

## Artículo Científico

**Actividad de visita de abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea) hacia *Loasa tricolor* Ker-Gawl. (Loasaceae) en relación con temperatura ambiental y recursos florales**

Visitation activity of native bees (Hymenoptera: Apoidea) on *Loasa tricolor* Ker-Gawl. (Loasaceae) in relation with environmental temperature and floral resources

Carlos González-Céspedes<sup>1</sup>, Luis Flores-Prado<sup>2</sup> y Elizabeth Chiappa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile.

<sup>2</sup> Instituto de Entomología, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Santiago, Chile.

Autor correspondencia: carlosgonzalez.ic@gmail.com

ZooBank: urn:lsid:zoobank.org:pub: 4A662E7A-0486-43A8-AE19-9DF4B349FE43  
<https://doi.org/10.35249/rche.45.3.19.20>

**Resumen.** Las abejas son conocidas por ser esenciales en la mantención de ecosistemas, debido a su rol en la reproducción de especies de plantas. Sin embargo, aún es desconocido qué características de la flor y condiciones ambientales son esenciales para la presencia de abejas nativas en ciertos ecosistemas. Esta situación representa un problema en constante investigación ya que estas variables actúan en diversas combinaciones que cambian según escalas espaciales y temporales. En el siguiente trabajo, realizamos un análisis en la actividad de visita de abejas nativas a flores de *Loasa tricolor* en relación a la posible influencia de la temperatura ambiental y variables florales comparando dos temporadas de floración en años consecutivos, y en dos localidades de la Región de Valparaíso, Chile. Para esto se utilizó la riqueza y el número de abejas nativas visitantes de las flores, además de obtener información sobre la temperatura ambiental, la concentración de néctar y la temperatura floral durante la temporada de floración en ambas localidades. Los resultados muestran una asociación negativa entre temperatura y riqueza de abejas, y el número de visitas. En relación con las características florales, los resultados muestran una asociación negativa entre temperatura y concentración de néctar, mientras que la temperatura floral no muestra asociaciones significativas con la visita de abejas.

**Palabras clave:** Chile central, diversidad de abejas, ecosistema mediterráneo, recompensas florales.

**Abstract.** Bees are known to be essential in the maintenance of ecosystems, because of their role in the reproduction of plant species. However, is still unknown which flower characteristics and abiotic environmental conditions are essential for the presence of native bees in a particular ecosystem. These situations represent an issue under constant research because those variables occur in a combination that varies at space and temporal scales. In the present work, we carried out an analysis on native bee visitation activity to *Loasa tricolor* flowers in relation to the possible influence of environmental temperature and floral variables by comparing two flowering seasons occurring during consecutive years in two localities of the Valparaíso Region, Chile. For this we have estimated the richness and the number of native bees visiting the flowers, and also we have obtained information about environmental temperature, nectar concentration and floral temperature during

Recibido 21 Mayo 2019 / Aceptado 29 Agosto 2019 / Publicado online 6 Septiembre 2019

Editor Responsable: José Mondaca E.

flowering seasons in both localities. The results show a negative correlation between temperature and richness of bees, and the number of visits. In relation with flower characteristics, the results show a negative correlation between temperature and nectar concentration while, floral temperature have no significant correlation with bee visitation.

**Key words:** Bee diversity, Central Chile, floral rewards, Mediterranean ecosystem.

---

## Introducción

La relación entre abejas y plantas ha sido evidenciada como una de las interacciones de mayor importancia ecológica para diversos ecosistemas terrestres, debido a que estas garantizan la sobrevivencia de las poblaciones y comunidades de plantas, como también los niveles tróficos superiores e inferiores (Smith y Aguilar 2008). Las abejas en general son capaces de mostrar un amplio rango de comportamientos desplegados durante la visita floral. Estas se pueden comportar como ladronas de néctar y polen, o actuar como polinizadoras de alta y media especificidad (Smith y Aguilar 2008). Una gran porción de estas interacciones causa una fuerte simbiosis entre plantas y abejas polinizadoras que benefician a ambos interactuantes, permitiendo la reproducción sexual en las plantas, y sirviendo como refugio y recursos alimenticios para los adultos y estados inmaduros de las abejas (Utelli y Roy 2000; Montero-Castaño y Vilá 2017). Si la relación entre estos participantes es afectada por cualquier alteración, o por una completa disrupción, efectos cascadas podrían ocurrir y afectar a otros organismos que no están participando directamente en estas interacciones, pero que están relacionadas con ellos (Aizen *et al.* 2002; Peters *et al.* 2013).

Las condiciones óptimas para la búsqueda de alimento en insectos corresponden a la obtención de un recurso fácil de encontrar que sea capaz de proveerlos de todas las cantidades y cualidades nutritivas requeridas (Brown y Freitas 2002; Hofstede y Sommeijer 2006; Bukovinszky *et al.* 2017). De acuerdo con esto, las recompensas deben ser entregadas gradualmente de tal forma, que, en cada visita a una flor, los requerimientos nutricionales demandados por cada insecto sean parcialmente completados, pero con suficientes cantidades atractivas para recompensar y promover la búsqueda de otras flores (Jordano *et al.* 2003; Toro *et al.* 2009). Por otra parte, algunas especies de insectos deben recurrir a múltiples fuentes de néctar, debido a la baja densidad de flores y/o al límite de tiempo del periodo de floración (Agosta y Janzen 2005; Packer *et al.* 2005).

Por otra parte, las variables abióticas que prevalecen en el hábitat y generan condiciones microclimáticas son capaces de influenciar el comportamiento y la actividad de los visitantes florales (Herrera 1995; Torres-Díaz *et al.* 2007; Kleinert *et al.* 2009). Los principales factores abióticos que pueden afectar las visitas de abejas son la temperatura ambiental, intensidad lumínica, humedad relativa del aire y la velocidad del viento (Wang *et al.* 2009; Ruiz 2014). Entre ellos, la temperatura es uno de los factores más estudiados, generando efectos negativos cuando son extremas, o positivos cuando son moderados, lo cual es explicado debido a que los insectos son organismos ectotermos (Rozzi *et al.* 1997; Bishop y Ambruster 1999; Dzialowski 2005).

Para contribuir al entendimiento de la interacción ecológica entre abejas y plantas, se ha propuesto como esencial la determinación de la actividad de visita floral de las abejas, en un marco de tiempo amplio, contrastando además sitios geográficos, su vegetación o microclima (Sanzana *et al.* 2012; Polatto *et al.* 2014). Parte de Chile central presenta ecosistemas de tipo mediterráneo, un tipo de ecosistema que se encuentra en pocas regiones del mundo. Aunque la distribución geográfica de ese tipo de ecosistemas es relativamente amplia en Chile, el conocimiento de la polinización (incluyendo tasas de

visita como una medida de polinización) derivan de estudios concentrados principalmente en un área (Medel *et al.* 2018). Por otra parte, varios de los estudios han considerado sólo una temporada de floración, han sido realizados en sólo una localidad y no han realizado comparaciones entre localidades perturbadas y naturales (Medel *et al.* 2018).

Tomando en cuenta estos aspectos, en este estudio seleccionamos dos localidades ubicadas en la Región de Valparaíso (Chile) para poder registrar datos de las visitas florales de abejas (Apoidea) pertenecientes a especies nativas, en plantas de *Loasa tricolor* Ker-Gawl. (Loasaceae) durante la temporada de floración de dos años consecutivos. *L. tricolor* es una hierba anual encontrada principalmente en áreas abiertas con una gran intensidad lumínica, o bajo vegetación arbórea espinosa. Sus flores presentan una corola con cinco pétalos amarillos y con escamas nectaríferas rojas que son muy atractivas para las abejas (Hoffman 1998; Toro *et al.* 2009). Sobre las flores de esta especie existen altos niveles de herbivoría que pueden generar modificaciones a las estructuras florales al alterar la durabilidad de la floración (Cares-Suarez *et al.* 2011). Aún no ha sido determinado si la atracción de las flores hacia las abejas es gatillada por factores intrínsecos de la planta y su fenología, o por las condiciones climáticas de cada área donde la planta reside. En este caso, factores como la temperatura ambiental, concentración de néctar y temperatura floral podrían estar asociados con el incremento o disminución de la abundancia y la diversidad de abejas nativas visitantes (Polatto *et al.* 2014). Nosotros predecimos que tales variables estarán relacionadas con la actividad de visita de abejas nativas hacia flores de *L. tricolor* en diferentes áreas y temporadas.

## Materiales y Métodos

Este estudio fue realizado en el Jardín Botánico Nacional de Viña del Mar (JBN, en adelante) (33°2'38'S, 71°30'4'W) una localidad considerada como perturbada y en cuesta la Dormida (CLD, en adelante) (33°3'40'S, 71°1'24'W), una localidad considerada como natural; ambos lugares ubicados en la Región de Valparaíso, Chile. El estudio fue desarrollado en ambas localidades durante la temporada de vuelo de las abejas (que coincide con la temporada de floración de *L. tricolor*) durante los años 2013 y 2014. Ambas localidades son caracterizadas por poseer clima mediterráneo y una subregión vegetacional de matorral y bosque espinoso (Novoa 2013). Sin embargo, en JBN las especies de plantas exóticas, principalmente árboles, son más abundantes que aquellos encontrados en CLD, donde las especies de plantas nativas son predominantes.

Ocho parches de 4 m<sup>2</sup> de *L. tricolor* fueron visitados una vez a la semana en cada lugar y en cada año. Aquellos parches en que la maduración del ciclo floral fuese completada (Hoffman 1998), fueron sustituidos por otros de 4 m<sup>2</sup> para poder cubrir toda la temporada de floración y para ser espacialmente replicado. En estos cuadrantes, se contaron todas las visitas realizadas por Apoidea a flores a través de observación directa (Polatto y Alves Jr. 2008). Las observaciones fueron realizadas por dos personas en cada parche. Algunos de los individuos no identificables fueron capturados para su identificación en el laboratorio de entomología de la Universidad de Playa Ancha por medio de claves de identificación y listas sistemáticas de abejas de Chile (Chiappa *et al.* 1990; Michener 2007; Montalva y Ruz 2010). Los individuos de las especies que representan menos del 10% del total de visitas fueron considerados como visitantes ocasionales.

La temperatura ambiental se midió por medio del uso de un sensor portable (iButton DS1990A MCI model). Este dispositivo fue programado para registrar los datos una vez cada hora desde las 10:00 a.m. a las 16:00 p.m. calculando un promedio diario.

La temperatura floral se midió utilizando un termómetro digital infrarrojo (GM-550 Benetech) con una precisión de 1,5 °C / 1,5%. Se midió esta variable en tres diferentes periodos de tiempo (mañana, medio día y tarde) desde las 10:00 a.m. a las 16:00 p.m. generando un promedio diario del parche.

La concentración del néctar, variable que refleja la concentración de azúcar, se midió utilizando un refractómetro análogo portable (MR-32-ATC 0-32% Brix) (Ackermann y Weigend 2006) en 30 flores diferentes, durante los tres periodos del día antes mencionados.

Para poder determinar si la visita de abejas a *L. tricolor* está relacionada con la temperatura ambiental y/o con rasgos de la flor (i.e. temperatura floral y concentración de néctar), se realizó una regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS). Por otra parte, para ver la relación de estas variables para cada localidad y cada año, se utilizaron regresiones parciales de Pearson y Spearman dependiendo de la distribución de los datos (Kaps y Lamberson 2004) utilizando el software R studio versión 1.0.136.

## Resultados

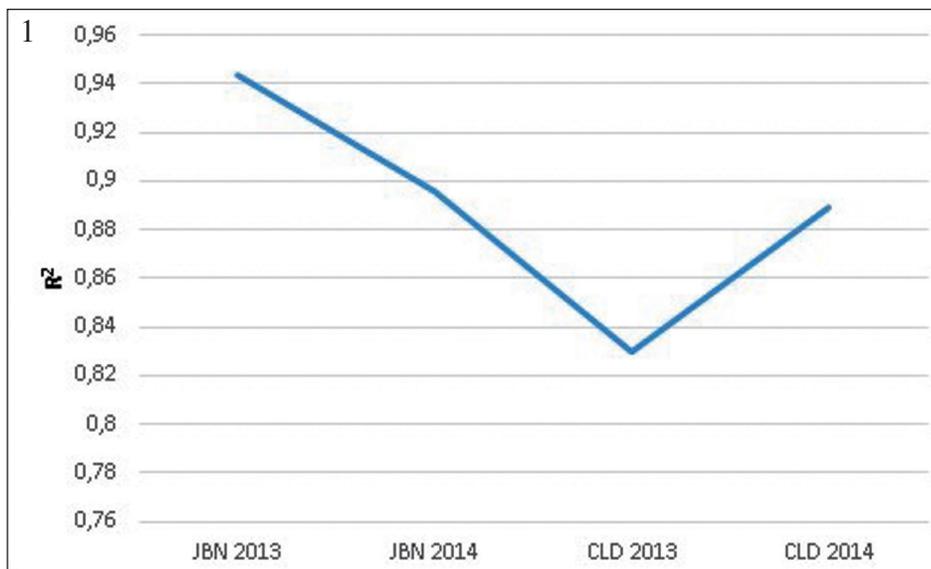
La riqueza más alta en ambas temporadas fue registrada en la localidad no perturbada CLD. Del total de especies identificadas (n=25), 13 son compartidas en ambas localidades, 9 son únicas para CLD y 3 especies sólo se encontraron en el JBN (Tabla 1).

**Tabla 1.** Diversidad de especies, en porcentaje, de los visitantes florales pertenecientes a los grupos de Apoidea registrados en 2013 y 2014, en las localidades del Jardín Botánico Nacional y Cuesta La Dormida.

COLLETIDAE	Abejas visitantes a <i>L. tricolor</i> en el Jardín Botánico Nacional				Abejas visitantes a <i>L. tricolor</i> en Cuesta La Dormida			
	% de visita 2013	Nº de visitas	% de visita 2014	Nº de visitas	% de visita 2013	Nº de visitas	% de visita 2014	Nº de visitas
<i>Cadeguala albopilosa</i> (Spinola, 1851)	0	0	0,65	1	0	0	0	0
<i>Cadeguala occidentalis</i> (Haliday, 1836)	50,49	415	17,00	26	23,12	113	15,70	40
<i>Caupolicana gayi</i> (Spinola, 1851)	4,01	33	0	0	7,16	35	11,76	30
<i>Caupolicana hirsuta</i> (Spinola, 1851)	1,82	15	0,65	1	0,61	3	5,10	13
<i>Caupolicana quadrifasciata</i> (Friese, 1898)	8,64	71	3,27	5	11,25	55	41,97	107
<i>Colletes seminitidus</i> (Spinola, 1851)	20,08	165	45,10	69	32,11	157	14,12	36
<i>Chilicola inermis</i> (Friese, 1908)	0	0	0	0	1,43	7	0	0
<i>Chilicola rostrata</i> (Friese, 1906)	0	0	3,92	6	0	0	0	0
<i>Chilicola vernalis</i> (Philippi, 1866)	9,98	82	5,88	9	6,54	32	0	0
<i>Bicolletes rubra</i> (Toro y Roja, 1970)	0	0	1,31	2	4,29	21	4,31	11
HALICTIDAE								
<i>Callistochlora chloris</i> (Spinola, 1851)	0,12	1	1,96	3	2,04	10	0,39	1

<i>Dialictus fernandezis</i> (Engel, 2000)	0	0	0	0	0	0	0,39	1
<i>Ruizanthedella mutabilis</i> (Spinola, 1851)	0	0	0	0	1,84	9	0	0
APIDAE								
<i>Alloscirtetica gayi</i> (Spinola, 1851)	0,97	8	2,61	4	0	0	0,78	2
<i>Alloscirtetica rufitarsis</i> (Bertoni, 1918)	0	0	0	0	1,43	7	0	0
<i>Alloscirtetica tristrigata</i> (Spinola, 1851)	0,24	2	1,96	3	0	0	3,14	8
<i>Centris nigerrima</i> (Spinola, 1851)	3,53	29	0	0	5,12	25	0,39	1
<i>Manuelia gayatina</i> (Spinola, 1851)	0	0	6,54	10	0,20	1	0,39	1
<i>Manuelia gayi</i> (Spinola, 1851)	0	0	1,96	3	0	0	0,78	2
<i>Manuelia postica</i> (Spinola, 1851)	0,12	1	7,19	11	0	0	0	0
<i>Svastrides melanura</i> (Spinola, 1851)	0	0	0	0	0	0	0,39	1
MEGACHILIDAE								
<i>Anthidium chilense</i> (Spinola, 1851)	0	0	0	0	1,23	6	0	0
<i>Anthidium rubripes</i> (Friese, 1908)	0	0	0	0	0,61	3	0	0
<i>Megachile rotundata</i> (Fabricius, 1793)	0	0	0	0	0,41	2	0,39	1
ANDRENIDAE								
<i>Calliopsis trifasciata</i> (Spinola, 1851)	0	0	0	0	0,61	3	0	0

En el año 2013, se registraron 822 visitas realizadas por un total de 11 especies en el JBN. El mismo año, se contabilizaron 489 visitas realizadas por 17 especies de las familias Colletidae, Apidae, Halictidae, Megachilidae y Andrenidae en CLD. En el 2014, se registraron 153 visitas realizadas por un total de 14 especies en la localidad de JBN, y 255 visitas realizadas por un total de 15 especies en CLD. Estos resultados globales podrían interpretarse como contradictorios en caso que sean reflejo de una asociación inversa entre el número de visitas florales de abejas y la riqueza específica de las abejas visitantes, para la localidad JBN, y una relación directa entre ambas variables para la localidad CLD; entre 2013 y 2014 en JBN disminuyó el número de visitas y aumentó el número de especies registradas, en cambio en CLD ambas variables incrementaron. Para dilucidar esta situación, para ambas localidades y en ambas temporadas, se obtuvo el número de



**Figura 1.** Gráfico de  $r^2$  de las correlaciones entre el número de visitas y la riqueza de especies en el Jardín Botánico Nacional y en cuesta La Dormida.

visitas de abejas sobre las flores y su respectiva riqueza específica, en cada parche y para cada día de observación. Al correlacionar ambas variables los resultados muestran que, en ambas localidades, el número de visitas y de riqueza de especies están positivamente correlacionadas, mostrando el mismo patrón claro en ambas temporadas (Fig. 1).

La riqueza de especies y la temperatura ambiente de las localidades CLD y JBN en el 2013 muestran una correlación negativa significativa, sin embargo, para el 2014 esa asociación no se observa (Tabla 2).

**Tabla 2.** Correlación entre riqueza de especies y temperatura ambiente en el Jardín Botánico Nacional y en cuesta La Dormida.

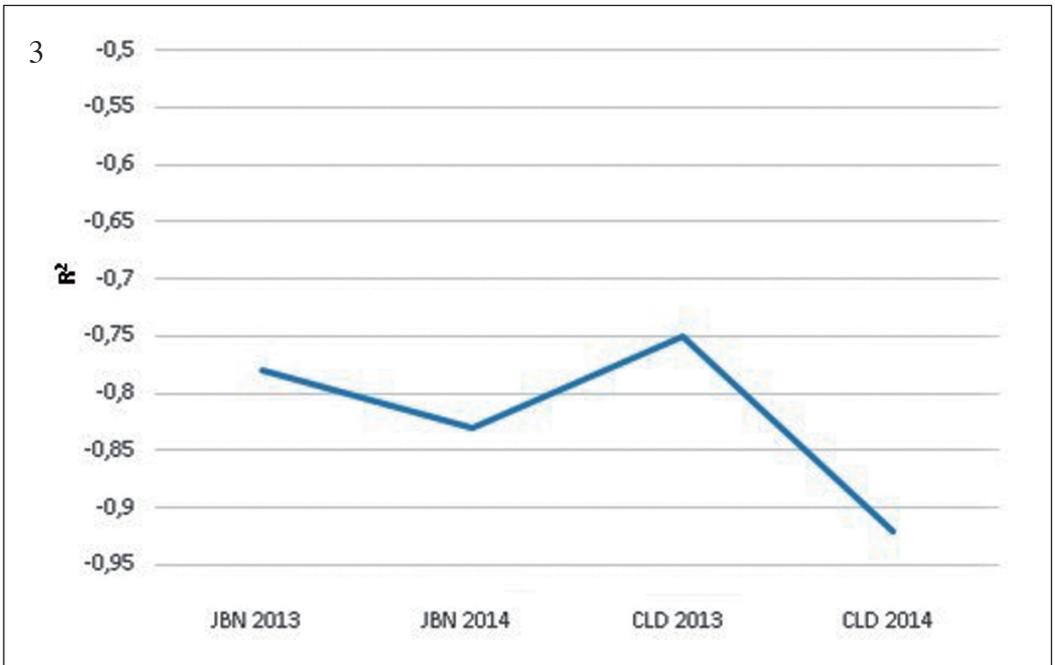
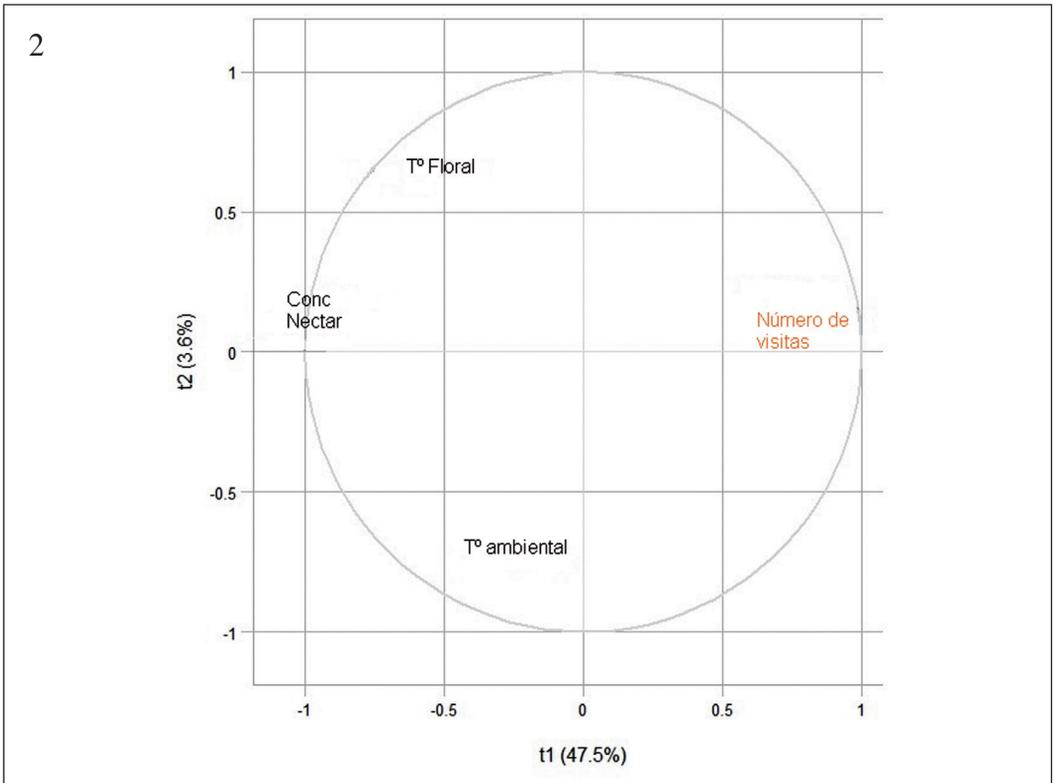
	R <sup>2</sup>	P-VALUE
JBN 2013	-0,879465	0,009
JBN 2014	0,444750	0,31
CLD 2013	-0,718182	0,06
CLD 2014	-0,481812	0,27

El modelo de PLS incluye cinco componentes. En el primer componente las únicas variables que presentaron relación con el número de visitas fueron la concentración y el volumen de néctar mostrando una relación negativa. La relación entre las variables predictoras y las variables respuestas pueden ser observadas gráficamente en el círculo de correlación (Fig. 2).

La temperatura registrada durante los días de muestreo para ambas áreas en el 2013 ( $\bar{v}=22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) fue superior que la temperatura registrada en 2014 ( $\bar{v}=19\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), como fue evidenciado al comparar sus valores promedios ( $t=24,78$ ;  $p<0,001$ ).

La concentración de néctar y el número de visitas muestra una asociación negativa significativa en ambas localidades y ambos años (Fig. 3).

Por otra parte, la temperatura floral no mostró asociación significativa o marginal al número de visitas o a la riqueza de especies para ambas localidad y años.



**Figuras 2-3.** 2. Mapa de correlación de la regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS) de las variables temperatura ambiental, rasgos florales (concentración de néctar y temperatura floral) y el número de visitas. Los primeros dos componentes están graficados del modelo  $R^2Y= 0,036$ ;  $R^2X= 0,475$ . 3. Gráfico de  $r^2$  de las correlaciones entre el número de visitas y la concentración de néctar en el Jardín Botánico Nacional y cuesta La Dormida.

## Discusión

Los resultados obtenidos muestran una gran diversidad de Apoidea asociados a *L. tricolor* con la mayoría de ellos pertenecientes a la familia Colletidae, en concordancia con resultados previamente informados para la misma especie de planta (Cares-Suarez *et al.* 2011). Además, esta familia contiene el número más grande de especies en Chile de acuerdo a la lista más reciente de especies de abejas chilenas (Montalva y Ruz 2010). Por otra parte, una correlación positiva fue observada entre la riqueza de especies y el número de visitas de las abejas, un resultado que muestra un patrón consistente debido a que esa correlación fue encontrada en ambas localidades y en ambos años de muestreo. Estos resultados son también congruentes con estudios previos que sugieren que el incremento en la riqueza de especies puede llevar a un incremento en el número de visitas (Peters *et al.* 2013). Complementariamente, cuando se compara la variación global entre temporadas, para la localidad CLD se reafirma este patrón: hubo un aumento del número de visitas florales y de especies de abejas registradas, en la segunda temporada. Sin embargo, en la localidad JBN disminuyó el número de visitas, pero aumentó el número de especies registradas. Este resultado global puede ser explicado por el incremento en el número de especies de abejas consideradas como visitantes ocasionales (Moeller 2005), situación que ocurrió en la segunda temporada para la localidad JBN.

La temperatura ambiente no muestra correlación con el número de visitas florales, en ninguna temporada ni localidad, un resultado que contrasta con los efectos positivos de la temperatura ambiente sobre la actividad de vuelo evidenciados en algunas especies de insectos (Contreras *et al.* 1998; Toro-Borrego y Mendez 2007). Cuando se compara la variación global entre temporadas, en la localidad CLD la temperatura ambiente y la riqueza específica muestran valores más altos el año 2013 que el 2014. Este resultado grueso podría interpretarse como el reflejo de una asociación positiva entre la riqueza específica de las abejas visitantes y la temperatura ambiente de los parches visitados, para la localidad CLD durante 2013. Sin embargo, el análisis de correlación utilizando los datos particulares para cada parche floral muestra que la temperatura ambiente se correlacionó con la presencia de abejas, pero negativamente y en términos de riqueza específica. En el caso de la localidad JBN el año 2013, la temperatura ambiente también estuvo negativamente relacionada con la riqueza específica de abejas. Estos resultados pueden ser explicados si altas temperaturas afectan negativamente y en forma directa a algunas especies de abejas más que a otras, tomando en cuenta evidencia que muestra variación en las capacidades termo-regulatorias entre especies de abejas, un fenómeno que puede estar asociado con el tamaño del cuerpo (Stone y Willmer 1989; Bishop y Armbruster 1999) o a la masa corporal (Stone 1993). Adicionalmente, temperaturas extremas positivas pueden tener un efecto perjudicial en la actividad de abejas e insectos de otros grupos taxonómicos, debido a que estas altas temperaturas pueden llevar a la muerte por deshidratación (Rozzi *et al.* 1997; Contreras *et al.* 1998; Bishop y Ambruster 1999; Wang *et al.* 2009; Polatto *et al.* 2014). Temperaturas extremas pueden inducir estrés termal en insectos determinando su sobrevivencia también (Sunday *et al.* 2014). En nuestro estudio no se observaron asociaciones significativas entre temperatura ambiental y riqueza específica de abejas durante el año 2014, a diferencia de lo observado en la temporada 2013, en que sí hubo una asociación negativa entre ambas variables. Considerando que las temperaturas fueron más bajas en 2014 que en 2013 proponemos que durante periodos de baja temperatura (como los registrados en 2014), esa asociación desaparece. No obstante, dicho planteamiento es solo una sugerencia que amerita ser corroborada o descartada con futuros estudios similares.

Las correlaciones negativas de la concentración de néctar con el número de visitas florales de las abejas, y con la riqueza de especies en ambos años y en ambas localidades, no son consistentes con la idea que el incremento en la disponibilidad de recompensa o

concentración de sucralosa en el néctar debería generar un incremento en el número de visitantes florales (Baker y Baker 1975; Whitney *et al.* 2008). Sin embargo, se ha reportado que el incremento en el número de flores visitadas por abejas les permitiría una dieta más nutritiva, a pesar de la calidad del néctar de estas flores (Giannini *et al.* 2015). A su vez, se ha observado en algunas especies que las abejas visitan un gran número de flores con bajas concentraciones de néctar para disminuir la probabilidad de consumir néctar con alta toxicidad o la probabilidad de generar competencia con otros insectos (e.g. Tiedeken *et al.* 2014; Tiedeken *et al.* 2015). Por otra parte, ha sido hipotetizado que la temperatura torácica en abejas incrementa cuando aumenta la concentración de sucralosa consumida por ellas (Nieh y Sanchez 2005). La capacidad de aumentar la temperatura es útil cuando abejas forrajean en ambientes de baja temperatura debido a que el vuelo requiere temperaturas torácicas relativamente altas, fenómeno que está presente en varias abejas pequeñas (Stone y Willmer 1989). La relación negativa entre la concentración de néctar y el número de visitas encontradas en nuestro estudio (para ambos años y localidades), puede ser explicada si poblaciones locales de abejas están adaptadas a regímenes de altas temperaturas, como ocurre en el verano mediterráneo, donde la actividad de insectos es más probablemente limitada por estrés de calor (Herrera 1997). Por lo tanto, un incremento en temperaturas torácicas mediado por altas concentraciones de néctar, es una desventaja en lugar de un beneficio en ese tipo de ambiente térmico.

La temperatura floral no mostró estar correlacionada con el número de visitas florales, ni con la riqueza de especies de abejas, para las dos localidades durante las dos temporadas de muestreo, lo que puede ser explicado por las altas temperaturas ambientales que tienen un efecto nocivo en la actividad de abejas. De acuerdo a Rands y Whitney (2008), el efecto de la temperatura floral es una recompensa para visitantes florales cuando la temperatura ambiental es menor que la temperatura floral y, por lo tanto, las flores son utilizadas como fuentes de calor. Consecuentemente, es posible que en este estudio no se detectó una recompensa térmica por parte de las flores.

Finalmente, es necesario realizar estudios durante más temporadas de floración, en más localidades e incluyendo otras variables (e.g. contenido nutricional del polen, señales químicas de las plantas) que puedan contribuir a entender la actividad de visita de abejas nativas a especies nativas de plantas, así como también la atracción de esas abejas hacia plantas altamente visitadas, o de amplia distribución en áreas pertenecientes a ecosistemas de tipo Chile mediterráneo, plantas que han sido poco estudiadas en sus interacciones con especies de Apoidea, como ocurre con *L. tricolor* en la Región de Valparaíso.

### Agradecimientos

Agradecemos a los estudiantes y académicos del Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Playa Ancha. También al ingeniero forestal Sr. Patricio Novoa, y al Jardín Botánico Nacional de Viña del Mar por permitirnos realizar las mediciones y observaciones en ese lugar.

El apoyo financiero de esta investigación fue otorgado por la Dirección General de Investigación de la Universidad de Playa Ancha (Proyecto CNEI 02-1314).

### Literatura Citada

- Ackermann, M. y Weigend, M. (2006)** Nectar, floral morphology and pollination syndrome in Loasaceae subfam. Loasoideae (Cornales). *Annals of Botany*, 98: 503-514.
- Agosta, S.J. y Janzen, D.H. (2005)** Body size distributions of large Costa Rican dry forest moths and the underlying relationship between plant and pollinator morphology. *Oikos*, 108: 183-193.

- Cocucci, A., Moré, M. y Sérsic, A. (2009)** Restricciones mecánicas en las interacciones planta-polinizador: estudio de casos en plantas polinizadas por esfíngidos. *En: Medel, R., Aizen, M. y Zamora, R. Ecología y evolución de interacciones planta-animal. (1ª Ed., pp. 43-59). Santiago, Chile. Editorial Universitaria.*
- Aizen, M., Vázquez, D. y Smith-Ramírez, C. (2002)** Historia natural y conservación de los mutualismos planta-animal del bosque templado de Sudamérica austral. *Revista Chilena de Historia Natural, 75: 79-97.*
- Baker, H.G. y Baker, I. (1975)** Studies of nectar-constitution and pollinator-plant coevolution. *Coevolution of Animals and Plants, 100: 591-600.*
- Bishop, J.A. y Armbruster, W.S. (1999)** Thermoregulatory abilities of Alaskan bees: Effects of size, phylogeny and ecology. *Functional Ecology, 13: 711-724.*
- Brown Jr., K.S. y Freitas, A.V.L. (2002)** Diversidade biológica no Alto Juruá: Avaliação, causas e manutenção. *In: Carneiro da Cunha, M.M. & M.B. Almeida (orgs.). Enciclopédia da floresta. O Alto Juruá: Práticas e conhecimentos das populações. Companhia das Letras, São Paulo. p. 33-42.*
- Bukovinszky, T., Verheijen, J., Zwerver, S., Klop, E., Biesmeijer, J., Wäckers, F., Prins, H. y Kleijn, D. (2017)** Exploring the relationships between landscape complexity, wild bee species richness and reproduction, and pollination services along a complexity gradient in the Netherlands. *Biological Conservation, 214: 312-319.*
- Cares-Suárez, R., Poch, T., Acevedo, R.F., Acosta-Bravo, I., Pimentel, C., Espinoza, C. y Botto-Mahan, C. (2011)** Do pollinators respond in a dose-dependent manner to flower herbivory? An experimental assessment in *Loasa tricolor* (Loasaceae). *Gayana Botanica, 68: 176-181.*
- Chiappa, E., Rojas, M. y Toro, H. (1990)** Clave para los géneros de abejas de Chile (Hymenoptera: Apoidea). *Revista Chilena de Entomología, 18: 67-81.*
- Contreras, J., Pedro, A., Sánchez, J.A. y Lacasa, A. (1998)** Influencia de las temperaturas extremas en el desarrollo de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, 24: 251-266.*
- Dzialowski, E.M. (2005)** Use of operative temperature and standard operative temperature models in thermal biology. *Journal of Thermal Biology, 30: 317-334.*
- Giannini, T.C., Garibaldi, L.A., Acosta, A.L., Silva, J.S., Maia, K.P., Saraiva, A.M. y Herrera, C. (1995)** Floral biology, microclimate and pollination by ectothermic bees in an early blooming herb. *Ecology, 76: 218-228.*
- Herrera, C. (1997)** Thermal biology and foraging responses of insect pollinators to the forest floor irradiance mosaic. *Oikos, 78: 601-611.*
- Hoffmann, A. (1998)** Flora Silvestre de Chile: zona Central, Santiago, Chile. Editorial Fundación Claudio Gay. 254 pp.
- Hofstede, F.E. y Sommeijer, M.J. (2006)** Influence of environmental and colony factors on the initial commodity choice of foragers of the stingless bee *Plebeia tobagoensis* (Hymenoptera, Meliponini). *Insectes Sociaux, 53(3): 258-264.*
- Jordano, P., Bascompte, J. y Olesen, J.M. (2003)** Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters, 6: 69-81.*
- Kaps, M. y Lamberson, W.R. (2004)** Biostatistics for Animal Science. CABI, Wallingford. 439 pp.
- Giannini, T.C., Garibaldi, L.A., Acosta, A.L., Silva, J.S., Maia, K.P., Saraiva, A.M., Guimarães, P.R y Kleinert, A.M. (2015)** Native and non-native super generalist bee species have different effects on plant-bee networks. *PloS one, 10(9): e0137198.*
- Kleinert, A.M.P., Ramalho, M., Cortopassi-Laurino, M., Ribeiro, M.F. y Imperatriz-Fonseca, V.L. (2009)** Abelhas Sociais (Bombini, Apini, Meliponini). *In: Panizzi AR, Parra JRP (eds) Bioecologia e Nutrição de Insetos: Base Para o Manejo Integrado de Pragas. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 371-424.*

- Medel, R., González-Browne, C. y Fontúrbel, F.E. (2018)** Pollination in the Chilean Mediterranean-type ecosystem: a review of current advances and pending tasks. *Plant Biology*, 20: 89-99.
- Michener, C.D. (2007)** The Bees of the World. (2nd. ed). (The John Hopkins University Press). Baltimore, Maryland, EE.UU. 947 pp.
- Moeller, D.A. (2005)** Pollinator community structure and sources of spatial variation in plant pollinator interactions in *Clarkia xantiana* ssp. *xantiana*. *Oecologia*, 142: 28-37.
- Montalva, J. y Ruz, L. (2010)** Actualización de la lista sistemática de las abejas chilenas (Hymenoptera: Apoidea). *Revista Chilena de Entomología*, 35: 15-52.
- Montero-Castaño, A. y Vilà, M. (2017)** Influence of the honeybee and trait similarity on the effect of a non-native plant on pollination and network rewiring. *Functional Ecology*, 31: 142-152.
- Nieh, J.C. y Sánchez, D. (2005)** Effect of food quality, distance and height on thoracic temperature in the stingless bee *Melipona panamica*. *The Journal of Experimental Biology*, 208: 3933-3943.
- Novoa, P. (2013)** Flora de la región de Valparaíso. Editorial Fundación Jardín Botánico Nacional. Valparaíso, Chile. 360 pp.
- Packer, L., Zayed, A., Grixti, J.C., Ruz, L., Owen, R.E., Vivallo, F. y Toro, H. (2005)** Conservation genetics of potentially endangered mutualisms: reduced levels of genetic variation in specialist versus generalist bees. *Conservation Biology*, 19: 195-202.
- Peters, V.E., Carroll, C.R., Cooper, R.J., Greenberg, R. y Solis, M. (2013)** The contribution of plant species with a steady-state flowering phenology to native bee conservation and bee pollination services. *Insect Conservation and Diversity*, 6: 45-56.
- Polatto, L.P. y Alves-Jr, V.V. (2008)** Utilização dos recursos florais pelos visitantes em *Sparattosperma leucanthum* (Vell.) K. Schum. (Bignoniaceae). *Neotropical Entomology*, 37: 389-398.
- Polatto, L.P., Chaud-Netto, J. y Alves-Jr, V.V. (2014)** Influence of abiotic factors and floral resource availability on daily foraging activity of bees. *Journal of Insect Behavior*, 27: 593-612.
- Rands, S.A. y Whitney, H.M. (2008)** Floral temperature and optimal foraging: is heat a feasible floral reward for pollinators?. *PLoS One*, 3(4): 1-7.
- Rozzi, R., Arroyo, M. y Armesto, J. (1997)** Ecological factors affecting gene flow between populations of *Anarthrophyllum cunningii* (Papilionaceae) growing on equatorial- and polar-facing slopes in the Andes of central Chile. *Plant Ecology*, 132: 171-179.
- Ruiz, J.L. (2014)** Influencia de los factores microclimáticos en la actividad de forrajeo de *Bombus* spp., *Apis mellifera* L. y *Melitta tricincta* Kirby, sobre flores de *Macrosyringion longiflorum* (Lam.) Rothm., en el macizo Cazorla-Segura (Jaén, SE Península Ibérica) (Insecta, Hymenoptera). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección biológica*, 108: 49-52.
- Sanzana, M.J., Parra, L., Benítez, E., Hugo, A. y Espejo, J. (2012)** Entomofauna polinizadora de *Eucalyptus nitens* en huertos semilleros del centro sur de Chile. *Bosque* (Valdivia), 33: 25-31.
- Smith, A. y Aguilar, C. (2008)** Abejas visitantes de *Mimosa pigra* L. (Mimosaceae): comportamiento de pecoreo y cargas polínicas. *Acta Biológica Colombiana*, 14: 10.
- Stone, G.N. y Willmer, P.G. (1989)** Warm-up rates and body temperature in bees: the importance of body size, thermal regime and phylogeny. *Journal of Experimental Biology*, 147: 303-328.
- Stone, G.N. (1993)** Endothermy in the solitary bee *Anthophora plumipes*: independent measures of thermoregulatory ability, costs of warm-up and the role of body size. *Journal of Experimental Biology*, 174: 299-320.

- Sunday, J.M., Bates, A.E., Colwell, R.K., Dulvy, N.K., Kearney, M.R., Longino, J.T. y Huey, R.B. (2014)** Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory behaviour across latitude and elevation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111: 5610-5615.
- Tiedeken, E.J., Stout, J.C., Stevenson, P.C. y Wright, G.A. (2014)** Bumblebees are not deterred by ecologically relevant concentrations of nectar toxins. *Journal of Experimental Biology*, 217: 1620-1635.
- Tiedeken, E.J., Egan, P.A., Stevenson, P.C., Wright, G.A., Brown, M.J., Power, E.F., Farrell, I., Matthews, S.M. y Stout, J.C. (2015)** Nectar chemistry modulates the impact of an invasive plant on native pollinators. *Functional Ecology*, 30: 885-893.
- Toro-Borrego, M. y Méndez, A. (2007)** Influencia de la temperatura media, humedad relativa y precipitaciones en el comportamiento de tres especies de insectos plagas asociados al cultivo del tabaco al sol en el Municipio de Puerto Padre, Cuba. *Fitosanidad*, 11: 19-24.
- Toro, H., Chiappa, E. y Tobar, M. (2009)** Biología de insectos. (3ª ed.). Valparaíso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso. 249 pp.
- Torres-Díaz, C., Lohengrin, A., Muñoz-Ramírez, C. y Arroyo, M. (2007)** Consecuencias de las variaciones microclimáticas sobre la visita de insectos polinizadores en dos especies de *Chaetanthera* (Asteraceae) en los Andes de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*, 80: 455-468.
- Utelli, A.B. y Roy, B.A. (2000)** Pollinator abundance and behaviour on *Aconitum lycoctonum* (Ranunculaceae): an analysis of the quantity and quality components of pollination. *Oikos*, 89: 461-470.
- Wang, X., Liu, H., Li, X., Song, Y., Chen, L. y Jin, L. (2009)** Correlations between environmental factors and wild bee behaviour on alfalfa (*Medicago sativa*) in Northwestern China. *Environmental Entomology*, 38: 1480-1484.
- Whitney, H.M., Dyer, A., Hittka, L. Rands, S.A. y Glover, B.J. (2008)** The interaction of temperature and sucrose concentration on foraging preferences in bumblebees. *Naturwissenschaften*, 95: 845-850.