.3% menor en Máfil (Figura 65d).

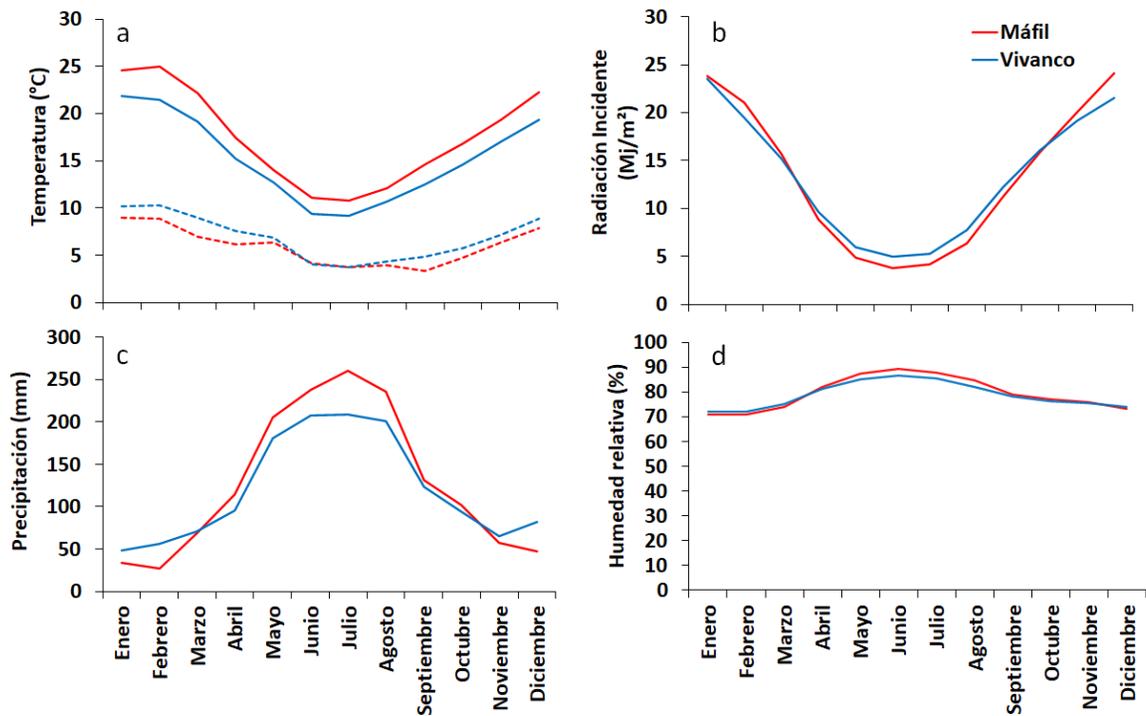


Figura 65. Condiciones climáticas históricas de las estaciones meteorológicas de Máfil y Lago verde Cercana a Vivanco). A) temperatura media mensual máxima y mínima, b) radiación incidente, c) precipitación y d) Humedad relativa. Fuente: <https://agrometeorologia.cl/>

Considerando las condiciones climáticas de primavera-verano y los datos de la literatura, Vivanco tendría mejores condiciones para la producción de conos y la concentración de alfa y beta ácidos que Máfil. Durante el periodo de receso del cultivo (abril-agosto), la temperatura mínima es 0.5°C menor en Máfil que en Vivanco y la temperatura máxima 1.6°C mayor, presentando por lo tanto también mayor amplitud térmica que Vivanco. Por otra parte, las precipitaciones del periodo son en promedio por 32mm superiores en Máfil que en Vivanco.

Las características de los suelos en donde fueron establecidos los patios de lúpulo también fueron determinadas (Tabla 5).

Tabla 5. Características de suelo en los sitios de establecimiento de los patios de lúpulo, ubicada en el CIC de Máfil e hijuela N°5, sector Vivanco.

<b>Variable</b>	<b>Máfil</b>	<b>Vivanco</b>	<b>Rangos óptimos</b>
Pendiente (%)	1	3	1-5
Textura	Fl	Fl	a-FA
Drenaje	Bueno	Imperfecto	
Salinidad (DS/m)	< 2	< 2	n/d
Pedregosidad (%)	< 5	Sin	
Profundidad (cm)	> 100	80-100	100
pH en agua	5,7	5,7	6-6,5
Materia orgánica (%)	0,16	12%	n/d
N Mineral (mg/kg)	11,2		n/d
P-Olsen (mg/kg)	12,9	4	40-60
Potasio (mg/kg)	262	70	250-400
Azufre (mg/kg)	15,4	1,94	n/d
Sodio (cmol+/kg)	0,13	0,17	n/d
Calcio (cmol+/kg)	5,24	2,55	n/d
Magnesio (cmol+/kg)	1,3	0,54	n/d
Suma de bases (cmol+/kg)	7,34	3,4	n/d
Aluminio (cmol+/kg)	0,02	0,17	<0.25
CICE (cmol+/kg)	7,26	3,6	n/d
Saturación de Aluminio (%)	0,2	4,7	0-10

Ninguno de los dos sitios presenta limitaciones importantes para el desarrollo y crecimiento del cultivo y, además, se han realizado las correcciones necesarias para llegar a los niveles de pH y

nutrientes óptimos para el cultivo. Los rangos óptimos para algunas variables de suelo no han sido determinados. Se debe considerar además que los datos son referenciales, debido a que no existe información sobre el comportamiento de los ecotipos locales en las condiciones edafoclimáticas de la región.

De acuerdo con las descripciones físicas y químicas realizadas en los patios productivos de Máfil y Vivanco, podemos afirmar que los suelos descritos tienen buenas condiciones generales para la producción de Lúpulo. Las características y propiedades físicas y químicas descritas en las calicatas de cada patio (Figura 66), indican que estos permiten un buen desarrollo de la planta, con una muy buena expresión del desarrollo de raíces, lo cual es fundamental para tener un alto rendimiento del cultivo.

Considerando los análisis de suelo (Tabla 5), se puede indicar que los niveles de P son medios y muy bajos en Máfil y Vivanco respectivamente (13 y 4 mg/kg). Con estos niveles de P en el suelo se recomendaría aplicar unos 250 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sin embargo, la literatura indica que el Lúpulo tiene bajos requerimientos de P del cultivo y altos en N y Potasio. Por esta razón, las dosis recomendadas fueron ajustadas de acuerdo con el suministro del suelo y el rendimiento esperado en los primeros años de cultivo. Respecto del Al, 0-10% es un nivel crítico para especies sensibles a Aluminio; los suelos de Máfil y Vivanco están por debajo de ese valor, así es que la saturación de Al no sería un problema



Figura 66. Calicatas realizadas en el patio del CIC de Máfil y en el sector Vivanco.

Lo más crítico en los patios de lúpulo establecidos, será mantener los niveles de pH sobre 5,7 para mejorar la disponibilidad de nutrientes y evitar toxicidad por B o Mn. No existen valores de referencia para suelos volcánicos respecto de estos nutrientes, por lo cual sería importante determinar sus curvas de respuesta.

Para mantener valores adecuados de pH y la disponibilidad de Fósforo en los patios experimentales, se recomendaron aplicaciones de Cal de 2 Ton/ha y aplicaciones localizadas de P previas a la plantación o aplicaciones correctivas a nivel de los rizomas de cada planta. Dosis genéricas recomendadas para mantener la disponibilidad de nutrientes en patios de lúpulo en plena producción, son 4 toneladas/ha de Cal cada 4 años, y dosis de mantención de 150 unidades de  $P_2O_5$  y de 150 unidades  $K_2O$  por hectárea, cada 3 años.

Los Patios de Lúpulo fueron establecidos entre agosto y septiembre de 2019 en ambos sitios de estudio. A la fecha de presentación de este informe, los patios iniciarán su cuarta temporada desde el establecimiento. Las figuras 67 y 68 muestran un acercamiento de los sitios de plantación, en el CIC de Máfil (Figura 66a) e hijuela N°5, sector vivanco (Figura 68a), además de una vista general de los patios establecidos correspondiente al 6 de noviembre de 2020 (Figura 676b y 68b).



Figura 67. a) Ubicación del patio de Lúpulo en el módulo hortícola del Centro de Innovación Colaborativa de Máfil. b) Acercamiento del patio al inicio de la brotación en noviembre de 2020.

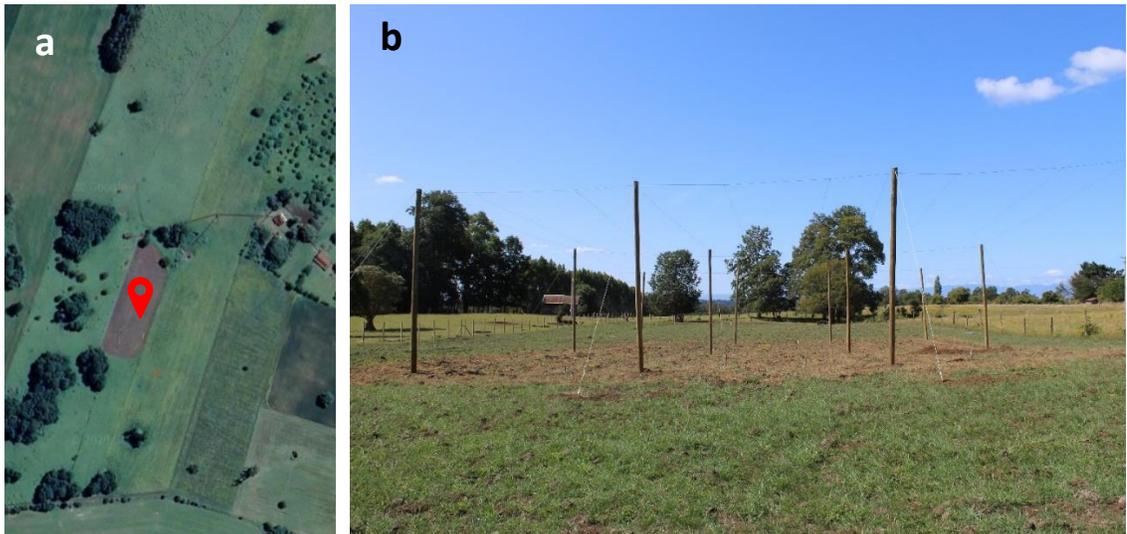


Figura 67. a) Ubicación del patio de Lúpulo en la hijuela N°5, sector Vivanco, comuna de Rio Bueno. b) Acercamiento del patio al inicio de la brotación en noviembre de 2020.

Los patios consisten en una superficie de 26 m de ancho por 31 m de largo (806 m<sup>2</sup>) en la cual se trazaron 10 hileras orientadas de Norte a Sur y separadas a 2,2 m. La estructura fue construida con 12 postes en total, 4 hileras de postes dispuestas cada 3 hileras de plantas (6,6 m) y

separados a 7 metros sobre la hilera (Figura 69). Se estableció un entramado aéreo de alambre para instalar tutores de la alambrada al suelo que permitan guiar las plantas. Se establecieron dos hileras de cada ecotipo (La Unión, Ranco, Río Bueno y Valdivia) a una distancia sobre hilera de 1,25m, por lo tanto, cada patio posee un total de 50 plantas por ecotipo. Respecto de las variedades comerciales, se establecieron 25 plantas de la variedad Hallertahuer tradition y 25 plantas de la variedad Cascade. El estudio comprometía al menos una variedad comercial, pero el segundo año se agregó Cascade para tener una variedad más como referencia. Considerando el marco de plantación, la superficie efectiva plantada con lúpulo en estos patios es de 550 m<sup>2</sup>.

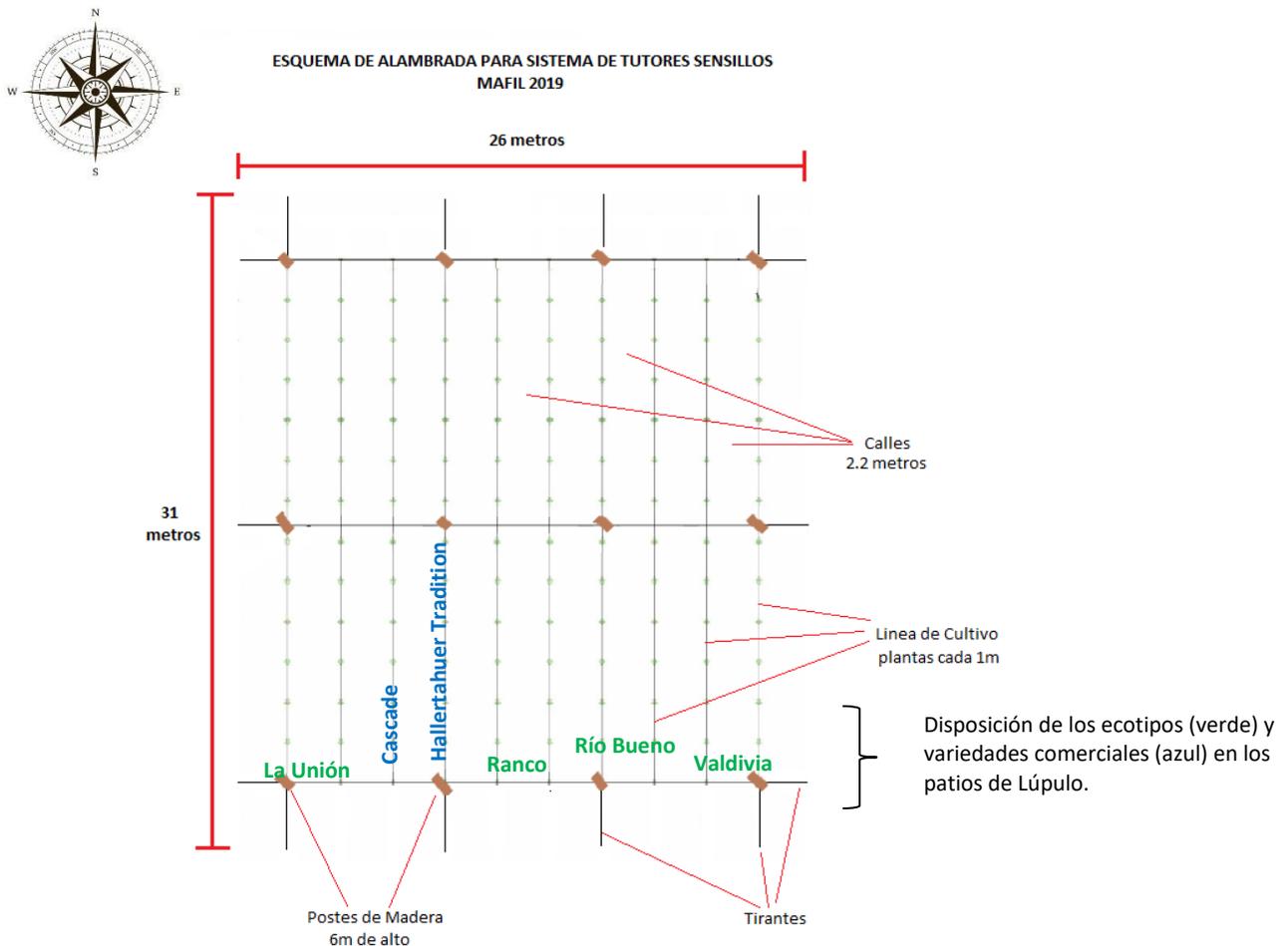


Figura 69. Diseño de los patios para el cultivo de Lúpulo, utilizados en el CIC de Máfíl y sector Vivanco.

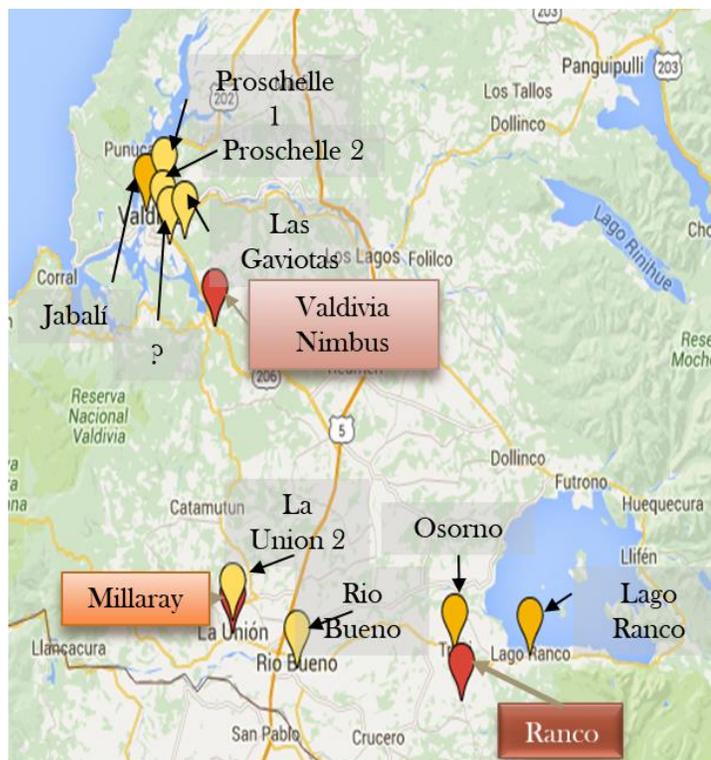
## **2.2. Adquisición y caracterización de ecotipos locales y variedad(es) comerciales**

Las plantas y rizomas de los ecotipos y variedades comerciales fueron obtenidas del Vivero “Lúpulos del Ranco”. Los ecotipos nacionales plantados fueron La Unión, Ranco, Valdivia y Río Bueno. Los tres primeros estaban comprometidos en el estudio y el último se agregó para evaluar su comportamiento y agregar variabilidad al ensayo. Además, se establecieron dos variedades comerciales Hallertahuer tradition y Cascade.

Los ecotipos nacionales establecidos provienen de un trabajo previo de rescate y selección de materiales iniciado por Hardy Vergara y Mario Celedón. Como una iniciativa particular, estos profesionales ubicaron plantas de Lúpulo en diferentes lugares de la región las georreferenciaron e identificaron morfológica y genéticamente (Figura 70) con el objetivo de producir lúpulos regionales que dieran un sello e identidad de origen a la cervecería de la Región. La mayor cantidad de ecotipos rescatados se ubicaron entre la región de los Lagos y la región de los Ríos, a orillas del Río Bueno, desde Trumao hasta Llifén. Una búsqueda de antecedentes realizados por Vergara y Celedón indica que los colonos ingresaron por el Río Bueno en su llegada a Chile, lo que podría explicar la distribución de estos ecotipos en el territorio. En esta búsqueda se encontraron aproximadamente 20 plantas en distintos sitios, lo que los hizo presumir que no correspondería a una sola planta clonada y distribuida posteriormente en la región. Esta hipótesis fue confirmada al corroborar que la forma de los conos y los aromas de las diferentes accesiones eran distintas.

De los materiales disponibles seleccionaron los ecotipos que denominaron La Unión, Ranco, Valdivia de acuerdo con su lugar de procedencia, debido a que estos presentaban las mejores características productivas y de aroma. Estos ecotipos presentaron mayor facilidad para reproducirlos, mayor crecimiento, aromas llamativos y se encontraban a mayores distancias entre sí, dentro de la región de los Ríos, lo que hacía presumir que fueran plantas con orígenes diferentes. El ecotipo Río Bueno no está completamente caracterizado y por esta razón fue incluido en el estudio de Lúpulo, para evaluar su comportamiento.

Los ecotipos nacionales se caracterizan por poseer baja concentración de ácidos alfas, por lo que califican dentro del grupo de Lúpulos Aromáticos. La Unión ha sido identificado con un aroma intenso floral, Ranco con un aroma herbáceo a pino y Valdivia con un aroma a Pimienta, con notas cítricas, características que pueden transferir a las cervezas para dar un sello diferenciador.



 Ecotipo caracterizado     
  Muestra de ADN

Figura 70. Procedencia de los ecotipos nacionales de Lúpulo utilizados en el estudio. Las señales rojas indican el lugar de procedencia de los 3 ecotipos utilizados en el estudio (Valdivia, La Unión y Lago Ranco) que se encuentran caracterizados. El ecotipo Rio Bueno en amarillo esta aun en etapa de evaluación. Fuente Hardy Vergara, elaboración propia.

Desde el punto de vista morfológico los ecotipos tienen características similares, pero difieren levemente en la forma de la planta, tamaño del cono y características de las brácteas. Estas características fueron determinadas por Luer (2019) en un año, pero diferentes localidades y ratificadas durante el desarrollo del estudio de zonificación edafoclimática de Lúpulo, en Máfil y Vivanco (Tabla 6). Los datos del ecotipo Rio bueno no están completos, debido a que en los patios experimentales en que se encuentra plantado, en la región de los Ríos, ha tenido un crecimiento irregular que impide caracterizar de buena forma, por ejemplo, la forma de la planta.

Las Figuras 71 a 74 muestran algunos caracteres descritos en los ecotipos como morfología de hojas, tallos y conos.

Tabla 6. Caracteres Morfológicos de los ecotipos nacionales de lúpulo. de acuerdo con la escala UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales, código HUMUL\_LUP). Luer (2019), informes Plan de zonificación edafoclimática del Lúpulo.

<b>Órgano</b>	<b>Carácter</b>	<b>La Unión</b>	<b>Ranco</b>	<b>Río Bueno</b>	<b>Valdivia</b>
<b>Tallo</b>	<b>Pigmentación antociánica</b>	Fuerte	Media/ Fuerte	Fuerte	Fuerte
<b>Hoja</b>	<b>Tamaño del limbo</b>	Medio/ Grande	Medio	Medio	Medio
	<b>Color del haz del limbo</b>	Oscuro/ Muy oscuro	Oscuro/ Muy oscuro	Muy oscuro	Muy oscuro
<b>Planta</b>	<b>Forma</b>	Cilíndrica/ Cilíndrica a Forma de garrote	Cilíndrica a Forma de garrote	n/d	Cilíndrica a Forma de garrote
<b>Brote</b>	<b>Longitud en el tercio medio de la planta</b>	Medio	Corto/ Medio	Medio	Medio
	<b>Longitud en el tercio superior de la planta</b>	Largo	Largo	Largo	Largo
	<b>Densidad del follaje</b>	Media	Escasa/ Media	Media	Media
<b>Cono</b>	<b>Tamaño</b>	Pequeño/ Medio	Pequeño/ Medio	Medio	Medio
	<b>Forma</b>	Oval ancha/ Globosa	Oval ancha/ Globosa	Oval ancha	Globosa
	<b>Grado de apertura de las brácteas</b>	Ligeramente abiertas/ Claramente abiertas	Claramente abiertas	Claramente abiertas	Claramente abiertas
	<b>Intensidad del color verde</b>	Medio	Medio	Medio	Medio
<b>Brácteas</b>	<b>Tamaño</b>	Pequeño	Pequeño	Medio	Pequeño
	<b>Relación ancho/largo</b>	Media	Pequeña/ Media	Media	Pequeña/ Media
	<b>Longitud del ápice</b>	Muy corto	Muy corto/ Medio	Medio	Medio
<b>Aroma</b>		intenso floral	herbáceo a pino		Pimienta, con notas cítricas

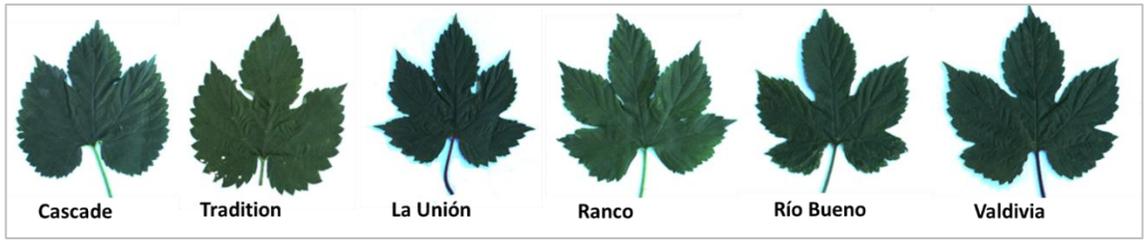


Figura 71. Morfología de las hojas de las variedades comerciales Cascade y Tradition y de los ecotipos La Unión, Ranco, Río Bueno y Valdivia.



Figura 72. Morfología y pigmentación de los tallos de las variedades comerciales Cascade y Tradition y de los ecotipos La Unión, Ranco, Río Bueno y Valdivia.

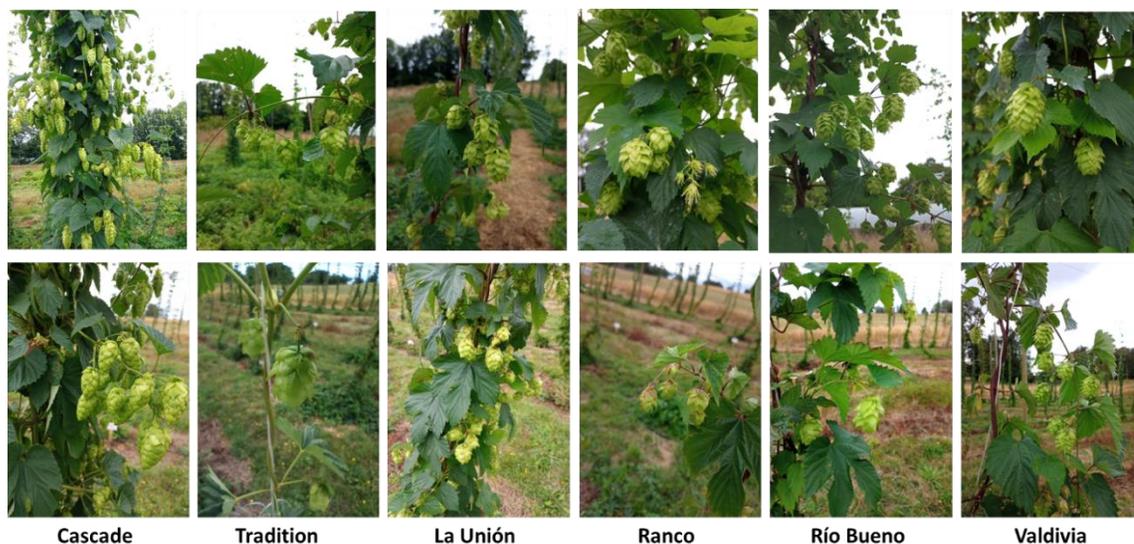


Figura 73. Morfología de los conos de las variedades comerciales Cascade y Tradition y de los ecotipos La Unión, Ranco, Río Bueno y Valdivia, cultivadas en el CIC de Máfil (panel superior) y en Vivanco (panel inferior).



Figura 74. Conos luego del secado de las variedades comerciales Cascade y Tradition y de los ecotipos La Unión, Ranco, Río Bueno y Valdivia.

En relación con sus características bioquímicas y organolépticas, la variedad Hallertahuer tradition es un Lúpulo Alemán de aroma delicado a uva y ciruela, con notas herbales y amargor moderado. Es usado como adición de aroma y sabor en estilos de cerveza Lagers y de Trigo. Posee una composición de 4-7% de alfa-ácidos, 24-30% de Cohumulone y 0,5-1 ml/100g de aceite Total (Insumos cerveceros Prost). La variedad Cascade es una de las variedades de lúpulo más

populares para la elaboración de la cerveza, originaria de USA, muy utilizada por su aroma, con características cítricas y algo florales en la elaboración de Ales americanas. Posee 4-7 % de ácidos alfa, 33-40% de Cohumulone y 5.7% de ácidos beta y 1-1.7 ml/100g de aceites totales (Catálogo lúpulos Patagónicos 2020).

Los ecotipos nacionales se caracterizan por poseer baja concentración de ácidos alfas, por lo que califican dentro del grupo de Lúpulos Aromáticos. Estos aromas pueden ser transferidos a las cervezas para dar un sello diferenciador. Lúpulos Hueimen, empresa de la región de los Ríos es la principal productora de lúpulo de ecotipos nacionales en Chile y ha caracterizado detalladamente su producto (<https://www.lupuloshueimen.cl/>).

Los ecotipos la Unión y Valdivia han sido descritos con aroma a manzana, limón, grosella, lavanda, mientras que Ranco posee un aroma Herbáceo, cítrico, pino. Los tres ecotipos, son recomendados para estilos de cerveza pilsner, lager alemanas, estilos ingleses, pale ales y stout, porter.

Respecto de los componentes de amargor, estos se encuentran en menor concentración en los ecotipos Nacionales que en las variedades comerciales. Los datos aportados por la literatura y la empresa Hueimen que produce ecotipos nacionales (<https://www.lupuloshueimen.cl/>), muestran porcentajes de alfa ácidos que corresponden aproximadamente a la mitad de los alfa ácidos contenidos en Cascade o Tradition. La concentración de beta ácidos es similar entre ecotipos y variedades, mientras que el porcentaje de co-humulona es cercano al límite inferior del rango de co-humulona reportado en Cascade (Tabla 7).

Tabla 7. Componentes de amargor de los ecotipos nacionales, comparados con las variedades comerciales Cascade y Tradition.

<b>Componentes de Amargor (%)</b>	<b>Cascade</b>	<b>Tradition</b>	<b>La Unión</b>	<b>Ranco</b>	<b>Valdivia</b>
Ácidos alfa	5,5-8,9	4,6-7	3,3	2,6	3,0
Acidos beta	3,6-7,5	3-5	5,2	4,8	5,0
Co-humulona	30-40	18-24	28,9	26,1	29,3
Co-lupulona			43,9	42,7	42

Fuente: catálogo de Lúpulos Patagonia; González, 2017; Hop Harvest Guide, Lupulos Huelmén 2022.

El porcentaje de componentes de amargor obtenido en 4 ecotipos nacionales y una variedad comercial, evaluada en este estudio en 4 comunas de la región de los Ríos, muestra similares resultados a los de la literatura. Estos análisis se realizaron en conos secos a 60°C por 12 horas, utilizando la técnica HPLC-DAD, adaptación de HOPS-14 de ASBC en el laboratorio de Instrumentación Analítica del Instituto de Farmacia de la Facultad de Ciencias de la UACH (Tabla 8). Los resultados arrojaron resultados similares a los mostrados en la Tabla 4, es decir, que se encontró una menor concentración de alfa y beta ácidos en los ecotipos nacionales y también menor concentración de co-humulona, comparado con la variedad comercial Cascade. Especialmente en los ecotipos, se detectó un amplio rango de valores en la concentración de alfa y beta ácidos, lo cual demuestra que la concentración es altamente afectada por el ambiente, considerando que los datos corresponden a diferentes localidades y años en la región de los Ríos.

Tabla 8. Componentes de amargor de los ecotipos nacionales, comparados con la variedad Cascade medidos entre el 2019y 2021 en 4 localidades de la región de los Ríos: CIC Máfil, comuna de Máfil; Centinela, comuna de la Unión; Vivanco y Hueimen, comuna de Río Bueno.

<b>Componentes de Amargor (%)</b>	<b>Cascade</b>	<b>La Unión</b>	<b>Ranco</b>	<b>Río Bueno</b>	<b>Valdivia</b>
Ácidos alfa	5,5-8,5	1,9-5,4	1,8-3,8	1,6	1,4-4,8
Acidos beta	4,7-5,8	3,1-3,7	3,7-4,5	3,5-3,6	3,4-4,9
Co-humulona	1,2-1,4	0,5-1,8	0,5-0,8	0,4	0,4-1
Co-lupulona	31-36,4	21,2-30,1	21-24	24,1	23,7-26,3

Respecto del crecimiento los ecotipos crecen a una alta tasa a partir de inicios de noviembre alcanzando la altura máxima hacia fin de diciembre. El ecotipo Valdivia creció a una tasa menor alcanzando la altura máxima a mediados de enero, mientras que el ecotipo Río bueno, por su irregular crecimiento, no alcanzó un crecimiento promedio comparable con los demás ecotipos (Figura 75).

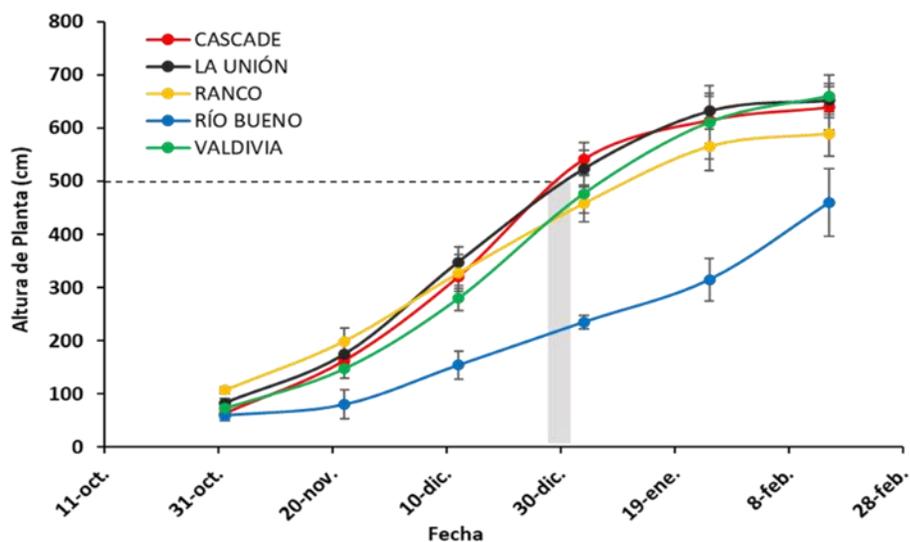


Figura 75. Altura de planta de 5 genotipos de lúpulo cultivados en la región de los Ríos. Los valores de la curva corresponden al promedio del crecimiento en dos años (2019-2020 y 2020-2021) y 2 o 4 localidades (Máfil, Vivanco, Centinela y Hueimen), dependiendo del genotipo.

Respecto del rendimiento de los ecotipos este varió entre 305 y 800 g de cono fresco por planta, en las temporadas y ambientes en que se efectuó el estudio de zonificación edafoclimática de Lúpulo, mientras que la variedad comercial Cascade tuvo un promedio de 1233 g de conos frescos por planta promediando dos temporadas y dos localidades (Figura 76). Dentro de los ecotipos, tanto La Unión Valdivia y Río bueno, presentaron rendimientos promedio similares, que fluctúan entre los 450 y 550 g de conos. El ajuste de las practicas agronómicas en estos genotipos debería permitir obtener el potencial de rendimiento, que se estima superior a los valores reportados en este estudio.

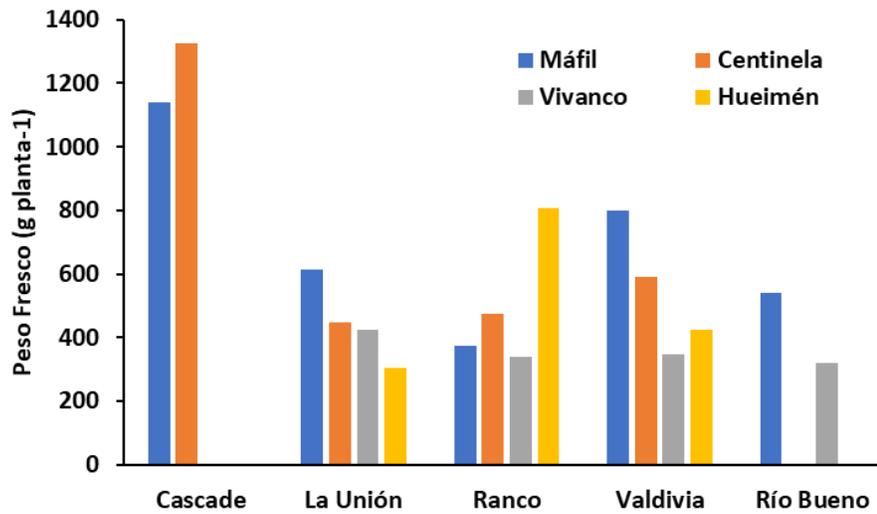


Figura 76. Rendimiento de 5 genotipos de lúpulo cultivados en la región de los Ríos. Los valores de corresponden al promedio del crecimiento en dos años (2019-2020 y 2020-2021) y 2 o 4 localidades (Máfil, Vivanco, Centinela y Hueimen), dependiendo del genotipo.

### 2.3. Construcción y acondicionamiento de los patios de Lúpulo

El establecimiento de los patios se inició con la preparación de suelo, en agosto de 2019 en la localidad de Máfil y en octubre en Vivanco; se cuadró el patio y se marcaron las hileras y ubicación de los postes (Figura 77), de acuerdo con el diseño propuesto en la figura 68 del informe.



Figura 77. Preparación de suelo, cuadratura e instalación de postes impregnados para el establecimiento del patio de Lúpulo. Panel superior, trabajos en el centro de innovación colaborativa de Máfil; Panel inferior, trabajos en la hijuela N°5 sector Vivanco.

Para el establecimiento y crecimiento en altura de las plantas se utilizaron 12 postes impregnados con un diámetro de 20 cm en la base y un largo de 5 m, en cada patio. Dichos postes están enterrados a 60 cm de profundidad en el suelo. El entramado aéreo se construyó con alambre N°8 galvanizado para sostén y alambre liso galvanizado N°10 que sostienen los tutores donde se guían las plantas en su crecimiento en altura. El entramado aéreo se realizó en la parte superior de los postes los que funcionan como pilares para el sostén de este y las plantas. Para estos tutores se utilizó cordel de tipo “nylon” N°3, en los cuales la planta se va abrazando a medida que crece, sirviendo de sostén y soporte al gran peso que alcanza una vez madura, evitando su desplome en el suelo. Los materiales utilizados en la construcción de ambos patios se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9. Materiales utilizados en la construcción de dos patios para el cultivo del Lúpulo.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Postes Impregnados de Pino 6mt	24 unidades
Alambre Galvanizada N°6	50 kg
Alambre Galvanizada N°10	50 kg
Cable Acero 8ml	150 mt
Tensores 5"	16 unidades
Abrazaderas 5/8	64 unidades
Clavos 5"	2 kg
Grapas 1"	2 kg
Anclaje de cemento 40kg	14 unidades
Pita Nylon	2.000mt

#### **2.4. Plantación de ecotipos y variedades**

Previo a la plantación se realizó en ambos patios la preparación de suelos, control de malezas, corrección de pH (Vivanco) y fertilización de acuerdo con el manejo indicado en la sección 2.5.

La plantación de los patios de lúpulo, fue el entre el 1 y 15 de octubre en Máfil y entre el 2-10 de noviembre en Vivanco. Para lograr un rápido establecimiento del cultivo en el campo se trajeron plantas en macetas, de los ecotipos La Unión, Ranco y Valdivia. En el caso de Rio Bueno se plantaron rizomas, puesto que no había disponibilidad de plantas en crecimiento en el vivero. La plantación consistió en hacer una perforación en el suelo a la distancia determinada por el marco de plantación, retirar la bolsa de la planta y ponerla en el suelo con todo el sustrato de la bolsa (Figura 78). En el caso de la plantación de rizomas, estos fueron seleccionados y plantados a una profundidad aproximada de 10 cm (Figura 79).



Figura 78. Plantación lúpulo a partir de plantas en macetas. a) Plantas de Lúpulo, b) perforación de acuerdo con el marco de plantación, c) retiro de la bolsa de plástico, d-e) plantación y tapado del hoyo de plantación.

En la primera temporada no todas las plantas brotaron y se establecieron adecuadamente. En el caso de los ecotipos, el primer año brotaron 47 plantas de la Unión, 50 plantas del ecotipo Rancho, 16 plantas de Río Bueno y 26 plantas del ecotipo Valdivia. Esto corresponde a un 94, 100, 32 y 52% de las plantas de cada ecotipo respectivamente. En la variedad Hallertahuer tradition brotaron 22 plantas, es decir un 44% de éxito en el establecimiento. En el segundo año se reemplazaron los rizomas que no produjeron plantas el primer año y se plantaron además 10

plantas desde macetas de la variedad Cascade, con el objetivo de tener otro genotipo conocido, como referencia. La recomendación técnica sería aumentar el número de rizomas plantados por hoyo con el objetivo de asegurar el establecimiento de todas las plantas le primer año.



Figura 79. Plantación lúpulo a partir de rizomas. a) corona de la planta de Lúpulo, b) extracción de rizomas desde la corona y c) rizomas preparados para la plantación.

## 2.5. Manejo agronómico del patio de variedades

El manejo agronómico de los patios de lúpulo, una vez realizada la plantación consiste en la aplicación de herbicidas para control de malezas en el patio completo previo a la brotación, enmienda Agrícola (aplicación de Cal), fertilización NPK, aplicaciones preventivas o curativas de fungicida para el control de *Pseudoperonospora humuli* (Mildiu), limpieza de malezas en las calles y sobre la hilera de plantas, aporca, poda de plantas y entutorado, aplicación segunda dosis de N en pleno crecimiento y riego. Estas prácticas de manejo convencional se resumen en la tabla 10.

Tabla 10. Manejo agronómico general para un patio de lúpulo de 800 m<sup>2</sup>

PRÁCTICA DE MANEJO	MES	PRODUCTO Y DOSIS	OBSERVACIONES
Control de malezas	JUNIO	Herbicida, i.a Glifosato. Ej: Glifospec 130ml/12L	Aplicación con bomba de espalda a toda la superficie
Corrección de pH del suelo	AGOSTO	De acuerdo con la fórmula de corrección de pH. Referencia: Cal 120 Kg por patio	Aplicación sobre la hilera de plantación e incorporación con movimiento de suelo
Fertilización NPK	AGOSTO	De acuerdo con el análisis de suelo. Referencia: Mezcla NPK 15-30-15. 15 kg/patio	Se aplica 1,5 Kg de mezcla sobre cada hilera de plantación, incorpora al suelo con la aporca de suelo en la hilera de plantación
Control de Mildiú	SEPTIEMBRE	Fungicida preventivo de contacto: Oxicloruro de Cobre, 100g/patio	Aplicación en brotación. Se disuelven 100g de oxicloruro en 10 L de agua. Aplicación con bomba de espalda.
Control de malezas sobre la hilera y control de babosas	OCTUBRE		Limpieza manual con azadón sobre la hilera, debido a la presencia de babosas que se alimentan de los brotes de lúpulo. Al quedar la superficie del suelo expuesta, disminuye la presencia de babosas.
Poda de Plantas	OCTUBRE		Corte de primeros brotes de la planta que tienen escaso vigor
Control de Mildiú	OCTUBRE	Fungicida sistémico de acción preventiva y curativa: Ej: Metalaxil MZ 58 WP 50g/patio	Aplicación en brotes, ante la aparición de síntomas de Mildiú.
Entutorado	OCTUBRE		Se seleccionan 4-8 sarmientos de largo medio (1 m aprox.) para entutorar. Los restantes se podan sobre todo aquellos que salen fuera de la hilera de plantación
Control de Mildiú	NOVIEMBRE	Fungicida sistémico de acción preventiva y curativa: Ej: Metalaxil MZ 58 WP 50g/patio	Segunda dosis para el control de mildiú, recomendada 15 a 20 días después de la primera aplicación de fungicida sistémico
Control de malezas sobre la hilera	NOVIEMBRE		Limpieza manual con azadón, sobre la hilera
Control de malezas entre hileras	NOVIEMBRE	Herbicida, i.a. Glifosato. Ej: Glifospec 100ml/10L agua	La dosis indicada es para el patio completo. El producto se aplica cuidadosamente entre las hileras de plantas.
Fertilización N	DICIEMBRE	CAN 27, 10 Kg/patio	0,5 Kg fueron divididos y aplicados directamente en cada planta
Control de Mildiú	DICIEMBRE	Fungicida de acción translaminar y de contacto i.a. Mancozeb. Ej: Curzate 40g/patio	Aplicación ante la aparición de síntomas de mildiú
Riego	DICIEMBRE	20 litros/m <sup>2</sup> por semana	Inicio de riego por cinta de acuerdo con la demanda evaporativa.
Control de Mildiú	ENERO	Fungicida de acción translaminar y de contacto i.a. Mancozeb. Ej: Curzate 40g/patio	Aplicación ante la aparición de síntomas de mildiú
Riego	ENERO	20 litros/m <sup>2</sup> por semana	Inicio de riego por cinta de acuerdo con la demanda evaporativa.
Control de Mildiú	FEBRERO	Fungicida sistémico de acción preventiva y curativa: Ej: Metalaxil MZ 58 WP 50g/patio	Aplicación de fungicida sistémico, debido a la presencia de noches y mañanas muy húmedas, predisponentes para ataques de mildiú
Riego	FEBRERO	20 litros/m <sup>2</sup> por semana	Inicio de riego por cinta de acuerdo con la demanda evaporativa.
Cosecha	MARZO		Los conos maduros deben verse de color verde brillante y sentirse secos al tacto, parecidos al papel. Las glándulas de lupulina dentro de los conos deben ser distinguibles, de color amarillo brillante y aromáticas.

Las dosis de fertilización y de Cal utilizada para la enmienda de pH fueron calculadas en función de los análisis de suelo y las dosis de fertilización se calcularon teniendo en cuenta el rendimiento esperado y el requerimiento interno de cada nutriente en las hojas de lúpulo. Los rangos óptimos de nutrientes en el suelo para satisfacer las demandas del cultivo del lúpulo no han sido determinados para todos los elementos. Los valores utilizados son los informados en la Tabla 11.

Tabla 11. Principales características del suelo en el CIC de Máfil y sector Vivanco. La tabla contiene los rangos óptimos en el suelo descritos en la literatura y la dosis aplicada en cada patio, calculada con el método de fertilización razonada.

Variable	Máfil	Vivanco	Rangos óptimos	Dosis aplicada por hectárea Máfil/Vivanco
Pendiente (%)	1	3	1-5	-
Textura	FI	FI	a-FA	-
Drenaje	Bueno	Imperfecto		-
Salinidad (DS/m)	< 2	< 2	n/d	-
Pedregosidad (%)	< 5	Sin		-
Profundidad (cm)	> 100	80-100	100	-
pH en agua	5,7	5,7	6-6,5	120 Kg CaCO <sub>3</sub>
Materia orgánica (%)	16	12	n/d	-
N Mineral (mg/kg)	11,2	8	n/d	200/220 Kg N
P-Olsen (mg/kg)	12,9	4	40-60	90 <sup>1</sup> /320 Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Potasio (mg/kg)	262	70	>40	45 <sup>1</sup> /90 <sup>1</sup> Kg KCl
Azufre (mg/kg)	15,4	1,94	n/d	-
Sodio (cmol+/kg)	0,13	0,17	n/d	-
Calcio (cmol+/kg)	5,24	2,55	n/d	-
Magnesio (cmol+/kg)	1,3	0,54	n/d	-
Suma de bases (cmol+/kg)	7,34	3,4	n/d	-
Aluminio (cmol+/kg)	0,02	0,17	<0.25	-
CICE (cmol+/kg)	7,26	3,6	n/d	-
Saturación de Aluminio (%)	0,2	4,7	0-10	-

<sup>1</sup>Corresponden a dosis de mantención, ya que, el suministro de P y K en el suelo era suficiente, de acuerdo con el cálculo de fertilización razonada. Los cálculos se realizaron utilizando un rendimiento estimado de 1125 Kg de conos secos /ha (0,5 Kg de cono seco por planta) y los siguientes requerimientos internos: N=2,8, P=0,41 y K=0,83. Cabe señalar que a pesar de que el valor de referencia de P en el suelo es mayor que el registrado en los patios de Vivanco y Máfil, el cálculo utilizando la fertilización razonada indica un suministro suficiente de este elemento para el cultivo de lúpulo.

Junto con la corrección de pH se aplicó NPK. El fósforo es un elemento importante para el desarrollo de raíces al inicio del ciclo del cultivo (primavera). El nitrógeno es clave durante el crecimiento vegetativo, debido a la alta tasa de acumulación de biomasa de las plantas de lúpulo, pero su disponibilidad debe ser controlada en la etapa de maduración de los conos (Kempe, 2016). Zinc y Boro son elementos muy importantes al inicio de la brotación, que podrían ser tenidos en cuenta.

En la segunda temporada de crecimiento del cultivo de lúpulo se realizó un análisis foliar en los patios experimentales del estudio de zonificación de Máfil y Vivanco, y se utilizó como referencia hojas de los mismos genotipos de Lúpulos Hueimen (Tabla 12). Esto, con el objetivo de detectar posibles deficiencias nutricionales asociadas a macro o micronutrientes. Los análisis mostraron contenidos inferiores a los valores de referencia en Fósforo y Zinc, y un menor contenido de Azufre en el patio de Vivanco, en todos los genotipos y en Máfil en los ecotipos Ranco y Ríos Bueno. Esta información puede ser de utilidad para los productores sobre posibles deficiencias que pudieran presentar los lúpulos en los suelos de la región de los Ríos.

Tabla 12. Contenido de macro y micronutrientes en hojas de Lúpulo colectadas en cultivos de lúpulo de la empresa Hueimen, y los patios experimentales de Máfil y Vivanco. Las muestras de hojas fueron obtenidas durante los estados fenológicos señalados en la tabla 3, para cada ecotipo y localidad. Números en rojo indican valores por debajo del nivel de referencia.

Ecotipo / Variedad Comercial	Patio de Lúpulo	Concentración de nutrientes											
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Cu	Zn	Mn	Al
		%						mg/kg					
Ranco	Hueimen	4,29	0,20	1,79	2,19	0,41	0,16	41,5	107	8,9	22,7	97	110
	Máfil	3,52	0,14	0,90	1,77	0,39	0,15	35,0	98	50	14,2	72	143
	Vivanco	3,67	0,19	1,64	1,59	0,35	0,14	24,3	89	5,9	18,2	105	103
La Unión	Hueimen	4,48	0,20	1,82	1,91	0,40	0,18	42,8	157	8,2	25,5	167	176
	Máfil	3,46	0,17	1,11	1,38	0,31	0,18	25,8	101	91	18,8	87	139
	Vivanco	3,04	0,13	1,47	1,96	0,40	0,10	34,1	78	7,3	18,7	54	78
Valdivia	Hueimen	4,37	0,19	1,80	1,57	0,45	0,18	38,3	94	7,9	22,2	93	102
	Máfil	3,67	0,20	1,23	1,45	0,36	0,19	34,0	95	145	19,3	91	123
	Vivanco	3,46	0,19	1,38	1,63	0,38	0,13	24,0	91	6,7	19,3	128	108
Río bueno	Máfil	3,75	0,15	1,02	1,79	0,38	0,15	33,5	97	73	16,5	89	135
	Vivanco	3,33	0,19	1,27	1,87	0,53	0,14	31,3	129	6,3	19,6	93	179
Tradition	Máfil	3,88	0,22	1,05	1,88	0,46	0,21	44,1	111	171	23,1	147	182
	Vivanco	3,43	0,18	1,65	1,44	0,40	0,13	33,0	85	4,4	16,4	163	104
Cascade	Máfil	4,13	0,20	1,16	1,81	0,46	0,20	46,8	118	143	21,6	80	186
	Vivanco	3,43	0,16	1,53	1,76	0,38	0,12	24,3	101	3,2	14,3	132	120
Valor de referencia		2,8	0,41	0,83	0,33	0,26	0,16	s/i	70	s/i	33,5	s/i	s/i

Valor de referencia extraídos de ASISAGRO, 2012 citado por Bañón, 2013. Valores en peso seco.  
s/i: Sin información

Las malezas fueron controladas aplicando herbicidas durante el periodo de dormancia y en brotación en la entre hilera, mientras que sobre la hilera se realizó control manual. En Máfil excepcionalmente se utilizó control mecánico de malezas entre hilera, usando motocultivador (Figura 80 a-c). La presencia de problemas fitosanitarios fue monitoreada semanalmente (en

cada visita a los patios de lúpulo) para el evitar la aparición de *Pseudoperonospora humuli* y se realizaron aplicaciones preventivas o curativas cuando fue necesario. Las plantas fueron regadas con manguera el primer año. En la segunda y tercera temporada se estableció el sistema de riego por goteo para el patio de lúpulo (Figura 80d).



Figura 80. a) Control de malezas mecánico entre la hilera en Mafil 2019; b) Control de malezas con herbicida en Máfil 2020; c) Control Manual de malezas en la hilera, Vivanco 2019; d) sistema de riego por goteo, instalado en los patios de lúpulo.

El sistema de riego por goteo es el más recomendado para el cultivo, ya que suministra agua a través de líneas que poseen emisores aplicando directo al suelo adyacente a la planta y con una eficiencia de uso de agua del 90% (Jackson, 2019), es por eso que se estableció este sistema en los patios de lúpulo. El manejo del riego durante el primer año no se realiza favoreciendo el desarrollo del sistema radicular y el segundo año se inicia cuando la planta ha alcanzado el alambre superior (Bañon, 2013), esto siempre y cuando las reservas de agua del suelo o precipitaciones sean suficientes para abastecer al cultivo que crece a una alta tasa (alcanza 5 o 6 metros de altura, en dos meses). Al respecto, Jackson (2019) indica que el 75-80% del agua que

requiere el cultivo es consumido entre enero y febrero en el hemisferio sur, cuando está en el peak de su crecimiento.

Una labor muy importante dentro del manejo del cultivo, es la aporca de las plantas, la cual permite controlar el crecimiento de las malezas en la base de las plantas y evita el corte o desgarre de las guías o parras desde la base de la corona (Figura 81). Además, permite conservar humedad en el suelo y hace que las guías que quedan bajo el suelo del camellón, formen rizomas que pueden ser utilizados para la propagación (reposición de plantas del patio o expansión de la superficie de cultivo).



Figura 81. Control de malezas y aporca de plantas en el patio del CIC de Máfil (A) y Vivanco (B).

La poda o castrado se lleva a cabo al inicio del cultivo cuando se comienzan a desarrollar los brotes en la superficie del suelo (Figura 82). El objetivo de la poda es limitar el número de brotes, seleccionar los más vigorosos, retrasar la brotación para evitar que las heladas tardías puedan ocasionar la muerte temprana de los brotes tiernos y conseguir plantaciones con un desarrollo vegetativo uniforme (Bañon, 2013). La poda se efectúa al descalzar la parte de la cabeza o cepa, se elimina los sarmientos del año anterior, los brotes o chupones de las entre hilera, raíces superficiales capaces de producir nuevos brotes y después se tapa la cepa aporcando la hilera (Escauriza 1947; Bañon, 2013). Se escogen tres a cinco brotes vigorosos, eliminando el resto, esta

última operación se realiza nuevamente cuando aparecen los nuevos brotes rastreros o chupones, ya que debilitan la guía y los sarmientos pierden el vigor, la floración y el tamaño de los conos se reduce (Magadan, 2011; Bañon, 2013).



Figura 82. Castración o poda de guías de lúpulo iniciales, para favorecer el posterior crecimiento de aquellas con mayor vigor.

El entutorado es una labor recomendada a partir del segundo año de plantación. Consiste en guiar la planta por una cinta de nylon sujeta al entramado de alambre del patio de lúpulo, lo que le permite realizar su hábito trepador. Para entutorar primero deben instalar las cintas de nylon en el entramado de alambre. Esto se hace utilizando una herramienta llamada Pardalera como muestra la Figura 83 a y b. Junto con esta labor puede ser necesario tensar los alambres que forman parte de la estructura al patio de lúpulo, lo que en el caso de los patios de este estudio se realizó con un tensor de línea (Figura 83 c y d). En plantaciones de mayor envergadura se utilizan tensores.

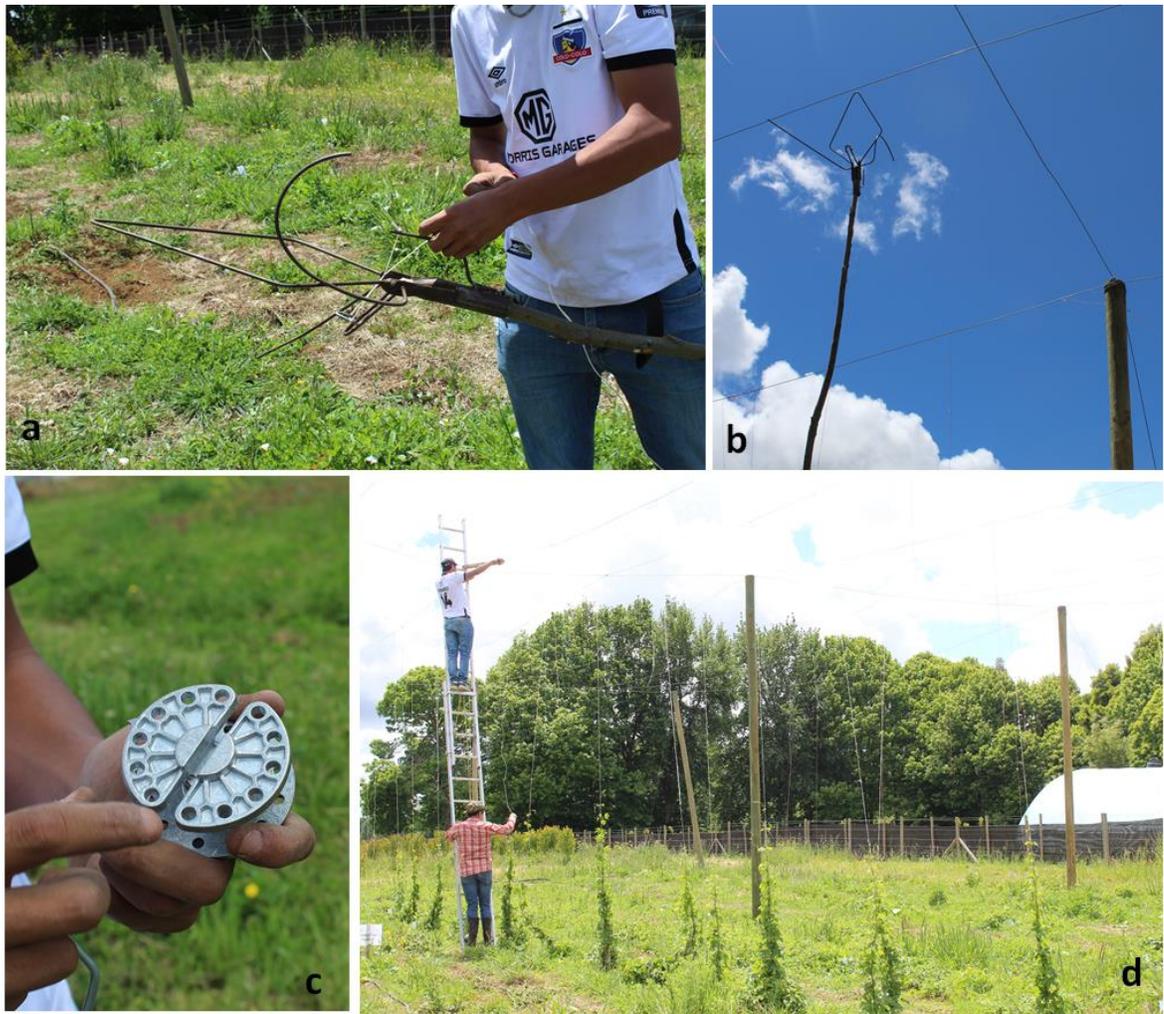


Figura 83. Instalación de tutores en el patio de Lúpulo. a) Pardalera utilizada para la instalación de los tutores, b) enganche del tutor al entramado de alambre sobre el patio de lúpulo, c) tensor de línea, d) tensado de los alambres del entramado del patio de lúpulo.

Para realizar en entutorado, se seleccionaron 4-6 sarmientos de tamaño medio de la planta, los demás sarmientos son cortados con cuchillo en una labor llamada poda. Las guías se enrollan alrededor de la cinta de nylon en el sentido del reloj. En entutorado estimula el crecimiento de la parte aérea y la producción de conos de las plantas de lúpulo (Figura 84).



Figura 84. Secuencia de entutorado de las plantas de lúpulo en el patio del CIC de Máfil: se engancha la cinta de nylon en la estaca de hierro; se cortan las guías largas y las que salen de la hilera, dejando aquellas que miden aproximadamente 1m; se seleccionan 6-8 guías para entutorar; se enrollan las guías en el sentido del reloj, alrededor de la cinta de nylon.

El momento de cosecha en lúpulo en las tres temporadas ocurrió hacia fines de febrero e inicios de marzo. Existen distintas formas de medir el momento de cosecha: i) por medio del contenido de materia seca de los conos, los que deben alcanzar entre 22 a 25%, ii) el aroma de los conos inmaduros tiene esencia a heno o hierba, mientras que los lúpulos demasiado maduros poseen notas a cebolla, azufre y ajo (Darby et al., 2017), iii) su humedad al tacto disminuye, al presionar los conos con la mano cerrando el puño, estos se sienten como papel iv) se pueden observar con

un microscopio las glándulas de lupulina, al estar maduras son brillantes de color dorado con forma de bellota (Sharp, 2014). En este proyecto la determinación del momento de cosecha fue determinada visualmente y a través de los cambios en el contenido de humedad de los conos.

La cosecha de los patios se realizó manualmente, tirando cada tutor, los cuales, si son de cinta de plástico, se desprenden fácilmente al final de la temporada (Figura 85). Luego las guías se trasladaron a las dependencias donde se realizó la separación de los conos, del resto de la planta, de forma manual. La cosecha, se puede realizar también mecánicamente, en este caso, cosechadora mecánica que pasa a lo largo de las filas de plantas en el campo separando los conos y dejando las guías en la estructura de sostén.



Figura 85. Cosecha manual de lúpulo, cortando las plantas en la base y desprendiendo el tutor de la alambrada superior, para luego separar los conos del resto de la planta.

## **2.6 Identificación genética de aquellas variedades de lúpulo asociadas al proyecto**

La introducción y establecimiento del lúpulo en Chile ha estado ligada a olas de inmigración europea sucedida en el sur de Chile. De esta forma, variedades antiguas fueron mantenidas en jardines, en donde aquellos ecotipos más adaptados a las condiciones del sur generaron la diversidad de la especie que hoy se distribuyen en el país, presentando características organolépticas únicas (Vargas, 2016). Este origen, unido a que gran parte de la propagación del lúpulo se realiza vegetativamente, ha generado problemas de identificación entre variedades y ecotipos, lo que se ha traducido en errores de clasificación y/o alteración de nombres originales, sobre todo considerando el traspaso informal de materiales vegetales entre agricultores y productores asociados al mundo de la cerveza.

De esta forma, surge la necesidad de comprender la relación entre los principales ecotipos locales actualmente utilizados, de manera comprobar, o rechazar, su diferenciación genética del resto de variedades comerciales. Lo anterior se ha realizado en dos etapas. La primera incluyó el uso de marcadores moleculares públicos de tipo SSR (Stajner et al., 2005). Esta parte de la investigación fue realizada bajo el concepto de colaboración en tesis de pregrado, en donde la principal conclusión fue que los ecotipos de lúpulo incluidos en el estudio son genéticamente distintos a lúpulos comerciales (Figura 86, Villaseca 2020).

Lo anterior, corrobora la condición única y local de este material genético, lo cual resalta la importancia del uso de estas plantas para la generación de cervezas locales, con identidad de origen. Sin embargo, es muy probable que más genes puedan ser descubiertos en futuras versiones del genoma de esta especie. Los sets de partidores (Tabla 13) se diseñaron utilizando el algoritmo Primer3, siguiendo las especificaciones ya publicadas (Osorio, Udall, et al., 2018).



Figura 86. Toma de muestras de tejido vegetal para la extracción de ADN

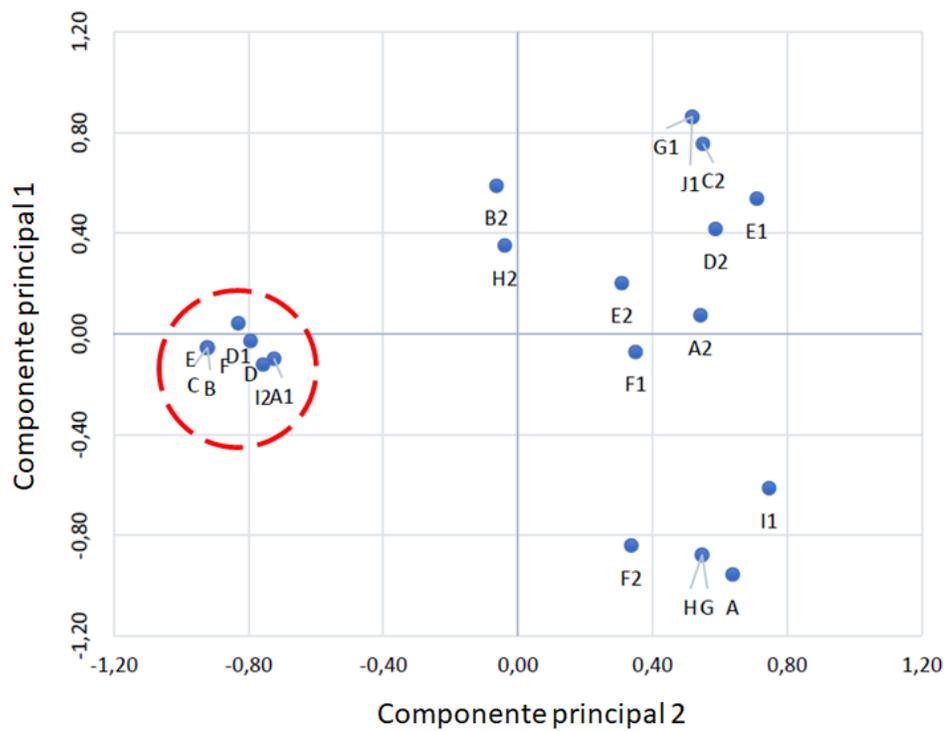


Figura 87. Relaciones genéticas entre ecotipos locales de lúpulo y variedades comerciales. Los ecotipos locales se encuentran encerrados por un círculo de color rojo.

Para entender de mejor forma la relación genética existente entre los ecotipos locales, se generó una segunda estrategia, la cual se encuentra bajo implementación. Para lo anterior, se utilizó

información de bases de datos públicas (NCBI; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), para investigar la presencia de genes asociados a floración. Lo anterior, dado que el principal producto del lúpulo son flores femeninas (conos). Bajo la premisa de alta conservación de genes asociados en vías metabólicas comunes, se realizaron búsquedas de genes de floración dentro del bosquejo del genoma actual del lúpulo. La identificación se realizó utilizando BLAST (Maureira-Butler, Pfeil, et al., 2008) y las secuencias de los genes respectivos publicados para la especie modelo *Arabidopsis thaliana*. La búsqueda arrojó que existían copias similares para tres genes, LFY, FT y GI (Figura 87). Por ejemplo, el gen LFY es un factor de transcripción descubierto inicialmente en *Arabidopsis* y tiene como función el promover la transición hacia la floración (Li, Zhou, et al., 2013). Sin embargo, es muy probable que más genes puedan ser descubiertos en futuras versiones del genoma de esta especie. Los sets de partidores (Tabla 13) se diseñaron utilizando el algoritmo Primer3, siguiendo las especificaciones ya publicadas (OsoRío, Udall, et al., 2018).

Tabla 13. Partidores diseñados para la amplificación, utilizando PCR, de los genes GI, FT y LFY en ecotipos de lúpulo.

Nombre	Secuencia	Posición	Tamaño	%GC	TM
GI1F	TACTAGCAACAATGGGGGTTCCCTC	37.060	24bp	50.0	62.2
GI1R	CATGAAGGCTTGTTATGTCTGGCC	44,669	24bp	50.0	62.2
GI2F	GCCTTTGTCTCCCTGGATTACTGA	37,123	24bp	50.0	62.1
FT1F	GCATGCAGCTTTGAACATTTGCAT	62,361	24bp	41.7	62.1
FT1R	AACAACCTTTCCTGATGTTGCACA	65,737	24bp	37.5	60.1
LFY1F	TCGAATGTGACTATGTGAGAGCGT	7,058	24bp	45.8	61.9
LFY1R	TGAGACCATCCCAAAAGTAAGGGT	10,367	24bp	45.8	61.5
LFY2F	TCGAGATCTAGGCATGCATTCGAA	7,039	24bp	45.8	62.1

La suma de resultados actuales sugiere que los ecotipos locales de lúpulo son genéticamente distintos a las variedades comerciales. Sin embargo, más investigación permitirá entender de mejor forma la relación existente entre los ecotipos y sus potenciales progenitores. A través del uso de información de secuenciación pública fue posible identificar copias genéticamente similares de genes de floración en lúpulo. La secuenciación de los genes candidato GI, FT y LFY entregará nuevos elementos para entender de mejor forma las relaciones entre los ecotipos de lúpulo incluidos en el estudio.



Figura 88. Alineamiento de los genes candidatos LFY, FT y GI y partes del genoma del lúpulo. (a) GI, (b) FT, (c) LFY. Números sobre línea sólida negra señalan pares de bases dentro del genoma del lúpulo. La línea negra gruesa superior representa la secuencia (DNA) de lúpulo. Las líneas negras entrecortadas representan la secuencia de *Arabidopsis thaliana*. Las regiones con distintos tonos verdes representan distintos niveles de similitud genética entre los genes de floración seleccionados y la secuencia de lúpulo.

## 2.7. Evaluación del comportamiento fenológico y productivo de diversos ecotipos de lúpulo

Para evaluar la fenología del cultivo se utilizó la escala BBCH (Figura 89). Durante el primer año de crecimiento de las plantas de lúpulo el estado 0 (brotación) se produjo en septiembre de 2019. Las plantas del Patio del CIC de Máfil llegaron en promedio al estado 3 (crecimiento longitudinal). Las plantas del Patio de Vivanco tuvieron un desarrollo menor alcanzando en promedio el estado 2 (formación de brotes laterales).

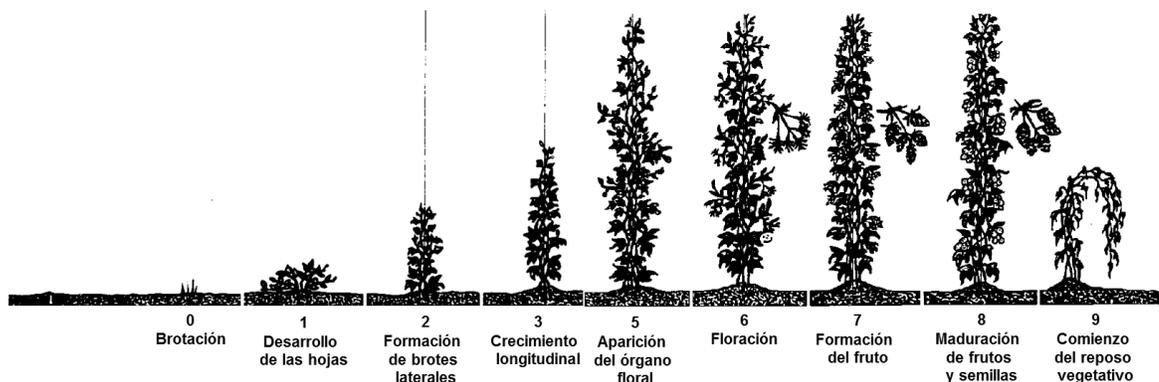


Figura 89. Estadios fenológicos del cultivo de Lúpulo de acuerdo con la escala BBCH (Rossbauer et al., 1995).

En la región de los Ríos, el ciclo de desarrollo del lúpulo ocurre entre los meses de septiembre a marzo (Figura 90). Los resultados de dos años de evaluación de la fenología en la región, mostraron que en septiembre inicia la brotación, seguido por el crecimiento longitudinal a partir del mes de noviembre. Hacia fin de diciembre ocurre la aparición del órgano floral en la variedad Cascade, y unas dos semanas más tarde en los ecotipos regionales, comparándolas en el mismo ambiente. La floración ocurre hacia fin de diciembre en Cascade, pero en los ecotipos regionales esto ocurre la primera o segunda semana de enero. La maduración de los conos y por lo tanto el momento de cosecha, también difiere entre Cascade y los ecotipos regionales, presentándose hacia fin de febrero en Cascade y entre la segunda y tercera semana de marzo en los ecotipos. Cabe señalar que las fechas acá presentadas son referenciales puesto que la fenología del cultivo es controlada principalmente por la temperatura y el fotoperíodo. Las etapas de desarrollo se cumplen en la medida que se acumula la suma térmica necesaria para esa etapa ( $^{\circ}\text{Cd}$ ) y en el

caso de la floración, esta depende de que se cumpla el umbral de horas de luz que se encuentra sobre las 14 horas.

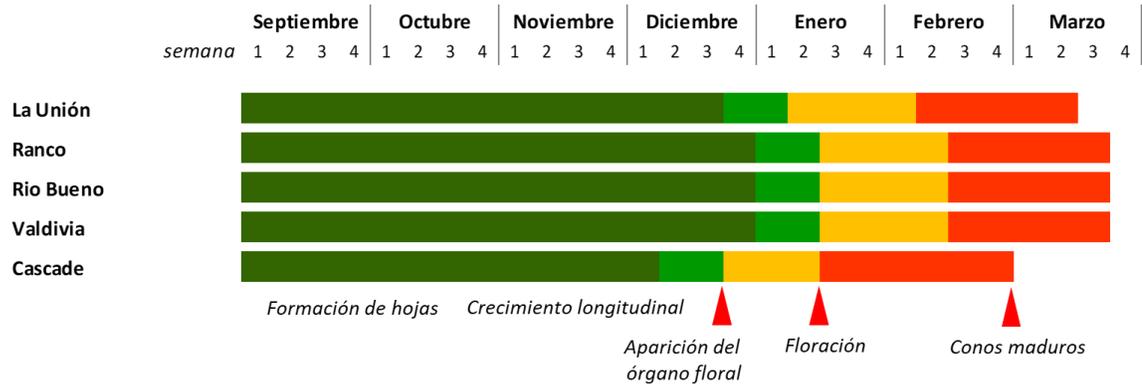


Figura 90. Calendario de ocurrencia de los principales eventos fenológicos en el cultivo del lúpulo, en la región de los Ríos.

Para determinar la tasa de crecimiento de los diferentes genotipos, se realizaron evaluaciones semanales de largo de brotes y posteriormente, altura de plantas. También se hizo un análisis alométrico del crecimiento de las plantas.

Durante el primer año se seleccionaron 10 plantas de cada ecotipo, en cada patio, relativamente se marcaron y se determinó la evolución de la altura de plantas. El crecimiento inició recién en enero de 2020, debido al tardío establecimiento del cultivo. A pesar de ello se expresaron claras diferencias entre genotipos. Ranco alcanzó mayor altura y una rápida tasa de crecimiento, seguido por la Unión, Valdivia y Río Bueno. Tradition manifestó un mínimo crecimiento esta temporada (Figura 91).

No todas las plantas establecidas en los patios de lúpulo produjeron conos en el primer año. En Máfil, el ecotipo Ranco presentó un 62% de plantas con conos, La Unión 21%, Río Bueno 19%, Valdivia 3.3% y Tradition 0%, sobre las plantas establecidas. En el Patio de Vivanco no hubo producción de conos en la primera temporada.

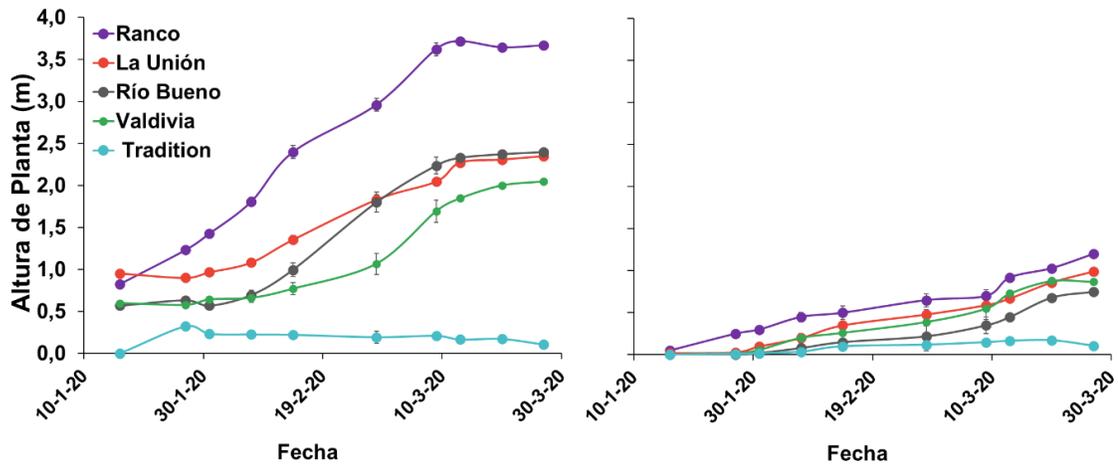


Figura 91. Evolución de la altura de plantas de los ecotipos nacionales y la variedad comercial Tradition en el patio del CIC de Máfil, temporada 2019-2020. Barras verticales indican error estándar de las medias.

Las 10 plantas marcadas para hacer seguimiento de altura de planta se cosecharon para determinar la acumulación de biomasa (peso seco de las plantas). El ecotipo Ranco, alcanzó mayor peso de hojas y tallos, seguido por la Unión, Río Bueno y Valdivia (Figura 92).

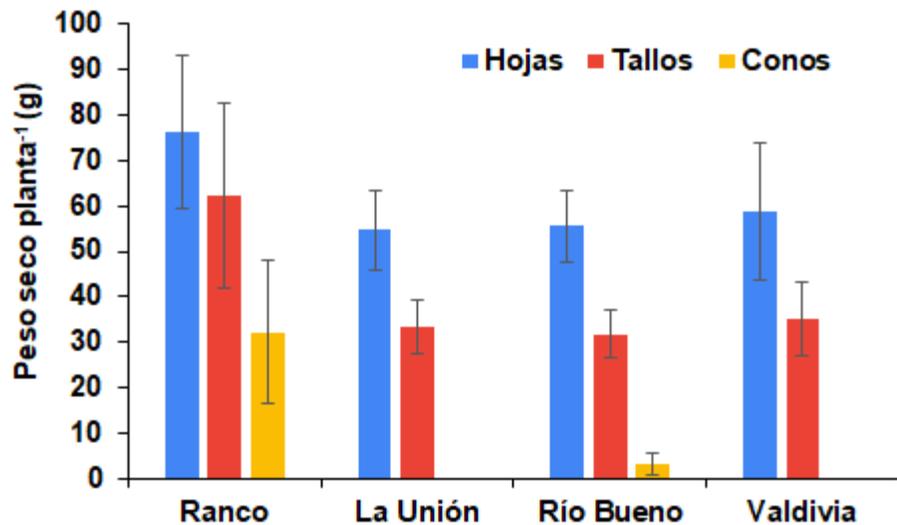


Figura 92. Peso seco de hojas, tallos y conos de los ecotipos Ranco, la Unión, Río Bueno y Valdivia, en Máfil, en plantas muestreadas, cosecha marzo de 2020. Las barras verticales indican el error estándar.



Figura 93. Cosecha y determinación de peso de las partes de las plantas de lúpulo, establecidas en el CIC de Máfil (abril de 2020).

Considerando las plantas muestreadas solo Ranco y la Unión tuvieron producción de conos. El índice de cosecha, calculado como la relación entre la producción de conos y la biomasa total de la planta, fue de 0.19 en Ranco y 0.04 en Río Bueno. Como era esperado el crecimiento de las plantas de lúpulo el primer año fue reducido y variable, lo cual se puede observar en la amplitud de las barras de error estándar, de la figura 92. Además, hubo nula producción de conos en algunos ecotipos y en los que produjeron, estos fueron en general pequeños y con baja concentración de alfa y beta ácidos.

En el segundo año de crecimiento del lúpulo (temporada 2020-2021), se realizó el seguimiento de diferentes variables como estaba planificado. Se contó el número de sarmientos por planta y la altura de planta para determinar su tasa de crecimiento. En Máfil, la brotación de los ecotipos nacionales ocurrió un mes antes que la de las variedades comerciales mientras que la altura de planta al 4 de marzo de 2020 era en promedio 3,3 veces mayor que la variedad Cascade y 7,7 veces mayor que Tradition (Figura 94a). La tasa de crecimiento de los ecotipos nacionales en la fase lineal de crecimiento de las plantas fue en promedio de 3,7 cm/día, mientras que en las

variedades comerciales 0,9 cm/día. El ecotipo Valdivia fue el que alcanzó una mayor altura, seguido por Río Bueno, Ranco y la Unión. En Vivanco el crecimiento se inició más tarde que en Máfil en todos los genotipos. Los ecotipos Ranco, La Unión y Valdivia se comportaron de manera similar, mientras que los de menor crecimiento fueron Río Bueno y la variedad Tradition (Figura 94b). En este patio la variedad Cascade alcanzó una altura superior a los ecotipos nacionales a diferencia de lo observado en la localidad de Máfil. La forma de evaluación del crecimiento en largo y número de brotes se presenta en la figura 95.

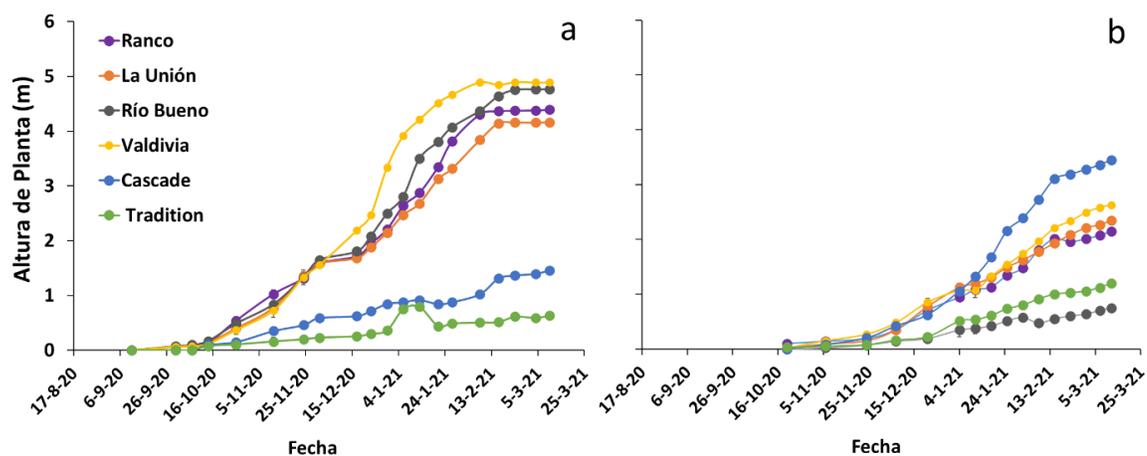


Figura 94. Altura de planta de los ecotipos nacionales Ranco, La Unión, Río Bueno y Valdivia, y de las variedades comerciales Cascade y Tradition, en la temporada 2020-2021 en el patio ubicado en el CIC de Máfil (a) e hijuela N°5 en Vivanco (b).



Figura 95. Evaluación del número y largo de los brotes el 26 de octubre (a), 5 de noviembre (b), 29 de noviembre de 2020 (c).

Durante el tercer año, la altura de plantas fue evaluada cada 15 días, detectándose diferencias entre los genotipos, así como en las diferentes localidades.

La variedad Cascade tuvo un crecimiento mayor a los ecotipos nacionales en Máfil y Hueimén y similar a ellos en Vivanco. Dentro de los ecotipos nacionales, la Unión es la que presenta mayor tasa de crecimiento tanto en Máfil, Vivanco y la Unión, pero en Hueimen la de mayor crecimiento a esta fecha ha sido el ecotipo Valdivia. En las localidades mencionadas es justamente Valdivia quien ha evolucionado a una mayor tasa de crecimiento, dejando más atrás a el ecotipo Ranco. De todos modos, este genotipo ha tenido un excelente crecimiento en Valdivia, demostrando un importante potencial productivo, al igual que los demás genotipos. Rio bueno ha tenido un peor desempeño que los demás ecotipos nacionales en Máfil y Vivanco, confirmando su menos homogeneidad, vigor y potencial productivo.

Tradition genotipo usado como control no ha presentado un buen desarrollo en Máfil ni en Vivanco, patios en donde se encuentra plantado (Figuras 96-99).

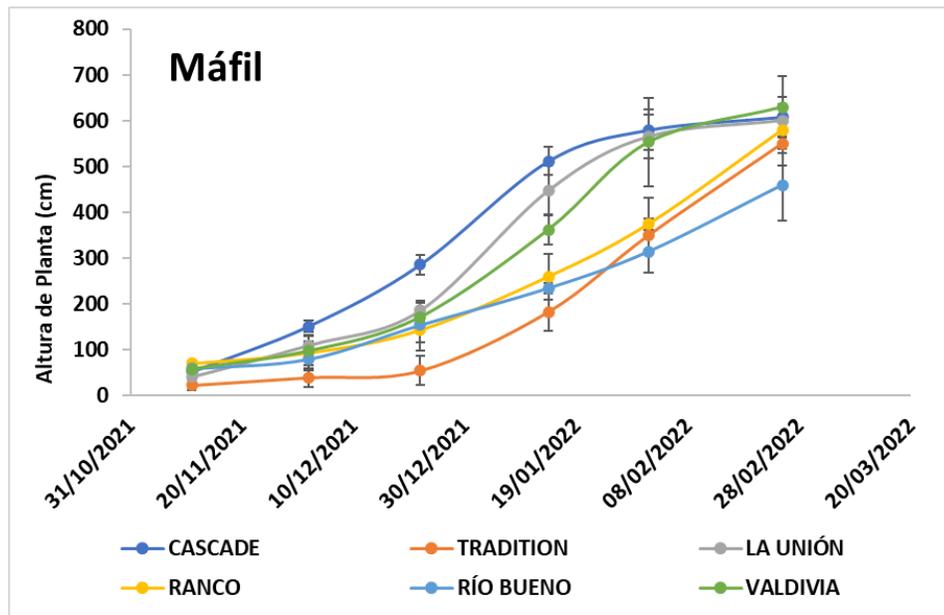


Figura 96. Altura de plantas de diferentes genotipos de lúpulo en el CIC de Máfil.

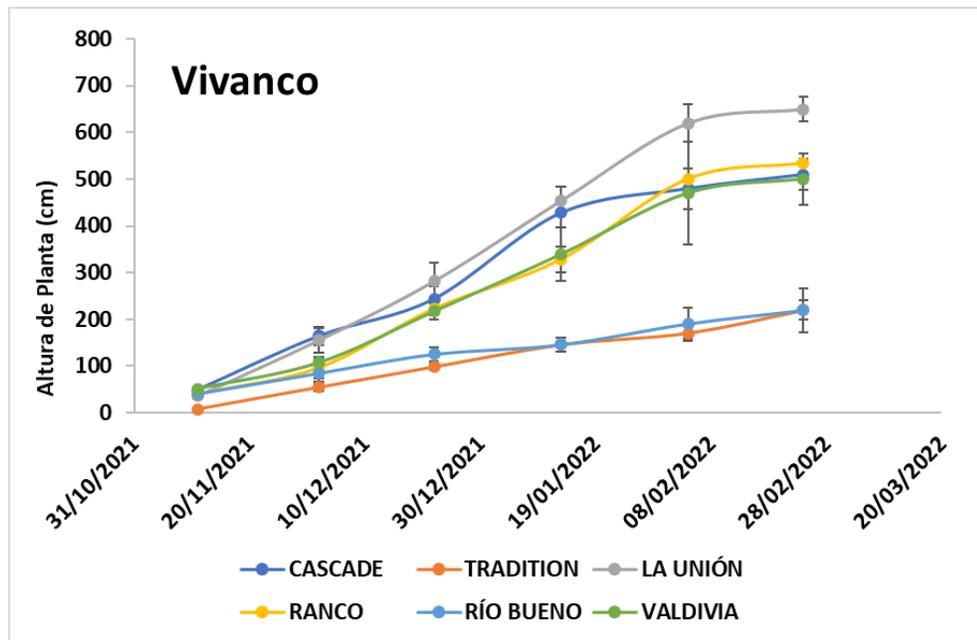


Figura 97. Altura de plantas de diferentes genotipos de lúpulo en Vivanco, comuna de Ríos Bueno.

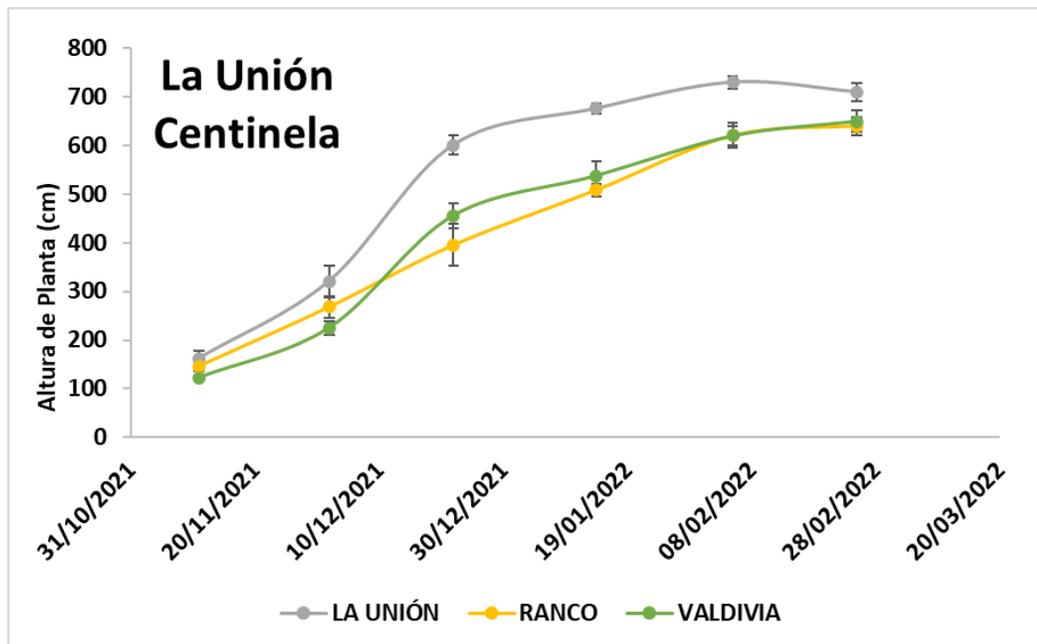


Figura 98. Altura de plantas de diferentes genotipos de lúpulo en Centinela, comuna de La Unión.

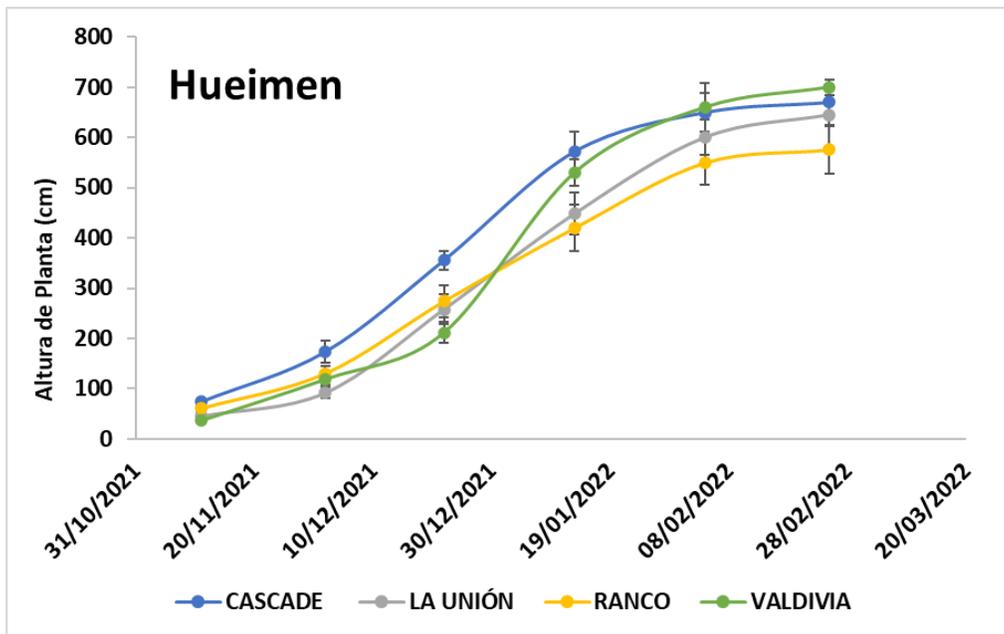


Figura 99. Altura de plantas de diferentes genotipos de lúpulo en Hueimen, comuna de Lago Ranco.



Figura 100. Vista general patio del CIC de Máfil, diciembre de 2021.



Figura 101. Crecimiento individual de los genotipos de Lúpulo en el CIC de Máfil



Figura 102. Vista general patio de Vivanco, diciembre 2021.

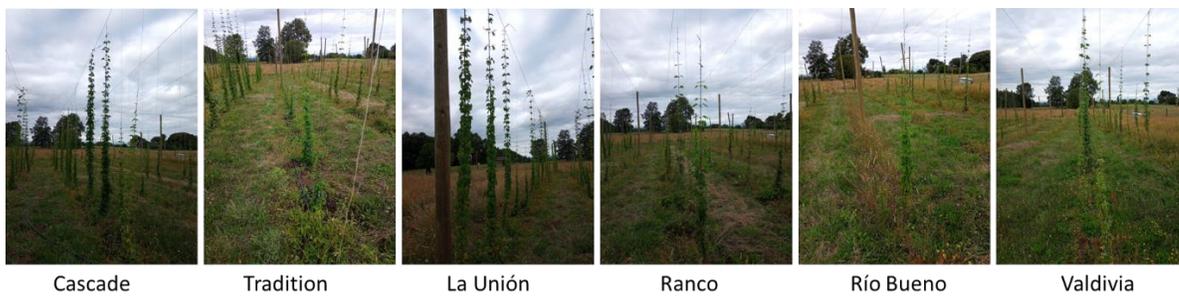


Figura 103. Crecimiento individual de los genotipos de Lúpulo en sector Vivanco, Lago Ranco.



Figura 104. Vista general patio del sector Centinela, en la Unión, diciembre 2021.



La Unión

Ranco

Valdivia

Figura 105. Crecimiento individual de los genotipos de Lúpulo en sector Centinela, La Unión.



Figura 106. Vista general Lupulos Hueimén, diciembre 2021.



Cascade

La Unión

Ranco

Valdivia

Figura 106. Crecimiento individual de los genotipos en Lúpulos Hueimen.

Respecto de las variables productivas se evaluó el peso fresco de los conos, tallos y hojas a cosecha, para determinar la producción de biomasa, índice de cosecha y rendimiento.

Los resultados mostraron gran variabilidad entre los genotipos y localidades. En el tercer año de crecimiento la variedad comercial cascade tuvo un rendimiento superior a los demás genotipos (Figura 107). Los ecotipos La Unión, Ranco y Valdivia, tuvieron en promedio rendimientos de 384, 406 y 421 g de conos por planta.

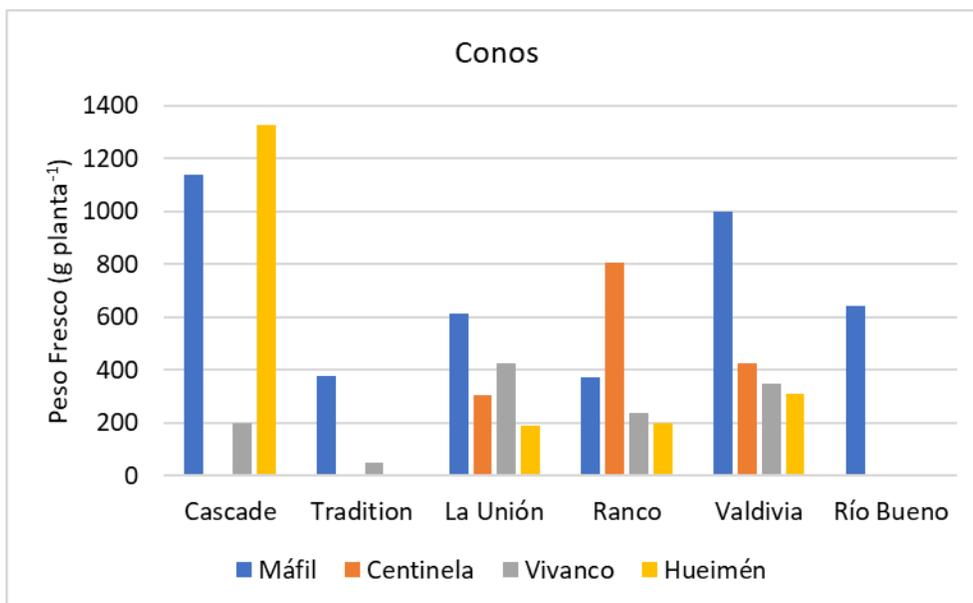


Figura 107. Peso fresco de conos de 6 genotipos de Lúpulo, en diferentes localidades de la Región de los Ríos.

Respecto de la biomasa de plantas, esta fue superior en los ecotipos Río Bueno y Valdivia en Máfil, en los ecotipos Ranco y La Unión en Centinela (Figuras 108 y 109). Cascade, La Unión y Valdivia también tuvieron un crecimiento vigoroso y similar en la localidad de Hueimén.

La variedad comercial Cascade tuvo un índice de cosecha de 0,44 mientras que en los ecotipos nacionales este valor varió entre 0,25 y 0,33, entendiéndose este índice como la cantidad de producto cosechado sobre la biomasa aérea total del cultivo. En este sentido es posible indicar que además de la precocidad, tamaño de conos, índice de cosecha y rendimiento, la variedad comercial es superior a los ecotipos nacionales.

En función de estos resultados, cobra mayor importancia aun la identificación de otras características que puedan diferenciar del producto nacional y agregar valor a su producción.

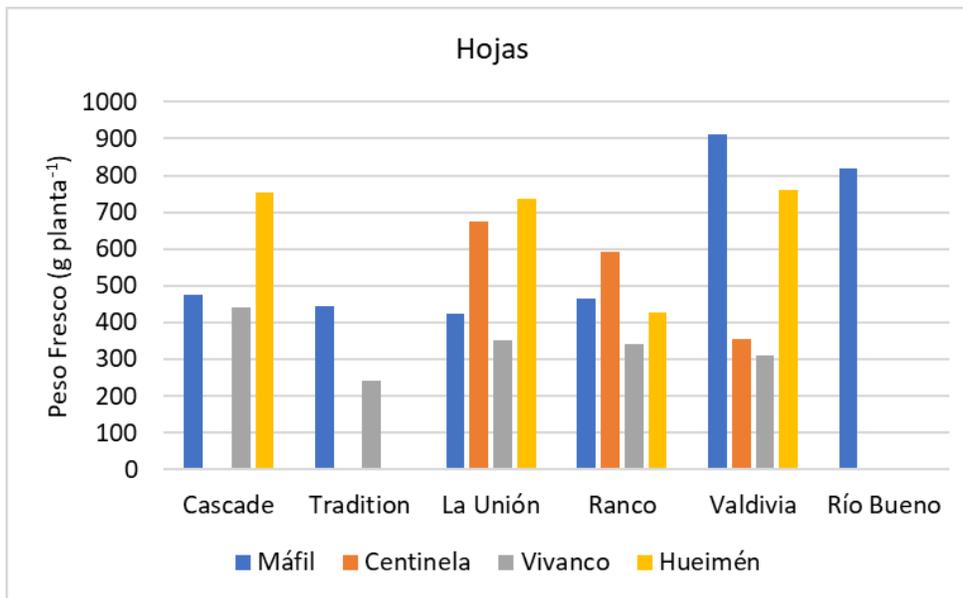


Figura 108. Peso fresco de hojas de 6 genotipos de Lúpulo, en diferentes localidades de la Región de los Ríos.

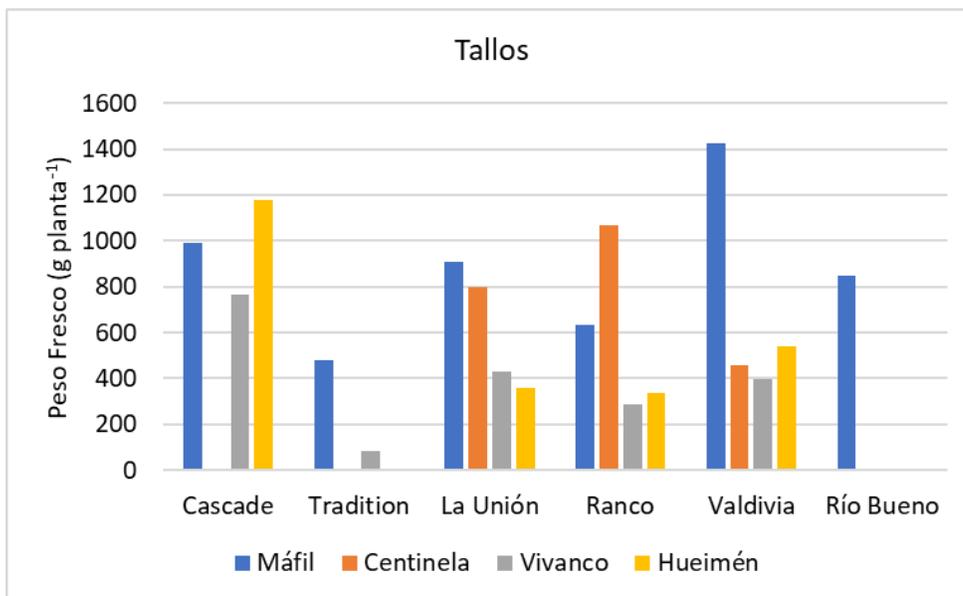


Figura 109. Peso fresco de tallos de 6 genotipos de Lúpulo, en diferentes localidades de la Región de los Ríos.

Las hojas y tallos procesadas fueron llevadas posteriormente a un secado en horno a 60°C por 72 horas para registrar su materia seca.



Figura 110. Procesamiento de biomasa de los genotipos de Lúpulo, Universidad Austral



Figura 111. Pesaje, secado y almacenamiento de muestras de lúpulo, laboratorio de Fitotecnia UACH.

## 2.8. Estudio de indicadores bioquímicos y organolépticos

Los análisis bioquímicos de todas las muestras y localidades fueron analizados en el Instituto de Química y Farmacia de la UACH utilizando la técnica HPLC-DAD, adaptación de HOPS-14 de ASBC. Existen algunas muestras que serán repetidas porque al momento del análisis contaban con un contenido de humedad diferente, por lo tanto, aunque los análisis son válidos no son completamente comparables entre ellas. A continuación, se presentan los principales resultados.

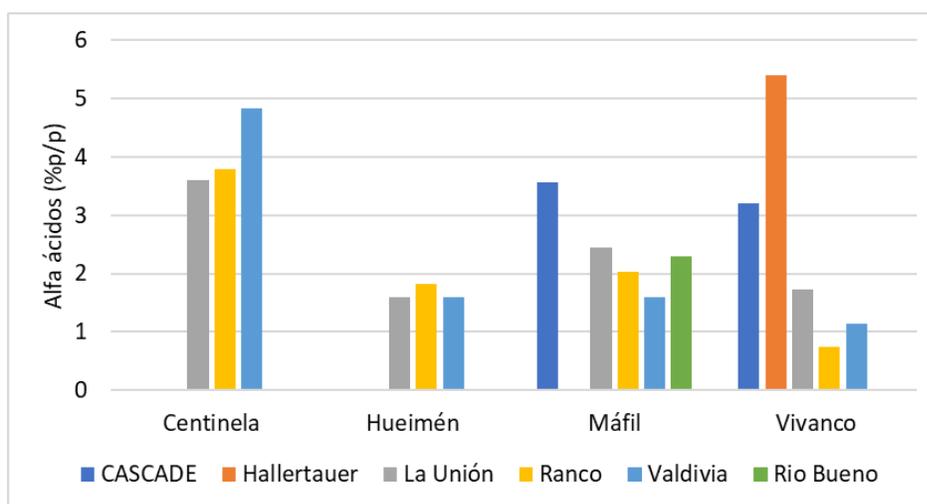


Figura 112. Contenido de alfa ácidos en conos de lúpulo de diferentes localidades y ecotipos.

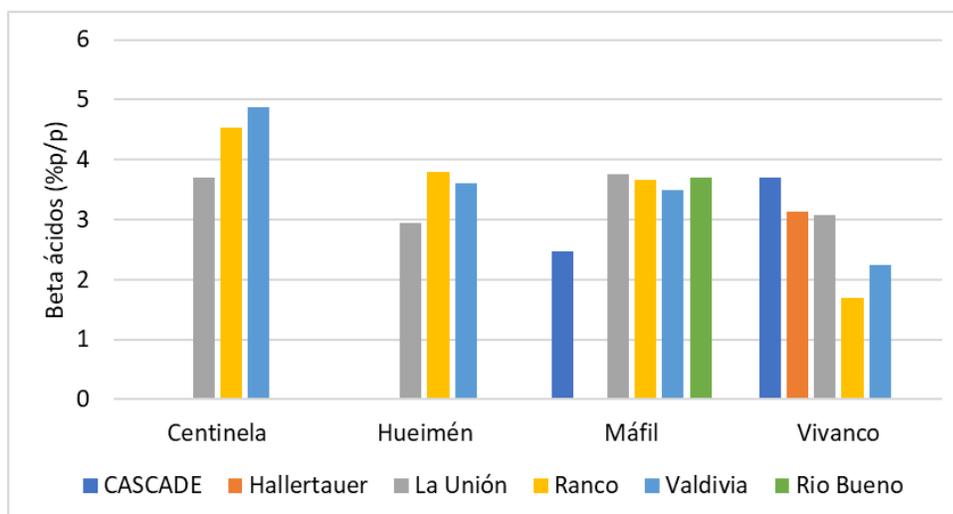


Figura 113. Contenido de beta ácidos en conos de lúpulo de diferentes localidades y ecotipos.

Los ecotipos Ranco, La Unión y Valdivia, presentaron valores más altos de alfa y beta ácidos que los de referencia (publicados por Lúpulos Hueimen, Tabla 14) en la localidad de Centinela, pero algo más bajos en Máfil, Vivanco y el mismo lúpulo Hueimen de esta temporada (Figuras 112 y 113). En el caso de Cascade también los valores de alfa y beta ácidos fueron levemente menores a los valores de referencia y mayores a la referencia en el caso de Hallertahuer (Figuras 112 y 113, tabla 14).

Tal como se esperaba hubo variabilidad en la concentración de estos compuestos entre localidades y entre variedades, lo cual será analizado en profundidad y relacionado con las características de la cerveza elaborada a partir de ellos.

Tabla 14. Valores de referencia de la concentración de alfa, beta ácidos y co-humulona, publicados por Lupulos Hueimen. En el caso de Hallertahuer se utilizaron valores de *cocinista.es*.

	Ranco	La Unión	Valdivia	Cascade	Hallertahuer
<b>Alfa</b>	2,6	2,6	3	8,3	3-5
<b>Beta</b>	4,8	4,8	5	5,7	4-6
<b>alfa/beta</b>	0,5	0,5	0,6	1,5	0,75-0,8
<b>Co-humulona</b>	26,1	26,1	29,3	35,1	19-25

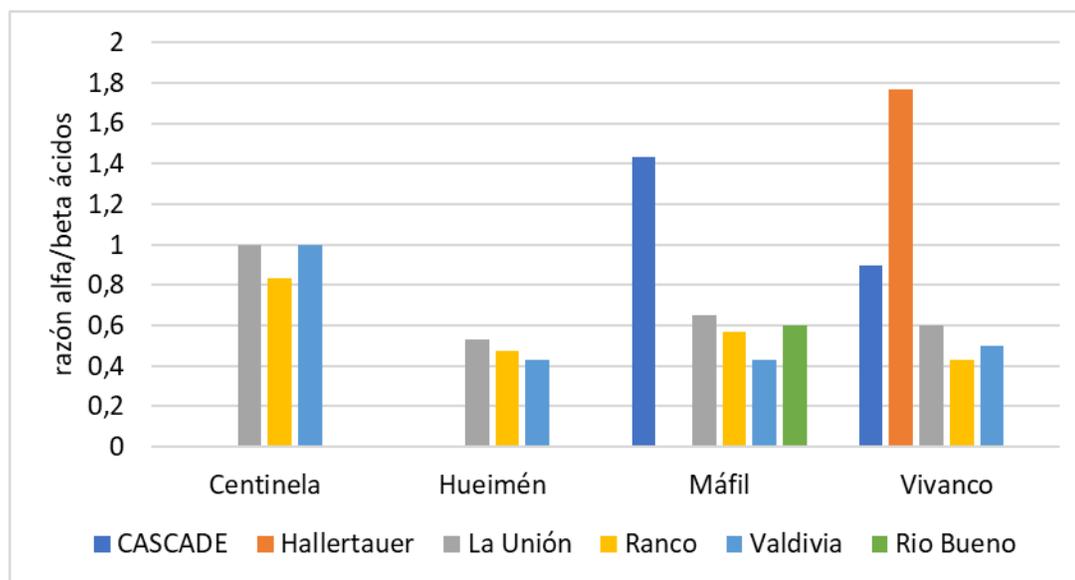


Figura 114. Relación alfa/beta ácidos en conos de lúpulo de diferentes localidades y ecotipos.

Respecto de la relación alfa/beta ácidos, esta estuvo alrededor de 0,5 en los ecotipos nacionales, lo cual está de acuerdo con los valores de referencia y sobre 1 en los ecotipos comerciales (Figura 114).

Por otra parte, los valores de co-humulona fueron más estables entre localidades y ecotipos (Figura 115) y con valores solo levemente inferiores a los de referencia (Tabla 14). En el caso de Cascade fue el genotipo con mayor concentración de este compuesto lo que también coincide con los valores de referencia reportados previamente (Tabla 14).

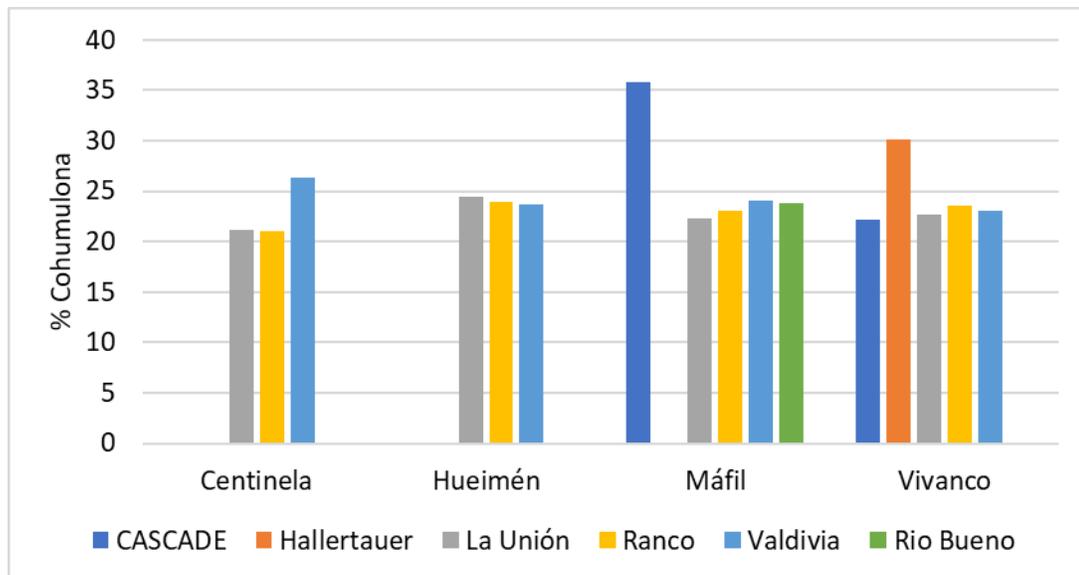


Figura 115. Porcentaje de Co-humulona en conos de lúpulo de diferentes localidades y ecotipos.

## 2.9. Elaboración de cerveza en base a diferentes lúpulos, análisis químico y sensorial

Con el fin de producir una cerveza de un estilo que pueda realzar el aporte de sabor y aroma de los ecotipos regionales, el segundo año del proyecto se produjo una cerveza de estilo Pils. Para ello se utilizó malta Pilsen de producción nacional, la que tiene muy poco carácter por sí misma y levadura típica para Pils (fermentis saflager S-23) de fermentación alta. La adición de lúpulo se estandarizó por peso: 2 g de lúpulo por litro al inicio de la ebullición y 2 g por litro al final de la ebullición, 4 g por litro antes del final de la fermentación. Las cervezas fueron producidas en la

cervecería Kunstmann, debido a que esta presentaba las condiciones de seguridad y permisos de producción necesarios en este periodo de Pandemia.

Sabemos que los lúpulos regionales no se caracterizan por su amargor, sino más bien por sus aromas hacia lo verde, por lo que se espera obtener una cerveza de carácter muy fresco y liviano, ideal para disfrutar después de visitar zonas turísticas características de la región.

Dado que la producción de conos ocurrió solo en algunos ecotipos en Máfil y no se produjo en Vivanco, es que se tomó la decisión de elaborar cerveza con conos provenientes de otro huerto maduro, de los ecotipos nacionales. La decisión se basó además en la baja calidad de los conos, respecto de su producción de alfa y beta ácidos, como lo evidencia el estudio de indicadores bioquímicos y organolépticos (sección 2.8). Con este objetivo se solicitó conos de los ecotipos “Ranco” y “Valdivia” a la empresa Lúpulos Huaimen, quienes accedieron a colaborar con información y material al proyecto de zonificación de Lúpulo. La comparación entre las cervezas producidas corresponde por lo tanto a 2 ecotipos de una misma localidad. En la presente temporada (2020-2021) el estudio se ampliará a los demás ecotipos y localidades.

Durante septiembre de 2020 se realizó el envasado de la cerveza (Figura 116) y su análisis sensorial en el laboratorio de Fitoquímica de la Universidad Austral de Chile.



Figura 116. Embotellado de la cerveza estilo Pils, elaborada con conos de ecotipos nacionales, en la Cervecería Kunstmann.

La evaluación sensorial fue realizada por un panel de expertos, entrenados de la Universidad Austral de Chile, lo que permitirá destacar o corregir aquellos atributos diferenciadores en

futuras producciones de cerveza local, utilizando los ecotipos de la región. Además, participaron 3 personas externas al panel, como consumidores sin experiencia en análisis sensorial (Figura 117).

En esta actividad participaron dos profesionales de la CRDP. La profesora Anita Behn realizó una visita guiada al laboratorio de elaboración de cervezas experimentales, en donde explicó aspectos básicos de la elaboración de cerveza enfatizando las propiedades que el lúpulo confiere a la cerveza (Figura 117.). La Dra. Behn indicó que uno de los aspectos centrales es estandarizar la calidad y conservación del lúpulo producido para preservar la composición de alfa y beta ácidos, así como los aceites esenciales, que otorgan características especiales amargor, así como de aroma y sabor respectivamente, proveniente de los ecotipos locales y que es característico de cada zona agroclimática. Luego los ejecutivos del proyecto participaron de la evaluación sensorial de las cervezas, en donde se califica aspectos como el aroma, color, carácter, entre otros, que diferencian estas cervezas.



Figura 117. Evaluación sensorial de las cervezas elaboradas con ecotipos nacionales en el laboratorio de Fitoquímica del Instituto de Producción y Sanidad Vegetal de la UCh y visita al laboratorio de los ejecutivos de la CRDP, guiada por la profesora Anita Behn.

Para caracterizar las cervezas se realizó una evaluación según estándar DLG (Alemania); los

caracteres evaluados se presentan en la tabla 9. Además, se realizó la evaluación según sello de origen, asignando una nota de 1-5 a cada atributo indicado en la Tabla 15.

Tabla 15. Características sensoriales evaluadas en las cervezas producidas con los ecotipos de lúpulo nacionales Rancho y La Unión.

<b>Característica</b>	<b>puntos</b>	<b>descripción</b>	
AROMA	5	Puro	A diacetilo, oxidado, cargante, avinagrado, opaco, intenso, otros: .....
	4	Aún puro	
	3	leve deterioro en aroma	
	2	claro deterioro en aroma	
	1	fuerte deterioro en aroma	
PUREZA DEL SABOR	5	Puro	A diacetilo, oxidado, cargante, avinagrado, opaco, intenso, ácido, a queso, metálico, expuesto a la luz, otros: .....
	4	Aún puro	
	3	leve deterioro en sabor	
	2	notable deterioro en sabor	
	1	fuerte deterioro en sabor	
CUERPO	5	Agradable al paladar, redondeado	
	4	Agradable al paladar	
	3	Poco agradable al paladar	
	2	No redondeado	
	1	Desagradable al paladar	
RESCENCIA	5	Agradablemente burbujeante	
	4	burbujeante	
	3	Poco burbujeante	
	2	Insípido	
	1	Desvanecido	
CALIDAD DEL AMARGOR	5	Muy Delicado	
	4	Delicado	
	3	Un poco retrogusto amargo	
	2	Retrogusto amargo	
	1	Retrogusto amargo fuerte	

Tabla 16. Evaluación según sello de origen. La evaluación se hace utilizando una escala de 1 a 5, donde 1 es Muy poco o Imperceptible y 5 es Mucho o Máximo.

Marca de Cerveza	Espuma	Color	Turbiedad	Sensación en boca	Amargor	Aromas	Persistencia	Retrogusto	Percepción general
La Unión									
Ranco									

Los resultados mostraron que las cervezas en base los ecotipos de La Unión y Ranco son bastante similares. Sin embargo, considerando las modas de cada carácter en estudio (1-5), La Unión obtiene un 4 y Ranco un 3 (Tabla 17). Aroma, cuerpo y rescencia son caracteres que La Unión cumple con la mayor nota. La espuma y el amargor son bajos en ambos tipos de cerveza (lo que era de esperar debido a que son lúpulos de aroma). Estamos frente a una cerveza Pils que cumple con los estándares. Los análisis químicos muestran valores dentro de los rangos estipulados para cervezas artesanales comerciales. Mayores detalles de la evaluación se encuentran en el anexo 2.

Tabla 17. Resultados de la evaluación sensorial de la cerveza estilo Pils fabricada con conos de Lúpulo de los ecotipos nacionales La Unión y Ranco.

	TIPO	AROMA	PUREZA DEL SABOR	CUERPO	RESCENCIA	CALIDAD DEL AMARGOR	ESPUMA	COLOR	TURBIEDAD	SENSACIÓN EN BOCA	AMARGOR	AROMAS	PERSISTENCIA	RETROGUSTO	PERCEPCIÓN GENERAL	MODA
MODA	La Unión	5	4	5	5	4	1	16	4	4	2	5	3	2	4	4
MODA	Ranco	3	3	4	4	3	1	16	4	4	2	3	4	3	3	3
MEDIA	La Unión	4,3	4,2	4,2	4,2	3,8	2,3	16,6	3,6	3,8	2,6	4,5	3,5	3,2	4,2	
MEDIA	Ranco	3,5	3,6	4,2	3,6	3,7	2,8	18,0	3,6	3,4	2,6	3,4	3,3	2,8	3,7	

En el segundo año la evaluación se realizó en Cervecería Kainos, utilizando el mismo estilo de cerveza. Los resultados para la evaluación del panel y de las características sello se presenta en las figuras 118 y 119 respectivamente.

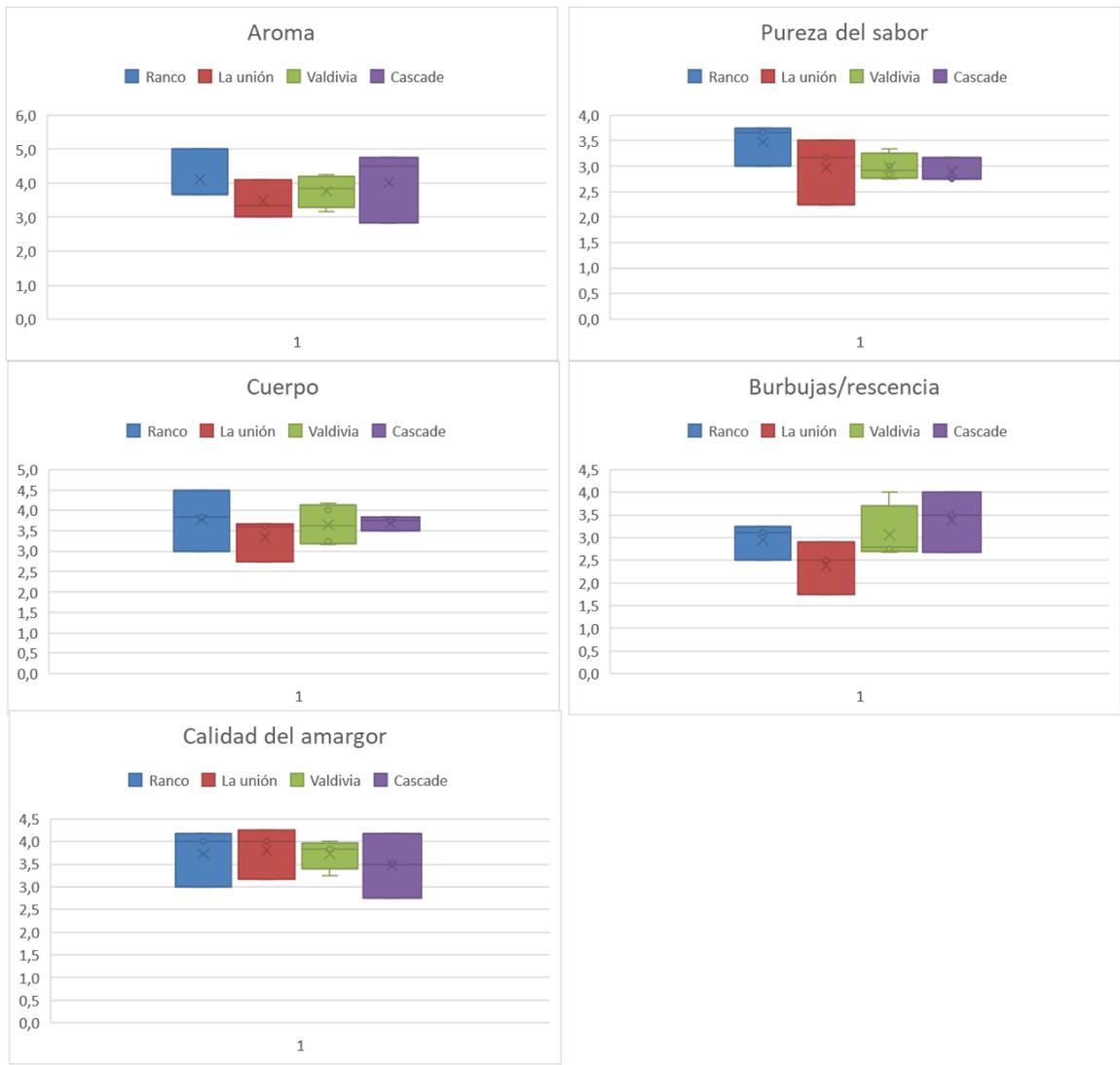


Figura 118. Resultados de la evaluación del panel sensorial para la cerveza elaborada con diferentes ecotipos y en distintas localidades.

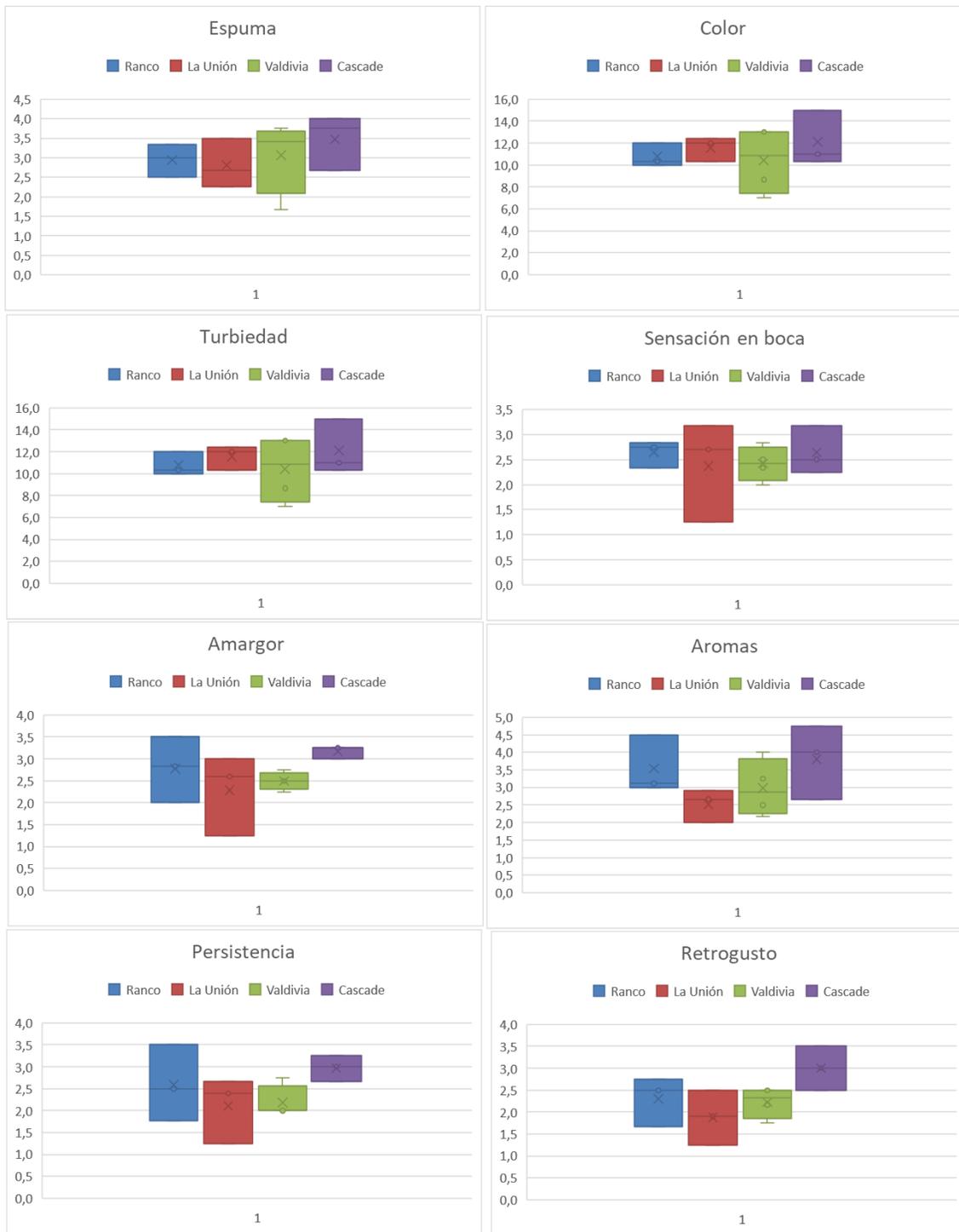


Figura 119. Resultados de la evaluación del panel sensorial para la cerveza elaborada con diferentes ecotipos y en distintas localidades.

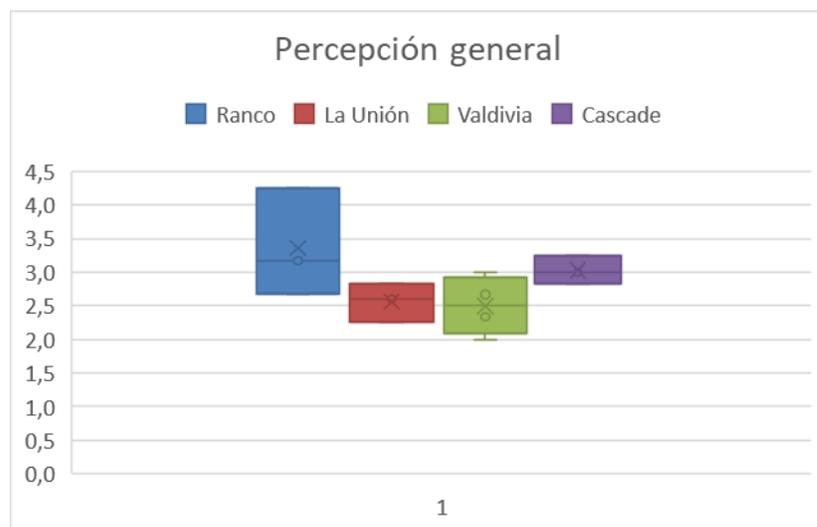


Figura 120. Percepción de aceptación general de la cerveza elaborada con ecotipos regionales de lupulo.

### 2.10. Caracterización Ecofisiológica de accesiones de lúpulo

Las variables eco-fisiológicas evaluadas en el primer año de establecimiento de los patios de Lúpulo fueron la cobertura del cultivo, el contenido relativo de clorofila (SPAD) y la temperatura de canopia. Estas variables se relacionan con la intercepción de radiación, capacidad fotosintética y regulación de la transpiración respectivamente.

La cobertura del cultivo fue estimada como el área de suelo cubierta por planta; para el cálculo se utilizaron 10 plantas. La cobertura pudo ser medida solo en los ecotipos nacionales puesto que la variedad Hallertahuer tradición, presentó un reducido desarrollo foliar.

El ecotipo Ranco tuvo el mayor diámetro de planta, ratificando su mayor vigor y tasa de crecimiento respecto de los otros ecotipos. La cobertura de la Unión, Rio Bueno y Valdivia fue un 64%, 40% y 59% de la alcanzada por el ecotipo Ranco respectivamente (Figura 121).

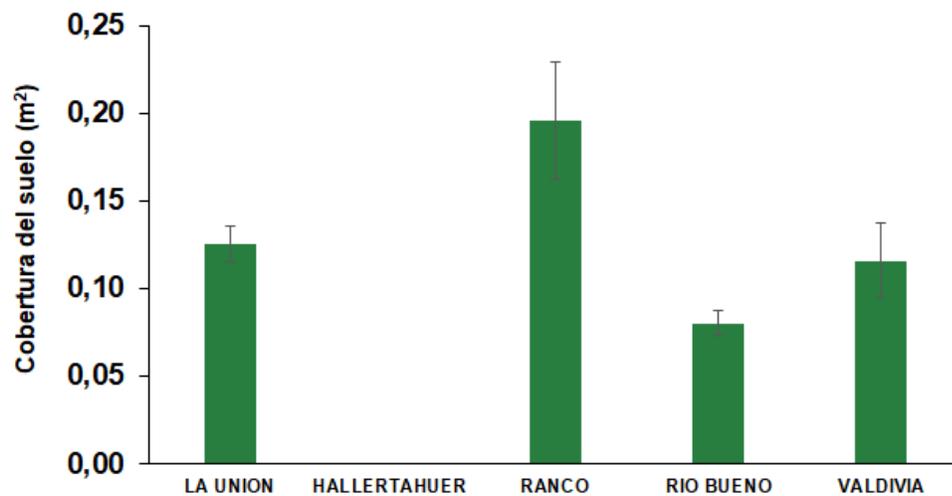


Figura 121. Cobertura (m<sup>2</sup>) de los ecotipos nacionales el primer año de establecimiento del patio de lúpulo en Máfil.

El contenido relativo de clorofila estimado a través de unidades SPAD, no presentó diferencias entre los ecotipos, los cuales alcanzaron valores adecuado para alcanzar tasas de fotosíntesis adecuadas para el cultivo. El valor de SPAD también puede ser correlacionado con el estatus de nitrógeno de las plantas, lo cual indicaría que no estuvieron limitadas por este nutriente (Figura 122).

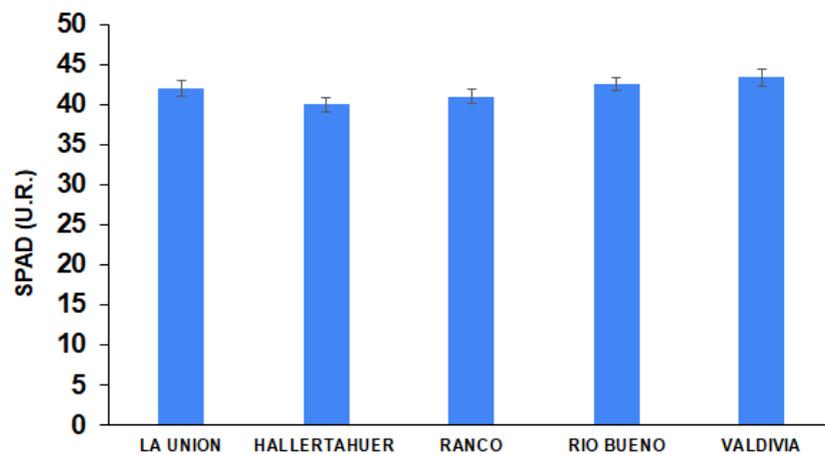


Figura 122. Valor SPAD o contenido relativo de clorofila de las hojas de los genotipos de lúpulo cultivados en el patio experimental de Máfil.

La Temperatura foliar fue medida en la estrata media de la canopia en 10 plantas independientes por parcela con un termómetro infrarrojo (Figura 123). En esta evaluación tampoco se encontraron diferencias entre genotipos lo cual indicaría que tienen una capacidad similar de regular la temperatura. Los niveles alcanzados a medio día no imponen una limitación a la fotosíntesis.

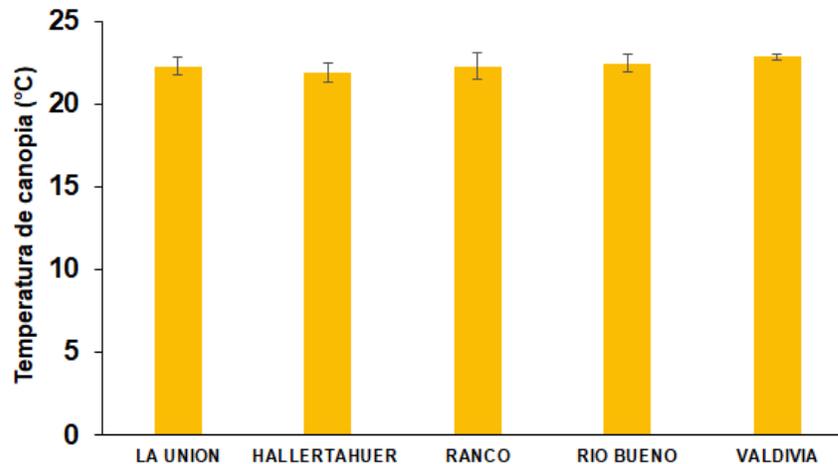


Figura 123. Temperatura de canopia de los genotipos de lúpulo cultivados en el patio experimental de Máfil.

Las variables eco-fisiológicas evaluadas en los patios de Lúpulo en la temporada 2020-2021 fueron la cobertura del cultivo, el contenido relativo de clorofila (SPAD) y la temperatura de canopia. Estas variables se relacionan con la intercepción de radiación, capacidad fotosintética y regulación de la transpiración respectivamente.

La cobertura del cultivo fue estimada por el diámetro basal de las plantas; para el cálculo se utilizaron 10 plantas.

En Máfil, el ecotipo Río Bueno tuvo el mayor diámetro de planta, seguido por Valdivia, Ranco y la Unión, ratificando el mayor vigor y tasa de crecimiento respecto de las variedades comerciales.

En el caso de Vivanco, el diámetro basal de las plantas fue en general menor, pero las variedades comerciales Cascade y Tradition tuvieron un mejor comportamiento que en Máfil (Figura 124).

La razón de este comportamiento, no se explicaría sólo por las condiciones edafoclimáticas de

Vivanco, sino también por la calidad de las plantas, fecha de plantación etc. Varios factores están siendo analizados para ser informados posteriormente.

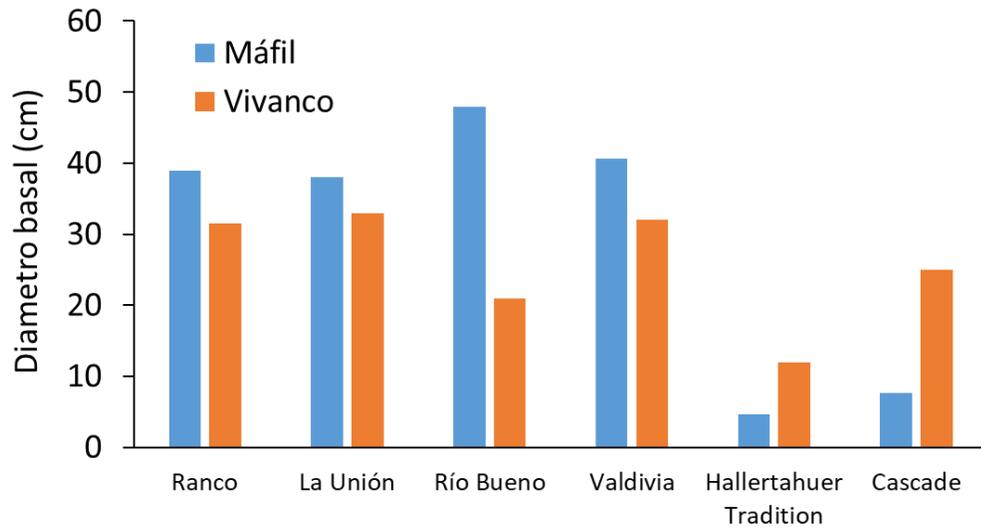


Figura 124. Diámetro basal de los ecotipos nacionales el primer año de establecimiento del patio de lúpulo en Máfil.

El contenido relativo de clorofila estimado a través de unidades SPAD, no presentó diferencias entre los ecotipos, los cuales alcanzaron valores adecuado para alcanzar tasas de fotosíntesis óptimas para el cultivo. El valor de SPAD también puede ser correlacionado con el estatus de nitrógeno de las plantas, lo cual indicaría que no estuvieron limitadas por este nutriente (Figura 125).

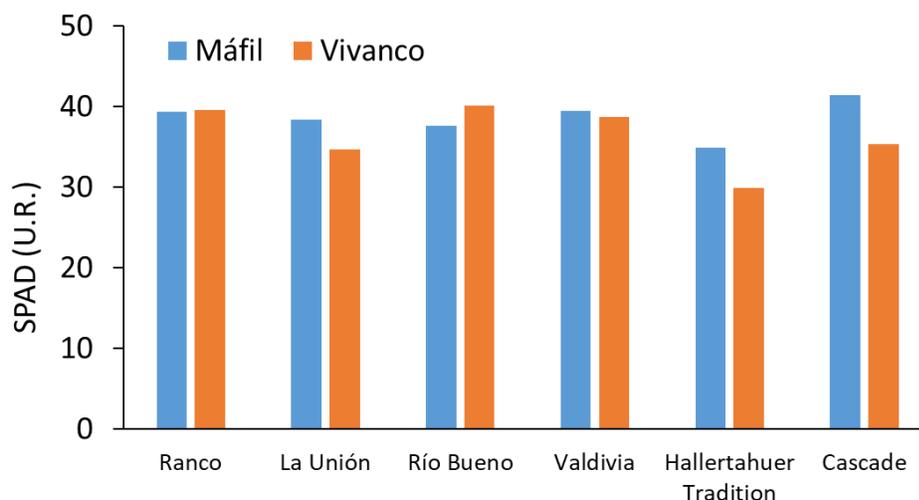


Figura 125. Valor SPAD o contenido relativo de clorofila de las hojas de los genotipos de lúpulo cultivados en el patio experimental de Máfil y Vivanco

La Temperatura foliar fue medida en la estrata media de la canopia en 10 plantas independientes por parcela con un termómetro infrarrojo (Figura 126). La capacidad de enfriamiento de la canopia es una característica altamente asociada con tolerancia a altas temperaturas y estrés hídrico. Cuando la planta es capaz de regular la temperatura foliar (mantenerla menor a la temperatura del aire) puede mantener los estomas semicerrados y evitar la pérdida de agua aun en condiciones de alta temperatura o estrés hídrico. En esta evaluación no se encontraron diferencias entre genotipos lo cual indicaría que tienen una capacidad similar de regular la temperatura. Sólo el ecotipo Ranco, en ambas localidades, presentó una temperatura foliar entre 1-2°C menor a los otros genotipos, lo que podría significar una ventaja frente a condiciones futuras de cambio climático. En los escenarios actuales, Ranco toleraría mejor las temperaturas máximas superiores a 30°C que se registran en la región con frecuencia, en el mes de enero. Comparando entre localidades, estas temperaturas extremas son menos frecuentes en la localidad de Vivanco. De acuerdo con los escenarios climáticos descritos para la región de los Ríos, para el año 2030, tanto la localidad de Máfil como Vivanco, tendrán limitaciones leves para la producción de lúpulo, que estarán asociadas principalmente a una reducción de las precipitaciones y aumento de las temperaturas. Por ejemplo, en el mes de enero se espera una reducción promedio de 13 mm de precipitación en Máfil y 10 mm en Vivanco y un aumento de

la temperatura máxima promedio del mes de enero de 2.5°C en Máfil y de 1,5°C en Vivanco, para el año 2030. Estas condiciones climáticas aumentarían la demanda evapotranspirativa del cultivo haciendo crítico el abastecimiento hídrico para regular la temperatura foliar y mantener un comportamiento fisiológico adecuado. Cabe señalar que de las dos localidades comparadas en este estudio Vivanco posee condiciones actuales más favorables para el desarrollo del lúpulo (temperaturas más moderadas y mayores precipitaciones que Máfil) y la magnitud del aumento de temperatura y reducción de la precipitación esperados, es menor que lo proyectado en la localidad de Máfil.

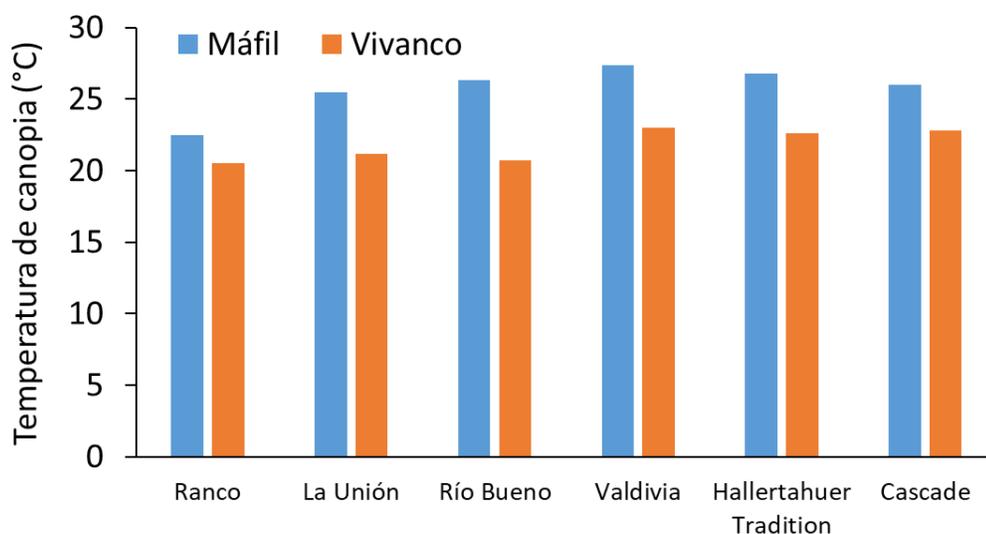


Figura 126. Temperatura de canopia de los genotipos de lúpulo cultivados en el patio experimental de Máfil y Vivanco.

El contenido relativo de agua de las hojas es una evaluación que se relaciona con tolerancia a sequía. En este caso no hubo diferencias significativas entre los ecotipos nacionales, aunque este valor es levemente superior que en las variedades comerciales. En Vivanco, los valores alcanzados son también menores que en Máfil (Figura 127)

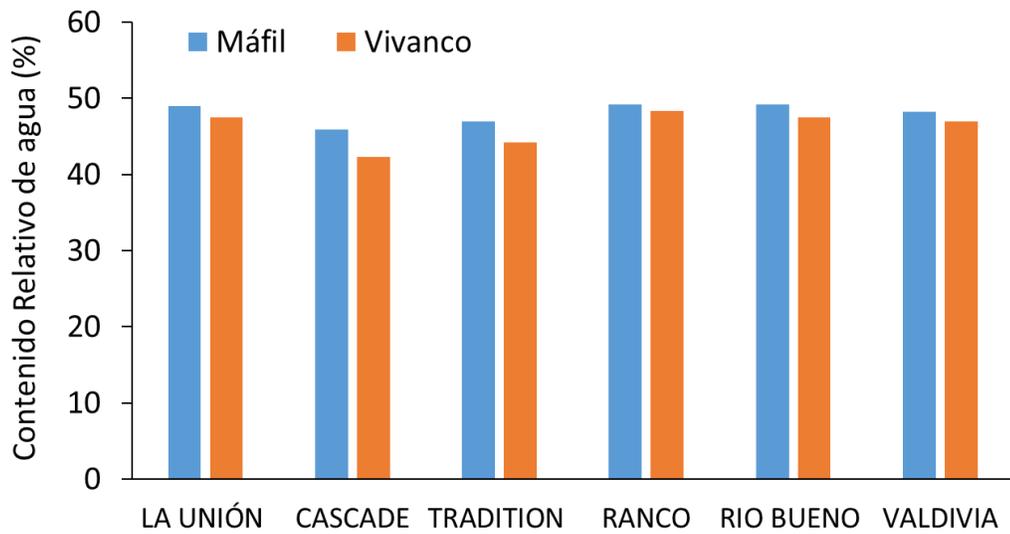


Figura 127. Temperatura de canopia de los genotipos de lúpulo cultivados en el patio experimental de Máfil y Vivanco.

Las evaluaciones del estado fisiológico realizadas en enero y primeros días de febrero del 2022 mostraron los siguientes resultados.

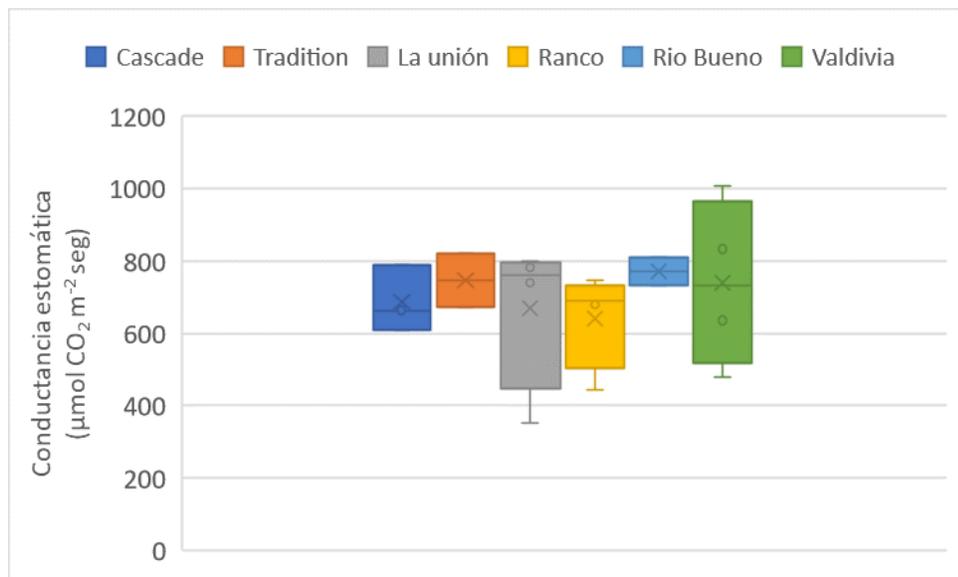


Figura 128. Conductancia estomática.

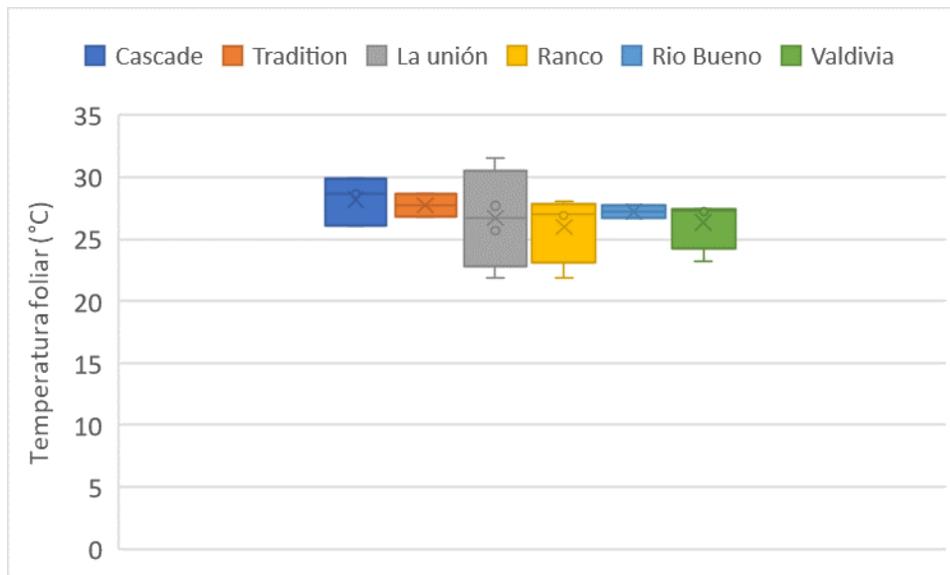


Figura 129. Temperatura foliar

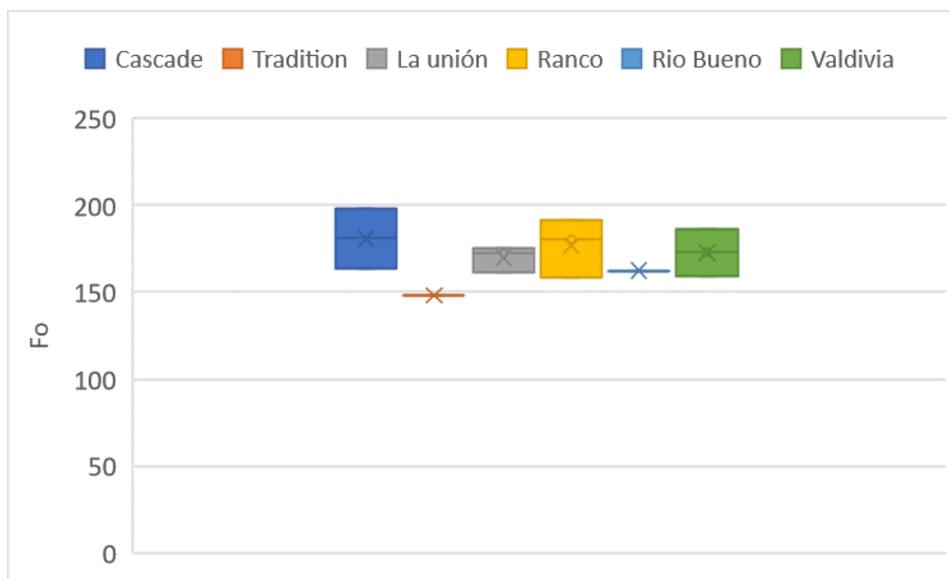


Figura 130. Fluorescencia mínima

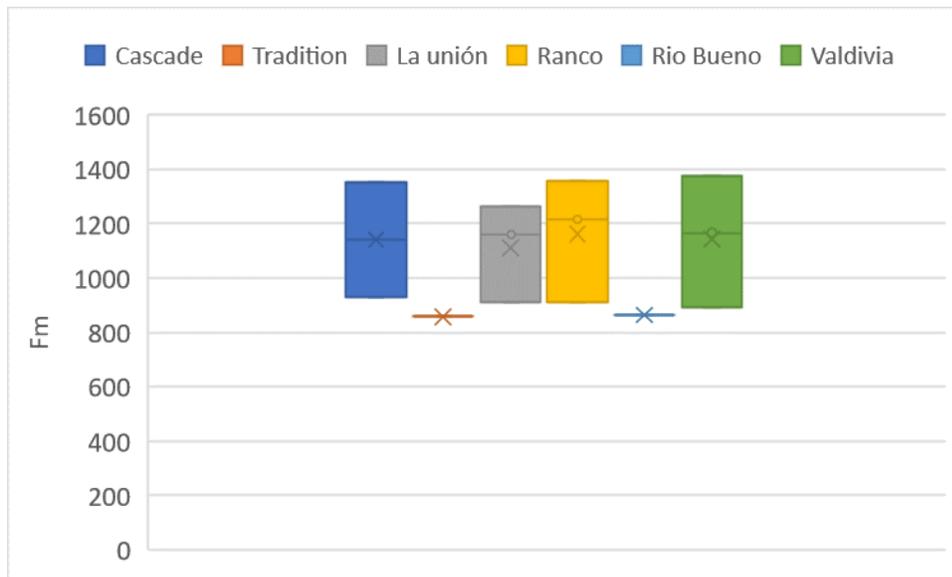


Figura 131. Fluorescencia máxima

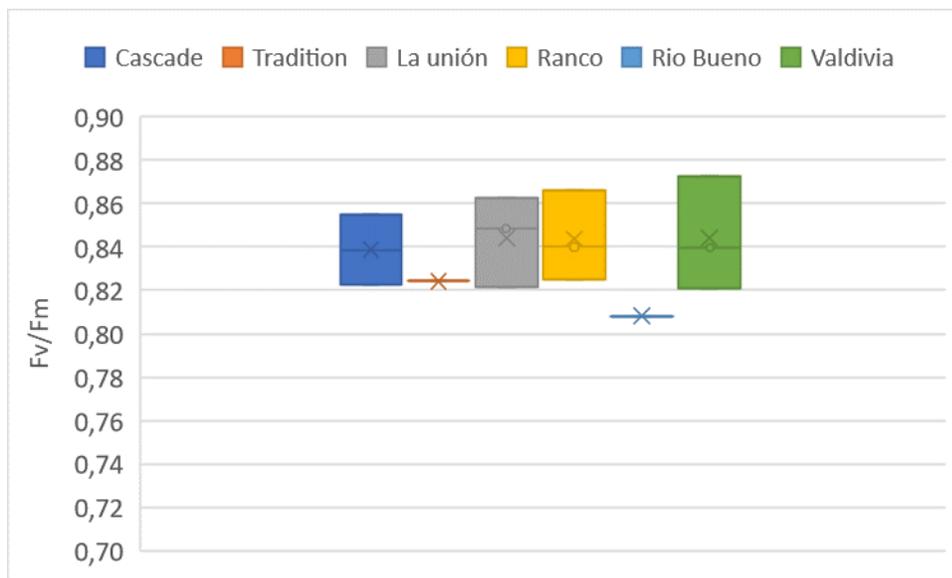


Figura 132. Fv/Fm

### 2.11. Estudio de la incidencia y severidad de Mildiú (*Pseudoperonospora humuli*)

Bajo las condiciones de cultivo de la Región de los Ríos, una de las principales limitaciones para el establecimiento en las diferentes zonas es la incidencia de enfermedades. A nivel mundial las principales enfermedades fúngicas que afectan al cultivo del lúpulo son mildiú (*Pseudoperonospora humuli*) y oídio (*Sphaerotheca humuli*). También puede presentar en menor medida botritis (*Botrytis cinerea*) y fusariosis (*Fusarium* sp.)

**Mildiú**, causada por el patógeno Oomycete *Pseudoperonospora humuli*, es una enfermedad importante en la mayoría de las regiones de producción de lúpulo en el hemisferio norte y también en Argentina. El rendimiento, producto de esta enfermedad, se ve afectado por la infección de los brotes de escalada y ramas, lo que lleva a la detención del crecimiento de la planta. Las infecciones tardías de las inflorescencias pueden causar el aborto de éstas. Algunas de las condiciones climáticas que predisponen esta enfermedad son suelos húmedos y temperaturas entre 10 °C y 20 °C.

Respecto a la sintomatología, en el haz de las hojas se observa la aparición de manchas de color amarillento. En el envés, especialmente cuando las condiciones son de alta humedad ambiental, se observa una esporulación café-violácea. A principio de temporada podemos observar una infección sistémica, que se presenta con brotes deformes, con entrenudos cortos y clorosis foliar (Figura 133).

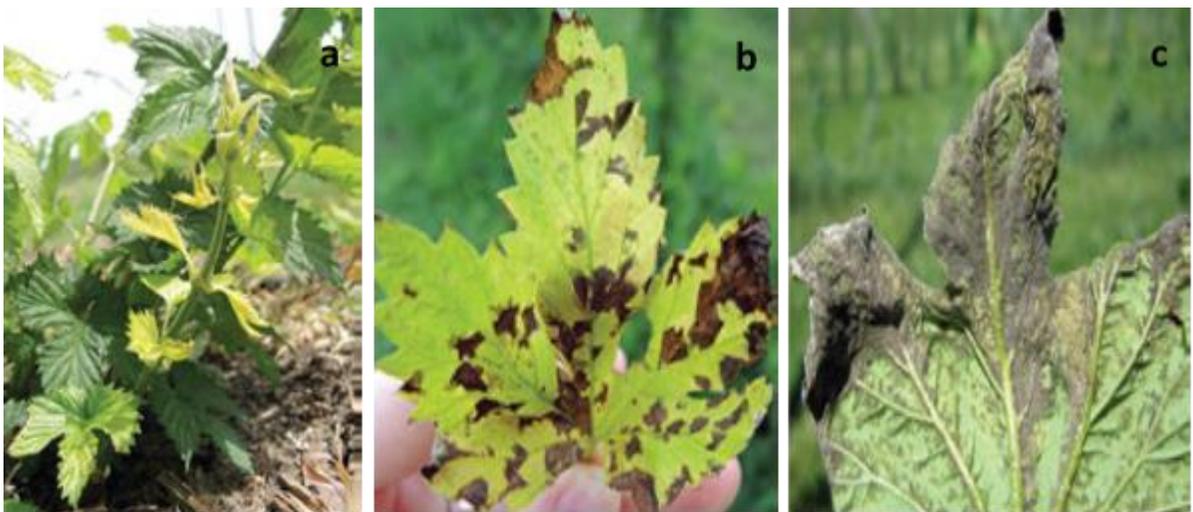


Figura 133. Sintomatología ocasionada por Mildiu en plantas de lúpulo: Brotes deformes

cloróticos (a), haz de la hoja con lesiones angulares (b) y envés de la hoja con esporulación grisácea (c). Fotos extraídas de la guía “Hop management guide” de Lizotte et al., 2018.

#### Identificación y caracterización morfológica del agente causal de la enfermedad.

Se están colectando muestras sintomáticas de la enfermedad en hojas, tallos y conos provenientes de plantas creciendo en diferentes zonas y condiciones edafoclimáticas.

Desde las lesiones se harán preparaciones microscópicas para observar estructuras reproductivas y verificar la identificación del agente causal en caso de ser necesario.

#### Incidencia y severidad.

En las distintas localidades, se está evaluando la incidencia y severidad de la enfermedad en los distintos ecotipos y variedades. Los resultados finalmente serán correlacionados con las variables edafoclimáticas y de requerimientos ecofisiológicos de las plantas en los modelos de zonificación.

Las evaluaciones se realizan mensualmente desde la aparición de los primeros brotes hasta la cosecha del cultivo, en el período comprendido desde octubre a marzo.

Para evaluar la incidencia de la enfermedad:

% de Incidencia:  $N^{\circ}$  de plantas afectados \*100 / total de plantas

% de incidencia en conos:  $N^{\circ}$  de conos infectados /  $N^{\circ}$  total de conos

Para analizar la severidad en los primeros estados de desarrollo se evalúan 10 plantas

$N^{\circ}$  de vástagos infectados x planta / total de plantas

% de severidad en la planta:  $(N^{\circ}$  de vástagos infectados / Total de vástagos) \*100

La primera evaluación en la presente temporada fue realizada en Máfil el 5 de noviembre de 2020. Las plantas se encontraban en estado de formación de brotes laterales (Figura 134).



Figura 134. Estado de brotación plantas Máfil al 5 de noviembre de 2020.

Los resultados de esta evaluación fueron los siguientes: Plantas presentaban síntomas de mildiú en los brotes (infección sistémica) y en las hojas, con manchas cloróticas características en el haz y la presencia de esporangios en el envés (Tabla 18). La sintomatología observada se presenta en las figuras 135 y 136.

Tabla 18. Incidencia y severidad de mildiú en el estado de brotación de las plantas en Máfil.

Ecotipo	Incidencia (%)	Severidad
La Unión	8	0-60% de vástagos con síntomas
Ranco	5	0-50% de vástagos con síntomas
Río Bueno	50 (2 de 4 plantas)	20%
Valdivia	15	0-60% de vástagos con síntomas
Cascade	Sin brotación	Sin brotación
Cv. Hallertauer	Sin brotación	Sin brotación



Figura 135. Síntomas de manchas cloróticas en el haz y esporulación grisácea en el envés, correspondientes a mildiú del lúpulo, ecotipo La Unión.



Figura 136. Síntomas sistémicos de mildiú, brotes cloróticos y deformes, ecotipo Valdivia.

En Vivanco, las plantas presentaban síntomas de mildiú en los brotes (infección sistémica) y en las hojas, con manchas cloróticas características en el haz y la presencia de esporangios en el envés (Figuras 137 y 138).



Figura 137. Clorosis y necrosis en hojas de lúpulo, por mildiú.



Figura 138. Manchas cloróticas (haz) ocasionadas por mildiú y esporangios (envés).

El monitoreo constante de los síntomas en las plantas permite tomar las medidas de control adecuado para frenar los síntomas y prevenir la infección de los nuevos tejidos, considerando el rápido crecimiento que tienen las plantas. La mayor o menor presencia del hongo está ampliamente relacionado con las condiciones predisponentes de la zona geográfica.

De no tomar medidas de control químico principalmente, el patógeno seguirá infectando las nuevas hojas y finalmente los conos, generando la pérdida de calidad de ellos. Se recomienda la aplicación preventiva de oxiclورو de cobre cada dos semanas, cuando se encuentran condiciones predisponentes para el desarrollo de la enfermedad (presencia de precipitaciones, humedad sobre 90% por 6-12 horas y temperaturas entre 10 y 20°C), además del control de crecimiento de los brotes entre las hileras o excesivo follaje que mantenga en la base una condición de alta humedad. En caso de encontrarse tejido infectado se recomienda la aplicación de un fungicida sistémico como el fosetil aluminio o metalaxilo que tienen un mayor periodo de protección.

#### **2.12. Evaluación económica y financiera, basada en los costos de instalación del patio demostrativo y la rentabilidad del cultivo**

El lúpulo es un producto utilizado principalmente para la elaboración de cerveza debido a que otorga estabilización a la espuma, aroma y amargor (Seefelder, 1999) citado por (Lüer, 2019). Estas características han sido clave para el comercio de lúpulo principalmente por el aumento del consumo y elaboración de cerveza artesanal que se ha duplicado los últimos 20 años.

En este contexto, diversos organismos han generado instancias para el estudio de este cultivo. En Chile, y sobre todo en la Región de los Ríos, se ha identificado el potencial cervecero de la zona, debido a que importantes actores de la cadena productiva se han instalado en la región y son demandantes de lúpulos. A este hecho se puede agregar el reciente proceso de inserción de la actividad frutícola hacia el sur de Chile, debido principalmente al desplazamiento de la barrera edafoclimática agrícola.

Del lúpulo total producido en Chile, alrededor del 81% se destina para la industria cervecera, el

otro 19% tiene uso terapéutico, medicinal y otros derivados (Cameroni, 2013). En 2016, las estadísticas de comercio internacional de lúpulos evidenciaban la importancia económica del rubro para la agricultura nacional, lo que ha alcanzado la cifra de 1,05 millones USD, aumentando un 91% respecto al año anterior y la tasa de utilización de lúpulo para la elaboración de cerveza fue 7.9% más respecto a 2015 (González 2017). Para el año 2019, se ha identificado que las importaciones han superado los M \$2,2 en cono de lúpulo fresco o seco incluso triturados, molidos o en pellets (Simoes e Hidalgo, 2021). Por otra parte, el mercado interno es un importante canal de comercialización de lúpulos, principalmente debido a la tradición del consumo de cervezas en el país, con un claro destaque a la dimensión sociocultural entorno de la cerveza artesanal en la Región de Los Ríos.

En línea con el creciente consumo de cervezas, se requieren estrategias productivas capaces de suplir la necesidad de insumos por parte de la industria. La oportunidad de negocios asociada al cultivo de lúpulos – uno de los principales insumos requeridos por la industria cervecera – puede ser vista como una alternativa para la diversificación productiva, agregación de valor, y diferenciación de la agricultura en la Región de Los Ríos. Sin embargo, el planteamiento de nuevos modelos de negocios para la agricultura requiere una adecuada planificación y desarrollo de planes de explotación capaces de generar el retorno económico esperado por los agentes productivos.

Asumiendo que las cifras comerciales mencionadas apuntan para la relevancia del mercado, así como para oportunidades de negocios asociadas al cultivo de lúpulos, este Manual Económico de Lúpulos tiene por objetivo analizar la factibilidad económico-financiera del cultivo y comercialización de lúpulos a pequeña escala, sobre el argumento de que puede ser una relevante alternativa económica para productores de la Región de Los Ríos – Chile. Para esto, se ha elaborado un ejercicio empírico de aplicación de técnicas de evaluación de proyectos de inversión desde la perspectiva privada que consideran 1ha y 550m<sup>2</sup> de plantación neta. La formulación del proyecto se ha elaborado considerando información técnica, revisión bibliográfica, y consultas con actores relevantes del rubro cervecero y de lúpulos. Es importante plantear que el ejercicio empírico no es determinante, y que los resultados presentados son fuertemente dependientes de los supuestos considerados en la etapa de formulación de cada

proyecto.

Para lograr estimar esta factibilidad, se ha utilizado información empírica basada en dos patios de lúpulo ya establecidos en marco del estudio “Plan de zonificación edafoclimática para el cultivo ecotipos nacionales del lúpulo en la Región de Los Ríos” (BIP40001371-0). En particular, se han formulado dos proyectos de inversión: (1) considerando 1 ha de plantación neta; y (2) considerando 550m<sup>2</sup> de plantación neta. La información sobre rentabilidad del cultivo considera los resultados técnico-productivos obtenidos de los huertos de lúpulos de 806 m<sup>2</sup> con 550 m<sup>2</sup> de plantación neta en patios demostrativos implementados en el estudio de zonificación, en particular se utilizará información del patio ubicado en la Comuna de Máfil – Región de Los Ríos. Además, para esta estimación se consideraron los costos de establecimiento del cultivo en estas dimensiones.

El horizonte de evaluación es de 10 años, se espera que inicie producción al Año 2 con 673 kg/ha y la primera cosecha será al Año 3 debido a que en el segundo año la calidad cosechada no se recomienda para la elaboración de cerveza.

Este documento está organizado en cuatro secciones principales, además de esta Introducción. El Capítulo 2 describe aspectos técnicos de evaluación de proyectos privados. El Capítulo 3 muestra la metodología para el cálculo de los indicadores económico-financieros. El Capítulo 4 muestra los resultados para los dos proyectos evaluados, mientras el Capítulo 5 presenta las conclusiones y consideraciones finales.

## 1. Evaluación privada de proyectos

La evaluación de proyectos es un proceso para determinar los cambios generados por un proyecto, a partir de la comparación entre el estado actual y el estado previsto en su planificación. En otras palabras, la evaluación busca conocer qué tanto un proyecto puede lograr sus objetivos, y el grado de retorno económico esperado en base a una inversión total inicial requerida para su puesta en marcha. En este Manual, se ha considerado la evaluación económico-financiera, que tienen dos dimensiones específicas, sin embargo, complementarias

desde el punto de la inversión.

- Económico: el objetivo de las empresas es la maximización de los beneficios.
- Financiera: el objetivo es mejorar el rendimiento de la inversión de capital hecha.

Los datos económicos y financieros no son suficientes en sí. Hay que tener adecuado conocimiento del negocio, de las tendencias del mercado, de los cambios tecnológicos y de los movimientos de la competencia, entre otros. En esencia, un proyecto completo de inversión es compuesto por un conjunto de estudios complementarios, como el estudio de mercado, el técnico, y el financiero. La evaluación de un proyecto tiene como objetivo principal apoyar la toma de decisión sobre invertir o no en la puesta en marcha de un nuevo proyecto, o bien en la adopción de cambios en una estructura productiva ya existente. Las decisiones que se adoptan en el estudio técnico

corresponden a una utilización que debe justificarse de diversos modos desde el punto de vista financiero. La Figura 97 busca diferenciar la perspectiva de análisis económica y financiera.

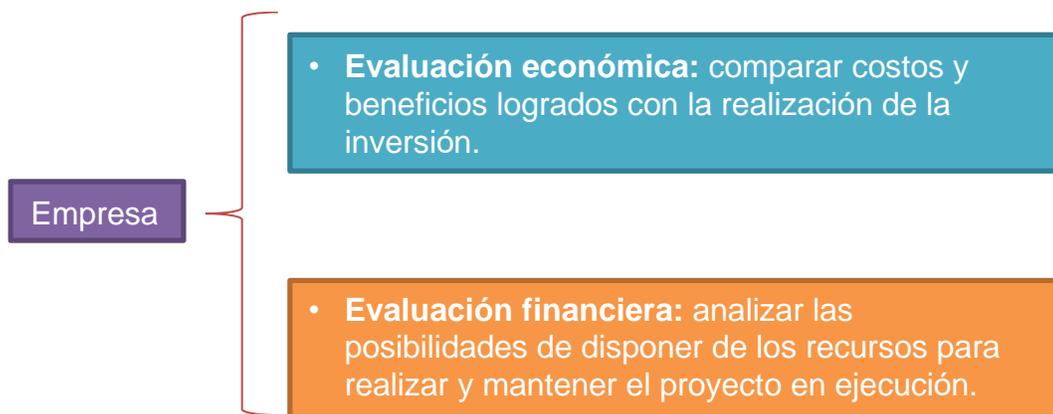


Figura 137. Evaluación económica-financiera. Elaboración Barbara Vargas, 2022.

El análisis de la evaluación de un proyecto busca orientar a la mejor decisión respecto al uso eficiente de los recursos, permitiendo generar las bases para que la inversión permita generar la rentabilidad y retorno deseado por los agentes económicos directa e indirectamente involucrados. Un proyecto productivo tiene como característica principal el supuesto que se van a utilizar un conjunto de recursos (requerimientos técnicos), que van a ser utilizados para generar bienes y servicios que, a su vez, permitirán al agente productivo generar ingresos a partir de su

comercialización. La Figura 98 representa esta idea.



Figura 138. Flujos de recursos en un proyecto. Elaboración Barbara Vargas, 2022

En una evaluación de proyectos, siempre se produce información para la toma de decisiones, por lo cual también se le puede considerar como una actividad orientada a mejorar la eficacia de los proyectos en relación con sus fines, además de promover mayor eficiencia en la asignación de recursos. En este sentido, cabe precisar que la evaluación no es un fin en sí misma, más bien es un medio para optimizar la gestión de los proyectos. Generalmente, se considera un ciclo de proyectos, que parten de la idea de un proyecto a ser ejecutado, y en la identificación de sus requerimientos técnico-económicos, tales como la inversión necesaria, los costos de operación y ejecución, así como de los ingresos esperados. Al fin, se definirá la viabilidad y rentabilidad del proyecto a partir de la estimación indicadores económico-financieros de toma de decisión.



Figura 139. Ciclo general de un proyecto de inversión. Elaboración Barbara Vargas, 2022

Además, es importante tener en mente que los proyectos de inversión dependen fundamentalmente de supuestos que se hacen respecto a la totalidad de recursos que deben ser movilizados, así como a las expectativas respecto a los ingresos a generar. En este sentido, dos características principales de los proyectos son:

1. **Proyectos se plantean a largo plazo:** se dan hacia el futuro en ambientes o escenarios económicos que pueden cambiar en el futuro.
  - pronósticos del comportamiento del ambiente comercial, técnico, político, económico, financiero y del sector productivo.
2. **Sus efectos son duraderos y prácticamente irreversibles**
  - la única alternativa para un mal proyecto de inversión es reconocer la pérdida y empezar de nuevo la búsqueda de soluciones al problema original.

Los tipos de proyectos de inversión pueden ser de distintas naturalezas y finalidades, como muestra la Figura 100.



Figura 140. Tipos principales de proyectos de inversión. Elaboración Barbara Vargas, 2022

## 2. Marco económico-financiero de un proyecto

- **Proyectos en el rubro agroalimentario:** recursos asignados para generar una producción, que involucra costos y generará ingresos a la empresa.
- Se especifican las **necesidades de recursos a invertir**, con detalles de las cantidades y fechas para los diversos ítems señalados, su **forma de financiación** y las **estimaciones de ingresos y egresos** para el período de **vida útil del proyecto**.
- **Inversiones del proyecto:** la inversión inicial, constituida por todos los activos fijos, tangibles e intangibles necesarios para operar y el capital de trabajo.
  - Las decisiones que se adoptan en el estudio técnico corresponden a una utilización que debe justificarse de diversos modos desde el punto de vista financiero.
- **Presupuestos elaborados:** costos e ingresos del proyecto.

La elaboración del flujo de caja, que refleja los beneficios (ingresos) y costos (egresos) esperados en un proyecto, es fundamental para en análisis de la toma de decisión de inversión. La Figura 101 muestra los principales elementos necesarios.

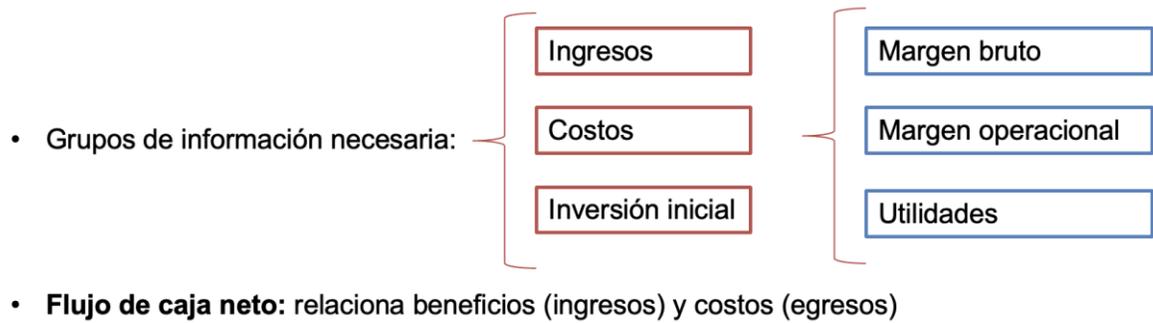


Figura 101. Marco económico-financiero de un proyecto. Elaboración Barbara Vargas, 2022

Las decisiones que se apoyan en el análisis de indicadores económico-financieros, que se calculan en base al flujo de caja neto, nos muestra la diferencia entre ingresos y egresos a largo del periodo de evaluación de un proyecto. En sistemas económicos de intercambio se esperan que los ingresos sean generados a partir de la comercialización, así como que los costos representan el uso de los recursos necesarios para la puesta en marcha del proyecto y de la producción del bien o servicio en análisis, como muestra la Figura 102.



Figura 141. Etapas para identificar información requerida para el flujo de caja. Elaboración Barbara Vargas, 2022

### 3. Metodología de evaluación del proyecto

Los datos de costos de producción utilizados en este estudio provienen de datos primarios y secundarios. Los primeros han considerado entrevistas semi-estructuradas con técnicos responsables de la operación de dos patios demostrativos de lúpulo ubicados en la Región de Los Ríos. Estos patios forman parte del Plan de zonificación edafoclimática para la región de los Ríos. Las conversaciones fueron por medio de preguntas abiertas por video llamada y vía WhatsApp, las temáticas a abordar se trataron de procesos productivos, necesidad de mano de obra, tipo y cantidad de insumos recomendados y costo de maquinarias. En relación con la información secundaria se hizo mediante una revisión bibliográfica basada en tesis de pregrado y postgrado además de publicaciones en revistas científicas.

El conjunto de datos utilizados para la construcción del flujo de caja neto necesario para calcular los indicadores económico-financieros fueron obtenidos en base a dos patios demostrativos instalados en Máfil y Vivanco. En relación con los rendimientos y comercialización, para fines prácticos, se hará referencia al patio ubicado en Máfil.

Estos patios poseen un área de 806m<sup>2</sup> con 550 m<sup>2</sup> de plantación neta, a pesar de su tamaño, los patios demostrativos permiten obtener información relevante en cuanto a la producción de lúpulo como lo son; la estrategia de implementación del cultivo y el conjunto de actividades requeridas para la producción de lúpulo. Una de las principales diferencias estará enfocada el marco de plantación de estas plantas en el huerto, en relación al proyecto base de 1 ha de plantación neta se utilizará una distancia entre hilera de 3 metros y sobre hilera de 1,5 correspondiente a 2244 plantas/ha, esta distancia está determinada por el ancho de la cosechadora de lúpulo a utilizar. En cuanto al proyecto 2 de 550m<sup>2</sup> el marco de plantación es de 1 \* 2,2 m alcanzando un total de 250 plantas y el manejo será por medio de mano de obra familiar.

En este sentido, con la finalidad de tener una idea general del plan inversiones, la obtención de la materia prima, los diversos insumos, los detalles operacionales, el producto y las condiciones de mercado, se ha formulado un proyecto de inversión para un área de 1ha de plantación. Además, se ha evaluado un segundo proyecto de menor escala, para un área de 550m<sup>2</sup>. Los datos obtenidos de los patios que se pueden aplicar a 1 ha de plantación de detallan a continuación: manejos agronómicos; fecha de siembra, fecha de cosecha, requerimientos nutricionales, marco de plantación, valores referenciales de los materiales para la estructura y equipamientos.

#### 3.1 Supuestos del proyecto formulado

El análisis de la inversión requerida para la implementación del sistema de cultivo de lúpulo se realiza para una hectárea (1 ha) neta plantada con sistema de riego por goteo, siendo una referencia para el productor o inversor que podrá escalar en función de la superficie a plantar que responda a su objetivo y a los recursos disponibles.

Se asume que el producto es comercializado en el mercado regional. La Región de Los Ríos cuenta con 37 productores de cerveza artesanal de los cuales 27 pertenecen a la Unión Cervecera

(Kausen y Bhen, 2016)<sup>1</sup>.

Se hace el análisis de la inversión a través del cálculo del Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y un análisis de sensibilidad ante cambios en la inversión, los ingresos y egresos, con el objetivo de identificar qué modifica en mayor medida la rentabilidad de la inversión. Además, se define el análisis económico determinando los principales componentes del flujo de caja: Costo de producción (fijos y variables), los Ingresos Brutos, el Margen Bruto y Neto. Además, en análisis ha estimado otros indicadores: Relación Beneficio-Costo y Período de Recuperación.

Los principales supuestos del proyecto de inversión formulado están en el Tabla 19.

Tabla 19. Supuestos del proyecto

<b>Componente del proyecto de 1 ha</b>	<b>Características principales</b>
Formulación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se considera la implementación de un cultivo en una superficie de 1 ha de plantación neta.</li><li>• Se consideran los niveles de rendimiento estimados de ecotipos nacionales de lúpulos</li><li>• El producto comercializado es ecotipo nacional Variedad Ranco en formato 1 kilo lúpulo pelletizado</li><li>• La comercialización se destina al mercado local.</li><li>• Los componentes técnicos del proyecto se fundamentan en los resultados de los patios demostrativos del proyecto FIC “Plan de zonificación edafoclimática del lúpulo en particular se usará el patio demostrativo ubicado en Máfil.</li></ul>
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se evalúa la inversión requerida para la implementación del cultivo desde la perspectiva privada</li><li>• Se asume el uso de capital propio y se analiza el flujo de caja económico para determinar los indicadores de toma de decisión de inversión</li><li>• Se asume una tasa de descuento de 10%.</li></ul>

A continuación, se detallan algunos aspectos relevantes de la evaluación:

1. La hectárea de lúpulo a evaluar este tendrá un marco de plantación de 1,5\*3m. Esto quiere decir, se plantan en un espaciamiento de 1,5 m sobre hilera \*3 m entre hilera, con posibilidad de producir, en su capacidad máxima, 2.020 kg/há correspondientes a 2.244 plantas con un rendimiento de 0,9 kilo cono seco/planta.

---

<sup>1</sup> En particular para fines estudios se podría considerar como potenciales vínculos comerciales la Cervecería Tres Puentes, Alma Nativa y Cuello Negro.

2. La capacidad de producción ha sido determinada en base a rendimientos de los genotipos nacionales de lúpulo, en particular se evaluó la variedad Ranco de los patios demostrativos anteriormente mencionados.
3. El lúpulo como insumo del sector cervecero es demandado en el proceso industrial de elaboración (de gran escala) y en el sector de elaboración artesanal. En este proyecto, se considera el consumo interno, excluyéndose las exportaciones, considerando los precios de referencias abordados por la literatura académica. En este caso, el proyecto asume un valor de venta de CLP \$ 25.000 como sugerido por Scheihing (2015) y Scheihing & Lerdón (2016). Variaciones de este precio se han considerado en el análisis de sensibilidad.
4. Para determinar los costos de producción de una hectárea de lúpulo esta evaluación contempla desde la obtención de los rizomas hasta la pelletización; cuando el producto final está listo para la comercialización a escala local. Se dejó registro y cálculos de los resultados con intención de mejorar el análisis.
5. En relación con los consumidores y demandante de alfa y beta ácidos se destacan la cervecería artesanal y la producción de aceites esenciales. Sin embargo, esta evaluación considera como consumidor final a los cerveceros artesanales nacionales ya que son quienes lideran la demanda de lúpulo en Chile y el mundo.
6. Los cálculos de costos de producción contemplaron los costos Total de Producción (clásico), que involucra el costo fijo y variable, y el costo operacional de ejecución del proyecto.
7. Para el cálculo se utilizó referencias de revistas formato electrónico. Entre las que destacan Kausel y Bhen (2016), Scheihing (2015), y González (2017).

### 3.2 Análisis económico-financiero

El análisis de evaluación de la inversión la metodología utilizada estima el Margen Bruto (ingreso bruto menos costo operativo efectivo), Margen Neto (ingreso bruto menos costo operativo total), punto de equilibrio (volumen de producción en el que el ingreso total es igual a los costos totales) e indicadores económico-financieros que contemplan la viabilidad de la inversión inicial requerida para la implementación del sistema productivo de lúpulo. Cabe mencionar que la determinación de los costos incorpora el concepto de depreciación de activos fijos, que se ha calculado desde el método lineal considerando, en su mayoría, la vida útil que entrega el Servicio de Impuestos Internos – SII.

Para el análisis financiero de la inversión, se trabajará con la construcción de un flujo de caja, que busca representar lo que se espera que ocurra a largo de la ejecución del proyecto. La estructura general está presentada a continuación.

Tabla 20. Estructura del Flujo de Caja Económico<sup>1</sup>

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	...	AÑO 10
(+) Ingresos brutos (ventas)				
(-) Costos totales (fijos y variables)				
<b>= Margen Bruto</b>				
(-) Depreciación <sup>2</sup>				
<b>= Resultado antes impuesto</b>				
Impuesto 19%				
<b>Resultado después impuesto</b>				
(+) Depreciación				
(-) Inversiones				
(-) Reinversiones Actualizadas				
(+) Valor Residual				
<b>= Flujo de caja económico neto</b>				

NOTAS:

<sup>1</sup> En este proyecto no se consideran amortización y pagos de la deuda.

<sup>2</sup> En este proyecto se ha considerado un período de evaluación de 10 años debido al promedio de vida útil de los activos fijos invertidos, que es de 9.8 años.

Con los datos del flujo de caja es posible estimar los indicadores de apoyo a la toma de decisión de invertir. Los indicadores calculados llevan en consideración la relación entre costos – de inversión y de operación – y los ingresos potenciales generados con la comercialización. Formalmente, sea la  $I_0$  inversión inicial total – subdivida en activos fijos y diferidos;  $C_t$  los costos totales – fijos y variables; y  $B_t$  los beneficios generados por los ingresos de comercialización, es posible estimar el grado de conveniencia de un proyecto de inversión. La diferencia entre beneficios (ingresos) y costos (egresos) para cada año  $t$  es el beneficio neto:

$$BN_t = B_t - C_t \quad (1)$$

Para analizar la viabilidad de la inversión se adopta una tasa de descuento, que se refiere a la tasa de interés utilizada para determinar el valor presente. Por ejemplo, \$100 invertidos hoy en un plan de ahorro que ofrece una tasa de interés del 10 % crecerá a \$110. El descuento permite calcular indicadores agregados de viabilidad económica de un proyecto para la toma de decisiones de inversión. Los indicadores más utilizados para determinar la viabilidad económica son: valor presente neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR); relación beneficio-costo (BCR); período de recuperación del capital (PCR).

En este sentido, para apoyar la toma de decisión, se ha estimado un conjunto de indicadores presentados a continuación.

- a) **Valor actual de beneficios netos (VAN):** es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual. El VAN como criterio representa una medida de

valor o riqueza, es decir, al calcular un VAN se busca determinar cuánto valor o desvalor generaría un proyecto para una compañía o inversionista en el caso de ser aceptado. Si el valor actual de los beneficios netos (VAN) es igual o superior a cero, se aprueba el proyecto en caso de que solo se analizará si la inversión se devuelve en los años de ejecución del proyecto (Lerdón, 2018).

El cálculo es el siguiente:

$$VAN_0 = \sum_{t=1}^n \frac{(BN_t)}{(1+i)^t} - I_0 \quad (2)$$

Donde:

- $I_0$  = inversión inicial en el año 0
- $i$  = tasa de descuento
- $BN_t$  = Beneficios netos del período t
- $t$  = momento en el tiempo (años del flujo de caja)
- $n$  = número total de años (períodos totales)

b) **Tasa interna de retorno (TIR):** El criterio de la tasa interna de retorno evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados que son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual (Lerdón, 2018).

$$TIR \rightarrow i = \sum_{t=1}^n \frac{(BN_t)}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \quad (3)$$

Donde:

- $I_0$  = inversión inicial en el año 0
- $BN_t$  = Beneficios netos del período t
- $t$  = tiempo (años)
- $n$  = número total de años (períodos)
- $r$  = tasa interna de retorno

c) **La relación beneficio – costo (RBC).** Considera la corrección de los ingresos en el tiempo dividido los egresos más la inversión inicial. Obteniéndose un índice que expresa los beneficios obtenidos a partir de un peso invertido. (Lerdón, 2018). Cuando la razón beneficio/costo es mayor que uno, el proyecto se acepta.

d)

$$RBC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (3)$$

Donde:

- $B_t$  = Beneficios netos totales para el período de tiempo n
- $C_t$  = Costos totales para el período de tiempo n

- $t$  = número de períodos en que se evalúa el proyecto (años)
- $r$  = Tasa de descuento del proyecto

e) **Periodo de recuperación de capital.** Se considera que el plazo de recuperación descontado es un método de valoración de inversiones que determina el tiempo que una inversión tarda en recuperar el desembolso inicial, con los flujos de caja generados por la misma, pero actualizados a la tasa de descuento utilizada en la evaluación. Este proceso de actualización es la diferencia con respecto al plazo de recuperación en el que se valoran del mismo modo las unidades económicas independientemente del momento en el que se generan. Al final, es posible identificar el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial, resultado que se compara con el número de periodos aceptables por la empresa (Sapag, 2014).

### 3.3 Análisis de sensibilidad

Para tener una mayor certeza en relación con la conveniencia de invertir se crearán varios escenarios para ver el riesgo e incertidumbre que hay detrás. Esto se hará por medio de **un análisis de sensibilidad** que permite por su parte medir cuán sensible es la evaluación realizada a variaciones en uno o más parámetros decisivos (Sapag, 2014). El análisis tiene por objetivo de identificar qué modifica en mayor medida la rentabilidad de la inversión. Teniendo en cuenta que las etapas productivas son diferentes en cuanto a insumos, materiales y mano de obra, las fichas de campo se elaboraron por separado, para un mejor análisis, que permitan identificar posibles cuellos de botella.

El análisis de sensibilidad se efectúa dentro del proyecto con el objeto de facilitar la toma de decisiones, el cual indicará las variables que más afectan el resultado económico de un proyecto y cuáles son las variables que tienen poca incidencia en el resultado final. Al hacer cualquier análisis económico proyectado al futuro, siempre hay un elemento de incertidumbre asociado a las alternativas que se estudian y es precisamente esa falta de certeza lo que hace que la toma de decisiones sea bastante difícil.

En un proyecto individual, la sensibilidad debe hacerse con respecto al parámetro más incierto; por ejemplo, si se tiene una incertidumbre con respecto al precio de venta del producto principal que se pretende comercializar, es importante determinar qué tan sensible es la Tasa Interna de Retorno (TIR) o el Valor Presente Neto (VPN) con respecto al precio de venta. Si se tienen dos o más alternativas, es importante determinar las condiciones en que una alternativa es mejor que otra.

El próximo capítulo presenta los principales resultados.

## 4. Resultados principales

Esta sección se divide en dos partes. En la primera, se considera el proyecto para un área plantada de 1 ha. En la segunda, se considera un proyecto para un área plantada de 550 m<sup>2</sup> correspondiente a uno de los patios demostrativos ubicado en la Comuna de Máfil.

### 4.1 Proyecto 1: área plantada de 1ha

#### 4.1.1 Definición del producto

El lúpulo (*Humulus lupulus*) es una planta perteneciente a la familia de las Cannabáceas, su origen radica en el hemisferio norte. Crece a partir de un rizoma leñoso de manera apical, puede alcanzar una vida productiva de hasta 15 años (Benedetto, 2019). Se caracteriza por ser una planta dioica, de las cuales solo las plantas hembra producen estróbilos y son cosechadas para la elaboración de cerveza artesanal (Conway, S y Reid, S, 2008). Se distingue por poseer alfa-ácidos, beta-ácidos, aceites esenciales y polifenoles, los cuales otorgan características a la cerveza, tales como aroma, sabor, amargor y estabilización espuma (González, 2017).

El producto evaluado será los conos de lúpulos, correspondientes a inflorescencias femeninas axilares alrededor de un eje central, formadas por espigas alternadas sobre un raquis cuyas brácteas y bractéolas se alargan en forma de escamas. (Nievas et al 2021). Es importante rescatar que también existen otras alternativas comerciales que pueden ser obtenidas a partir del cultivo, como por ejemplo producción de aceites esenciales.

En relación con el lúpulo demandado por los cerveceros estos evalúan la concentración de alfa y beta ácidos, que dependerán de la variedad considerada y también de la época del año.

Para este estudio, serán utilizado como referencia ecotipos nacionales, con la finalidad de distribuirlos a cerveceros artesanales locales y que obtengan un producto diferenciado, ya que, al ser todas las materias primas elaboradas en la misma zona pueden acceder a la denominación de origen y optar por agregar valor.

En relación con los ecotipos nacionales disponibles, en la Región de los Ríos, han sido encontrados y caracterizados ecotipos que podrían tener sus orígenes en variedades comerciales antiguas que han mutado al estar expuestos geográficamente a un mismo clima y suelo durante muchos años (Eibel et al., 2015 citado por Lüer 2019). Considerando los resultados del estudio de zonificación se puede indicar que el ecotipo La Unión y Rancho presentaron los mejores comportamientos productivos, por su buen establecimiento, rápida entrada en producción y uniformidad. Lo detalles del cultivo pueden revisarse en la sección III de este manual.

#### 4.1.2 Etapas generales del proceso productivo: Ingeniería del proceso de producción.

La formulación de un proyecto de inversión requiere conocer las etapas necesarias para su efectiva puesta en marcha. Respecto al proyecto productivo de lúpulos, la identificación del conjunto de requerimientos técnico-productivos necesarios dependen fundamentalmente del conocer, de antemano, el proceso productivo, con el objetivo de determinar los insumos, las actividades laborales, los materiales y la maquinaria necesaria.

En este sentido, el conocer la ingeniería del proyecto involucra identificar un conjunto de conocimientos de carácter científico y técnico que permite determinar el proceso productivo para la utilización racional de los recursos disponibles que serán destinados a la producción de una unidad de producto ofertado en los mercados (Padilla, 2010) – en este caso, la fuente de ingreso será la comercialización de lúpulo pelletizado en formatos de bolsas aluminizadas de 1 kilo selladas al vacío con nitrógeno.

En particular, la ingeniería del proyecto tiene la responsabilidad de seleccionar el proceso de producción de un proyecto cuya disposición en planta conlleva al uso combinado de insumos, materias primas, mano de obra y de las instalaciones de obras físicas o servicios básicos de conformidad con los equipos y maquinarias elegidos<sup>2</sup>.

La clave del estudio de ingeniería es la determinación de la función de producción, que permite identificar los recursos disponibles y necesarios a la producción de bienes. Al identificarlos, es posible entender el proceso de combinar factores productivos, identificados a través de la cuantificación y proyección del monto de inversiones, costos e ingresos que se asocian a la producción. Por lo tanto, de la selección del proceso productivo se derivarán las necesidades de equipos y maquinarias del proyecto. Además, de la determinación de su disposición en planta y el estudio de los requerimientos de los trabajadores, así como de su movilidad, podrán definirse las necesidades de espacio de planta y obras físicas. El cálculo de costos, mano de obra, insumos diversos, reparaciones y mantenimiento se obtendrá directamente del estudio del proceso productivo seleccionado en el proyecto.

Las principales etapas del proceso productivo están descritas en la Figura 103. También se debe considerar etapas previas de preparación, que involucran la preparación de suelo y la implementación de la estructura, junto al sistema de riego.

---

<sup>2</sup> También se ocupa del almacenamiento y distribución del producto, de métodos de diseño, de trabajos de laboratorio, de empaques de productos, de obras de infraestructura y de sistemas de distribución (Padilla, 2010).

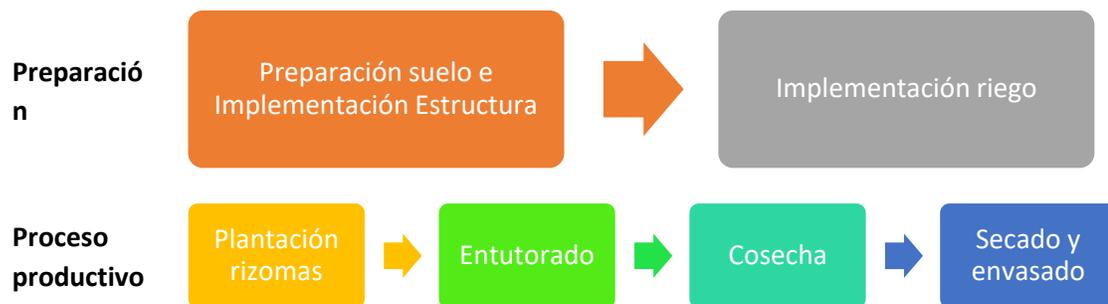


Figura 142. Etapas de la ingeniería del proyecto de inversión para el cultivo de lupulus.  
Fuente: Elaboración propia, 2022.

En líneas generales, lo primero es la preparación de suelo del terreno, luego se implementa la estructura de soporte, así como también el riego a utilizar. Posteriormente se plantan los rizomas y una vez que estos hayan emergido los manejos destacados son el entutorado, cosecha y post-cosecha.

#### 4.1.2.1 Preparación

- **Preparación de suelo**

En cuanto al proceso de producción esta parte con una preparación de suelo que consiste en una pasada de arado y tres de rastra, para una posterior siembra en los meses de octubre o noviembre (referencia Máfil). Además, se considera una labor agrícola encargada de la perforación del terreno y poder instalar los postes.

- **Estructura**

Para poder instalar el patio de lúpulo es necesaria una estructura con postes de soporte. El marco de plantación es de 1,5 m sobre hilera \* 3 m entre hilera. Esta estructura contará con entramado aéreo de alambre para instalar tutores desde la alambrada al suelo que permitan guiar las plantas. 1ha de plantación puede alcanzar 2.244 plantas.

- **Riego** Será por goteo, los detalles pueden ser consultados en el anexo 1.

#### 4.1.2.2 Proceso Productivo

Una vez preparado el suelo e implementada la estructura y el riego se puede pasar a la siguiente fase que consiste en la siembra de rizomas y labores preventivas (desmalezar y fumigar) para control de maleza y enfermedades como *P. humuli*.

En el segundo año de plantación, se realiza entutorado para guiar las plantas a través de una cinta de nylon sujeta al entramado de alambre del patio de lúpulo, incitando su hábito trepador. Para entutorar primero se debe instalar las cintas de nylon en el alambre por medio de una herramienta llamada Pardalera. Se seleccionan 6-8 sarmientos de tamaño medio de la planta mientras que los otros son podados. Las guías se enrollan alrededor de la cinta de nylon en el sentido del reloj. (Plan Regional Desarrollo Productivo, 2021).

En cuanto a la cosecha del Lúpulo, según Nievas et al (2021) se puede realizar mediante:

- Cosechadora mecánica que pasa a lo largo de las filas separando los conos y dejando las guías en la estructura de sostén. Los conos son llevados a un galpón donde se separan las hojas. Los restos de las plantas se incorporan al suelo.
  - Cortando las guías del alambre superior y en la base, manual o mecánicamente. Las plantas se cargan en acoplados y se trasladan al galpón donde una cadena transportadora con dedos picadores pelan las plantas y separan los conos.
- En este estudio se usará una cosechadora mecánica

### 4.1.3 Implementación del proyecto: plan de inversiones

Después de identificar los requerimientos técnicos para la implementar de un determinado proceso productivo, es posible elaborar el Plan de Inversiones, que consiste en sistematizar la información respecto a todas las compras, adquisiciones asociados al uso de los recursos que serán utilizados en el proyecto. Los detalles se presentan en el Anexo 3.

Los costos de inversión corresponden al desembolso por parte del agente económico productor, que involucran las etapas iniciales para la implementación del cultivo. En específico, se considera el desembolso inicial de acuerdo a las características técnicas del cultivo y también un capital de trabajo correspondientes al monto de dinero necesario para llevar a cabo el proyecto los dos primeros años en los cuales no hay ingresos o estos son insuficientes (ver Tabla 21).

Tabla 21. Características y supuestos del sistema de producción de lúpulo (1 hectárea)

Área considerando estructura	1 ha
Marco de plantación	1,5 * 3 m
Total de plantas x ha	2.244
Primera cosecha	2 año
Primero año de ventas	3 año

La inversión total abarca un capital de trabajo inicial y la adquisición de maquinarias y equipos necesarios para la producción, implementación y comercialización de ha lúpulo. En el caso de un proyecto, el monto del capital de trabajo se contabiliza en base a los recursos económicos requeridos hasta que el proyecto en sí pueda generar los ingresos esperados. Dicho de otra forma,

el capital de trabajo es el monto que financiará la ejecución del proyecto hasta el momento que se perciban ingresos, incluyendo los desembolsos de remuneraciones, compra de mano de obra etc – en este caso, considera la financiación del proyecto hasta el fin del año 2. En cuanto a la implementación del patio, la inversión asciende a CLP \$ 117.046.975

Tabla 22. Composición del Plan de Inversiones (en CLP corrientes).

ITEM DE INVERSION INICIAL	VALOR ESTIMADO INVERSIÓN	(%)
1. Construcción de estructura	\$ 9.795.988	8%
2. Instalación de Sistema de Riego	\$ 1.048.847	1%
3. Adquisición de material vegetal	\$ 8.089.620	7%
4. Adquisición de Herramientas y Equipos	\$ 66.751.122	57%
5. Acondicionamiento del patio	\$ 8.837.414	8%
6. Capital de Trabajo	\$ 22.523.983	19%
INVERSIÓN TOTAL	\$ 117.046.975	100%

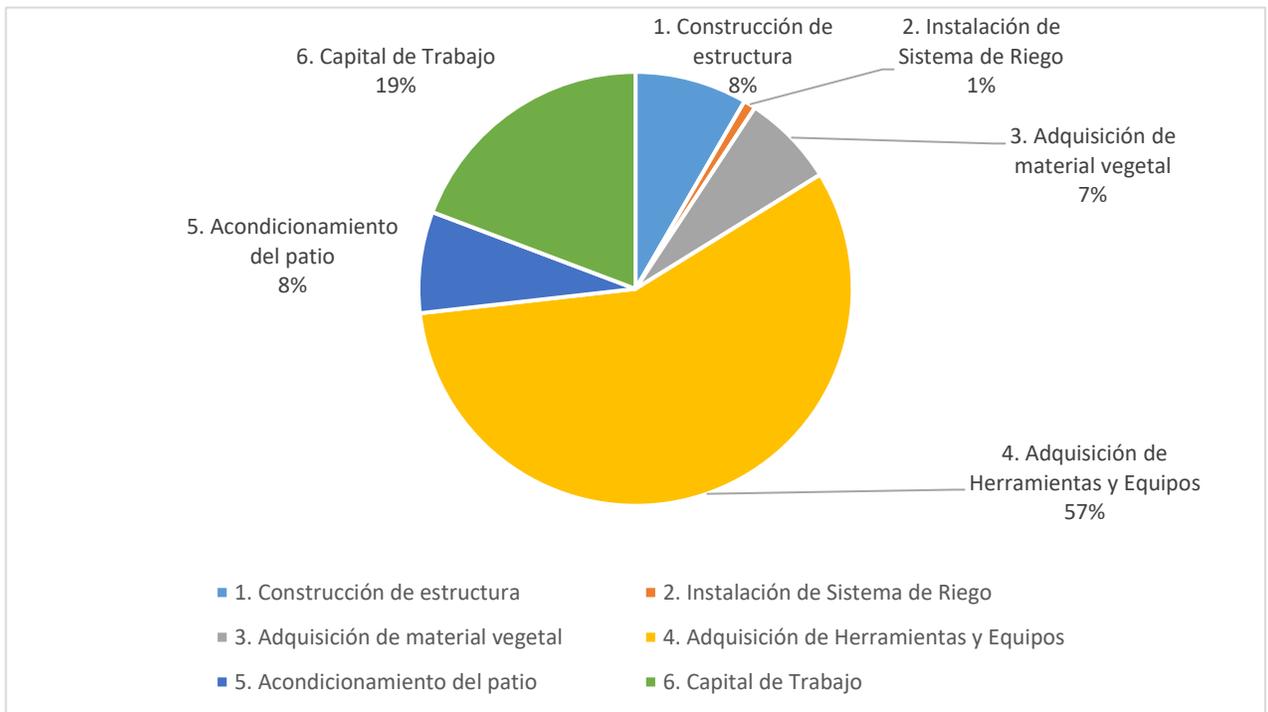


Figura 143. Composición de la inversión requerida para la implementación de un huerto de lúpulo de 1há.

NOTA: Se consideran valores actualizados para abril de 2022.

A continuación, se detallan los ítems considerados en el Plan de Inversiones.

Tabla 23. Detalle del plan de inversión, por grandes grupos.

<b>Estructura</b>	<p>Corresponde al soporte de la planta, esta incluye 150 postes impregnados de 1,2*2*6", alambre galvanizada N° 6 y N°8, 1300m y 3500m respectivamente. Cable de acero 3/16" 600 metros, 40m de tensores de 5/8", 100 abrazaderas ¼, 5kilo de clavo 4", 5 kilos de grapas 1 ½", 50 sacos de 40 kg de cemento para el anclaje más 10 rollos de pita plástica.</p> <p>Es el desembolso requerido para el primer mes desde la puesta en marcha del proyecto.</p>
<b>Riego</b>	<p>Está compuesto por 200 m de cañería planza polietileno de 1", 3400 m cañería planza polietileno ½", 34 Tee plástica, 2 codo plástico 1", una válvula de bola 1", 2250 goteros (4LH SWLL), 102 abrazadera.</p>
<b>Material vegetal</b>	<p>Incluye 2311 rizomas para un marco de plantación de 1,5m sobre hilera y 3 m entre hilera, el valor del rizoma considerado es de \$3.500/u.</p>
<b>Equipos y Herramientas</b>	<p>Enfocadas principalmente para la fase de post cosecha; incluyen cámara de secado, peletizadora, cosechadora, remolque cargador. También están incluidas herramientas para mantención del huerto como accesorios de poda,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Cámara de secado. Este artefacto se utilizará para realizar el secado post cosecha de lúpulo.</li> <li>b) Peletizadora refrigerada con trituradora de lúpulo con entrada para la inserción de gas inerte de nitrógeno.</li> <li>c) Cosechadora, cuyo valor incluye la labor de transporte y capacitación para su adecuado uso.</li> <li>d) Carretilla para realizar labores agrícolas.</li> <li>e) Accesorios de poda (Tijeras, palas, antiparras, guantes, cascos)</li> <li>f) 2 escaleras de 6 m</li> <li>g) Remolque cargador</li> <li>h) Computador más set básico de oficina.</li> </ul>
<b>Herramientas</b>	<p>Enfocadas principalmente para la fase de post cosecha; incluyen cámara de secado, peletizadora, cosechadora, selladora al vacío, remolque cargador. También están incluidas herramientas para mantención del huerto como accesorios de poda.</p>
<b>Capital de trabajo</b>	<p>Los primeros años cuando no hay ingresos se debe contar con un capital que cubra los costos operacionales, en este caso será considerado los dos primeros años. Abarca el financiamiento para las tareas de preparación de suelo, mano de obra para la instalación de la estructura, arriendo maquinaria para la instalación de postes y costos operacionales de los dos primeros años.</p> <p>La preparación de terreno incluye una pasada de arado y tres pasadas de rastra. Se asume que estas tareas serán realizadas por medio de prestación de servicios de una empresa externa.</p>

#### 4.1.3.1 Desembolsos de la inversión inicial

Esta inversión al momento de ser desembolsada abarca tres etapas principales (Figura 105):

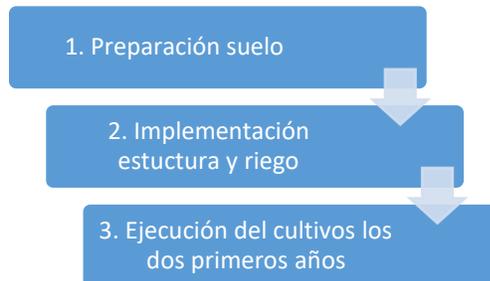


Figura 144. Etapas principales desembolso de la inversión. Elaboración Bárbara Vargas, 2022.

Lo primero que se ha considerado es la preparación de suelo del terreno. Después la implementación de patio que considera la instalación de postes y siembra de rizomas. El restante correspondiente a capital de trabajo involucra los procesos productivos los dos primeros años de producción donde los ingresos no son suficiente para cubrir los costos operacionales del proyecto. **La compra y la adquisición de maquinaria es el principal componente del plan de inversiones a ser adquiridas en el momento  $t = 0$ .**

#### 4.1.3.2. Costos de operación del proyecto

En esta etapa del estudio, se han considerado las informaciones de carácter primario obtenidas a través de entrevistas semi-estructuradas y en base a datos secundarios referentes al cultivo de una hectárea de plantación de lúpulo, comprendiendo las prácticas culturales, como entutorado, prevención y control de plagas y enfermedades, fertilización, cosecha, transporte.

En el Anexo 3 se puede ver los costos totales del proyecto para 1 ha de plantación neta. Estos datos se obtuvieron considerando costos operacionales totales, divididos en fijos y variables.

##### Costos fijos

Son aquellos que se deben pagar en un periodo determinado independiente del nivel de producción de la empresa como remuneraciones, seguros de maquinarias, arriendo de bodegas entre otros (Sapag, 2014). En este ítem, se consideran:

1. **Remuneración operario permanente:** Se considera un sueldo los dos primeros años del proyecto CLP \$700.000 mensual.
2. **Mantenimiento maquinaria:** Corresponde al 1% del total de la inversión en maquinaria adquirida
3. **Depreciación:** Entre los activos fijos se considera el costo de depreciación. Los detalles pueden ser consultados en el Anexo 3. La estructura, la maquinaria, y la camioneta son activos fijos depreciables. No se considera la depreciación del terreno ni el cultivo.
4. **Internet y telefonía:** Corresponde a un plan de internet y telefonía con valores referenciales. En particular consta de un plan de \$26.000 mensuales

5. **Imprevistos:** Porcentaje de dinero reservado para momentos o situaciones externas 5% del costo variable anual total.

#### Costos variables

Se refiere aquellos costos variables totales que varían de acuerdo al nivel de producción de una empresa, por ejemplo, insumos, mano de obra directa, costo de envases (Sapag, 2014).

1. **Electricidad:** Para el cálculo los primeros dos años esta estará explicada por el consumo de la bomba del sistema de riego y artículos de oficina, desde el año 3 en adelante, cuando comienza la cosecha, se sumará también el consumo de la peletizadora y selladora al vacío. Todos estos cálculos tienen como referencia el estudio de González 2017, en que estima un consumo electricidad de 1.000.000 anual considerando un rendimiento de 2100kg/ha.
2. **Mano de obra temporal:** El costo de mano de obra temporal involucra labores de mantención del huerto como por ejemplo limpieza de malezas, entutorado, poda y envasado.
3. **Bolsa aluminizadas:** Para su posterior venta se contará con un formato de bolsa aluminizadas de 1 kilo, por lo que se multiplicará el rendimiento de cono seco/ha por el valor referencial de cada bolsa.
4. **Combustible:** Para el cálculo de combustible se consideró la distancia que hay desde Máfil hasta la capital cervecera regional – Valdivia. Esta distancia es de 39,4 kilómetros, cifra que se ha multiplicado por dos para tener la cantidad de km ida y vuelta. Además, se consideró un rendimiento de 10km/litro de bencina de una camioneta.
5. **Gas nitrogenado:** Para labores de post cosecha se utilizará gas nitrogenado para sellar al vacío. Se usarán cilindro de 10m<sup>3</sup>. El tercer y cuarto año se utilizará 1 cilindro, el año 4 y 5 se usarán dos y desde el año 7 al 10 la suma de cilindros asciende a 3. La diferencia entre los años es explicada por los rendimientos. El precio referencial de cada cilindro es de \$110.000. No todos los pesticidas se compran de manera anual, algunos pueden extender su vida útil.
6. **Fertilizantes y enmienda calcárea:** Para el cálculo de fertilizantes se hizo una relación proporcional respecto a la dosis usada en el patio demostrativo de Máfil (patio experimental de este proyecto)<sup>3</sup>.
7. **Pesticidas:** Los pesticidas utilizados tienen que ver con control de malezas y control de enfermedades en este caso particular se harán aplicaciones preventivas de combatir *Pseudoperonospora cubensis* que ocasiona enfermedad “Mildiu” y control de malezas.

---

<sup>3</sup> Se han llevado en consideración las recomendaciones obtenidas desde el patio demostrativo de lúpulos de la estación experimental colaborativa de Máfil. De esta manera si para 550m<sup>2</sup> se utilizó 15 kilos de una mezcla (15 – 30 – 15) para una superficie de 10.000m<sup>2</sup> el resultado asciende a 272 kilos de mezcla. El costo se ha estimado multiplicando el valor referencial de precio de un kilo de mezcla. Con relación a la enmienda calcárea para este cálculo se usó Soprocal (91% CaCO<sub>3</sub>) en formato de venta de sacos de 25 kilos. Para el primer año se necesitarán 108 sacos y desde el año 2 en adelante la cifra se mantiene en 73 sacos. La diferencia radica en que el primer año la dosis era para corregir la cantidad de CaCO<sub>3</sub> y desde el año dos el cálculo considera una dosis de mantención. Importante destacar que estas estimaciones y recomendaciones se basaron en un análisis de suelo previo.

Para la aplicación se asume un costo por prestación de servicios equivalente a \$100.000/ha. Entre los pesticidas a utilizar Curzate, oxiclورو de Ca, Metalaxil.

Dentro de los costos totales, los costos fijos tienen un impacto considerable, principalmente al inicio del proyecto, con mayor peso relativa asociado a las remuneraciones. En relación a los costos variables estos son mayores a partir del Año 3 en el cual se inicia la cosecha y con esto la demanda de mano de obra aumenta, así como también insumos necesarios para la producción y envasado de lúpulo.

#### 4.1.4. Ingresos Netos

En relación a los ingresos estos estarán determinados a partir del rendimiento del cultivo desde el segundo y tercer años. Si bien hay ecotipos que tienen cosecha el primer año y segundo año no se recomienda su uso para la elaboración de cerveza por su baja calidad respecto a su perfil alfa y beta ácidos.

Como mencionado anteriormente, el producto vendido será kilo de lúpulo pelletizado, a un precio de comercialización CLP \$25.000 por kilo, de acuerdo al sugerido por Scheihing (2015)<sup>4</sup>. La composición de ingresos brutos depende del rendimiento.

Tabla 24. Rendimiento estimado de una planta de lúpulo ecotipo nacional variedad Rancho.

	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cantidad plantas (plantas/ha)		2244	2244	2244	2244	2244	224 4	224 4	224 4	224 4	224 4
Rendimiento por planta (kg cono seco/planta)		-	-	0.50	0.66	0.80	0.80	0.90	0.90	0.90	0.90

El Tabla 17 muestra la cantidad de plantas/ha y el rendimiento por planta (kg cono seco/planta), estas estimaciones fueron obtenidas a través de los patios demostrativos. Cada hectárea corresponde a un total de plantas de 2244. Además, se asume que:

- (1) A partir del Año 3, el rendimiento es de 0,5 kilos por planta;
- (2) En el Año 4, el rendimiento asciende a 0,66 kilos por planta;
- (3) Del año 5 y 6 el rendimiento de 0,8 kg por planta y;
- (4) Del 7 al 10 es de 0,9 kilos por planta.

Es importante considerar que los rendimientos de los ecotipos nacionales son inferiores a variedades comerciales que han estado en constante mejoramiento.

<sup>4</sup> El estudio de Scheihing (2015) ha considerado el precio nominal de venta de CLP \$ 25.000, lo que correspondería a CLP \$ 32.091 en valores de abril de 2022. Considerando las diferencias en términos de estructura productiva y el ecotipo nacional, se asume en este proyecto el valor nominal de CLP \$ 25.000 – lo que excluye la variación inflacionaria en comparación al estudio de Scheihing (2015).

#### 4.1.5. Análisis de rentabilidad y viabilidad económico-financiera

En cuanto a la rentabilidad y viabilidad económica del proyecto, este considerará como capacidad máxima de producción la elaboración de 2.020 kg de lupulus y los ingresos generados, en las condiciones de ser consumido, ya empacado y empaquetado, listo para su entrega al mercado local.

El horizonte de evaluación del proyecto es de 10 años, periodo de duración de la estructura del patio – de acuerdo al promedio de la vida útil de los activos fijos invertidos, que en este caso es 9.8 años. El flujo de caja económico muestra que los ingresos son considerados a partir del Año 3, aumentando en tiempo hasta estabilizarse en el Año 7, si bien en el año dos hay un rendimiento estos debido a su calidad de alfa y beta ácidos no será utilizados. En el año 10 hay un valor residual que considera la venta de la maquinaria porque su vida útil es el doble en cuanto al periodo de evaluación del proyecto.

El impuesto usado corresponde al 19% del Impuesto sobre el Valor Agregado (IVA) en el país. Se considera una tasa de descuento de 10%. El flujo de caja económico y actualizado proyectado puede ser analizado en la Figura 106.

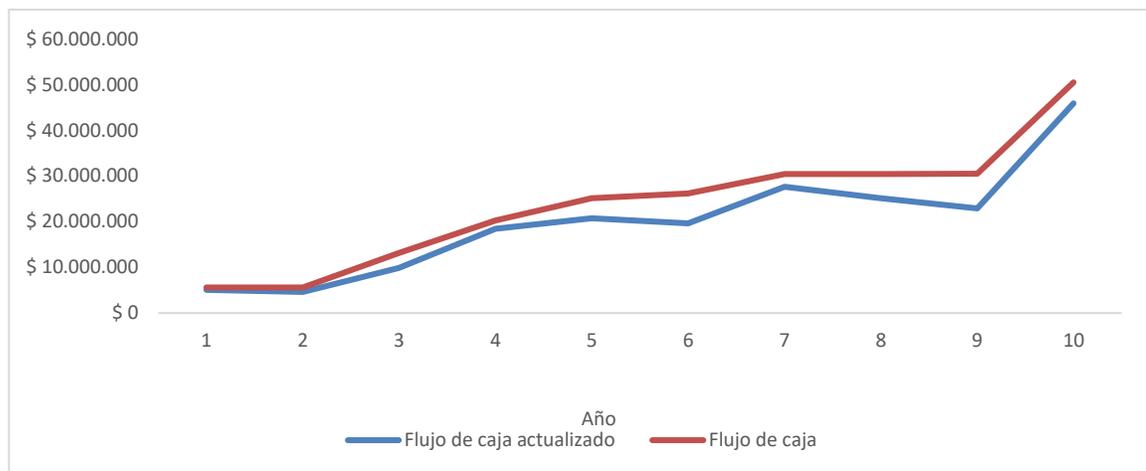


Figura 145. Flujo de caja económico neto (a partir del año 1).

NOTAS:

<sup>1</sup> – tasa de descuento de 10%.

<sup>2</sup> – Los valores positivos en los dos primeros años se deben a la depreciación estimada.

<sup>3</sup> – Los valores actualizados corresponden a una tasa de descuento de 10%.

Para calcular los indicadores de conveniencia de ejecución del proyecto de inversión, se utiliza una tasa de descuento – el coste de capital que se aplica para determinar el valor presente de un pago futuro. La tasa de descuento permite calcular el valor actual neto (VAN) de una inversión y así determinar si un proyecto es rentable o no. A su vez, también permite saber la tasa interna de rendimiento o TIR, que es el tipo de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. Para el análisis de indicadores de viabilidad, se ha construido el flujo de caja anual de ejecución del

proyecto (detalles están en el Anexo).

Considerando una tasa de descuento de 10%, se ha determinado la viabilidad del proyecto en base a la estimación del VAN y de la TIR – indicadores financieros que permiten en conjunto tomar decisiones informadas asumiendo los riesgos de la inversión.

Tabla 25. Indicadores financieros del proyecto

Indicadores	Resultado	Interpretación
Valor Actual Neto (VAN)	\$ 9.003.843	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El VAN es positivo, lo que en términos generales indicaría que se recomienda la inversión en el proyecto desde el punto de vista de la rentabilidad de la inversión.</li> <li>• Sin embargo, utilizar este indicador por si solo puede traer consecuencias ya que solo indica que la inversión será devuelta en el tiempo, pero no indica ni que tiempo ni si esa devolución es o no significativo respecto lo que implica ejecutar un proyecto de inversión.</li> <li>• Además, es importante llevar en considerar el monto del valor que comparada a la inversión tiene una proporcional considerablemente baja.</li> </ul>
Tasa Interna de Retorno (TIR)	11,3%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La TIR es la tasa de descuento que hace con que el VAN tienda a cero.</li> <li>• La TIR muestra la sensibilidad que tiene la tasa de interés en el proyecto mismo.</li> <li>• En este caso la TIR de 11 % indica que, si este interés utilizado para medir la rentabilidad de la inversión aumentara 1% generaría un resultado positivo en términos de VAN.</li> <li>• Es importante considerar que la diferencia de 1% es considerablemente baja, indicando un potencial riesgo para la inversión frente a escenarios futuros de incertidumbre.</li> <li>• El proyecto desde el punto de vista puramente privado genera un resultado cercano a la recomendación de rechazo a la inversión o adaptación del plan de inversiones.</li> <li>• Por otra parte, si el proyecto fuera evaluado desde la perspectiva social, podría ser interesante considerar otras variables de resultado.</li> </ul>
Relation Beneficio-Costo	0,93	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los beneficios que se obtienen respecto a los costos asociados en el proyecto es analizado por la razón beneficio/costo.</li> </ul>

Indicadores	Resultado	Interpretación
		<ul style="list-style-type: none"> <li>El indicador mide la relación entre los beneficios y costos actualizados.</li> <li>En este caso que por cada \$1 invertido se obtiene \$0,93 devuelta, confirmando el bajo nivel de retorno del proyecto.</li> </ul>
Período de Recuperación del Capital (PRC)	10 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo esto se puede indicar que, si bien para este proyecto el VAN es positivo, la inversión podría ser poco conveniente debido al escaso margen entre la tasa y la TIR obtenida, además de que indica que los beneficios a pesar de ser positivos no son tan expectantes.</li> <li>Además, la recuperación es la etapa final del proyecto es de 10 años, prácticamente al fin del proyecto formulado.</li> </ul>

Considerando estos antecedentes se podría intentar generar un contexto en que este patio genere mayor rentabilidad y, si consideramos que la inversión inicial se ve mayormente explicada por gastos de maquinarias y el capital de trabajo se puede intentar diluir.

Es por esto se usará análisis de sensibilidad en el cual se creará un escenario positivo que diluya estos gastos principales, así como también un escenario negativo.

#### 4.1.6 Análisis de sensibilidad del proyecto

Una de las limitaciones del análisis de proyectos de inversión se relaciona a factores como riesgo e incertidumbre, que derivan de los supuestos respecto a lo que puede suceder a largo del periodo de ejecución de un proyecto. En este sentido, el análisis de sensibilidad permite combinar escenarios donde se analice el efecto en los flujos de cajas algunos cambios en la inversión u otros parámetros. El Cuadro 7 a continuación describe los escenarios analizados para el proyecto de 1 ha.

Tabla 26. Descripción de los escenarios para el análisis de sensibilidad

Escenario	Cambios considerados	Aspectos constantes
Escenario 1 – Optimista	Cambio del precio de venta del kilo de lúpulo pelletizado desde \$25.000 a \$27.000	Tamaño, duración del proyecto, procesos productivos, inversión requerida.
Escenario 2 – Optimista	En vez de una superficie de 1ha, se considerará 2 ha de plantación. Cambios en la inversión inicial respecto a acondicionamiento del patio, siembra de rizomas y capital de trabajo.	Equipamiento maquinarias. Rendimiento del patio y precio de venta.

Escenario	Cambios considerados	Aspectos constantes
	Cambios costos fijos remuneración permanente y depreciaciones. Todos en los costos variables. Cambios en los ingresos.	
Escenario 3 – Optimista	Aumento de los rendimientos de kg cono seco por planta El año 5 y 6 aumento de 1 kilo 7 en adelante 1,1 kilo	Todo continua igual menos el rendimiento
Escenario 4 – Pesimista	Disminución rendimiento Año 5 y 6 a 0,7 kilo por planta y 7 al 10 0,8 kg/planta	Todo continua igual menos el rendimiento
Escenario 5 – Pesimista	Disminución precio de venta a \$18.000 kilo de lúpulo pelletizado.	Tamaño, duración del proyecto, procesos productivos, inversión requerida.

**a) Escenario 1 – Optimista:**

En relación a la comercialización de lúpulo este escenario evaluará el precio de venta del kilo de lúpulo pelletizado. La justificación radica en la amplia gama de precios en los que se pueden conseguir diferentes variedades de lúpulo y la extensión de su vida útil debido al formato pellet. Escenario contempla el precio de venta de \$27.000 por kilo de lúpulo pelletizado en vez de \$25.000.

Este escenario nos permite ver la sensibilidad que existe respecto al precio de venta. Se puede observar que comparando con el proyecto inicial este tiene indicadores más optimistas.

Periodo recuperación del capital en vez de recuperar la inversión en el Año 10 se recupera el año 9, principalmente debido al aumento del precio de venta que permite anticipar el retorno del negocio.

Se podría intuir que dando un valor agregado al precio de venta de lúpulo este tendría una mejora en cuanto a rentabilidad de la inversión. Una forma podría ser garantizando un perfil aromático del lúpulo para dar sello se origen a la cerveza artesanal de la zona. En este caso es aplicable ya que la variedad estudiada corresponde a un ecotipo nacional.

Tabla 27. Indicadores económico-financieros frente a un escenario optimista de \$27.000 kilo de lúpulo pelletizado.

INDICADORES ECONÓMICO-FINANCIEROS	Resultado
Valor Actual Neto (VAN)	\$ 21.309.768
Tasa Interna de Retorno (TIR)	13%
Relation Beneficio-Costo	1.01
Período de Recuperación del Capital (PRC)	9 años

### b) Escenario 2 – Optimista

Como escenario optimista e intentando diluir costos de maquinarias incluidas en la inversión inicial. Se plantea que si la superficie aumenta de 1 ha a 2 ha puede obtener una mayor rentabilidad el proyecto. La base de este planteamiento surge a raíz de estudios de González 2017 y Scheihing 2015, en ellos se hizo un análisis de 2 ha que resultan ser rentables.

Tabla 30. Indicadores financieros frente a un escenario optimista del aumento de la superficie en evaluación, pasando de 1 ha de plantación neta a 2 ha.

<b>INDICADORES ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>	<b>Resultado</b>
Valor Actual Neto (VAN)	\$ 65,120,612
Tasa Interna de Retorno (TIR)	16%
Relation Beneficio-Costo	1.2
Período de Recuperación del Capital (PRC)	8 años

Si se compara este escenario con el escenario base y precio de venta \$27.000 se puede ver un considerable aumento en la relación beneficio costo del proyecto, así como también los demás indicadores. Este escenario permite disminuir en dos años el período de recuperación del capital y aumenta la TIR a 16% subiendo 5 puntos porcentuales respecto al escenario base.

Una de las principales razones de la mejoría de los indicadores corresponde a la dilución de inversión inicial correspondiente al ítem de maquinarias.

### c) Escenario 3 – Optimista con aumento del rendimiento

Debido a la poca información con relación al rendimiento de los ecotipos nacionales, los rendimientos esperados son estimados y han sido fundados respecto a los rendimientos de los patios demostrativos. Existe la probabilidad de que estos sean mayores que los esperados en este estudio, es por esto por lo que este escenario evalúa rendimiento por planta optimistas correspondiente a aumento de los rendimientos de kg cono seco por planta: el Año 5 y 6 aumento a 1 kilo y desde el año 7 en adelante a 1,1 kilos.

En este escenario los indicadores tienen valores optimistas respecto al escenario base. Por lo que si el rendimiento del cultivo es potencial se podría esperar una mayor rentabilidad.

Tabla 31. Indicadores financieros frente a un escenario optimista aumento del rendimiento.

<b>INDICADORES ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>	<b>Resultado</b>
Valor Actual Neto (VAN)	\$ 35.152.654
Tasa Interna de Retorno (TIR)	15%
Relation Beneficio-Costo	1,09
Período de Recuperación del Capital (PRC)	9 años

### d) Escenario 4 – Pesimista con reducción del rendimiento

En los cultivos existe la probabilidad de que exista reducción del rendimiento ya sea por factores ambientales como manejos agronómicos. El siguiente escenario disminuye los rendimientos por planta producidos desde el año 5 al 10. Año 5 y 6 a 0,7 kilo/planta y 7 al 10 0,8 kg/planta.

- En este escenario se puede ver una clara disminución de los indicadores. El capital se recupera en el año 10 y no hay beneficios obtenidos respecto a los costos.

- La tasa interna de retorno tiene un margen muy bajo respecto a la tasa de interés. Este escenario no tiene buenos indicadores por lo que, no se recomienda invertir.

Tabla 32. Indicadores financieros frente a un escenario pesimista reducción del rendimiento

<b>INDICADORES ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>	<b>Resultado</b>
Valor Actual Neto (VAN)	\$-4.070.563
Tasa Interna de Retorno (TIR)	9%
Relation Beneficio-Costo	0,85
Período de Recuperación del Capital (PRC)	No se recupera

#### **e) Escenario 5 – Pesimista reducción precio de venta**

Reducción precio de venta de \$25.000 a \$18.000 kilo lúpulo pelletizado.

- De los escenarios analizados este tiene los indicadores más pesimistas. Se podría intuir que el proyecto es altamente sensible al precio de venta del kilo de lúpulo pelletizado. Bajo escenarios de precio pesimistas la inversión no se recupera con el tiempo, por lo que es importante garantizar un precio de venta que nos permita no correr riesgos.
- La tasa interna de retorno es menor a la tasa y por lo tanto el VAN es negativo.
- Estos indicadores nos indican que si el precio de venta es de \$18.000 no es recomendable invertir en el proyecto.

Tabla 33. Indicadores financieros frente a un escenario pesimista reducción del precio de venta

<b>INDICADORES ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>	<b>Resultado</b>
Valor Actual Neto (VAN)	-\$ 34.066.896
Tasa Interna de Retorno (TIR)	4%
Relation Beneficio-Costo	0,67
Período de Recuperación del Capital (PRC)	No se recupera

#### 4.1.4 Síntesis de resultados: proyecto de 1 ha

La Tabla 34 muestra el resumen de los resultados para el proyecto de 1 ha.

Tabla 34. Principales indicadores

<b>Escenario</b>	<b>Descripción</b>	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>	<b>RBC</b>	<b>PRC</b>
Base	Proyecto formulado	\$ 9.008.843	11%	0.93	10
1	Cambio del precio de venta del kilo de lúpulo pelletizado desde \$25.000 a \$27.000	\$ 21,309,768	13%	1.01	9

2	<p>En vez de una superficie de 1ha, se considerará 2 ha de plantación.</p> <p>Cambios en la inversión inicial respecto a acondicionamiento del patio, siembra de rizomas y capital de trabajo.</p> <p>Cambios costos fijos remuneración permanente y depreciaciones.</p> <p>Todos en los costos variables.</p> <p>Cambios en los ingresos.</p>	\$ 65,120,612	16%	1.2	8
2	<p>En vez de una superficie de 1ha, se considerará 2 ha de plantación.</p> <p>Cambios en la inversión inicial respecto a acondicionamiento del patio, siembra de rizomas y capital de trabajo.</p> <p>Cambios costos fijos remuneración permanente y depreciaciones.</p> <p>Todos en los costos variables.</p> <p>Cambios en los ingresos.</p>	\$ 65,120,612	16%	1.2	8
3	<p>Aumento de los rendimientos de kg cono seco por planta</p> <p>El año 5 y 6 aumento de 1 kilo</p> <p>7 en adelante 1,1 kilo</p>	\$ 35,152,654	15%	1.09	8
4	<p>Disminución rendimiento</p> <p>Año 5 y 6 a 0,7 kilo por planta y 7 al 10 0,8 kg/planta</p> <p>Así, se asume que: (1) A partir del año 3 el rendimiento es de 0,5 kilos</p>	-\$ 4,070,563	9%	0.8	NR <sup>1</sup>

	por planta; (2) del año 4 en adelante 0,66 kilos por planta y (3) a partir del año 5 el rendimiento de 0,8 kg por planta; (4) del 7 al 10 0,9 kilos por planta.				
5	Disminución precio de venta a \$18.000 kilo de lúpulo pelletizado.	-\$ 34,066,896	4%	0.6	NR <sup>1</sup>

NOTAS: <sup>1</sup> – NR: No se recupera.

## 4.2 Proyecto 2: Evaluación del Patio Demostrativo

Se ha formulado y evaluado un segundo proyecto, considerando los resultados del cultivo del patio demostrativo ubicado en la Comuna de Máfil. Para este caso, se asume que la evaluación de la rentabilidad de un patio con un marco de plantación de 1\*1,2 m con una densidad de 250 plantas/ha. Las principales características del proyecto están en el Tabla 26.

Para este estudio se consideró un manejo familiar por lo que la superficie corresponde a 550m<sup>2</sup> de plantación neta. No se consideró costo de maquinarias.

Tabla 35. Características del Proyecto Evaluado 2

Definiciones del proyecto	Características
Objetivo del proyecto	Evaluación del establecimiento y comercialización de un patio de 550m <sup>2</sup> con una densidad de 250 plantas Variedad Ranco con manejo de mano de obra familiar.
Producto considerado	El producto considerado en este caso es cono de lúpulo formato flor, la razón es que el costo y disponibilidad de maquinarias para pelletizar. Según Scheihing (2015) en la región hay productores de cerveza artesanal que están dispuestos a usar este formato de venta.
Canal de comercialización principal	Productores de cerveza artesanal de la región de Los Ríos
Localización	Comuna de Máfil, Región de Los Ríos

Tamaño del proyecto (capacidad productiva/rendimiento)	El patio tiene una superficie total de 806m <sup>2</sup> con una superficie neta de 550m <sup>2</sup> con un marco de plantación de 1*2,2 con una capacidad de 250 plantas con un rendimiento máximo el año 7 de 225 kilos, correspondiente a 0,9 kilos por planta
Descripción de los supuestos principales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El estudio considera manejo familiar</li> <li>• No es la única actividad agrícola a la que se dedica la familia, poseen ingresos de otras actividades</li> <li>• El manejo es con mano de obra familiar excepto para el acondicionamiento del patio que se consideró prestación de servicios.</li> <li>• El producto vendido es kilo de lúpulo Flor (sin pelletizar), por eso el precio de venta desciende a \$21.000 (valor referencial), la razón principal es la reducción de la vida útil del producto post cosecha.</li> <li>• El secado será artesanal se considerará un periodo de 4 días.</li> <li>• El manejo será por medio de mano de obra familiar, este costo estará expresado en jornada hombre y no será depreciado de los costos del proyecto.</li> </ul>
Tasa de descuento considerada	10%

Las principales diferencias entre el proyecto 1 y el proyecto 2 se describen en el Tabla 28 a continuación.

Tabla 36. Diferencias principales de los proyectos evaluados

Variable	Proyecto 1	Proyecto 2
Inversiones	Adquisición de maquinarias como cosechadora, peletizadora, selladora al vacío, remolque cargador.	No considera adquisición de maquinarias. Manejo familiar.
Área cultivada	10.000 m <sup>2</sup> plantación neta	550 m <sup>2</sup> plantación neta
Rendimiento	Año 3 = 0,5 kilos por planta Año 4 = 0,66 kilos por planta Año 5 y 6 = 0,8 kilos por planta Año 7 al 10 = 0,9 kilos por planta	Año 3 = 0,5 kilos por planta Año 4 = 0,66 kilos por planta Año 5 y 6 = 0,8 kilos por planta Año 7 al 10 = 0,9 kilos por planta
Tamaño productivo	2.020 kilos	225 kilos
Estructura de costo	Labores de cosecha post cosecha y mantenciones por medio maquinarias.	Labores de cosecha, mantenciones y post cosecha por medio de mano de obra familiar.
Estructura de ingresos	Ingresos corresponden al valor de lúpulo pelletizado por \$25.000 el kilo	Ingresos corresponden al rendimiento del patio en formato

		de lúpulo flor seca por un valor de \$21.000 /kilo
Tasa de descuento	10%	10%

Los detalles de las estimaciones del plan de inversiones y del flujo de caja pueden ser consultados los anexos, donde se detallan:

- Inversión inicial total (proyectada)
- Costos fijos y variables del proyecto
- Depreciación y valor residual.
- Ingresos estimados (proyectados)
- Flujo de caja proyección 10 años.
- Indicadores económico-financieros

#### 4.2.1 Análisis de rentabilidad y viabilidad económico-financiera del proyecto 550m<sup>2</sup> plantación neta.

Tabla 37. Resultados principales

INDICADORES ECONÓMICO-FINANCIEROS	Resultado	Interpretación
Valor Actual Neto (VAN)	\$ 4,243,166	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respecto al VAN y TIR si bien son positivos e indicaría que la rentabilidad de la inversión es viable y se devuelve en el año 7 se puede apreciar que la relación de los beneficios respecto a los egresos no es mayor a uno.</li> <li>• Con relación a esto si bien no es un buen indicador podría considerarse que; si el proyecto tiene objetivos sociales que involucren desarrollo territorial podría ser considerado.</li> </ul>
Tasa Interna de Retorno (TIR)	20%	
Relación Beneficio-Costo	1.0	
Período de Recuperación del Capital (PRC)	7	

#### 4.2.2 Análisis de sensibilidad

Tabla 38. Escenarios y resultados principales

Escenario	Descripción	VAN	TIR	RBC	PRC
Base	Proyecto formulado	\$ 4,243,166	11%	1.0	10
1	Inclusión de un sueldo mínimo para trabajador permanente (a partir del Año 3)	-\$ 12,899,142	-	0.4	NR
2	Inclusión de un sueldo mínimo para trabajador permanente (a partir del Año 3) y aumento de precio de \$21.000 para \$24.000	-\$ 10,842,671	-	0.5	NR
3	Inclusión de un sueldo mínimo para trabajador permanente (a partir del Año 3); aumento de precio de \$21.000 para \$25.000; y aumento del rendimiento	-\$ 8,514,620	-	0.6	NR

## 5. Conclusiones y recomendaciones

Respecto a la evaluación económico-financiera que tiene una ha de plantación neta de lúpulo se puede concluir que requiere de una considerable inversión inicial, que asciende a CPL \$ 117.046.975. Esta inversión se podría verse devuelta en el último año de evaluación del proyecto, sin embargo, asumiendo una estructura de costos restrictiva en lo que se refiere a ingresos directos a la mano de obra familiar. Si bien esta inversión se devuelve y el VAN y TIR es positivo, considerar solamente estos indicadores para apoyar la toma de decisión de invertir puede ser insuficiente. Si se considera que la relación beneficio – costo (RBC) es alrededor de 1.0, se deberían buscar alternativas que mejoren la evaluación de la inversión ya que con los indicadores actuales indican que la inversión es riesgosa y tiene el potencial de restringir las oportunidades de diversificación de ingresos y generación de renta para la agricultura a pequeña escala.

En Plan de Inversiones requiere la adquisición de herramientas, maquinarias y la construcción de estructuras físicas que permitan la implementación del cultivo. Desde el punto de vista privado, el proyecto exige una alta inversión inicial comparado al nivel de rendimiento y posibilidades de generación de ingresos a partir de la comercialización. En particular, los componentes de la inversión la adquisición de herramientas y maquinarias representan un 57% de la inversión inicial. Por lo que, una opción es diluir esta inversión y de esta manera lograr mejores indicadores. El capital de trabajo del proyecto representa el 19% y considera los dos primeros años de operaciones del proyecto cuando no existen ingresos- se asume que el proyecto genera ingresos directos a partir del Año 3. Los costos relacionados al capital de trabajo corresponden fundamentalmente a depreciaciones. Entre el acondicionamiento del patio y construcción de la

estructura componen un 16% de la inversión. La adquisición de rizomas representa 7% de la inversión y el 1% restante corresponde al sistema de riego.

Respecto al proyecto formulado, el perfil corresponde a la producción y comercialización en los mercados locales, a un precio promedio de kg de lúpulo por CLP \$ 25.000, y un rendimiento de ecotipo nacional correspondiente a 0,8 kg como seco /planta en su capacidad máxima en el año 7. En específico, esto apunta a un menor rendimiento productivo y comercial del cultivo para 1 ha de plantación neta, lo que implica un riesgo considerable desde el punto de la inversión y de la capacidad productiva del proyecto. En general, todos los resultados apuntan que la inversión es riesgosa y sensible a diferentes parámetros del proyecto, sea por el lado de los ingresos y precios de venta, como por parte de la estructura de costo requerida para la operación de las actividades planeadas.

El análisis de sensibilidad ha considerado diferentes escenarios futuros. De los escenarios evaluados el que presenta valores mayormente optimistas es el que aumenta la superficie de evaluación. Pasando de 1 ha a 2 ha, la dilución de los equipos como cosechadora y peletizadora crean un mejor escenario en cuanto a la rentabilidad de inversión. Se podría concluir que a nivel industrial esta superficie de plantación (2 ha) garantiza mayor rentabilidad, sin embargo, si se pudieran complementar con variedades que tengan mayor rendimiento puede generar nuevos indicadores más optimistas. De todos los proyectos formulados, los mejores resultados se asocian a este escenario, en donde es posible incrementar los ingresos debido a la mayor cantidad producida y comercializada.

En relación a la productividad de las variedades nacionales respecto a las comerciales, éstas tienen la desventaja de alcanzar menor rendimiento y son menos apetecidas por los cerveceros artesanales principalmente por desconocimiento. Si se utilizaran variedades comerciales es probable tener mayores rendimientos y los valores de referencia de venta superan los CLP \$32.000, pero al no ser nacionales no pueden otorgar valor de origen a la cerveza.

En los proyectos, la certificación de origen podría permitir incrementar el precio de comercialización. En este sentido, se ha analizado un escenario en que el precio de venta asciende a CLP \$ 27.000 para un área de plantación neta de 1 ha, lo que ha evidenciado resultados positivos, sin embargo, con menor impacto si comparada a la situación con área de 2 ha de plantación neta.

Otro aspecto importante es que en los proyectos evaluados no se ha considerado los ingresos por la prestación de servicios de la maquinaria adquirida en los periodos que no se usa en el predio. En términos de diversificación de ingresos e incremento del margen bruto y neto, esta podría ser una alternativa que aumente los ingresos del productor. Se estima que actualmente en la Región de Los Ríos solo exista una empresa que presta estos servicios. Pero debido a la distancia y demanda disminuye la disponibilidad y no les permite llegar a muchos productores. Se debería determinar el plan de negocios del modelo de prestación de servicios, incorporando los costos logísticos y la potencial demanda local.

Otro aspecto relevante a discutir es que en este proyecto se ha considerado la adquisición de una maquina cosechadora y otra peletizadora, ambas en conjunto. Se podría plantear

alternativas en el modelo de negocios, como, por ejemplo, considerar solamente la compra de una cosechadora y asumir la venta de lúpulo por kilo de cono seco. En este escenario, la inversión inicial disminuiría considerablemente. Por otra parte, los ingresos pasarían a ser altamente dependientes del perfil de alfa y beta ácidos que se obtenga, lo que tiene implicaciones directas en el precio de venta del producto.

En términos de estructura del proyecto, este estudio no ha considerado la compra de un tractor, por lo que se ha considerado la contratación de servicios prestados.

Otras alternativas que permitan la dilución de costos por parte de productores individuales pueden ser discutidas. Sin embargo, desde el punto de vista de la evaluación de un proyecto, se debe tener en cuenta el conjunto de costos de inversión y operación que son administrados por cada perfil de proyecto, así como contrarrestar con los potenciales ingresos generados con la actividad productiva. Se ha evidenciado la importancia en desarrollar un modelo de negocios que permita ampliar la escala de producción, de forma a incrementar y diversificar los ingresos.

Otras formas de ingresos que se podrían obtener por medio del patio y que este estudio no consideró es la venta de rizomas y producción de aceites esenciales. Respecto a la producción de rizomas se podría evaluar un mercado futuro en función de la propagación de lúpulo ya sea a nivel regional y/o nivel nacional, actualmente el precio de un rizoma ecotipo nacional varía entre \$3.500 y \$5.000 CLP. En cuanto a la producción de aceites esenciales los múltiples beneficios para la salud otorgados por las propiedades del lúpulo pueden también en un futuro potenciar su demanda y acceder a otro nicho de comercialización.

Actualmente, la Asociación de Lupuleros de Chile, puede ser un importante actor en la promoción de la asociación y cooperación entre los agentes productores locales, lo que puede crear un ecosistema favorable a la creación de nuevas oportunidades y alternativas de inversión, ya sea para labores de cosecha post cosecha, así como fomentar los canales de comercialización. Este Manual busca, además de analizar las posibilidades y el retorno de inversiones específicas, proveer herramientas que permitan la autonomía de los actores locales en cuanto al uso de las plantillas Excel para el análisis e interpretación de los resultados económico-financieros.

En términos de apoyo directo, es importante discutir alternativas de financiamiento por parte del Estado, que pueda aportar al fomento al desarrollo de actividades productivas en torno lúpulo. Como toda producción agrícola la precisión y los fenómenos ambientales son claves en cuanto a la incertidumbre que conlleva trabajar con un proyecto que sea tan extenso en el tiempo. En este sentido, el uso de estrategias que reduzcan el riesgo para el inversionista son importantes, tales como seguros.

El ecotipo Ranco es un ecotipo nacional que permite de generar un valor agregado a la producción de cerveza local ya que podría otorgar sello de origen. Sin embargo, en cuanto a rendimiento y perfil aromático, se debe llevar en consideración la demanda por este producto a nivel local. Otros estudios aplicados a variedades comerciales han indicado resultados económicos favorables, ya que se podría asegurar rendimiento y además tiene mayor valor comercial por kilo de cono pelletizado en comparación al ecotipo nacional de cono pelletizado de la variedad Ranco. Asumiendo un menor valor comercial de venta, el escenario que considera

un precio de CLP \$ 18.000 indica resultados negativos, dejando de ser rentable la inversión.

Respecto a la evaluación económica del patio de 550m<sup>2</sup> si bien sus indicadores son positivos la razón beneficio-costos (RBC) nos indica que la retribución es relativamente baja, y poco atractiva desde el punto de vista del inversionista. La menor área de cultivo restringe considerablemente las alternativas de generación de ingresos a largo de la ejecución del proyecto, lo que en función del proyecto evaluado no se recomienda la inversión. Además, se ha considerado que el proyecto con manejo familiar en cuanto a mantenciones y operaciones del patio, lo que restringe potencialmente los retiros en forma de sueldo. En el análisis de sensibilidad, diferentes escenarios han incorporado un ítem de sueldo (retiros) permanentes de un sueldo mínimo, lo que ha incrementado considerablemente los costos fijos, implicando en resultados negativos para la inversión.

Desde el punto de vista de las debilidades del proyecto de inversión analizado, si un patio de 550m<sup>2</sup> fuera implementado por un pequeño productor de cerveza que quisiera producir su propio lúpulo podría garantizar la comercialización y probablemente aumente la rentabilidad de la inversión. Si usa una variedad nacional podría garantizar valor agregado por concepto de sello de origen, pero para esto es importante garantizar un perfil aromático que permita la producción adecuada de las cervezas y sus características principales. En este sentido, se pueden apuntar desafíos principales para la agricultura en pequeña escala para la producción de lúpulos: (1) Los canales de comercialización, (2) La inversión para la implementación del patio; (3) El perfil aromático de los productos a comercializar; (4) La accesibilidad de las maquinarias y equipos de



Figura 147. Huerto de 2 años de establecimiento, en lúpulos Huaimén.



Figura 148. Huerto de Lúpulo en plena producción, lúpulos Huaimen.



Figura 149. Instalaciones para la selección, secado y envasado de lúpulo (Lúpulos Huaimen).

### **2.13. Definición y validación de aquellas variedades más aptas para el cultivo de Lúpulo de acuerdo con parámetros agronómicos, productivos, económico-financieros, bioquímicos y organolépticos para la Región. Recomendaciones para su cultivo y cosecha**

De acuerdo con los resultados de este estudio, las variedades más aptas para el cultivo en la región de los Ríos son los ecotipos Ranco, la Unión y Valdivia. En los tres años de estudio se han encontrado resultados variables en cuanto a rendimiento y concentración de alfa y beta ácidos en los conos, indicando que ambas variables son altamente vulnerables a la variabilidad climática interanual y al manejo del cultivo. El ecotipo Rio Bueno fue descartado por su baja estabilidad en la producción en diferentes sitios y temporadas, mayor a la detectada en los otros ecotipos. En términos de rendimiento y promediando un conjunto de 6 ambientes, el ecotipo Valdivia alcanzó el mayor rendimiento en cono seco por planta seguida de Ranco. Entre estas variedades no hubo diferencias estadísticas. La Unión en cambio, presentó un rendimiento 22% menor a los otros dos ecotipos. El promedio de rendimiento de los tres ecotipos (Ranco, La Unión y Valdivia) fue 45% menor a la variedad comercial Cascade lo cual indica que a pesar de la buena adaptación edafoclimática de los ecotipos a la región su rendimiento no es comparable al de una variedad, que ha sido mejorada para la producción de conos y compuestos apreciados en la elaboración de cerveza. La Figura 1 muestra el comportamiento de los genotipos evaluados en un máximo de 9 ambientes diferentes, que involucran diferentes localidades y años. Cabe señalar que como no todos los genotipos estaban plantados en todas las localidades, las conclusiones sobre el rendimiento señaladas arriba consideran promedios compuestos por la respuesta en ambientes equivalentes en cada genotipo; y que en la figura 1 la respuesta de los genotipos considera un mínimo de 2 ambientes (Tradition) y un máximo de 9 (Ranco).

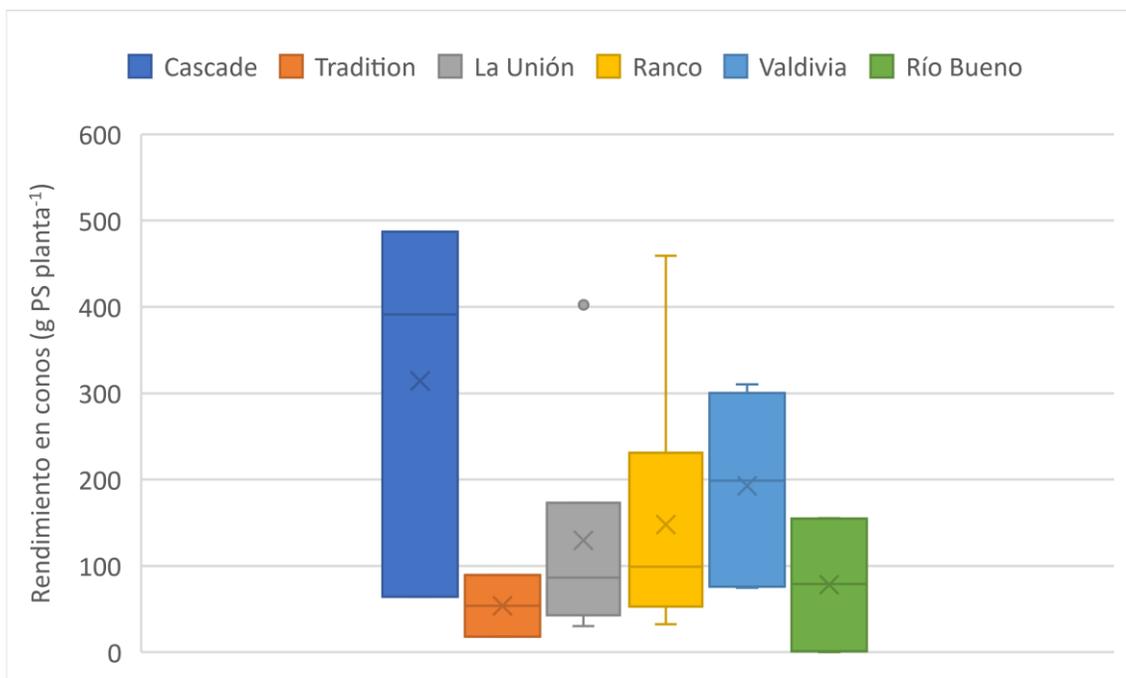


Figura 150. Respuesta del rendimiento de los genotipos de Lúpulo evaluados en este estudio en un máximo de 9 ambientes diferentes, que resultan de la combinación de diferentes localidades y años.

En cuanto a la concentración de alfa ácidos esta fue superior en las variedades comerciales, respecto de los ecotipos nacionales, superando en varias magnitudes los valores de éstas últimas. Entre los ecotipos no hubo diferencias significativas en el promedio de alfa ácidos a través de los ambientes, pero estos valores fueron levemente superiores en el ecotipo Valdivia, seguido por la Unión y luego Ranco (Figura 2). La mayor variabilidad de este contenido entre ambientes se encontró eso sí, justamente en el ecotipo Valdivia, y la menor en el ecotipo Ranco. Respecto de la relación alfa/beta ácidos, la tendencia fue similar. Los valores de las variedades comerciales fueron superiores a los ecotipos nacionales y entre estos ecotipos, la mayor relación se encontró en el ecotipo la Unión (Figura 3).

De estos resultados se puede concluir que no existen diferencias importantes en el rendimiento, y concentración de compuestos en los conos entre los ecotipos nacionales evaluados, por lo cual los tres son recomendables para su cultivo en la región. La adaptación específica puede concluirse en base a los resultados por localidad, pero es importante considerar que su

rendimiento y concentración de alfa y beta ácidos es muy dependiente del manejo y la condición climática anual y no solo del sitio de plantación. Es por esto por lo que la decisión debe estar basada tanto en el rendimiento en compuestos logrado en cada localidad como en la estabilidad del rendimiento presentada por los ecotipos ante estos cambios, considerando especialmente futuras condiciones de cambio climático.

En el informe final de este estudio se entregará un análisis más detallado que considere todas las otras variables evaluadas, además de los resultados de la zonificación edafoclimática, de modo de considerar en la recomendación aquellos aspectos críticos que pueden influir en la viabilidad del cultivo en la región en el presente y en escenarios climáticos futuros. Además, este análisis incluirá la evaluación sensorial que es un aspecto clave para la proyección comercial del cultivo.

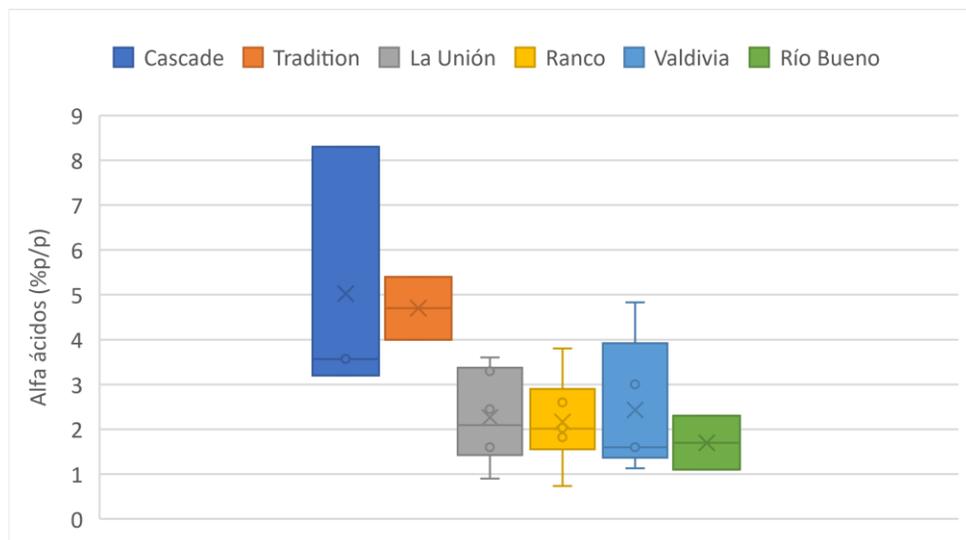


Figura 151. Respuesta en la concentración de alfa ácidos de los genotipos de Lúpulo evaluados en este estudio en un máximo de 9 ambientes diferentes, que resultan de la combinación de diferentes localidades y años.

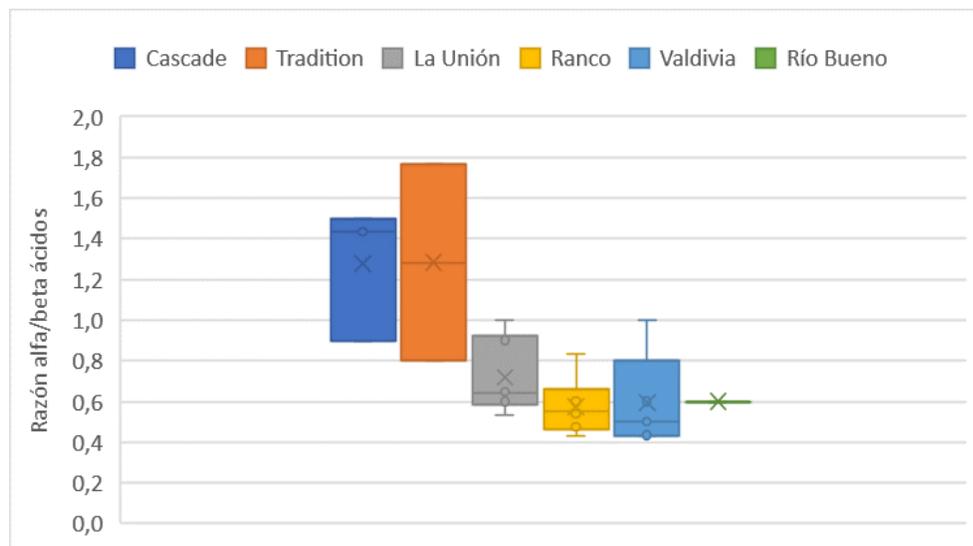


Figura 152. Respuesta en la concentración de alfa ácidos de los genotipos de Lúpulo evaluados en este estudio en un máximo de 9 ambientes diferentes, que resultan de la combinación de diferentes localidades y años.

#### 2.14 Días de campo y talleres de transferencia tecnológica en los patios demostrativos.

##### Taller Establecimiento de Lúpulo

En septiembre de 2019 se realizó un taller de establecimiento de lúpulo, orientado a agricultores, productores de cerveza, equipos técnicos de INDAP y Prodesal, asesores y público en general, interesados en el cultivo de Lúpulo. La actividad consistió en una charla, a cargo del profesional Hardy Vergara y una capacitación en terreno sobre el sistema de plantación y establecimiento del patio de Lúpulo. El taller fue realizado en el CIC de Máfil con la asistencia de alrededor de 30 personas (Figura 9). Hardy Vergara abordó los principales aspectos del cultivo, desde su origen, el ciclo del cultivo, cosecha y mercado. En la oportunidad se entregó además una cartilla informativa, con información básica del lúpulo y el proyecto de zonificación (Anexo 11).



Figura 153. Primera parte del taller realizado en la sala de capacitación del CIC de Máfil.

La segunda parte del taller consistió en un trabajo en campo, para conocer las estructuras de propagación (rizomas), su manejo y la labor de plantación de un patio de Lúpulo (Figuras 12 y 13).



Figura 154. Segunda parte del taller sobre sistema de plantación y establecimiento de patio de lúpulo, realizado en el patio del CIC de Máfil.



Figura 155. Autoridades participando de la plantación del cultivo de Lúpulo en el patio establecido en el CIC de Máfil, en el marco del Plan de zonificación edafoclimática del Lúpulo.

<https://corporacionlosrios.cl/index.php/noticiascorp/909-con-plantacion-de-lupulo-se-dio-inicio-a-estacion-experimental-para-estudio>

#### Programa de capacitación en el cultivo del Lúpulo

Debido a que la Pandemia imposibilitó durante gran parte del desarrollo del proyecto, la realización de actividades presenciales con productores, se diseñó un programa de capacitación a distancia. Este curso se denominó “Talleres de Transferencia Tecnológica del Cultivo del Lúpulo” y consistió en un total de seis talleres virtuales, enfocados a potenciales productores de lúpulo y que estuvieron a cargo de los relatores, Carolina Lizana, Hardy Vergara, Erika Briceño, Anita Behn, Richard Toro, Alejandro Jerez, José Miguel Villatoro, Eduardo Sanguinet y Bárbara Vargas (Figura 14). Gran parte de los asistentes forman parte de la Asociación de Productores de Lúpulos de Chile (Asolup), quienes concentra socios desde Coquimbo a Magallanes, entre los que se encuentran productores para autoconsumo, dueños de cervecerías, productores comerciales a pequeña escala y productores potenciales de este cultivo. La asociación ha tenido una activa colaboración con el proyecto, permitiendo una retroalimentación constante y vinculándolo con diferentes iniciativas nacionales y extranjeras. La lista de inscritos en los talleres se presenta en el anexo 8.

Los talleres fueron grabados y todo el material presentado se encuentra disponible en Drive, de modo que los participantes tuvieran acceso a los documentos de estudio.

<https://drive.google.com/drive/folders/1Dvh9NvL7ryWSJij8f10usRm8X3DKG8xU?usp=sharing>

# TALLERES DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Plan de Zonificación Edafoclimática para el Cultivo de Lúpulo Universidad Austral de Chile





**Ecofisiología del Cultivo del Lúpulo y Adaptación al Cambio Climático**



**Dra. Carolina Lizaso**  
PhD Doctora de Facultad Ciencias Agrarias Universidad UACH

Viernes **01- Octubre 2021**  
18:00 hrs vía zoom

**Manejo Agronómico del Cultivo de Lúpulo**



**Hardy Vergara**  
Ingeniero Agrónomo CO Lúpulo del Pinar

Viernes **15- Octubre 2021**  
18:00 hrs vía zoom

**Manejo de Plagas y Enfermedades del Lúpulo**



**Erika Briceño**  
Asesora, Doctora Ciencias de la Agricultura y Dosis Mito en Filipinas

Viernes **29- Octubre 2021**  
18:00 hrs vía zoom

**Componentes Químicos del Lúpulo y sus Propiedades**




**Jose Miguel Vilatazo**  
Ingeniero SACH

**Alejandro Jara**  
Químico Titulado Doctor SACH

Viernes **12 -Noviembre 2021**  
18:00 hrs vía zoom

**Variedades de Lúpulo y su Utilización en Estilos de Cerveza**



**Anita Behn**  
Investigadora, Ing. Agrónoma Experta, Dra. Agronomía - Munich, Alemania

Viernes **26- Noviembre 2021**  
18:00 hrs vía zoom

**Evaluación Económica y Financiera del Cultivo de Lúpulo**



**Eduardo Sangines**  
Docente, Cientista Experto en, Magister en Desarrollo Rural

Viernes **10 -Diciembre 2021**  
18:00 hrs vía zoom

Figura 156. Afiche promocional de los talleres de transferencia tecnológica del cultivo de Lúpulo realizados como parte del plan de formación del Plan de Zonificación Edafoclimática del cultivo

de Lúpulo.

Los talleres que conformaron los talleres sobre Potencial del cultivo del Lúpulo, en la región de los Ríos se realizaron en las fechas previstas. El 1 de octubre de 2021 se llevó a cabo el taller “Ecofisiología del cultivo del Lúpulo y adaptación al cambio climático” impartido por Carolina Lizana; el segundo taller titulado “Manejo agronómico del cultivo de lúpulo” se llevó a cabo el 15 de octubre del 2021 y fue dictado por Hardy Vergara y el 29 de octubre del 2021 Erika Briceño impartió el taller titulado “Manejo de plagas y enfermedades del lúpulo”. Durante noviembre se realizó el taller “Componentes químicos del Lúpulo y sus propiedades” ejecutado por los académicos del Instituto de Química y Farmacia José Miguel Villatoro y Alejandro Jerez. El siguiente fue el taller de variedades de Lúpulo y estilos de cerveza dictado por la Dra. Anita Behn en conjunto con el Experto Cervecerero Richard Toro (Certified Cicerone y ex Head Brewer de Cerveza Bundor, ex socio Fundador de Cervecería Meltor entre otras importantes posiciones). Durante el mes de diciembre se realizó el último taller virtual del curso sobre la evaluación económica y financiera del cultivo del Lúpulo a cargo del profesor Eduardo Sanguinet y Bárbara Vargas.

La aprobación del curso completo tuvo requisitos de asistencia del 70% y una evaluación que contenía preguntas de cada uno de los talleres (Anexo 9). El taller fue aprobado por 16 personas que participaron en esta capacitación y cuyos diplomas serán entregados en la ceremonia de Cierre del proyecto.

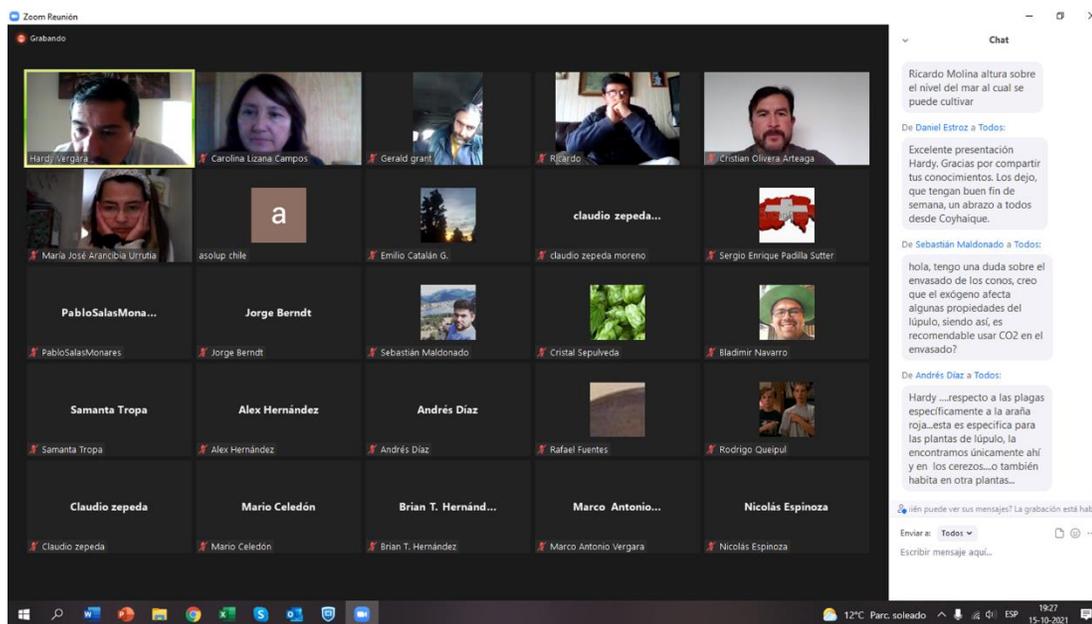


Figura 157. Imagen de los asistentes a uno de los talleres impartidos en el marco del Plan de Zonificación Edafoclimática del Lúpulo.

#### Taller de manejo agronómico del cultivo de lúpulo en la Región de los Ríos

El 14 de enero de 2022 se realizó un taller presencial en la EEAA de la Universidad Austral de Chile (Anexo 10. Invitación taller manejo agronómico), que tuvo por objetivos:

- Transferir de manera practica aspectos de manejo y desarrollo del cultivo del Lúpulo en la región de los Ríos.
- Conocer a los diferentes actores del ecosistema de producción de lúpulo y generar discusiones que permitan iniciar una hoja de ruta para el cultivo

El taller convocó a socios de Asolup (Asociación de productores de Lúpulo) desde la región metropolitana hasta Aysén, así como productores avanzados de la región de los Ríos (Lúpulos Chile y Lúpulos Hueimén), quienes compartieron sus experiencias en el desarrollo del cultivo del Lúpulo.

El programa del encuentro consistió en tres partes: un taller facilitado para detectar brechas y desafíos para el desarrollo del Lúpulo a nivel regional y nacional (Anexo 11. Programa taller; Figuras 16-17), una visita de campo para discutir aspectos de manejo del cultivo (Figura 18 y 19) y una actividad extraordinaria que se relacionó con la conformación de la asociación de productores de Lúpulo (Figuras 20 y 21).

En la primera parte del taller se presentó la actividad y hubo palabras de actores relevantes en el rubro. El taller contó con la presencia de contrapartes de gobierno regional (Encargada FIC Los Ríos Srta. Paulina Peña, Ejecutivo estudio de Zonificación edafoclimática del Lúpulo, Sr. Alejandro Vásquez), autoridades universitarias (Vicerrector de Investigación Dr. Mylton Jiménez) y el equipo técnico del proyecto. Posteriormente se generaron mesas de discusión acerca de las brechas, desafíos y proyecciones del cultivo, información que fue sistematizada para utilizar en futuros encuentros (Figuras 22).

<https://diario.uach.cl/productoras-de-lupulo-fortalecen-capacidades-para-adaptacion-y-desarrollo-tecnologico-de-este-cultivo/>



Figura 158. Participantes Taller de trabajo técnico - productivo “Adaptación y Desarrollo tecnológico del cultivo del lúpulo”



Figura 159. Mesas de trabajo Taller de trabajo técnico - productivo “Adaptación y Desarrollo tecnológico del cultivo del lúpulo”



Figura 160. Facilitadora Jimena Besoain quien coordino el taller y trabajo en grupos. Posterior al trabajo en mesas se realizó una visita al patio de lúpulo de la estación experimental Agropecuaria Austral de la UACH, establecido en el marco del proyecto dirigido por el Dr. Alejandro Jerez. En esta actividad se discutieron in situ distintos aspectos del manejo del cultivo, relacionando y complementando los contenidos obtenidos de manera virtual a través del ciclo de talleres realizados (Figuras 17 y 18).



Figura 161. Visita guiada al patio de Lúpulo de la EEAA-UACH.



Figura 162 Visita al patio de Lúpulo de la EEA-UACH y discusión de aspectos de manejo.



Figura 163. Miembros de Asolup, asistentes a las actividades del Plan de Zonificación Edafoclimática del cultivo del Lúpulo.



Figura 164. Asistentes al taller de manejo agronómico, entre ellos socios de Asolup y colaboradores del proyecto Lúpulos Chile y Lúpulos Hueimén.

#### Taller Cosecha de Lúpulo

El día 18 de marzo de 2022 se realizó un taller de transferencia en el CIC de Máfil, enfocado en la etapa de cosecha y postcosecha del cultivo (Anexo 12. Invitación taller de cosecha).

El taller de trabajo técnico – productivo se denominó **“Cosecha y utilización del lúpulo en la**

**industria cervecera”** y sus objetivos fueron:

- Conocer experiencia de instalación y producción en el patio demostrativo de Máfil
- Transferir prácticas de manejo de cosecha y postcosecha de Lúpulo

El público objetivo fueron los productores de lúpulo, pero también participaron un número importantes de cerveceros artesanales interesados en conocer la producción de esta materia prima, así como vincular sus necesidades en la elaboración de cerveza con los otros actores de la cadena, en este caso los productores de lúpulo.

Al respecto vale la pena destacar que la UACH y el estudio de zonificación de Lúpulo, patrocinó una jornada previa (17 de marzo) organizada por Asolup y que se denominó Mesa Multisectorial del cultivo del Lúpulo (Figura 23), que tuvo la virtud de convocar a productores de cerveza y Lúpulo en una importante conversación acerca de las demandas y la oferta actual de la cerveza artesanal y la industria en general. Si bien esta actividad no es parte del compromiso de este estudio, es importante mencionarla e indicar que a partir de ella se han abierto una serie de oportunidades para los productores, así como para la investigación, lo cual impulsa el ecosistema de innovación de este rubro. A la fecha la asociación ha participado activamente de la copa cervecera, ha adjudicado un proyecto para adquisición de maquinaria de cosecha y uno de sus socios ha colaborado en este proyecto poniendo a disposición un patio de Lúpulo para el estudio de zonificación (Lúpulos 3 puentes, sector Vivanco, La Unión).

<https://cooperativa.cl/noticias/corporativo/noticias/contenido-patrocinado/ya-comenzo-la-mesa-multisectorial-del-lupulo/2022-03-21/131830.html>



Figura 165. Participantes de la primera mesa multisectorial de Lúpulo, marzo 2022.

El programa del taller de campo del 18 de marzo, se presenta en el anexo 13 y consistió en el saludo Autoridades del GORE de los Ríos y Universidad Austral de Chile. La presentación de los avances del estudio de zonificación de Lúpulo a cargo de Carolina Lizana (Anexo 14) y Rodrigo Cazanga (Anexo 15) y la presentación de las principales consideraciones para la cosecha y post cosecha del Lúpulo a cargo de Anita Behn (Anexo 16). Las imágenes de esta sección se presentan en la figura 24.

La actividad de transferencia propiamente tal consistió en una visita al patio de Lúpulo, en donde se explicaron los principales alcances del manejo de cosecha y post cosecha del Lúpulo (Figura 25). Para el desarrollo de la actividad se cosecharon conos de los diferentes ecotipos y variedades de Lúpulo, los que fueron utilizados en una cocción de cerveza en vivo (Figura 26).

Por otra parte, se contó con cerveza de dos productores artesanales, que utilizan en su preparación ecotipos regionales. Ellos fueron cervecería Kainos y Cervecería tres puentes, quienes usan ecotipos cosechados por Lúpulos Hueimén y por Lúpulos tres puentes, ambos

productores que aportaron con sus patios como sitios de evaluación, para el presente estudio (Figura 27).



Figura 166. Presentaciones de los avances del estudio de zonificación de Lúpulo.



Figura 167. Visita guiada al patio de Lúpulo del CIC de Máfil, para analizar aspectos de cosecha y post cosecha.



Figura 168. Cosecha de Lúpulo y elaboración de cerveza con lúpulo fresco, en vivo.



Figura 169. Participación de productores de cerveza que utilizan ecotipos regionales en su elaboración: Kainos y Tres puentes, quienes compartieron su experiencia de uso.



Figura 170. Participantes Taller de campo sobre cosecha y post cosecha en el marco del Plan de zonificación edafoclimática de Lúpulo. CIC de Máfil, marzo de 2022.

## PRODUCTORES Y PÚBLICO INTERESADO DE LA REGIÓN DE LOS RÍOS BASADO EN LOS RESULTADOS DE LA ZONIFICACIÓN

### *3.1. Seminario de lanzamiento del proyecto*

El 30 de septiembre de 2019 se realizó la ceremonia de lanzamiento del plan de zonificación de Lúpulo (Anexo 1. Invitación Lanzamiento), con la asistencia de 60 personas (Anexo 2. Lista de asistencia lanzamiento, Figura 1).



Figura 171. Ceremonia de lanzamiento Plan de Zonificación edafoclimática de Lúpulo en el CIC de Máfil.

La ceremonia se inició con el saludo del Gerente en ejercicio de la Corporación de Desarrollo Productivo, Sr. Ángel Beroiza, el Intendente de la Región de Los Ríos, Sr. César Asenjo, el Vicerrector de Investigación de la UCh Dr. Hans Richter y el alcalde de la comuna de Máfil Sr. Claudio Sepúlveda, entre otras autoridades (Figura 2).



Figura 172. Autoridades en ejercicio, que participaron de la ceremonia de lanzamiento del Plan de Zonificación: Intendente de la Región de los Ríos Sr. César Asenjo, Gerente en de la Corporación de Desarrollo Productivo Sr. Ángel Beroiza, Vicerrector de Investigación de la UACH Dr. Hans Richter y alcalde de la Comuna de Máfil Sr. Claudio Sepúlveda.



Figura173. Autoridades presentes en el lanzamiento del Estudio de Zonificación Edafoclimática de Lúpulo.

Como parte del programa (Anexo 3), la directora del Proyecto Dra. Carolina Lizana realizó la presentación de los alcances del proyecto (Anexo 4a), el Dr. Rodrigo Cazanga presentó los avances en el plan de zonificación de la aptitud productiva del lúpulo bajo condiciones climáticas actuales y futuras en la región de los ríos (Anexo 4b) y la Dra. Anita Behn, presentó las oportunidades para el desarrollo, diversificación y comercialización de productos de lúpulo en la región de los Ríos (Anexo 4c). En la actividad participaron además los académicos de la Universidad Austral de Chile, Dra. Erika Briceño, Dr. Ivan Maureira, Dr. Alejandro Jerez y Dr. José Miguel Villatoro, quienes estaban cargo de diferentes unidades de investigación dentro del estudio.

### 3. REALIZAR UN PLAN DE DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA HACIA LOS



Figura 174. Académicos participantes del estudio de zonificación edafoclimática: Dra. Erika Briceño, Dr. Ivan Maureira, Dra. Carolina Lizana, Lic. Hardy Vergara, Dra. Anita Behn y Dr. Rodrigo Cazanga.

#### **3.2. Seminario de cierre del proyecto**

La actividad se realizó el día 31 de agosto de 2022 (Anexo 5. Invitación Ceremonia de cierre).

El programa de la actividad contempló la presentación de dos experiencias en el cultivo de Lúpulo: una productiva y la formación de la primera asociación Nacional de productores de Lúpulo “Asolup” (Anexo 6. Programa Ceremonia de cierre Plan de Zonificación de Lúpulo). Además, se presentaron los principales resultados del estudio, se entregaron diplomas a los productores capacitados en los talleres de transferencia tecnológica, que pudieron asistir el evento y se entregaron los manuales impresos disponibles del estudio (Figuras 5 y 6).

La ceremonia finalizó con una interpretación en arpa por uno de los socios de Asolup.



Figura 175. Expositores del cierre del proyecto de zonificación edafoclimática de lúpulo.



Figura 176. Entrega de diplomas y manuales en el cierre del proyecto de zonificación edafoclimática de lúpulo.

### **3.3 Visita de captura tecnológica a centros de investigación y desarrollo en lúpulo, empresas y agricultores en República Checa (Región de Zatec) y Bélgica**

La actividad de captura tecnológica programada en este estudio, no se realizó producto de la Pandemia, por lo tanto y previa autorización de la CRDP, ésta fue reemplazada por una actividad en terreno orientada a comparar diferentes opciones de manejo de malezas.

Es así como en el CIC de Máfil se implementaron tres tratamientos i) mulch de paja de trigo, ii) intercultivo de garbanzo y iii) manejo tradicional (corte y herbicidas). Estos tratamientos fueron instalados en el mes de octubre de 2021 (Figura 7), luego de lo cual se monitoreó el crecimiento de malezas y el rendimiento final de los diferentes ecotipos.



Figura 177. Tratamientos implementados en el patio de lúpulo del CIC de Máfil: Manejo convencional de malezas (corte y herbicidas), mulch de paja de trigo e intercultivo de garbanzo (por establecer al momento de la fotografía)

Los principales resultados, mostraron que un efectivo control de malezas con mulch de paja durante la temporada. Reduciendo el número de aplicaciones de herbicidas de 3 a 1 comparado con el manejo convencional de malezas. Por otra parte, el intercultivo no fue eficiente en este aspecto, puesto que se debió controlar malezas entre el garbanzo de manera manual y con mayor dificultad que en el sector sin intercultivo. Una vista de los tratamientos se presenta en la figura 8.

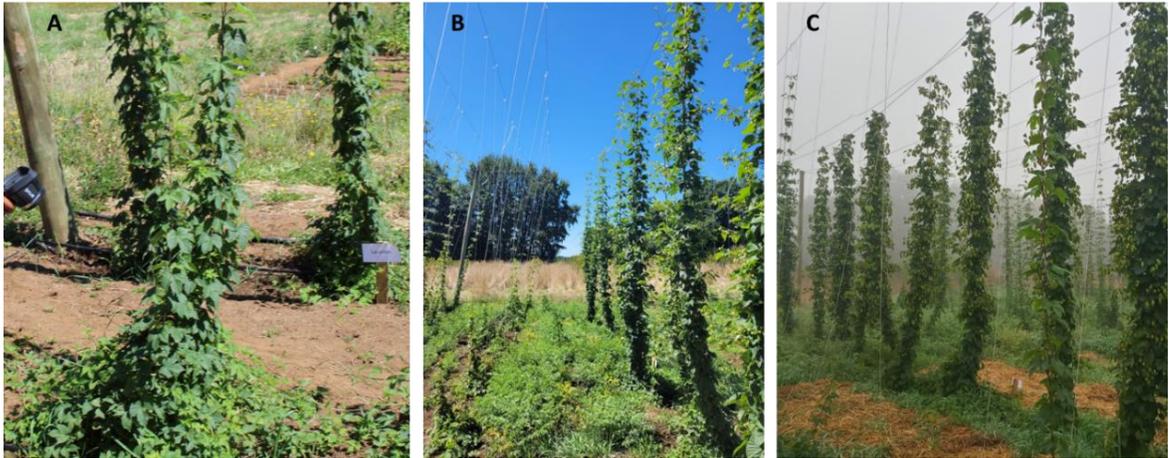


Figura 178. Tratamientos de manejo de la entre hilera del cultivo en febrero de 2022. A. manejo convencional (control mecánico de malezas + herbicidas), B. Intercultivo de garbanzo y C. Mulch de paja de trigo.

Respecto del crecimiento de los genotipos de lúpulo las mayores alturas se registraron en los tratamientos con intercultivo de garbanzo, excepto en el ecotipo Valdivia, donde la altura fue mayor en el tratamiento con mulch y en La Unión donde el crecimiento mayor fue en el tratamiento convencional (Figura 9).

Aunque los resultados en términos de altura de planta fueron promisorios en señalar la ventaja de usar el intercultivo como una técnica de control de malezas en la entre hilera de los patios de Lúpulo y se obtener un segundo producto en la misma superficie, el crecimiento de las plantas en cada tratamiento fue bastante irregular, lo cual hace necesario repetir el tratamiento al menos una temporada más para obtener resultados confiables. Por esta razón y dado que la variedad comercial cascade si tuvo un crecimiento uniforme en todo el patio de Lúpulo, el análisis de rendimiento se realizó en esta variedad.

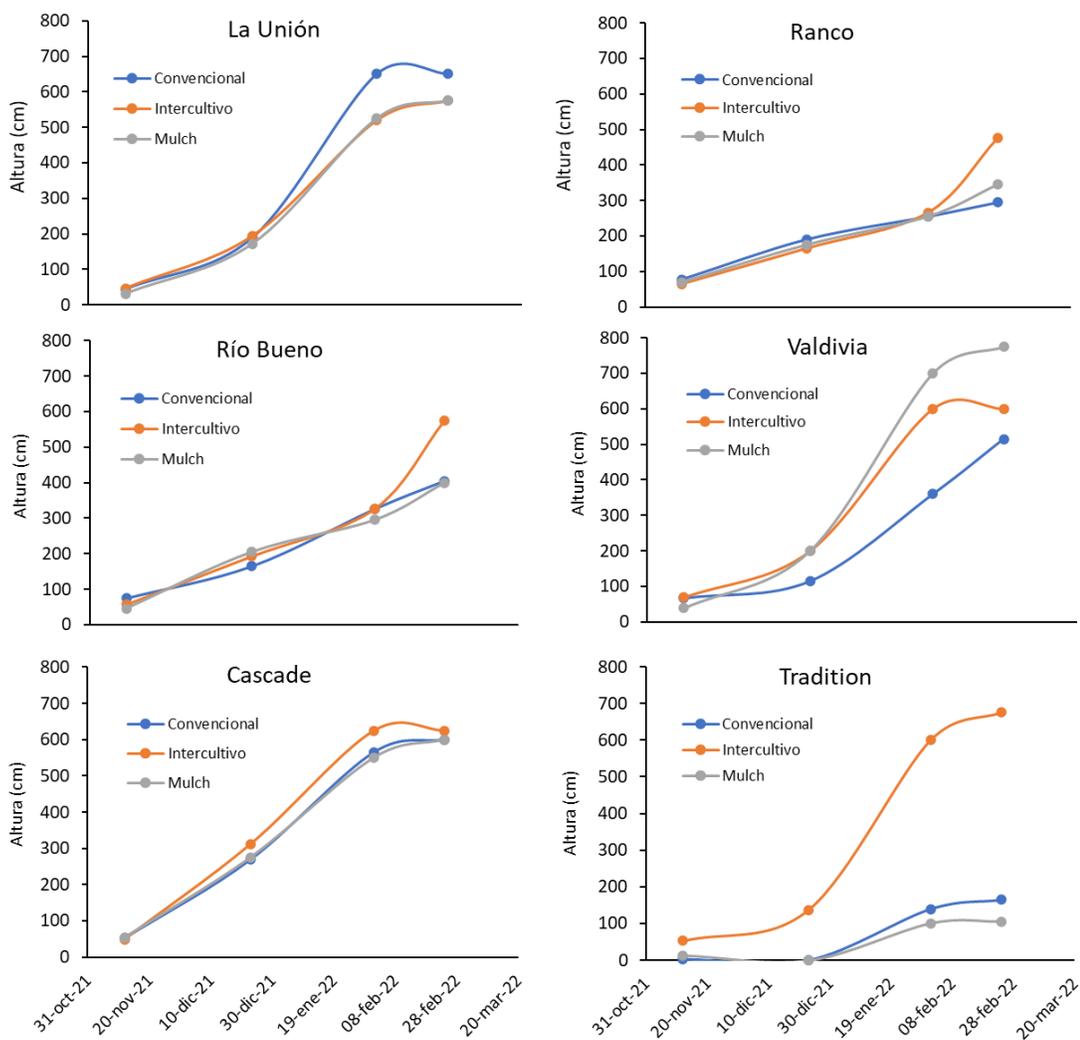


Figura 179. Crecimiento de las plantas de Lúpulo de los ecotipos La Unión, Ranco, Río Bueno y Valdivia, y las variedades comerciales Cascade y Tradition en tres tratamientos de manejo de la entre hilera: manejo Convencional de malezas, Intercultivo de garbanzos y Mulch de paja de trigo.

Para el caso de Cascade, el rendimiento en conos fue superior en el tratamiento con inter cultivo de garbanzo, seguido por mulch y en tercer lugar el manejo convencional (Figura 10). Este resultado confirma la ventaja de establecer un inter cultivo en la entre hilera, especialmente alguna leguminosa, que, a la luz de los resultados, no compite con el cultivo principal de Lupulo y por el contrario este logra producir mayor rendimiento. En el caso del Mulch, también se

considera una buena alternativa, pues reduce el número de jornadas hombre utilizadas para el control de malezas y el uso de productos químicos. Por otra parte, y aunque no fue evaluado en este ensayo, se sabe que el balance hídrico del suelo mejora con el uso de mulch, pues se reducen las pérdidas de agua por evaporación directa del suelo.

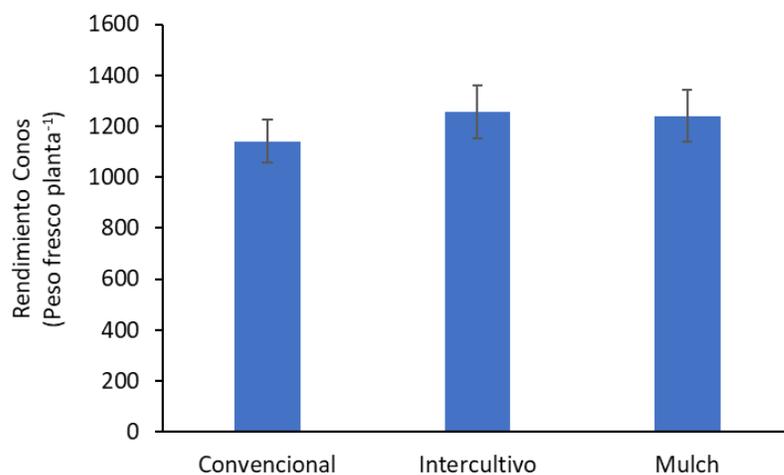


Figura 180. Rendimiento en conos de la variedad Cascade en el CIC de Máfil, bajo tres tratamientos de manejo en la entre hilera: Convencional (control anual + herbicidas), intercultivo de garbanzo y mulch de paja de trigo.

### ***3.4. Días de campo y talleres de transferencia tecnológica para productores, profesionales y técnicos***

Los resultados se presentaron en la sección 2.14

#### Videos Plan de zonificación Edafoclimática de Lúpulo

Como una manera de difundir los principales alcances del estudio de zonificación edafoclimática de Lúpulo se produjo un video que contiene la información básica del proyecto sintetizando las actividades realizadas en su primer año de ejecución. <https://youtu.be/DToNEhG4-pl>



Figura 181. Video inicial, Plan de zonificación edafoclimática para el cultivo del Lúpulo.

Por otra parte, se han generado otros dos videos que están destinados a servir de manual audiovisual general sobre el cultivo del lúpulo, el primero de ellos aborda aspectos del establecimiento y desarrollo del cultivo (<https://youtu.be/UMyfZkwuWnk>), mientras que el segundo está dedicado a aspectos de postcosecha y uso de lúpulo en la elaboración de cerveza



Figura 182. Video 10 pasos para plantar y cultivar lúpulo.

***3.5. Desarrollo de Manual técnico-productivo-económico del lúpulo en la Región de los Ríos, que incluirá las proyecciones del cultivo regional emanadas del Plan de Desarrollo orientados hacia productores, profesionales y técnicos***

El manual técnico productivo se encuentra en el anexo 16. Este manual recopila información desde el origen del lúpulo hasta el análisis económico y financiero de patios de superficies adaptadas a la mano de obra familiar, con especial énfasis en el manejo de los ecotipos regionales de Lúpulo, para las condiciones edafoclimáticas de la región de los Ríos. El manual contiene información única generada en la región y es el primer manual del cultivo generado

para las condiciones locales.

### ***3.6. Incorporación de los resultados del Plan de Zonificación en soportes digitales, software, web***

Los mapas y la información de zonificación edafoclimática comprometidas en este estudio se están a disposición de los usuarios en una página web del Plan de zonificación (<https://aptitudr14.wixsite.com/website/mapas>). Esta plataforma considera acceso a información del proyecto, galerías de imágenes, principales resultados acceso a un atlas de mapas, al manual técnico productivo del cultivo del lúpulo, y acceso a un sistema de consulta por coordenadas o nombre de un lugar, sobre la aptitud productiva en escenarios actuales y futuros (Figura 31).

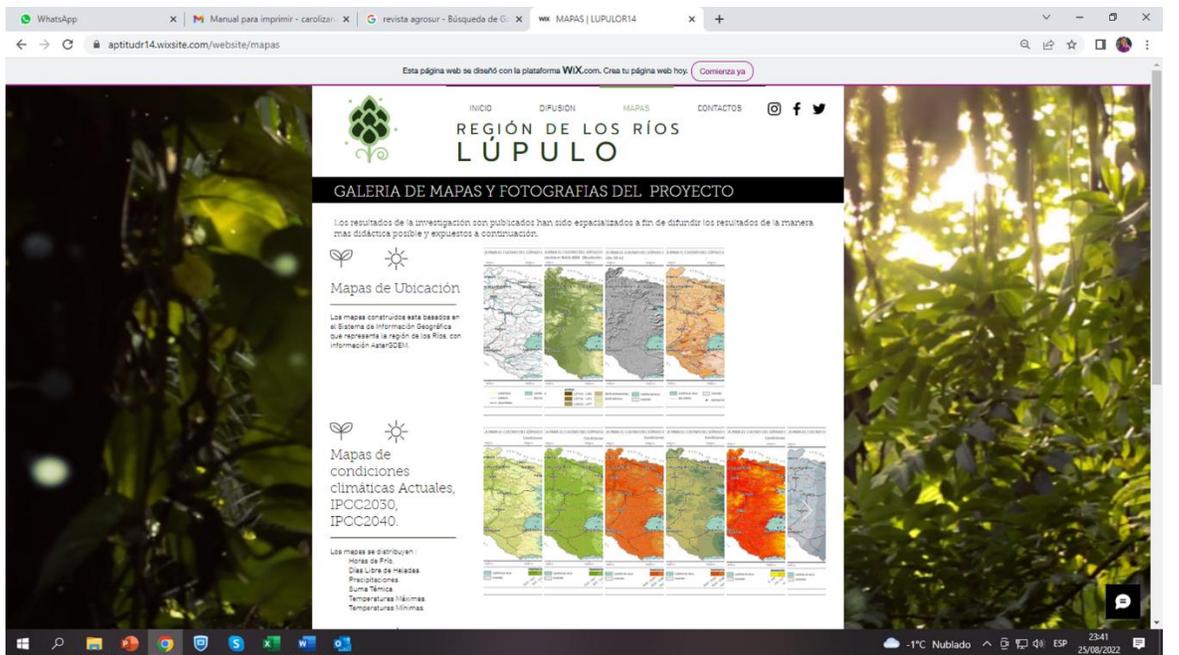


Figura 183. Visualización de la página web del proyecto con la información sobre zonificación productiva.

### ***3.7 Redacción de publicaciones científicas y de divulgación, participación en seminarios nacionales y/o internacionales***

La participación en seminarios nacionales e internacionales se vio dificultada por efectos de la Pandemia, no obstante, el equipo del proyecto ha realizado actividades de divulgación científica a través de las charlas y presentaciones realizadas durante toda la ejecución del proyecto. Por ejemplo, las investigadoras Anita Behn y Carolina Lizana, presentaron avances en investigación en Lúpulo en la mesa multisectorial del cultivo realizada en marzo. Se han realizado notas de prensa de cada una de las actividades realizadas en el marco del estudio. Se han generado entrevistas en medios de comunicación digitales ([https://www.youtube.com/watch?v=GS6\\_dAHkIA](https://www.youtube.com/watch?v=GS6_dAHkIA)).

Por otra parte, los contenidos de Lúpulo además fueron incluidos en una asignatura a cargo de la directora del estudio, para la carrera de Agronomía de la UACH (Raíces y Tubérculos PSVE 213). Recientemente se envió una publicación a la revista científica Agrosur la cual contiene los principales resultados del proyecto (Anexo 17).

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados es posible concluir que el territorio de la región de Los Ríos es apto para la producción de Lúpulo a nivel de especie y que las condiciones climáticas futuras, podrían ser favorables para la producción del cultivo, de acuerdo con los resultados a nivel de especie y genotipo. Debido a lo anterior, es importante continuar evaluando los requerimientos ecofisiológicos de los 4 ecotipos (Ranco, Valdivia, La Unión, Río Bueno) además de otras variedades comerciales que puedan ser de interés para los productores.

Respecto del objetivo 2, se puede inferir que

- Es posible construir un patio de lúpulo de 550m<sup>2</sup> con materiales locales y con un costo abordable por programas de fomento enfocados en la pequeña agricultura (\$4.500.000 aproximadamente).
- El cultivo puede ser manejado sin problema con mano de obra familiar, de manera mecanizada o manual, de acuerdo con la disponibilidad de equipos de los productores.
- Los ecotipos regionales se adaptan bien a diferentes condiciones edafoclimáticas de la región, logrando un crecimiento superior al de las variedades comerciales.
- Si bien es necesario hacer ajustes de manejo del cultivo, se puede afirmar que no existen limitaciones nutricionales ni sanitarias que impidan el establecimiento del cultivo en esta región.
- Los conos de lúpulo de los ecotipos nacionales, se caracterizan por tener un perfil aromático y bajo nivel de alfa ácidos. Si bien otorga una menor intensidad de amargor a la cerveza, le confiere caracteres organolépticos diferenciadores que tienen alta aceptación en los consumidores (de acuerdo con evaluación del panel sensorial).
- El ecotipo nacional La Unión, presenta mejor aceptación y características organolépticas como aroma, cuerpo y calidad del amargor, que el ecotipo Ranco, en la formulación de una cerveza tipo Pils.
- Los ecotipos nacionales se diferencian genéticamente de las variedades comerciales lo cual abre la posibilidad de elaboración de cerveza con denominación de origen, utilizando esta materia prima local.

- Un patio de las dimensiones utilizadas en este estudio es rentable para un pequeño productor, no obstante, requiere considerar inversiones para el secado, envasado y conservación en frío, que deberían ser abordadas de manera colectiva para diluir los costos de equipamiento y optimizar el uso de esta infraestructura, dentro de la región.
- El Cultivo del lúpulo tiene importantes perspectivas de desarrollo en la región, a diferentes escalas. Las variedades comerciales presentan demanda a nivel internacional y es posible que también la exista para los ecotipos nacionales, dado que el consumo de cerveza sigue en aumento a nivel mundial. A nivel de pequeño agricultor, el cultivo ofrece la producción de un insumo de alto valor para la industria de la cerveza artesanal o industrial, una producción temprana de las plantas (2° año), respecto de otros cultivos similares (ej: frutales), y por lo tanto una recuperación de la inversión en el mediano plazo. Por otra parte, es posible utilizar otros órganos de la planta para la extracción de compuestos útiles a la industria farmacéutica de alimentos o materiales como sub producto de la producción de conos, agregando valor al cultivo. Esto demuestra la oportunidad de insertar el cultivo y a los productores de la región, en cadenas de valor de productos innovadores y diferenciados, con buenas perspectivas de mercado.
- Considerando lo anterior se recomienda continuar con estudios de fertilización, conducción, tipo de riego, mulch, intercultivos u otros manejos agronómicos que permitan optimizar la producción y rentabilidad del cultivo del lúpulo para ser transferido a los agricultores de la región como una alternativa productiva innovadora.

El programa de actividades de divulgación y transferencia debió ser adaptado a las condiciones en las que se desarrolló el estudio, no obstante, se logró realizar una adecuada gama de actividades, que abarcaron todas las temáticas del estudio y con una buena cobertura en cuanto a participantes.

Las actividades consistieron en seis talleres virtuales, tres días de campo, tres videos, una publicación científica, un manual técnico-productivo, una plataforma de acceso a la información sobre la zonificación edafoclimática del lúpulo y múltiples ponencias, entrevistas y notas de prensa. La difusión realizada ha permitido al equipo técnico mantener un contacto permanente con el sector productivo y ser contactadas para consultas en estos ámbitos. La interacción generada con generosos colaboradores como Lupulos Hueimen, Tres puentes, Cerveceria kainos

y Asolup entre otros que han puesto a disposición sus redes, recursos y experiencia ha permitido retroalimentar el estudio. Por nuestra parte esperamos que el manual técnico productivo sea especialmente para obtener información para la toma de decisiones de inversiones públicas o privadas en este rubro y sea la base para visualizar oportunidades de desarrollo o negocios vinculados a este cultivo.

## REFERENCIAS

- Anaya, L. (2001). Relaciones químicas entre organismos: Aspectos básicos y perspectivas de su aplicación. Ciudad de México: Instituto de Ecología, UNAM.
- Apey, A. (2019). La fruticultura en Chile: tendencias productivas y su expresión territorial. Recuperado el [https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/05/Art%C3%ADculo-Fruticultura\\_mayo-1.pdf](https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/05/Art%C3%ADculo-Fruticultura_mayo-1.pdf)
- Bañón, F (2013). Plantación de lúpulo de 2,04 ha en Mabegondo (A Coruña). Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.T.S.I. Agrónomos (UPM) [antigua denominación], Madrid.
- Bascopé, A. (2013). Cambio climático: Impacto en la agricultura heladas. Santiago, Chile. Obtenido de <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2013/12/cambioClimatico2013.pdf>
- Bascur Palacios, G. (2013). Plan de negocio de una cervecería artesanal en la Región Metropolitana. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago
- Benedetto, M. (2019). El lúpulo y su potencial. Secretaría de Agroindustria. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. República Argentina. <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=189>
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2008). Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs, 2 volume set. John Wiley & Sons.
- Burgess, A. H. (1964). Hops: Botany, Cultivation, and Utilisation. Hops: Botany, Cultivation, and Utilisation.
- Cameroni, M. (2013). Ficha Cono de Lúpulo. Subsecretaría de Agregado de Valor y Nuevas Tecnologías. pp. 1-7. [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/aromaticas/productos/lupulo\\_2013\\_08Ago.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/aromaticas/productos/lupulo_2013_08Ago.pdf)
- Campbell, CAM & Ridout, MS (2001) Efectos del espaciado de las plantas y la intercalación con la colza sobre la colonización de lúpulos enanos por el pulgón del ciruelo, *Phorodon humuli*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 99 (2), 211-216.
- Campbell, S., & Pearson, B. (2018). [EP561] Packaging and Storage of Hops (*Humulus lupulus*). EDIS, 2018(4).
- Carvajal, J. (2000). Curso elaboración de cerveza, sidra y vinagre en forma casera. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Cazanga R. 2006. Informe Zonificación Aptitud Frutícola. Informe Final Proyecto Alternativas Productivas Frutícolas en la IV Región. INNOVA Chile CORFO-CIREN.
- Cazanga R. 2011. Capítulo 3: Zonificación de aptitud para la producción vitícola y de aceite de oliva, en la Provincia de Cauquenes. En Denominación de Origen para el Vino y Aceite de Oliva: Una apuesta a la diferenciación de Cauquenes. Marisol Reyes e Irina Díaz Editores. Boletín INIA nº 217. 240p.
- Cazanga R., von Bennewitz E., Quiñones X. y Fredes C. 2012. Zonificación agroclimática de aptitud

- productiva para arándano en la Región del Maule, bajo condiciones climáticas actuales y futuras. Libro de Resúmenes. 63º Congreso Agronómico 2012. Temuco, Chile.
- Chiera, A. (1949). Contribución al conocimiento del lúpulo argentino: estimación de su calidad cervecera (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Chile, asociación de productores de cerveza Chile S.A (ACECHI). 2019. (On line) <http://acechi.cl>
- CiREN. 2003. Estudio Agrológico de la X Región, publicación 123
- CONAMA. 2006. Estudio de la variabilidad climática en Chile para siglo XXI. Informe final. Efectuado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile
- Conway, S.; Reid, S. (2008). *Humulus lupulus* – Hops. College Seminar 235 Food for Thought: The Science, Culture, & Politics of Food Spring 2008
- Crepinsek, Z. 1996. A dynamic model of growth, development and yield of hops (*Humulus lupulus* L.) related to some environmental parameters. Biotechnical Fac., Agronomy, 67, 19-32
- Darby, H. (2011). Fertility guidelines for hops in the Northeast. University of Vermont Extension Program.
- Darby, H., Bruce, J., & Lewins, S. (2017). Hop Harvest Timing.
- De Keukeleire, J., Ooms, G., Heyerick, A., Roldan-Ruiz, I., Van Bockstaele, E., (2003). Formation and accumulation of  $\alpha$ -acids,  $\beta$ -acids, desmethylxanthohumol, and xanthohumol during flowering of hops (*Humulus lupulus* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(15), 4436-4441.
- Defra (2011). Fertiliser Manual (RB209).
- Del Valle, J. M., Rivera, O., Teuber, O. y Palma, M. (2003). Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of Chilean hop (*Humulus lupulus*) ecotypes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83(13), 1349–1356. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1547>
- Delahunty, K. M., & Johnston, J. C. (2015). Strategies for Weed Management in Organic Hops, a Perennial Crop. Agronomy Journal, 107(2), 634-640.
- Dodds, K., (2017). Hops a guide for new growers. Department of primary industries.
- Dultuh News Tribune. (2016). Hoops on hops: Forecasting craft beer trends for 2017. From <http://www.duluthnewstribune.com/features/taste/4187527-hoops-hops-forecasting-craft-beer-ends-2017>
- Eibel, S., Neugrodda, C., Celedón, M., Behn, A. y Kausel, G. (2015). Caracterización genética y morfológica de ecotipos de *Humulus lupulus* del sur de Chile. 66º Congreso Anual de la Sociedad Agronómica de Chile (SACH) junto al 13º Congreso de la Sociedad Chilena de Fruticultura (SOCHIFRUT), “Recursos 26 Hídricos - el Desafío de la Agricultura Chilena”, del 17 al 20 noviembre de 2015, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Escauriaza, R. (1947). Cultivo del lúpulo. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, Madrid, España.
- Espinosa, J. (1993). Análisis foliar: fundamentos y métodos de evaluación.
- Evans, R., 2003. Hop management in water-short periods. Washington State University Fact 458

- Sheet: EM4816, Drought Advisory. 459
- <http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/em4816/em4816.pdf> (accedido 08 March 2012).
- Forster, A. (2001): La importancia del año de cosecha para evaluar los productos de lúpulo. Brauwelt
- G. 2012. Environment and weather influence on quality and market value of hops. *Plant Soil and Environment* 58 (4) 155-160.
- García, B., & Castillo-Olivas, O. (2018) Biología del acaro de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch. en laboratorio en chapingo, estado de México.
- Gent, D. H., Barbour, J. D., Dreves, A. J., James, D. G., Parker, R., Walsh, D. B., & O'Neal, S. (2009). Field Guide for Integrated Pest Management in Hops. Oregon State University, University of Idaho, USDA Agricultural Research Service, Washington State University, USA.
- Gingrich, G. A., Hart, J. M., & Christensen, N. W. (1994). Hops.
- Gobierno regional. (2022). Obtenido de <https://www.goredelosrios.cl/index.php/89/>
- González, K. (2017). Plan de negocios para cultivo y exportación de lúpulo desde la región de los ríos. Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/147497/Plan-de-negocios-para-cultivo-y-exportacion-de-lupulo-desde-la-Region-de-los-Rios.pdf>
- González, R., & Rojas, A. (2014). La relevancia evolutiva de los ecotipos. *Elementos*, 9(14), 49-54
- Guerberoff, G. K., Marchesino, M. A., López, P. L., & Olmedo, R. H. (2020). El perfil sensorial de la cerveza como criterio de calidad y aceptación.
- HAPI, (2019). Fertility guide for hops. Hop Research Center (HAPI)
- Harp, D. C., Townsend, M. S., Qian, Y., & Shellhammer, T. H. (2014). Effect of harvest maturity on the chemical composition of Cascade and Willamette hops. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 72(4), 231-238.
- Hecht S., Kammhuber K., Reiner J., Bacher A., Eisenreich W. 2004. Biosynthetic experiments with tall plants under field conditions. 18O<sub>2</sub> incorporation into humulone from *Humulus lupulus*. *Phytochemistry*, 65: 1057–1060.
- Holdings, K. (2019). Kirin Beer University Report: Global beer consumption by country in 2014.
- INDAP. (2017). optimizar la implementación de los instrumentos de acuerdos de producción limpia (APL) y acuerdos de producción limpia sustentable (APL-S) para la AFC del país. Informe final de la consultoría FIA-INDAP. Obtenido de <https://www.indap.gob.cl/sites/default/files/2022-02/consultor%C3%ADa-fia-indap-propuesta-optimizacion-apl--afc.pdf>
- IPCC. 2022: <https://www.ccafs.cgiar.org/es./home>.
- Jackson, D., Siegle, L., & Scoggins, H. L. (2019). Irrigation Considerations for Commercial Hop Producers.
- Jaramillo, P. (2016). Cervezas artesanales, un mercado que emerge bien. *Revista Gestión*, 50-55.
- Kausel, G., & Bhen, A. (2016). Cerveceros artesanales de la región de los ríos, Chile - Diagnóstico y perspectivas para apoyar su desarrollo sustentable.

- Keukeleire J., Ooms G., Heyerick A., Roldan-Ruiz I., Van Bockstaele E., De Keukeleire D. 2007. Relevance of organic farming and effect of climatological conditions on the formation of alpha-acids, beta-acids, desmethylxanthohumol, and xanthohumol in hop (*Humulus lupulus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 61–66.
- Kneen, R., (2004). Small-Scale & Organic Hops Production. Left Fields Farm and BC Investment, Canada. pp. 1-37. <http://cesonoma.ucanr.edu/files/238645.pdf>
- Kovačević, M., & Kač, M. (2002). Determination and verification of hop varieties by analysis of essential oils. *Food Chemistry*, 77(4), 489–494. doi:10.1016/s0308-8146(02)00114-0
- Kucera J., Krofta K. 2009. Mathematical model for prediction of yield and alpha acid contents from meteorological data for Saaz aroma variety. *Acta Horticulturae*, 848: 131–139.
- Kuepper, G., & Adam, K. L. (2012). Hops: Organic Production. ATTRA
- Laboski, C. & Baxter, C. (2017). Fertilizer Management for Hop. Hop Production for the Craft Brew Industry 8 th Annual Seminar, 2/25/17 Amherst, WI. 111(5), 2499-2502.
- Lerdón, J. (2018). Preparación y evaluación de proyectos agrícola industriales. (Instituto de Economía agraria. Universidad Austral de Chile
- Lerdon, J., & Scheihing, G. (2016). Análisis económico del establecimiento de *Humulus lupulus* L. *Agro Sur*, 44(1), 71-78
- Leskovar, L. (1978). El lúpulo: su cultivo y procesamiento. Editorial Hemisferio Sur S.A. pp. 1-44.
- Liyanage, A. D. S., & Royle, D. J. (1976). Overwintering of *Sphaerotheca humuli*, the cause of hop powdery mildew. *Annals of applied Biology*, 83(3), 381-394.
- Lizotte, E., Serrine R., Miles T., Jess L. & Zandstra B. (2018). Hop management guide. University of Michigan Extension Program.
- Lizotte, E., Serrine R., Miles T., Jess L. & Zandstra B. (2020). Hop management guide. University of Michigan Extension Program.
- Lorenzana, A., Seco, M. V. & Magadán, J. A. (2006). Spatial and altitudinal distribution of *Phorodon humuli* (Schrank, 1801) (Hemiptera, Aphididae) in the hop. *Phytoma España* (España).
- Lüer, 2019. Caracterización de ecotipos chilenos de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) en la Región de los Ríos. Tesis de pregrado, facultad de Ciencias Agrarias, UACH. 72 p.
- Lüer, C. (2019). Caracterización de ecotipos chilenos de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) en la Región de los Ríos (Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile).
- Magadan M., Olmedo JL., Piñeiro J., Valladares J., Garcia JM., Fernandez J. 2011. Guía del cultivo el Lúpulo. 33p. <http://www.lutega.com/pdf/guiacultivo.pdf>
- Magadan, J., Olmedo, J., Pineiro, J., Valladares, J., Garcia, J. y Fernández, J., (2011). Guía del cultivo del Lúpulo. (On line) Sociedad Agrícola Española. <http://www.lutega.com/pdf/guiacultivo.pdf> (10 Nov. 2017).
- Mahaffee, W. F., Pethybridge, S. J., & Gent, D. H. (2009). Compendium of hop diseases and pests. American Phytopathological Society (APS Press).

- Maino, M. (1983). El cultivo del lupulo en Galicia: una riqueza perdida. *Anuario brigantino*, (6), 101-104.
- Martínez, J. (2020). Producción de harina de bagazo a partir de un residuo de la industria cervecera (Bachelor's thesis).
- Matsche, B., Insa, A. M., Wiesen, E., Schönberger, C., & Krottenthaler, M. (2018). The influence of yeast strains and hop varieties on the aroma of beer. *brewing science*, 71(5-6), 31-38
- Ministerio del medio ambiente. (2013). Plan de adaptación del cambio climático del sector silvoagropecuario. Elaboración Plan acción nacional de cambio climático 2008-2012. En cooperación Alemana a través de Deutsche. Santiago. Obtenido de [https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/plan\\_CC\\_Silvoagropecuario.pdf](https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/plan_CC_Silvoagropecuario.pdf)
- Moradillo, J. L. V., & Jimeno, J. E. G. (1997). Evolución de los macronutrientes en el cultivo de lúpulo. *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*, (780), 573-576.
- Morales Ibañez, J. A. (2019). Estudio de factibilidad para elaboración y comercialización de producto en la industria cervecera artesanal en la región del BIO-BIO.
- Morales L. y F. Neira. 2009. Cartografía climática mediante redes neuronales artificiales: Aplicación en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. V Congreso Latinoamericano de Física y Química Ambiental, VI Jornadas de Física y Química Ambiental 14 – 17 de Oct. 2009, Valparaíso, Chile.
- Morales-Salinas Luis, Cárdenas-Jirón Luz, Ruivo C. Celestino, Da-Silva M. Luis, Neira-Román José, Santelices-Vargas Daniela, Cazanga Solar Rodrigo. 2018. Calibration Hargreaves-Samani model to estimate monthly mean global solar radiation in central-south Chile. *Advances in Meteorology*.
- Morcol, T. B., Negrin, A., Matthews, P. D., & Kennelly, E. J. (2020). Hop (*Humulus lupulus* L.) terroir has large effect on a glycosylated green leaf volatile but not on other aroma glycosides. *Food chemistry*, 321, 126644.
- Mozny M., Tolasz R., Nekovar J., Sparks T., Trnka M., Zalud Z. 2009. The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149: 913–919.
- Murcia, J. L. (2017). La cerveza artesana revoluciona el mercado mundial: Innovación local frente a la industria global. *Distribución y consumo*, 27(148), 71-73.
- Nakawuka, P., Peters, T. R., Kenny, S., & Walsh, D. (2017). Effect of deficit irrigation on yield quantity and quality, water productivity and economic returns of four cultivars of hops in the Yakima Valley, Washington State. *Industrial Crops and Products*, 98, 82-92
- Neve, R. A. (2012). *Hops*. Springer Science & Business Media.
- Neve, R. A. 1991. *Hops*. Chapman and Hall, London. Pp1-78
- Novoa R. y Villaseca S. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. INIA.
- Novoa Salamanca, M. A. (2009). Evaluación del establecimiento de *Phytoseiulus persimilis* (Parasitiformes: Phytoseiidae) para el control de *Tetranychus urticae*-Koch (Acariforme: Tetranychidae) en rosa.

- Observatorio de complejidad económica OEC. (2021). Conos fresco molidos e incluso triturados; lupulino en Chile. Obtenido de <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/hops/reporter/chl>
- Odum, E. P., Ortega, A., & Teresatr, M. (2006). Fundamentos de ecología (No. 574.5 O35).
- Oficina de estudios y políticas agrarias. (2019). Boletín de hortalizas frescas. Obtenido de <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-hortalizas-frescas-octubre-de-2019>
- Pavlovic V., Pavlovic M., Cerenak A., Kosir J., Ceh B., Rozman C., Turk J., Pazek K., Krofta K., Gregoric
- Plan de desarrollo productivo. (2021). Informe de avance n°2 "Plan de zonificación edafoclimática para el cultivo lúpulo en la región de los Ríos BIP 40001371-0.
- Plant, E. (2008). Protocol for distinctness, Uniformity and stability tests.
- Probasco, G. (1997). Hop characteristics used to determine optimum harvest time. Proc. of the Technic. Comm. IHGC, Prague, Czech Republic, 19-34.
- Radisek, S. (2009). Verticillium wilt. p. 33–36. In Mahaffee, W.F. et al. (ed.) Compendium of hop diseases and pests. The American Phytopathological Society, St Paul, MN
- Rizzi, M. R., & Tarazi, N. S. (2018). Producción de cerveza artesanal reemplazando pellets por flor de lúpulo variedad cascade en la ciudad de Córdoba (Bachelor's thesis).
- Roberts, T. R. (2016). Hops. In *Brewing Materials and Processes* (pp. 47-75). Academic Press.
- Rodríguez, H., (2003). Determinación de Parámetros Físico Químicos para la Caracterización de Cerveza tipo Lager elaborada por la Compañía Cervecería Kunstmann S.A. Tesis Ingeniero Alimentos, Universidad Austral de Chile. 95 p. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/far696d/doc/far696d.pdf>
- Rodríguez, S.J. (1993). La fertilización de los cultivos, un método racional. Colección en Agricultura. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 291 p.
- Rossbauer, G.; L. Buhr; H. Hack; S. Hauptmann; R. Klose; U. Meier; R. Staus; E. Weber (1995). "Phänologische Entwicklungsstadien von Kultur-Hopfen (*Humulus lupulus* L.)": 249–253
- Soto Oliva, D. O. (2019). Plan de negocio para la comercialización y distribución de Cerveza Artesanal en la Región Metropolitana.
- Srećec S., Kvaternjak I., Kaucic D., Spoljar A., Erhatic R. 2008. Influence of climatic conditions on accumulation of alpha-acids in hop cones. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 73: 161–166.
- Srećec, S., Rezić, T., Šantek, B., & Marić, V. (2009). Hop pellets type 90: Influence of manufacture and storage on losses of  $\alpha$ -acids. *Acta alimentaria*, 38(1), 141-147.
- Struik, P.C., Amaducci, S., Bullard, M.J., Stutterheim, N.C., Ventura, G., Cromack, H.T.H. (2000). Agronomy of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial Crops and Products* 11, 107-118.
- Suárez Díaz, M. (2013). Cerveza, componentes y propiedades.

- Tapia Díaz, R. J. (2017). Exportación de cerveza artesanal al mercado de Santiago de Chile.
- Teuber, O. (2001). Lúpulo: sabor y aroma tras la cerveza. (On line) Tierra adentro 36: 32-35  
<http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR26129.pdf> (3 nov. 2017).
- Teuber, O. 2001. Lúpulo: sabor y aroma tras la cerveza. Tierra Adentro 36: 32-35.  
<http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR26129.pdf>.
- Teuber, O., (1999). Lúpulo: Sabor y aroma tras la cerveza. Tierra Adentro, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Coyhaique, Chile, pp. 32-35.  
<http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR26129.pdf>
- Toledo, M. (2016). Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras. Tegucigalpa, Honduras. IICA.
- Van Holle, A. (2020). Impact of hop terroir on beer flavour characteristics. Universiteit Gent. Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen.
- Vargas, C., 2016. Industria cervecera impulsa nueva producción de lúpulo. Reportaje revista agrícola Chile 155: 6 – 11.
- Vásquez, C., & Ceballos, M. C. (2009). Susceptibilidad de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) a los plaguicidas clorfenapir y abamectina en condiciones de laboratorio. *Idesia (Arica)*, 27(1), 23-28.
- (<https://nebraskabinetimes.wordpress.com/>)