



## INFORME TECNICO FINAL

Nombre del proyecto	Maqui, nutracéutico silvestre en un escenario de cambio climático. Bases para la identificación de variedades genéticas resistentes a la sequía y alta producción de antioxidantes.
Código del proyecto	PYT-2018-0138
Informe final	Informe Final
Período informado (considerar todo el período de ejecución)	desde el 16 de agosto 2018 hasta el 28 de febrero 2021
Fecha de entrega	

Nombre coordinador	Pablo Guerrero M.
Firma	

## INSTRUCCIONES PARA CONTESTAR Y PRESENTAR EL INFORME

- Todas las secciones del informe deben ser contestadas, utilizando caracteres tipo Arial, tamaño 11.
- Sobre la información presentada en el informe:
  - Debe dar cuenta de todas las actividades realizadas en el marco del proyecto, considerando todo el período de ejecución, incluyendo los resultados finales logrados del proyecto; la metodología utilizada y las modificaciones que se le introdujeron; y el uso y situación presente de los recursos utilizados, especialmente de aquellos provistos por FIA.
  - Debe estar basada en la última versión del Plan Operativo aprobada por FIA.
  - Debe ser resumida y precisa. Si bien no se establecen números de caracteres por sección, no debe incluirse información en exceso, sino solo aquella información que realmente aporte a lo que se solicita informar.
  - Debe ser totalmente consistente en las distintas secciones y se deben evitar repeticiones entre ellas.
  - Debe estar directamente vinculada a la información presentada en el informe financiero final y ser totalmente consistente con ella.
- Sobre los anexos del informe:
  - Deben incluir toda la información que complemente y/o respalde la información presentada en el informe, especialmente a nivel de los resultados alcanzados.
  - Se deben incluir materiales de difusión, como diapositivas, publicaciones, manuales, folletos, fichas técnicas, entre otros.
  - También se deben incluir cuadros, gráficos y fotografías, pero presentando una descripción y/o conclusiones de los elementos señalados, lo cual facilite la interpretación de la información.
- Sobre la presentación a FIA del informe:
  - Se deben entregar tres copias iguales, dos en papel y una digital en formato Word (CD o pendrive).
  - La fecha de presentación debe ser la establecida en el Plan Operativo del proyecto, en la sección detalle administrativo. El retraso en la fecha de presentación del informe generará una multa por cada día hábil de atraso equivalente al 0,2% del último aporte cancelado.
  - Debe entregarse en las oficinas de FIA, personalmente o por correo. En este último caso, la fecha válida es la de ingreso a FIA, no la fecha de envío de la correspondencia.
- El FIA se reserva el derecho de publicar una versión del Informe Final editada especialmente para estos efectos.

## **CONTENIDO**

1. ANTECEDENTES GENERALES	3
2. EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO	3
3. RESUMEN EJECUTIVO	4
4. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	6
5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE)	6
6. RESULTADOS ESPERADOS (RE)	6
7. CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO	31
8. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO	34
9. POTENCIAL IMPACTO	36
10. CAMBIOS EN EL ENTORNO	36
11. DIFUSIÓN	37
12. PRODUCTORES PARTICIPANTES	38
13. CONSIDERACIONES GENERALES	39
14. CONCLUSIONES	41
15. RECOMENDACIONES	42
16. ANEXOS .....	43

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre Ejecutor:	UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Nombre(s) Asociado(s):	CIDERE BIOBÍO
Coordinador del Proyecto:	Pablo Cesar Guerrero Martin
Regiones de ejecución:	Coquimbo hasta Aysén
Fecha de inicio iniciativa:	16-08-2018
Fecha término Iniciativa:	28-02-2021

## 2. EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO

Costo total del proyecto		
Aporte total FIA		
Aporte Contraparte	Pecuniario	
	No Pecuniario	
	Total	

Acumulados a la Fecha		Monto (\$)
Aportes FIA del proyecto		
1. Total de aportes FIA entregados (suma N°1)		
2. Total de aportes FIA gastados		
3. Saldo real disponible (N°2 – N°3) de aportes FIA		
Aportes Contraparte del proyecto		
1. Aportes Contraparte programado	Pecuniario	
	No Pecuniario	
2. Total de aportes Contraparte gastados	Pecuniario	
	No Pecuniario	
3. Saldo real disponible (N°1 – N°2) de aportes Contraparte	Pecuniario	
	No Pecuniario	

### 3. RESUMEN EJECUTIVO

#### 3.1 Resumen del período no informado

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante el período comprendido entre el último informe técnico de avance y el informe final. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

En el presente documento se informa las actividades realizadas entre enero de 2020 a diciembre de 2020. Los resultados fueron coherentes con la carta Gantt.

Específicamente informamos:

Objetivo específico N°2. Las extracciones de ADN con la calidad y concentración requeridas fueron enviadas al proveedor de servicios de secuenciación en el extranjero. Los resultados de la secuenciación se tradujeron en una matriz de datos SNPs que fue utilizada para los análisis de diversidad genética (Objetivo específico 2.1) y de estructuración genética de las poblaciones estudiadas (Objetivo específico 2.2). Este objetivo se cumplió en un 100%.

Objetivo específico N°3.1. Se finalizaron las actividades norma de reacción de la germinación de semillas de maqui al estrés hídrico. Además, se realizaron los análisis de datos para la evaluación de la sobrevivencia en la germinación. Este objetivo se cumplió en un 70%.

Para el objetivo específico 3.2 se inició en ensayo de norma de reacción en plántulas de maqui al estrés hídrico. Se monitoreó la actividad fotosintética de las plantas y el estatus hídrico del suelo y las hojas. Se evaluó la supervivencia de las plantas frente a la razón biomasa radicular/aérea. Se realizaron los análisis estadísticos de los datos obtenidos. Esta actividad se completó en un 100%

Objetivo específico N°4. Se finalizaron las actividades de la estimación del contenido de polifenoles y antocianinas, así como también las estimaciones de la actividad antioxidante del conjunto completo de datos. Se realizaron los análisis estadísticos correspondientes. Esta actividad se completó en un 100%.

Objetivo específico N°5: Se realizaron las actividades de cierre de proyecto que incluyeron análisis estadísticos de los datos, video de difusión de resultados y su presentación en el Simposio “Evolución y ecología del maqui (*Aristotelia chilensis*) bajo gradiente y cambio climático” en XXXI Reunión Anual de la Sociedad de Botánica de Chile. Finalmente, se realizó el escrito del informe final.

#### 3.2 Resumen del proyecto

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante todo el período de ejecución del proyecto. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

El proyecto apunta a establecer las bases ecológicas y evolutivas para enfrentar el proceso de domesticación del maqui, donde el cambio climático obliga a incorporar variedades comerciales productivas y resistentes a la sequía para mantener una producción con crecimiento sustentable. Los antioxidantes, que le dan valor al fruto de maqui, son la causa de su valor económico en el mercado internacional exportador y la

resistencia a la sequía es una característica clave en el actual escenario de cambio climático global. Buscamos dentro del completo rango de distribución del maqui poblaciones con mayor actividad antioxidante y resistencia a la sequía (estrés hídrico). , buscamos si las poblaciones están genéticamente estructuradas en su amplia distribución pudiendo tener desempeños ecológicos diferentes frente a la sequía. Para inferir la distribución potencial actual y futura (2050), recopilamos datos de ocurrencia (= 1598 puntos de presencias) para realizar modelos de distribución de especies (SDMs).

Para delimitar genéticamente las poblaciones, se diseñó un muestreo sistemático tomando muestras cada un grado de latitud (desde Ovalle a Chile Chico). Evaluamos la estructura genética poblacional usando SNPs (single nucleotides polymorphisms), que fueron identificados mediante la secuenciación masiva de librería genómicas usando la técnica RAD (restriction-site associated DNA o RADseq simple sequence repeat).

La resistencia al estrés hídrico fue estudiada analizando su norma de reacción y sobrevivencia de plántulas en un experimento de jardín común a gran escala (en vivero a distintas condiciones de estrés hídrico). El contenido de moléculas antioxidante en los frutos y la actividad antioxidante de los frutos fue evaluado midiendo el contenido total de compuestos fenólicos, el contenido de antocianina y la actividad antioxidante frente a un patrón de radicales DPPH y ABTS.

Los resultados muestran una mayor diversidad genética en el centro de la distribución y disminuye hacia los extremos (norte y sur). Además, identificamos cinco grupos poblacionales genéticamente estructurados. La actividad antioxidante no presenta una asociación con la estructura genética y la variación detectada en este rasgo no está asociada significativamente con alguna población o grupos de poblaciones. La tolerancia a la sequía muestra una tendencia a mayor tolerancia a la sequía en las poblaciones del norte (desde Monte Patria a Linares), lo que sugiere adaptación local a las condiciones áridas del norte. En el resto de la distribución, la tolerancia a la sequía varía sin diferencias significativas dentro de los grupos genéticos estructurados.

Los modelos de distribución climáticos muestran una disminución del 18% del hábitat del maqui para 2050 y una expansión menor al sur. La adaptación local a condiciones climáticas de mayor aridez sugiere que esta especie posee un alto potencial adaptativo que le permite sobrevivir en condiciones emergentes de mayor aridez y ocupar nuevos espacios disponibles como aquellos en Chile Chico.

Nuestros resultados indican que todas las poblaciones tienen buena producción de antioxidantes de alta calidad, por lo que no es necesario buscar lejos. En este sentido, nuestro estudio apoya las búsquedas de variedades a escala regional que ya se han realizado y estimulan la búsqueda de candidatos a cultivares en las regiones y también apoya el manejo horticultural como herramienta para lograr mejores producciones de antioxidantes de alta actividad. Sobre la resistencia a la sequía, las poblaciones del norte presentan adaptación a tolerancia a la sequía que puede ser explorado para variedades con mayor eficiencia hídrica. Esta condición no descalifica en este rasgo al resto de las poblaciones.

#### 4. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Buscar variedades de maqui, con base genética, con mayor productividad de antioxidantes y resistencia al estrés hídrico, dentro de un escenario de cambio climático global.

#### 5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE)

##### 5.1 Porcentaje de Avance

El porcentaje de avance de cada objetivo específico se calcula luego de determinar el grado de avance de los resultados asociados a éstos. El cumplimiento de un 100% de un objetivo específico se logra cuando el 100% de los resultados asociados son alcanzados.

Nº OE	Descripción del OE	% de avance a la fecha <sup>1</sup>
1	Modelar el rango actual de distribución del maqui y comparar con el rango de distribución potencial bajo un escenario de cambio climático.	100
2	Identificar agrupaciones genéticamente delimitadas de maqui en su rango de distribución nacional	100
3	Evaluar cuales son las procedencias de maqui con mayor tolerancia al estrés hídrico.	100
4	Estimación del contenido de moléculas antioxidantes en el fruto de maqui de distintas procedencias	100
5	Involucrar a la empresa privada y especialistas en domesticación de maqui en el diseño y seguimiento del proyecto	80

#### 6. RESULTADOS ESPERADOS (RE)

Para cada resultado esperado debe completar la descripción del cumplimiento y la documentación de respaldo.

##### 6.1 Cuantificación del avance de los RE al término del proyecto

El porcentaje de cumplimiento es el porcentaje de avance del resultado en relación con la línea base y la meta planteada. Se determina en función de los valores obtenidos en las mediciones realizadas para cada indicador de resultado.

<sup>1</sup> Para obtener el porcentaje de avance de cada Objetivo específico (OE) se promedian los porcentajes de avances de los resultados esperados ligados a cada objetivo específico para obtener el porcentaje de avance de este último.

El porcentaje de avance de un resultado no se define según el grado de avance que han tenido las actividades asociadas a éste. Acorde a esta lógica, se puede realizar por completo una actividad sin lograr el resultado esperado que fue especificado en el Plan Operativo. En otros casos se puede estar en la mitad de la actividad y ya haber logrado el 100% del resultado esperado.

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de avance a la fecha
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Estado actual del indicador	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	
1	1	Mapa actualizado de la distribución del Maqui en el país	Registro de presencia del Maqui en su rango de distribución	Avance = objetivo avanzado * 100 / objetivo esperado	Registro actualizado de la distribución del Maqui	Registro de la distribución completa del Maqui	Diciembre 2018	100%
Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.								
<p>Se realizó la recopilación de información de ocurrencias de maqui desde Herbarios: CONC (296 registros), SGO (104 registros) SI (San Isidro de Argentina, 35 registros). Además, se incorporaron los datos del Catastro del Bosque Nativo de CONAF que fueron descargados de la web desde el sitio web del Ministerio de Bienes Nacionales para todas las regiones políticas del país. (<a href="http://www.ide.cl/descarga/capas/item/catastros-de-uso-de-suelo-y-vegetacion.html">http://www.ide.cl/descarga/capas/item/catastros-de-uso-de-suelo-y-vegetacion.html</a>)</p> <p>Todo el tratamiento de los datos fue hecho en el software ArcGis 10.3.</p> <p>De los datos asociados a los polígonos en el Catastro, buscamos aquellos que contenía la palabra "maqui" o "<i>Aristotelia chilensis</i>" y los seleccionamos. Esto resultó en 50.594 polígonos. Para transformar el área del polígono en un punto de ocurrencia de maqui, calculamos el centroide de cada polígono para tener un punto que represente esa área. Muchos de estos puntos están muy cercanos y entregan información redundante y correlacionada. Para reducir esta autocorrelación tomamos puntos de ocurrencia separados al menos 10 km del siguiente. Así obtuvimos 1.565 puntos de ocurrencia para Chile y 33 registros para Argentina que se presentan en el Mapa Ocurrencias de maqui (Anexo 1) que representa el registro actualizado de su distribución completa.</p> <p>Un total de 1.598 registros, que incluyen a la Argentina, fueron usados para la modelación y la creación del mapa de la distribución actual del maqui.</p>								
Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)								
<b>Anexo 1.</b> Mapa actualizado de ocurrencias de Maqui en todo el rango de su distribución en Chile y Argentina.								

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de avance a la fecha
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Estado actual del indicador	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	
1	2	Modelación de nicho climático actual y modelación de nicho en un escenario de cambio climático	Modelamiento de nicho en base a los registros de presencia del Maqui, variables bioclimáticas y restricciones de uso de suelo	Avance = $\frac{\text{obj. avance}}{\text{obj. esperado}} * 100$	Distribución geográfica del Maqui	Modelación de la distribución potencial del Maqui actualizada y en un escenario de cambio climático futuro (2050)	Diciembre 2018	100%

Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.

Para modelar el nicho climático del maqui usamos las 19 variables bioclimáticas variables bioclimáticas para el presente en resolución de 30 segundos (formato raster), y se seleccionó un fondo de tamaño adecuado a la distribución geográfica del maqui en Sudamérica. Las variables fueron descargadas desde el sitio web Wordclim V 2.1 <http://www.worldclim.org/bioclim> y corresponden a 11 de temperatura y ocho de precipitación. Existe correlación entre las variables bioclimáticas, la que debe ser eliminada para usar variables independientes. Se estimó la correlación de Pearson entre cada una de las 19 variables bioclimáticas en ambiente Java con el programa ENMTools y se usó el Factor de Inflación de la Varianza (VIF) para estimar la correlación entre raster. Se seleccionaron siete variables independientes: bio3 isotermalidad, bio4 estacionalidad de la temperatura, bio8 temperatura media del trimestre más húmedo, bio9 temperatura media del trimestre más seco, bio13 precipitación del mes más húmedo, bio15 estacionalidad de la precipitación y bio18 precipitación del trimestre más cálido.

La modelación de nicho climático fue hecha usando la plataforma BIOMOD2 en lenguaje R de programación. Usamos los datos de registros obtenidos en el Resultado Esperado 1.1 y se formatean los datos de ocurrencias y pseudoausencias. Evaluamos ocho modelos, incluyendo Maxent, donde los mejores evaluados fueron GBM (modelo de impulso generalizado), GAM (modelo aditivo generalizado) y RF (modelo Random Forest), Se utilizó un compilado de los tres modelos usando el promedio entre los tres. El modelo produjo una carta geográfica con valores de idoneidad de presencia de maqui (Anexo 2).

Para estimar la distribución del maqui en el futuro, descargamos proyecciones climáticas para el año 2050 de CMIP6 y el modelo climático global MIROC-ES2L, con resolución de 2,5 minutos para dos intensidades de cambio climático o vías socio económicas compartidas, una con aumento moderado de las temperaturas ssp245 y otra sin medidas de control de las emisiones de gases con aumento mayor de la temperatura ssp585. Usamos los modelos

GBM, GAM y RF compilados en promedio para modelar la distribución del maqui en el futuro. (Anexo 3)

Los modelos de distribución fueron transformados en mapas de distribución de la especie usando valores binarios de presencia - ausencia usando un umbral calculado por el estadístico TSS (true skill statistic) que maximiza la sensibilidad (presencias correctamente predichas) y la especificidad (ausencias correctamente predichas) de las predicciones, para el presente y para el año 2050 en dos escenarios de cambio climático, suave y severo. (Anexo 4).

**Resultados:**

Los modelos muestran que los mejores valores de idoneidad de hábitat para el maqui actualmente están desde la región del Biobío a la región de Los Lagos.

Como consecuencia del cambio climático global, el hábitat del maqui se reduce en aproximadamente un 18 %, siendo principalmente afectada la parte Norte de su distribución (en la región de O’higgins y del Maule) y simultáneamente aparece al sur de su rango de distribución nuevas áreas idóneas en la parte continental de la región de Los Lagos y que alcanza al 3.4 % de la superficie actual. (Anexo 5)

**Conclusiones:**

Este análisis muestra dónde crece actualmente el maqui y cuáles son los territorios más idóneos para esta especie, donde es recomendable establecer cultivos actualmente y donde será recomendable cultivar el maqui en el futuro año 2050 considerando el calentamiento global.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

**Anexo 2.** Mapa de la modelación de nicho del maqui en el presente.

**Anexo 3.** Mapa de la modelación de nicho del maqui en el presente, en el año 2050 en escenario de cambio climático suave y drástico.

**Anexo 4.** Mapa de distribución del maqui en el presente y en el año 2050.

**Anexo 5.** Mapa de distribución del maqui en un escenario de clima cambiante.

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado <sup>2</sup> (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de avance a la fecha
			Nombre del indicador <sup>3</sup>	Fórmula de cálculo <sup>4</sup>	Estado actual del indicador <sup>5</sup>	Meta del indicador (situación final) <sup>6</sup>	Fecha alcance meta programada <sup>7</sup>	

<sup>2</sup> Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

<sup>3</sup> Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

<sup>4</sup> Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

<sup>5</sup> Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

<sup>6</sup> Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

<sup>7</sup> Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

1	3	Muestras de semillas para experimentos de stress hídrico. Muestras de hojas para análisis de diversidad genética. Muestras de frutos para evaluar cantidad de antioxidantes y actividad antioxidante	1. N° de semillas.  2. N° plantas muestreadas (hojas).  3. N° de frutos.	1. N° semillas (S) x N° plantas (PI) x N° procedencias (Pr).  2. N° plantas (PI) x N° procedencias (Pr)  3. N° frutos (F) x N° plantas (PI) x N° procedencias (Pr)	2.520 semillas  60 plantas muestreadas  7.200 frutos	12.600 semillas  300 plantas muestreadas  36.000 frutos	Marzo 2019	100 %
---	---	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------	------------	-------

Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.

Con el objetivo de abarcar el área de distribución completa del maqui, se establecieron 15 franjas latitudinales equidistantes de 20 km de grosor, cada un grado de latitud aproximadamente (unos 100 km) (Anexo 6), para posteriormente seleccionar las poblaciones a ser muestreadas a partir, tanto de los resultados de las modelaciones de distribución, como de los permisos de acceso de los propietarios.

Se realizaron cuatro campañas de terreno planificadas de acuerdo con la temporada de madurez y dispersión del fruto, que comienza en el norte de la distribución y continúa progresivamente hacia el sur entre los meses de diciembre de 2018 y febrero de 2019. Las campañas fueron realizadas por dos equipos de trabajo compuestos por dos personas cada uno, lo que permitió salidas simultáneas por cada campaña para no perder la secuencia de maduración de las plantas en el rango latitudinal.

**Resultados:**

Las áreas seleccionadas fueron:  
 Procedencia 1 Río Palomo, Monte Patria;  
 Procedencia 2 Estero San Francisco, San Felipe;  
 Procedencia 3 San Alfonso, Cajón del Maipo;  
 Procedencia 4 Rincón de Boyeruca, Vichuquén;  
 Procedencia 5 Sector Pejerrey, Linares;  
 Procedencia 6 Florida, Concepción;  
 Procedencia 7 Collipulli, Malleco;

Procedencia 8 Puerto Domínguez, Cautín;  
Procedencia 9 Los Lagos, Valdivia;  
Procedencia 10 Puerto Varas, Llanquihue;  
Procedencia 11 Quemchi, Chiloé;  
Procedencia 12 Futaleufú, Palena;  
Procedencia 13 Puyuhuapi, Aysén;  
Procedencia 14 Puerto Chacabuco, Aysén; y  
Procedencia 15 Puerto Guadal, Chile Chico.

Una vez establecidas las procedencias se realizó la búsqueda del área por una población con al menos 20 árboles adultos de maqui. En cada una de las poblaciones los árboles seleccionados fueron individualizados con un código único, georreferenciados y fotografiados, y se tomaron los siguientes datos: diámetro del fuste mayor en la base (DBT), número de vástagos, altura de la planta, radio mayor y menor de la copa, porcentaje de exposición de la copa e índice de producción de frutos que se clasificó en cuatro categorías Baja (1), Media (2), Alta (3) y Muy Alta (4) (Anexo 7).

De cada árbol muestreado, se extrajo 300 frutos para semillas destinadas a los experimentos de estrés hídrico, las cuales fueron guardadas en bolsas de papel y mantenidas a baja temperatura (4°C) dentro de neveras. Para la evaluación de la cantidad y actividad antioxidante se extrajo 200 frutos maduros que fueron almacenados y congelados en Nitrógeno líquido. Para los análisis de ADN y para evaluar la estructura y diversidad genética se extrajo hojas jóvenes; un duplicado se congeló en Nitrógeno líquido y otro duplicado se deshidrató en sílica y se mantuvo en frío. Además, se extrajeron 5 esquejes por planta para su conservación y cultivo.

**Conclusiones:** La planificación permitió abarcar completamente la distribución latitudinal del maqui y tomar las muestras con las condiciones y requisitos exigidos por este proyecto. Sólo hubo discrepancias puntuales por la coordinación en las frecuencia y horarios de los transbordadores marítimos en el extremo sur.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

**Anexo 6.** Mapa con las zonas de muestreo a partir de 15 franjas latitudinales equidistantes establecidas para el muestreo de maqui y puntos de ubicación de las poblaciones.

**Anexo 7.** Tabla con registro de árboles muestreados en las procedencias y sus datos asociados. Fecha de muestreo, código de procedencia, nombre de la localidad, código de individuo, latitud, longitud, altura, DBT (diámetro en la base del tronco), número de vástagos, altura del árbol, radio mayor de la copa, radio menor de la copa, porcentaje de exposición de la copa y IPF (Índice de Producción de Frutos); (1) Bajo, (2) Medio, (3) Alto y (4) Muy Alto.

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de avance a la fecha
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Estado actual del indicador	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	
2	1	Extraer ADN de buena calidad para estudiar los patrones de genética poblacional del Maqui en Chile y secuenciación.	Muestras de ADN de buena calidad de todas las procedencias	Avance = $\frac{\text{objetivo avanzado} * 100}{\text{objetivo esperado}}$	Ensayo de extracción de ADN de una muestra de maqui	Estimaciones de diversidad genética con SNPs en todas las poblaciones de la distribución completa del maqui	Noviembre 2020	100%

Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.

**Ensayo extracción:** Se inició la puesta a punto y estandarización de las condiciones particulares del protocolo de extracción de ADN para el total de muestras que fueron secuenciadas. Estos se llevaron a cabo en el laboratorio BIOMAS, de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas de la Universidad de Concepción, previo a la temporada de muestreo con muestras de maqui de Concepción.

**Extracción de ADN:** De cada población se eligió al azar 12 individuos. El ADN genómico fue extraído de las hojas mediante el kit de extracción DNeasy Plant Mini Kit – QIAGEN, siguiendo los protocolos indicados del proveedor, con algunas modificaciones para la obtención ADN con la calidad y cantidad requeridas por el proveedor del servicio de SNPs. Se utilizó nitrógeno líquido para congelar el material vegetal previo a la molienda. Las muestras de ADN genómico de cada individuo deben contener al menos 50 ng (nanogramos) de alto peso molecular y diluidas a una concentración de 0,5 – 10 ng/ul, con un máximo de 25 ng/ul.

Para asegurar los resultados de la genotipificación, la calidad y cantidad de ADN extraído se verificó con el equipo UV-Vis espectrofotómetro de microvolumen NanoDrop y en geles de agarosa. El ADN extraído se mantuvo a -20°C hasta completar el 100% de las extracciones y un día antes de enviar a secuenciación, se prepararon para el envío al proveedor de servicios de genotipificación SNPsaurus en el extranjero (Universidad de Oregon, USA).

El método genómico se basó en la generación de librerías Radseq que se utilizaron para la genotipificación por secuenciación. Este proceso se usa para determinar cambios en la secuencia del genoma a analizar, ordenado a partir de un genoma de referencia. Las librerías generadas fueron secuenciadas de manera masiva obteniéndose una gran cantidad de fragmentos de ADN. Estos fueron alineados utilizando un genoma de referencia del maqui

para generar una matriz única de alineamiento.

Las estimaciones de diversidad genética se llevaron a cabo en la plataforma GenAIEx 6.5. para todas poblaciones de maqui.

**Resultados:**

Durante el proceso de extracción, las hojas de maqui presentaron altos niveles de mucílago, lo que hacía difícil el paso del material por las columnas de filtración y limpieza del ADN. El material extraído se presentaba sucio y en baja concentración. Este problema se solucionó disponiendo el material vegetal en nitrógeno líquido, previo a la molienda, reduciendo considerablemente el mucílago en las etapas posteriores de la extracción, y obteniendo ADN con la calidad y cantidad requerida.

Se logró generar una matriz única de alta calidad de 2.197 SNPs (polimorfismos) para 160 individuos.

Las estimaciones de la diversidad genética mostraron bajos niveles de diversidad en los extremos norte (Monte Patria) y sur (Chile Chico) de la distribución del maqui, en comparación con las del centro de la distribución (Anexo 8). Las poblaciones con mayor índice de diversidad genética fueron Boyeruca, Linares y el Cajón del Maipo (ordenadas con valores decrecientes), todas pertenecientes a la zona mediterránea.

**Conclusiones:**

A pesar de que el proceso de extracción de ADN se ve facilitado con el uso de kit de extracción, los resultados dependen de la especie a analizar. En el caso del maqui tuvimos que modificar el protocolo en etapas previas a la molienda, lo que dio como resultado la obtención de ADN con la calidad y cantidad requerida para la secuenciación de SNPs.

Que la mayor diversidad genética se encuentre en la distribución media sugiere que en los extremos hay dinámicas de: a) Colonización reciente por apertura de hábitat hacia el sur (repliegue de los hielos, degradación de bosques maduros) y b) Dinámica de recolonización/extinción por aridez hacia el norte.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

**Anexo 8.** Gráfico de diversidad genética para las 15 procedencias.

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de avance a la fecha
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Estado actual del indicador	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	
2	2	Determinación de la estructura genética poblacional usando SNPs	Índice de estructuración genética inter - poblacional desde método SNPs	Avance = objetivo avanzado * 100 / objetivo esperado	Estimaciones de diferenciación genética en algunas procedencias.	Estimaciones de diferenciación genética en la distribución completa del Maqui. Asignación de individuos a poblaciones estimadas	Noviembre 2020	100%

Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.

Para inferir la existencia de poblaciones de maqui genéticamente estructuradas usamos marcadores llamados Polimorfismos de Nucleótido Único (SNPs) identificados mediante análisis de Radseq sobre las 15 poblaciones (desde Ovalle a Chile chico). El ADN de alta concentración y pureza extraído fue genotipificado por secuenciación masiva y las secuencias de ADN obtenidas fueron alineadas con un genoma de referencia.

Para estimar la diferenciación genética entre poblaciones se estimó el índice Fst, medida de estructuración poblacional, que muestra los niveles de diferenciación genética en una matriz de pares de poblaciones, en la plataforma GenAIEx 6.5. Para complementar estos resultados se realizó un análisis en el programa STRUCTURE, que permite estimar el número más probable de poblaciones, a partir de la diferenciación genética. Finalmente, se realizó un análisis de inferencia Bayesiana para estimar las relaciones filogenéticas entre las poblaciones de maqui.

**Resultados:**

La matriz de comparaciones pareadas de estructuración entre poblaciones muestra que a mayor distancia geográfica entre las poblaciones existe mayor diferencia entre ellas (Anexo 9).

La evidencia de diferenciación a nivel geográfico del maqui también es evidenciada en el análisis STRUCTURE, que identificó cinco grupos genéticos más probables (Anexo 10). Un grupo genético incluye la población de Monte Patria y San Felipe en un mismo grupo, San José de Maipo es otra agrupación, Boyeruca y Linares una tercera población genética,

Concepción, Collipulli, Cautín, Puerto Varas y Chiloé una cuarta gran población y finalmente la porción del extremo sur con Futaleufu, Puyuhuapi, Aisén y Chile Chico conforman una quinta población estructurada.

El análisis de inferencia filogenética muestra altos valores de soporte estadístico por población, indicando que todas las poblaciones son genéticamente diferentes y el flujo génico no es capaz de contrarrestar la diferenciación genética entre distintas zonas geográficas, evidenciando estructura filogenética (Anexo 11).

#### **Discusión:**

Por primera vez se encuentran altos niveles de estructuración genética entre las poblaciones silvestres de maqui. Este descubrimiento fue posible gracias a la detallada información que entrega las herramientas genómicas. Esta estructura poblacional sugiere que el efecto del flujo génico (probablemente por la alta dispersión de semillas por aves que consumen los frutos de maqui) posee limitaciones espaciales. El maqui en Chile no es una sola gran población genética panmíctica y existirían al menos cinco poblaciones genéticamente estructuradas.

El análisis de inferencia filogenética mostró resultados asociados a una marcada estructuración geográfica. En la zona intermedia esta asociación pierde algo de soporte, tal vez por convergencia de poblaciones sur-norte. La distancia geográfica está relacionada con mayor diferenciación evolutiva.

Al integrar los resultados genéticos con las dos variables estudiadas, no parece haber clara asociación entre poblaciones genéticas con la actividad antioxidante (Anexo 12), excepto en la alta actividad antioxidante de la procedencia del Cajón del Maipo, esta excepción puede indicar que la variable depende más del ambiente que de la estructura genética (o que dependa de genes no capturados por nuestro análisis).

La tolerancia a la sequía muestra una asociación en tres poblaciones genéticas del norte (Anexo 13) y en el resto de Chile la tolerancia a la sequía no está asociada a las poblaciones genéticas y sugiere adaptación local a las condiciones climáticas de aridez. La adaptación local a condiciones de aridez es una buena noticia en condiciones de cambio climático, pues predice que las poblaciones al tener la capacidad de adaptarse podrían no ser tan afectadas por el calentamiento global y mantener o aumentar su distribución.

Nuestros datos validan la importancia de las búsquedas locales y las actividades de manejo para obtener alta actividad antioxidante.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

**Anexo 9.** Tabla de valores de estructuración genética (índice  $F_{st}$ ) pareadas entre las 15 poblaciones de maqui.

**Anexo 10.** Análisis de estructuración genética con el programa STRUCTURE, que estima el número de poblaciones probables para el maqui dentro de su distribución completa.

**Anexo 11.** Análisis de relaciones de parentesco con inferencia Bayesiana entre los individuos pertenecientes a las 15 procedencias del maqui.

**Anexo 12.** Estructura genética y actividad antioxidante. Las procedencias y las poblaciones genéticas no muestran una clara asociación y la actividad antioxidante varía dentro de las poblaciones y las procedencias. La divergencia de la población del Cajón del Maipo sugiere variables ambientales.

**Anexo 13.** Estructura genética y tolerancia a la sequía. Las procedencias y las poblaciones genéticas no muestran una clara asociación y la tolerancia a la sequía varía dentro de las

poblaciones y las procedencias, excepto en las tres poblaciones genéticas del norte, lo que sugiere adaptación local.

Nº O E	Nº R E	Resultado o Esperado <sup>8</sup> (RE)	Indicador de Resultados (IR)				% de avance a la fecha	
			Nombre del indicador <sup>9</sup>	Fórmula de cálculo <sup>10</sup>	Estado actual del indicador <sup>11</sup>	Meta del indicador (situación final) <sup>12</sup>		Fecha alcance meta programada <sup>13</sup>
3	1	Evaluación de tolerancia de stress hídrico en la germinación	Evaluación de sobrevivencia, tasa de crecimiento, biomasa radicular, biomasa total y tasa fotosintética	<p>Avance = 1 (45%)  Montar 360 placas: (contar, desinfectar, montar) +</p> <p>2(45%) Ev. Sobrevivencia germinación en 3600 semillas +</p> <p>3(10%) Ev. tasa de crecimiento, biomasa radicular y tasa fotosint</p>	No hay	Norma de reacción de la germinación de semillas de maqui al estrés hídrico. Identificación de las procedencias con mayor resistencia al déficit hídrico de las poblaciones muestreadas con trazabilidad a los árboles de dicha procedencia.	Febrero 2020	100%
Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.								

<sup>8</sup> Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

<sup>9</sup> Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

<sup>10</sup> Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

<sup>11</sup> Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

<sup>12</sup> Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

<sup>13</sup> Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

Se realizaron experimentos preliminares para evaluar pretratamientos de semillas y condiciones de germinación usando frutos de cuatro árboles de Concepción. Se evaluó pretratamiento con ácido y temperatura de germinación. El uso de cámara de germinación se reveló como la mejor condición para la germinación, mientras que el uso del ácido no la afectó significativamente. La germinación varió entre el 12% y el 57%, con un promedio del 35%.

Para evaluar la tolerancia al estrés hídrico de las semillas de maqui, para cada una de las 15 poblaciones se seleccionó aleatoriamente 12 árboles y se montó un experimento de germinación en placas petri con agua en cuatro concentraciones de Manitol para simular potencial hídrico de 0.0; 0.3; 0.6 y 0.9 MPa (Anexo 14). Las placas con 15 semillas cada una se instalaron en una incubadora (Anexo 15) con fotoperiodo 12/12 y temperatura controlada 20/15 y se revisó por germinación cada 3 días por 150 días. Las semillas germinadas fueron eliminadas, las placas rellenas con medio y limpiadas por hongos.

#### **Resultados:**

La tasa de germinación con agua varió entre el 20% hasta 55 % entre poblaciones (Anexo 16). En la mayoría de las poblaciones la germinación fue alta y sólo destacan con baja germinación la población del Cajón del Maipo con la menor germinación 20% (+/- 10).

El porcentaje de germinación fue más alto en las poblaciones del sur, desde Los Lagos hasta Chile Chico (entre 49% y 55%), con la excepción de Futaleufú (30%) con bajo promedio de germinación, pero amplia variación intrapoblacional (+/-18%). La germinación demora 30 días y se prolonga por 150 días.

La germinación en gradiente de manitol de 0.3 a 0.9 MPa fue muy baja en los 150 días y todas las poblaciones mostraron un fuerte efecto inhibitorio de la germinación al enfrentarse a un gradiente de potencial hídrico, pero la baja respuesta y escasez de datos no permitió realizar análisis estadísticos. En el período del estudio sólo germinaron semillas en 0.3 Mp de la población 6 Florida (Concepción). Este experimento fue repetido, pero sin obtener mejores resultados en la germinación con manitol.

La variación intrapoblacional en la mayoría de las procedencias tuvo una desviación estándar de al menos el 10 % de la media y sólo en la procedencia 11 Quemchi (Chiloé) todas las réplicas mostraron baja variación intrapoblacional con desviación estándar menor al 4% de la media y alto porcentaje de germinación simultáneamente.

#### **Discusión:**

Nuestros resultados muestran, con un amplio respaldo geográfico y de tamaño experimental, que el porcentaje de germinación de las semillas de maqui varía entre el 20% y el 55 % de las semillas.

Nuestros resultados no apoyan la germinación del maqui en condiciones salinas.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

**Anexo 14.** Placas Petri con ensayos de germinación en gradiente diferencial de potencial hídrico, 15 semillas por placa.

**Anexo 15.** Incubadora con condiciones controladas de fotoperiodo y temperatura para ensayo de germinación diferencial de procedencias de maqui.

**Anexo 16.** Gráfico de porcentaje de germinación para las 15 procedencias en condiciones controladas de germinación.

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado <sup>14</sup> (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de avance a la fecha
			Nombre del indicador <sup>15</sup>	Fórmula de cálculo <sup>16</sup>	Estado actual del indicador <sup>17</sup>	Meta del indicador (situación final) <sup>18</sup>	Fecha alcance meta programada <sup>19</sup>	
3	2	Evaluar tolerancia al stress hídrico de plántulas de Maqui en invernadero	Evaluación de fotosíntesis, tasa de transpiración, tasa de crecimiento y sobrevivencia. Peso de biomasa aérea y subterránea	Avance = 1(15%) Invernadero 2(25%) Producción de 6000 plántulas 3(35%) experimento o sobrevivencia 4(35%) Eval. sobrevivencia, tasa de crecimiento, biomasa radicular, biomasa total y tasa fotosintética * 100 / objetivo esperado	No hay	Norma de reacción de las plántulas de maqui al estrés hídrico Identificación de las procedencias con mayor resistencia al déficit hídrico de las poblaciones muestreadas con trazabilidad a los árboles de dicha procedencia.	Octubre 2020	100%

<sup>14</sup> Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

<sup>15</sup> Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

<sup>16</sup> Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

<sup>17</sup> Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

<sup>18</sup> Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

<sup>19</sup> Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

#### Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.

Para evaluar la tolerancia al estrés hídrico de plántulas de maqui, instalamos un invernadero de 8.3 x 22,5 mts. Dentro del invernadero se instaló una cámara germinadora con una temperatura mínima nocturna superior a 14° C y fotoperiodo de 16 horas de luz con calefacción eléctrica y focos led de apoyo. Para cada árbol de cada una de las 15 procedencias se sembró 24 réplicas, esperando tener al menos 20 réplicas para cada una de las 300 madres. Se sembró 7 semillas en cada cavidad de la bandeja germinadora, se controló diariamente por daños de plagas (ratas, babosas, hongos y malezas) y por nivel de riego. Cuando las plántulas alcanzaron dos pares de hojas verdaderas, se plantó el bloque (repique) dentro de las bolsas con sustrato y se ordenaron en las platabandas en un diseño para aleatorizar la posición de las procedencias dentro del invernadero.

Para cada una de las 15 procedencias se usó semillas de 20 madres y de cada madre se plantó 22 plántulas (réplicas). 16 réplicas (1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 21, 22) fueron destinadas a ensayo de restricción hídrica y 6 réplicas (5, 8, 11, 14, 16 y 20) se dejó de control y se les mantuvo el riego. Las plantas con y sin riego se dispusieron en platabandas separadas. A los 8 meses, con plantas de unos 30 cm, se comenzó el experimento de sequía en jardín común para evaluar la tolerancia al estrés hídrico con un corte de riego completo hasta obtener el punto de marchitez permanente. Se utilizó fluorescencia para monitorear la integridad del aparato fotosintético como una medida de estrés y se estableció el valor de fotoinactivación (Phi) junto con el estatus hídrico del suelo y las hojas, según eficiencia fotosintética en estado de secado y la del estado hidratado. La fotoinactivación se relaciona con el contenido relativo del agua o estatus hídrico. De esta forma, se obtuvo el valor del contenido relativo de agua crítico, el cual refleja una fotoinactivación alta, es decir, la planta ya no realiza fotosíntesis y se alcanza el punto de marchitez irreversible. En este sentido, bajos niveles de contenido relativo crítico del agua del suelo (fotoinactivación) reflejarán mayor tolerancia al estrés hídrico y viceversa.

Se monitoreó el estatus hídrico del suelo durante todo el experimento con sensores de humedad del suelo, y el contenido de agua foliar. Además, se evaluó la supervivencia de las plantas frente a la razón biomasa radicular/aérea al final del experimento de sequía, con un análisis de selección fenotípica. Esto con el fin de observar la respuesta que refleja la estrategia de planta completa a la disminución a la disponibilidad de agua.

#### **Resultados:**

Los valores promedios del estatus hídrico del suelo difirieron notablemente entre los tratamientos de sequía y control; se observó una caída en el contenido relativo del agua en el experimento de sequía, mientras que el control mantuvo valores promedios similares a través del tiempo (Anexo 17).

Luego de 45 días de corte total de riego, se alcanzó el punto de marchitez irreversible (Anexo 18).

Todas las plantas mostraron una caída abrupta en su eficiencia fotosintética máxima entre los primeros 15-20 días de sequía (Anexo 19). Respecto a la eficiencia fotosintética máxima por procedencia se observó dos grupos de respuesta; uno respondió al estrés de manera temprana en el tiempo, provenientes de las localidades de la zona mediterránea 4 Rincón de Boyeruca (Vichuquén), 5 Pejerrey (Linares) y 6 Florida (Concepción), y una de la zona templada norte, la localidad 11 Quemchi (Chiloé). Un segundo grupo respondió de manera tardía, las cuales corresponden al resto de las procedencias de las zonas Semiárida, Mediterránea y Templada.

Los resultados de tolerancia al estrés hídrico mostraron que el umbral de contenido de agua

en el suelo a la cual la mayoría de las procedencias se fotoinactivaron varió entre el 30% al 50% comparado al contenido de agua en el suelo del control, siendo más tolerantes a la sequía las poblaciones mediterráneas 2 Estero San Francisco (San Felipe), 3 Quebrada de las Ánimas (Cajón del Maipo), 4 Rincón de Boyeruca (Vichuquén), 5 Pejerrey (Linares), y de la zona templada la localidad 15 Puerto Guadal (Chile Chico) (Anexo 20). Por otro lado, las más sensibles son las localidades de la zona templada, especialmente la 9 Los Lagos (Valdivia).

La supervivencia de las plantas respecto a la razón biomasa aérea/radicular al final del experimento de sequía mostró, en general, una mayor supervivencia frente a la sequía en plantas con una mayor asignación de biomasa radicular (mayor razón biomasa radicular/aérea), que plantas con mayor asignación de biomasa aérea (menor razón biomasa radicular/aérea) (Anexo 21).

### Conclusiones:

Las poblaciones procedentes de la zona mediterránea y de algunas zonas del sur mostrarían mejores respuestas funcionales a los escenarios futuros que proyectan mayor sequía por el cambio climático global. Específicamente, las procedencias mediterráneas 2 Estero San Francisco (San Felipe), 3 Quebrada de las Ánimas (Cajón del Maipo), 4 Rincón de Boyeruca (Vichuquén), 5 Pejerrey (Linares), y de la zona templada la localidad 15 Puerto Guadal (Chile Chico), son las que presentaron mayor tolerancia a la sequía.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

**Anexo 17.** Gráfico de la caída del contenido relativo de agua del suelo en plantas de ensayo (línea roja) y mantención del contenido de agua en el suelo en las plantas control (línea azul) a lo largo del tiempo que duró el experimento de estrés hídrico.

**Anexo 18.** Plantas de maqui en estado de marchitez irreversible luego de aproximadamente 45 días de corte de riego total (las dos platabandas a la derecha). Plantas de tratamiento control con riego constante (una platabanda a la izquierda).

**Anexo 19.** Gráfico de la caída de la eficiencia fotosintética con la disminución del contenido de agua del suelo para el total de las procedencias (A). Caída de la eficiencia fotosintética con la disminución del contenido de agua del suelo para cada procedencia (B).

**Anexo 20.** Gráfico del porcentaje del contenido relativo de agua crítico (fotoinactivación) del suelo para las 15 procedencia y para el tratamiento control. Valores bajos de contenido relativo de agua reflejan altos niveles de tolerancia al estrés hídrico.

**Anexo 21.** Gráfico de supervivencia de las plantas frente a la sequía respecto a la razón biomasa radicular/aérea. Los valores altos de supervivencia están asociados a una mayor asignación de biomasa radicular frente a la sequía.

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de avance a la fecha
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Estado actual del indicador	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programa da	
		Evaluar el	EI	Avance =	Contenido	Contenido	Septiemb	100%

4	1	contenido total de moléculas antioxidantes (antocianina y compuestos fenólicos)	contenido de antocianina con datos de volumen, absorbanza y peso. El contenido total de compuestos fenólicos en (+) - catequina equivalente (mg CE/ml) y absorbanza.	1(45%) compuestos fenólicos + 2(45%) antocianinas + 3(10%) Evaluación estadística  *100/ objetivo esperado	total de antioxidantes de todas las procedencias.	s totales de moléculas antioxidantes de cada procedencia muestreada de la distribución completa del Maqui	re 2020
---	---	---------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------

Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.

Para obtener el contenido total de antioxidantes se consideraron frutos de los 20 árboles para cada una de las 15 procedencias, con un total de 300 muestras.

Las mediciones del contenido total de polifenoles fueron analizadas con el procedimiento espectrofotométrico de Folin Ciocalteu, a partir de un stock de extracto de 50 mg/ml por individuo, y expresado como equivalentes de Ácido gálico (g Ác. gálico / g de fruto fresco). A partir de una dilución patrón de ácido gálico se realizaron diluciones de 0 a 420 mg/L para la preparación de la curva de calibración. Se leyó la absorbancia a 750 nm. Se utilizó 0.5 mL de extracto de cada muestra y se agregó 0.75 mL de reactivo Folin Ciocalteu dejando en reposo por 5 minutos y luego se agregó 0.75 mL de carbonato de sodio. Se dejó reposando a temperatura ambiente por una hora para luego medir la absorbancia a 750 nm. Este procedimiento se realizó por triplicado y a partir de la media se calculó el valor de absorbancia por muestra.

Se determinó el contenido de antocianinas totales empleando diferentes concentraciones de pelargonidina. Se tomaron muestras de las 15 procedencias con una biomasa promedio de 1 g y se añadió 10 ml de ácido trifluoroacético (TFA) al 1 % en metanol. Luego, los tubos fueron refrigerados durante 24 h. Finalmente se midió la absorbancia de cada uno de los extractos a 515 nm). Con los datos de absorbancia y peso de cada muestra se calculó el contenido total de antocianinas en términos de pelargonidina clorada, con la cual se preparó una curva patrón en concentraciones desde 0 hasta 25 ppm, con intervalos de 5 ppm.

### Resultados

Los valores promedios de contenido de polifenoles entre las procedencias son diferentes significativamente (Anexo 22). Al analizar de manera detallada dentro de cada población, los valores más altos de contenido de polifenoles fueron individuos de las procedencias 6 Florida (Concepción), 12 Futaleufú (Palena) y 13 Puyuhuapi (Aysén). Estas mismas presentaron

una alta variabilidad de los datos, es decir, valores altos, medios y bajos entre individuos dentro de cada procedencia.

Los promedios del contenido de antocianinas son significativamente distintos entre procedencias (Anexo 23). Los promedios más altos se encontraron en las procedencias 9 Los Lagos (Valdivia), 13 Puyuhuapi (Aysén) y 14 Puerto Chacabuco (Chile Chico). Específicamente, los valores más altos fueron observados en ejemplares de las procedencias 13 Puyuhuapi (Aysén), 12 Futaleufú (Palena) y 9 Los Lagos (Valdivia).

### Conclusiones

El contenido de polifenoles, a pesar de ser significativamente distintos, en general, los promedios fueron similares entre procedencias. Las diferencias se debieron a que algunas localidades presentaron individuos con valores muy superiores al promedio. Un patrón distinto se observó en el contenido de antocianinas, siendo más evidente las diferencias entre los promedios de las localidades.

Desde el punto de vista de la agroindustria y domesticación de árboles con características productivas, se sugiere considerar las procedencias y/o ejemplares con los frutos que mostraron mayores valores de contenido de polifenoles y antocianinas, las que corresponden a individuos de las procedencias 6 Florida (Concepción), 9 Los Lagos (Valdivia), 12 Futaleufú (Palena) y 13 Puyuhuapi (Aysén), apoyando una selección clonal en las poblaciones silvestres.

A nivel de población, ambos compuestos se presentaron en mayor concentración en las procedencias 12 Futaleufú (Palena) y 13 Puyuhuapi (Aysén).

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

**Anexo 22.** Gráfico de distribución del contenido total de polifenoles en las 15 procedencias, expresado en mg de equivalente de Ácido gálico/g de fruto fresco.

**Anexo 23.** Gráfico de distribución del contenido de antocianinas en las 15 procedencias, expresado en mg de pelargonidina/g de fruto fresco.

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de avance a la fecha
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Estado actual del indicador	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	
4	2	Evaluar la actividad antioxidante de los frutos de Maqui de distintas procedencias	Medición de la reducción de los radicales libres DPPH y absorbancia	Avance= 1(45%) Actividad antioxidante DPPH + 2(45%)	Evaluación de la actividad antioxidante de todas las procedencias muestradas	Actividad antioxidante de cada procedencia de la distribución completa del maqui	Septiembre 2020	100%

		cias		Actividad antioxidante ABTS + 3(10%) Evaluación estadística * 100/ objetivo esperado	das.			
Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.								
<p>La evaluación de la capacidad antioxidante se realizó con dos diferentes metodologías colorimétricas: actividad inhibitoria frente a radicales ABTS y DPPH. Las muestras analizadas fueron escogidas de forma aleatoria y sus análisis se han efectuado por triplicado en el laboratorio Química de Productos Naturales, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.</p> <p><b>Actividad antioxidante por inhibición del radical ABTS (Ácido 2, 2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico):</b> A partir de un extracto stock de 50 mg/ml de cada una de las 15 poblaciones muestreadas de maqui, se les determinó la actividad antioxidante por el método de reducción del radical ABTS. Se prepararon diferentes concentraciones de los extractos por medio de dilución seriada (2,5; 4,5; 6,5; 8,5 y 10,5 mg/ml). Se determinó la disminución de radical ABTS restando las absorbancias obtenidas a la absorbancia del blanco y los resultados se expresaron como porcentaje de disminución. Se determinó la concentración de extracto necesaria para reducir en un 50% el radical ABTS (IC50). Todas las medidas se realizaron por duplicado. Se determinaron los equivalentes de Trolox en base a una curva de calibración.</p> <p>Fórmula  % de disminución ABTS = ((Absorb. Inicial - Absorb. Final) / Absorb. inicial) * 100.</p> <p><b>Actividad antioxidante por inhibición del radical DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo):</b> A partir de un extracto stock de 50 mg/ml de cada una de las 15 poblaciones muestreadas de maqui, se les determinó la actividad antioxidante por el método de reducción del radical DPPH. Se prepararon diferentes concentraciones de los extractos por dilución a concentraciones de 1, 2, 3, 4 y 5 mg/ml de muestra fresca. El ensayo se llevó a cabo empleando 200 ul de solución DPPH (20 mg/L) y 100 ul de cada concentración por muestra. La reacción fue incubada a temperatura ambiente durante 20 minutos y la lectura se realizó a una longitud de onda de 515 nm. Se calculó la capacidad de inhibir el 50% del radical (índice IC50 DPPH), determinando la concentración a partir de la ecuación polinómica obtenida de la curva y empleando el Software Derive 6.10.</p> <p>Fórmula  % Inhibición DPPH= ((Abs. Control negativo-Abs. Muestra) / Abs. Control negativo) *100</p>								

Los índices IC50 de ABTS y DPPH corresponden a la concentración del extracto de maqui capaz de inhibir el 50% de ambos radicales. Se buscan valores bajos de IC50, es decir, bajas concentraciones de extracto de maqui capaces de inhibir el 50% de los radicales.

**Resultados:**

La capacidad antioxidante medido por el índice IC50 de **ABTS** mostró valores promedios significativamente distintos entre procedencias (Anexo 24). Las localidades con mayor capacidad antioxidante, expresada como índices de IC50 más bajo, se observó en frutos de las procedencias 3 Quebrada de las Ánimas (cajón del Maipo), 7 Collipulli (Malleco) y 9 Los Lagos (Valdivia).

La capacidad antioxidante medido por IC50 del patrón **DPPH** mostró, en general, valores similares tanto dentro como entre procedencia (Anexo 25). Los valores promedios son significativamente distintos entre procedencias. Las poblaciones 3 Quebrada de las Ánimas (cajón del Maipo) y 12 Futaleufú (Palena) mostraron valores máximos de actividad, pero también valores medios y bajos. Si se consideran los datos de manera individual, estas mismas localidades presentaron individuos con valores más altos de capacidad antioxidante, incluyendo a la población 13 Puyuhuapi (Aysén).

**Conclusiones:**

El índice IC50 para el patrón ABTS mostró que la población con la mayor capacidad antioxidante fue la Quebrada de las Ánimas (Cajón del Maipo).

El índice IC50 para el patrón DPPH no evidenció mayor diferencia entre las 15 poblaciones, pero mostró para esa misma población, Q. de las Ánimas, valores individuales de alta actividad antioxidante. Estudios previos han demostrado que la prueba del radical ABTS estima mejor que el patrón DPPH la capacidad antioxidante de frutas, por lo que es preferible considerar los resultados del índice ABTS en el caso del maqui.

En ese sentido, la búsqueda de individuos con mayor actividad antioxidante para el desarrollo de cultivares o variedades para huerto de la agroindustria debe orientarse hacia poblaciones específicas, como son la 3 Quebrada de las Ánimas (Cajón del Maipo), 7 Collipulli (Malleco), y 9 Los Lagos (Valdivia). Este enfoque de búsqueda en poblaciones, más que en individuos, está basado en los resultados de los análisis de la actividad antioxidante.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

**Anexo 24.** Gráfico de distribución del índice IC50 para el radical ABTS para las 15 procedencias, que corresponde a la concentración del extracto de maqui capaz de inhibir el 50% del radical ABTS.

**Anexo 25.** Gráfico de distribución del índice IC50 para el radical DPPH para las 15 procedencias, que corresponde a la concentración del extracto de maqui capaz de inhibir el 50% del radical DPPH.

Nº O E	Nº R E	Resultado o Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de avanc e a la fecha
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Estado actual del indicador	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programad	

							a	
5	1	Reuniones para contribuir al diseño técnico del plan operativo	Realización de 3 reuniones	Avance = objetivo avanzado * 100 / objetivo esperado	Se realizó una reunión.	Una reunión ejecutada	Septiembre 2018	33%

Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.

Con el fin de integrar la experiencia académica y de la empresa privada se consideró incorporar a ambos participantes para el diseño técnico del proyecto. Para ello se realizó una reunión el día 12 de diciembre de 2018 en la Universidad de Talca, con la especialista del área académica, Dra. Benita González y con el especialista del área de la agroindustria Felipe Torti. Andrés Chávez, de la agrícola Ana María, no pudo asistir (Anexo 26).

En esta reunión se consideraron los siguientes puntos:

-Repaso por cada uno de los objetivos específicos del proyecto.

-Se sugirió para las técnicas de muestreo que se consideraran plantas con alta producción de frutos, estandarizar la selección de frutos con el mismo estado de madurez con un color negro brillante, cantidad de frutos a colectar y caracterizar parámetros vegetacionales. Además, se sugirió hacer seguimiento a futuro de machos y hembras en los experimentos de estrés hídrico y producción de frutos.

La planificación del muestreo en las 15 franjas equidistantes propuestas fue considerada apropiada por los especialistas, y también el uso de registros de herbarios y la flora asociada a los polígonos de vegetación del catastro de bosque nativo de Conaf.

El atraso en la disponibilidad de fondos impidió realizar dos de las reuniones programadas, pero se mantuvo fluida relación por llamadas telefónicas y correos electrónicos, además, de asistencia conjunta a dos seminarios de la industria del maqui en Chillán y Talca.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

**Anexo 26.** Reunión con la especialista del área académica Dra. Benita González y con el especialista en agroindustria Felipe Torti.

Nº O E	Nº R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de avance a la fecha
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Estado actual del indicador	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	

5	2	Reuniones técnicas de evaluación de avances y resultados.	Realización de 3 reuniones	Avance = objetivo avanzado * 100 / objetivo esperado	Comunicación vía correo electrónico y telefónica.	Comunicación vía correo electrónico y telefónica.	Enero 2020	100%
Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.								
<p>La reunión presencial en Concepción de finales de 2019, para mostrar los avances y mostrar la instalación inicial de plantas en el invernadero, fue pospuesta para 2020. Las restricciones de la pandemia impidieron la realización de las visitas presenciales, sin embargo, se mantuvo una comunicación fluida vía correo electrónico y telefónica.</p> <p>Para cumplir los objetivos de integración de académicos y empresa privada a los avances y actividades específicas del proyecto, incluimos en los informes de avance fotografías del trabajo en laboratorio y en el vivero.</p> <p>También, a estos especialistas se les envió invitación para poder participar en las presentaciones de los resultados principales del proyecto en el Seminario de Difusión.</p>								
Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)								
Sin anexos								

Nº O E	Nº R E	Resultado o Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de avanc e a la fecha
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Estado actual del indicador	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programad a	
5	3	Análisis estadísticos, informes y cierre de proyecto.	Informe final y presentación	Avance = objetivo avanzado * 100 / objetivo esperado	Análisis estadísticos completos para cada actividad. Presentación Seminario Final realizada	Entrega de informe final y presentación del desarrollo y resultados del proyecto	Octubre 2020	100%
Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.								
<p>Se realizaron los análisis estadísticos de los datos obtenidos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Objetivo específico 2.1. Estimaciones de diversidad genética en todas las poblaciones de la distribución completa del maqui</li> <li>-Objetivo específico 2.2. Estimaciones de diferenciación genética en la distribución completa del Maqui. Asignación de individuos a poblaciones estimadas.</li> <li>-Objetivo específico 3.1. Norma de reacción de la germinación de las semillas al estrés hídrico. Identificación de las procedencias con mayor resistencia al déficit hídrico de las poblaciones muestreadas.</li> <li>-Objetivo específico 3.2. Norma de reacción de las plántulas de maqui al estrés hídrico. Identificación de las procedencias con mayor resistencia al déficit hídrico de las poblaciones muestreadas.</li> <li>Objetivo específico 4.1. Contenidos totales de moléculas antioxidantes de cada procedencia muestreada de la distribución completa del maqui. Identificación de las procedencias con mayor cantidad de polifenoles y antocianinas</li> <li>Objetivo específico 4.2. Evaluación de la actividad antioxidante de cada procedencia muestreada de la distribución completa del maqui. Identificación de las procedencias con mayor actividad antioxidante.</li> </ul>								
Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)								
Los anexos para cada análisis fueron incluidos en los anexos de cada objetivo específico								

N o O E	Nº R E	Resultad o Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					% de avanc e a la fecha
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Estado actual del indicador	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programad a	
5	4	Evento de cierre de proyecto.	Evento realizado con lista de asistentes y fotografía s	Avance = objetivo avanzad o * 100 / objetivo esperado	Evento de difusión de resultado ejecutad o	Evento ejecutado	Noviembre 2020	100%

Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.

Por restricciones de la pandemia, el evento final de difusión de resultados se realizó vía telemática en el Simposio “Evolución y ecología del maqui (*Aristotelia chilensis*) bajo gradiente y cambio climático” en XXXI Reunión Anual de la Sociedad de Botánica de Chile, realizado el día 27 de noviembre de 2020. Para tal ocasión se envió invitaciones a los especialistas y a la comunidad académica. La presentación completa de los resultados obtenidos en el proyecto está disponible en la página de la plataforma Youtube de la Sociedad Botánica de Chile, en el link <https://www.youtube.com/watch?v=Lxly3j9wVEY>.

El evento tuvo una duración de 1 hora y 47 minutos y constó de cuatro presentaciones expuestas por el equipo técnico del proyecto y el Coordinador Principal (Anexo 27). Los títulos y expositores fueron los siguientes:

- “Modelos de distribución potencial del maqui ante escenarios de cambio climático”. Expositor Marcelo R. Rosas.
- “Respuestas funcionales a la sequía en *Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz (Elaeocarpaceae) en juveniles de poblaciones de un gradiente latitudinal”. Expositor Alfredo Saldaña.
- “Caracterización de la variación de la actividad antioxidante del maqui en un gradiente latitudinal”. Expositora Tania M. Coronado.
- “Identificación de poblaciones genéticamente estructuradas en maqui (*Aristotelia chilensis*) a lo largo del gradiente latitudinal de Chile”. Expositor Pablo C. Guerrero.
- Integración de resultados. Expositor Pablo C. Guerrero.

Además de la presentación del Simposio se realizó un video didáctico de difusión de los resultados, titulado “Maqui, una alternativa agroecológica para el futuro: evidencia funcional, experimental y genética” (Anexo 28). El video fue estrenado el 27 de enero de 2021 a través de la plataforma Youtube, en el canal Ecoevolutionary Dynamics y a la fecha

ha sido visto por más de 250 personas. El video se encuentra en el link [https://www.youtube.com/watch?v=Z\\_rL7hDIzVo](https://www.youtube.com/watch?v=Z_rL7hDIzVo).

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

**Anexo 27.** Imágenes contenidas en la presentación del Simposio “Evolución y ecología del maqui (*Aristotelia chilensis*) bajo gradiente y cambio climático” en XXXI Reunión Anual de la Sociedad de Botánica de Chile.

**Anexo 28.** Imágenes contenidas en el video de difusión “Maqui, una alternativa agroecológica para el futuro: evidencia funcional, experimental y genética”.

## 6.2 Análisis de brecha.

Cuando corresponda, justificar las discrepancias entre los resultados programados y los obtenidos.

Germinación en gradiente de potencial hídrico. Aunque se pudo evaluar ampliamente la germinación en agua pura, no se pudo replicar estos resultados en gradiente hídrico simulado con Manitol y la germinación de semillas de maqui fue muy baja y lenta en gradiente hídrico. Este experimento se repitió tres veces siempre con muy bajo porcentaje de germinación con Manitol.

El establecimiento de la pandemia y las medidas de restricción de movilidad obstaculizaron las reuniones programadas con los asociados de las Universidades y empresas, sin embargo, se mantuvo con los tres asociados la difusión de los informes de avances y también contactos por correo electrónico y conversaciones telefónicas

Difusión: El Seminario Final no pudo ser presencial, pero se realizó en un Seminario con asistencia informada en este Informe

## 7. CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO

Especificar los cambios y/o problemas enfrentados durante el desarrollo del proyecto. Se debe considerar aspectos como: conformación del equipo técnico, problemas metodológicos, adaptaciones y/o modificaciones de actividades, cambios de resultados, gestión y administrativos.

Describir cambios y/o problemas	Consecuencias (positivas o negativas), para el cumplimiento del objetivo general y/o específicos	Ajustes realizados al proyecto para abordar los cambios y/o problemas
Atraso en la formalización del contrato y disponibilidad de fondos de dos meses.	Negativas. Al cambiar la cantidad de tiempo disponible nos obliga a hacer las mismas actividades en un menor plazo que está determinado por la maduración del fruto en la temporada	Realizar actividades en forma simultánea y posponer fecha de alcance la meta.
Reestructuración de terreno de acuerdo con la disponibilidad de fondos	Negativa. Obligó a replantear un terreno de prospección y puesta a punto en uno similar, pero incluyendo recolección.	La expedición incluyó dos actividades de terreno: 1. Prospección de poblaciones 2. Solicitud de permisos a los propietarios. 3. Ajuste y coordinación de la metodología de terreno para los dos equipos 4. recolección del conjunto de muestras en las tres poblaciones norteñas con maduración más temprana
Extensión de la duración de la última campaña de terreno a la Patagonia, debido a los largos trayectos que se debían recorrer para llegar a las procedencias correspondientes	Positiva. Se logró un 100% de alcance de la meta del objetivo específico N°1, resultado N°3.	Extensión de cuatro días de terreno, lo que conlleva un aumento en el número de días remunerados a los asistentes de terreno, aumento en el número de días de viático, y aumento en los gastos asociados al trabajo de campo. Los presupuestos fueron modificados a través de una reitemización aprobada por FIA.

Trabajos extras recolección	Procesamiento de frutos Limpieza de semillas Instalación de esquejes. No fue incluida en la formulación del proyecto	Contratar jornadas de trabajos adicionales a los asistentes. Los presupuestos fueron modificados a través de una reitemización aprobada por FIA.
Cambio en el Equipo Técnico para la evaluación de contenido total de antioxidantes y actividad antioxidantes de frutos de maqui, Evelyn Bustos.	El cambio en el Equipo Técnico fue expedito y no retrasó el cumplimiento del objetivo específico N° 4	Contratación de nuevo técnico para la evaluación de antioxidantes de frutos del maqui, Gastón Bravo. El cambio fue aprobado por FIA
Cambios relacionados con el asociado: CIDERE Biobío	Cambio de la persona vínculo. Cambio de sitio disponible para invernadero.	Se informa a FIA de cambio de persona vinculado. Aprobado por FIA. Se usa sitio de otro asociado.
Extensión de la duración en el ajuste del protocolo de extracción de ADN.	Negativa. El maqui presentó dificultades para la obtención de ADN de la cantidad y calidad requeridos para los SNPs, causado por la presencia de interferentes, tipo polisacáridos, que formaban un mucílago. Esta actividad nos retrasó dos meses. Sin embargo, se obtuvo el total de las muestras extraídas.	Ajustes en el protocolo de extracción de ADN que incluyen: estandarizar la cantidad de material vegetal de las muestras al inicio del proceso, utilizar nitrógeno líquido para la molienda, paso indispensable para obtener la cantidad y calidad necesaria del ADN extraído.
Usar el sistema de compras de la institución.	Negativas. Demoras en el inicio de las actividades Restricción de proveedores a solo los que aceptan órdenes de compra.	Esperar más tiempo en buscar proveedores, cotizar y comprar.
Cambios repentinos en el precio del dólar luego del estallido social, complicó y demoró el envío de muestras al prestador de	Negativa. Introdujo incertidumbre y causó una demora.	Se pospuso el envío de las muestras de ADN al extranjero. Sin embargo, los resultados se obtuvieron dentro de las fechas establecidas en el Plan Operativo.

servicios de secuenciación en Estados Unidos.		
Actividades de corta duración y restricción por leyes laborales y de seguridad social	Buscar contratos con mayor seguridad laboral y cumplir requisitos exigidos por grandes empresas.	-Evitar en lo posible contrato a honorarios y reemplazarlos. -Disminuir los ingresos netos del personal contratado -Costos adicionales por seguros de accidentes.
Estructura administrativa del ejecutante de educación superior con un <b>receso</b> administrativo en el mes de <b>febrero</b>	El mes de febrero es el más intenso en actividades de recolección.	Solicitar fondos, órdenes de compra, pago de honorarios y todo tipo de trámite administrativo con antelación para actividades en 20 de enero y 15 de marzo.
Fracaso del ensayo de evaluación de tolerancia de estrés hídrico en la germinación.	Negativas. Las instalaciones de la Universidad en el sector donde se encontraba el ensayo fueron cerradas por seguridad de fines de octubre a noviembre de 2019, quedando el experimento desatendido por dos semanas. Esta situación causó la interrupción del proceso de germinación y el fracaso del experimento.	Usando los recursos disponibles y reciclando el material de laboratorio se volvió a montar el experimento, usando semillas que fueron previsoriamente colectadas en mayor cantidad en la etapa de recolección, para enfrentar imprevistos como este.
Retraso de puesta en marcha de la evaluación de tolerancia al estrés hídrico de plántulas en invernadero, por alto volumen de trabajo.	Negativa. Al formular el proyecto, fue mal evaluado la cantidad de tiempo y de personal necesarios para el llenado de bolsas y repique, que alcanzó a las 6.600 bolsas.	Se contrató personal adicional, reitemizando fondos para cubrir dicho gasto.

## 8. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO

### 8.1 Actividades programadas en el plan operativo y realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

N° OE 1, RE 1: Mapa actualizado de la distribución del maqui en Chile  
N° OE 1, RE 2: Modelo de nicho climático actual y futuro.  
N° OE 1, N° RE 3: Muestreo de semillas, hojas y frutos de todas las procedencias.  
N° OE 2, RE 1: Extracción de ADN de buena calidad de individuos provenientes de las 15 procedencias. Estimaciones de diversidad genética con SNPs en todas las poblaciones de la distribución completa del Maqui.  
N° OE 2, RE 2: Estimaciones de diferenciación genética en la distribución completa del Maqui. Asignación de individuos a poblaciones estimadas.  
N° OE 3, RE 1: Evaluación de tolerancia de stress hídrico en la germinación.  
N° OE 3, RE 2: Norma de reacción de las plántulas de maqui al estrés hídrico  
Identificación de las procedencias con mayor resistencia al déficit hídrico de las poblaciones muestreadas con trazabilidad a los árboles de dicha procedencia.  
N° OE 4, RE 1: Contenidos totales de moléculas antioxidantes de cada procedencia muestreada de la distribución completa del Maqui.  
N° OE 4, RE 2: Evaluación de la actividad antioxidante de cada procedencia muestreada de la distribución completa del Maqui.  
N° OE 5, RE 1: Reuniones para contribuir al diseño técnico del plan operativo.  
N° OE 5, RE 3: Análisis estadísticos, informes y cierre de proyecto.  
N° OE 5, RE 4: Evento cierre del proyecto. Presentación de resultados en Simposio "Evolución y ecología del maqui (*Aristotelia chilensis*) bajo gradiente y cambio climático" en XXXI Reunión Anual de la Sociedad de Botánica de Chile.

## **8.2 Actividades programadas y no realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.**

Reuniones con expertos. No fue posible realizarlas por restricciones de movimiento en pandemia. Las reuniones fueron reemplazadas por comunicaciones por correo electrónico, descripción detallada de actividades, envío de fotos y conversaciones telefónicas.

## **8.3 Analizar las brechas entre las actividades programadas y realizadas durante el período de ejecución del proyecto.**

La difusión es una brecha recurrente en los proyectos de innovación. La difusión de los resultados es una etapa crítica para que los nuevos métodos y tecnologías lleguen a los agentes productores y puedan ser aprovechados y mejoren los costos económicos y ambientales de los procesos productivos. En ese sentido enfocamos los resultados de este informe en las ideas principales y postergando la gran cantidad de información obtenida para publicaciones científicas más detalladas. Por esta razón el Seminario de cierre está disponible en la web para permitir su difusión libre y a quien quiera acceder a ella y contiene los principales resultados y conclusiones incluidos en este informe. Además, fue producido un video de 6 minutos para la difusión del proyecto, también de acceso público en la web.

## 9. POTENCIAL IMPACTO

### 9.1 Resultados intermedios y finales del proyecto.

Descripción y cuantificación de los resultados obtenidos al final del proyecto, y estimación de lograr otros en el futuro, comparación con los esperados, y razones que explican las discrepancias; ventas y/o anuales (\$), nivel de empleo anual (JH), número de productores o unidades de negocio que pueden haberse replicado y generación de nuevas ventas y/o servicios; nuevos empleos generados por efecto del proyecto, nuevas capacidades o competencias científicas, técnicas y profesionales generadas.

Nuestros resultados apoyan y validan otros proyectos FIA de búsqueda de ejemplares plus para desarrollar variedades de cultivares que puedan ser registrados como variedades comerciales.

Asimismo, nuestros resultados apoyan y validan el desarrollo de técnicas de manejo para la producción de variedades de maqui con alta producción de antioxidantes.

Las búsquedas de candidatos para seleccionar variedades comerciales no necesitan hacerse a gran distancia y se validan búsquedas más locales.

Los modelos de distribución predicen las zonas idóneas para cultivo del maqui en el futuro, evitando invertir en zona de baja idoneidad futura.

Modelos de distribución y evidencia de adaptación local a las condiciones climáticas de aridez permiten suponer perspectivas positivas para el maqui ante el cambio climático global

## 10. CAMBIOS EN EL ENTORNO

Indique si existieron cambios en el entorno que afectaron la ejecución del proyecto en los ámbitos tecnológico, de mercado, normativo y otros, y las medidas tomadas para enfrentar cada uno de ellos.

Los cambios en el precio del dólar durante el estallido social agregaron inestabilidad e incertidumbre al desarrollo de compras en nuestro proyecto. Fue solucionado satisfactoriamente.

Las restricciones de movilidad por la pandemia fue un problema serio para la continuidad de nuestro proyecto que requería atención diaria de las plantas en el invernadero y durante el ensayo de sequía con mediciones continuas. Fue solucionado satisfactoriamente.

## 11. DIFUSIÓN

Describe las actividades de difusión realizadas durante la ejecución del proyecto. Considere como anexos el material de difusión preparado y/o distribuido, las charlas, presentaciones y otras actividades similares (ver también anexos).

	Fecha	Lugar	Tipo de Actividad	Nº participante s	Documentación Generada
1	27 de noviembre de 2020	Vía online	XXXI Reunión Anual de la Sociedad de Botánica de Chile	228 visitas	Presentaciones de los resultados disponible online, Link: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Lxly3j9wVEY">https://www.youtube.com/watch?v=Lxly3j9wVEY</a>
2	27 de enero de 2021	Vía online	Video difusión	254 visitas	Video "Maqui, una alternativa agroecológica para el futuro: evidencia funcional, experimental y genética" Link: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Z_rL7hDlzVo&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=Z_rL7hDlzVo&amp;feature=youtu.be</a>
3					
			Total participantes	482	

## 12. PRODUCTORES PARTICIPANTES

Complete los siguientes cuadros con la información de los productores participantes del proyecto.

### 12.1 Antecedentes globales de participación de productores

Debe indicar el número de productores para cada Región de ejecución del proyecto.

Región	Tipo productor	N° de mujeres	N° de hombres	Etnia (Si corresponde, indicar el N° de productores por etnia)	Totales
	Productores pequeños				
	Productores medianos-grandes				
	Productores pequeños				
	Productores medianos-grandes				
	Totales				

### 12.2 Antecedentes específicos de participación de productores

Nombre	Ubicación Predio			Superficie Há	Fecha ingreso al proyecto
	Región	Comuna	Dirección Postal		

### **13. CONSIDERACIONES GENERALES**

**13.1** ¿Considera que los resultados obtenidos permitieron alcanzar el objetivo general del proyecto?

Los resultados obtenidos responden completamente al objetivo general planteado en el proyecto. Aclaramos la base genética y evaluamos la productividad de antioxidantes y resistencia al estrés hídrico en un escenario de cambio climático global.

Estos puntos fueron aclarados en conjunto y cada uno por separado.

**13.2** ¿Cómo fue el funcionamiento del equipo técnico del proyecto y la relación con los asociados, si los hubiere?

El funcionamiento del equipo técnico del proyecto fue completamente adecuado y la dirección de este proyecto agradece la dedicación y el compromiso de todos los participantes en este proyecto.

La relación con los asociados fue adecuada y la dirección de este proyecto agradece la celeridad y buena disposición de los asociados en el desarrollo del proyecto.

**13.3** A su juicio, ¿Cuál fue la innovación más importante alcanzada por el proyecto?

La búsqueda de candidatos a cultivares de maqui para incorporar a la industria frutícola puede realizarse en los entornos de los productores, sin necesidad de buscar más lejos.

El uso de técnicas genómicas como RadSeq para genotipificar por secuenciación es un avance novedoso en técnicas moleculares de última generación (Next Generation Sequencing) que entrega respuestas muchísimo más detalladas en estudios moleculares que las secuenciaciones anteriores.

Este proyecto es innovador en el estudio de variedades de plantas para domesticación porque incluye toda la extensión de la distribución, integrando modelos de distribución, genotipificación y variables de interés comercial para sentar las bases científicas para la incorporación de especies silvestres a cultivares comerciales.

**13.4** Mencione otros aspectos que considere relevante informar, (si los hubiere).

La cadena productiva de un antioxidante a partir del maqui debería incorporar la totalidad de la capacidad del árbol de producir antioxidantes, incluyendo además de los frutos a las hojas. Con esto se puede usar más plenamente la capacidad de la planta para construir moléculas antioxidantes. Se ha informado del contenido de antocianinas en las hojas superiores a los frutos.

Es conveniente avanzar en la extracción del principio activo antioxidante para superar las barreras de entradas en algunos países, como Corea. Asimismo, esta novedad expande los productos asociados a antioxidantes, aumenta el valor agregado del producto y genera más industria y empleo en Chile.

## 14. CONCLUSIONES

Realice un análisis global de las principales conclusiones obtenidas luego de la ejecución del proyecto.

Este proyecto establece bases robustas para enfrentar la domesticación del maqui ante un escenario de cambio climático.

Se identifica la presencia de cinco poblaciones genéticas asociadas a la distribución latitudinal de la especie.

La capacidad antioxidante no está asociada con la identidad genética de las poblaciones, esto permite proyectar que para planes de domesticación puedan usarse individuos locales.

La mayor tolerancia a la sequía está asociada a tres poblaciones genéticas del norte de Chile sugiriendo que poseen adaptación local, en el resto de las procedencias la tolerancia a la sequía varía ampliamente.

**Las poblaciones del norte poseen un alto valor para domesticación** debido a que son únicas genéticamente, tendrían adaptaciones que le confieren mayor resistencia a la sequía, y todo esto con similares niveles de actividad antioxidante que el resto de las poblaciones.

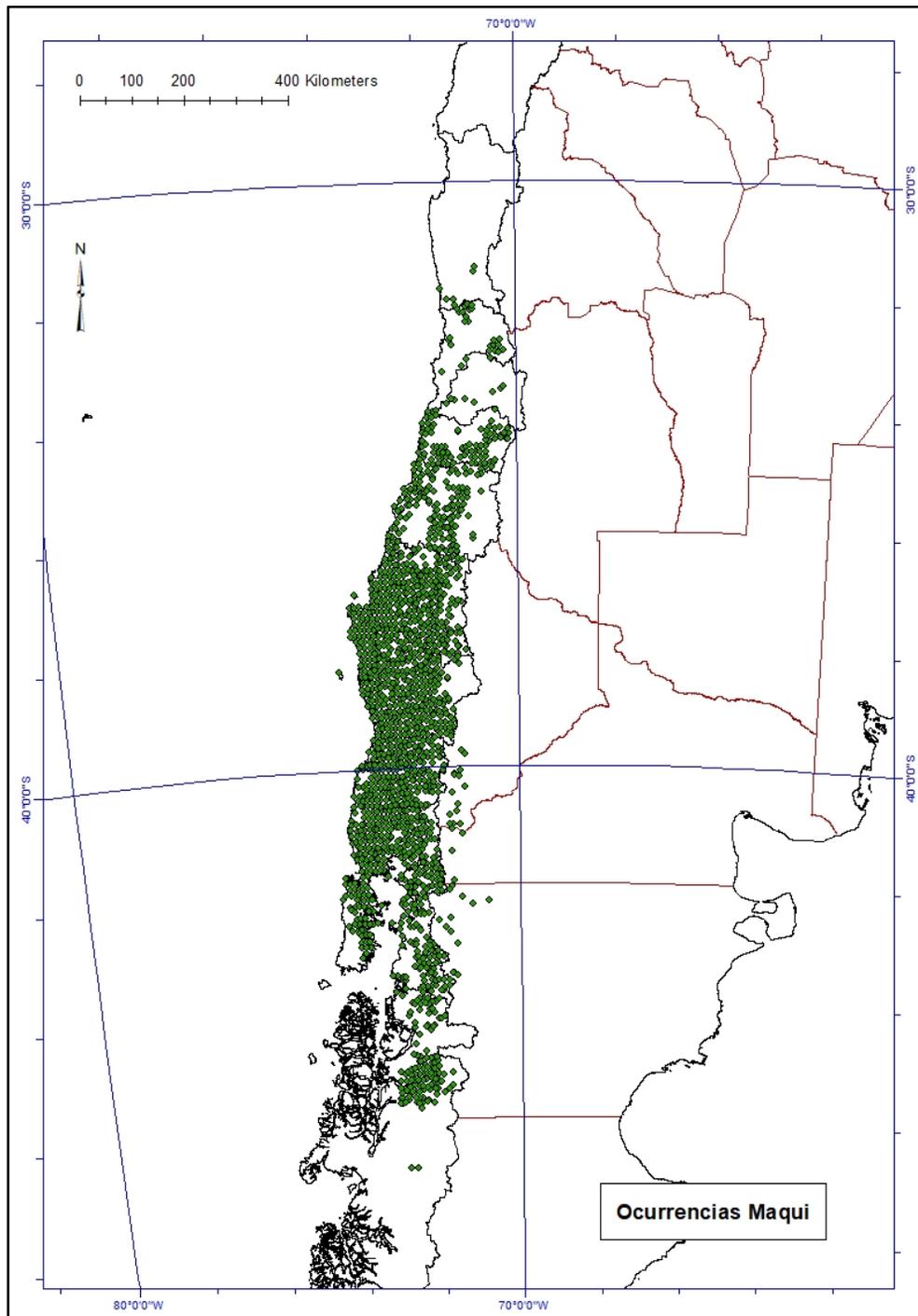
## 15. RECOMENDACIONES

Señale si tiene sugerencias en relación a lo trabajado durante el proyecto (considere aspectos técnicos, financieros, administrativos u otro).

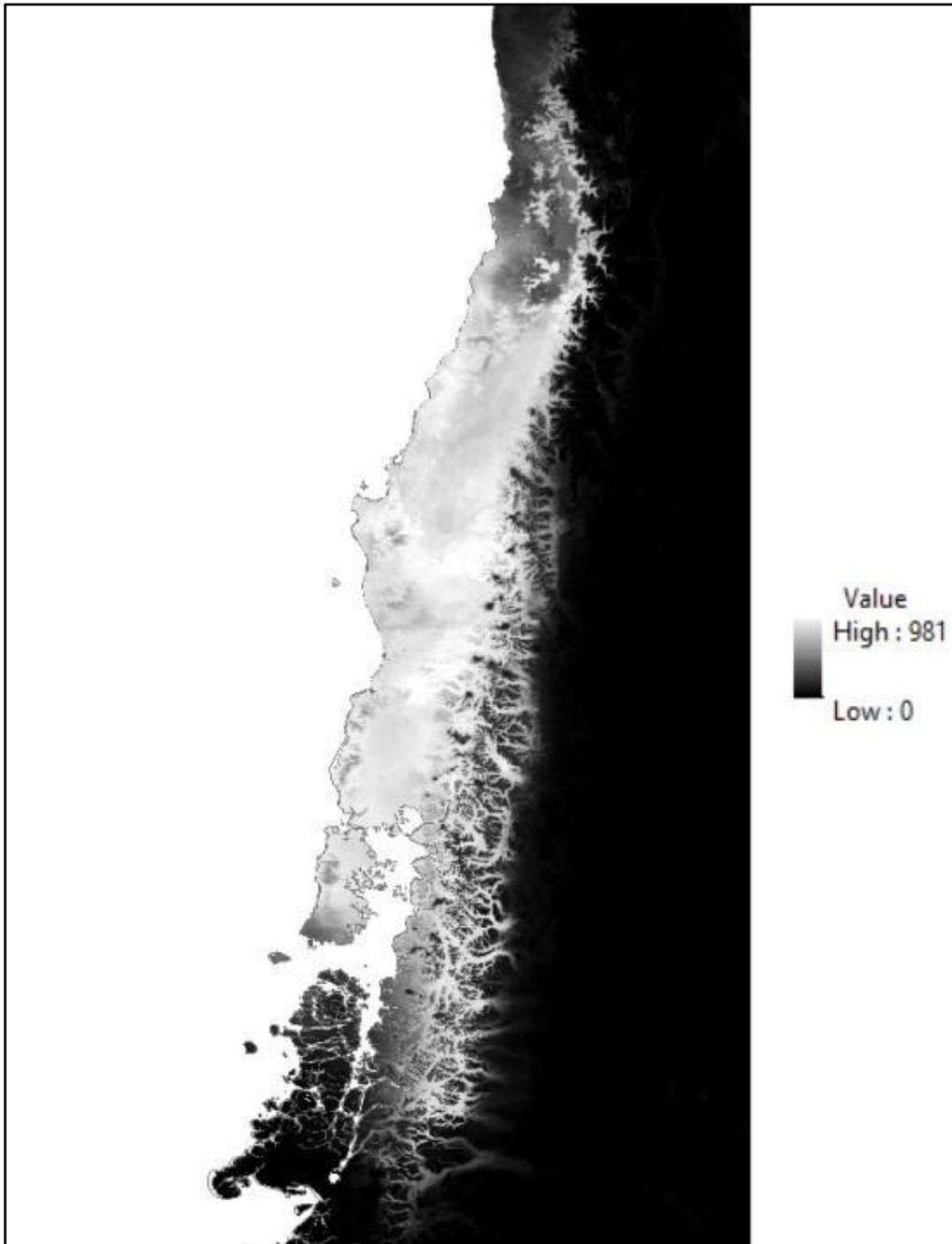
El proyecto, en general, se mantuvo dentro de lo planificado.

## 16. ANEXOS

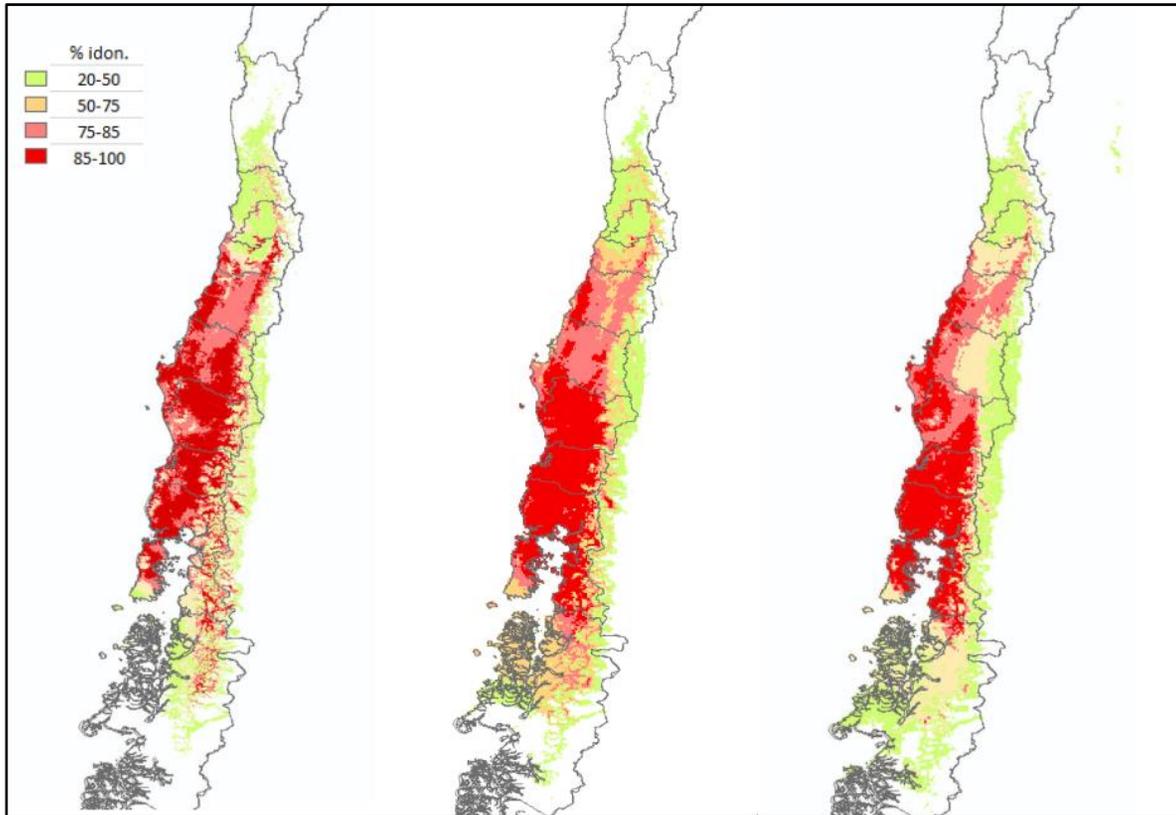
**Anexo 1.** Mapa actualizado de ocurrencias de Maqui en todo el rango de su distribución en Chile y Argentina. Los puntos verdes indican registros de maqui.



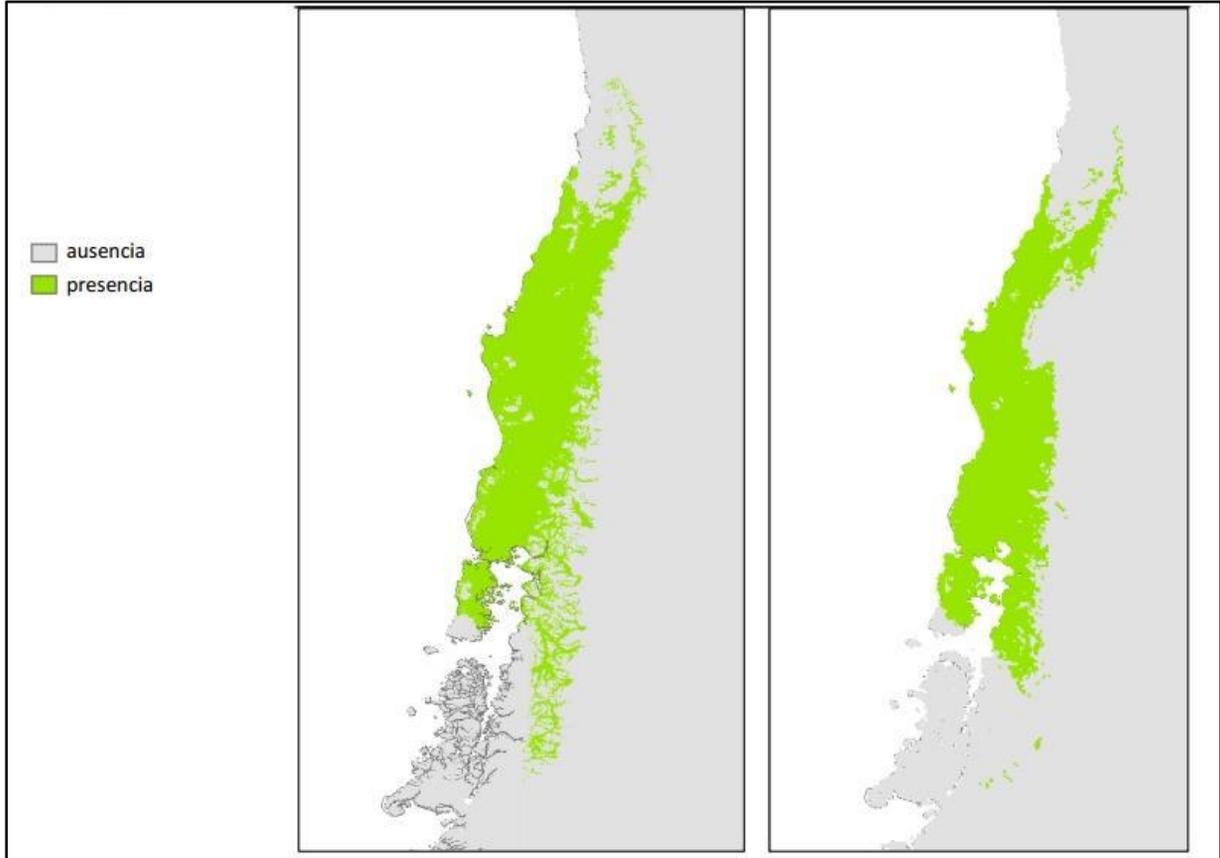
**Anexo 2.** Mapa de la modelación de nicho del maqui en el presente basado en 1598 puntos de presencia. Los colores más claros indican mayor idoneidad de presencia de la especie; el color negro indica ausencia.



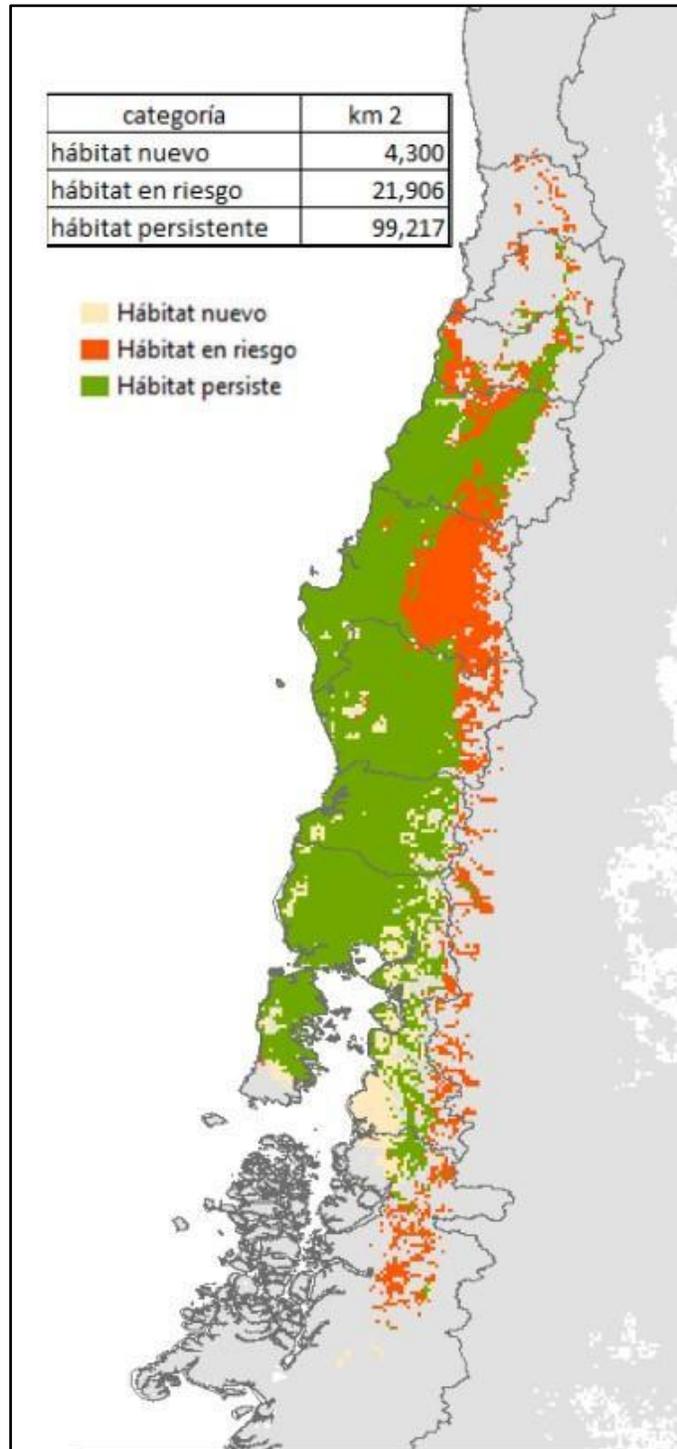
**Anexo 3.** Mapa de la modelación del nicho del maqui en el presente (izquierda), al año 2050 ssp 245 en un escenario de cambio climático suave (centro) y al año 2050 ssp585 en escenario de cambio climático drástico (derecha). Los porcentajes de idoneidad de hábitat están representados por los colores en la leyenda (izquierda superior), desde el color verde con baja idoneidad hasta el color rojo con alta idoneidad.



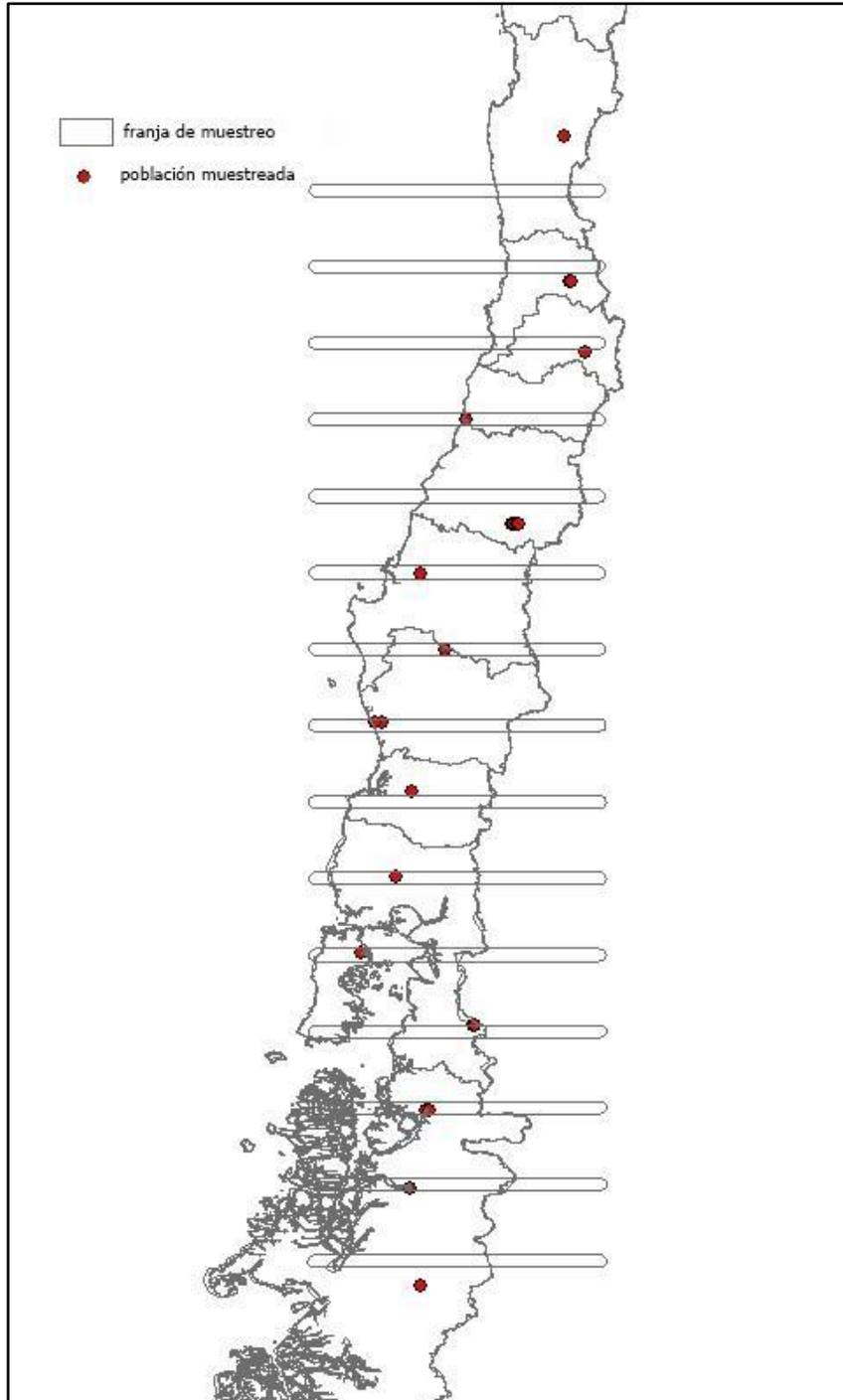
**Anexo 4.** Mapa de distribución del maqui en el presente (izquierda) y en el año 2050 en un escenario de cambio climático drástico ssp585 (derecha). Estos mapas fueron obtenidos a partir de los modelos de distribución para ambos escenarios presente y futuro.



**Anexo 5.** Mapa de distribución del maqui en un escenario de clima cambiante. En verde el hábitat idóneo actual y que se mantiene idóneo en el año 2050. En naranja el hábitat idóneo actual pero no en el año 2050. En amarillo el habitat que aparece como idóneo al año 2050 y que actualmente no es idoneo para el maqui.



**Anexo 6.** Mapa con zonas de muestreo en 15 franjas latitudinales equidistantes en todo el rango de distribución del maqui. Los puntos rojos corresponden a la ubicación de las poblaciones muestreadas.



**Anexo 7.** Tabla con registro de árboles muestreados en las procedencias y sus datos asociados. Fecha de muestreo, código de procedencia, nombre de la localidad, código de individuo, latitud, longitud, altura, DBT (diámetro en la base del tronco), número de vástagos, altura del árbol, radio mayor de la copa, radio menor de la copa, porcentaje de exposición de la copa y IPF (Índice de Producción de Frutos); (1) Bajo, (2) Medio, (3) Alto y (4) Muy Alto.

Fecha	Procedencia	Nombre Procedencia	Código individuo	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	DBT (cm)	N° fustes	Altura árbol (m)	Radio mayor copa (m)	Radio menor copa (m)	Exposición copa (%)	IPF
15-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-1	30.73625	70.61279	1258	16.6	19	7	6	2	30	3
15-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-2	30.73667	70.61348	1257	12.1	18	9	6	2	40	3
15-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-3	30.73666	70.61362	1257	47.7	19	7	5	4	70	4
15-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-4	30.73682	70.61354	1261	10.8	2	4	5	1	20	3
15-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-5	30.73694	70.61361	1261	10.2	3	6	4	3	40	2
15-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-6	30.73707	70.61324	1262	22.3	20	5	4	3	60	3
15-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-7	30.73747	70.61303	1266	11.8	16	5	4	2	60	3
15-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-8	30.73631	70.61340	1257	15.9	30	6	9	5	60	3
15-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-9	30.73637	70.61364	1255	12.1	7	5	3	1	30	3
15-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-10	30.73623	70.61354	1255	14.3	12	7	10	8	100	2
16-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-11	30.73995	70.61666	1211	5.4	8	4	3	2	10	3
16-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-12	30.73942	70.61618	1217	12.4	9	6	5	5	100	3
16-12-18	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-13	30.73936	70.61636	1217	11.5	5	5	6	3	60	3

16-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-14	30.73933	70.61597	1239	9.9	15	5	4	3	50	3
16-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-15	30.73917	70.61579	1242	9.6	14	6	5	4	60	4
16-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-16	30.73927	70.61557	1241	8.9	5	4	4	3	50	4
16-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-17	30.73950	70.61539	1239	9.6	7	3	4	2	40	1
16-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-18	30.73940	70.61483	1239	24.2	14	5	3	2	90	2
16-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-19	30.73949	70.61458	1241	13.4	11	5	3	2	80	4
16-12-2018	P1	Río Palomo, Monte Patria	P1-20	30.73952	70.61448	1251	4.6	12	4	4	3	20	2
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-1	32.76566	70.53996	960	5.7	8	3	5	1	60	4
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-2	32.76567	70.54005	958	5.1	6	3	3	1	50	2
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-3	32.76567	70.54022	967	6.1	6	4	6	1	20	3
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-4	32.76575	70.54013	967	8.6	10	5	8	4	40	2
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-5	32.76587	70.54079	967	6.1	19	3	4	1	30	4
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-6	32.76758	70.54100	949	7.3	16	5	6	3	40	1
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-7	32.76577	70.54105	951	7.3	8	3	5	1	50	4

18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-8	32.76585	70.54188	969	5.4	3	3	3	2	30	4
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-9	32.76585	70.54123	963	6.4	9	5	5	4	30	2
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-10	32.76586	70.54123	964	5.4	3	3	2	1	60	4
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-11	32.76588	70.54133	964	5.4	2	4	5	2	40	3
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-12	32.76583	70.54147	962	6.4	5	3	3	2	60	3
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-13	32.76581	70.54149	961	11.5	6	5	5	2	60	3
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-14	32.76593	70.54156	955	11.5	8	4	5	3	40	3
18-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-15	32.76582	70.54158	955	3.8	8	3	3	2	40	2
19-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-16	32.76450	70.53400	969	11.5	13	4	4	2	70	2
19-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-17	32.76432	70.53391	974	3.8	6	2	3	1	10	1
19-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-18	32.76434	70.53378	974	5.7	6	4	5	5	40	4

19-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-19	32.76393	70.52926	995	14.0	4	7	8	6	60	4
19-12-2018	P2	Estero San Francisco, San Felipe	P2-20	32.76407	70.52869	1001	12.1	5	6	6	5	40	3
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-1	33.74200	70.31681	1277	10.2	8	4	6	3	50	3
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-2	33.74196	70.31701	1280	3.8	5	3	3	2	80	2
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-3	33.74174	70.31713	1274	12.1	4	5	5	4	80	3
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-4	33.74192	70.31699	1277	12.7	7	4	5	4	40	2
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-5	33.74175	70.31702	1274	17.2	10	4	5	5	40	2
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-6	33.74183	70.31692	1278	8.9	8	4	5	4	60	4
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-7	33.74176	70.31685	1291	8.9	6	3	8	5	70	2
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-8	33.74191	70.31673	1293	5.4	8	4	4	3	80	1
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-9	33.74192	70.31686	1292	5.7	7	6	7	5	60	3

21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-10	33.74198	70.31676	1285	6.1	10	3	3	2	30	2
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-11	33.74184	70.31646	1281	29.3	12	6	8	4	30	2
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-12	33.74158	70.31648	1276	4.1	5	2	3	2	70	2
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-13	33.74155	70.31659	1274	4.1	5	2	4	3	90	2
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-14	33.74147	70.31655	1273	3.5	6	2	3	3	80	2
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-15	33.74148	70.31620	1262	8.3	3	4	3	3	60	3
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-16	33.74152	70.31618	1260	7.6	5	4	4	3	60	3
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-17	33.74166	70.31667	1263	4.5	2	3	4	2	0	2
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-18	33.74166	70.31673	1266	5.1	2	5	6	2	0	3
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-19	33.74172	70.31700	1279	16.6	23	4	8	6	90	3
21-12-2018	P3	Quebrada Las Ánimas, Cajón del Maipo	P3-20	33.74169	70.31694	1309	15.9	14	4	7	4	30	3

12-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-1	34.68407	72.01117	65	8.6	6	6	5	3	50	1
12-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-2	34.68428	72.011193	58	5.1	6	3	3	2	40	2
12-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-3	34.68422	72.01188	60	9.5	6	5	6	3	40	3
12-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-4	34.68385	72.0125	71	3.5	16	3	3	1	80	3
12-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-5	34.68328	72.01179	75	2.5	7	2.5	2	1	80	1
12-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-6	34.68364	72.01155	65	3.8	12	2.5	2	2	60	2
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-7	34.683	72.00927	55	3.5	12	3	4	3	80	2
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-8	34.68274	72.00932	60	3.8	11	3	4	2	60	3
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-9	34.68266	72.00929	66	3.5	11	3	3	1	40	3
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-10	34.68208	72.00866	87	4.5	7	3	3	2	40	3
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-11	34.6815	72.00809	100	4.8	5	3	2	1	80	3

13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-12	34.68112	72.00783	101	7.6	9	4	5	3	80	4
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-13	34.68219	72.00762	89	8.3	6	3	4	2	80	4
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-14	34.68355	72.0079	74	4.8	3	2.5	2	1	60	2
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-15	34.68359	72.00746	72	5.1	6	3	4	2	60	2
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-16	34.68379	72.00746	72	4.8	2	3	3	2	70	3
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-17	34.68402	72.00748	70	4.8	2	4	3	1	40	3
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-18	34.68401	72.0071	64	8.0	7	6	6	4	60	3
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-19	34.68414	72.00694	57	3.5	4	3	3	1	100	2
13-1-2019	P4	Rincón de Boyeruca, Vichuquén	P4-20	34.68457	72.00948	33	11.8	22	7	7	7	40	4
16-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-1	36.14935	71.35667	579	28.3	5	6	6	4	80	4
16-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-2	36.15036	71.3561	565	6.4	2	4	4	2	20	3
16-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-3	36.14991	71.35617	567	9.2	3	5	5	2	40	2
16-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-4	36.15368	71.349	578	12.4	5	7	4	2	50	4

16-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-5	36.15371	71.34914	581	10.8	12	7	6	3	30	4
16-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-6	36.15583	71.28426	602	6.4	6	3	3	1	80	3
16-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-7	36.14839	71.26665	673	16.6	22	6	6	4	60	3
17-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-8	36.14782	71.26649	692	6.0	12	4	4	2	40	2
17-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-9	36.14684	71.26315	688	10.8	10	6	4	3	60	4
17-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-10	36.14675	71.26298	688	9.5	6	5	4	3	40	3
17-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-11	36.14682	71.26308	684	6.4	3	4	3	1	50	2
17-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-12	36.14676	71.26294	689	9.5	7	6	4	3	30	2
17-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-13	36.14671	71.26289	688	8.0	8	7	6	4	30	2
17-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-14	36.14738	71.26282	681	6.0	5	3	3	2	40	3
17-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-15	36.14737	71.263891	696	9.5	13	4	6	4	100	3
17-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-16	36.14739	71.26309	698	6.4	2	3	2	1	20	3
17-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-17	36.14756	71.263117	686	8.0	8	5	4	3	60	3
18-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-18	36.14739	71.262924	690	6.4	19	3	4	2	100	2
18-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-19	36.14746	71.26286	687	6.4	2	5	4	2	70	3
18-1-2019	P5	Pejerrey, Linares	P5-20	36.14784	71.265311	693	5.4	2	3	2	1	30	3
12-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-1	36.85644	72.64633	366	20.7	7	6	7	2	100	4

12-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-2	36.85633	72.64637	352	7.6	1	5	3	2	0	2
12-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-3	36.85632	72.64627	343	6.0	7	5	4	3	40	3
12-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-4	36.8562	72.64662	341	8.9	5	4	4	3	30	2
13-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-5	36.85602	72.6468	340	6.4	7	5	5	4	30	4
13-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-6	36.85581	72.64683	334	3.8	6	3	3	4	60	3
13-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-7	36.85586	72.64681	331	4.5	14	5	4	4	70	2
13-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-8	36.85583	72.64677	322	5.4	5	3	4	7	90	3
13-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-9	36.85561	72.64672	327	5.7	5	3	3	4	40	4
14-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-10	36.85553	72.64676	329	6.4	1	5	5	3	50	3
14-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-11	36.85553	72.6467	341	5.7	5	3	3	2	60	2
14-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-12	36.85538	72.64688	340	9.9	6	3	3	2	90	2
14-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-13	36.85542	72.64679	325	10.8	17	6	5	3	90	3
14-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-14	36.85513	72.64664	348	5.7	8	4	4	3	10	2
14-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-15	36.8548	72.6465	345	6.0	14	4	5	4	90	4
14-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-16	36.85497	72.64654	351	11.8	8	7	5	4	60	4
14-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-17	36.8548	72.6465	345	8.9	7	4	5	4	80	4
14-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-18	36.85431	72.64652	343	8.9	17	6	8	7	90	4

14-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-19	36.85421	72.64653	346	7.0	7	5	5	4	70	4
14-1-2019	P6	Florida, Concepción	P6-20	36.85418	72.64647	349	4.5	4	4	5	3	40	4
16-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-1	37.92061	72.29859	294	5.4	24	3	5	3	50	4
16-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-2	37.92018	72.29831	279	6.4	6	4	3	1	30	4
16-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-3	37.91962	72.29879	269	7.0	6	4	3	1	50	4
16-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-4	37.91957	72.29866	267	4.5	7	2	2	1	60	3
16-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-5	37.91962	72.29859	270	3.2	4	5	3	1	30	3
17-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-6	37.91959	72.2983	255	6.4	13	6	4	3	30	3
17-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-7	37.9195	72.29836	275	7.6	3	6	6	4	60	4
17-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-8	37.91952	72.29855	265	4.5	4	3	3	2	30	3
17-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-9	37.91956	72.29854	268	4.8	2	5	4	3	70	3
17-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-10	37.91947	72.29822	269	5.7	6	5	3	2	10	2
17-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-11	37.91947	72.2981	268	2.5	4	2	3	2	0	3
17-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-12	37.91953	72.29806	266	7.0	2	7	5	3	40	3
17-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-13	37.9195	72.29794	261	3.2	4	3	3	2	10	2
17-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-14	37.91935	72.29816	269	4.1	20	3	3	2	90	3
17-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-15	37.9192	72.29807	267	4.1	2	4	4	3	20	2

17-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-16	37.91916	72.29825	268	8.0	10	4	5	3	10	4
18-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-17	37.91917	72.29839	262	5.4	4	3	3	2	20	2
18-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-18	37.91928	72.29858	265	8.0	12	5	4	3	40	3
18-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-19	37.9188	72.29853	258	3.2	4	2	3	2	80	3
18-1-2019	P7	Collipulli, Malleco	P7-20	37.91924	72.2987	268	4.8	12	4	3	2	20	3
25-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-1	38.93707	73.2065	182	6.4	10	6	5	4	70	4
25-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-2	38.9371	73.20639	184	8.6	3	5	4	3	30	4
25-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-3	38.93718	73.20617	193	12.4	5	5	5	3	40	4
25-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-4	38.9372	73.20536	187	8.6	4	6	4	3	70	3
25-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-5	38.93713	73.20496	191	13.4	16	6	5	4	30	4
25-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-6	38.93694	73.20466	193	10.8	5	6	4	3	30	4
25-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-7	38.93657	73.20436	187	8.9	5	5	4	3	30	4
26-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-8	38.93588	73.20336	188	9.5	13	5	5	3	90	4

26-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-9	38.93486	73.20215	195	9.5	12	4	4	3	60	4
26-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-10	38.93459	73.20203	208	9.5	16	6	5	4	50	4
26-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-11	38.93615	73.20361	201	11.1	19	7	6	5	80	4
26-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-12	38.93345	73.20137	228	8.9	9	3	3	2	100	4
26-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-13	38.93375	73.20148	225	7.0	8	4	3	2	80	3
26-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-14	38.93412	73.20134	221	15.6	10	6	4	4	80	4
26-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-15	38.93459	73.20235	190	13.4	3	7	6	5	40	4
27-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-16	38.93945	73.20816	184	7.3	15	5	4	4	70	2
27-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-17	38.93964	73.20831	178	9.9	5	5	5	4	30	3
27-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-18	38.93997	73.20839	170	11.8	5	5	4	3	30	4
27-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-19	38.94019	73.20869	165	7.6	15	4	4	3	80	4

27-1-2019	P8	Puerto Dominguez, Cautín	P8-20	38.94002	73.30925	162	7.3	12	4	4	3	30	4
29-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-1	39.88492	72.78487	89	10.2	10	5	4	3	30	2
29-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-2	39.88474	72.7851	107	15.3	7	6	5	3	50	2
29-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-3	39.88522	72.78512	106	9.2	1	5	4	3	80	3
29-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-4	39.88568	72.7851	114	8.3	6	6	4	3	20	2
29-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-5	39.88607	72.78506	108	10.8	6	6	4	4	50	3
29-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-6	39.88696	72.7854	114	7.6	4	6	4	3	100	3
29-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-7	39.88743	72.7866	128	7.0	5	5	4	2	50	4
30-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-8	39.88781	72.78632	113	10.8	11	6	4	3	50	4
30-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-9	39.8873	72.787	133	10.2	8	7	4	2	50	3
30-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-10	39.88724	72.7872	139	6.7	2	4	3	3	50	4
30-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-11	39.88756	72.78708	135	6.0	3	6	4	4	0	2
30-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-12	39.88841	72.78599	142	10.8	13	7	5	4	50	3
30-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-13	39.88836	72.78648	138	9.9	11	6	6	5	50	4
30-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-14	39.88822	72.78674	137	8.0	8	7	5	4	30	4
30-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-15	39.88815	72.78696	141	9.9	5	7	5	4	70	4
31-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-16	39.8886	72.78577	139	7.0	10	6	6	5	70	3

31-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-17	39.88837	72.78709	139	8.3	1	6	5	4	10	3
31-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-18	39.88741	72.78558	124	8.6	3	4	3	3	30	3
31-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-19	39.88647	72.7853	117	6.7	8	3	3	3	80	3
31-1-2019	P9	Los Lagos, Valdivia	P9-20	39.88494	72.78536	104	3.8	4	4	3	2	80	4
26-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-1	41.07925	72.99806	193	13.1	8	3	2	2	100	2
26-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-2	41.07984	72.99714	182	15.0	6	3	2	2	40	4
26-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-3	41.08019	72.99691	172	9.9	7	4	4	3	50	3
26-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-4	41.0825	72.99607	171	5.7	4	3	3	2	60	4
26-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-5	41.08272	72.99474	166	5.7	4	3	3	2	40	2
26-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-6	41.08268	72.99462	167	6.0	8	4	3	5	70	3
26-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-7	41.08256	72.994	173	5.4	6	4	3	2	50	3
26-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-8	41.08261	72.99384	168	13.1	17	7	8	6	60	4
27-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-9	41.08306	72.99374	161	9.9	12	3	3	2	60	4
27-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-10	41.08306	72.99374	161	4.1	4	2	3	2	50	2
27-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-11	41.0839	72.9955	170	12.7	9	6	4	3	10	4
27-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-12	41.08478	72.99499	159	10.5	5	4	5	3	60	1
27-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-13	41.08513	72.99442	159	6.0	3	5	3	2	10	3

27-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-14	41.08519	72.99426	160	7.6	7	3	3	2	20	3
27-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-15	41.08582	72.9931	159	20.4	12	5	7	5	70	4
28-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-16	41.08609	72.99421	153	13.1	4	4	3	3	40	4
28-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-17	41.08621	72.99419	153	8.3	7	3	3	2	20	4
28-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-18	41.08641	72.99409	156	12.1	4	4	6	3	40	3
28-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-19	41.08739	72.99354	160	8.0	3	3	3	2	30	4
28-1-2019	P10	Puerto Varas, Llanquihue	P10-20	41.08836	72.993	137	9.5	4	7	6	4	40	4
30-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-1	42.14856	73.50063	117	9.2	2	4	2	1	70	3
30-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-2	42.14863	73.50057	116	6.7	2	3	3	2	60	1
30-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-3	42.14851	73.50105	123	8.6	3	3	4	3	80	4
30-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-4	42.14846	73.50124	117	10.2	3	3	3	2	60	3
30-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-5	42.14891	73.49919	102	5.7	3	4	3	2	40	2
30-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-6	42.14894	73.49592	94	4.5	3	2	1	2	40	2
30-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-7	42.14886	73.49584	94	4.8	3	4	3	2	40	2
31-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-8	42.14963	73.50259	86	14.3	5	5	7	4	40	3
31-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-9	42.14978	73.50253	98	15.3	4	7	6	4	30	4
31-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-10	42.14946	73.5024	102	13.4	3	7	6	4	60	4

31-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-11	42.15005	73.50275	98	4.8	3	3	2	1	60	2
31-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-12	42.15008	73.50273	93	16.6	5	6	7	5	60	3
31-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-13	42.14999	73.50265	95	7.6	3	4	3	2	70	2
31-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-14	42.15012	73.5027	96	8.6	12	6	7	5	60	3
31-1-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-15	42.15046	73.50246	89	4.1	7	3	3	2	20	2
1-2-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-16	42.15086	73.50159	64	12.4	4	5	4	3	20	1
1-2-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-17	42.15092	73.50134	64	14.6	6	6	3	3	30	3
1-2-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-18	42.15001	73.50269	90	9.9	6	5	4	3	30	3
1-2-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-19	42.15126	73.49978	76	10.2	3	4	6	4	70	4
1-2-2019	P11	Quemchi, Chiloé	P11-20	42.15136	73.49934	63	11.8	4	4	4	2	20	4
13-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-1	43.16626	71.9019	383	9.9	5	5	3	3	10	2
13-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-2	43.16647	71.90308	370	8.0	3	6	4	3	20	4
13-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-3	43.16666	71.90397	372	11.5	15	6	7	6	30	4
13-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-4	43.16674	71.90379	372	5.7	9	4	3	3	20	4
13-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-5	43.16724	71.90327	370	11.1	9	6	5	4	80	4
13-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-6	43.16733	71.90302	372	8.3	6	5	4	4	20	3
14-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-7	43.171	71.89777	353	17.8	2	5	4	4	50	4

14-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-8	43.17073	71.89779	356	13.1	25	6	8	6	100	2
14-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-9	43.17093	71.89812	360	16.2	29	7	7	6	100	2
14-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-10	43.17093	71.89884	360	14.6	25	8	8	5	100	3
14-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-11	43.17109	71.89816	359	14.6	23	6	8	4	100	3
14-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-12	43.17111	71.89796	355	11.1	28	4	4	3	100	4
14-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-13	43.17117	71.89801	355	14.6	21	5	4	4	100	4
14-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-14	43.17122	71.89816	353	15.9	29	6	5	4	100	4
14-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-15	43.17127	71.89803	353	11.1	215	5	5	3	100	4
14-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-16	43.1713	71.89795	356	19.7	28	9	6	4	100	4
14-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-17	43.17135	71.89758	350	19.4	24	6	7	5	100	4
14-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-18	43.17138	71.89784	358	15.3	31	6	8	6	70	3
15-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-19	43.17177	71.89795	363	22.0	31	8	10	8	100	4
15-2-2019	P12	Futaleufú, Palena	P12-20	43.17188	71.89751	366	27.4	24	7	9	7	100	4
17-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-1	44.35794	72.56414	15	9.5	1	4	2	2	30	2
17-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-2	44.35875	72.56262	10	6.4	12	3	2	2	50	2
17-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-3	44.35899	72.5619	14	8.6	5	6	4	3	50	3
17-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-4	44.35941	72.56107	11	11.5	6	8	8	7	20	2

17-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-5	44.36414	72.56119	14	8.3	2	3	2	2	70	3
17-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-6	44.36417	72.56108	12	7.3	1	3	2	2	50	3
17-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-7	44.36423	72.55971	12	8.3	8	6	4	3	20	2
17-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-8	44.36404	72.55963	12	7.3	3	4	3	2	80	3
17-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-9	44.36432	72.56282	16	9.2	16	4	4	4	80	4
17-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-10	44.36458	72.56359	16	12.4	3	5	6	5	60	3
18-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-11	44.36471	72.5646	4	9.9	4	4	3	3	50	3
18-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-12	44.36476	72.56506	8	6.4	5	4	3	3	50	4
18-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-13	44.36485	72.56525	9	6.4	3	4	2	2	20	2
18-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-14	44.36506	72.56593	16	9.5	2	5	4	4	70	3
18-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-15	44.36525	72.56616	16	6.7	1	4	3	3	60	3
18-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-16	44.36583	72.56682	12	6.4	1	3	2	2	50	3
18-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-17	44.36669	72.57018	7	8.3	6	6	6	6	50	3
18-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-18	44.3668	72.5709	10	8.0	5	6	6	6	50	3
18-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-19	44.36688	72.5717	10	8.0	13	6	8	6	70	3
18-2-2019	P13	Puyuhuapi, Aysén	P13-20	44.36769	72.5323	12	8.6	6	6	5	5	30	4
13-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-1	45.45818	72.80291	14	21.0	2	5	4	3	50	2

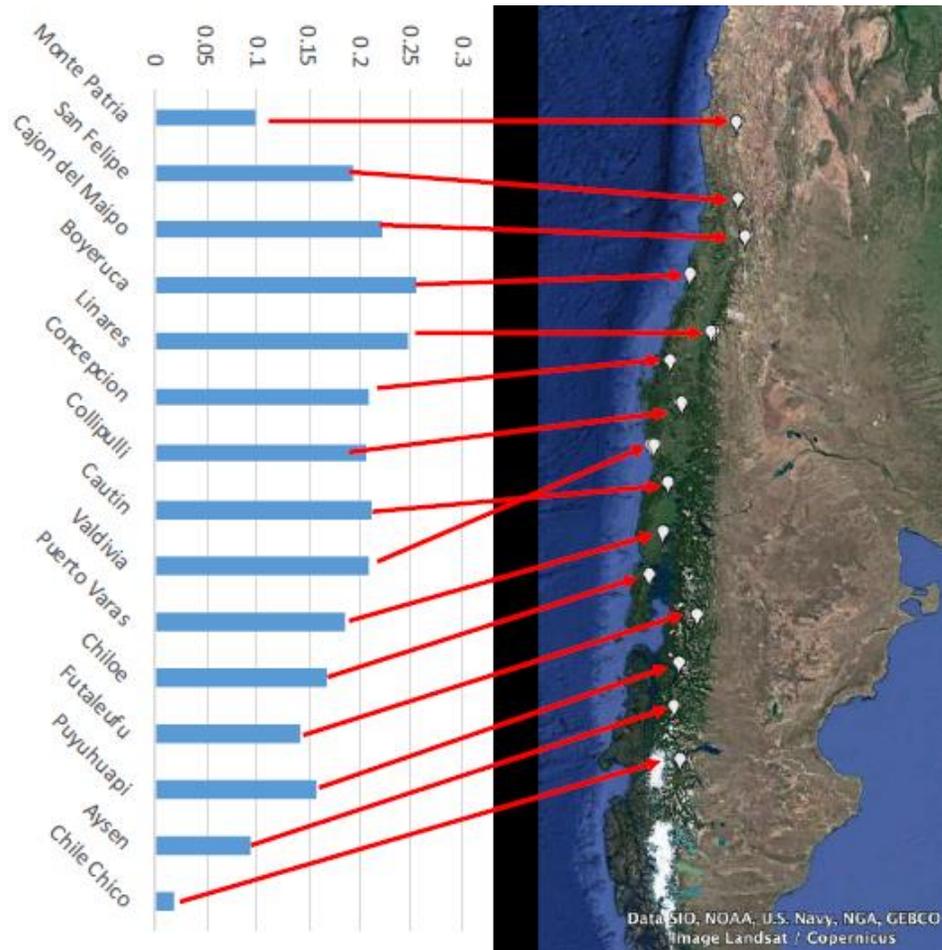
13-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-2	45.45692	72.8009	14	13.4	7	4	4	3	70	1
13-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-3	45.45698	72.8009	10	6.7	7	3	3	2	90	4
13-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-4	45.45681	72.80087	18	10.8	12	2	3	2	90	4
13-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-5	45.45692	72.80075	17	7.0	1	3	2	1	60	3
13-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-6	45.45701	72.80076	11	2.9	9	3	4	2	50	2
13-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-7	45.45714	72.80058	19	7.6	5	3	3	1	50	2
13-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-8	45.45711	72.80052	28	8.3	13	4	4	2	30	4
14-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-9	45.45719	72.80108	19	11.1	5	3	3	2	50	2
14-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-10	45.45715	72.80116	7	7.3	6	4	5	3	80	3
14-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-11	45.45731	72.80065	32	10.2	1	4	3	2	80	3
14-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-12	45.45734	72.80066	39	11.8	2	3	3	2	90	3

14-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-13	45.45744	72.80059	31	5.4	4	3	3	2	40	2
14-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-14	45.45747	72.80065	31	9.2	1	4	3	2	100	3
14-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-15	45.45749	72.80041	39	9.5	5	4	3	3	70	3
14-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-16	45.45753	72.80047	38	6.0	6	5	3	3	40	3
14-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-17	45.4575	72.80033	43	5.4	4	4	4	3	60	2
14-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-18	45.45745	72.79995	51	10.5	4	5	5	3	50	2
15-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-19	45.45617	72.80085	11	12.1	14	5	3	3	60	4
15-2-2019	P14	Puerto Chacabuco, Aysén	P14-20	45.45556	72.79961	18	7.6	17	4	3	3	90	2
16-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-1	46.819	72.65475	245	6.0	5	3	2	2	60	4
16-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-2	46.81904	72.6548	242	6.0	12	3	4	3	60	3
16-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-3	46.81921	72.65487	247	10.5	4	5	6	4	70	2

16-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-4	46.81929	72.65491	254	10.8	7	5	4	3	40	4
16-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-5	46.81922	72.65501	256	10.2	8	5	5	4	70	3
16-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-6	46.81948	72.65521	252	4.1	7	3	2	1	60	2
16-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-7	46.81958	72.65519	249	34.1	10	5	5	4	60	3
16-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-8	46.81958	72.65533	256	5.4	3	4	3	2	40	4
17-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-9	46.81987	72.65553	268	4.5	6	2	2	1	40	4
17-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-10	46.82025	72.65599	273	3.2	5	2	1	1	80	2
17-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-11	46.8203	72.65598	273	13.1	1	3	3	2	20	3
17-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-12	46.81902	72.65462	254	12.7	4	4	3	2	60	3
17-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-13	46.81897	72.65445	246	12.4	4	3	4	3	30	4
17-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-14	46.81895	72.65477	242	4.1	1	3	2	2	30	2

17-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-15	46.8189	72.65444	237	16.9	3	5	6	5	30	2
17-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-16	46.81891	72.65446	243	4.5	4	3	2	2	50	4
17-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-17	46.8188	72.65446	243	3.5	12	2	2	2	90	3
17-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-18	46.81900	72.65434	251	4.8	11	2	2	2	80	3
17-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-19	46.81872	72.65431	243	6.7	11	5	7	5	50	4
17-2-2019	P15	Puerto Guadal, Chile Chico	P15-20	46.8187	72.6543	240	3.5	12	3	3	2	50	4

**Anexo 8.** Gráfico de diversidad genética para las 15 procedencias (izquierda). Las flechas rojas asocian los valores de diversidad genética con las poblaciones muestreadas (mapa a la derecha).

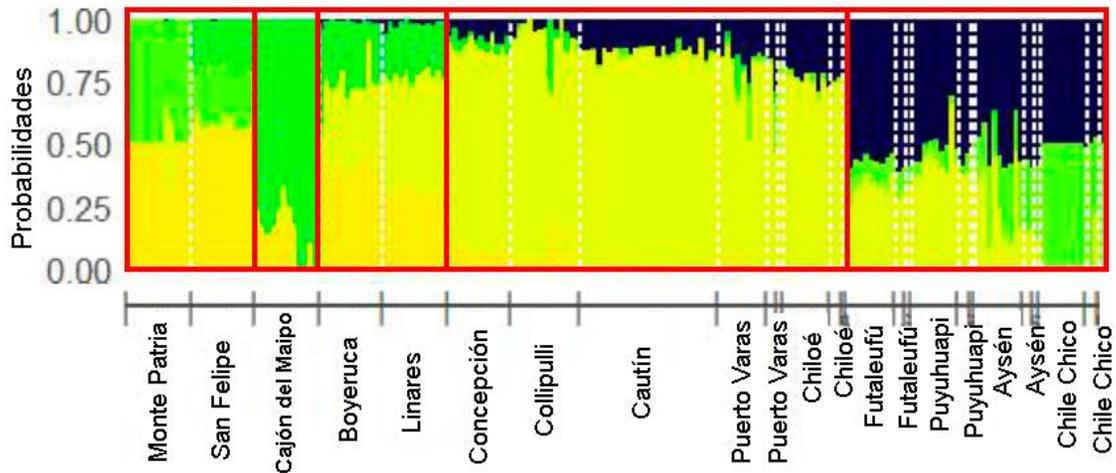


**Anexo 9.** Tabla de valores de estructuración genética (índice Fst) pareadas entre las 15 poblaciones de maqui. Los valores altos de Fst indican mayor estructuración o diferenciación genética entre poblaciones comparadas. Valores bajos de Fst indican menor diferenciación genética.

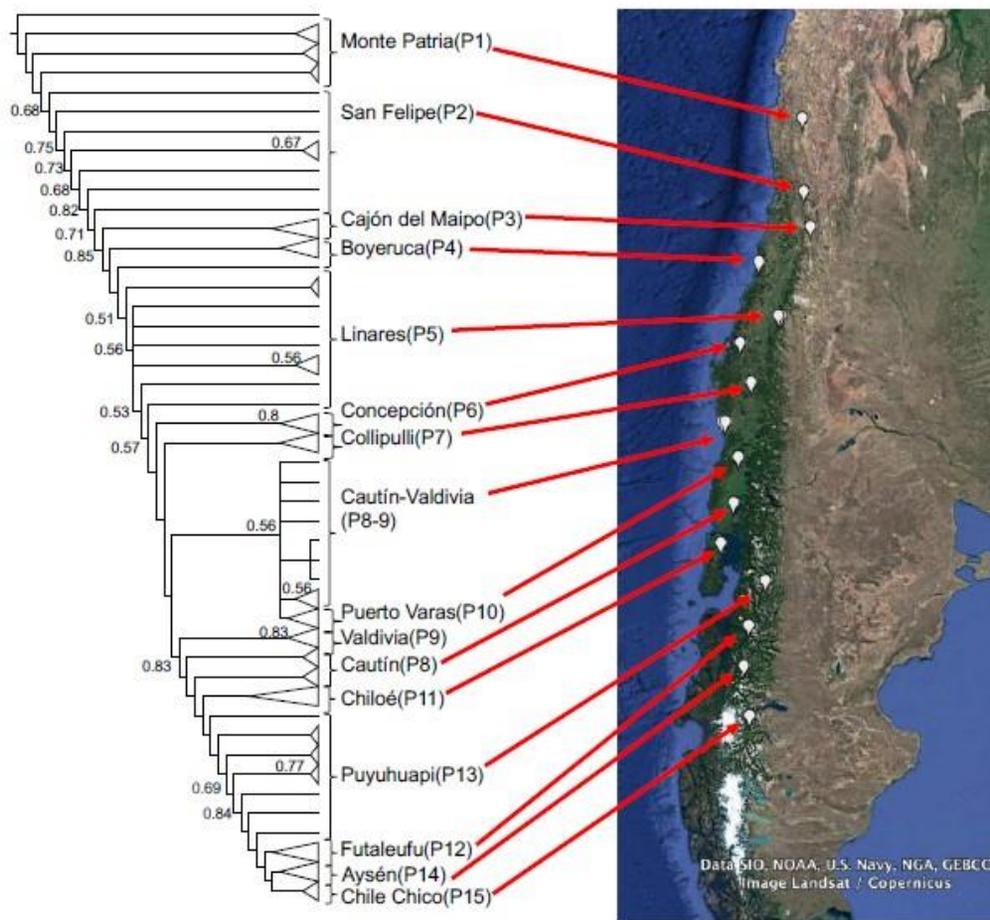
	Monte Patria	San Felipe	Cajon del Maipo	Boyeruca	Linares	Concepcion	Collipulli	Cautin	Valdivia	Puerto Varas	Chiloe	Futaleufu	Puyuhuapi	Aysen	Chile Chico
Monte Patria	0.000														
San Felipe	0.162	0.000													
Cajon del Maipo	0.279	0.182	0.000												
Boyeruca	0.250	0.149	0.135	0.000											
Linares	0.234	0.146	0.128	0.073	0.000										
Concepcion	0.284	0.183	0.170	0.101	0.073	0.000									
Collipulli	0.310	0.202	0.185	0.119	0.084	0.055	0.000								
Cautin	0.305	0.198	0.184	0.114	0.085	0.049	0.059	0.000							
Valdivia	0.307	0.197	0.186	0.121	0.088	0.052	0.061	0.038	0.000						
Puerto Varas	0.357	0.227	0.212	0.146	0.111	0.073	0.088	0.060	0.061	0.000					
Chiloe	0.368	0.238	0.224	0.157	0.123	0.087	0.098	0.069	0.078	0.096	0.000				
Futaleufu	0.402	0.256	0.245	0.174	0.142	0.110	0.127	0.107	0.112	0.136	0.133	0.000			
Puyuhuapi	0.381	0.245	0.224	0.159	0.125	0.096	0.111	0.087	0.093	0.110	0.111	0.080	0.000		
Aysen	0.487	0.314	0.291	0.220	0.184	0.157	0.169	0.158	0.160	0.194	0.181	0.156	0.136	0.000	
Chile Chico	0.610	0.385	0.353	0.281	0.239	0.217	0.234	0.227	0.231	0.271	0.265	0.237	0.237	0.186	0.000

**Anexo 10.** Análisis de estructuración genética con el programa STRUCTURE, que estima el número de poblaciones probables para el maqui dentro de su distribución completa. En el eje x están las 15 procedencias; el eje y corresponde a la probabilidad de asignación de las procedencias a cada población estimada. Los cuadros de líneas rojas encierran las poblaciones estimadas, que en este caso, son 5 (K=5).

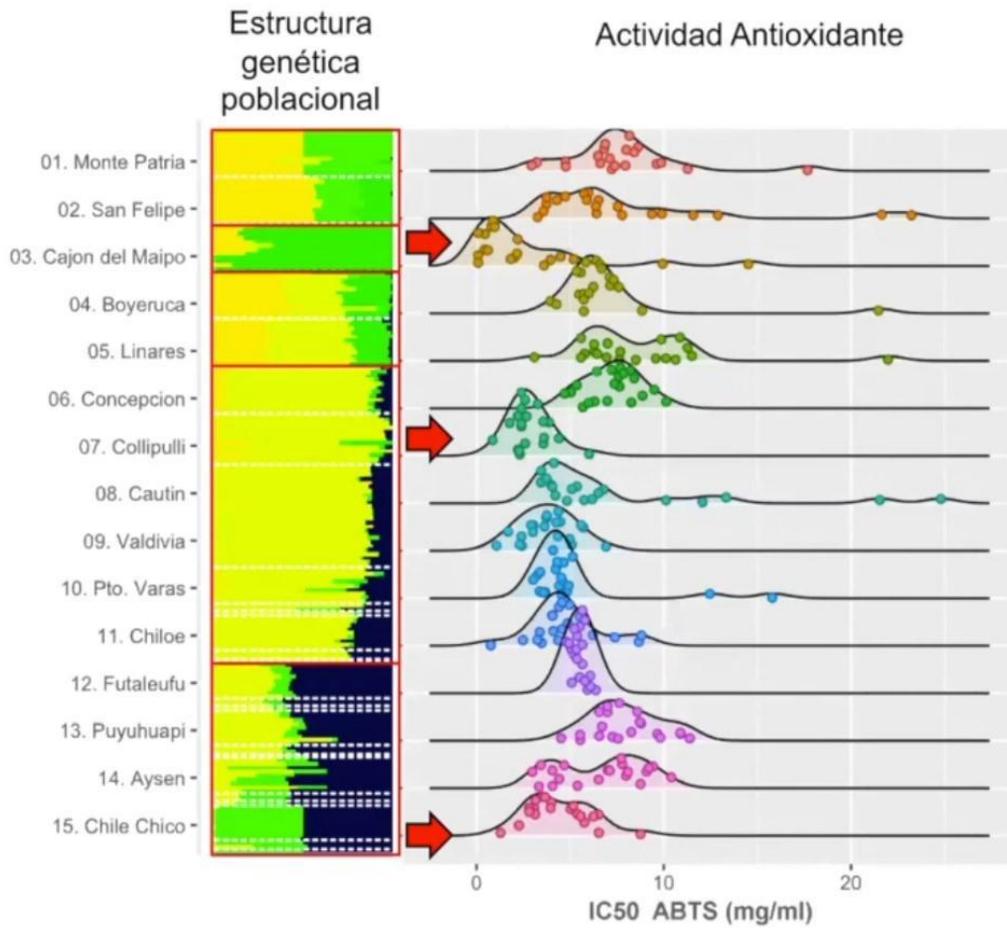
**K=5**



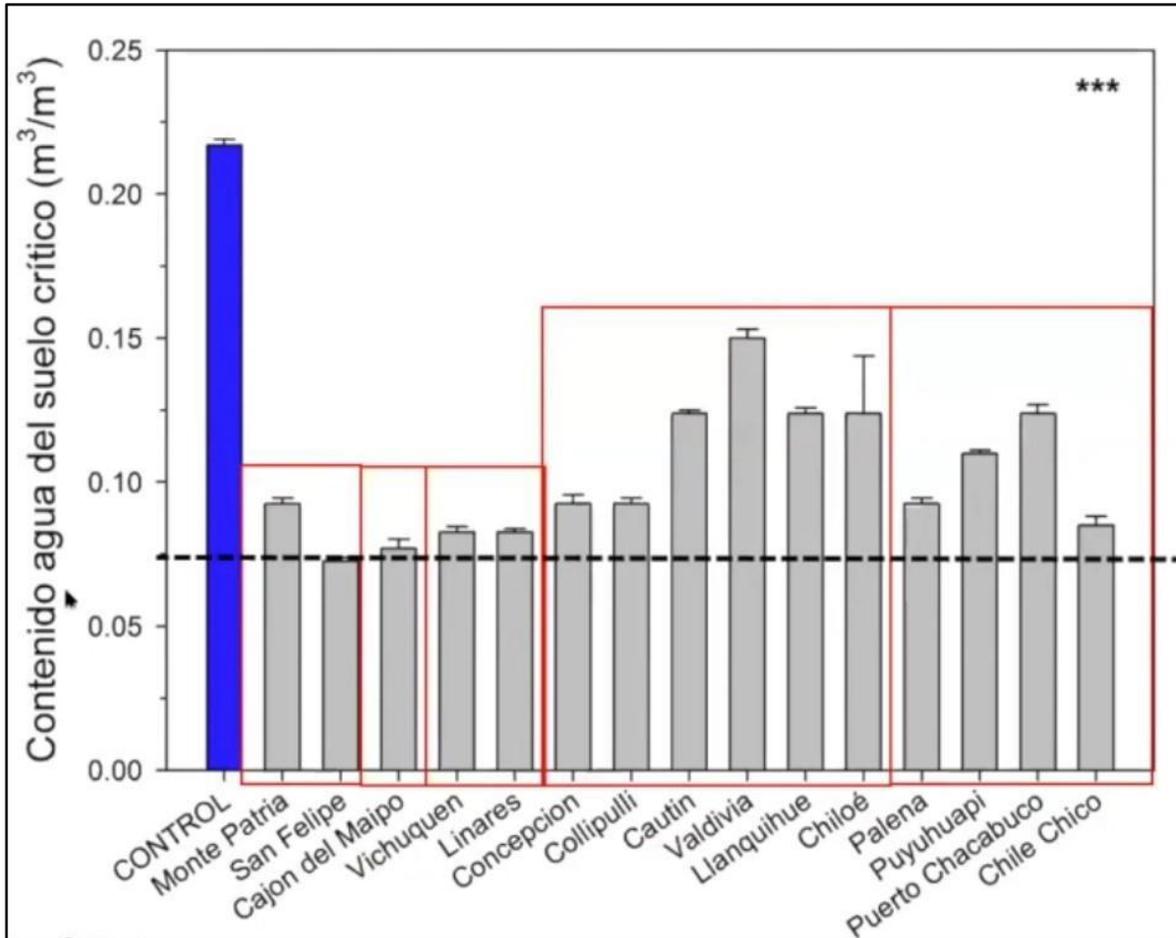
**Anexo 11.** Análisis de relaciones de parentesco con inferencia Bayesiana entre los individuos pertenecientes a las 15 procedencias del maqui (izquierda). Cada población está asociada con una flecha roja a su ubicación geográfica en el mapa de la derecha. Los números corresponden a los valores de probabilidad a posteriori (inferencia Bayesiana) de las relaciones, menores a 0.9.



**Anexo 12.** Estructura genética y actividad antioxidante. Las procedencias y las poblaciones genéticas no muestran una clara asociación y la actividad antioxidante varía dentro de las poblaciones y las procedencias. La divergencia de la población del Cajón del Maipo sugiere variables ambientales.



**Anexo 13.** Estructura genética y tolerancia a la sequía. Las procedencias y las poblaciones genéticas no muestran una clara asociación y la tolerancia a la sequía varía dentro de las poblaciones y las procedencias, excepto en las tres poblaciones genéticas del norte, lo que sugiere adaptación local.



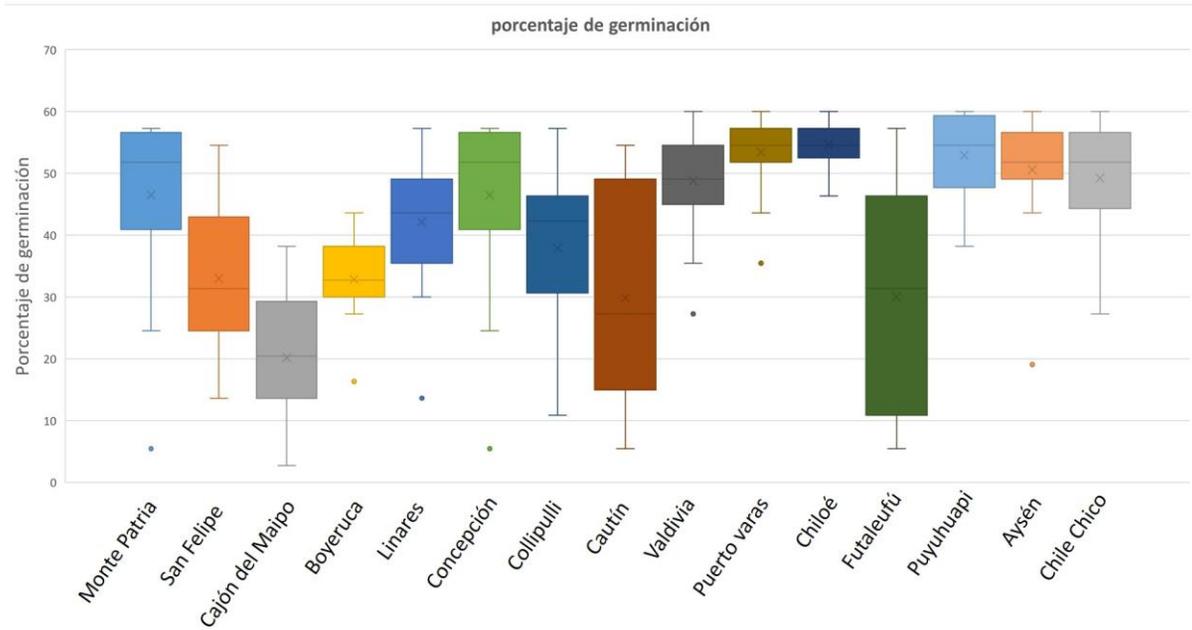
**Anexo 14.** Placas Petri con ensayos de germinación en gradiente diferencial de potencial hídrico, 15 semillas por placa.



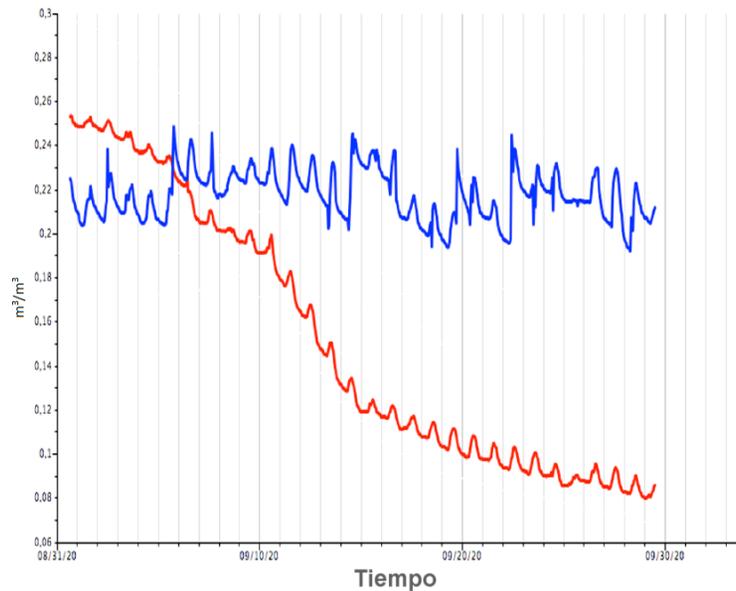
**Anexo 15.** Incubadora con condiciones controladas de fotoperiodo y temperatura para ensayo de germinación diferencial de procedencias de maqui



**Anexo 16.** Gráfico de porcentaje de germinación para las 15 procedencias en condiciones controladas de germinación. Las cajas representan la desviación estándar, la línea horizontal marca la media y las líneas verticales los rangos el 95%. Los puntos corresponden a valores fuera del 95% de la distribución.



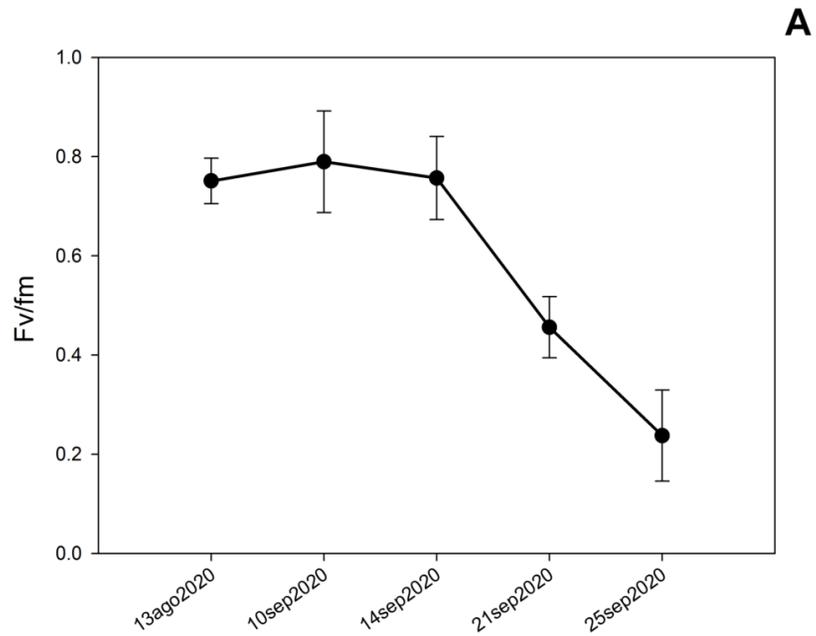
**Anexo 17.** Gráfico de la caída del contenido relativo de agua del suelo en plantas de ensayo (línea roja) y mantención del contenido de agua en el suelo en las plantas control (línea azul) a lo largo del tiempo que duró el experimento de estrés hídrico.

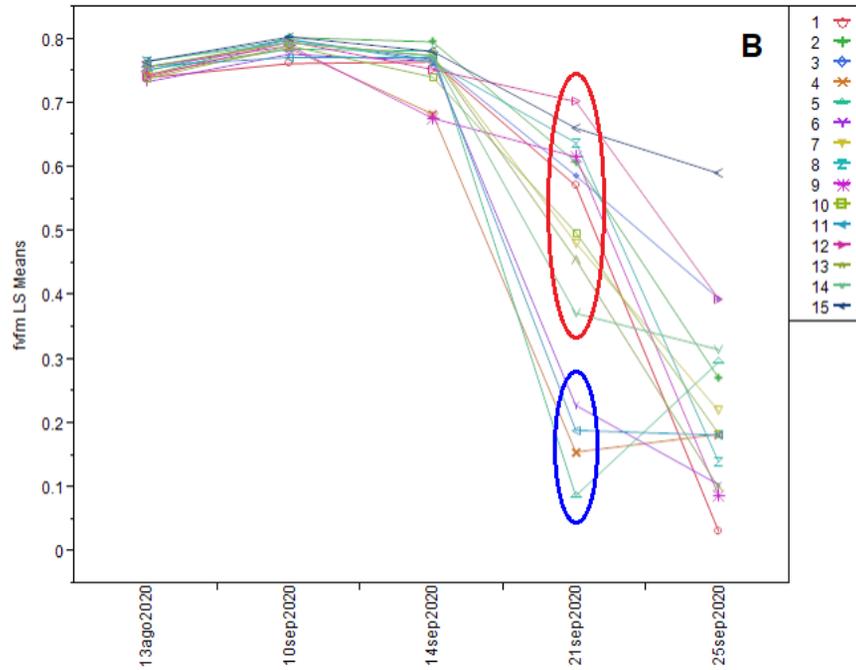


**Anexo 18.** Plantas de maqui en estado de marchitez irreversible luego de aproximadamente 45 días de corte de riego total (las dos platabandas a la derecha). Plantas de tratamiento control con riego constante (una platabanda a la izquierda).

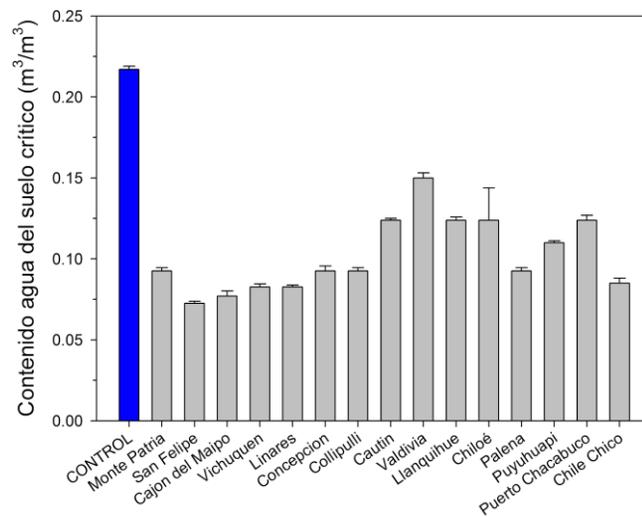


**Anexo 19.** Gráfico de la caída de la eficiencia fotosintética con la disminución del contenido de agua del suelo para el total de las procedencias (A). Caída de la eficiencia fotosintética con la disminución del contenido de agua del suelo para cada procedencia (B), donde cada línea representa una procedencia (leyenda a la derecha). La elipse de color azul encierra las poblaciones con una respuesta temprana al estrés hídrico, mientras que el resto de las poblaciones, encerradas en una elipse azul, muestra una respuesta tardía.

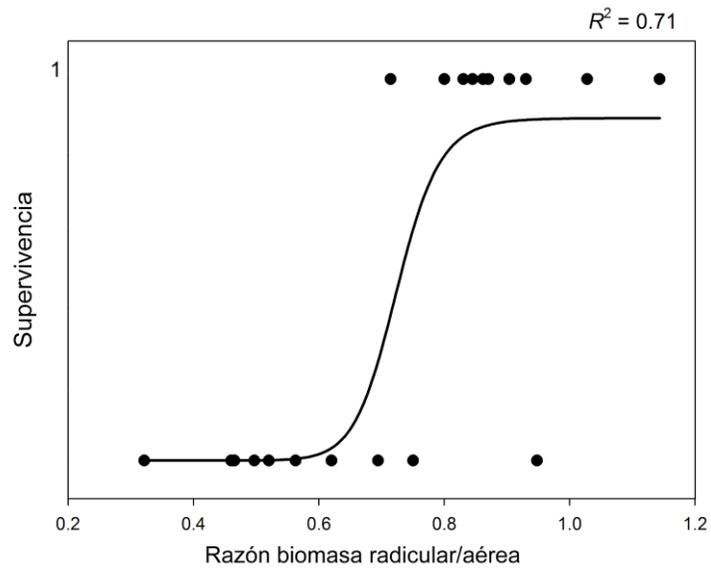




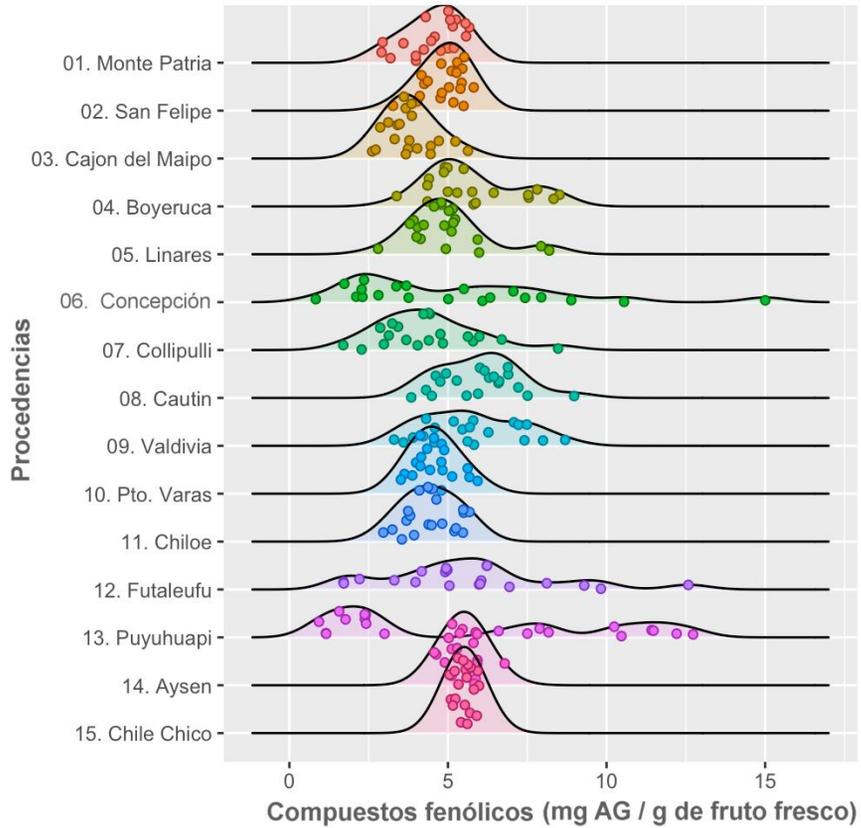
**Anexo 20.** Gráfico del porcentaje del contenido relativo de agua crítico (fotoinactivación) del suelo para las 15 procedencia y para el tratamiento control. Valores bajos de contenido de agua reflejan altos niveles de tolerancia al estrés hídrico.



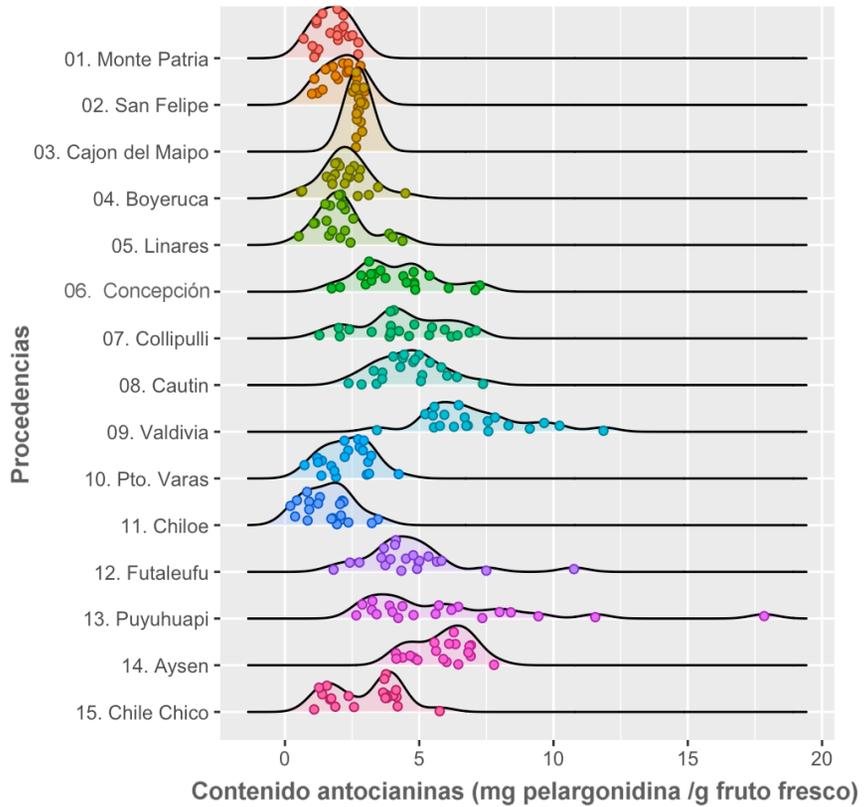
**Anexo 21.** Gráfico de supervivencia de las plantas frente a la sequía respecto a la razón biomasa radicular/aérea. Los valores altos de supervivencia están asociados a una mayor asignación de biomasa radicular frente a la sequía.



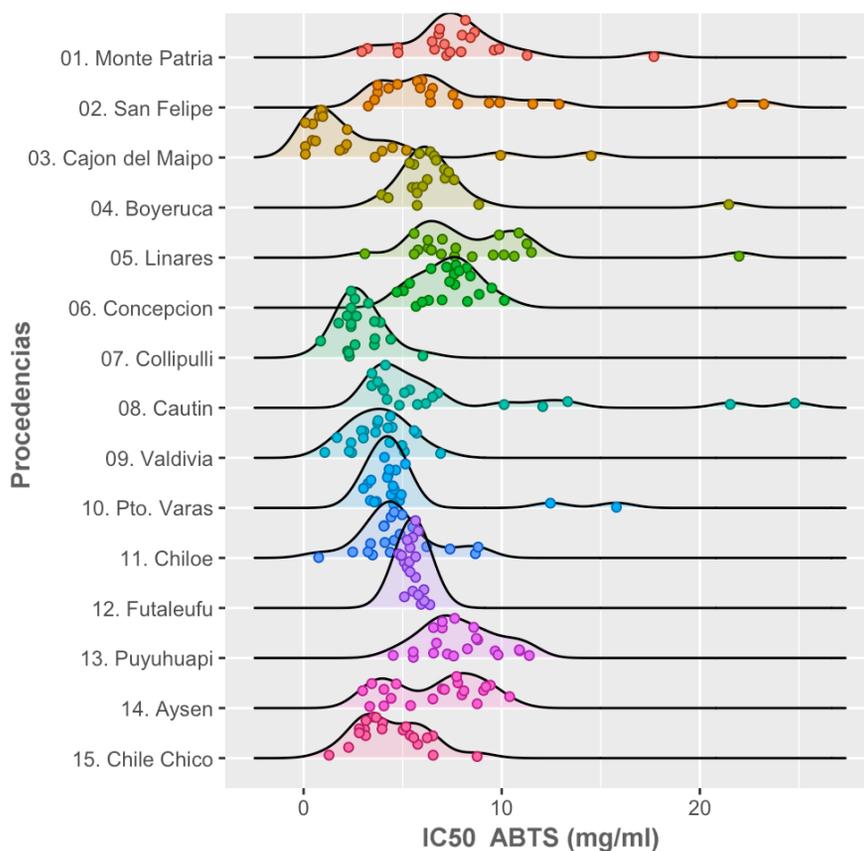
**Anexo 22.** Gráfico de distribución del contenido total de polifenoles en las 15 procedencias, expresado en mg de equivalente de Ácido gálico/g de fruto fresco. A la izquierda están los números y nombres de cada procedencia. Los círculos coloreados corresponden a los valores promedios de las mediciones por triplicado para cada árbol muestreado. Las líneas negras muestran la tendencia de distribución de los datos. (ANOVA  $F=3.016$ ,  $p 0.0002$ ).



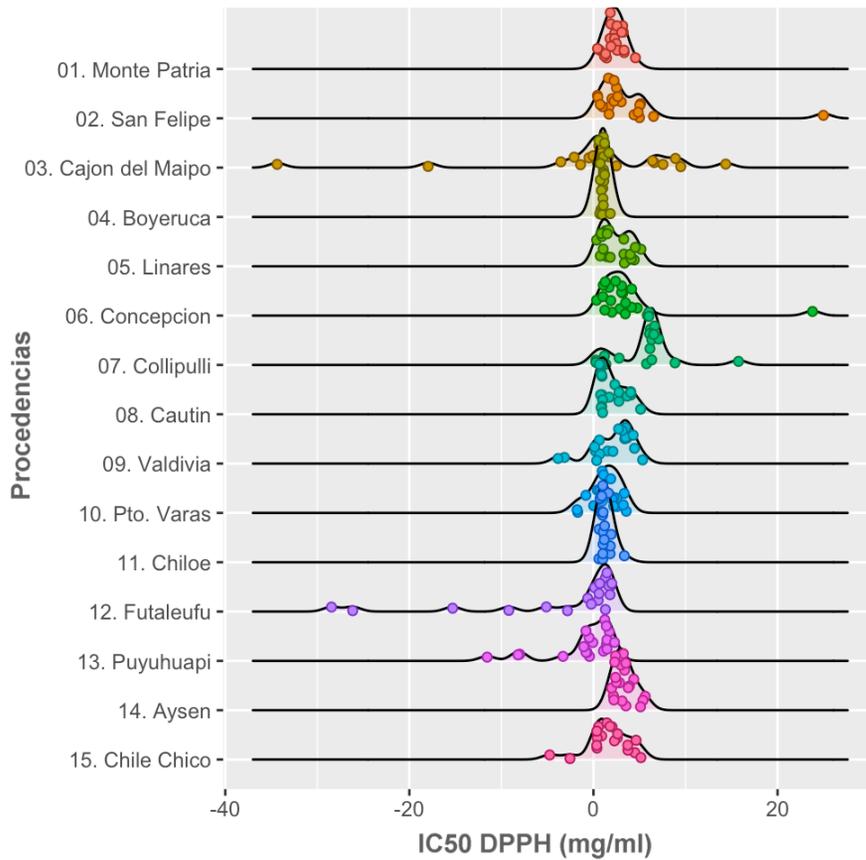
**Anexo 23.** Gráfico de distribución del contenido de antocianinas en las 15 procedencias, expresado en mg de pelargonidina/g de fruto fresco. A la izquierda están los números y nombres de cada procedencia. Los círculos coloreados corresponden a los valores promedios de las mediciones por triplicado para cada árbol muestreado. Las líneas negras muestran la tendencia de distribución de los datos. (ANOVA  $F=31.854$ ,  $p 0.0$ ).



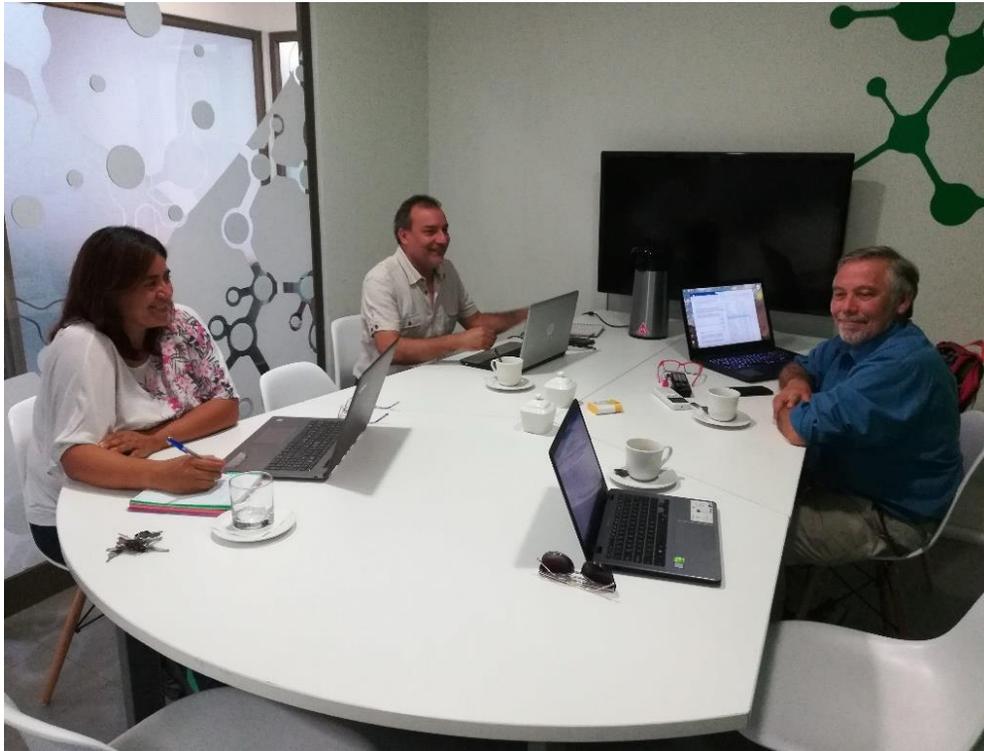
**Anexo 24.** Gráfico de distribución del índice IC50 para el radical ABTS para las 15 procedencias, que corresponde a la concentración del extracto de maqui capaz de inhibir el 50% del radical ABTS. A la izquierda están los números y nombres de cada procedencia. Los círculos coloreados corresponden a los valores promedios de las mediciones por duplicado para cada árbol muestreado. Las líneas negras muestran la tendencia de distribución de los datos. Los valores más bajos reflejan mayor capacidad antioxidante. (ANOVA  $F=8.191$ ,  $p 0.0$ ).



**Anexo 25.** Gráfico de distribución del índice IC50 para el radical DPPH para las 15 procedencias, que corresponde a la concentración del extracto de maqui capaz de inhibir el 50% del radical DPPH. A la izquierda están los números y nombres de cada procedencia. Los círculos coloreados corresponden a los valores promedios de las mediciones por duplicado para cada árbol muestreado. Las líneas negras muestran la tendencia de distribución de los datos. Los valores más bajos reflejan mayor capacidad antioxidante. (ANOVA  $F=5.009$ ,  $p 0.0$ ).



**Anexo 26.** Reunión con la especialista del área académica Dra. Benita González y con el especialista en agroindustria Felipe Torti.



**Anexo 27.** Imágenes contenidas en la presentación del Simposio “Evolución y ecología del maqui (*Aristotelia chilensis*) bajo gradiente y cambio climático” en XXXI Reunión Anual de la Sociedad de Botánica de Chile. <https://www.youtube.com/watch?v=Lxly3j9wVEY>



YouTube

Buscar

Congreso Virtual

**XXXI REUNIÓN ANUAL  
SOCIEDAD DE  
BOTANICA DE CHILE**

27 DE NOVIEMBRE  
4 y 11 DE DICIEMBRE 2020

Plazo envío resúmenes: 1 de septiembre hasta  
2 de noviembre  
Consultas y envío de resúmenes al correo:  
[reunionanual2020@gmail.com](mailto:reunionanual2020@gmail.com)

Sociedad de Botánica de Chile

Más información:  
[WWW.SOCBOTANICA.CL](http://www.socbotanica.cl)

0:00 / 1:47:18

Simposio: Evolución y ecología del maqui (*Aristotelia chilensis*) bajo gradiente y cambio climático

228 vistas • 28 nov. 2020

15 0 COMPARTIR GUARDAR ...

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

Simposio: "Evolución y ecología del maqui (*Aristotelia chilensis*) bajo gradiente y cambio climático"

Biogeografía  
Macroevolución  
Sistemática

BIOMAS  
Grupo  
Universidad de Concepción

## Modelos de distribución potencial del maqui ante escenarios de cambio climático



Marcelo R. Rosas  
Pablo C. Guerrero  
Universidad de Concepción

[mrosas\\_bot@mail.com](mailto:mrosas_bot@mail.com)

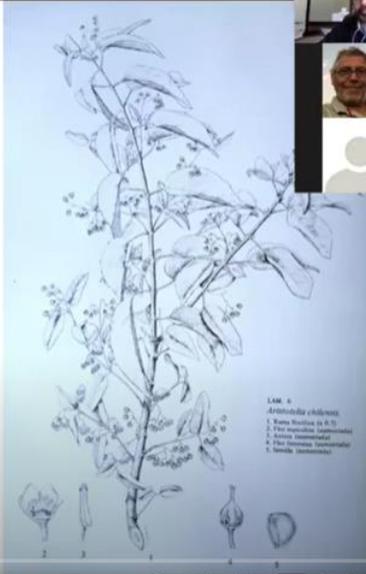
0:49 / 1:47:18

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

## Respuestas funcionales a la sequía en *Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz (Elaeocarpaceae) en juveniles de poblaciones de un gradiente latitudinal

Saldaña, A<sup>1</sup>, Escandón A<sup>1</sup> & Coronado T<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Concepción.  
E-mail: [asaldana@udec.cl](mailto:asaldana@udec.cl)



21:02 / 1:47:18

Simposio: Evolución y ecología del maqui (*Aristotelia chilensis*) bajo gradiente y cambio climático

228 vistas • 28 nov. 2020

👍 15

💬 0

➦ COMPARTIR

🔖 GUARDAR

⋮



Biogeografía  
Macroevolución  
Sistemática



## Caracterización de la variación en la actividad antioxidante del Maqui en un gradiente latitudinal

Tania M. Coronado, Gastón O. Carvallo, Pablo C. Guerrero

Noviembre 2020

Simposio: Evolución y ecología del maqui (*Aristotelia chilensis*) bajo gradiente y cambio climático

228 vistas • 28 nov. 2020

👍 15

💬 0

➦ COMPARTIR

📌 GUARDAR

⋮

Simposio: Evolución y ecología del maqui (*Aristotelia chilensis*) bajo gradiente y cambio climático

228 vistas • 28 nov. 2020

👍 15

💬 0

➦ COMPARTIR

📌 GUARDAR

⋮



## Integración de resultados

**Existe una clara asociación entre poblaciones genéticamente estructuradas con (?):**

- Actividad antioxidante en los frutos
- Tolerancia a la sequía
  
- Existe el potencial de revertir pérdida de hábitat idóneo mediante respuestas funcionales que generen mayor tolerancia a la sequía?

23



1:36:33 / 1:47:18

Simposio: Evolución y ecología del maqui (*Aristotelia chilensis*) bajo gradiente y cambio climático

228 vistas • 28 nov. 2020

👍 15    💬 0    ➦ COMPARTIR    ≡ GUARDAR    ...

**Anexo 28.** Imágenes contenidas en el video de difusión “Maqui, una alternativa agroecológica para el futuro: evidencia funcional, experimental y genética”. [https://www.youtube.com/watch?v=Z\\_rL7hDIzVo](https://www.youtube.com/watch?v=Z_rL7hDIzVo)

La reproducción del chat está inhabilitada para este estreno.

Maqui, una alternativa agroecológica para el futuro: evidencia funcional, experimental y genética

254 vistas • Se estrenó el 27 ene. 2021

7 0 COMPARTIR GUARDAR ...

 **Ecoevolutionary Dynamics**  
88 suscriptores

**SUSCRIBIRSE**

**15** Poblaciones estudiadas

**6 mil** Plantas evaluadas

Norte Mayor Aridez

Sur Menor Aridez

1:34 / 5:52

### MAPA DE COMPARACIÓN

Hábitat que persiste con el hábitat del futuro 2050

Hábitat que persiste.  
Hábitat en riesgo (18% del hábitat actual).  
Hábitat nuevo (3,4% del hábitat actual).  
Hábitat no idóneo.

Hábitat perdido y ganado

- Hábitat no idóneo
- Hábitat nuevo
- Hábitat en riesgo
- Hábitat persistente

2:15 / 5:52



YouTube<sup>CL</sup>

Buscar

