



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE GESTIÓN FORESTAL Y SU MEDIO
AMBIENTE

DISTRIBUCIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DEL TIPO FORESTAL
ESCLERÓFILO EN LA ZONA CENTRAL DE CHILE

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniera Forestal

CAMILA DANIELA LOYOLA DÍAZ

Profesor Guía: Sr. Roberto Garfias Salinas, Ingeniero Forestal
M. C. en Agroforestería

Santiago, Chile

2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE GESTIÓN FORESTAL Y SU MEDIO AMBIENTE

DISTRIBUCIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DEL TIPO FORESTAL
ESCLERÓFILO EN LA ZONA CENTRAL DE CHILE

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniera Forestal

CAMILA DANIELA LOYOLA DÍAZ

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía: Sr. Roberto Garfias Salinas
Prof. Consejero Sr. Miguel Castillo Soto
Prof. Consejero Sr. Antonio Vita Alonso

DEDICATORIA

Dedico esta Memoria de Título a mis padres; Yolanda Díaz y Gerardo Loyola, los que han estado conmigo empezando y cerrando todas las etapas de mi vida. Gracias por su amor incondicional, por su apoyo en toda mi etapa universitaria y por alentarme a finalizar este proceso.

Muchas Gracias

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, porque siempre tomaron buenas decisiones en mis estudios permitiéndome hoy en día finalizar la etapa universitaria.

Agradezco a toda la comunidad de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza:

- A Roberto Garfias, por la formación profesional y personal que me brindó en mis años de estudio; Miguel Castillo y Antonio Vita, por tener la palabra precisa en cada conversación, incluso más allá de lo académico. Horacio Bown, Amanda Huerta y Magda Orell, por su calidad humana y profesional.
- A mis amigas Danira Pineida y Cristina Aravena por todo su apañe, enseñanzas, comprensión y cariño en los años de Universidad. A Gabriel Contreras, porque en cada idea que tuve me brindaste tu apoyo. A CEIF 2016.
- A los funcionarios, que realizan una labor muchas veces invisible para el estamento estudiantil, principalmente a Laurita y a Mariela. También agradezco mucho a Simón, quién me ayudó a finalizar esta etapa con una gran sonrisa.

Agradezco a todas las personas que me ayudaron con mi Memoria, en especial a Wilson Mejías, Iván Castillo, Carla Altamirano, Francisca Ruiz y a Carlos Cabaña.

Agradezco, por último, a los grandes amigos: Vicente, Franco y Matías. También a las grandes amigas: Mymi, Vannia y Maca.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIAL Y MÉTODO	4
2.1 Material	4
2.2 Método	7
2.2.1 Puntos de presencia del Tipo Forestal Esclerófilo.....	7
2.2.2 Selección de variables.....	7
2.2.3 Modelamiento en Software MaxEnt®	7
2.2.4 Análisis de las variables y su importancia	8
2.2.5 Diagrama de procesos.....	8
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
3.1 Puntos de presencia	9
3.2 Selección de variables ambientales	11
3.2.1 Análisis de las variables y su importancia.....	12
3.2.2 Prueba de “Jack knife”.....	12
3.3 Modelamiento de la distribución potencial con Software MaxEnt®.....	13
3.4 Distribución potencial del Tipo Forestal Esclerófilo.....	15
3.4.1 Intersección de la distribución actual y potencial del Tipo Forestal Esclerófilo .	19
4. CONCLUSIONES	21
5. BIBLIOGRAFÍA	22
6. APENDICES	25
6.1 Puntos de presencia utilizados en el Tipo Forestal Esclerófilo	25
6.2 Variables utilizadas en programa estadístico R Project	26

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Años de actualización de catastro de recursos vegetacionales de CONAF.	5
Cuadro 2. Variables utilizadas en el modelo de distribución potencial del Tipo Forestal Esclerófilo.	6
Cuadro 3. Calidad de modelo a través del índice del área bajo la curva.....	9
Cuadro 4. Selección de variables ambientales para utilizar en MaxEnt®.	11
Cuadro 5. Importancia de las variables al modelo MaxEnt®.	12
Cuadro 6. Probabilidad del Tipo Forestal Esclerófilo de encontrarse en la zona central del país.	15
Cuadro 7. Comparación en hectáreas de la distribución actual y potencial del Tipo Forestal Esclerófilo.	17
Cuadro 8. Probabilidades de ocurrencia de distribución potencial en la zona central de Chile.	17
Cuadro 9. Superficie coincidente de distribución actual con potencial del Tipo Forestal Esclerófilo.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio. Fuente: Adaptado a partir del Catastro Usos de Suelo y Recursos Vegetacionales	4
Figura 2. Diagrama de flujo sobre metodología empleada.	8
Figura 3. AUC de tamaño de muestra 320.	10
Figura 4. Tasa de omisión para tamaño de muestra 320.	11
Figura 5. Análisis "Jack knife" para variables ambientales del modelo MaxEnt®.	12
Figura 6. Tasa de omisión del Tipo Forestal Esclerófilo.	13
Figura 7. Curva operador receptor (ROC) en software MaxEnt® para modelo predictivo del Tipo Forestal Esclerófilo.	14
Figura 8. Distribución potencial del Tipo Forestal Esclerófilo.	16
Figura 9. Superposición Distribución actual - Distribución potencial.	19
Figura 10. 320 puntos de presencia del Tipo Forestal Esclerofilo.	25

RESUMEN

Con el objetivo de identificar la distribución actual y potencial del Tipo Forestal Esclerófilo en la zona central de Chile, se realizó un análisis espacial utilizando el Modelo de Máxima Entropía (Maxent®). En este proceso, se identificaron las variables ambientales mediante un análisis de componentes principales, con el fin de reducir el número de ellas, las que se utilizaron en el modelo.

Al efectuar el análisis en seis regiones donde este Tipo Forestal tiene presencia relevante, se determinó que, en las Regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins existe más probabilidad de distribución potencial, abarcando una superficie de 1.342.146, 1.249.973 y 1.568.407 hectáreas respectivamente. Para la Región del Maule, existe una media a baja probabilidad de presencia potencial, sin embargo, existiría una superficie potencial de 1.697.548 hectáreas, un 3.134,58% de incremento. En cambio, para las regiones extremas del centro de Chile; Coquimbo y Biobío, la probabilidad potencial de encontrar el Tipo Forestal es baja, con una superficie potencial de 155.103 y 160.432 hectáreas respectivamente.

Este estudio contribuye a la generación de información fiable de la distribución potencial del Tipo Forestal Esclerófilo, la que puede ser manejada en futuros proyectos de conservación, manejo productivo del bosque, análisis de cambio climático, efecto en incendios de magnitud, fragmentación del hábitat, entre otros.

Palabras claves: tipo forestal esclerófilo, máxima entropía, distribución potencial

ABSTRACT

With the objective of identify the current and potential distribution of the Sclerophyll Forest Type in the central region of Chile, an spatial analysis was done using the Maximun Entropy model (Maxent). In this process, environmental variables were identified through a principal component analysis, in order to reduce the number of variables that would be used in the model.

When performing the analysis in six regions, where this forest type has a relevant presence, it was determined that, in the regions of Valparaíso, Metropolitana and O'Higgins, there is a greater potential distribution probability, covering an area of 1.342.146, 1.249.973 and 1.568.407 hectares respectively. For the Maule Region, there is a medium to low potential probability presence, however, there would be a potential area of 1.697.548 hectares, a 3134,58% increase. In contrast, for the extreme regions of central Chile; Coquimbo and Biobío, the potential probability of finding the Forest Type is low, with a potential area of 155.103 and 160.432 hectares respectively.

This study contributes to the generation of reliable information on the potential distribution of the Sclerophyll Forest Type, which can be managed in future conservation projects, productive forest management, analysis of climate change, effect on fires of magnitude, fragmentation of habitat, among others.

Keywords: sclerophyll forest type, maximum entropy, potential distribution

1. INTRODUCCIÓN

Chile posee extensos y variados recursos vegetacionales, muchos de ellos únicos a nivel mundial debido a su distribución latitudinal, longitudinal y altitudinal. Esta condición geográfica genera diversos tipos de ambientes. La zona norte presenta un clima desértico, la zona centro un clima mediterráneo, en cuanto a la zona sur del territorio comienza con un clima templado y a medida que se avanza hacia lo más austral de Chile, se observa un clima subantártico o polar (CONAF, 2016). Este gradiente, combinado con condiciones edáficas y topográficas otorga variadas condiciones para el desarrollo de diversos ecosistemas forestales y otras formaciones nativas, donde la superficie cubierta por bosque nativo es del 18,9% (INFOR, 2016).

La categorización utilizada en la normativa forestal vigente conforme al Decreto Supremo 259 reconoce 12 Tipos Forestales (Ministerio de agricultura, 1980), donde las especies predominantes cambian según las condiciones climáticas que están presentes a lo largo y ancho del país. Uno de los Tipos Forestales que más perturbación ha tenido por presión antrópica es el Tipo Forestal Esclerófilo (Donoso, 1981; Gajardo, 1994).

Este Tipo Forestal corresponde a asociaciones presentes en la zona mediterránea de Chile, desde la Región de Coquimbo hasta la del Biobío. La configuración vegetacional depende fuertemente de la latitud, longitud y topografía. Debido a lo anterior, la vegetación presenta una distribución compleja, ya que los altos niveles de alteración antrópica y la existencia del relieve montañoso de Chile otorga a este Tipo Forestal una alta diversidad y variadas formas de vidas (Donoso, 1981; Barriga, 2012; CONAF, 2016).

Según Donoso (1981), el Tipo Forestal Esclerófilo presenta tres subtipos definidos por su estructura y dinámica los cuales son:

- *Subtipo Espinal*: es aquella vegetación del tipo sabana ubicada en los sectores bajos de ambas Cordilleras, en las cercanías del Llano Central y en los valles centrales. Predomina el espino como especie leñosa, fluctuando entre 100 y 300 árboles por hectárea.
- *Subtipo Rodales mixtos de especies arbóreas esclerófilas*: se caracteriza este bosque-matorral, por presentar especies como peumo, litre, boldo, quillay con ejemplares de molle, maitén y bollén, variando en latitud y exposición. Se distingue además por presentar un sotobosque denso compuesto por otras especies esclerófilas. Cabe mencionar que en las zonas más húmedas y sombrías la especie predominante es el peumo; por el contrario, en zonas secas es el quillay.
- *Subtipo Bosques hidrófilos de quebradas*: la formación vegetal se da principalmente en zonas de quebradas y riberas de cursos de agua. Aquí se encuentran ejemplares del tipo hidrófilo destacando las especies de belloto del norte y sur, naranjillo, patagua, pitao y queule. Además, se pueden observar especies que están presentes en la zona Sur de Chile como el canelo, arrayán, pitra, lingue, entre otras.

Según Tapia (2005) y CIREN (2011), en Chile, las actividades productivas ejercidas en la zona mediterránea provocaron una fuerte disminución del bosque esclerófilo por cambio de uso de suelo, ya que contiene al 70% de la población del país. Dentro de las actividades que llevaron a esta disminución se encuentran:

- El cambio a uso agrícola: cultivos, plantaciones de frutales y viñedos.
- Actividades industriales productivas: la extracción de leña, minería y crianza de ganado.
- Ocurrencia de incendios forestales con una acelerada expansión urbana.

Por otro lado, en la distribución de los seres vivos existe una interrelación de factores bióticos y abióticos, siendo el clima uno de los factores más importantes para la determinación de especies, condicionando la presencia o ausencia de estas. La distribución de especies se puede dar en dos categorías: la actual u ocurrencia y la potencial. La primera corresponde a los sitios que se ha observado a los individuos y la segunda hace mención a las áreas que presentan condiciones ambientales muy similares que podría encontrarse la especie, teniendo además una muy alta probabilidad de ser ocupadas por estas mismas (Gámez, 2010).

Los modelos de distribución potencial son representaciones cartográficas de especies o ecosistemas que contiene similares condiciones bióticas y abióticas en una zona geográfica que en la actualidad no está presente. Son, además, una relación estadística entre la categoría actual y las variables independientes usadas como indicadores, por ejemplo: topográficas, ecológicas, geológicas y/o climáticas de la zona de estudio. Estos modelos utilizan métodos cuantitativos, que han presentado una gran aplicación en el ámbito de la conservación, evolución, manejo de especies invasoras, entre otras (Mateo *et al.*, 2011; Moreno *et al.*, 2011). Sin embargo, poseen limitaciones espaciales y temporales, las que pueden variar año a año por acción antrópica o natural, por lo que dependerá de la toma de datos y el procesamiento para que los resultados sean lo más acertado a la realidad (Morales, 2012).

Para la mejor visualización de la distribución de especies de un lugar, se puede utilizar los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los que permiten asociar, medir y analizar la información que hace referencia espacialmente a una zona geográfica de interés. En Chile, el empleo de esta herramienta es una necesidad para diversas disciplinas y para el sector forestal es fundamental a la hora de la toma de decisiones (Castillo, 2007). Según Moreno *et al.* (2011), un SIG logra integrar variables de interés con puntos de presencia de la especie en estudio, logrando predecir la distribución de estas en un contexto de análisis de biodiversidad. Los modelos de distribución de especies han tomado fuerza en los últimos años, donde el desarrollo de técnicas estadísticas ha permitido analizar de manera objetiva la presencia y ausencia de las especies, teniendo en consideración la distribución actual de la especie y sus demandas edafoclimáticas (Mateo *et al.*, 2011).

A la fecha, se han desarrollado diversos métodos que presentan modelos de distribución potencial de especies. Dentro de los más utilizados están *Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS)*, *Bioclim*, y *Algorithm for Rule-set Prediction (GARP)* y *Maximum Entropy Approach to Modelling Species Distributions (MaxEnt®)*, siendo este último modelo el que presenta mayor poder en predicción con relación a los demás, ya que realiza una

caracterización de las condiciones requeridas por una especie, identificando la distribución posible a ocupar (Morales, 2012).

El modelo MaxEnt® es un método que permite realizar predicciones a partir de información incompleta. Su objetivo es estimar una distribución de probabilidad de una especie a través de la probabilidad de máxima entropía, teniendo como limitantes las variables ambientales en los lugares de ocurrencia de la especie (Phillips *et al.*, 2017).

MaxEnt® presenta un buen desempeño en comparación a otros modelos de distribución de especies, ya que solo requiere datos de la presencia de la especie junto a su información ambiental; otros modelos requieren datos de ausencia para generar la predicción de especies. Otra ventaja del modelo Maxent® es la fácil interpretación de datos al momento de arrojar resultados, por lo que su posterior análisis es de fácil interpretación para el investigador. Por último, su disponibilidad es de forma gratuita (Morales, 2012).

En este estudio, se determina la distribución actual y potencial del Tipo Forestal Esclerófilo en la zona central de Chile, utilizando el Software Maxent®. La generación de información actualizada en la distribución actual y potencial del Tipo Forestal en estudio es de relevancia, debido a que está inserta en las zonas más pobladas del país.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Material

El Tipo Forestal Esclerófilo se distribuye desde los 30°50' hasta los 36°30' de latitud sur, a través de la Cordillera de La Costa entre los ríos Limarí e Itata; en la depresión intermedia desde los 30°50' S hasta los 37° 50' S, entre los ríos Limarí y Malleco; y en la Cordillera de Los Andes de los 32° S hasta los 38°S, desde Combarbalá hasta las cercanías de Collipulli (Donoso, 1981). De acuerdo con información de INFOR (2016), la superficie de este Tipo Forestal es de 1.345.425,7 ha (Figura 1).

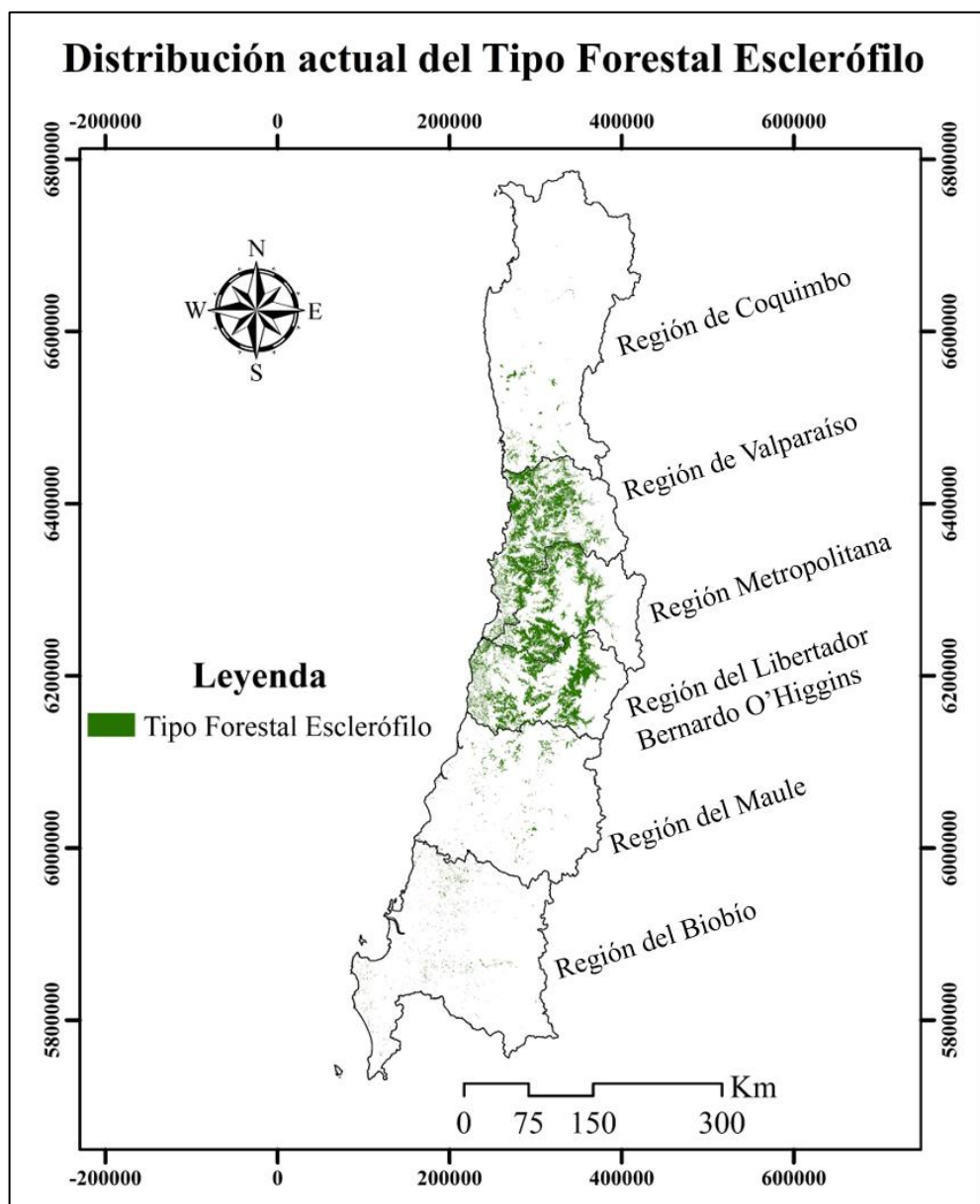


Figura 1. Área de estudio.

Fuente: Adaptado a partir del Catastro Usos de Suelo y Recursos Vegetacionales (SIT – CONAF, 2016).

Para desarrollar el modelo de distribución potencial de especies del Tipo Forestal Esclerófilo, se trabajó con el Catastro Usos de Suelo y Recursos Vegetacionales realizado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), donde se identificó la presencia actual, información de pendiente, exposición y altitud. En el cuadro 1 se visualizan los años de actualización del catastro para cada región, siendo esta información la utilizada para el desarrollo de este estudio.

Cuadro 1. Años de actualización de catastro de recursos vegetacionales de CONAF.

Región	Año de actualización del Catastro
Coquimbo	2014
Valparaíso	2013
Metropolitana	2013
Libertador Bernardo O'Higgins	2013
Maule	2009
Biobío	2015

Las capas de información de las variables erosividad y erodabilidad se adquirieron del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA, 2016). Por último, las capas de información de las variables bioclimáticas se extrajeron de WorldClim Version2 (Global Climate Data, 2016; WorldClim, 2016).

Las variables ambientales, topográficas y edáficas utilizadas en el modelo Maxent® corresponden a las que se muestran en el cuadro 2. Estas variables fueron utilizadas ya que afectan en la composición y distribución del bosque esclerófilo (CIREN, 2011).

Cuadro 2. Variables utilizadas en el modelo de distribución potencial del Tipo Forestal Esclerófilo.

VARIABLES UTILIZADAS EN LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL TIPO FORESTAL ESCLERÓFILO		
VARIABLES		Nombre variable
Topográficas y edáficas		Pendiente
		Exposición
		Altitud
		Erodabilidad
		Erosividad
Bioclimáticas	BIO1	Media anual de temperatura del aire
	BIO2	Intervalo de la temperatura diurna (Media del mes)
	BIO3	Isoterma (BIO2/BIO7) (*100)
	BIO4	Estacionalidad de la temperatura del aire (desviación estándar *100)
	BIO5	Máxima temperatura del aire del mes más cálido
	BIO6	Mínima temperatura del aire del mes más frío
	BIO7	Rango anual de temperatura del aire (BIO5-BIO6)
	BIO8	Temperatura media del aire del cuarto más húmedo
	BIO9	Temperatura media del aire del cuarto más seco
	BIO10	Temperatura media del aire del cuarto más cálido
	BIO11	Temperatura media del aire del cuarto más frío
	BIO12	Precipitación anual
	BIO13	Precipitación del mes más húmedo
	BIO14	Precipitación del mes más seco
	BIO15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)
	BIO16	Precipitación del cuarto más húmedo
	BIO17	Precipitación del cuarto más seco
	BIO18	Precipitación del cuarto más cálido
	BIO19	Precipitación del cuarto más frío

2.2 Método

Las capas de información establecidas en el cuadro 2, se transformaron a un único formato: *raster*, con extensión ASCII, debido a que el software MaxEnt® lee dicha extensión. El tamaño de celda utilizado fue de 1.000x1.000 metros, ya que la cartografía extraída de WorldClim posee una resolución de 1 km², por lo que se regularizaron las otras cubiertas que poseían otro tamaño de celda. Toda la información cartográfica fue transformada al sistema UTM, Datum WGS84 con huso 19s, para trabajar de manera más fácil con SIG, evitando alteraciones en las capas.

2.2.1 Puntos de presencia del Tipo Forestal Esclerófilo

A partir de la información extraída desde el Catastro Usos de Suelo y Recursos Vegetacionales, se establecieron al azar *puntos de presencia* correspondientes a la localización en que se tiene certeza que existe este Tipo Forestal en la actualidad. A partir de esto, se probaron distintos tamaños de muestra, con el fin de seleccionar el mejor ajuste al modelo. Esta información fue adjuntada en conjunto a las variables ambientales en el programa MaxEnt® para la determinación de la distribución potencial del Tipo Forestal en estudio en la zona central de Chile.

2.2.2 Selección de variables

Con el análisis de componentes principales (PCA) realizado en R Project, se efectuó una discriminación estadística de todas las variables ambientales, donde se identificó las que poseen una alta correlación. Generalmente las variables ambientales poseen una alta correlación entre ellas pudiendo rescatar información común. Lo anterior permitió reducir el número de variables dejando las más significativas (De la Fuente, 2011).

2.2.3 Modelamiento en Software MaxEnt®

Para obtener la distribución potencial del Tipo Forestal Esclerófilo en la zona central de Chile, se utilizó el algoritmo de Máxima Entropía. Este software permite modelar una distribución potencial con sólo tener los datos de presencia de la especie en estudio (Elith *et al.*, 2009; Morales, 2012), además fue probado con éxito en el Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe (Garfías *et al.*, 2013).

El Software MaxEnt® permite generar una muestra de validación para la verificación del modelo. Se utilizó el 25% del tamaño de los puntos de presencia previamente seleccionados y se realizó una validación de los resultados, los cuales se distribuyen en las regiones de estudio al azar. También, se determinó la calidad del modelo mediante el criterio del área bajo la curva (AUC), donde los valores cercanos a 1 indican que el modelo es bueno y permite ser usado correctamente para determinar la distribución del Tipo Forestal (Mateo *et al.*, 2011).

2.2.4 Análisis de las variables y su importancia

Para determinar la importancia de las variables, el Software MaxEnt® determina el aporte porcentual de cada una de ellas, tomando en cuenta la ganancia o pérdida de AUC que provocan. Utiliza el método “Jack knife” que lo activa el mismo software, determinando la importancia de cada variable y creando un modelo con cada una de ellas de manera independiente (Phillips, 2006; Phillips *et al.*, 2006).

2.2.5 Diagrama de procesos

A continuación, en la Figura 2, se visualiza un diagrama de procesos que resume la metodología empleada, en ella se aprecia los pasos que se siguieron para el desarrollo de este estudio, considerando en todo momento el objetivo de identificar la distribución actual y potencial del Tipo Forestal Esclerófilo.

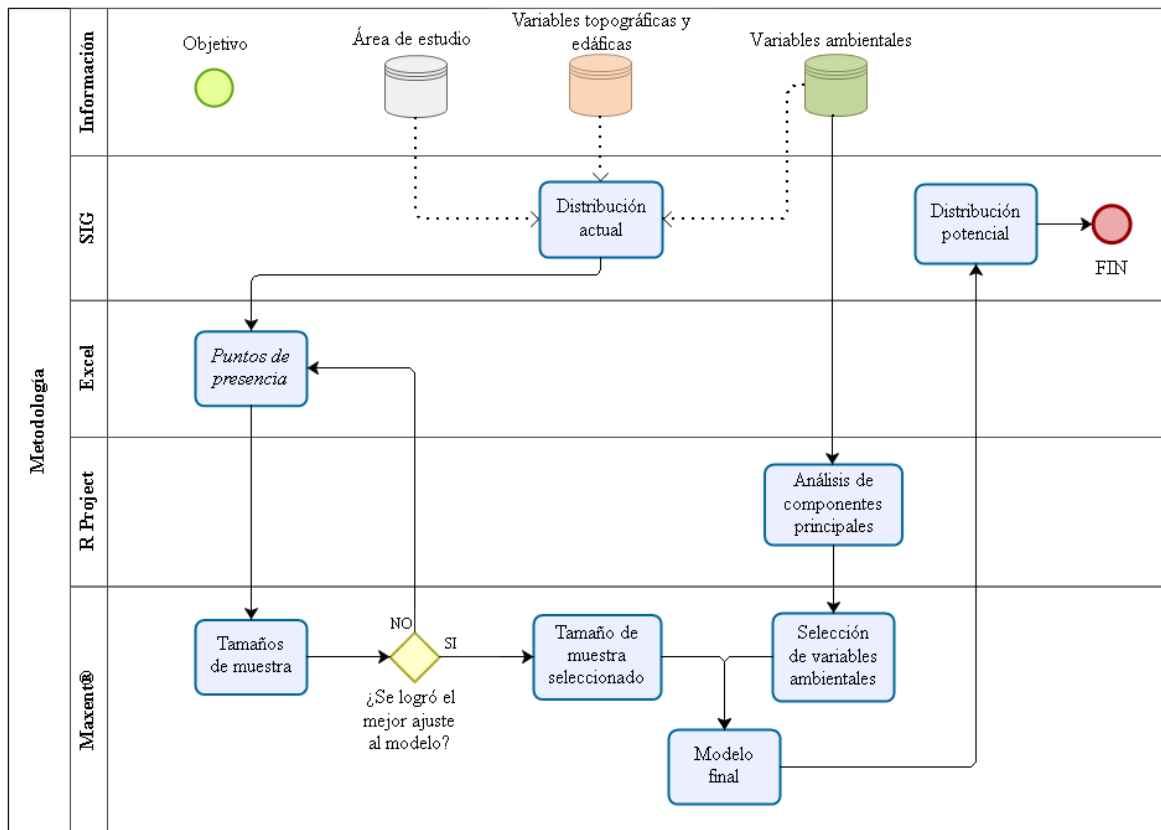


Figura 2. Diagrama de flujo sobre metodología empleada.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Puntos de presencia

La selección del tamaño de muestra fue realizada a partir de puntos de presencia, donde se decidió un $N = 10.000$, y se comenzó a disminuir en valor hasta probar con $N = 200$. Esta cifra se debe a que investigaciones que requieren conocer el potencial de distribución de especies utilizan este rango de tamaño de muestra (Garfias *et al.*, 2013; De Pando y Peñas de Giles, 2007; OSINFOR, 2013).

Estos datos corresponden a puntos de presencia actual del Tipo Forestal Esclerófilo con datos del Catastro Usos de Suelo y Recursos Vegetacionales. En el cuadro 3 se muestra la capacidad de ajuste de MaxEnt® como modelo a estos datos.

Cuadro 3. Calidad de modelo a través del índice del área bajo la curva.

<i>N</i>	<i>AUC</i>	<i>AUC (validación)</i>
10.000	0,732	0,740
5.000	0,792	0,790
3.000	0,825	0,822
2.500	0,837	0,837
1.000	0,871	0,854
800	0,877	0,868
600	0,891	0,877
500	0,891	0,858
450	0,888	0,882
420	0,889	0,869
400	0,887	0,874
350	0,899	0,885
320	0,889	0,905
300	0,896	0,860
250	0,905	0,859
220	0,901	0,852
200	0,904	0,882

En principio se identificó que los valores que presentaban mejor área bajo la curva (AUC) y AUC de validación se encontraban entre los rangos del tamaño de muestra $N = 450$ a 300 , por lo que se procedió a realizar pruebas con valores entre esos rangos para encontrar la mejor validación de AUC. También, Maxent® entrega resultados de tasa de omisión y comisión de presencias, donde estos corresponden a una evaluación del error. La tasa de comisión clasifica una ausencia como presencia y la tasa de omisión clasifica una presencia como ausencia, siendo esta última la más importante debido a que es un error que se tiene total certeza (Mateo *et al.*, 2011). En este sentido se busca que la omisión de prueba se ajuste a la omisión de entrenamiento (Martínez, 2010).

Finalmente, se eligió el tamaño de muestra de 320 puntos, debido a que se generó en Maxent® un AUC de 0,889 y AUC de validación de 0,905 en comparación de otros tamaños de muestra, este tamaño presentó una mejor calidad del modelo, ya que es el más cercano a 1 en la validación (Figura 3). Con relación a la tasa de omisión, los 320 puntos fueron los que más se ajustaron a la omisión de entrenamiento en comparación con otras pruebas de tamaño de muestra. Se consideró que los datos de entrada a Maxent® son confiables por lo que se buscó reducir al mínimo el error de omisión.

El mapa con los puntos de presencia utilizados en esta memoria de título se puede encontrar en Apéndices.

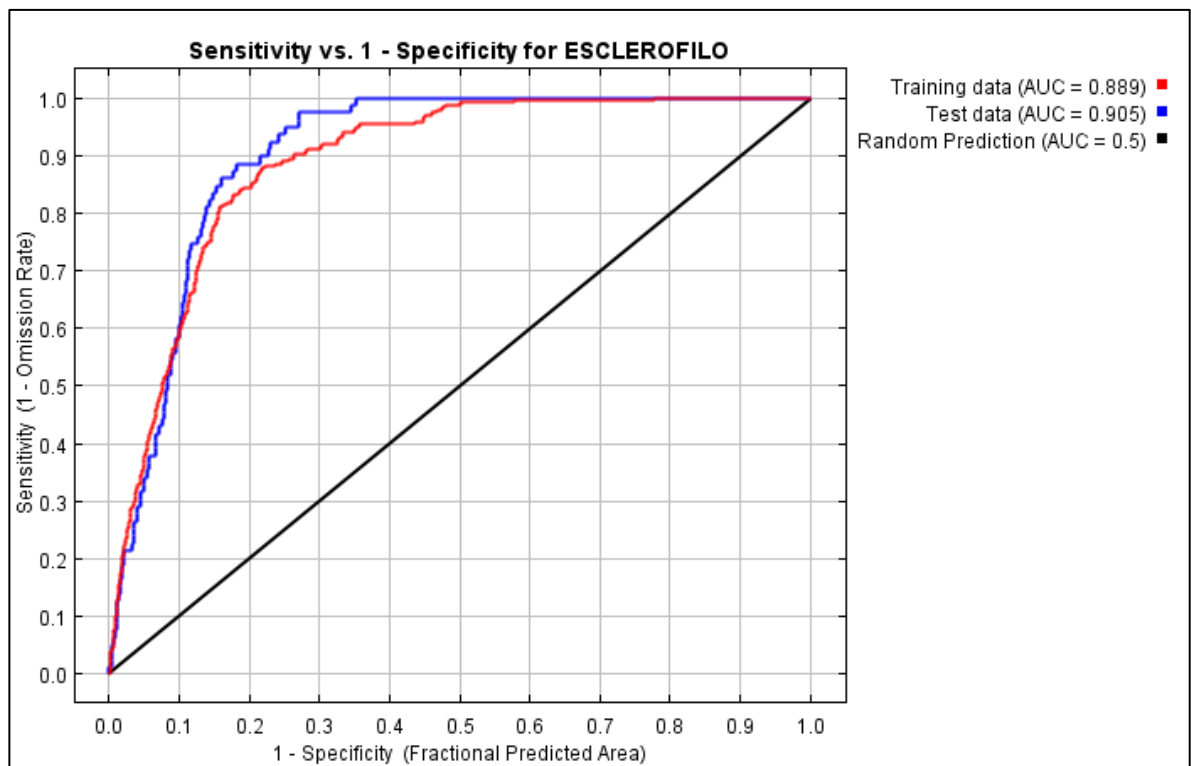


Figura 3. AUC de tamaño de muestra 320.

En relación con la tasa de omisión, el tamaño seleccionado fue el que más se ajustó a la omisión de entrenamiento en comparación a otros tamaños de muestra, haciendo la predicción más adecuada.

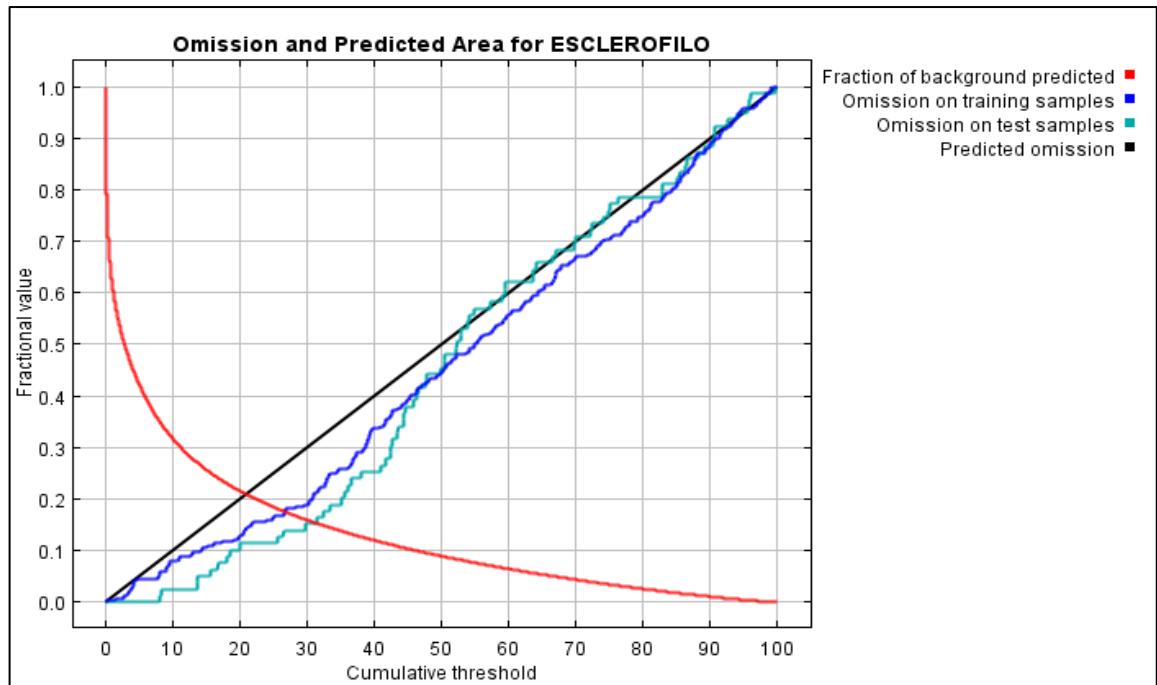


Figura 4. Tasa de omisión para tamaño de muestra 320.

Cabe mencionar que el conjunto predictivo de 320 puntos, se consideraron 240 puntos para la estimación (75%) y los 80 puntos restantes (25% de la muestra) para la validación del modelo.

3.2 Selección de variables ambientales

En el cuadro se presentan aquellas variables que tienen mayor correlación con los componentes principales, por ende, explican de mejor manera la varianza de los datos. Estas, además, son las que se introdujeron al modelo para obtener los posteriores resultados. Las variables arrojadas por el programa estadístico R Project se encuentran en Apéndices.

Cuadro 4. Selección de variables ambientales para utilizar en MaxEnt®.

Código	Variable	Significado
ascii_04	BIO4	Estacionalidad de la temperatura del aire
ascii_07	BIO7	Rango anual de temperatura del aire (BIO5-BIO6)
ascii_14	BIO14	Precipitación del mes más seco
ascii_19	BIO19	Precipitación del cuarto más frío
erosiv_ascii	Erosividad	Erosividad

A partir de esta selección, se comenzó a modelar los datos de distribución potencial del Tipo Forestal Esclerófilo a base de los puntos de presencia.

3.2.1 Análisis de las variables y su importancia

Cuadro 5. Importancia de las variables al modelo MaxEnt®.

Variable	Contribución al modelo (%)
Erosión	51,6
Precipitación del cuarto más frío (BIO19)	21,2
Precipitación del mes más seco (BIO14)	20,3
Rango anual de temperatura del aire (BIO7)	5,3
Estacionalidad de la temperatura del aire (BIO4)	1,5

Este cuadro refleja la contribución de cada variable al modelo, donde la erosión es la variable que aporta en más del 50%. Según CIREN (2011), el bosque esclerófilo presenta sobre un 78% de erosión entre moderado y muy severo en donde la zona central se ha visto afectada por acción antrópica. Además, CONAF (1998), reportó que la influencia de la erosión en el Tipo Forestal Esclerófilo posee gran relevancia debido a que es una vegetación de carácter abierto que posee una gran influencia por las precipitaciones estacionales de alta intensidad.

3.2.2 Prueba de “Jack knife”

La prueba de Jack knife considera la importancia de las variables al momento de aportar al modelo. La barra color azul muestra la ganancia que tiene la variable por si sola al aportar al modelo. Por otro lado, la diferencia entre las barras color calipso y rojo da a conocer la pérdida que posee el modelo al estar esa variable.

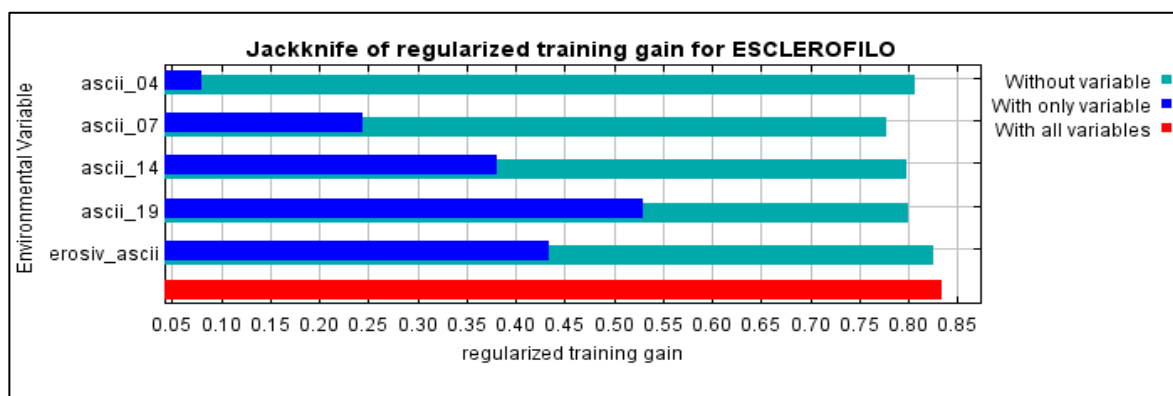


Figura 5. Análisis "Jack knife" para variables ambientales del modelo MaxEnt®.

En relación con la explicación anterior, la variable que más información útil por si sola aportando al modelo es “Precipitación del cuarto más frío”¹. En Chile, el clima mediterráneo presenta precipitaciones concentradas en la estación más fría del año (invierno); meses de junio a agosto y sequía en las estaciones más cálida (verano); diciembre, enero y febrero.

¹ Variable bioclimática cuyo rango se midió en un cuarto del año que generalmente representa una condición ambiental extrema o limitante con relación al rango anual (WorldClim, 2016). Para Chile, corresponden los meses de junio, julio y agosto.

En este contexto, la precipitación varía para las regiones de estudio, desde 78 mm a 1.270 mm (Chester, 2008), siendo estos milímetros de precipitación los necesarios para el correcto desarrollo del Tipo Forestal.

Por otro lado, la variable ambiental que disminuye más ganancia al modelo es el *rango anual de temperatura del aire*, representando información que no está contenida en las otras variables. Actualmente el promedio² de temperatura donde se desarrolla este Tipo Forestal es en verano entre un 27°C (Coquimbo) a 14°C (Biobío) y para los meses fríos de 17°C (Coquimbo) a 0°C (Biobío) (Chester, 2008).

3.3 Modelamiento de la distribución potencial con Software MaxEnt®

Tras haber seleccionado un tamaño de la muestra de N= 320 y el ya tener definidas las variables, se dispuso a generar tres replicas en el Software MaxEnt®. El modelo que se generó tuvo baja tasa de omisión, esto quiere decir, que el modelo es de calidad y que las predicciones son de carácter fiable con alta probabilidad de presencia de la especie.

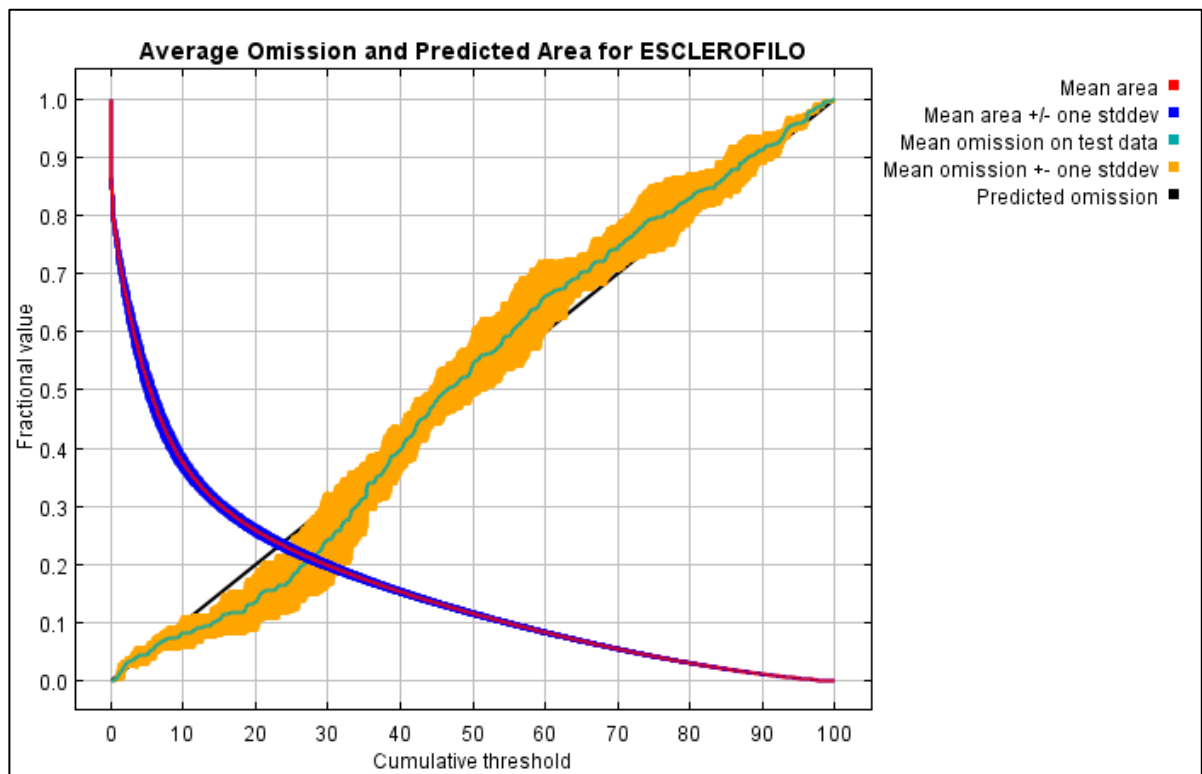


Figura 6. Tasa de omisión del Tipo Forestal Esclerófilo.

² Clima: Es una condición de la atmósfera en un lugar determinado durante un largo periodo de tiempo, normalmente 30 años o más (Chester, 2008).

En la curva ROC (Figura 7), la línea roja da a conocer el valor promedio obtenido por las tres réplicas efectuadas y la banda azul da a conocer la desviación estándar. El promedio del área bajo la curva (AUC) fue de 0,843 con una desviación estándar de 0,013. En relación con la línea negra, esta representa a un modelo que se clasifica de manera aleatoria (AUC de 0,5), que representa que entre más alejada se encuentre de la línea roja, mejor será la tasa de omisión de presencias, pudiendo predecir de mejor manera las presencias de la especie. Este modelo es comparable con el de Garfías *et al.*, (2013), quién realizó estudios para otro Tipo Forestal en Chile (Roble-Raulí-Coihüe), obteniendo un valor de AUC de 0,841.

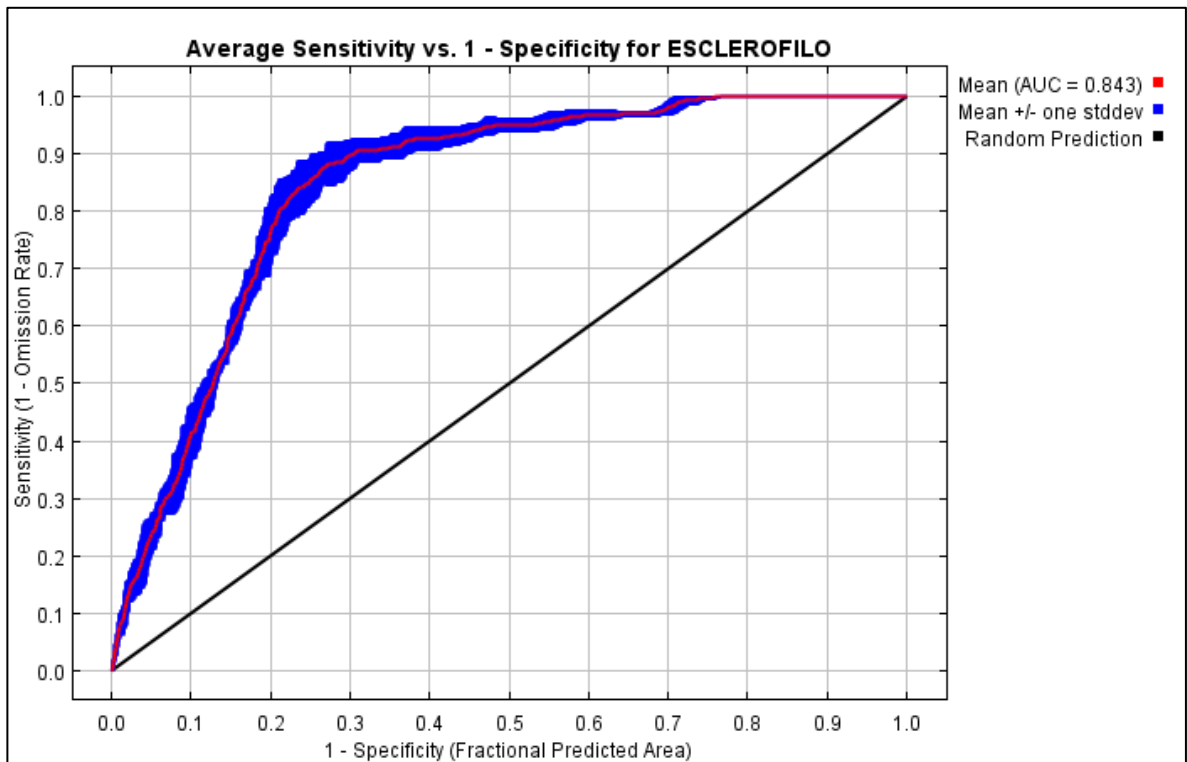


Figura 7. Curva operador receptor (ROC) en software MaxEnt® para modelo predictivo del Tipo Forestal Esclerófilo.

El motivo de realizar el AUC en esta fase, se debe al proceso de disminuir la tasa de errores que permiten validar el modelo a trabajar, analizando que las variables ambientales seleccionadas afecten a la calidad de la validación realizada.

Por último, las validaciones realizadas en las tres réplicas fueron significativas por si solas, indicando que cada una de las réplicas es válida y eficiente para determinar predicciones de distribución de especies.

3.4 Distribución potencial del Tipo Forestal Esclerófilo

En la figura 8 se muestra la distribución potencial en el territorio de estudio; Región de Coquimbo a Región del Biobío. Dicha distribución se clasificó en una baja probabilidad (15 – 30%), media probabilidad (30 – 60%) y de alta probabilidad (60 – 100). En el cuadro 6 se muestra el número de ha y porcentaje que corresponde a estas.

Cuadro 6. Probabilidad del Tipo Forestal Esclerófilo de encontrarse en la zona central del país.

Probabilidad	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
Baja	1.711.606,97	27,71
Media	3.474.067,34	56,25
Alta	990.379,14	16,04
Total	6.176.053,45	100

La alta probabilidad de ocurrencia del Tipo Forestal se centró en el llano central de Chile, principalmente donde concentra el mayor número de habitantes y el mayor porcentaje de la productividad económica del país. Según Pliscoff y Luebert (2006), el clima es uno de los factores principales que determina la variación espacial de la vegetación.

La distribución potencial de Coquimbo comienza a ser predominante al sur de la Provincia de Choapa (figura 8), donde actualmente predomina la especie *Schinus latifolius*, por lo que la potencialidad de esa especie y del subtipo forestal en cuestión (*Rodales mixtos de especies arbóreas esclerófila*), sería el que tiene mayor posibilidad de poblar la zona.

En relación con la zona central, la vegetación actualmente se encuentra muy desplazada por la acción transformadora del humano, llegando incluso a niveles superiores de 1.000 metros de altura con un difícil acceso. En el mapa de distribución potencial (figura 8), se observa que es principalmente en la Cordillera de la Costa donde existiría la mayor probabilidad de encontrar bosque esclerófilo.

Por último, en el sector centro-sur del país comienza a manifestarse un clima templado, cuyo efecto más notorio es que el desarrollo del Tipo Forestal se comienza a reducir. Además, la principal influencia de productividad agrícola-forestal limita la potencialidad de la vegetación esclerófila.

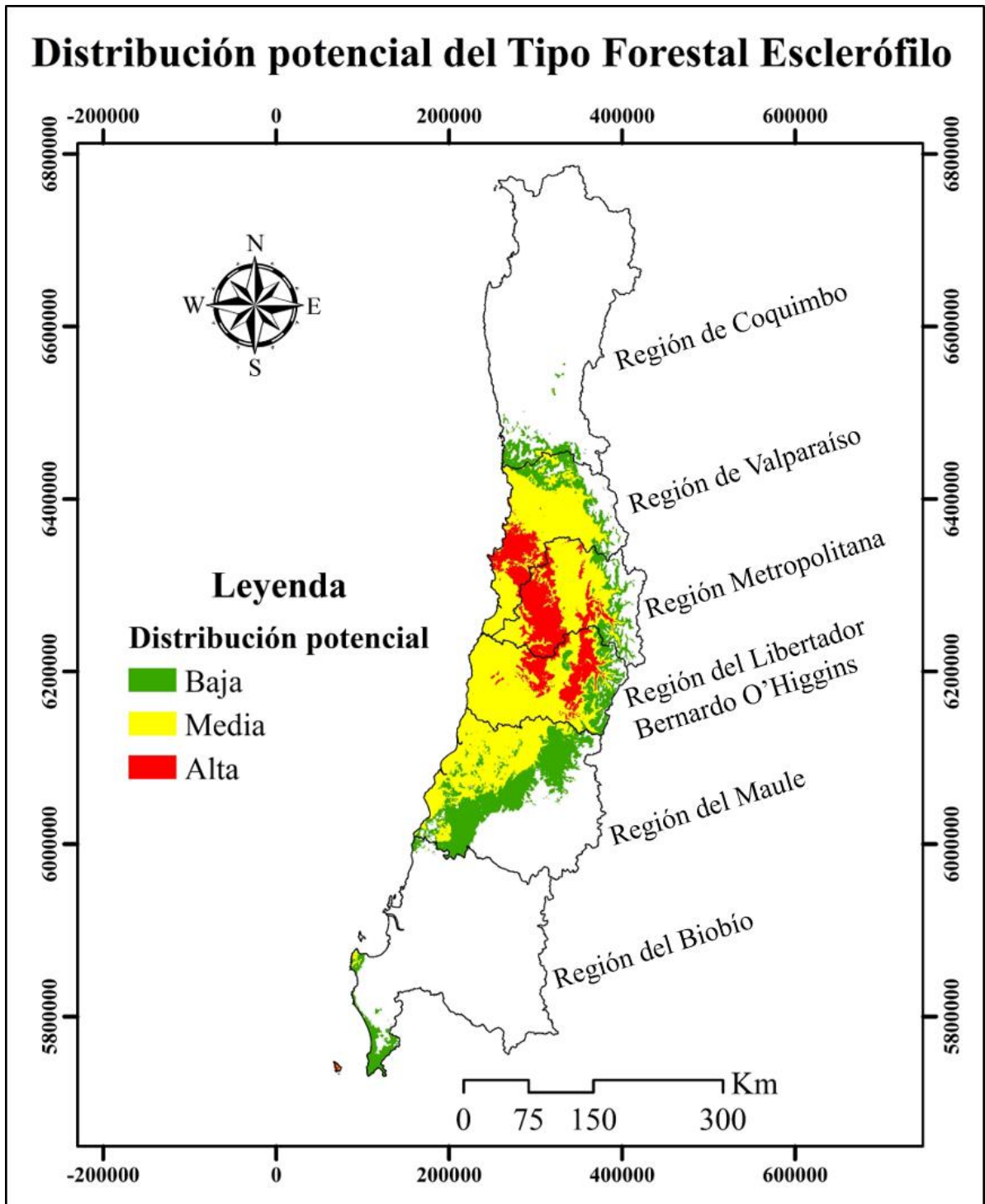


Figura 8. Distribución potencial del Tipo Forestal Esclerófilo.

El modelo predictivo muestra que existe una tendencia de concentración potencial de este Tipo Forestal en cuatro regiones del área de estudio. Las variables bioclimáticas que más aportan al modelo son la de erosión y las de precipitaciones.

En el cuadro 7, se muestra en detalle la comparación la superficie de la distribución actual y potencial de las regiones, existiendo un aumento significativo de vegetación.

Cuadro 7. Comparación en hectáreas de la distribución actual y potencial del Tipo Forestal Esclerófilo.

	Actual (ha)	Potencial (ha)	Diferencia (ha)	Incremento (%)
Región de Coquimbo	41.768,36	155.103,58	113.334,64	171,34
Región de Valparaíso	475.195,21	1.342.146,15	866.950,94	82,44
Región Metropolitana	350.437,19	1.249.973,02	899.535,83	156,69
Región del Libertador Bernardo O'Higgins	418.877,92	1.568.407,09	1.149.529,17	174,43
Región del Maule	50.907,34	1.697.548,48	1.646.641,14	3134,58
Región del Biobío	40.144,89	160.432,72	120.287,83	199,63
Total³	1.377.330,91	6.176.053,45	4.798.722,54	448,40%

Se clasificó el Tipo Forestal Esclerófilo en tres tipos de probabilidad de ocurrencia. En el cuadro 8 se observan las hectáreas de probabilidad desglosado por Región.

Cuadro 8. Probabilidades de ocurrencia de distribución potencial en la zona central de Chile.

%	Coquimbo	%	Valparaíso	%	Metropolitana	%
Bajo	139.652,36	90,04	224.858,22	16,75	161.216,90	12,90
Medio	15.451,21	9,96	877.155,68	65,35	655.378,98	52,43
Alto	-		240.132,26	17,89	433.377,14	34,67
%	O'Higgins	%	Maule	%	Biobío	%
Bajo	210.345,18	13,41	829.456,96	48,86	145.509,44	90,70
Medio	1.045.117,07	66,64	867.899,30	51,13	11.685,81	7,28
Alto	312.944,83	19,95	192,23	0,01	3.237,47	2,02

En la Región de Coquimbo, predomina un bajo potencial del Tipo Forestal ya que las precipitaciones son más escasas y las temperaturas más altas; sin embargo, igual existen indicios de especies como espino, molle, quillay y litre, especies adaptadas a las características topográficas y climáticas, permitiendo estimar que estas ocuparían predominantemente las zonas potenciales.

En la Región de Valparaíso, existe un 17,89% de probabilidad alta para la distribución potencial del Tipo Forestal Esclerófilo, siendo esta cifra la más baja para la zona central. Esta distribución potencial se enmarca principalmente en la Provincia de Valparaíso, zona donde existe más concentración de población. La distribución potencial aumenta en un 82,44% con respecto a la distribución actual, siendo la cifra que posee menos incremento en este estudio.

³ Las cifras de valor potencial y diferencia están realizadas con todos sus decimales, es por esa razón que la suma no coincide de forma exacta con los valores del desglose.

El porcentaje anterior no es mayor debido a que existe alrededor de un 70% de la Región con condiciones de erosión en los suelos. Valparaíso se encuentra por sobre el valor nacional de erosión debido a condiciones naturales; lluvia en un 25% menos en los últimos 100 años significando en un aumento en la desertificación y, por otro lado, debido a condiciones antrópicas; mal uso de recursos hídricos de las cuencas, por la acción de agricultura y ganadería intensiva y deforestación en los sectores bajos de los cerros (Santibáñez, 2001).

La Región Metropolitana y la Región del Libertador Bernardo O'Higgins es donde existe la mayor probabilidad potencial de encontrar bosque esclerófilo, con un 34,67% y 19,95% respectivamente, donde las condiciones topográficas, precipitaciones y de temperaturas hacen favorable encontrar esta vegetación. Sin embargo, ambas regiones presentan un aumento de población; para la Región Metropolitana está ha aumentado en un 20,67% en relación con el año 2002 y en la Región de O'Higgins ha aumentado en un 17,69% (BCN, 2015), donde además esta última posee dentro de sus principales actividades económicas la actividad agrícola, industria de alimentos y minería (BCN, 2016), provocando el cambio de uso de suelos desfavorables para el bosque nativo y mayor presión antrópica incitando la fragmentación del hábitat.

La Región del Maule es la que posee mayor incremento potencial en hectáreas, con un total de 3.134,58%, donde este ocupa una probabilidad de ocurrencia de baja a media. Este gran aumento en porcentaje se debe a que, desde la depresión intermedia hasta la planicie litoral, se dan condiciones climáticas favorables para el desarrollo del Tipo Forestal; Templado cálido con lluvias invernales. Actualmente, la zona de probabilidad está ocupada hacia la costa por plantaciones forestales y en la zona central de la Región por terrenos de uso agrícola (Díaz y González, 2016). Si bien actualmente existen aproximadamente 51.000 ha del Tipo forestal en la Región, sigue siendo un número reducido debido al cambio de uso de suelo a plantaciones forestales y para actividades agrícolas (CIREN, 2011). Es por la razón anterior, que el incremento potencial es elevado, ya que los parches de bosque esclerófilo están colindantes a estas zonas de actividades productivas (CNCA, 2015).

En la Región del Biobío se registra un clima más desfavorable para el Tipo Forestal Esclerófilo en general, con más precipitaciones y temperaturas más bajas, transición de templado seco que provenía de la zona central a climas templado lluvioso. Actualmente existen 40.144 ha, superficie que también se ve afectada por las actividades humanas como la actividad silvícola (plantaciones forestales) y en menor medida, actividad agrícola (CIREN, 2011).

Finalmente, se destaca un incremento potencial significativo del Tipo Forestal Esclerófilo de 448,40%, que sin embargo en la actualidad, su distribución ha estado condicionada al crecimiento poblacional. Cabe recordar que este bosque está inserto en la zona mediterránea, donde contiene aproximadamente al 70% de la población del país, por lo que el progresivo aumento de construcciones habitacionales, parcelas de agrado y las superficies destinadas a actividades agrícolas y silvícolas, han generado una fuerte degradación del bosque y su desarrollo (CIREN 2011; Pauchard *et al.*, 2006).

3.4.1 Intersección de la distribución actual y potencial del Tipo Forestal Esclerófilo

Se realizó una superposición de los mapas de distribución actual y potencial (Figura 9), donde se observa la ganancia de hectáreas que experimentó el Tipo Forestal en estudio, que en el cuadro 9 se muestra las hectáreas de superficie coincidente.

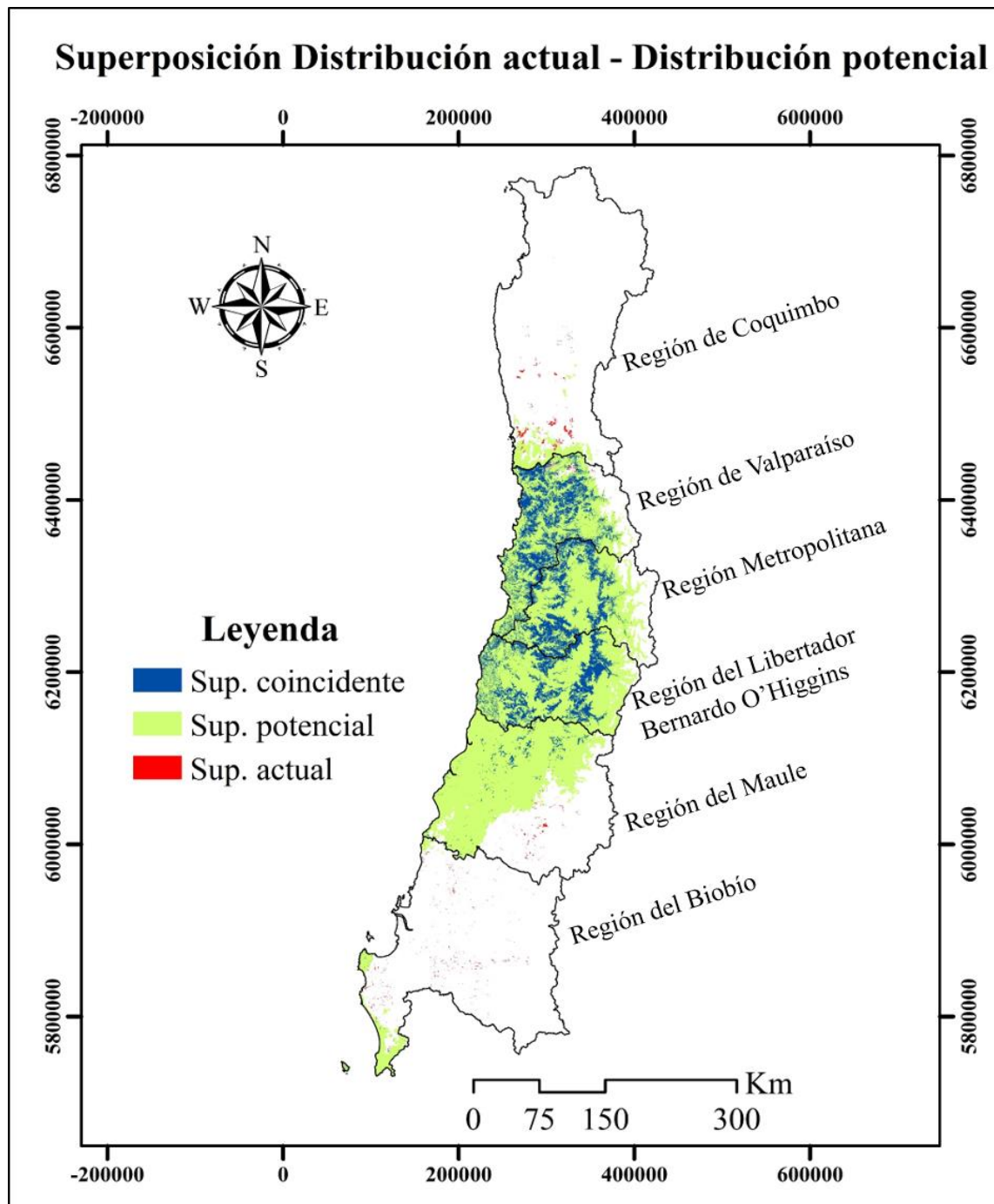


Figura 9. Superposición Distribución actual - Distribución potencial.

Cuadro 9. Superficie coincidente de distribución actual con potencial del Tipo Forestal Esclerófilo.

Región	Superficie Coincidente (ha)
Región de Coquimbo	65,54
Región de Valparaíso	471.264,19
Región Metropolitana	351.144,90
Región del Libertador Bernardo O'Higgins	419.901,48
Región del Maule	42.569,22
Región del Biobío	2.350,70
Total	1.287.296,03

Tal como se observa en el cuadro 9, se mantendría un total de 1.287.296,03 ha en las regiones de estudio, dónde el Software Maxent® estimó una distribución potencial de 4.888.757,42 ha de bosque, estando concentradas en las Regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins.

Por otro lado, se debe tener presente que para un futuro estudio que se busque conocer la distribución potencial con patrones de cambio climático, mega incendios forestales y/o cambio uso suelo, la presente investigación servirá de base para comparar el efecto que tendrán estas tendencias. Según Tapia (2005), el fuego es considerado uno de los factores que inciden en la dinámica vegetacional del bosque esclerófilo. Estos últimos años, han ocurrido incendios catastróficos que han modificado el paisaje, sólo en enero y febrero del año 2017 principalmente en las regiones de O'Higgins, Maule y Biobío se quemó 61.476 ha de bosque nativo, dónde 45.522 ha (74,04%) corresponde al Tipo Forestal Esclerófilo (CONAF, 2017). Si bien, los cambios de uso de suelo provocan fragmentación en el hábitat ocasionando parches, ahora con los incendios forestales, pueden haber generado una reducción en su distribución o también haber desaparecido, teniendo impactos negativos en el ecosistema; ejemplo: dificultad de dispersión de los propágulos, afectación de dinámica poblacional y/o modificación en el componente abiótico, entre otros (Blondel y Fernández, 2012).

4. CONCLUSIONES

El Tipo Forestal Esclerófilo presentó una superficie potencial de 6.176.053 hectáreas, un 448,40% más de lo que existe en la actualidad. El modelo entregó predicciones con alta probabilidad de distribución en la Región de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins, las que están ligadas principalmente a la Cordillera de la Costa.

La Región del Maule presentó una gran potencialidad de albergar especies del Tipo Forestal Esclerófilo, observándose un incremento potencial de 3.134,58%, desde la depresión intermedia a la planicie litoral.

Se determinó que los cambios de uso de suelo y las actividades productivas tales como la agricultura y silvicultura, afectan negativamente la distribución potencial del bosque esclerófilo.

El software Maxent® fue una buena herramienta de predicción del Tipo Forestal Esclerófilo, dónde la información de presencias del Tipo Forestal sumado a las variables ambientales utilizadas, permitieron generar información que puede ser manejada en futuros proyectos de conservación, el manejo productivo del bosque, análisis de cambio climático, efectos de mega incendios, fragmentación del hábitat, entre otros.

5. BIBLIOGRAFÍA

BARRIGA, C. 2012. Acumulación y secuestro de carbono en bosques esclerófilos en la Reserva Nacional Roblería del cobre de Loncha: Implicancias para su conservación. Memoria de Magíster en Áreas silvestres y Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Santiago, Chile. 38p.

BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE (BCN). 2015. Reportes estadísticos comunales 2015. Región Metropolitana y Región del LIBERTADOR General Bernardo O'Higgins. [En línea] <<http://reportescomunales.bcn.cl/2015>> [Consulta: 17 noviembre 2017]

BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE (BCN). 2016. Región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile Nuestro País. [En línea] <<http://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region6>> [Consulta: 17 noviembre 2017].

BLONDEL, B. y FERNÁNDEZ, I. 2012. Efectos de la fragmentación del paisaje en el tamaño y frecuencia de incendios forestales en la zona central de Chile. Revista Conservación Ambiental. Sección Ciencia Ambiental 2 (1): 7-16.

CASTILLO, M. 2007. Sistemas de información Geográfica en el sector forestal. En: HERNÁNDEZ, J., DE LA MAZA y C., ESTADES, C. (Eds). Biodiversidad: Manejo y conservación de recursos forestales. Chile. Editorial Universitaria. pp 148-150.

CHESTER, S. 2008. A Wildlife guide to Chile. Princeton University, New Jersey. E.E.U.U.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1980. Reglamento del Decreto Ley 701, de 1974, sobre fomento forestal. 1980. Chile

CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN). 2011. Sistematización de información para el diagnóstico del estado actual del bosque esclerófilo en Chile. Biblioteca Digital. [En línea]. <<http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/10608/Bosque%20Escler%20b3filo-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. [Consulta: 18 de mayo 2017]

CONSEJO NACIONAL DE LA CULTURA Y LAS ARTES (CNCA). 2015. Informe final Región del Maule, Síntesis Regional. Departamento de Estudios. [En línea] <<http://www.cultura.gob.cl/wp-content/uploads/2015/08/Informe-Maule-final.pdf>>. [Consulta: 14 de noviembre 2017].

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. Recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2016. Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales 2017 – 2025. Santiago de Chile. pp 56 – 60.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2017. Descripción y efectos “Tormenta de Fuego” 18 de enero al 5 de febrero de 2017 – Regiones O'Higgins, Maule y

Biobío. [En línea] <http://www.conaf.cl/tormenta_de_fuego-2017/DESCRIPCION-Y-EFECTOS-TORMENTA-DE-FUEGO-18-ENERO-AL-5-FEBRERO-2017.pdf>. [Consulta: 20 de noviembre 2017].

DE LA FUENTE, S. 2011. Análisis Componentes Principales. Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Facultad de Ciencias Económicas y empresariales. [En línea] <<http://www.fuenterrebollo.com/Economicas/ECONOMETRIA/MULTIVARIANTE/ACP/ACP.pdf>>. [Consulta: 30 de noviembre 2017].

DE PANDO, B. y PEÑAS DE GILES, J. 2007. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus* 7: 100-119. ISSN: 1578-5157.

DÍAZ, I. y GONZÁLEZ, M. 2016. Análisis espacio-temporal de incendios forestales en la región del Maule, Chile. *Bosque* 37(1):147-158.

DONOSO, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. En: CONAF. Investigación y Desarrollo Forestal. Documento de Trabajo N° 30. Santiago. pp 2-5.

ELITH, J. y LEATHWICK, J.R. 2009. Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction, Across Space and Time. *Annual Review of Ecology. Evolution. and Systematics* 40 (1), 677–697.

GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile, clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. 165p.

GÁMEZ, R. 2010. Guía para la elaboración de mapas de distribución potencial. [En línea] <<https://www.uv.mx/personal/mgamez/files/2010/07/guia-version-germoplasma.pdf>>. [Consulta: 18 mayo 2017].

GARFIAS, R., CASTILLO, M., TORAL M., ADASME, C. y NAVARRO, R. 2013. Determinación de la distribución actual y potencial de bosque nativo mediante análisis espacial en SIG. Estudio de caso: Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe en Chile. *Interciencia* 38 (8): 577-584.

GLOBAL CLIMATE DATA. 2016. WorldClim Version2. Free climate data for ecological modeling and GIS. [En línea] <<http://worldclim.org/version2>>. [Consulta: 25 agosto 2017].

INSTITUTO FORESTAL (INFOR), 2016. Anuario forestal 2016. Chile. Boletín Estadístico N°154. pp 19-23.

MATEO, R., FELICÍSIMO, A. y MUÑOZ J. 2011. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista chilena de historia natural* 84: 217-240.

MORALES, S. 2012. Modelos de distribución de especies: Software Maxent y sus aplicaciones en conservación. *Revista Conservación Ambiental* 2(1):1-5.

MORENO, R., ZAMORA, R., MOLINA, J., VÁSQUEZ, A. y HERRERA, M. 2011. Predictive modeling of microhabitats for endemic birds in South Chilean temperate forest using Maximum entropy (MaxEnt®). *Ecological Informatics* 6: 364-370.

ORGANISMO DE SUPERVISIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES Y DE FAUNA SILVESTRE (OSINFOR). 2013. Modelamiento espacial de Nichos ecológicos para la evaluación de presencias de especies forestales maderables en la Amazonía peruana [En línea] <http://osinfor.gob.pe/portal/data/destacado/adjunto/modelamiento_nichos_ecologicos.pdf>. [Consulta: 26 de noviembre 2017].

PAUCHARD, A., AGUAYO, M., PEÑA, E. and URRUTIA, R. 2006. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). *Biological Conservation* 127: 272-281.

PHILLIPS, S., 2006. Una Breve Guía Didáctica sobre Maxent. [En línea] <<ftp://148.231.212.8/Backups/temps/Curso%20Nichos/MaxEnt3.3.3k/tutorial-in-spanish.doc>>. [Consulta: 10 de septiembre 2017].

PHILLIPS S., ANDERSON R. y SCHAPIRE R., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, Vol 190 231-259.

PHILLIPS, S., ANDERSON, R., DUDÍK, M., SCHAPIRE, R. y BLAIR, M. 2017. Opening the black box: an open-source release of Maxent. [En línea] <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ecog.03049/full>>. [Consulta: 19 mayo 2017].

PLISCOFF, P. y LUEBERT, F. 2006. Diversidad de ecosistemas. Ecosistemas terrestres [En línea] <http://www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/articles-45159_recurso_1.pdf>. [Consulta: 21 de octubre 2017].

SANTIBÁÑEZ, F. 2001. Suelos de la región podrían convertirse en áreas desérticas. [En línea] <<http://www.mercuriovalpo.cl/site/edic/20011101204246/pags/20011101205711.html>>. [Consulta: 26 octubre 2017].

SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL (SIT) – CONAF. 2016. Sistema de información Territorial. Mapa Regionalizado. [En línea] <<https://sit.conaf.cl/>>. [Consulta: 26 de noviembre 2017].

SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL (SINIA). 2016. Gobierno de Chile. [En línea] <<http://sinia.mma.gob.cl/>>. [Consulta: 25 de agosto 2017].

TAPIA, 2005. Propuesta de intervenciones silviculturales con fines de rehabilitación en la Quebrada de La Plata, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago.

WORLDCLIM. 2016. Datos climáticos globales. Datos climáticos gratuitos para modelos ecológicos y SIG. [En línea] <<http://www.worldclim.org/bioclim>>. [Consulta: 20 de noviembre 2017].

6. APENDICES

6.1 Puntos de presencia utilizados en el Tipo Forestal Esclerófilo

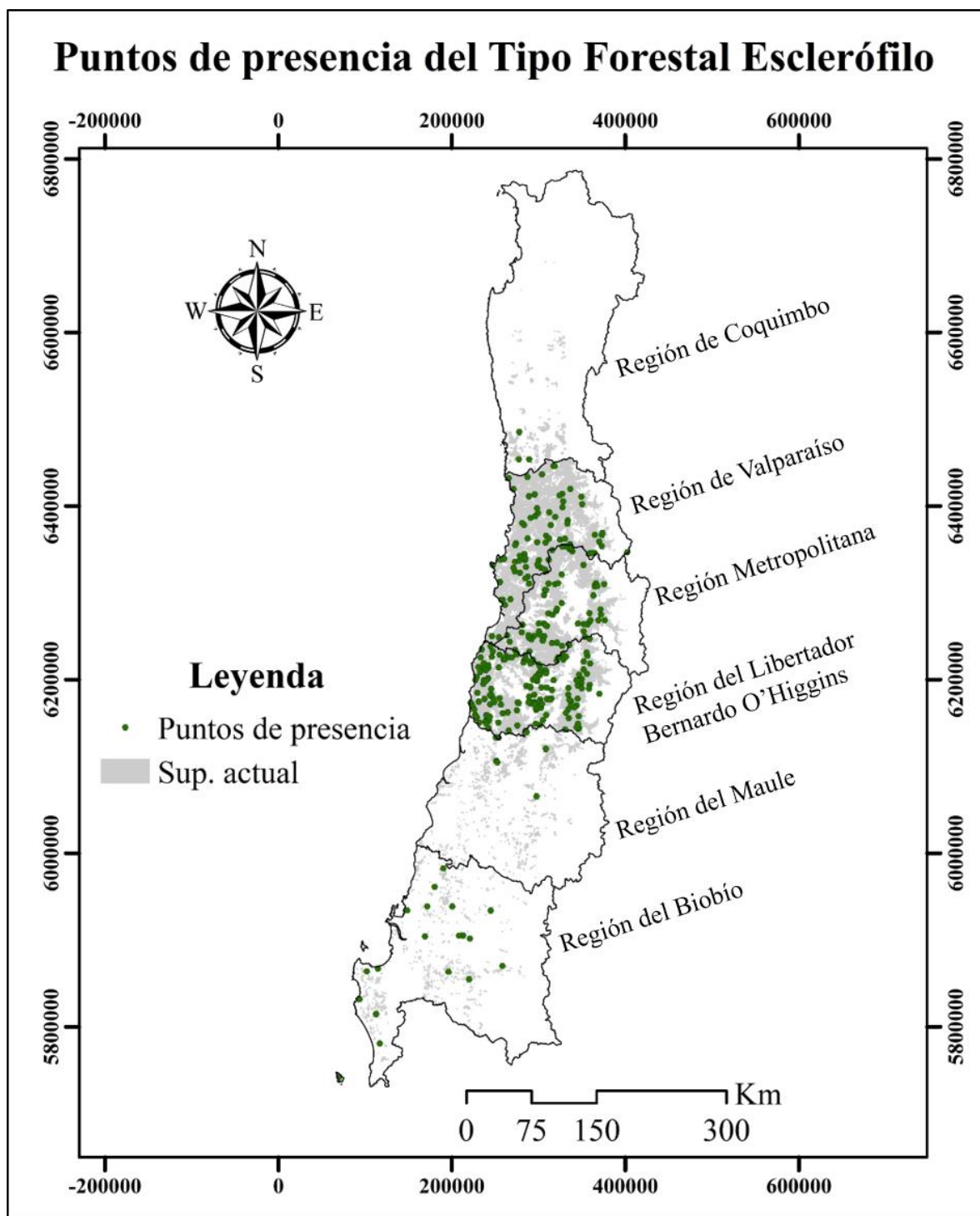


Figura 10. 320 puntos de presencia del Tipo Forestal Esclerófilo.

6.2 Variables utilizadas en programa estadístico R Project

Cuadro 1. Variables correlacionadas, seleccionadas por programa R Project mediante análisis de componentes principales.

Código	Variable	Significado
ascii_04	BIO4	Estacionalidad de la temperatura del aire
ascii_07	BIO7	Rango anual de temperatura del aire (BIO5-BIO6)
ascii_12	BIO12	Precipitación anual
ascii_13	BIO13	Precipitación del mes más húmedo
ascii_14	BIO14	Precipitación del mes más seco
ascii_16	BIO16	Precipitación del cuarto más húmedo
ascii_17	BIO17	Precipitación del cuarto más seco
ascii_18	BIO18	Precipitación del cuarto más cálido
ascii_19	BIO19	Precipitación del cuarto más frío
ascii_aspe	Exposición	Exposición
erosiv_ascii	Erosividad	Erosividad