

Importancia de *Octodon degus* sobre la regeneración natural de
Jubaea chilensis (Molina Baillón): una aproximación a dos
escalas espaciales.

Tesis

Entregada A La

Universidad De Chile

En Cumplimiento Parcial De Los Requisitos

Para Optar Al Grado De

Magíster en Ciencias Biológicas

Facultad De Ciencias

Por

Ignacio Andrés Núñez Hidalgo

Octubre, 2018

Director de Tesis Dr:

Ramiro Osciel Bustamante Araya

FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE
INFORME DE APROBACION
TESIS DE MAGÍSTER

Se informa a la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ciencias que la Tesis de Magíster presentada por el candidato.

Ignacio Andrés Núñez Hidalgo

Ha sido aprobada por la comisión de Evaluación de la tesis como requisito para optar al grado de Magíster en Ciencias Biológicas, en el examen de Defensa Privada de Tesis rendido el día

Director de Tesis:
Dr. Ramiro Bustamante

Co-Director de Tesis
Dr.

Comisión de Evaluación de la Tesis
Dr. Rodrigo Vásquez

Dr. Luis González

DEDICATORIA

Don degú está muy atento

De la palma florecer

Pues esto tiene que ver

Con su propio alimento

Más cuando llegue el momento

El tendrá que compartir

Con gente y fauna cerril

Hojas, mieles y semillas

Resulta una pesadilla

Ver a la palma extinguir.

R.O. Bustamante

2017

BIOGRAFÍA



Ignacio Andrés Núñez Hidalgo se recibió de geógrafo el año 2016, mismo año en el que ingreso al programa de magister en Ciencias Biológicas de la Universidad de Chile. Desde el año 2013 ha tenido profundo interés por conocer y estudiar el comportamiento y distribución de las especies a escalas espaciales. Y espera seguir haciéndolo en el futuro, ya sea a través de la evaluación del impacto del ser humano sobre los ecosistemas, el estudio de especies invasoras, o la evaluación del cambio climático, entre otras áreas. No descarta la realización de estudios de doctorado en un futuro próximo, en alguna de las áreas ya mencionadas.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas aquellas personas que hicieron posible el desarrollo y escritura de esta tesis, y que han guiado mi crecimiento profesional, académico y personal a lo largo de estos años.

A mis compañeros de laboratorio, Nicolás Sáez, Estefany Goncalves, Valentina Escanilla, Paula Formas, Francisco Peña, entre otros. Por compartir conmigo de manera desinteresada, apoyarme, cuestionarme y plantearme la ecología desde múltiples enfoques. A mis amigos, Alberto Alaniz, Mario Carvajal, Oliver Ojeda y Alejandro Rojas, por escucharme cada vez que los necesité, sugiriéndome alternativas y apoyándome anímicamente, sé que puedo contar con ustedes siempre, incluso más allá de lo profesional.

A mi profesor, Ramiro Bustamante, quien ha guiado incansablemente mi formación dentro del programa de magíster, acogiéndome en su laboratorio, tratándome desde una vía muy humana, y sin distinción a mi grado y formación. Y a los profesores David Véliz y Marina Fleury, por siempre estar ahí para responder mis dudas.

A mis padres, Tulio y Cecilia, por ser un apoyo incondicional, ofreciéndome consejos tanto personales como académicos. A Claudia, mi pareja, por apoyarme y creer en mí, soportando mis desvaríos, preocupaciones e inseguridades. Enseñándome muchas veces a ser flexible, y guiándome a ver los problemas desde más de una perspectiva.

Y finalmente, a Forestal Arauco Zona Norte, Miel de Palma Cocalán, Oasis la Campana y la Corporación Nacional Forestal por permitir el acceso y la colecta de datos en las poblaciones de Hualañé, Cocalán y Ocoa, respectivamente.

ÍNDICE DE MATERIAS

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
HIPOTÉISIS	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
ESTIMACIÓN DE LA INTERACCIÓN ENTRE LA PALMA Y EL DEGÚ.....	6
ANÁLISIS LOCAL	10
RESULTADOS	12
INTERACCIÓN ENTRE ESPECIES A ESCALA BIOGEOGRÁFICA	12
REGENERACIÓN DE <i>JUBAEA CHILENSIS</i>	16
INFLUENCIA DE VARIABLES A PEQUEÑA ESCALA SOBRE LA DENSIDAD DE PLÁNTULAS	18
SIMILITUD ENTRE EL ESPACIO DE LAS PLANTULAS Y EL ESPACIO DE LAS MADRIGUERAS DE DEGU.....	21
DISCUSIÓN	24
CONCLUSIONES	28
BIBLIOGRAFÍA	29
ANEXOS	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Matriz que representa la interacción potencial entre <i>Octodon degus</i> y <i>Jubaea chilensis</i>	9
Figura 2. Modelo de interacción biogeográfica entre <i>Octodon degus</i> y <i>Jubaea chilensis</i>	14
Figura 3. Densidad de plántulas de <i>Jubaea chilensis</i>	17
Figura 4. Distribución de las plántulas muestreadas para las variables significativas del mejor GLM en la agrupación Muy Alta.....	20
Figura 5. Gráficas de contribuciones de cada variable a cada Análisis de Componentes Principales (PCA).	22
Figura 6. Representación multivariada de los espacios ambientales de madrigueras de <i>Octodon degus</i> (anaranjado) y plántulas de <i>Jubaea chilensis</i> (azul).	23

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valor de la interacción geográfica en cada población muestreada.	13
Tabla 2. Poblaciones de <i>Jubaea chilensis</i> según su grado de interacción con <i>Octodon degus</i>	15
Tabla 3. Distribución de la abundancia de individuos de <i>Jubaea chilensis</i> en función de estado de desarrollo en cuatro poblaciones analizadas.	16
Tabla 4. Lista de GLM's reportada.....	19

RESUMEN

La palma chilena o *Jubaea chilensis* (Molina Baillón), es una especie monotípica, endémica, relictica y amenazada de Chile central. La literatura propone al roedor *Octodon degus* (Molina) como un dispersor efectivo responsable de dispersar semillas a sitios seguros de modo de asegurar la emergencia de plántulas. En este estudio se evaluó la intensidad de la interacción entre ambas especies, desde una perspectiva territorial. Primero, a escala biogeográfica, identificando zonas del espacio geográfico con mayor o menor potencial de interacción y luego a escala local, incorporando otras variables de alcance local, que pueden afectar la regeneración de la palma. Los resultados demuestran que se detecta el efecto positivo de *Octodon degus* sobre la regeneración de *Jubaea chilensis*. De hecho, en las zonas donde es más probable encontrar degus y palmeras existe una mayor regeneración. A escala local también se detecta una sobreposición importante entre la presencia de plántulas y la presencia de madrigueras. Si bien la presencia de madrigueras afecta en forma significativa la regeneración, se encontraron otras variables importantes tales como la altitud o la humedad topográfica que también ayudan a explicar la presencia de plántulas. *Octodon degus* es un dispersor positivo siempre y cuando la disponibilidad de semillas lo permita.

Palabras clave: *Jubaea chilensis*, interacciones biológicas, Modelos de distribución de especies, enfoque multi-escala, dispersor efectivo.

ABSTRACT

The Chilean palm or *Jubaea chilensis* (Molina Baillón), is a monotypic, endemic, relict and threatened species of central Chile. The literature proposes the rodent *Octodon degus* (Molina) as an effective disperser responsible for dispersing seeds into safe places to ensure the emergence of seedlings. In this study, the intensity of the interaction between both species was evaluated from a territorial perspective. First, at a biogeographic scale, identifying geographic areas with greater or lesser potential for interaction and then at a local scale, incorporating other variables of local scope that may affect the regeneration of the palm. The results show that the positive effect of *Octodon degus* on the regeneration of *Jubaea chilensis* is detected. In fact, in areas where it is more likely to find degus and palm trees, regeneration is greater. At local scale, an important overlap between the presence of seedlings and the presence of degu burrows is also detected. Although the presence of burrows significantly affects regeneration, other important variables were found such as altitude or topographic humidity that also help explain the presence of seedlings. *Octodon degus* is a positive disperser only if the availability of seeds allows it.

Keywords: *Jubaea chilensis*, biological interactions, species distribution models, multi-scale approach, effective disperser.

INTRODUCCIÓN

La palma chilena o *Jubaea chilensis* (Molina Baillón) es una especie monotípica presente en el bosque mediterráneo de Chile central (González *et al.* 2009). Esta palma posee origen tropical y es considerada un fósil viviente (Parsons 2007; González *et al.* 2009). Hoy en día, la especie se encuentra clasificada como vulnerable (Benoit 1989; González 1998), y persiste gracias al efecto nodriza del matorral esclerófilo nativo (Valiente-Banuet *et al.* 2006). Su principal amenaza ha sido la cosecha de frutos, la extracción de miel y el cambio de usos del suelo. Actualmente, existe sólo un 2.5% de sus tamaños poblacionales originales (Michea 1992; Cabello 2006; González *et al.* 2017). Además, esta especie sufre de una intensa herbivoría por roedores, conejos y ganado, lo que ha reducido su regeneración severamente (Marcelo *et al.* 2006; Fleury *et al.* 2015; Youlton *et al.* 2016).

La regeneración en plantas es un proceso que requiere la superación de diferentes filtros ambientales que determinan la probabilidad que una semilla o plántula pueda alcanzar el estado reproductivo adulto (Jordano *et al.* 2004). Las zonas que ofrecen una mayor probabilidad de regeneración son conocidas como sitios seguros (Harper 1977) y se distribuyen heterogéneamente en el paisaje (Schupp *et al.* 2010). Los patrones de distribución de semillas son cruciales para examinar si existe concordancia con los patrones de movimiento de sus dispersores bióticos y/o depredadores, sobretodo si los

requerimientos ambientales entre ambos son similares (Nathan and Muller-Landau 2000; Bustamante 2009). Para el caso de *Jubaea chilensis*, los sitios seguros documentados están en el matorral esclerófilo denso, que protege a las semillas de la depredación y del estrés abiótico existente en sitios abiertos (Fleury *et al.* 2015; Flores *et al.* 2016).

Por otra parte, el degú u *Octodon degus* (Molina), un roedor endémico del matorral de Chile central ha sido considerado como un consumidor de semillas de palma chilena ya que ésta le ofrece una fuente nutricional importante (Yates *et al.* 1994; Masson *et al.* 2008). Se ha encontrado que esta especie suele dispersar semillas al enterrarlas en sitios de acumulación, normalmente a 1cm – 2cm de profundidad y cerca de sus madrigueras (Quispe *et al.* 2009), proveyéndoles protección frente al estrés abiótico y otros depredadores; dichos sitios podrían considerarse como sitios seguros y el degú como un dispersor efectivo (Bustamante 2009) si una porción de las semillas olvidadas germinaran y se establecieran como plántulas.

Otras especies como el cururo (*Spalacopus cyanus*) o el zorro chilla (*Lycalopex griseus*) podrían dispersar y/o consumir semillas de palma (Fleury & González *com pers*), pero sus mecanismos aún no han sido bien estudiados.

La concordancia espacial, es un requisito necesario para que dos especies interactúen (Schupp *et al.* 2010). Los Modelos de Distribución de Especies (MDE's) pueden ser usados para examinar el grado de concordancia espacial entre dos especies en función de sus requerimientos de nicho, y por lo tanto la interacción potencial a una escala geográfica (Giannini *et al.* 2013; Silva *et al.* 2014; Lany *et al.* 2017; Alaniz *et al.* 2018).

A escala local, la regeneración puede verse afectada por otros factores además de la interacción directa con el degú; ya que existen variables que afectan la densidad y el reclutamiento en especies vegetales y usualmente corresponden a variables de paisaje (Fuentes-Castillo *et al.* 2012; Pettorelli *et al.* 2017; Amatulli *et al.* 2018). Por ejemplo, en el Parque Nacional La Campana la densidad de individuos de *Jubaea chilensis* se han visto más afectados por la cobertura vegetal, la exposición geográfica y la distancia al adulto más cercano (Miranda *et al.* 2016). Así, es de mucha importancia estudiar la importancia relativa de la presencia de degus en relación con otras variables ambientales que también afectan el reclutamiento de la palma.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- (i) A escala biogeográfica ¿cómo es la regeneración en poblaciones donde hay concordancia espacial entre la palma chilena y los degus?
- (ii) A escala local ¿cuál es la importancia relativa de la presencia de degus frente a otras variables que también afectan la regeneración de la palma chilena?

OBJETIVOS

General

Evaluar la importancia de *Octodon degus* sobre la regeneración natural de *Jubaea chilensis* (Molina Baillón) a dos escalas espaciales.

Específicos

- 1) Comparar la regeneración de *Jubaea chilensis* en poblaciones que presentan diferentes niveles de interacción potencial con *Octodon degus*.
- 2) Evaluar la importancia relativa de *Octodon degus* sobre la regeneración de *Jubaea chilensis* en relación con otros factores ecológicos a pequeña escala.

HIPOTÉISIS

- 1) Si *Octodon degus* es un dispersor efectivo para *Jubaea chilensis*, entonces se esperará
 - A) Una mayor densidad de plántulas en las poblaciones donde exista una mayor intensidad de interacción potencial.
 - B) Una sobreposición significativa entre el espacio ecológico local de las plántulas y de sus madrigueras más próximas.
 - C) Una relación negativa entre la densidad de plántulas y la distancia a la madriguera, la cual será más significativa que cualquier otra variable importante para su regeneración.

MATERIALES Y MÉTODOS

ESTIMACIÓN DE LA INTERACCIÓN ENTRE LA PALMA Y EL DEGÚ

Se generaron dos Modelos de Distribución de Especies (MDE's) uno para *Octodon degus*, y el otro, para *Jubaea chilensis*. Se utilizó Maxent 3.4. ya que permite estimar la distribución geográfica de las condiciones de idoneidad de hábitat en especies usando un set de datos limitado (Elith *et al.* 2011; Phillips *et al.* 2017; Bosso *et al.* 2017). Los MDE's requirieron información desde dos fuentes de datos: (i) registros de presencia de las especies y (ii) información ambiental. Para los registros de presencia, se utilizaron datos no publicados en conjunto a la literatura disponible y datos extraídos de la *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) (Fulk 1976; Fuentes *et al.* 1983; Zunino *et al.* 1992; Meserve *et al.* 1993; Ebensperger and Bozinovic 2000; Ebensperger 2001; Vasquez 2002; Ebensperger and Wallem 2002; Saavedra and Simonetti 2003; Díaz-Calderón 2009; Pozo 2009; Bozinovic *et al.* 2009; Quispe *et al.* 2009; Medina 2011; Correa *et al.* 2015; Miranda *et al.* 2016; Youlton *et al.* 2016; Davis *et al.* 2016; GBIF 2018), y como fuente ambiental, se emplearon las grillas climáticas de Pliscoff *et al.* (2014), que tienen una resolución espacial de 1km y un mayor grado de detalle para el sur de Sudamérica que el proyecto Worldclim (Hijmans *et al.* 2005). El MDE de *Jubaea chilensis* se modeló con un sobre climático de 50 km alrededor del margen latitudinal/longitudinal máximo conocido de la especie (González *et al.* 2009), con la finalidad de ajustar la extrapolación

del modelo, y reflejar en mejor medida la fragmentación y distribución actual de la especie.

Se realizó una selección de datos de presencia, con la finalidad de reducir la autocorrelación espacial y el error por sesgo de muestreo; el análisis selecciona los registros menos aglomerados y descarta los clústeres de puntos (Brown 2014). Las bases de datos finales para cada especie quedaron con 141 y 108 registros de presencia para *Octodon degus* y *Jubaea chilensis* respectivamente (incluidas en Anexo 1).

Se generó un modelo exploratorio utilizando los registros de presencia filtrados, en conjunto con las 19 variables climáticas, con 9 y 5 réplicas empleando validaciones cruzadas para *Octodon degus* y *Jubaea chilensis* respectivamente. Estos modelos preliminares fueron utilizados para calibrar los modelos finales, removiendo las variables climáticas muy correlacionadas usando el coeficiente de correlación de Spearman (Myers and Sirois 2014) ($r > 0.7$) (variables conservadas en Anexo 2).

La importancia de Permutación (**PI**) y la Contribución Porcentual (**PC**) son indicadores entregados por el modelo de distribución (Phillips *et al.* 2006). Se consideró a PI como el indicador más útil, ya que este explica la importancia de una variable, considerando al resto de variables, en cambio, PC explica la importancia de una variable por si sola (Phillips *et al.* 2006; Searcy and Shaffer 2016).

Se seleccionaron las variables con mayor PI y menor autocorrelación, las variables con una contribución PC+PI menor al 1% fueron descartadas. Los modelos se validaron usando el Área Bajo la Curva (AUC) (Anexo 3).

Luego, se reclasificaron ambos modelos mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), transformando las grillas ráster continuas a discretas. Las categorías van desde bajo a alto (detalles de los valores de quiebre en Anexo 4), las probabilidades bajo el percentil 10 fueron excluidas y clasificadas como nulas (0 = nulo, 1 = bajo, 2 = medio, 3 = alto). Luego, se multiplicaron los números asignados a cada rango de probabilidades, utilizando una matriz de doble entrada propuesta por Alaniz *et al.* (2018). El producto de la multiplicación representa la intensidad de la interacción potencial entre degú y palma (Figura 1).

		- probabilidad% +						
		<i>Jubaea chilensis</i>						
+ probabilidad% -	<i>Octodon degus</i>	0		1	2	3	0	Nula
		0	-	0	0	0	1	Muy baja
		1	0	1	2	3	2	Baja
		2	0	2	4	6	3&4	Media
		3	0	3	6	9	6	Alta
						9	Muy alta	

Figura 1. Matriz que representa la interacción potencial entre *Octodon degus* y *Jubaea chilensis*. El resultado es el producto de ambos modelos. Mayores valores significan mayor interacción y viceversa.

Las áreas de estudio fueron seleccionadas interpretando el modelo de interacción biológica. En total, se seleccionaron cuatro áreas de estudio las cuales varían desde un grado muy alto a medio. No se seleccionaron áreas de baja interacción debido a las dificultades de acceso y al escaso número de individuos reconocidos en la literatura (González *et al.* 2009).

Se comparó el número de plántulas por parcela entre poblaciones sometidas a diferentes niveles de interacción potencial. Las poblaciones se agruparon en dos grupos: a) Muy Alta vs Media – Alta. Las áreas Muy Alta son Ocoa y Cocalán (Parque Nacional La Campana, Oasis Reserva La Campana y Hacienda Palmas de Cocalán), y las áreas Media Alta son Petorca (Túnel las Palmas) y algunos individuos de Hualañé. Se aplicó una prueba no

paramétrica, para hacer la comparación (el nivel de significancia se clasificó por asteriscos; * ≤ 0.05 ; ** ≤ 0.01 ; *** ≤ 0.001), ya que las bases de datos no se distribuyen normalmente y poseen un gran número de ceros (Hollander *et al.* 2014) (Detalles de la distribución de los datos en Anexo 2).

ANÁLISIS LOCAL

Para obtener la información de campo, se realizó un Muestreo Aleatorio Estratificado (**MAE**). Los datos se recolectaron con parcelas de muestreo de 50m x 20m cada uno. Se consideró una distancia mínima de 150m entre cada plot para reducir la dependencia espacial; dicho valor sobrepasa en más de 10 veces el rango normal de agregación de individuos desde el adulto observados (Miranda *et al.* 2016). El muestreo fue realizado considerando la heterogeneidad del sitio y se midió en tres subáreas: fondo de valle, quebrada y cabecera de cuenca, con 5 réplicas por subárea, para un total de 15 plots por cada población. En cada parcela, se registraron todos los individuos considerando todos los estados reproductivos de *Jubaea chilensis*; también se consideraron las madrigueras de *Octodon degus*. El criterio para discernir entre madriguera de degú o de otro animal, fue que tuvieran restos coquitos de palma. Cada madriguera fue fotografiada y verificada posteriormente por la opinión de expertos.

Otra forma de medir la concordancia espacial entre degú y palma, pero a una escala espacial local, fue a través de un Análisis de Componentes Principales (PCA), utilizando variables de escala local (más detalles de las variables en Anexo 5). Para elaborar los PCA's se utilizó la librería *ecospat* de R (Cola *et al.* 2017). Para este análisis todas las variables fueron extraídas considerando a cada plántula y madriguera como un registro independiente.

Para evaluar la relación que hay entre la densidad de plántulas y diversas variables ambientales a escala local, se usó un GLM (zero-inflated, distribución de Poisson) Se realizaron 23 modelos para toda la base de datos y se escogió el mejor modelo mediante el índice de Akaike (**AIC**), luego se compararon sus significancias, primero en relación con el modelo total y segundo, con relación a cada variable del modelo. Las variables que se seleccionaron fueron: (i) Elevación (**DEM**), (ii y iii) Exposición topográfica (este y norte; **Eastness/Northness**), (iv) Índice de Rugosidad Topográfica (**TRI**), (v) Índice de Humedad Topográfica (**TWI**), (vi) Índice de Salinidad Normalizada (**NDSI**), (vii) Índice de Vegetación Mejorado (**EVI**), (viii) Distancia euclidiana a los cursos de agua (**Disthidro**), (ix) Distancia euclidiana a madrigueras de degú (**Distmad**) y (ix) Distancia euclidiana a palmas adultas (**Distad**) (para mayores detalles del significado de cada variable, como se miden e interpretan ver Anexo 5).

RESULTADOS

INTERACCIÓN ENTRE ESPECIES A ESCALA BIOGEOGRÁFICA

Los MDE's para *Jubaea chilensis* y *Octodon degus* muestran valores de AUC de 0.961 (\pm 0.014) y 0.996 (\pm 0.001) respectivamente (Anexo 3). Las variables climáticas más importantes en *Octodon degus* son bio18 (precipitación del trimestre más húmedo; 81% PI; 57.8% PC) y bio19 (precipitación del trimestre más frío; 13.2% PI; 14% PC); en conjunto ponderan más del 94% de la PI. Bio18 presenta una baja desviación estándar e indica que el degú sería poco tolerante a zonas con algo de precipitación durante el trimestre más húmedo, en cambio bio19 presenta una curva gaussiana con un óptimo cercano a los 200mm – 400mm durante el trimestre más frío, que el degú podría tolerar de forma óptima.

En el caso de *Jubaea chilensis*, las variables climáticas más importantes son bio14 (precipitación del mes más seco; 40.5% PI; 30.1% PC) y bio19 (precipitación del trimestre más frío; PI 26.9%; 19.4% PC). Entre ellas concentran más del 65% de la PI del modelo. Bio14 muestra una preferencia a sitios con baja precipitación en periodos secos, en tanto bio19 indica una preferencia a zonas que presenten entre 200mm a 1200mm de lluvia durante el trimestre más frío (Anexo 6). En ambos MDE's la variable bioclimática bio19 (precipitación del trimestre más frío; con un umbral en 200mm) vendría siendo la variable que más determina la coincidencia geográfica de ambas especies.

Respecto de la interacción biológica potencial entre ambas especies, se identifica una mayor intensidad hacia el centro de la distribución de *Jubaea chilensis*. Las principales áreas se concentran entre los cordones montañosos de la cordillera de la costa de Chile central de Cantillana y Ocoa, disminuyendo considerablemente hacia los extremos norte y sur. Por su parte, la distribución del degú pareciese verse disminuida hacia el sur del río Maipo, para mantenerse uniforme hacia el centro y norte del país (detalles del grado de interacción de las poblaciones muestreadas en la Tabla 1).

Tabla 1. Valor de la interacción geográfica en cada población muestreada.

Población muestreada	Ocoa	Cocalán	Petorca	Hualañé
Agrupación Interacción	Muy Alta		Media - Alta	
	9	9	6	4

La interacción biogeográfica (Figura 2) presenta tres núcleos localizados en las zonas de: (a) Petorca-Tilama, (b) Ocoa-Valparaíso y (c) Altos de Cantillana. Cinco poblaciones conocidas de *Jubaea chilensis* presentan una interacción muy alta, cuatro con interacción alta, dos con interacción media, cuatro con interacción baja y una interacción muy baja (Tabla 2).

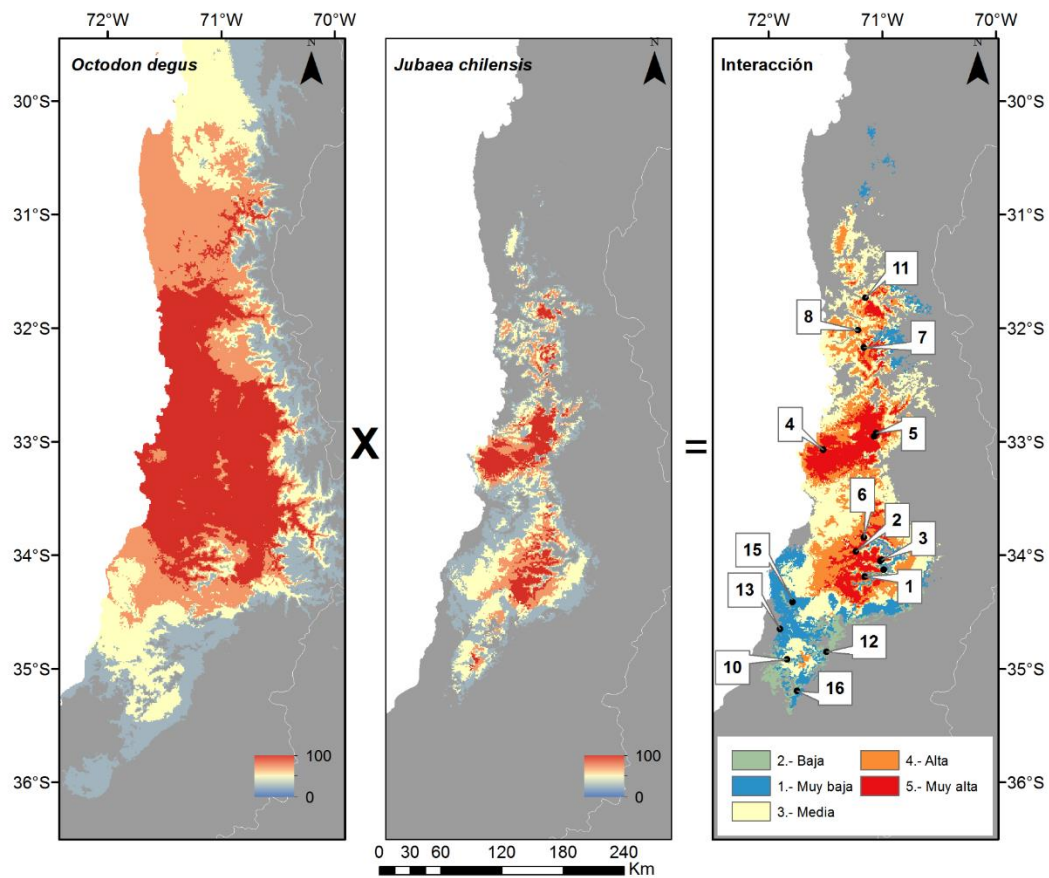


Figura 2. Modelo de interacción biogeográfica entre *Octodon degus* y *Jubaea chilensis*. De izquierda a derecha: MDE *Octodon degus*, MDE *Jubaea chilensis*, modelo de interacción biogeográfica. La tercera imagen es el producto entre ambos modelos de distribución que han sido ponderados en cuatro valores (de azul a rojo; 0, 1, 2, 3; véase Figura 1 para mayor detalle). Los números indicados en la tercera figura (interacción) corresponden a palmares de *Jubaea chilensis* conocidos de la literatura (véase González *et al.* 2009), su orden y nombre se encuentra especificado en la Tabla 2.

Num	Población	Interacción
1	Cocalán	9
2	Cuesta los Guindos	9
3	El Asiento	9
4	Sec Viña - Valparaíso	9
5	Sec. La Campana	9
6	La Palmería	6
7	Petorca	6
8	Quebrada de Culimo	6
9	Talami	6
10	Hualañé	4
11	Limahuida	3
12	La Candelaria	2
13	Paredones	2
14	Roblería del Cobre de Loncha	2
15	San Miguel de las Palmas	2
16	Fundo las palmas de Tapihue	1

Tabla 2. Poblaciones de *Jubaea chilensis* según su grado de interacción con *Octodon degus*. El número de población permite su identificación en la Figura 2.

Se identificó un total de 384 individuos en las cuatro poblaciones estudiadas; de ellos, 95 son plántulas, 67 infantes, 67 juveniles y 155 adultos. Los sitios con mayor abundancia de plántulas fueron en Ocoa y Cocalán (Tabla 3). Los resultados para Hualañé se encontraron limitados por limitaciones de accesibilidad, ya que los predios en los que dichas palmas se encontraban están rodeados de plantaciones forestales afectadas por incendios del periodo estival del año 2017, y se constataron pérdidas mayores de semillas, y algunos individuos parcialmente quemados (Anexo 7). En el caso de Petorca no se hallaron plántulas, aunque no se descarta su existencia en zonas con cobertura vegetal muy densa.

Tabla 3. Distribución de la abundancia de individuos de *Jubaea chilensis* en función de estado de desarrollo en cuatro poblaciones analizadas. Las medidas corresponden al total hallado de los 15 plots de cada sitio (a excepción de Hualañé, con 9 plots).

	Ocoa	Cocalán	Petorca	Hualañé
Plántulas	45	48	0	2
Infantes	26	30	9	2
Juveniles	13	39	15	0
Adultos	75	42	23	10
N Total	159	159	47	14

REGENERACIÓN DE *JUBAEA CHILENSIS*

La densidad de plántulas resultó ser significativamente mayor en las poblaciones con una interacción potencial Muy Alta en relación con la población con una interacción Media-Alta (M.W.-Wilcoxon; $p = 0.0158$; (Figura 3).

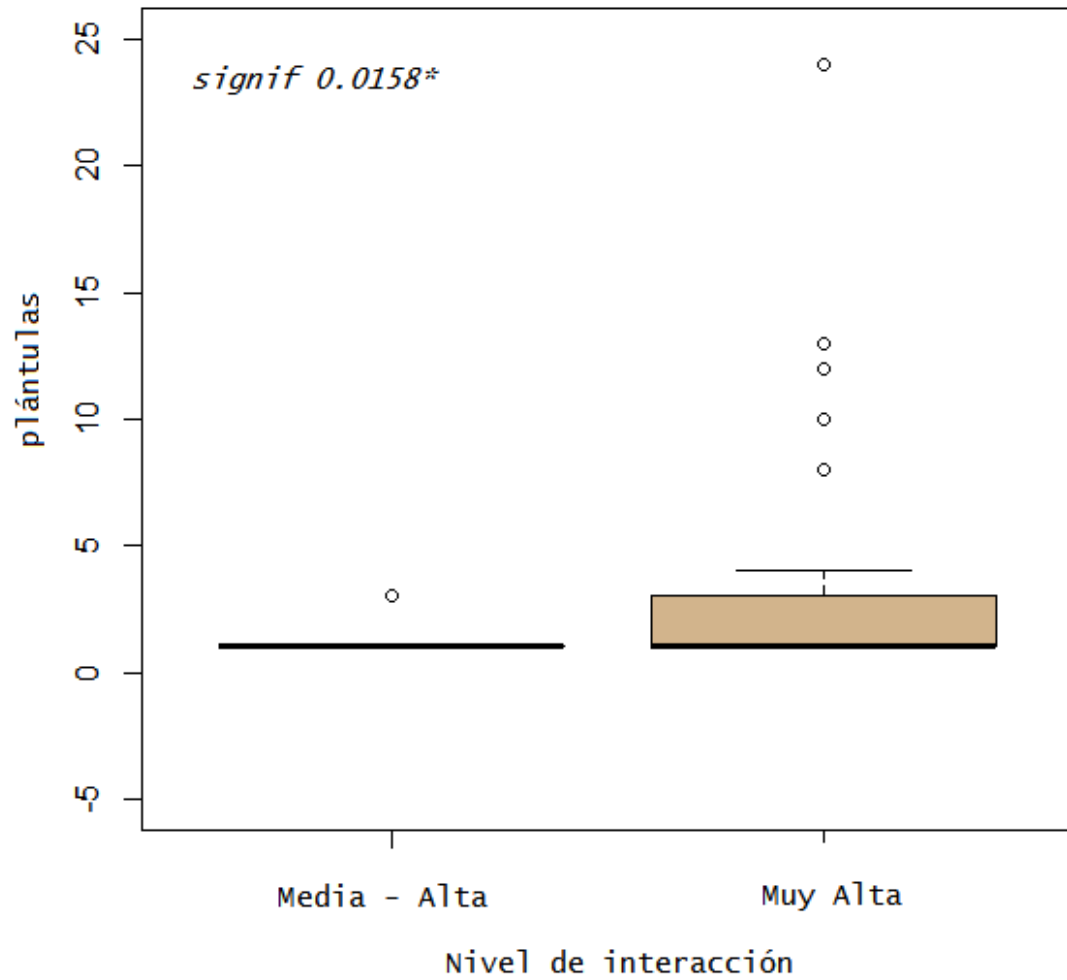


Figura 3. Densidad de plántulas de *Jubaea chilensis* en poblaciones con un índice de interacción potencial Muy Alta (poblaciones de Ocoa y Cocalán) y Media – Alta (poblaciones de Petorca y Hualañé). Los datos fueron agrupados en ranking, e indican una media de 18.

INFLUENCIA DE VARIABLES A PEQUEÑA ESCALA SOBRE LA DENSIDAD DE PLÁNTULAS

El modelo número 18 fue el que mejor explicó el efecto de las Variables ambientales sobre la densidad de plántulas (Tabla 4). Se observa que la distancia a la madriguera, si bien fue significativa según lo esperado por nuestra hipótesis, hay otras variables como la exposición (Norte y Este), o la altitud, que resultaron ser más significativas (Figura 4).

Tabla 4. Análisis de GLM para evaluar la importancia de variables ambientales de pequeña escala sobre la densidad de plántulas de *Jubaea chilensis*. En negrita se indican las variables significativas; asteriscos indican el nivel de significancia (* =< 0.05; **=< 0.01; ***=< 0.001). En el recuadro, se resalta el mejor modelo de acuerdo con índice de AIC y valor de significancia.

n° modelo	Variables	AIC	P-value
1	-3.10E-04 Distmad* +0.589 EVI	314.1	0.0088 *
2	-3.30E-04 Distmad* +3.153 NDSI**	307.3	0.0003 **
3	-2.80E-04 Distmad* -0.076 TRI	311.7	0.0027 *
4	-2.80E-04 Distmad* +0.152 TWI**	305.7	0.0001 ***
5	-2.90E-04 Distmad* - 0.002 DEM***	281.8	< 0.0001 ***
6	-2.80E-04 Distmad* -0.079 Northness	314.2	0.0090 *
7	-2.60E-04 Distmad* +0.767 Eastness***	281.3	< 0.0001 ***
8	-3.00E-04 Distmad* -0.004 Distad	311.1	0.0019 *
9	-3.00E-04 Distmad*	312.6	0.0028 *
10	-3.00E-04 Distmad* -0.006 Disthidro*	308.7	0.0006 **
11	-2.90E-04 Distmad* -2.956 EVI* +6.423 NDSI***	304.4	0.0001 ***
12	-3.00E-04 Distmad* +0.138 TRI* +0.161 TWI* -0.002 DEM***	280.5	< 0.0001 ***
13	-2.70E-04 Distmad* +0.016 Northness +0.768 Eastness***	283.3	< 0.0001 ***
14	-3.20E-04 Distmad* -0.005 Distad -0.006 Disthidro*	305.9	0.0002 **
15	-3.70E-04 Distmad** +0.246 EVI +2.3674 NDSI +0.196 TRI** +0.164 TWI* -0.002 DEM***	281.3	< 0.0001 ***
16	-2.80E-04 Distmad** -3.346 EVI* +6.320 NDSI*** +0.178 Northness +0.750 Eastness***	275.5	< 0.0001 ***
17	-2.90E-04 Distmad* -3.007 EVI* +5.510 NDSI** -0.004 Distad -0.005 Disthidro	302.0	< 0.0001 ***
18	-3.00E-04 Distmad** +0.126 TRI* +0.147 TWI -0.002 DEM*** +0.511 Northness*** +0.727 Eastness***	242.4	< 0.0001 ***
19	-3.10E-04 Distmad* +0.089 TRI +0.173 TWI* -0.005 Distad -0.005 Disthidro	305.2	0.0002 **
20	-3.10E-04 Distmad** +0.068 EVI +0.555 NDSI +0.140 TRI* +0.149 TWI -0.002 DEM*** +0.491 Northness** +0.721 Eastness***	246.2	< 0.0001 ***
21	-3.70E-04 Distmad** +0.104 EVI +2.331 NDSI +0.188 TRI** +0.148 TWI -0.002 DEM*** -0.002 Distad -0.001 Disthidro	284.4	< 0.0001 ***
22	-2.90E-04 Distmad** +0.114 TRI +0.148 TWI -0.002 DEM*** +0.502 Northness*** +0.754 Eastness*** -0.001 Distad +0.002 Disthidro	245.6	< 0.0001 ***
23	-3.00E-04 Distmad** +0.276 EVI +0.513 NDSI +0.131 TRI +0.149 TWI -0.002 DEM*** +0.469 Northness** +0.754 Eastness*** -0.001 Distad +0.008 Disthidro	249.3	< 0.0001 ***

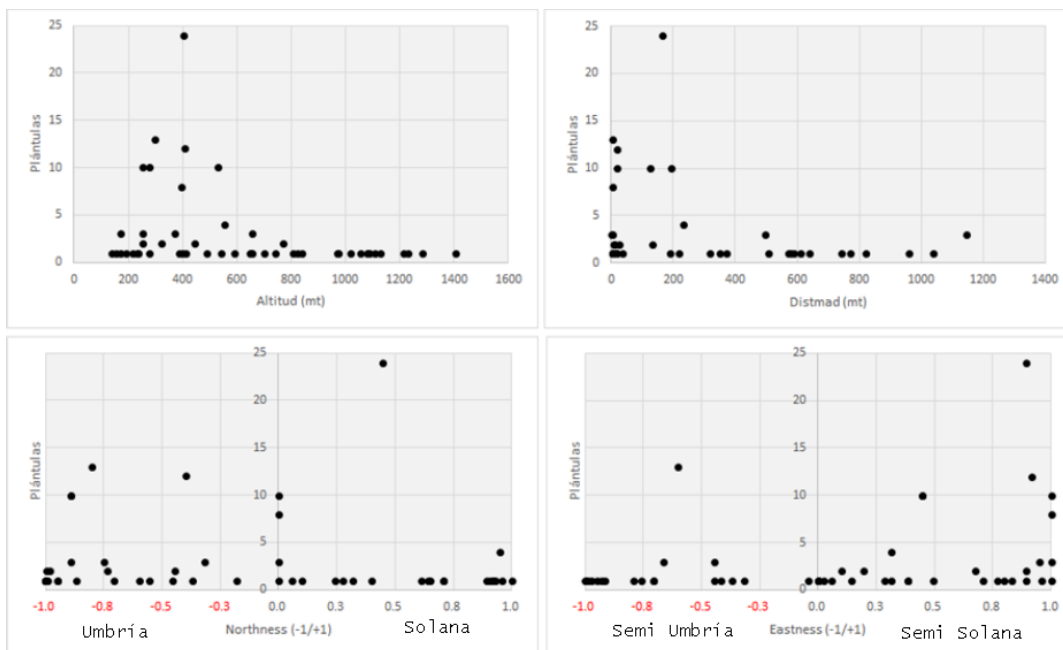


Figura 4. Densidad de plántulas de *Jubaea chilensis* en función de las variables ambientales más relevantes según modelo 18 indicado en Tabla 4. Altitud y Distmad se expresan en metros, y los valores de exposición son adimensionales; con -1 a 0 = muy oeste/sur y 0 a +1 = muy este/norte, respectivamente. Las relaciones obtenidas entre las variables significativas versus la densidad de plántulas fueron positivas para la exposición solar (Northness/Eastness), se aprecia un aumento en la densidad e individuos hacia las laderas de exposición solana y semi solana en todo el rango de distribución muestreado. Y negativas para la altitud y la distancia a las madrigueras (Distmad), que a su vez indican que la densidad de plántulas disminuye drásticamente con el aumento de la altitud y mayores distancias respecto a madrigueras de *Octodon degus*.

SIMILITUD ENTRE EL ESPACIO DE LAS PLANTULAS Y EL ESPACIO DE LAS MADRIGUERAS DE DEGU

El Análisis de Componentes Principales (Figura 5) para las plántulas de *Jubaea chilensis* (Figura 5A) explica un 61.28% de la varianza entre los PC1 y PC2 (PC1 37.8%; PC2 23.5%), en cambio, para las madrigueras de degú (Figura 5B), sus PC1 y PC2 un 57.9% de la varianza (PC1 37.4%; PC2 20.5%). El análisis de contribuciones consideró el valor ponderado entre el PC1 y PC2. Se encontró una coincidencia en 2 variables con muy alta ponderación tanto para plántulas como madrigueras, y corresponden a la altitud (DEM) y al índice de humedad topográfico (TWI) (Figura 5C).

Se observa un 59,097% de sobreposición entre los espacios ambientales de los degus y de las plántulas (Figura 6). Este valor es significativamente mayor a lo esperado por azar ($p = 0.001$; Anexo 9). No obstante, hay espacios ambientales exclusivos tanto para plántulas como para madrigueras, siendo estas mucho menor en el caso de las plántulas (las contribuciones para el modelo conjunto pueden revisarse en el Anexo 10).

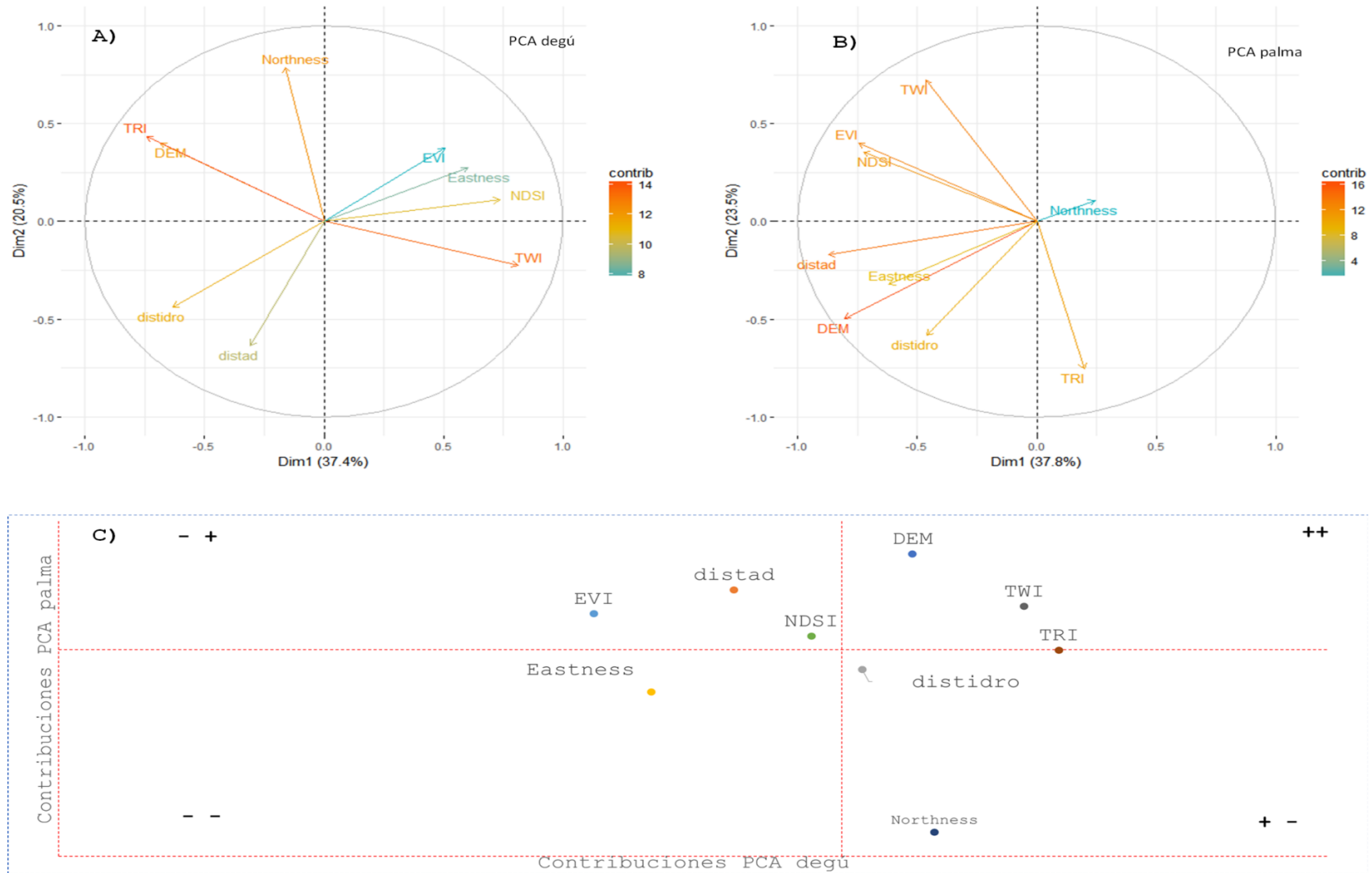


Figura 5. Gráficas de contribuciones de cada variable a cada Análisis de Componentes Principales (PCA). A) *Jubaena chilensis*. B) *Octodon degus* C) contribuciones ponderadas entre A) y B), las líneas en rojo indican el valor ponderado para todo el conjunto de variables, por ende, las variables localizadas sobre el margen superior derecho (zona ++) tienen una alta contribución tanto para A) como para B).

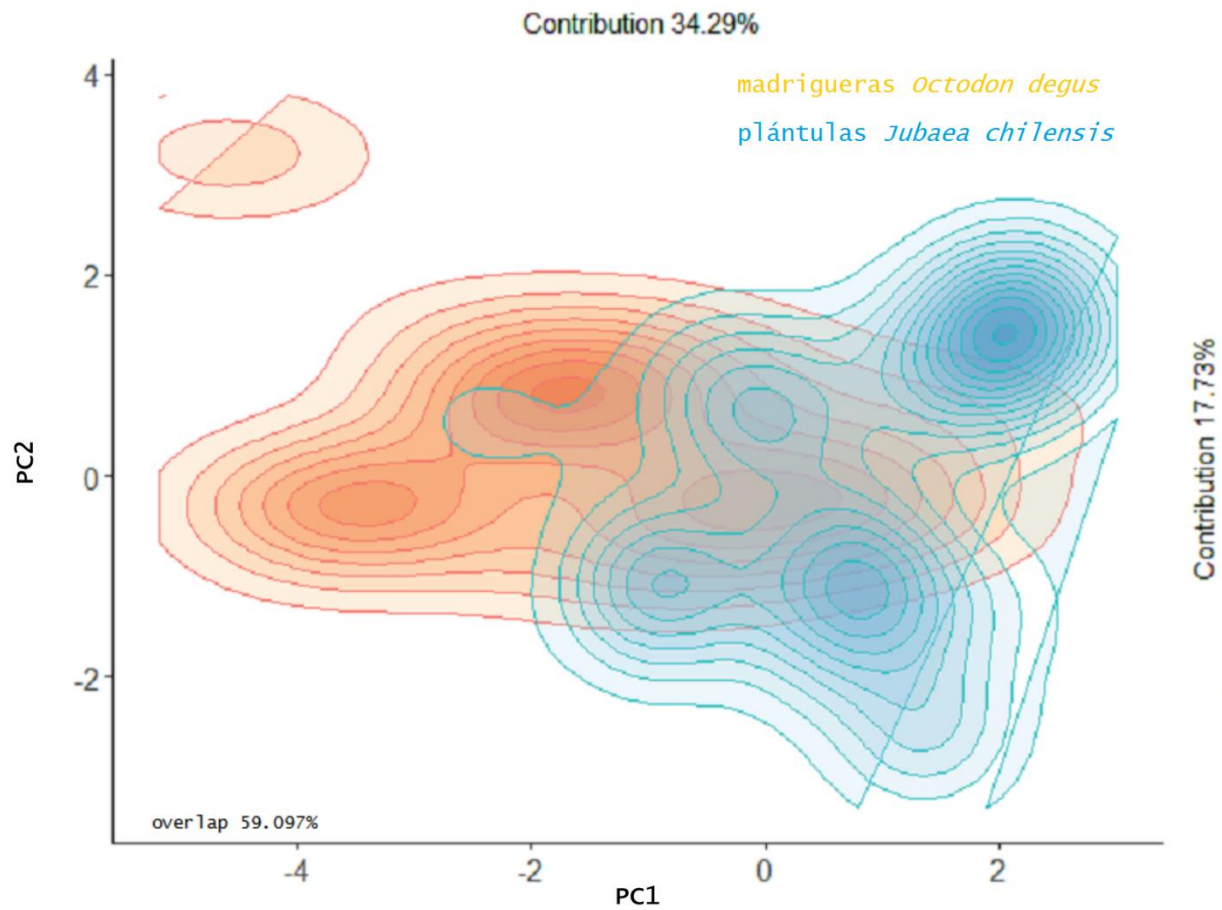


Figura 6. Representación multivariada de los espacios ambientales de madrigueras de *Octodon degus* (anaranjado) y plántulas de *Jubaea chilensis* (azul). Las variables reflejadas en PC1 y PC2, y su grado de contribución pueden ser revisadas en el Anexo 10.

DISCUSIÓN

El objetivo principal de este estudio consistió en evaluar el papel del roedor *Octodon degus* (Molina) como dispersor de *Jubaea chilensis* (Molina Baillón). Los resultados obtenidos, indican que, a escala biogeográfica, efectivamente existe una mayor densidad de plántulas de *Jubaea chilensis* en las regiones donde la interacción potencial con *Octodon degus* es mayor; A escala local, *Octodon degus* sigue siendo importante para la regeneración de la palma, exhibiéndose una sobreposición espacial significativa entre densidad de plántulas y madrigueras; Sin embargo, existen otros factores que también determinan afectan la densidad de plántulas de *Jubaea chilensis*.

En este estudio se destaca que aun cuando puede haber muchos factores ecológicos que podrían anular la huella de esta interacción a grandes escalas geográficas, la señal de esta interacción se mantiene probablemente producto de una larga historia co-evolutiva entre las dos especies, posiblemente hace más de 6 millones de años atrás (véase Valladares 2009; Rivera *et al.* 2016). El que *O. degus* sea importante para la regeneración de *J. chilensis* a dos escalas espaciales, pone en cuestión el supuesto que las interacciones biológicas afecten la distribución de las especies sólo a escala local. En resumen, la señal que deja *O. degus*, a diferentes escalas espaciales se explica por (a) una larga historia de interacción; (b) una fuerte correspondencia ecológica entre los nichos de las plántulas y los ambientes donde se encuentran las madrigueras.

Las plántulas, que suelen crecer aglomeradas naturalmente, debido al efecto nodriza de la vegetación acompañante (Fleury *et al.* 2015; Flores *et al.* 2016), se benefician de esta relación planta-animal, al punto que la densidad de individuos de regeneración se amplifica al estar en contacto espacial con madrigueras. Así mismo, la sobreposición espacial, estaría modulada por una sinergia entre ambas especies, el degú, suele localizar sus madrigueras cerca de sus fuentes de alimento (Yates *et al.* 1994; Bacigalupe *et al.* 2003), disponiendo así de una alta abundancia de semillas (Yates *et al.* 1994; Miranda *et al.* 2016), lo cual, en conjunto con la vegetación que acompaña a la palma, brinda así al roedor de protección frente a sus depredadores (Bacigalupe *et al.* 2003)..

Si bien a escala local también hay otras variables que también pueden explicar la densidad de plántulas en el espacio geográfico además de la presencia de madrigueras de degú, se encontró que estas no se encontrarían limitando la presencia del roedor en el mismo. E incluso, también serían hasta cierto grado relevantes para explicar la densidad de madrigueras (Anexo 11 y 12). De todas las variables, la altitud es la que más se encuentra afectando a ambas especies. Esto tiene mucho sentido, dado que la altitud usualmente marca el límite ambiental para el desarrollo de muchas especies vegetales (Guo *et al.* 2013) y es la principal variable que afecta la existencia de condiciones climáticas que alojan al matorral esclerófilo denso. La altitud puede modificar los gradientes de humedad y temperatura ambiental, y es un *proxy* del tipo y desarrollo vertical del suelo, lo que puede a su vez afectar algunos ciclos fisicoquímicos (Diekkrüger *et al.* 1999; Luzio 2010; Pettorelli *et al.* 2017). Las plántulas de *Jubaea chilensis* no están exentas a su influencia. Si bien se han encontrado palmas adultas en laderas muy accidentadas y casi nulo

desarrollo de suelos, su densidad es mucho mayor cuando el suelo está más desarrollado, además, que dichas palmas adultas pudieron haberse establecido cuando las condiciones ambientales eran diferentes. En el caso de *Octodon degus*, bien se mencionó que este roedor convive cerca de su alimento (Yates *et al.* 1994; Fleury *et al.* 2015), por ende, no sería de extrañar que también se vea afectado por este tipo de patrones espaciales de la vegetación.

La naturaleza de las interacciones biológicas puede ser dinámica en el tiempo y espacio. Los dispersores del presente y pasado pueden pasar a ser depredadores si las condiciones naturales cambian, y nada asegura que las relaciones se mantengan. Hay estudios que han encontrado que el efecto de *Octodon degus* sobre *Jubaea chilensis* puede ser negativo si la disponibilidad de semillas no es suficiente, producto de la extracción masiva de semillas por parte del hombre (Fleury *et al.* 2015). Para que este tipo de relación planta-animal sea efectiva, las semillas disponibles deben asegurar que *Octodon degus* pueda acapararlas (Yates *et al.* 1994). Desafortunadamente, sólo una porción muy pequeña de las poblaciones naturales de *Jubaea chilensis* presentan las condiciones apropiadas. La colecta indiscriminada de semillas de palma ha llegado al punto de extraer casi la totalidad de la producción anual en algunos sitios, dejando una fracción muy menor de coquitos realmente disponibles (Youlton *et al.* 2016; González *et al.* 2017; Guzmán *et al.* 2017). De continuar esta tendencia, esta relación positiva podría perderse.

Finalmente, resulta relevante señalar que el enfoque realizado en este estudio puede ser realizado en otras interacciones planta-animal cómo, por ejemplo, interacciones de

dispersores secundarios, como el cururo, el zorro chilla u otros roedores del mismo género, como *Octodon bridgesi*, quien se distribuye con mayor abundancia hacía el extremo meridional de la distribución de *O. degus* (véase Saavedra 2003). O bien, interacciones negativas como es el caso del conejo sobre la regeneración de la palma, o incluso del matorral; el efecto negativo del conejo sobre la palma u otros componentes de la vegetación del matorral esclerófilo (Fuentes *et al.* 1983, 1984) es una interacción que en términos históricos es muy reciente, por lo cual podría no expresar una señal a escala biogeográfica. Si bien, el enfoque está pensado para ser aplicado entre dos especies, no se descarta la posibilidad de hacerlo considerando el conjunto de interacciones biológicas, pudiendo considerar redes de interacciones.

CONCLUSIONES

Los resultados derivados en esta investigación apoyan la hipótesis de que *Octodon degus* es un buen dispersor para *Jubaea chilensis*. Su efecto se detecta a escala local y regional.

Esta interacción mutualista, que ha tenido una larga historia co-evolutiva, podría no mantenerse en el futuro debido a que la extracción casi completa de semillas de palma por parte del hombre, tornando la interacción de mutualismo a depredación.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad F (2013) Phenologically-tuned MODIS NDVI-Based time series (2000-2012) for monitoring of vegetation and climate change in North-Eastern Punjab, Pakistan. *Global J Human-Soc Sci Res*
- Alaniz AJ, Grez AA, Zaviezo T (2018) Potential spatial interaction of the invasive species *Harmonia axyridis* (Pallas) with native and endemic coccinellids. *J Appl Entomol*. doi: 10.1111/jen.12498
- Alaska Satellite Facility (2014) PALSAR: Radiometric Terrain Corrected high resolution elevation
- Al-Khaier F (2003) Soil Salinity Detection Using Satellite Remotes Sensing. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation
- Amatulli G, Domisch S, Tuanmu M-N, et al (2018) A suite of global, cross-scale topographic variables for environmental and biodiversity modeling. *Sci Data* 5:180040. doi: 10.1038/sdata.2018.40
- Bacigalupe LD, Rezende EL, Kenagy GJ, Bozinovic F (2003) Activity and space use by degus: a trade-off between thermal conditions and food availability? *J Mammal* 84:311–318
- Benoit C (1989) Libro rojo de la flora terrestre de Chile (Primera Parte)
- Beven KJ, Kirkby MJ (1979) A physically based, variable contributing area model of basin hydrology / Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. *Hydrol Sci Bull* 24:43–69. doi: 10.1080/02626667909491834
- Bosso L, Conno CD, Russo D (2017) Modelling the Risk Posed by the Zebra Mussel *Dreissena polymorpha* as a Case Study. *Environ Manage* 60:304–313. doi: 10.1007/s00267-017-0882-8
- Bozinovic F, Rojas JM, Broitman BR, Vásquez RA (2009) Basal metabolism is correlated with habitat productivity among populations of degus (*Octodon degus*). *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 152:560–564. doi: 10.1016/j.cbpa.2008.12.015
- Brown JL (2014) SDMtoolbox: a python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. *Methods Ecol Evol* 5:694–700. doi: 10.1111/2041-210X.12200

- Bustamante (2009) Dispersión de semillas y demografía de las plantas en un contexto de variabilidad ambiental: el rol de los frugívoros sobre el reclutamiento de *Cryptocarya alba* (Lauraceae) en el matorral de Chile central. In: Ecología y evolución de interacciones planta-animal.
- Cabello (2006) *Jubaea chilensis* (Mol.) Baillon. In: Las Especies arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. Autoecología., Valdivia, Chile., p 678
- Cola VD, Broennimann O, Petitpierre B, et al (2017) ecospat: an R package to support spatial analyses and modeling of species niches and distributions. *Ecography* 40:774–787. doi: 10.1111/ecog.02671
- Congedo L (2016) Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. Release 6.0.1.1. Unpublished
- Correa JP, Bacigalupo A, Fontúrbel FE, et al (2015) Spatial distribution of an infectious disease in a small mammal community. *Sci Nat* 102:. doi: 10.1007/s00114-015-1304-5
- Davis GT, Vásquez RA, Poulin E, et al (2016) *Octodon degus* kin and social structure. *J Mammal* 97:361–372. doi: 10.1093/jmammal/gyv182
- Díaz-Calderón EM (2009) Estructura de poblaciones naturales de palma chilena, *Jubaea chilensis* (Mol.) Baillon. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales
- Diekkrüger B, Schröder U, Kirkby MJ (1999) Regionalization in Hydrology: Proceedings of an International Conference Held at the Technical University of Braunschweig, Germany, 10-14 March 1997. IAHS
- Ebensperger LA (2001) No infanticide in the hystricognath rodent, *Octodon degus*: does ecology play a role? *Acta Ethologica* 3:89–93. doi: 10.1007/s102110000032
- Ebensperger LA, Bozinovic F (2000) Communal burrowing in the hystricognath rodent, *Octodon degus*: a benefit of sociality? *Behav Ecol Sociobiol* 47:365–369. doi: 10.1007/s002650050678
- Ebensperger LA, Wallem PK (2002) Grouping increases the ability of the social rodent, *Octodon degus*, to detect predators when using exposed microhabitats. *Oikos* 98:491–497. doi: 10.1034/j.1600-0706.2002.980313.x
- Elith J, Phillips SJ, Hastie T, et al (2011) A statistical explanation of MaxEnt for ecologists: Statistical explanation of MaxEnt. *Divers Distrib* 17:43–57. doi: 10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x
- Fleury M, Marcelo W, Vásquez RA, et al (2015) Recruitment Dynamics of the Relict Palm, *Jubaea chilensis*: Intricate and Pervasive Effects of Invasive Herbivores and Nurse Shrubs in Central Chile. *PLOS ONE* 10:e0133559. doi: 10.1371/journal.pone.0133559

- Flores S, Promis A, Faúndez L (2016) Caracterización florística y estructural de la población natural de *Jubaea chilensis* (Molina) Baill. más austral de Chile. *Phyton B Aires* 85:324–332
- Fuentes ER, Jaksić FM, Simonetti JA (1983) European Rabbits versus Native Rodents in Central Chile: Effects on Shrub Seedlings. *Oecologia* 58:411–414
- Fuentes ER, Otaiza RD, Alliende MC, et al (1984) Shrub clumps of the Chilean matorral vegetation: structure and possible maintenance mechanisms. *Oecologia* 62:405–411. doi: 10.1007/BF00384275
- Fuentes-Castillo T, Miranda A, Rivera-Hutinel A, et al (2012) Nucleated regeneration of semiarid sclerophyllous forests close to remnant vegetation. *For Ecol Manag* 274:38–47. doi: 10.1016/j.foreco.2012.02.019
- Fulk GW (1976) Notes on the Activity, Reproduction, and Social Behavior of *Octodon degus*. *J Mammal* 57:495–505. doi: 10.2307/1379298
- GBIF (2018) GBIF Occurrence Download
- Giannini TC, Chapman DS, Saraiva AM, et al (2013) Improving species distribution models using biotic interactions: a case study of parasites, pollinators and plants. *Ecography* 36:649–656. doi: 10.1111/j.1600-0587.2012.07191.x
- González L, Navarro C, Rafael M, et al (2009) Ecology and management of the Chilean Palm (*Jubaea chilensis*): history, current situation and perspectives
- González LA (1998) *Jubaea chilensis*: González, M.: The IUCN Red List of Threatened Species 1998: e.T38586A10128158
- González LA, Ibáñez MA, Cerrillo N (2017) Palma Chilena: Una especie emblemática que Chile necesita recuperar. Origo Ediciones
- Grau J (2000) Palmeras. Oikos, Santiago de Chile
- Guo Q, Kelt DA, Sun Z, et al (2013) Global variation in elevational diversity patterns. *Sci Rep* 3:3007. doi: 10.1038/srep03007
- Guzmán E, Alcalde JA, Contreras S, Fernández MP (2017) A review of the massive Chilean palm *Jubaea chilensis*. *Caldasia* 39:183–203
- Harper JL (1977) Population biology of plants. Academic Press, London ; New York
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, et al (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol* 25:1965–1978. doi: 10.1002/joc.1276
- Hijmans RJ, van Etten J, Cheng J, et al (2017) Package 'raster'

- Jordano P, Pulido F, Juan A, et al (2004) Procesos de limitación demográfica. In: Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp 229–248
- Lany NL, Zarnetske PL, Gouhier TC (2017) Incorporating the effects of climate change on species interactions into species distribution models. *Integr Comp Biol* 57:E320–E320
- Loyd C (2013) Landsat 8 bands. In: *Landsat Sci.* <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/>. Accessed 10 Aug 2017
- Luzio W (2010) Suelos de Chile
- Marcelo W, Bustamante RO, Vásquez RA (2006) Efectos de la herbivoría, el microhábitat y el tamaño de las semillas en la sobrevivencia y crecimiento de plántulas de la palma chilena. *Ambiente Desarro* 22:55–62
- Masson L, Camilo C, Torija ME (2008) Characterization of the seed oil from chilean palm (*Jubaea chilensis*). *Grasas Aceites* 59:33–38
- Medina D (2011) Variación en la coloración del pelaje en poblaciones de *Octodon degus* a lo largo de su distribución geográfica. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias
- Meserve PL, Gutierrez JR, Jaksic FM (1993) Effects of vertebrate predation on a caviomorph rodent, the degu (*Octodon degus*), in a semiarid thorn scrub community in Chile. *Oecologia* 94:153–158. doi: 10.1007/BF00341311
- Michea G (1992) Antecedentes técnicos y caracterización de palmares V Región.
- Miranda A, Hernández HJ, Bustamante R, et al (2016) Regeneración natural y patrones de distribución espacial de la palma chilena *Jubaea chilensis* (Molina) Baillon en los bosques mediterráneos de Chile central. *Gayana Botánica* 73:54–63
- Myers L, Sirois MJ (2014) Spearman Correlation Coefficients, Differences between. In: *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online.* American Cancer Society
- Nathan, Muller-Landau (2000) Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends Ecol Evol* 15:278–285
- Parsons RF (2007) The southernmost limits for palms. *N Z J Bot* 45:477–478. doi: 10.1080/00288250709509730
- Pettorelli N, Böhne HS to, Tulloch A, et al (2017) Satellite remote sensing of ecosystem functions: opportunities, challenges and way forward. *Remote Sens Ecol Conserv* 0: doi: 10.1002/rse2.59
- Phillips SJ, Anderson RP, Dudík M, et al (2017) Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*

- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Model* 190:231–259. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026
- Pliscoff P, Luebert F, Hilger HH, Guisan A (2014) Effects of alternative sets of climatic predictors on species distribution models and associated estimates of extinction risk: A test with plants in an arid environment. *Ecol Model* 288:166–177. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2014.06.003
- Pozo R (2009) Selección de pareja en *Octodon degus* provenientes de dos poblaciones contrastantes de diferente distribución geográfica. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias
- Quispe R, Villavicencio CP, Cortés A, Vásquez RA (2009) Inter-Population Variation in Hoarding Behaviour in Degus, *Octodon degus*. *Ethology* 115:465–474. doi: 10.1111/j.1439-0310.2009.01621.x
- Richardson AD, Duigan SP, Berlyn GP (2002) An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytol* 153:185–194
- Riley S, Degloria S, Elliot SD (1999) A Terrain Ruggedness Index that Quantifies Topographic Heterogeneity. *Intermt J Sci* 5:23–27
- Rivera DS, Vianna JA, Ebensperger LA, Eduardo Palma R (2016) Phylogeography and demographic history of the Andean degu, *Octodontomys gliroides* (Rodentia: Octodontidae). *Zool J Linn Soc* 178:410–430. doi: 10.1111/zoj.12412
- Roberts DW (1986) Ordination on the basis of fuzzy set theory. *Vegetatio* 66:123–131. doi: 10.1007/BF00039905
- Saavedra B (2003) Disminución en tamaño poblacional y Asimetría fluctuante en *Octodon bridgesi* (Rodentia), taxón especialista de hábitat. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias
- Saavedra B, Simonetti JA (2003) Holocene distribution of Octodontid rodents in central Chile. *Rev Chil Hist Nat* 76:. doi: 10.4067/S0716-078X2003000300004
- Schupp EW, Jordano P, Gómez JM (2010) Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review: Tansley review. *New Phytol* 188:333–353. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03402.x
- Searcy CA, Shaffer HB (2016) Do ecological niche models accurately identify climatic determinants of species ranges? *Am Nat* 187:423–435
- Silva DP, Gonzalez VH, Melo GAR, et al (2014) Seeking the flowers for the bees: Integrating biotic interactions into niche models to assess the distribution of the exotic bee species *Lithurgus huberi* in South America. *Ecol Model* 273:200–209. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2013.11.016

- Sørensen R, Seibert J (2007) Effects of DEM resolution on the calculation of topographical indices: TWI and its components. *J Hydrol* 347:79–89
- Valiente-Banuet A, Rumebe AV, Verdu M, Callaway RM (2006) Modern Quaternary plant lineages promote diversity through facilitation of ancient Tertiary lineages. *Proc Natl Acad Sci* 103:16812–16817. doi: 10.1073/pnas.0604933103
- Valladares JP (2009) Variación geográfica de la conducta antidepredatoria del *Octodon degus* (molina 1782) bajo un contexto filogeográfico. Universidad de Chile, Facultad de Medicina
- Vasquez RA (2002) The influence of habitat on travel speed, intermittent locomotion, and vigilance in a diurnal rodent. *Behav Ecol* 13:182–187. doi: 10.1093/beheco/13.2.182
- Yang Z, Willis P, Mueller R (2008) Impact of band-ratio enhanced AWIFS image to crop classification accuracy. *Pecora 17— Future Land Imaging Going Oper Denver* 18–20
- Yates L, Saiz F, Zunino S (1994) *Octodon degus*: valor nutricional y preferencia del recurso trófico en el palmar de Ocoa, Parque Nacional La Campana, Chile. *Rev Chil DH Hist Nat* 67:89–99
- Youlton C, Hormazabal C, Schiappacasse I, et al (2016) Distribución, tamaño y estructura poblacional de *Jubaea chilensis* en “Las Palmas”, comuna de Petorca, región de Valparaíso - Chile. *Bosque Valdivia* 37:501–507. doi: 10.4067/S0717-92002016000300007
- Zunino S, Saiz F, Yates LR (1992) Uso del espacio, densidad de *Octodon degus* y oferta de recursos en Ocoa, Parque Nacional La Campana, Chile. *Rev Chil Hist Nat* 65:343–355

ANEXOS

Anexo 1. Registros de presencia inventariados y/o utilizados en los MDE's para cada especie. La primera columna contiene el nombre de la especie, la segunda, la longitud y la tercera, la latitud.

species	longdec	latdec
J_chilensis	- 71.172500	- 34.198250
J_chilensis	- 71.155960	- 34.207280
J_chilensis	- 71.531050	- 33.079760
J_chilensis	- 71.900180	- 34.652000
J_chilensis	- 71.004460	- 34.038010
J_chilensis	- 71.155950	- 33.846130
J_chilensis	- 71.016060	- 34.049820
J_chilensis	- 70.979220	- 34.139690
J_chilensis	- 71.150000	- 31.733300
J_chilensis	- 71.216700	- 32.016700
J_chilensis	- 71.133300	- 32.083300
J_chilensis	- 71.500000	- 33.050000
J_chilensis	- 71.533300	- 33.083300
J_chilensis	- 71.233300	- 33.966700
J_chilensis	- 71.783300	- 34.416700
J_chilensis	- 71.483300	- 34.850000
J_chilensis	- 71.071060	- 32.934280
J_chilensis	- 71.135550	- 32.194080
J_chilensis	- 71.137550	- 32.189290
J_chilensis	- 71.146800	- 32.181300
J_chilensis	- 71.157650	- 32.168050
J_chilensis	- 71.150800	- 32.165180
J_chilensis	- 71.143900	- 32.172940
J_chilensis	- 71.801660	- 34.958630
J_chilensis	- 71.081580	- 32.939360
J_chilensis	- 71.088280	- 32.931230
J_chilensis	- 71.144250	- 34.200740
J_chilensis	- 71.081990	- 32.932200
J_chilensis	- 71.087390	- 32.936540
J_chilensis	- 71.084050	- 32.942900
J_chilensis	- 71.080220	- 32.945600
J_chilensis	- 71.075720	- 32.950830
J_chilensis	- 71.068630	- 32.954010

J_chilensis - 71.077620 - 32.934550
J_chilensis - 71.063250 - 32.957610
J_chilensis - 71.058860 - 32.961280
J_chilensis - 71.162670 - 34.198910
J_chilensis - 71.156820 - 34.200540
J_chilensis - 71.151020 - 34.201000
J_chilensis - 71.179810 - 34.197570
J_chilensis - 71.156600 - 34.205970
J_chilensis - 71.139280 - 34.201940
J_chilensis - 71.134870 - 34.205240
J_chilensis - 71.171520 - 34.198380
J_chilensis - 71.511910 - 33.076110
J_chilensis - 71.511910 - 33.071720
J_chilensis - 71.512660 - 33.067330
J_chilensis - 71.522430 - 33.074360
J_chilensis - 71.504100 - 33.071150
J_chilensis - 71.526080 - 33.079560
J_chilensis - 71.051230 - 32.962950
J_chilensis - 71.057360 - 32.966110
J_chilensis - 71.053050 - 32.970120
J_chilensis - 71.070060 - 32.965840
J_chilensis - 71.067630 - 32.971170
J_chilensis - 71.088930 - 32.945470
J_chilensis - 71.066210 - 32.936980
J_chilensis - 71.075510 - 32.946900
J_chilensis - 71.071010 - 32.957910
J_chilensis - 71.078480 - 32.954660
J_chilensis - 71.052350 - 32.954050
J_chilensis - 71.553890 - 33.051300
J_chilensis - 71.550560 - 33.054490
J_chilensis - 71.552490 - 33.064630
J_chilensis - 71.545390 - 33.055170
J_chilensis - 71.545650 - 33.060560
J_chilensis - 71.527310 - 33.065340
J_chilensis - 71.527260 - 33.060550
J_chilensis - 71.525540 - 33.055730
J_chilensis - 71.514110 - 33.061770
J_chilensis - 71.520820 - 33.068180
J_chilensis - 71.517850 - 33.064690

J_chilensis - 71.038660 - 32.934080
J_chilensis - 71.073710 - 32.908330
J_chilensis - 71.141900 - 32.186580
J_chilensis - 71.148210 - 32.180920
J_chilensis - 71.152180 - 32.177440
J_chilensis - 71.157700 - 32.181730
J_chilensis - 71.163270 - 32.178350
J_chilensis - 71.158580 - 32.175300
J_chilensis - 71.167170 - 32.175450
J_chilensis - 71.163340 - 32.172450
J_chilensis - 71.161890 - 32.169050
J_chilensis - 71.150360 - 32.164140
J_chilensis - 71.140840 - 32.169790
J_chilensis - 71.137980 - 32.166400
J_chilensis - 71.143840 - 32.165830
J_chilensis - 71.148840 - 32.160680
J_chilensis - 71.144020 - 32.157180
J_chilensis - 71.754870 - 35.205880
J_chilensis - 71.755700 - 35.200940
J_chilensis - 71.758170 - 35.194650
J_chilensis - 71.756790 - 35.187230
J_chilensis - 71.754650 - 35.183800
J_chilensis - 71.751390 - 35.179550
J_chilensis - 71.157650 - 34.199460
J_chilensis - 71.515050 - 33.075810
J_chilensis - 71.071220 - 32.933310
J_chilensis - 71.057330 - 32.954800
J_chilensis - 71.057790 - 32.954600
J_chilensis - 71.551070 - 33.053160
J_chilensis - 71.551050 - 33.053170
J_chilensis - 71.547580 - 33.052620
J_chilensis - 71.543470 - 33.060110
J_chilensis - 71.509200 - 33.064490
J_chilensis - 71.160800 - 32.172880
J_chilensis - 71.148780 - 32.157920
J_chilensis - 71.754960 - 35.178900
J_chilensis - 71.083330 - 32.916670
J_chilensis - 71.233330 - 35.166670
J_chilensis - 71.088280 - 32.931225

J_chilensis - 71.144250 - 34.200744
J_chilensis - 71.085641 - 32.930016
J_chilensis - 71.085655 - 32.929127
J_chilensis - 71.085541 - 32.930945
J_chilensis - 71.086923 - 32.929585
J_chilensis - 71.087602 - 32.930596
J_chilensis - 71.084200 - 32.929963
J_chilensis - 71.081991 - 32.932202
J_chilensis - 71.079550 - 32.932630
J_chilensis - 71.084017 - 32.932129
J_chilensis - 71.086278 - 32.932314
J_chilensis - 71.087558 - 32.932327
J_chilensis - 71.085025 - 32.933025
J_chilensis - 71.087775 - 32.928873
J_chilensis - 71.087701 - 32.929973
J_chilensis - 71.088745 - 32.930488
J_chilensis - 71.085116 - 32.931919
J_chilensis - 71.086836 - 32.934163
J_chilensis - 71.087909 - 32.933540
J_chilensis - 71.087392 - 32.936543
J_chilensis - 71.086358 - 32.937963
J_chilensis - 71.086065 - 32.939049
J_chilensis - 71.085906 - 32.940128
J_chilensis - 71.084914 - 32.941513
J_chilensis - 71.084046 - 32.942902
J_chilensis - 71.083112 - 32.943923
J_chilensis - 71.081765 - 32.944428
J_chilensis - 71.080216 - 32.945602
J_chilensis - 71.080244 - 32.945611
J_chilensis - 71.079362 - 32.946688
J_chilensis - 71.076843 - 32.948153
J_chilensis - 71.085593 - 32.929084
J_chilensis - 71.085901 - 32.930258
J_chilensis - 71.085151 - 32.931256
J_chilensis - 71.085165 - 32.933210
J_chilensis - 71.086766 - 32.934085
J_chilensis - 71.087456 - 32.936535
J_chilensis - 71.088715 - 32.937257
J_chilensis - 71.085941 - 32.932165

J_chilensis - 71.084002 - 32.932084
J_chilensis - 71.082089 - 32.932502
J_chilensis - 71.080342 - 32.933221
J_chilensis - 71.077615 - 32.932749
J_chilensis - 71.079601 - 32.932668
J_chilensis - 71.080904 - 32.931691
J_chilensis - 71.084261 - 32.930007
J_chilensis - 71.087811 - 32.928914
J_chilensis - 71.088751 - 32.930515
J_chilensis - 71.087692 - 32.931155
J_chilensis - 71.087010 - 32.929772
J_chilensis - 71.086388 - 32.937966
J_chilensis - 71.086120 - 32.939066
J_chilensis - 71.085506 - 32.940977
J_chilensis - 71.084080 - 32.942927
J_chilensis - 71.082640 - 32.943674
J_chilensis - 71.080266 - 32.945586
J_chilensis - 71.079390 - 32.946645
J_chilensis - 71.076806 - 32.948134
J_chilensis - 71.075718 - 32.950826
J_chilensis - 71.073283 - 32.953005
J_chilensis - 71.076834 - 32.948196
J_chilensis - 71.068625 - 32.954007
J_chilensis - 71.085401 - 32.934138
J_chilensis - 71.073254 - 32.953014
J_chilensis - 71.083878 - 32.944588
J_chilensis - 71.083769 - 32.944119
J_chilensis - 71.080251 - 32.945632
J_chilensis - 71.088774 - 32.936010
J_chilensis - 71.087901 - 32.934363
J_chilensis - 71.079381 - 32.933966
J_chilensis - 71.077623 - 32.934551
J_chilensis - 71.077024 - 32.936298
J_chilensis - 71.075661 - 32.934842
J_chilensis - 71.079352 - 32.931304
J_chilensis - 71.080263 - 32.932780
J_chilensis - 71.081269 - 32.932214
J_chilensis - 71.083360 - 32.929982
J_chilensis - 71.083788 - 32.943391

J_chilensis - 71.076811 - 32.949094
J_chilensis - 71.076547 - 32.950831
J_chilensis - 71.074690 - 32.951331
J_chilensis - 71.071690 - 32.955105
J_chilensis - 71.073664 - 32.954780
J_chilensis - 71.073557 - 32.954344
J_chilensis - 71.076090 - 32.952186
J_chilensis - 71.079929 - 32.948614
J_chilensis - 71.082795 - 32.946150
J_chilensis - 71.069515 - 32.953920
J_chilensis - 71.064519 - 32.955820
J_chilensis - 71.063247 - 32.957612
J_chilensis - 71.058856 - 32.961278
J_chilensis - 71.056356 - 32.960793
J_chilensis - 71.084071 - 32.944972
J_chilensis - 71.162672 - 34.198910
J_chilensis - 71.161053 - 34.199566
J_chilensis - 71.158941 - 34.200286
J_chilensis - 71.156823 - 34.200543
J_chilensis - 71.155063 - 34.200396
J_chilensis - 71.152928 - 34.201079
J_chilensis - 71.151017 - 34.201003
J_chilensis - 71.179807 - 34.197568
J_chilensis - 71.177453 - 34.197784
J_chilensis - 71.172505 - 34.198248
J_chilensis - 71.167109 - 34.198719
J_chilensis - 71.160467 - 34.200775
J_chilensis - 71.156601 - 34.205971
J_chilensis - 71.159089 - 34.199180
J_chilensis - 71.157654 - 34.199458
J_chilensis - 71.155976 - 34.199819
J_chilensis - 71.153489 - 34.200161
J_chilensis - 71.158185 - 34.201924
J_chilensis - 71.157118 - 34.203983
J_chilensis - 71.149727 - 34.200716
J_chilensis - 71.148602 - 34.200467
J_chilensis - 71.146772 - 34.200735
J_chilensis - 71.145472 - 34.200888
J_chilensis - 71.143805 - 34.200932

J_chilensis - 71.142355 - 34.201636
J_chilensis - 71.140813 - 34.201702
J_chilensis - 71.139285 - 34.201940
J_chilensis - 71.137295 - 34.202473
J_chilensis - 71.136313 - 34.203375
J_chilensis - 71.134872 - 34.205237
J_chilensis - 71.133804 - 34.202482
J_chilensis - 71.156732 - 34.201199
J_chilensis - 71.178653 - 34.197695
J_chilensis - 71.171516 - 34.198380
J_chilensis - 71.167157 - 34.199003
J_chilensis - 71.162914 - 34.199799
J_chilensis - 71.161411 - 34.199408
J_chilensis - 71.156546 - 34.200016
J_chilensis - 71.153116 - 34.201029
J_chilensis - 71.158295 - 34.201915
J_chilensis - 71.157126 - 34.203985
J_chilensis - 71.155960 - 34.207278
J_chilensis - 71.151492 - 34.201207
J_chilensis - 71.149699 - 34.200607
J_chilensis - 71.148105 - 34.200672
J_chilensis - 71.146766 - 34.200752
J_chilensis - 71.145485 - 34.200920
J_chilensis - 71.143519 - 34.200910
J_chilensis - 71.141770 - 34.202005
J_chilensis - 71.139770 - 34.202043
J_chilensis - 71.138317 - 34.202384
J_chilensis - 71.137236 - 34.202326
J_chilensis - 71.134049 - 34.206234
J_chilensis - 71.134866 - 34.205179
J_chilensis - 71.136319 - 34.203335
J_chilensis - 71.133758 - 34.202403
J_chilensis - 71.143170 - 34.202304
J_chilensis - 71.150103 - 34.202714
J_chilensis - 71.154460 - 34.201240
J_chilensis - 71.159030 - 34.200930
J_chilensis - 71.511914 - 33.076109
J_chilensis - 71.512527 - 33.075430
J_chilensis - 71.512110 - 33.072774

J_chilensis - 71.511913 - 33.071717
J_chilensis - 71.512000 - 33.070268
J_chilensis - 71.512935 - 33.069186
J_chilensis - 71.513880 - 33.068612
J_chilensis - 71.512658 - 33.067327
J_chilensis - 71.511610 - 33.068209
J_chilensis - 71.510073 - 33.069279
J_chilensis - 71.506795 - 33.070317
J_chilensis - 71.514930 - 33.068391
J_chilensis - 71.515724 - 33.068677
J_chilensis - 71.516701 - 33.068122
J_chilensis - 71.516699 - 33.068270
J_chilensis - 71.517889 - 33.067934
J_chilensis - 71.510132 - 33.071051
J_chilensis - 71.509702 - 33.071993
J_chilensis - 71.509387 - 33.073526
J_chilensis - 71.509469 - 33.072666
J_chilensis - 71.514418 - 33.076366
J_chilensis - 71.514762 - 33.075584
J_chilensis - 71.515544 - 33.074945
J_chilensis - 71.516377 - 33.074320
J_chilensis - 71.516737 - 33.073589
J_chilensis - 71.522433 - 33.074359
J_chilensis - 71.524105 - 33.077654
J_chilensis - 71.523991 - 33.076700
J_chilensis - 71.523246 - 33.076044
J_chilensis - 71.522551 - 33.075469
J_chilensis - 71.522052 - 33.072255
J_chilensis - 71.504105 - 33.071153
J_chilensis - 71.506794 - 33.070373
J_chilensis - 71.509435 - 33.069384
J_chilensis - 71.510799 - 33.069570
J_chilensis - 71.510146 - 33.071095
J_chilensis - 71.509788 - 33.071923
J_chilensis - 71.509470 - 33.072650
J_chilensis - 71.509469 - 33.073607
J_chilensis - 71.511166 - 33.068623
J_chilensis - 71.523984 - 33.076725
J_chilensis - 71.523257 - 33.076098

J_chilensis - 71.522399 - 33.075379
J_chilensis - 71.512333 - 33.076429
J_chilensis - 71.514077 - 33.068123
J_chilensis - 71.515077 - 33.068269
J_chilensis - 71.516477 - 33.068699
J_chilensis - 71.517934 - 33.067969
J_chilensis - 71.513198 - 33.069013
J_chilensis - 71.512033 - 33.070263
J_chilensis - 71.512001 - 33.071361
J_chilensis - 71.512231 - 33.072803
J_chilensis - 71.509403 - 33.068402
J_chilensis - 71.514100 - 33.075884
J_chilensis - 71.515051 - 33.075813
J_chilensis - 71.515402 - 33.074750
J_chilensis - 71.531054 - 33.079757
J_chilensis - 71.526076 - 33.079560
J_chilensis - 71.524229 - 33.077569
J_chilensis - 71.521410 - 33.072945
J_chilensis - 71.900181 - 34.651997
J_chilensis - 70.998377 - 34.032953
J_chilensis - 71.155951 - 33.846126
J_chilensis - 71.010879 - 34.032860
J_chilensis - 70.979222 - 34.139690
J_chilensis - 71.797447 - 35.396126
J_chilensis - 71.259567 - 33.010071
J_chilensis - 70.650500 - 33.437999
J_chilensis - 71.250000 - 29.900000
J_chilensis - 71.583300 - 31.250000
J_chilensis - 71.150000 - 31.733300
J_chilensis - 71.216700 - 32.016700
J_chilensis - 71.133300 - 32.083300
J_chilensis - 71.150000 - 32.150000
J_chilensis - 71.500000 - 33.050000
J_chilensis - 71.516700 - 33.066700
J_chilensis - 71.533300 - 33.083300
J_chilensis - 71.233300 - 33.966700
J_chilensis - 71.783300 - 34.416700
J_chilensis - 71.483300 - 34.850000
J_chilensis - 71.783300 - 35.366700

J_chilensis - 71.084235 - 32.942757
J_chilensis - 71.089718 - 32.951307
J_chilensis - 71.089729 - 32.951317
J_chilensis - 71.089024 - 32.962251
J_chilensis - 71.089942 - 32.954742
J_chilensis - 71.089967 - 32.954724
J_chilensis - 71.090150 - 32.954624
J_chilensis - 71.089953 - 32.954770
J_chilensis - 71.090064 - 32.954661
J_chilensis - 71.090086 - 32.954663
J_chilensis - 71.083364 - 32.944283
J_chilensis - 71.083244 - 32.944333
J_chilensis - 71.083358 - 32.944336
J_chilensis - 71.082990 - 32.944601
J_chilensis - 71.083381 - 32.944351
J_chilensis - 71.083214 - 32.944284
J_chilensis - 71.090654 - 32.953590
J_chilensis - 71.090627 - 32.953609
J_chilensis - 71.084313 - 32.942780
J_chilensis - 71.084301 - 32.942786
J_chilensis - 71.084329 - 32.942803
J_chilensis - 71.084365 - 32.942791
J_chilensis - 71.084310 - 32.942797
J_chilensis - 71.084324 - 32.942811
J_chilensis - 71.084359 - 32.942791
J_chilensis - 71.084232 - 32.942832
J_chilensis - 71.084245 - 32.942814
J_chilensis - 71.084190 - 32.942919
J_chilensis - 71.084231 - 32.942949
J_chilensis - 71.084262 - 32.942867
J_chilensis - 71.090020 - 32.954598
J_chilensis - 71.083067 - 32.944577
J_chilensis - 71.089835 - 32.966596
J_chilensis - 71.089911 - 32.966559
J_chilensis - 71.086504 - 32.946521
J_chilensis - 71.088978 - 32.962281
J_chilensis - 71.088765 - 32.962338
J_chilensis - 71.088805 - 32.962252
J_chilensis - 71.087835 - 32.959048

J_chilensis - 71.089993 - 32.954624
J_chilensis - 71.090119 - 32.954702
J_chilensis - 71.083326 - 32.944454
J_chilensis - 71.083278 - 32.944394
J_chilensis - 71.089671 - 32.951295
J_chilensis - 71.089430 - 32.951517
J_chilensis - 71.089571 - 32.951343
J_chilensis - 71.089612 - 32.951360
J_chilensis - 71.089707 - 32.951337
J_chilensis - 71.087785 - 32.959197
J_chilensis - 71.090111 - 32.954647
J_chilensis - 71.090565 - 32.953496
J_chilensis - 71.090558 - 32.953503
J_chilensis - 71.090607 - 32.953494
J_chilensis - 71.089416 - 32.951514
J_chilensis - 71.082754 - 32.942308
J_chilensis - 71.089660 - 32.951270
J_chilensis - 71.089076 - 32.962229
J_chilensis - 71.089014 - 32.962263
J_chilensis - 71.089166 - 32.962341
J_chilensis - 71.088748 - 32.962303
J_chilensis - 71.082684 - 32.942302
J_chilensis - 71.087754 - 32.959327
J_chilensis - 71.087597 - 32.959381
J_chilensis - 71.090017 - 32.954664
J_chilensis - 71.089980 - 32.954670
J_chilensis - 71.090071 - 32.954547
J_chilensis - 71.089937 - 32.954745
J_chilensis - 71.089929 - 32.954799
J_chilensis - 71.089881 - 32.954831
J_chilensis - 71.089810 - 32.954897
J_chilensis - 71.089830 - 32.954899
J_chilensis - 71.083333 - 32.944327
J_chilensis - 71.083308 - 32.944274
J_chilensis - 71.083334 - 32.944350
J_chilensis - 71.083329 - 32.944364
J_chilensis - 71.083311 - 32.944436
J_chilensis - 71.083253 - 32.944421
J_chilensis - 71.083150 - 32.944483

J_chilensis - 71.083230 - 32.944529
J_chilensis - 71.083028 - 32.944593
J_chilensis - 71.083120 - 32.944565
J_chilensis - 71.083059 - 32.944618
J_chilensis - 71.083378 - 32.944322
J_chilensis - 71.090375 - 32.953472
J_chilensis - 71.090684 - 32.953658
J_chilensis - 71.090717 - 32.953484
J_chilensis - 71.084292 - 32.942780
J_chilensis - 71.084229 - 32.942884
J_chilensis - 71.084209 - 32.942843
J_chilensis - 71.084278 - 32.942862
J_chilensis - 71.084401 - 32.942868
J_chilensis - 71.084385 - 32.942830
J_chilensis - 71.084453 - 32.942718
J_chilensis - 71.084546 - 32.942688
J_chilensis - 71.084340 - 32.942779
J_chilensis - 71.090617 - 32.953613
J_chilensis - 71.087875 - 32.959160
J_chilensis - 71.038682 - 32.933996
J_chilensis - 71.038658 - 32.934081
J_chilensis - 71.038605 - 32.934076
J_chilensis - 71.041928 - 32.932208
J_chilensis - 71.041947 - 32.932224
J_chilensis - 71.041899 - 32.932250
J_chilensis - 71.042037 - 32.932227
J_chilensis - 71.041844 - 32.932142
J_chilensis - 71.041681 - 32.932120
J_chilensis - 71.038778 - 32.933827
J_chilensis - 71.073736 - 32.908360
J_chilensis - 71.073705 - 32.908333
J_chilensis - 71.073977 - 32.908208
J_chilensis - 71.073941 - 32.908186
J_chilensis - 71.074046 - 32.908093
J_chilensis - 71.077555 - 32.906864
J_chilensis - 71.077475 - 32.906908
J_chilensis - 71.077450 - 32.906960
J_chilensis - 71.077686 - 32.906982
J_chilensis - 71.077594 - 32.906852

J_chilensis - 71.075303 - 32.907752
J_chilensis - 71.075261 - 32.907830
J_chilensis - 71.075324 - 32.907894
J_chilensis - 71.075361 - 32.907863
J_chilensis - 71.075442 - 32.907855
J_chilensis - 71.075486 - 32.907887
J_chilensis - 71.075537 - 32.907894
J_chilensis - 71.075635 - 32.907851
J_chilensis - 71.075617 - 32.907826
J_chilensis - 71.075640 - 32.907852
J_chilensis - 71.075604 - 32.907921
J_chilensis - 71.075642 - 32.907846
J_chilensis - 71.075654 - 32.907818
J_chilensis - 71.075744 - 32.907790
J_chilensis - 71.075744 - 32.907812
J_chilensis - 71.075782 - 32.907796
J_chilensis - 71.075816 - 32.907791
J_chilensis - 71.075842 - 32.907771
J_chilensis - 71.075844 - 32.907808
J_chilensis - 71.075776 - 32.907819
J_chilensis - 71.075746 - 32.907885
J_chilensis - 71.075689 - 32.907844
J_chilensis - 71.075286 - 32.907813
J_chilensis - 71.075435 - 32.907971
J_chilensis - 71.077203 - 32.907083
J_chilensis - 71.077213 - 32.907066
J_chilensis - 71.077219 - 32.907103
J_chilensis - 71.077290 - 32.907096
J_chilensis - 71.077247 - 32.907006
J_chilensis - 71.077215 - 32.907014
J_chilensis - 71.077291 - 32.906917
J_chilensis - 71.143510 - 34.205670
J_chilensis - 71.148680 - 34.200400
J_chilensis - 71.148700 - 34.200380
J_chilensis - 71.158990 - 34.201980
J_chilensis - 71.158960 - 34.202030
J_chilensis - 71.156060 - 34.207410
J_chilensis - 71.159280 - 34.210820
J_chilensis - 71.159310 - 34.210840

J_chilensis - 71.159120 - 34.211020
J_chilensis - 71.146860 - 34.203620
J_chilensis - 71.146380 - 34.204800
J_chilensis - 71.158810 - 34.202210
J_chilensis - 71.158860 - 34.202160
J_chilensis - 71.158780 - 34.202210
J_chilensis - 71.146450 - 34.201810
J_chilensis - 71.146420 - 34.201640
J_chilensis - 71.146240 - 34.200520
J_chilensis - 71.146270 - 34.200510
J_chilensis - 71.156050 - 34.207390
J_chilensis - 71.156070 - 34.207360
J_chilensis - 71.156110 - 34.207290
J_chilensis - 71.159140 - 34.211030
J_chilensis - 71.159050 - 34.201990
J_chilensis - 71.158690 - 34.202240
J_chilensis - 71.143330 - 34.200940
J_chilensis - 71.142420 - 34.205750
J_chilensis - 71.142340 - 34.205790
J_chilensis - 71.146410 - 34.201840
J_chilensis - 71.146420 - 34.201540
J_chilensis - 71.146740 - 34.203640
J_chilensis - 71.140240 - 34.201780
J_chilensis - 71.140210 - 34.201680
J_chilensis - 71.143630 - 34.205650
J_chilensis - 71.143850 - 34.205540
J_chilensis - 71.143600 - 34.205830
J_chilensis - 71.146980 - 34.203470
J_chilensis - 71.143890 - 34.205550
J_chilensis - 71.146270 - 34.204890
J_chilensis - 71.146220 - 34.205080
J_chilensis - 71.146340 - 34.201730
J_chilensis - 71.146380 - 34.201740
J_chilensis - 71.137100 - 34.202970
J_chilensis - 71.137420 - 34.202570
J_chilensis - 71.137300 - 34.202520
J_chilensis - 71.137380 - 34.202550
J_chilensis - 71.137240 - 34.202760
J_chilensis - 71.137200 - 34.202730

J_chilensis - 71.137270 - 34.202810
J_chilensis - 71.137300 - 34.202800
J_chilensis - 71.137400 - 34.202570
J_chilensis - 71.137320 - 34.202620
J_chilensis - 71.139970 - 34.201850
J_chilensis - 71.146530 - 34.200480
J_chilensis - 71.146540 - 34.200480
J_chilensis - 71.145730 - 34.207880
J_chilensis - 71.146350 - 34.204730
J_chilensis - 71.155850 - 34.207440
J_chilensis - 71.148480 - 34.200420
J_chilensis - 71.148710 - 34.200420
J_chilensis - 71.148700 - 34.200450
J_chilensis - 71.158960 - 34.202000
J_chilensis - 71.158650 - 34.202210
J_chilensis - 71.158750 - 34.202190
J_chilensis - 71.146170 - 34.204880
J_chilensis - 71.142420 - 34.205800
J_chilensis - 71.155960 - 34.207350
J_chilensis - 71.143820 - 34.200740
J_chilensis - 71.156160 - 34.207290
J_chilensis - 71.146670 - 34.203790
J_chilensis - 71.146850 - 34.203630
J_chilensis - 71.146930 - 34.203580
J_chilensis - 71.146730 - 34.203640
J_chilensis - 71.159080 - 34.201930
J_chilensis - 71.158780 - 34.202190
J_chilensis - 71.158750 - 34.202210
J_chilensis - 71.158960 - 34.202010
J_chilensis - 71.146450 - 34.201560
J_chilensis - 71.137070 - 34.202990
J_chilensis - 71.137060 - 34.202880
J_chilensis - 71.137290 - 34.202930
J_chilensis - 71.137280 - 34.202900
J_chilensis - 71.137240 - 34.202870
J_chilensis - 71.137380 - 34.202810
J_chilensis - 71.155930 - 34.207290
J_chilensis - 71.155980 - 34.207350
J_chilensis - 71.146330 - 34.201810

J_chilensis - 71.137210 - 34.202740
J_chilensis - 71.148540 - 34.200350
J_chilensis - 71.148580 - 34.200400
J_chilensis - 71.148620 - 34.200430
J_chilensis - 71.148620 - 34.200440
J_chilensis - 71.148600 - 34.200410
J_chilensis - 71.143570 - 34.200780
J_chilensis - 71.143860 - 34.200850
J_chilensis - 71.146470 - 34.201880
J_chilensis - 71.140170 - 34.201820
J_chilensis - 71.143760 - 34.205530
J_chilensis - 71.142410 - 34.205670
J_chilensis - 71.142360 - 34.205790
J_chilensis - 71.156140 - 34.207300
J_chilensis - 71.146080 - 34.207740
J_chilensis - 71.158850 - 34.202170
J_chilensis - 71.146370 - 34.201830
J_chilensis - 71.146470 - 34.201710
J_chilensis - 71.145460 - 34.206550
J_chilensis - 71.146760 - 34.203720
J_chilensis - 71.146920 - 34.203580
J_chilensis - 71.143650 - 34.205620
J_chilensis - 71.143720 - 34.205580
J_chilensis - 71.139990 - 34.201740
J_chilensis - 71.146300 - 34.204790
J_chilensis - 71.146920 - 34.203520
J_chilensis - 71.140250 - 34.201750
J_chilensis - 71.159170 - 34.201970
J_chilensis - 71.143560 - 34.200900
J_chilensis - 71.143590 - 34.200800
J_chilensis - 71.146410 - 34.201590
J_chilensis - 71.146330 - 34.201790
J_chilensis - 71.137180 - 34.202880
J_chilensis - 71.137180 - 34.202890
J_chilensis - 71.137120 - 34.202930
J_chilensis - 71.137290 - 34.202540
J_chilensis - 71.146360 - 34.200590
J_chilensis - 71.146280 - 34.200570
J_chilensis - 71.145940 - 34.207790

J_chilensis - 71.156040 - 34.207410
J_chilensis - 71.159330 - 34.210820
J_chilensis - 71.148937 - 32.157888
J_chilensis - 71.167053 - 32.175179
J_chilensis - 71.140511 - 32.155636
J_chilensis - 71.148768 - 32.157888
J_chilensis - 71.146388 - 32.162495
J_chilensis - 71.145945 - 32.162521
J_chilensis - 71.146404 - 32.162528
J_chilensis - 71.137719 - 32.189319
J_chilensis - 71.167989 - 32.176768
J_chilensis - 71.163747 - 32.167969
J_chilensis - 71.142352 - 32.164596
J_chilensis - 71.143491 - 32.186744
J_chilensis - 71.143255 - 32.186594
J_chilensis - 71.143112 - 32.186491
J_chilensis - 71.143047 - 32.186372
J_chilensis - 71.158018 - 32.173955
J_chilensis - 71.157804 - 32.173591
J_chilensis - 71.165921 - 32.177765
J_chilensis - 71.165704 - 32.178069
J_chilensis - 71.163318 - 32.173183
J_chilensis - 71.157932 - 32.175586
J_chilensis - 71.157842 - 32.175667
J_chilensis - 71.157955 - 32.175607
J_chilensis - 71.140686 - 32.164294
J_chilensis - 71.154899 - 32.169516
J_chilensis - 71.154906 - 32.169303
J_chilensis - 71.148678 - 32.157886
J_chilensis - 71.163327 - 32.173285
J_chilensis - 71.163366 - 32.173238
J_chilensis - 71.146043 - 32.162546
J_chilensis - 71.164019 - 32.167976
J_chilensis - 71.168094 - 32.176928
J_chilensis - 71.168003 - 32.176955
J_chilensis - 71.166750 - 32.175312
J_chilensis - 71.165939 - 32.178005
J_chilensis - 71.148634 - 32.157659
J_chilensis - 71.140852 - 32.164171

J_chilensis - 71.148641 - 32.157721
J_chilensis - 71.148977 - 32.157997
J_chilensis - 71.148671 - 32.157863
J_chilensis - 71.148984 - 32.157956
J_chilensis - 71.163188 - 32.173170
J_chilensis - 71.140620 - 32.164087
J_chilensis - 71.146185 - 32.162516
J_chilensis - 71.146311 - 32.162593
J_chilensis - 71.146417 - 32.162556
J_chilensis - 71.163970 - 32.167914
J_chilensis - 71.163940 - 32.167883
J_chilensis - 71.163767 - 32.167888
J_chilensis - 71.167030 - 32.175178
J_chilensis - 71.165915 - 32.177792
J_chilensis - 71.165757 - 32.177895
J_chilensis - 71.163425 - 32.173226
J_chilensis - 71.163181 - 32.173087
J_chilensis - 71.143902 - 32.163265
J_chilensis - 71.143910 - 32.163378
J_chilensis - 71.143770 - 32.163570
J_chilensis - 71.143883 - 32.163303
O_degus - 71.087770 - 32.928870
O_degus - 70.480000 - 33.400000
O_degus - 71.637380 - 30.674830
O_degus - 71.651980 - 30.564580
O_degus - 71.200000 - 28.500000
O_degus - 70.907780 - 28.564830
O_degus - 70.341180 - 28.566670
O_degus - 70.766670 - 28.583330
O_degus - 70.683110 - 29.501380
O_degus - 71.116670 - 29.883330
O_degus - 71.266670 - 29.900000
O_degus - 71.250000 - 30.035320
O_degus - 71.266670 - 30.200000
O_degus - 71.616670 - 30.533330
O_degus - 71.650000 - 30.630000
O_degus - 71.670000 - 30.633330
O_degus - 71.666670 - 30.633330
O_degus - 71.686250 - 30.652240

O_degus - 71.686210 - 30.652310
O_degus - 71.666670 - 30.666670
O_degus - 71.666660 - 30.666670
O_degus - 71.652640 - 30.669080
O_degus - 71.616670 - 30.683330
O_degus - 70.445570 - 30.748220
O_degus - 71.261970 - 30.896740
O_degus - 71.100000 - 31.500000
O_degus - 71.109200 - 31.545860
O_degus - 70.954550 - 31.693470
O_degus - 71.074510 - 31.700660
O_degus - 71.076720 - 31.707320
O_degus - 70.963620 - 31.721110
O_degus - 70.970000 - 31.780000
O_degus - 70.580000 - 31.820000
O_degus - 71.450000 - 32.166670
O_degus - 71.300000 - 32.366670
O_degus - 71.446890 - 32.507330
O_degus - 71.450920 - 32.508440
O_degus - 71.450000 - 32.516670
O_degus - 71.200000 - 32.783330
O_degus - 71.198700 - 32.787220
O_degus - 71.171370 - 32.798230
O_degus - 71.131720 - 32.798550
O_degus - 70.700000 - 32.800000
O_degus - 70.983690 - 32.868430
O_degus - 71.266670 - 32.883330
O_degus - 71.266670 - 32.883340
O_degus - 71.100000 - 32.900000
O_degus - 71.076810 - 32.948130
O_degus - 71.133330 - 32.950000
O_degus - 71.155760 - 32.980660
O_degus - 71.130800 - 32.981670
O_degus - 71.166540 - 32.984180
O_degus - 71.153540 - 32.986050
O_degus - 71.188630 - 32.997580
O_degus - 71.200000 - 33.000000
O_degus - 71.266670 - 33.016670
O_degus - 70.981070 - 33.018410

O_degus - 71.607630 - 33.049200
O_degus - 71.450000 - 33.050000
O_degus - 71.442280 - 33.051260
O_degus - 70.747900 - 33.078640
O_degus - 70.933330 - 33.083330
O_degus - 70.616670 - 33.103840
O_degus - 70.423210 - 33.117060
O_degus - 71.516670 - 33.130000
O_degus - 71.406110 - 33.142660
O_degus - 71.455930 - 33.161010
O_degus - 70.900000 - 33.250000
O_degus - 70.850000 - 33.266670
O_degus - 71.640000 - 33.270000
O_degus - 70.883330 - 33.283330
O_degus - 70.876480 - 33.283710
O_degus - 71.550000 - 33.289620
O_degus - 70.898340 - 33.291060
O_degus - 70.558330 - 33.333330
O_degus - 70.600000 - 33.350000
O_degus - 70.516670 - 33.383330
O_degus - 70.565860 - 33.411690
O_degus - 70.492470 - 33.414940
O_degus - 70.650000 - 33.416670
O_degus - 70.630880 - 33.420220
O_degus - 70.630170 - 33.422020
O_degus - 70.666660 - 33.450000
O_degus - 70.551270 - 33.450000
O_degus - 70.551000 - 33.450000
O_degus - 70.667000 - 33.450000
O_degus - 70.480000 - 33.460000
O_degus - 70.488480 - 33.468970
O_degus - 70.933330 - 33.483330
O_degus - 70.919190 - 33.487330
O_degus - 70.885270 - 33.488160
O_degus - 70.535010 - 33.489160
O_degus - 70.920000 - 33.490000
O_degus - 70.898740 - 33.491250
O_degus - 70.607840 - 33.495850
O_degus - 70.966670 - 33.500000

O_degus - 70.531800 - 33.563600
O_degus - 70.722940 - 33.587110
O_degus - 70.724290 - 33.590920
O_degus - 71.650000 - 33.616670
O_degus - 71.650000 - 33.616940
O_degus - 70.250000 - 33.750000
O_degus - 70.240000 - 33.780000
O_degus - 70.247500 - 33.786100
O_degus - 71.550000 - 31.633333
O_degus - 71.183333 - 34.400000
O_degus - 70.700000 - 32.983333
O_degus - 70.616667 - 33.266667
O_degus - 71.400000 - 35.316667
O_degus - 70.883333 - 33.283333
O_degus - 70.900000 - 33.483333
O_degus - 70.516667 - 33.383333
O_degus - 70.250000 - 30.750000
O_degus - 71.666600 - 30.633300
O_degus - 71.100000 - 31.500500
O_degus - 71.450000 - 33.166600
O_degus 70.950000 - 34.066600
O_degus - 70.833333 - 33.516667
O_degus - 70.200000 - 32.900000
O_degus - 70.983333 - 33.016667
O_degus - 70.933333 - 33.483333
O_degus - 70.883333 - 33.466667
O_degus 71.666667 - 30.633333
O_degus 70.883333 - 33.283333
O_degus - 71.016667 - 30.500000
O_degus - 71.016667 - 28.500000
O_degus - 71.083333 - 31.516667
O_degus - 70.783333 - 32.766667
O_degus - 71.083333 - 32.933333
O_degus - 71.637383 - 30.674830
O_degus - 71.651975 - 30.564575
O_degus - 72.000000 - 52.416700
O_degus - 71.200000 - 28.500000
O_degus - 70.907780 - 28.564830
O_degus - 70.341180 - 28.566670

O_degus - 70.766670 - 28.583330
O_degus - 70.683110 - 29.501380
O_degus - 71.116670 - 29.883330
O_degus - 71.266670 - 29.900000
O_degus - 71.250000 - 30.035320
O_degus - 71.266670 - 30.200000
O_degus - 71.616670 - 30.533330
O_degus - 71.650000 - 30.630000
O_degus - 71.670000 - 30.633330
O_degus - 71.666670 - 30.633330
O_degus - 71.686250 - 30.652240
O_degus - 71.686210 - 30.652310
O_degus - 71.666670 - 30.666670
O_degus - 71.666660 - 30.666670
O_degus - 71.652640 - 30.669080
O_degus - 71.616670 - 30.683330
O_degus - 70.445570 - 30.748220
O_degus - 71.261970 - 30.896740
O_degus - 71.100000 - 31.500000
O_degus - 71.109200 - 31.545860
O_degus - 70.954550 - 31.693470
O_degus - 71.074510 - 31.700660
O_degus - 71.076720 - 31.707320
O_degus - 70.963620 - 31.721110
O_degus - 70.970000 - 31.780000
O_degus - 70.580000 - 31.820000
O_degus - 71.450000 - 32.166670
O_degus - 71.300000 - 32.366670
O_degus - 71.446890 - 32.507330
O_degus - 71.450920 - 32.508440
O_degus - 71.450000 - 32.516670
O_degus - 71.200000 - 32.783330
O_degus - 71.198700 - 32.787220
O_degus - 71.171370 - 32.798230
O_degus - 71.131720 - 32.798550
O_degus - 70.700000 - 32.800000
O_degus - 70.983690 - 32.868430
O_degus - 71.266670 - 32.883330
O_degus - 71.266670 - 32.883340

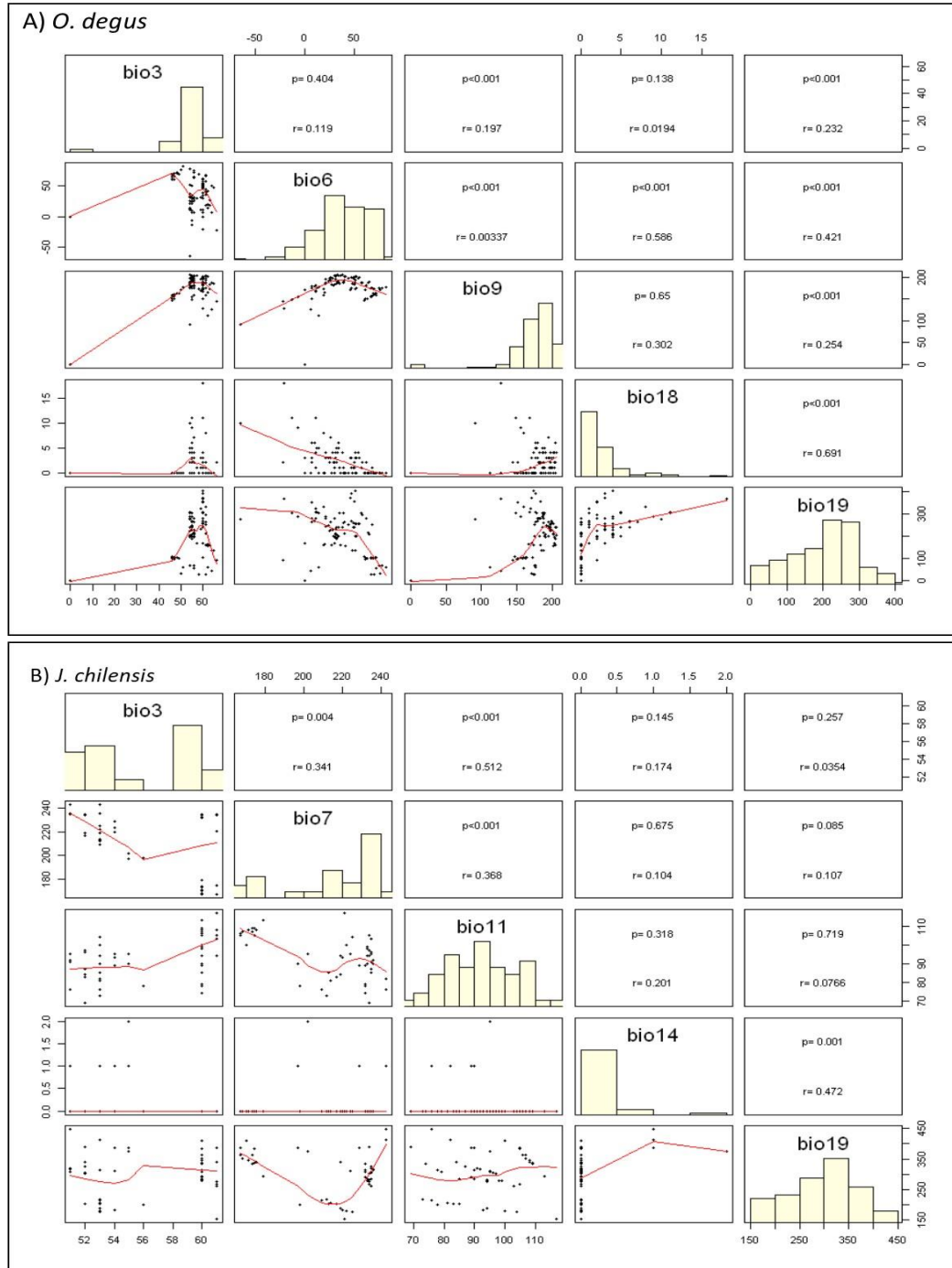
O_degus - 71.100000 - 32.900000
O_degus - 71.087770 - 32.928870
O_degus - 71.087810 - 32.928910
O_degus - 71.085590 - 32.929080
O_degus - 71.085650 - 32.929130
O_degus - 71.086920 - 32.929590
O_degus - 71.084200 - 32.929960
O_degus - 71.084260 - 32.930010
O_degus - 71.087600 - 32.930600
O_degus - 71.088280 - 32.931230
O_degus - 71.080900 - 32.931690
O_degus - 71.085120 - 32.931920
O_degus - 71.081990 - 32.932200
O_degus - 71.085600 - 32.932270
O_degus - 71.087560 - 32.932330
O_degus - 71.082090 - 32.932500
O_degus - 71.079550 - 32.932630
O_degus - 71.085020 - 32.933030
O_degus - 71.085170 - 32.933210
O_degus - 71.087910 - 32.933540
O_degus - 71.086770 - 32.934090
O_degus - 71.086840 - 32.934160
O_degus - 71.087390 - 32.936540
O_degus - 71.086070 - 32.939050
O_degus - 71.086120 - 32.939070
O_degus - 71.076810 - 32.948130
O_degus - 71.133330 - 32.950000
O_degus - 71.155760 - 32.980660
O_degus - 71.130800 - 32.981670
O_degus - 71.166540 - 32.984180
O_degus - 71.153540 - 32.986050
O_degus - 71.188630 - 32.997580
O_degus - 71.200000 - 33.000000
O_degus - 71.266670 - 33.016670
O_degus - 70.981070 - 33.018410
O_degus - 71.607630 - 33.049200
O_degus - 71.450000 - 33.050000
O_degus - 71.442280 - 33.051260
O_degus - 70.747900 - 33.078640

O_degus - 70.933330 - 33.083330
O_degus - 70.616670 - 33.103840
O_degus - 70.423210 - 33.117060
O_degus - 71.516670 - 33.130000
O_degus - 71.406110 - 33.142660
O_degus - 71.455930 - 33.161010
O_degus - 70.900000 - 33.250000
O_degus - 70.850000 - 33.266670
O_degus - 71.640000 - 33.270000
O_degus - 70.883330 - 33.283330
O_degus - 70.876480 - 33.283710
O_degus - 71.550000 - 33.289620
O_degus - 70.898340 - 33.291060
O_degus - 70.558330 - 33.333330
O_degus - 70.600000 - 33.350000
O_degus - 70.516670 - 33.383330
O_degus - 70.480000 - 33.400000
O_degus - 70.483330 - 33.403620
O_degus - 70.483550 - 33.403620
O_degus - 70.483690 - 33.406030
O_degus - 70.483700 - 33.406030
O_degus - 70.488820 - 33.408970
O_degus - 70.565860 - 33.411690
O_degus - 70.492470 - 33.414940
O_degus - 70.650000 - 33.416670
O_degus - 70.630880 - 33.420220
O_degus - 70.630170 - 33.422020
O_degus - 70.666660 - 33.450000
O_degus - 70.551270 - 33.450000
O_degus - 70.551000 - 33.450000
O_degus - 70.667000 - 33.450000
O_degus - 70.480000 - 33.460000
O_degus - 70.488480 - 33.468970
O_degus - 70.933330 - 33.483330
O_degus - 70.919190 - 33.487330
O_degus - 70.885270 - 33.488160
O_degus - 70.535010 - 33.489160
O_degus - 70.920000 - 33.490000
O_degus - 70.898740 - 33.491250

O_degus - 70.607840 - 33.495850
O_degus - 70.966670 - 33.500000
O_degus - 70.531800 - 33.563600
O_degus - 70.722940 - 33.587110
O_degus - 70.724290 - 33.590920
O_degus - 71.650000 - 33.616670
O_degus - 71.650000 - 33.616940
O_degus - 71.201830 - 33.723080
O_degus - 70.250000 - 33.750000
O_degus - 71.214000 - 33.777900
O_degus - 70.240000 - 33.780000
O_degus - 71.210980 - 33.780430
O_degus - 70.247500 - 33.786100
O_degus - 70.516530 - 34.456360
O_degus - 71.997600 - 35.411540
O_degus - 71.484950 - 35.758830
O_degus - 71.143538 - 32.186617
O_degus - 71.157877 - 32.175700
O_degus - 71.163259 - 32.173202
O_degus - 71.148806 - 32.157896
O_degus - 71.845457 - 34.903090
O_degus - 71.143595 - 34.200785
O_degus - 71.146356 - 34.200525
O_degus - 71.148648 - 34.200313
O_degus - 71.143821 - 34.205522
O_degus - 71.156017 - 34.207344
O_degus - 71.137203 - 34.202915
O_degus - 71.146356 - 34.204703
O_degus - 71.146468 - 34.201884
O_degus - 71.140031 - 34.201868
O_degus - 71.089359 - 32.951460
O_degus - 71.089644 - 32.951336
O_degus - 71.089473 - 32.951429
O_degus - 71.090060 - 32.954643
O_degus - 71.083329 - 32.944335
O_degus - 71.090482 - 32.953387
O_degus - 71.090753 - 32.953541
O_degus - 71.089880 - 32.954798
O_degus - 71.086541 - 32.946488

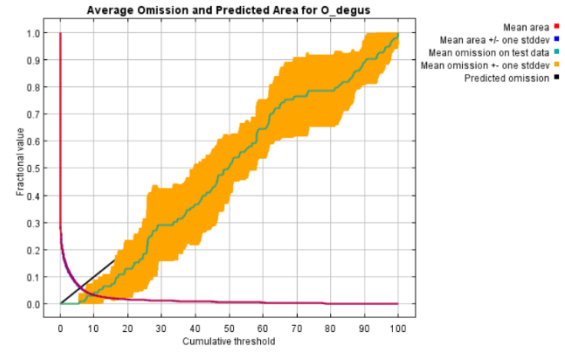
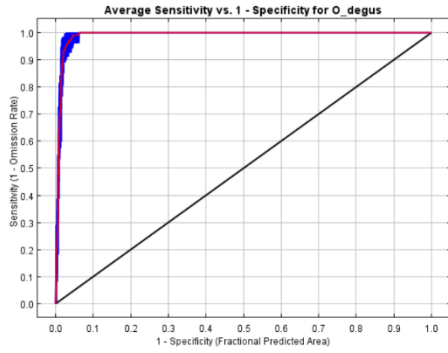
O_degus - 71.086481 - 32.946408
O_degus - 71.086478 - 32.946321
O_degus - 71.089417 - 32.951450
O_degus - 71.089603 - 32.951352
O_degus - 71.089711 - 32.951299
O_degus - 71.087817 - 32.959208
O_degus - 71.041984 - 32.932198
O_degus - 71.042046 - 32.932269
O_degus - 71.041908 - 32.932262
O_degus - 71.041894 - 32.932182
O_degus - 71.041905 - 32.932244
O_degus - 71.041913 - 32.932147
O_degus - 71.041785 - 32.932197
O_degus - 71.041789 - 32.932162
O_degus - 71.075706 - 32.907813
O_degus - 71.075850 - 32.907749
O_degus - 71.075812 - 32.907693
O_degus - 71.075554 - 32.907815
O_degus - 71.075616 - 32.907958
O_degus - 71.077309 - 32.906972
O_degus - 71.077463 - 32.907003
O_degus - 71.077230 - 32.907116
O_degus - 71.089112 - 32.962197
O_degus - 71.088765 - 32.962319
O_degus - 71.089731 - 32.966612
O_degus - 71.090041 - 32.966528
O_degus - 71.090073 - 32.966344
O_degus - 71.090111 - 32.966379

Anexo 2. Paneles de correlación para las variables bioclimáticas utilizadas en los MDE's para *Octodon degus* (Objeto A) y *Jubaea chilensis* (Objeto B). La esquina central contiene los histogramas de cada variable, la esquina superior derecha contiene el valor de significancia y el grado de correlación de Spearman, y la esquina inferior izquierda contiene las gráficas de punto de cada variable. 'r' corresponde al grado de correlación, 'p' al test de normalidad de shapiro-wilk. Se considero $r > 0.7$ y $p < 0.05$.

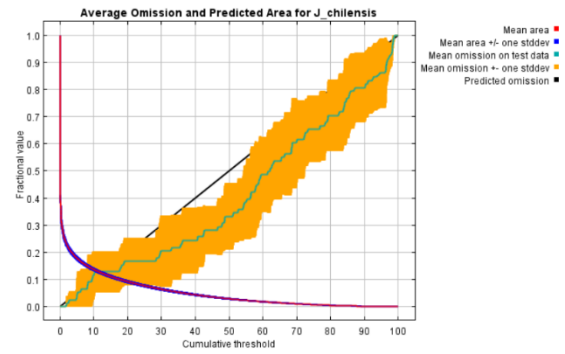
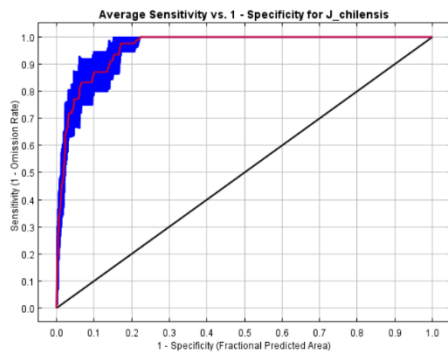


Anexo 3. Curva AUC (izquierda) y curva ROC (derecha) de los MDE's, para *Octodon degus* (Objetos A), y *Jubaea chilensis* (Objetos B).

A) *Octodon degus*



B) *Jubaea chilensis*



Anexo 4. Valores de quiebre para cada categoría de interacción biológica. El argumento estadístico empleado corresponde a los quiebres naturales (Natural Jenks), según lo aplicado por Alaniz *et al.* (2018). Esta clasificación agrupa en el percentil 10 el quiebre más pequeño. El mínimo posible es 0, y el máximo posible es 1

A) *Octodon degus*

	Categoría	Min	Max
0	Nulo	0	0.069
1	Bajo	0.069	0.285
2	Medio	0.285	0.611
3	Alto	0.611	0.98

B) *Jubaea chilensis*

	Categoría	Min	Max
0	Nulo	0	0.106
1	Bajo	0.106	0.329
2	Medio	0.329	0.627
3	Alto	0.627	0.999

Anexo 5. Variables de escala local utilizadas en los PCA's y GLM's.

Las variables se obtuvieron utilizando modelos de elevación digital (DEM) ALOS PALSAR (Alaska Satellite Facility 2014) e imágenes de Landsat 8 (L8) (Loyd 2013) todas a una resolución de 15 metros. Las imágenes L8 se resampearon con su banda pancromática y se pre-procesaron individualmente con el *plugin* de clasificación semiautomática de QGIS (Congedo 2016).

Entre todas las áreas de estudio se compilaron 60 productos mensuales L8 con 8 bandas espectrales cada uno, cada banda espectral es una imagen que captura ciertos elementos de la longitud de onda (detalles acerca del significado de cada banda en el sitio oficial de Landsat 8; Loyd 2013). Los productos mensuales fueron apilados por área de estudio, primero por estación y luego por año. Para apilar las bandas se utilizó el paquete *raster* en R (Hijmans *et al.* 2017).

TRI es el promedio de la raíz cuadrada de la variación de altitud entre 8 celdas adyacentes a un determinado píxel, por ende, captura la severidad de la variación de altitud dentro de una zona (Riley *et al.* 1999). TWI indica la capacidad del suelo para retener agua y corresponde al $\ln(a / \tan\beta)$, siendo a el área de drenaje o acumulación de flujo (flow accumulation) y b la pendiente (Beven and Kirkby 1979; Sørensen and Seibert 2007), usualmente se hace mayor en fondos de valle y quebrada y disminuye rápidamente hacia cabeceras de cuenca.

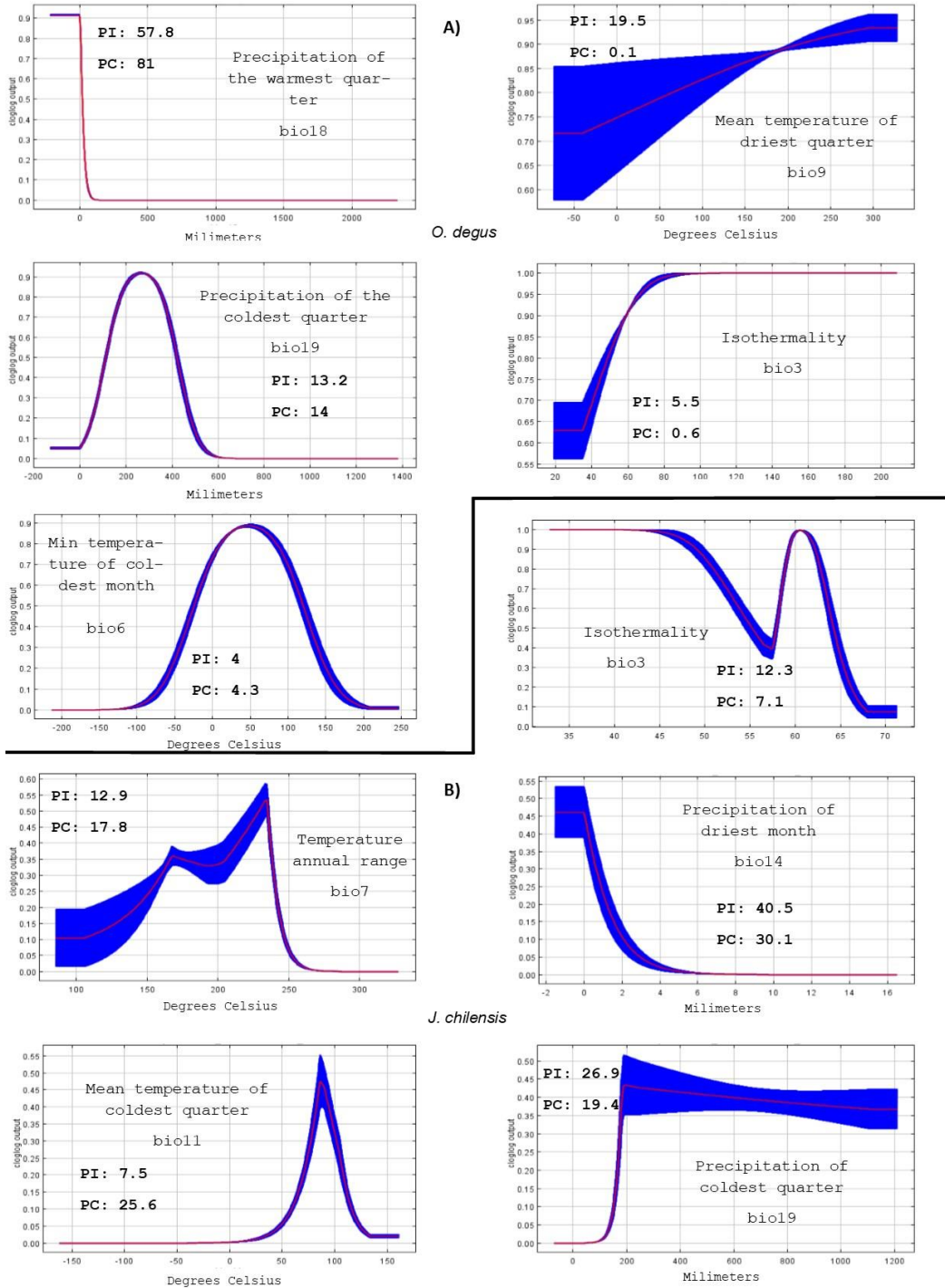
La exposición topográfica (Aspect) se separó en Eastness y Northness (Eastness = $\sin(\text{Exposición}) * 3.14 / 180$; Northness = $\cos(\text{Exposición}) * 3.14 / 180$. Ambos multiplicados por -1 para ajustarlos al hemisferio sur), son proxies de la intensidad de la exposición solar (Roberts 1986; Amatulli *et al.* 2018). Los altos valores en Eastness indicarían laderas de exposición totalmente este (semi-solana), y los bajos, laderas muy oestes (semi-umbría). En el caso de Northness, altos valores indican laderas totalmente norte (solana), y bajos valores laderas sur (umbría) (Roberts 1986; Amatulli *et al.* 2018).

NDSI mide la capacidad del suelo para retener sales minerales, en especial nitrógeno y hierro, suele ser mayor en zonas donde hay afloramientos rocosos con alto lavado por escorrentía y valles fluviales, se obtiene con las bandas infrarrojas de onda corta (SWIR 1 y SWIR 2) del satélite L8 ($\text{NDSI} = \text{SWIR1} - \text{SWIR2} / \text{SWIR1} + \text{SWIR2}$) (Richardson *et al.* 2002; Al-Khaier 2003; Loyd 2013). EVI corresponde a una versión mejorada del Índice de Vegetación Normalizada (NDVI) que no se satura en zonas con vegetación muy densa, pudiendo diferenciar mejor la vegetación arbórea del matorral (Ahmad 2013), este tipo de índices ha sido utilizado como proxy del efecto nodriza (Miranda *et al.* 2016). Fue

calculado con las bandas infrarroja cercana, roja y azul ($EVI = 2.5 ((NIR - Red / NIR + 6Red - 7.5Blue) + 1)$) del satélite L8 (Yang *et al.* 2008; Ahmad 2013).

La distancia euclídea al adulto y a madrigueras intentan capturar los factores bióticos del efecto nodriza de palmas adultas y la posible interacción biótica con él degú.

Anexo 6. Curvas de respuesta obtenidas de los MDE's de *Octodon degus* (Objeto A) y *Jubaea chilensis* (Objeto B). Se incluyeron los valores de la Importancia de permutación (PI) y el Porcentaje de Contribución (PC) de cada variable.



Anexo 7. Imágenes obtenidas de la campaña de terreno en Hualañé. Imagen A) Palma adulta con buena parte de su estípote quemado, se encuentra en el borde de un escarpe, y rodeada de plantaciones forestales. Imagen B) Infante de palma, fue encontrada en un fondo de quebrada cercana a una palma adulta. Imagen C) Plántula de palma, parte de su estructura se encuentra ennegrecida. Imagen D) Racimo y coquitos de palma parcialmente quemados, fueron encontrados en la base de una palma adulta similar a la de la imagen A.



A)



B)



C)



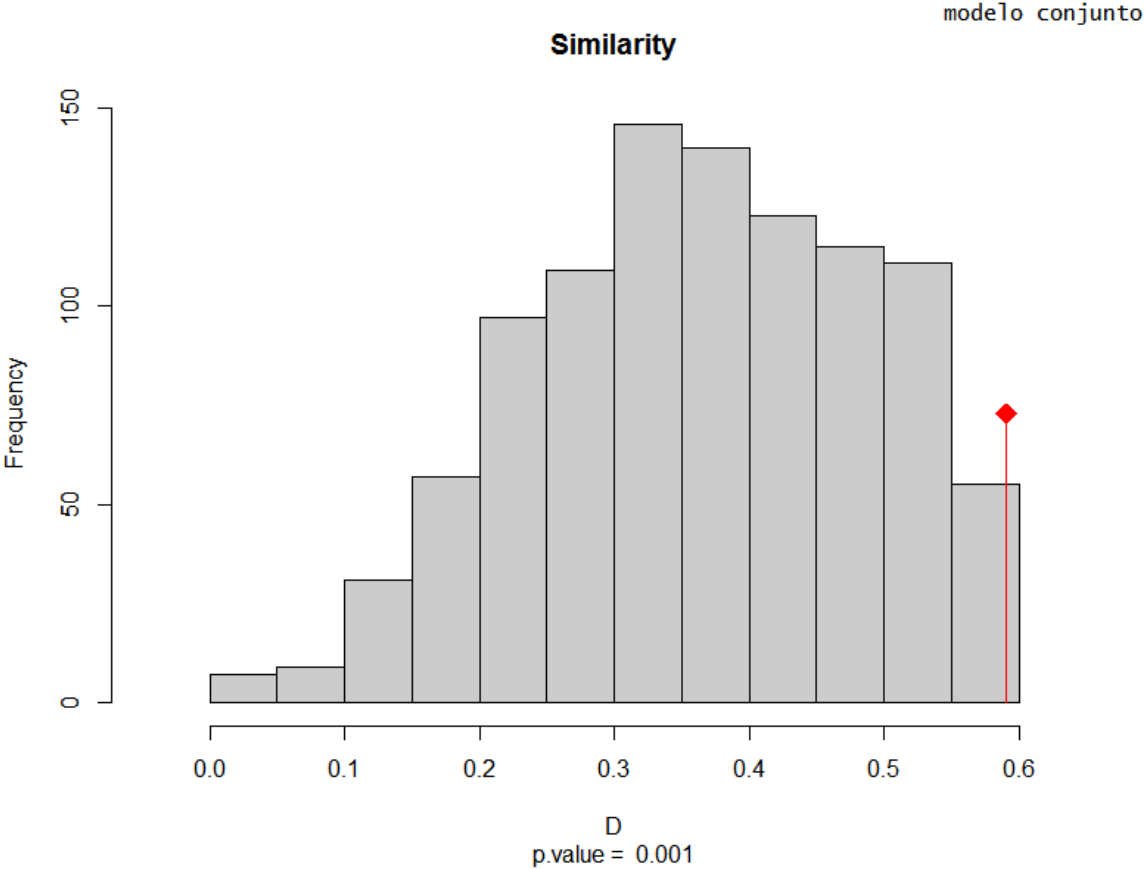
D)

Anexo 8. Coeficientes para el mejor modelo. Las significancias se encuentran clasificadas según niveles, a mayor cantidad de asteriscos, mayor significancia.

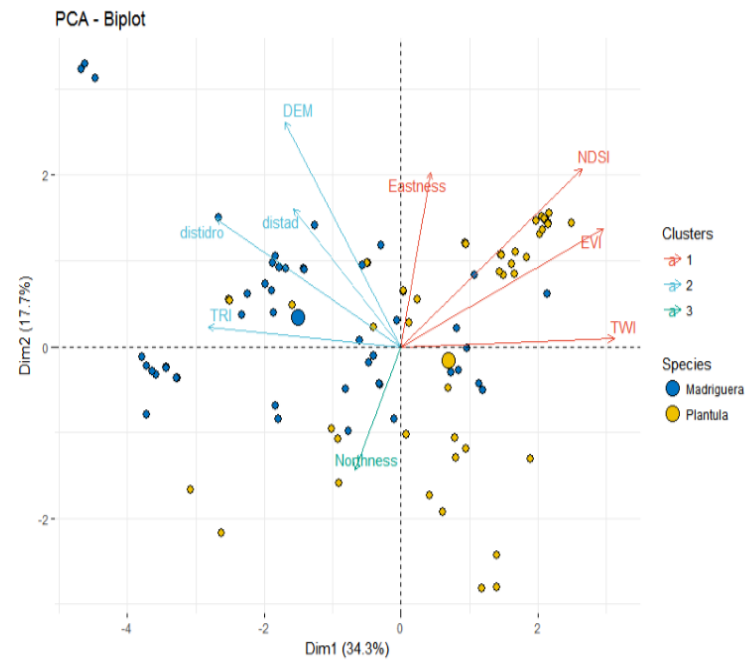
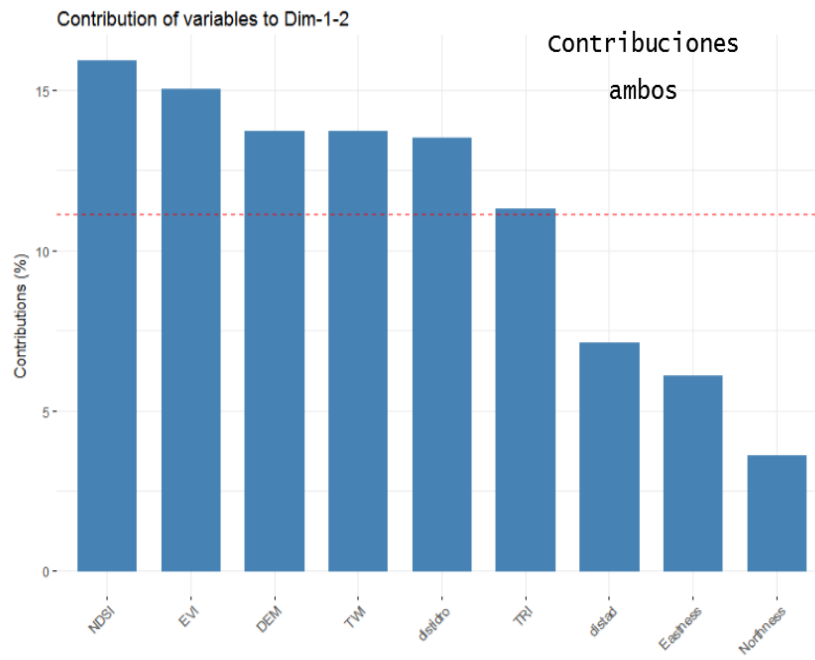
AIC = 242.39 (Modelo 18)

	Distmad	TRI	TWI	Altitude	Northness	n° variables Eastness	-	6 -
<i>P-value</i>	0.0066**	0.0377*	0.0523	1.42E-09***	0.0005***	2.25E-08***	-	-
z value	-2.7170	2.0780	1.9410	-6.0530	3.4820	5.5920	-	-
std error	0.0001	0.0608	0.0759	0.0004	0.1467	0.1301	-	-
Estimate	-0.0003	0.1264	0.1473	-0.0021	0.5109	0.7274	-	-

Anexo 9. Análisis de similitud del PCA conjunto entre *Octodon degus* y *Jubaea chilensis*. El test arrojó una alta significancia ($p = 0.001$). La similitud es cercana al 60%, indicando una alta similitud entre ambos modelos PCA.



Anexo 10. Gráfica de contribuciones y PCA Biplot del PCA conjunto (Figura 6). Este PCA superpone las variables e individuos, a la vez.



Anexo 11. GLM's de las madrigueras de *Octodon degus*.

n° modelo	Variables	AIC	P-value
1	-6.847e-06 Distplant* + 3.045e-01 EVI	173.52	0.047 *
2	-6.233e-06 Distplant* +8.854e-01 NDSI	173.25	0.041 *
3	-6.903e-06 Distplant* ++1.487e-05 TRI	173.62	0.050 *
4	-7.296e-06 Distplant* -2.995e-02 TWI	173.42	0.045 *
5	-1.792e-05 Distplant*** +1.462e-03 DEM**	164.24	0.001 ***
6	-8.377e-06 Distplant* + 1.064e-01 Northness	173.33	0.043 *
7	-5.398e-06 Distplant +2.897e-01 Eastness	170.21	0.009 **
8	-6.813e-06 Distplant* +1.508e-03 Distad	172.59	0.030 *
9	-6.903e-06 Distplant*	171.62	0.014 **
10	-6.297e-06 Distplant -1.246e-03 Disthidro	173.47	0.046 *
11	-5.884e-06 Distplant -4.957e-01 EVI +1.491e+00 NDSI	175.15	0.091
12	-1.744e-05 Distplant*** -5.033e-02 TRI -1.731e-02 TWI +1.507e-03 DEM**	167.74	0.003 **
13	-6.482e-06 Distplant +7.467e-02 Northness +2.820e-01 Eastness	172.08	0.023 *
14	-6.192e-06 Distplant +1.497e-03 Distad -1.224e-03 Disthidro	174.44	0.066
15	-1.731e-05 Distplant*** -3.420e+00 EVI +5.245e+00 NDSI -4.321e-02 TRI +7.525e-03 TWI +2.001e-03 DEM***	168.05	0.003 **
16	-4.614e-06 Distplant -5.419e-01 EVI +1.599e+00 NDSI +3.614e-02 Northness +2.923e-01 Eastness	175.56	0.073
17	-5.384e-06 Distplant -4.997e-01 EVI +1.474e+00 NDSI +1.533e-03 Distad -7.991e-04 Disthidro	178.01	0.179
18	-1.826e-05 Distplant** -4.951e-02 TRI -1.600e-02 TWI +1.429e-03 DEM** +1.478e-01 Northness +1.436e-01 Eastness	170.26	0.008 **
19	-6.324e-06 Distplant -1.380e-02 TRI -4.105e-02 TWI +1.298e-03 Distad -1.527e-03 Disthidro	178.26	0.194
20	-1.924e-05 Distplant** -3.740e+00 EVI +4.911e+00 NDSI -5.689e-02 TRI +1.714e-02 TWI +2.003e-03 DEM** +1.929e-01 Northness +1.166e-01 Eastness	170.62	0.007 **
21	-1.718e-05 Distplant*** + EVI + NDSI + TRI + TWI + DEM + Distad + Disthidro	171.87	0.011 *
22	-1.853e-05 Distplant** -3.899e-02 TRI +6.433e-03 TWI +1.415e-03 DEM** +1.725e-01 Northness +1.530e-01 Eastness +1.149e-03 Distad +4.007e-04 Disthidro	173.73	0.022 *
23	-1.935e-05 Distplant** -3.668e+00 EVI +4.874e+00 NDSI -4.619e-02 TRI +3.574e-02 TWI +1.978e-03 DEM** +2.108e-01 Northness +1.266e-01 Eastness +9.784e-04 Distad +3.109e-04 Disthidro	174.22	0.018 *

Anexo 12. Coeficientes para el mejor modelo. Las significancias se encuentran clasificadas según niveles, a mayor cantidad de asteriscos, mayor significancia.
 AIC = 164.24 (Modelo 5)

	Distplant	DEM	n° variables	2
P-value	< 0.001***	0.002**		
z value	-3.873	3.083		
std error	4.63E-06	0.0005		
Estimate	-1.8E-05	0.001462		