

## Avance: Análisis de la distribución de polinizadores nativos de Chile bajo escenarios de cambio climático

Cecilia Smith

Nicol Gutierrez

Celeste Soto

Patricio Pliscoff

Diciembre 2023



**Centro UC**  
Cambio Global



Organización de las Naciones  
Unidas para la Alimentación  
y la Agricultura



## Índice

1. Introducción.....	3
2. Metodología.....	4
2.1. <i>Construcción de base de datos de polinizadores nativos</i>	
2.1.1. Criterios para selección de información polinizador-planta .....	4
2.1.2. Metodología revisión bibliográfica.....	5
2.1.3. Metodología cruza de datos Gbif y pollinator catalogue 2.2.....	6
2.1.4. Metodología cruza de datos obtenida con información de INaturalist.....	7
2.2. Modelos de distribución de polinizadores nativas y plantas polinizadas.....	8
3. Resultados.....	9
3.1. Análisis de riesgo bajo escenarios de cambio climático.....	9
4. Conclusiones.....	12
5. Referencias.....	13
6. Anexos.....	14

## 1. Introducción

Los polinizadores cumplen una función esencial para la mantención de los ecosistemas permitiendo la reproducción de las especies vegetales a través de la transferencia de polen desde los estambres hasta el estigma; lo cual hace posible la fecundación y la producción de frutos y semillas. La polinización puede realizarse mediante agentes bióticos (animales) y abióticos (agua o viento); sin embargo, la mayoría de las plantas con flores o angiospermas, dependen de los primeros, en especial de los insectos. La acción de estos polinizadores garantiza la reproducción sexual y la variabilidad genética de la gran mayoría de las especies de plantas.

En la actualidad se reconoce a la polinización como un servicio ecosistémico de provisión y regulación y se ha evaluado a través de distintas metodologías, el aporte que entrega la polinización a la mantención de los ecosistemas y su valoración en términos económicos. De esta forma se ha podido establecer la gran importancia de los polinizadores, tanto en la mantención de los ecosistemas y como un elemento fundamental para mantener las económicas locales y regionales asociadas a la producción agrícola. En las áreas protegidas chilenas los polinizadores son múltiples. En el caso de pinos, araucarias, alerces, robles, coihues, lengas y raulíes, es el viento el encargado del proceso de polinización. En el caso de las plantas floríferas son las aves, insectos y otros animales los encargados de transportar el polen y asegurar su proceso evolutivo (Smith-Ramirez y Armesto, 1998). Además, existe una creciente preocupación, por el efecto de la disminución de los polinizadores en la productividad agrícola, lo que ha originado estudios orientados a determinar cuál es el impacto de este fenómeno en la agricultura (FAO, 2009).

En este estudio se evalúa el impacto del cambio climático en la distribución geográfica de un grupo de insectos nativos polinizadores bajo escenarios de cambio climático. Para esto se modelará el espacio climático adecuado tanto de los polinizadores (21 especies) como de las plantas que son polinizadas (153 especies nativas y exóticas naturalizadas), con el objetivo de identificar las especies más amenazadas en escenarios futuros producto de la contracción de su espacio climático adecuado.

## 2. Metodología

### 2.1. Construcción de base de datos de polinizadores nativos

A continuación, se explica el cómo se obtuvieron los datos resultantes para los análisis y confección del gráfico de la relación de polinizador nativo-planta, presentes en Chile. De manera preliminar se obtuvo un total de **154 especies de plantas, para 11 polinizadores nativos**, a estos se sumaron los datos de plantas ya obtenidos anteriormente para *Bombus dhalbomii*, añadiendo 213 especies de plantas, lo cual da **304 de especies de plantas (no repetidas) identificadas para 12 polinizadores**.

La selección de 11 polinizadores se obtuvo a través del cruce de datos de Global Biodiversity Information Facility (GBIF) y la Colección de Insectos Ernesto Kraemer, de donde se obtuvieron los polinizadores con la mayor cantidad de registros de avistamiento en Chile. Posteriormente para la obtención de plantas visitadas por estos polinizadores, se realizó **1)** revisión bibliográfica de documentos, informes y tesis disponibles en las plataformas de Web of Science (WOS) y Google Scholar (GS), bajo las palabras claves “native pollinators OR bees AND plants AND Chile”, de esta búsqueda se encontró el artículo “A comprehensive catalogue of plant – pollinator interactions for Chile” el cual contenía el documento “Pollination\_catalogue 2.2”, que especificaba la relación planta-polinizador, este documento ayudó tanto en la selección de polinizadores como a la identificación de las plantas visitadas. Consecutivamente se buscó de manera particular **2)** “por el nombre polinizador and plants Chile” y **3)** se agregó información de la plataforma de iNaturalist para aumentar la cantidad de especies plantas por cada polinizador.

#### 2.1.1. Criterios para selección de información polinizador-planta

Primero que todo, cabe señalar que el siguiente estudio se enfoca en la identificación de **especies de polinizadores nativos, específicamente del orden Hymenoptera de Chile y su relación con especies de plantas** dentro del territorio nacional. De los cuales, se analizó las especies con mayor cantidad de registros de avistamiento según la base de datos de GBIF y la Colección de Insectos

Ernesto Krahmer. Estas debían ser de diferentes familias tratando que todas estuvieran representadas por al menos con una especie de polinizador. Lo que dio como resultado la preselección de una a dos especies por familias, según la cantidad de registros que tuvieran, considerando las más numerosas y representativas. Las familias con uno o muy pocos registros, se consideraron las especies con mayor cantidad número de avistamientos y/o el único valor que tenían. Ambas bases de datos mencionadas dieron una **sola lista de polinizadores**, las que se buscaron a través de una revisión bibliográfica, por medio de las plataformas de WOS y GS, bajo los siguientes criterios:

- 1) Especifica el nombre de la especie del polinizador nativo
- 2) Cuenta con gran número de registros en la plataforma de GBIF
- 3) Deben considerarse a diferentes familias y que todas, o la gran mayoría de las familias de himenópteros estuvieran representadas.
- 4) Contener información respecto a las plantas que visitan nombre de la especie, su ubicación y/o localización de este registro.
- 5) Fecha o data del avistamiento o registro.

Finalmente dieron como resultado la preselección de 100 polinizadores.

### **2.1.2. Metodología revisión bibliográfica**

La búsqueda bibliográfica tenía como finalidad la obtención de información de las especies de plantas visitadas por los polinizadores preseleccionados, de los cuales, se seleccionarían al menos 20 polinizadores que tuvieran la mayor cantidad de información bibliográfica o registros de la relación “polinizador-planta” (*este proceso aún no termina*). Se busco en WOS y GS a través de las palabras claves “native pollinators OR bees AND plants AND Chile” y para aumentar el número de plantas por polinizador, se continuo trabajando con la información obtenida i de INaturalis y una revisión bibliográfica particular para cada uno de los polinizadores seleccionados, utilizando las palabras claves de “*nombre polinizador and plants Chile*”, *ejemplo: Centris nigérrima and plants Chile*.

La primera búsqueda arrojó 78 y 18.100 artículos de resultados, de los cuales se revisó el total de 78 y 178 documentos respectivamente, dando un total de 234 artículos revisados. Dentro de la búsqueda en GS, se encontro con el documento “A comprehensive catalogue of plant – pollinator interactions for Chile”, el que se descargo de la base de datos complementaria de dicho artículo y posteriormente, se cruzo la información con el número de registros obtenidos desde GBIF y la relación planta-polinizador. Respecto a la totalidad de los 234 documentos, 38 sirvieron como fuente de información, 111 fueron desechados por no especificar relación planta-polinizador, 45 se descartaron por ser estudios fuera de Chile y 40 artículos se repetían dentro de estas plataformas. Como resultado de esta revisión se obtuvieron **113 especies de plantas**.

Luego, en la búsqueda particular por cada polinizador, se revisaron 36 artículos, de los cuales 16 resultaron ser de utilidad, 11 fueron desechados por no especificar relación planta-polinizador y 9 artículos se repetían dentro de estas plataformas. Cabe mencionar, que de los 16 artículos que fueron de utilidad, muchas de las relaciones planta-polinizador mencionadas ya se encontraban consideradas en el análisis anterior, debido a que el catálogo consultado contenía esta información, solo que no se había encontrado la documentación a través de la metodología anteriormente mencionada. Sin embargo, el número de plantas aumento de 113 a 118 (*por ahora, ya que el trabajo continua con 9 polinizadores más*).

### **2.1.3. Metodología cruza de datos Gbif y pollinator\_catalogue 2.2.**

De la preselección de 100 polinizadores, se obtuvo una lista de 11 polinizadores que contaban con **1)** la mayor cantidad de numero registros en la plataforma GBIF, se indago en **2)** la relación de estos con las especies de plantas y **3)** sus ubicaciones en Chile. Este proceso se realizó gracias a la cruza de datos de GBIF y el “Pollinatition\_catalogue 2.2” del documento “A comprehensive catalogue of plant – pollinator interactions for Chile”, el que especificaba dicha relación.

Para la reducción de polinizadores preseleccionados, se consideraron únicamente los que tenían mayor cantidad de información de plantas seleccionadas, bajo el objetivo de llegar al total de 30 especies de plantas por cada polinizador.

#### **2.1.4. Metodología cruce de datos obtenida con información de INaturalist**

Bajo el objetivo de aumentar el número de plantas obtenidos a través de la revisión bibliográfica y el catálogo encontrado, se realizó una búsqueda personalizada por cada uno de los polinizadores seleccionados, procediendo a identificar las plantas visitadas por estos, a través de la información entregada por los observadores y/o la identificación de las plantas mediante fotografías y su ubicación. Para este último caso, se contó con el apoyo de Diego Penneckamp, Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales, especializado en botánica en Chile. Finalmente se obtuvieron un total de 118 de datos de relación polinizador- planta, de las que se encontraron 13 especies de plantas no consideradas en la búsqueda anterior y 105 plantas con nuevas distribuciones, que se sumaron a los registros de esas plantas ya consideradas. **Aumentando a un total de 153 plantas.**

#### **2.2 Modelos de distribución de polinizadores nativos y plantas polinizadas**

Para modelar la distribución de los espacios climáticos adecuados tanto de las 21 especies de insectos polinizadores como de las 153 especies vegetales que son polinizadas, se generaron modelos de distribución de nicho con el software de modelación Maxent (Phillips et al. 2006). Este software permite generar modelos de distribución a partir de la relación entre las observaciones de especies polinizadores y plantas polinizadas obtenidas de la base de datos elaborada para este proyecto. Los registros de presencia se relacionaron a variables bioclimáticas obtenidas de la base global Worldclim (Hijmans & Fick 2012) a una escala espacial de 1 km de resolución. Las variables seleccionadas la temperatura promedio anual, la estacionalidad de las temperaturas anuales, la máxima temperatura del mes más cálido, la mínima temperatura del mes más frío, la precipitación anual y la precipitación de invierno. Estas variables ya han sido utilizadas en trabajos anteriores de modelación a escala nacional y son relevantes para la determinación de la distribución espacial, tanto para especies de fauna como de flora (Marquet et al. 2020, Fuentes-Castillo et al. 2019).

El software Maxent generó modelos de distribución actual por especie, los cuales fueron proyectados a dos escenarios futuros extremos, el escenario SSP1-2.6 para el periodo de tiempo 2030-2050 y el escenario SSP5.8.5 para el periodo de tiempo 2070-2100. El escenario SSP1-2.6 es el más optimista dentro de la última versión de escenarios globales del IPCC (AR5). A su vez el escenario SSP5-8.5 es el más negativo, con el objetivo de tener los resultados más contrastantes posibles para el futuro, se eligió el periodo de tiempo más cercano para el escenario positivo y el más lejano para el más negativo.

Como paso final, se generaron dos tipos de salidas para presentar los resultados de los modelos de distribución actual y futuro a partir de la adecuación climática. El primero corresponde a los modelos totales de distribución, presentados para cada una de las 21 especies de polinizadores nativos y una segunda salida que da cuenta de una visión más “realista” de las proyecciones actuales y futuras ya que se restringe el área adecuada climáticamente en función del área de distribución actual y futura de las plantas que poliniza cada insecto. Para esto se utilizó la relación polinizador-planta definida en el trabajo inicial de base de datos. De esta forma el resultado final de la proyección actual y futura del polinizador queda definido por el área adecuada climáticamente a partir de la suma de las especies de plantas que poliniza. Estos resultados se muestran por especie en el Anexo 1.

### 3. Resultados

#### 3.1. Análisis de riesgo bajo escenarios de cambio climático

Los resultados para los dos escenarios futuros definidos se presentan en la tabla 1 y 2. El resultado más relevante por especie corresponde al cambio de rango, el cual si es negativo da cuenta de una contracción del rango bajo el escenario analizado. De esta forma 4 de las 21 especies de insectos polinizadores presentan contracción según el escenario más optimista: ***Alloscirtetica gayi*, *Centris chilensis*, *Svastrides melanura* y *Manuelia gayi*** (en orden de mayor a menor contracción del rango). Al comparar los resultados del escenario más pesimista, el número de especies con contracción de rango aumenta de 4 a 11. ***Alloscirtetica gayi*, *Centris cineraria*, *Centris chilensis*, *Centris nigerrima*, *Megachile semirufa*, *Manuelia gayi*, *Svastrides melanura*, *Svastrides melanura*, *Cadeguala occidentalis*, *Anthidium chilense* y *Cadeguala albopilosa*** (en orden de mayor a menor contracción del rango).

## SSP1-2.6 2030-2050

Especie	Pérdida	Área	Área estable	Ganancia	Porcentaje	Porcentaje	Cambio	Rango	Rango Futuro	Rango Futuro
	futura	sin ocupar	futura	futura	Pérdida	Ganancia		actual	sin dispersión	dispersión total
<b><i>Acamptopoeum submetallicum</i></b>	7848	961249	32800	98365	19,31	241,99	222,69	40648	32800	131165
<b><i>Anthidium chilense</i></b>	3775	953245	106340	36902	3,43	33,51	30,08	110115	106340	143242
<b><i>Alloscirtetica gayi</i></b>	20423	1055479	23653	707	46,34	1,60	-44,73	44076	23653	24360
<b><i>Bombus dahlbomii</i></b>	3622	817663	240154	38823	1,49	15,93	14,44	243776	240154	278977
<b><i>Cadeguala albopilosa</i></b>	12755	860856	188501	38150	6,34	18,96	12,62	201256	188501	226651
<b><i>Cadeguala occidentalis</i></b>	6123	870474	187776	35889	3,16	18,51	15,35	193899	187776	223665
<b><i>Caupolicana fulvicollis</i></b>	1831	1053064	33860	11507	5,13	32,24	27,11	35691	33860	45367
<b><i>Centris chilensis</i></b>	17053	1064268	14282	4659	54,42	14,87	-39,55	31335	14282	18941
<b><i>Centris cineraria</i></b>	14184	929316	98029	58733	12,64	52,34	39,70	112213	98029	156762
<b><i>Centris nigerrima</i></b>	10834	995845	76712	16871	12,38	19,27	6,90	87546	76712	93583
<b><i>Corynura chloris</i></b>	24990	936879	91593	46800	21,44	40,14	18,71	116583	91593	138393
<b><i>Corynura patagonica</i></b>	11387	1019462	46324	23089	19,73	40,01	20,28	57711	46324	69413
<b><i>Diadasia chilensis</i></b>	1684	943391	89925	65262	1,84	71,24	69,40	91609	89925	155187
<b><i>Diphaglossa gayi</i></b>	13733	973719	91997	20813	12,99	19,69	6,70	105730	91997	112810
<b><i>Manuelia gayi</i></b>	12543	1020450	55388	11881	18,46	17,49	-0,97	67931	55388	67269
<b><i>Megachile saulcyi</i></b>	2047	994719	66539	36957	2,98	53,88	50,90	68586	66539	103496
<b><i>Megachile semirufa</i></b>	28683	976812	62107	32660	31,59	35,97	4,38	90790	62107	94767
<b><i>Ruizantheda mutabilis</i></b>	4164	875571	163531	56996	2,48	33,99	31,51	167695	163531	220527
<b><i>Ruizantheda proxima</i></b>	4814	868647	171029	55772	2,74	31,72	28,98	175843	171029	226801
<b><i>Sphex latreillei</i></b>	2658	931649	130448	35507	2,00	26,68	24,68	133106	130448	165955
<b><i>Svastrides melanura</i></b>	23247	1024048	40252	12715	36,61	20,02	-16,59	63499	40252	52967

## SSP5-8.5 2070-2100

Especie	Pérdida	Área	Área estable	Ganancia	Porcentaje	Porcentaje	Cambio	Rango	Rango Futuro	Rango Futuro
	Futura	sin ocupar	Futura	Futura	Pérdida Futura	Ganancia Futura	Rango Especie	actual	sin dispersión	dispersión total
<b><i>Acamptopoeum submetallicum</i></b>	40551	969118	97	90496	99,76	222,63	122,87	40648	97	90593
<b><i>Anthidium chilense</i></b>	86609	927490	23506	62657	78,65	56,90	-21,75	110115	23506	86163
<b><i>Alloscirtetica gayi</i></b>	37468	1049974	6608	6212	85,01	14,09	-70,91	44076	6608	12820
<b><i>Bombus dahlbomii</i></b>	95182	743305	148594	113181	39,04	46,43	7,38	243776	148594	261775
<b><i>Cadeguala albopilosa</i></b>	134986	795106	66270	103900	67,07	51,63	-15,45	201256	66270	170170
<b><i>Cadeguala occidentalis</i></b>	123608	841698	70291	64665	63,75	33,35	-30,40	193899	70291	134956
<b><i>Caupolicana fulvicollis</i></b>	32741	1025335	2950	39236	91,73	109,93	18,20	35691	2950	42186
<b><i>Centris chilensis</i></b>	31077	1055638	258	13289	99,18	42,41	-56,77	31335	258	13547
<b><i>Centris cineraria</i></b>	94820	960761	17393	27288	84,50	24,32	-60,18	112213	17393	44681
<b><i>Centris nigerrima</i></b>	76910	985422	10636	27294	87,85	31,18	-56,67	87546	10636	37930
<b><i>Corynura chloris</i></b>	89528	873236	27055	110443	76,79	94,73	17,94	116583	27055	137498
<b><i>Corynura patagonica</i></b>	53006	976917	4705	65634	91,85	113,73	21,88	57711	4705	70339
<b><i>Diadasia chilensis</i></b>	78234	901443	13375	107210	85,40	117,03	31,63	91609	13375	120585
<b><i>Diphaglossa gayi</i></b>	46824	904596	58906	89936	44,29	85,06	40,78	105730	58906	148842
<b><i>Manuelia gayi</i></b>	60069	1005646	7862	26685	88,43	39,28	-49,14	67931	7862	34547
<b><i>Megachile saulcyi</i></b>	63806	934811	4780	96865	93,03	141,23	48,20	68586	4780	101645
<b><i>Megachile semirufa</i></b>	85844	973450	4946	36022	94,55	39,68	-54,88	90790	4946	40968
<b><i>Ruizantheda mutabilis</i></b>	120086	890438	47609	42129	71,61	25,12	-46,87	167695	47609	89738
<b><i>Ruizantheda proxima</i></b>	97858	812301	77985	112118	55,65	63,76	8,11	175843	77985	190103
<b><i>Sphex latreillei</i></b>	89156	837422	43950	129734	66,98	97,47	30,49	133106	43950	173684
<b><i>Svastrides melanura</i></b>	53571	1014065	9928	22698	84,37	35,75	-48,62	63499	9928	32626

## 4. Conclusiones

## 5. Referencias

## 6. Anexos









































