

**FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRONÓMICAS  
Y DE LOS ALIMENTOS**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO**

## **TALLER DE TÍTULO**

### **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Efecto de la distancia del bosque nativo sobre el servicio ecosistémico de polinización en el palto (*Persea americana* Mill.)

VICENTE ALONSO HORMAZÁBAL PAVAT

QUILLOTA, CHILE

2019

## Índice

1. Resumen .....	1
2. Introducción al problema.....	2
3. Hipótesis.....	4
4. Estado del arte .....	4
5. Metodología.....	9
6. Resultados esperados .....	12
7. Bibliografía.....	15
8. Plan de trabajo .....	18
9. Organización, cargos y funciones .....	21
10. Presupuesto del proyecto.....	22

## 1. Resumen

El servicio ecosistémico de polinización brindado por animales es muy importante para la agricultura, dependiendo la mayoría de los cultivos de él. Así, los cultivos se benefician generalmente por la polinización mediada por insectos silvestres y por la cercanía naturaleza.

El escenario actual plantea una disminución del número de polinizadores debido a factores antrópicos, siendo la fragmentación del hábitat natural uno de los más importantes. En un ambiente natural se tiene más visita de polinizadores y mayores rendimientos.

Ante el acelerado crecimiento del área agrícola en Chile, y el reemplazo del bosque nativo esclerófilo por plantaciones, se ha propiciado un ambiente fragmentado donde las distancias a los bosques nativos son cada vez mayores.

En especial el palto es una especie frutal de gran importancia económica que depende de la polinización por insectos silvestres que se encuentran en el bosque nativo. Sin embargo, a través de su modelo de grandes plantaciones ha generado fragmentaciones en el bosque esclerófilo que han deteriorado procesos ecológicos.

Conociendo la tendencia general a la disminución de los polinizadores a mayores distancias del hábitat natural, se plantea la pregunta de investigación: ¿Cómo varía la visita de insectos silvestres polinizadores del palto en relación a la distancia con el hábitat natural?

Se evaluará la tasa de visitas y porcentaje de cuaja de insectos silvestres y abejas melíferas (*Apis mellifera* L., Hymenoptera) a distintas distancias del bosque nativo en cinco plantaciones de palto para contestar esta pregunta, esperando que la tasa de visita de insectos silvestres disminuya a menor distancia del bosque nativo, y a su vez el porcentaje de cuaja.

## 2. Introducción al problema

Los servicios ecosistémicos son grandes benefactores para el ser humano y para la agricultura. Uno de los servicios más importantes para la agricultura es la polinización por agentes bióticos, que abarca 70% de los cultivos a nivel mundial y a su vez es responsable de 35% de la producción de alimento (Klein *et al.*, 2007).

Pese al uso generalizado de polinizadores domésticos, gran parte de la polinización es realizada por insectos silvestres y en la mayoría de los cultivos a nivel mundial, gran parte del rendimiento en cultivos se explica a través de la polinización mediada por insectos silvestres. (Garibaldi *et al.*, 2013)

Sin embargo, se ha evidenciado que existe una tendencia a la declinación de los polinizadores silvestres y domésticos a nivel mundial (Potts *et al.*, 2010, Bartomeus *et al.*, 2013), cuya principal causa sería la pérdida de hábitat natural, lo que podría comprometer la producción de alimento. Según Ricketts *et al.* (2008) la fragmentación del hábitat natural afectaría negativamente la polinización, ya que la riqueza y abundancia de polinizadores declina con la distancia al hábitat natural y de la misma manera, otros servicios ecosistémicos de regulación bióticos declinan a mayor distancia del hábitat natural, como es el control y regulación de plagas (Mitchell *et al.*, 2014).

Diversos estudios han demostrado que la polinización por insectos silvestres se ve beneficiada por el efecto que tiene el hábitat natural sobre la riqueza y abundancia de polinizadores. Por ejemplo, Holzschuh *et al.* (2012) menciona que la cuaja de cerezo (*Prunus avium*, *Rosaceae*) en Alemania aumenta a mayor tasa de visita de insectos silvestres. Además señala que la mayor abundancia de insectos silvestres se produce en predios con mayor porcentaje de hábitat de alta diversidad.

De igual manera, para cultivos de almendro (*Prunus dulcis*, *Rosaceae*) en California, la cuaja de frutos también aumenta a mayor frecuencia de visitantes silvestres y la abundancia de ellos aumenta a mayor porcentaje de hábitat natural (Klein *et al.*, 2012).

En otro caso, en un cultivo de mangos (*Mangifera indica* L., *Anacardiaceae*) en Sudáfrica, se observó que la tasa de visita de insectos silvestres disminuye hasta 80% en los primeros 500 metros de distancia del cultivo al hábitat natural, demostrando así que la distancia al hábitat natural es perjudicial para la polinización (Carvalho *et al.*, 2010).

En Chile, actualmente se cuenta con cerca de 30.000 hectáreas de palto (*Persea americana* Mill., *Lauraceae*), de las cuales 19.300 se encuentran en la Región de Valparaíso. Es el cuarto cultivo frutal con mayor superficie del país, además de ser el segundo con mayor producción y el principal cultivo en la región de Valparaíso (ODEPA & CIREN, 2017).

Debido a la gran importancia del palto en la región y la creciente búsqueda de terrenos aptos para su establecimiento, ha surgido la necesidad de extender los cultivos a las laderas de cerros donde el bosque nativo esclerófilo ha sido reemplazado en grandes superficies causando transformaciones de fragmentación en el paisaje (Armesto *et al.*, 2010), donde además se encuentra el hábitat de la mayoría de importantes polinizadores en Chile (Medel *et al.*, 2017). La fragmentación de los bosques nativos se caracteriza por la separación y aislamiento de los hábitats naturales, deteriorándose los procesos ecológicos debido a esto (Otavo & Echeverría, 2017) y siendo la distancia entre fragmentos y los cultivos uno de los principales motivos del deterioro del servicio ecosistémico de polinización (Ricketts *et al.*, 2008)

Tradicionalmente la polinización del palto se maneja con *Apis mellifera* ya que es un frutal dependiente de la polinización mediada por insectos debido al asincronismo en la antesis de la parte masculina y femenina de su flor (Mena, 1997; Whiley *et al.*, 2013). No obstante, se ha señalado la importancia de polinizadores silvestres en México, donde se origina la especie (Ish-Am *et al.*, 1999).

Las publicaciones científicas que evalúen el impacto de la fragmentación del hábitat o el efecto de polinizadores silvestres en la agricultura en Chile son escasas (Medel *et al.*, 2017). Sin embargo, un primer estudio en paltos en Quillota, región de Valparaíso, comprueba la importancia de los polinizadores silvestres, siendo responsables del 52% de las visitas a flores y logrando un 5% mayor productividad que las abejas melíferas (Celis-Diez *et al.*, sin publicar), esto sin estudiar el efecto de la distancia al hábitat natural o la fracción del mismo existente alrededor del cultivo.

La lejanía al hábitat natural y la fragmentación del paisaje ha demostrado tener un efecto negativo sobre la polinización a nivel mundial y, por el contrario, la mayor proporción de hábitat natural beneficia a los cultivos alrededor del mundo. En el caso de Chile, es fundamental evaluar el desempeño de polinizadores endémicos que encuentran su hábitat

en el bosque esclerófilo con el fin de mejorar la producción (Monzón, 2011), más aún cuando la información de interacciones planta-polinizador es escasa. En este sentido se plantea la pregunta de investigación: ¿Cómo varía la visita de insectos silvestres polinizadores del palto en relación a la distancia con el hábitat natural?

El objetivo general de este proyecto será evaluar el efecto de la distancia al bosque nativo sobre la polinización en palto

Los objetivos específicos son: (1) cuantificar la tasa de visita de insectos silvestres a diferentes distancias del bosque, (2) cuantificar la tasa de visita de abejas melíferas a diferentes distancias y (3) estimar el porcentaje de cuaja logrado por insectos silvestres a distancias crecientes del bosque nativo.

### **3. Hipótesis**

- (1) La tasa de visita de insectos silvestres a flores del palto disminuirá a mayor distancia del bosque nativo.
- (2) La tasa de visita de abejas melíferas no cambiará respecto a la distancia del bosque nativo.
- (3) El porcentaje de cuaja en palto tendrá directa relación con la tasa de visitas de insectos silvestres a menor distancia del bosque.

### **4. Estado del arte**

#### *Polinizadores y la importancia del hábitat natural*

El servicio ecosistémico de polinización cobra gran importancia para la seguridad alimentaria a nivel mundial, siendo 75% de los cultivos aproximadamente dependientes de polinización biótica, contando con 30% de la producción de alimento (Klein *et al.*, 2007).

Pese al uso generalizado de abejas melíferas a nivel mundial para polinizar cultivos, son necesarios los insectos silvestres para complementar la producción. Incluso, sería mayor el beneficio que entregan los insectos silvestres que las abejas en la gran mayoría de los cultivos (Garibaldi *et al.*, 2013)

Se ha reportado declinación de polinizadores a nivel mundial. En Europa se ha evidenciado disminución de colonias de abejas y el número de apicultores durante más de

40 años debido a enfermedades, uso intensivo de plaguicidas y fragmentación del hábitat de los polinizadores (Potts *et al.*, 2010). En Estados Unidos se observó declinación de poblaciones de *Bombus* nativos, debido a las causas anteriores y el desplazamiento ocasionado por especies exóticas (Bartomeus *et al.*, 2013)

La fragmentación del hábitat natural sería la principal causa de la pérdida de polinizadores, ocasionando brechas en la productividad, ya que los polinizadores silvestres tienen una importante declinación a mayor distancia del hábitat (Ricketts *et al.*, 2008; Garibaldi *et al.*, 2011). Por ejemplo en cultivos de mango en Sudáfrica, en transectos ubicados perpendiculares al bosque nativo, la visita de insectos silvestres a las flores disminuye en un 50% dentro de los primeros metros de distancia al bosque, y 80% a 500 metros (Carvalho *et al.*, 2010)

Por otro lado, en cultivos de cerezo en Alemania, la productividad se ve positivamente afectada por la tasa de visitas de abejas silvestres y por el contrario, no existe relación entre la visita de abejas melíferas y el porcentaje de cuaja. Además, la tasa de visita de abejas silvestres se ve positivamente afectada por el porcentaje de hábitat natural. A 1 km de radio de los huertos estudiados, el aumento de hábitat natural de 20% a 50% implicó un aumento de la cuaja de frutos en 150% (Figura 2) (Holzschuh *et al.*, 2012).

También en almendros en California, zona de clima mediterráneo, la frecuencia de visita de abejas silvestres y dípteros tuvo directa relación con la proporción de hábitat natural ubicado alrededor de los huertos. La riqueza de visitantes y el porcentaje de cuaja estuvieron positivamente relacionados con el porcentaje de hábitat natural. En este estudio se comprueba que en paisajes con más de 30% de hábitat natural, los efectos positivos del mismo son importantes sobre el cultivo, siendo menos importantes los manejos culturales (Klein *et al.*, 2012).

De la misma manera diversos estudios han demostrado la importancia de un hábitat natural y polinizadores silvestres para varios cultivos como tomate y berenjena (Greenleaf & Kremen, 2006; Gemill-Herren & Ochieng, 2008), entre otros.

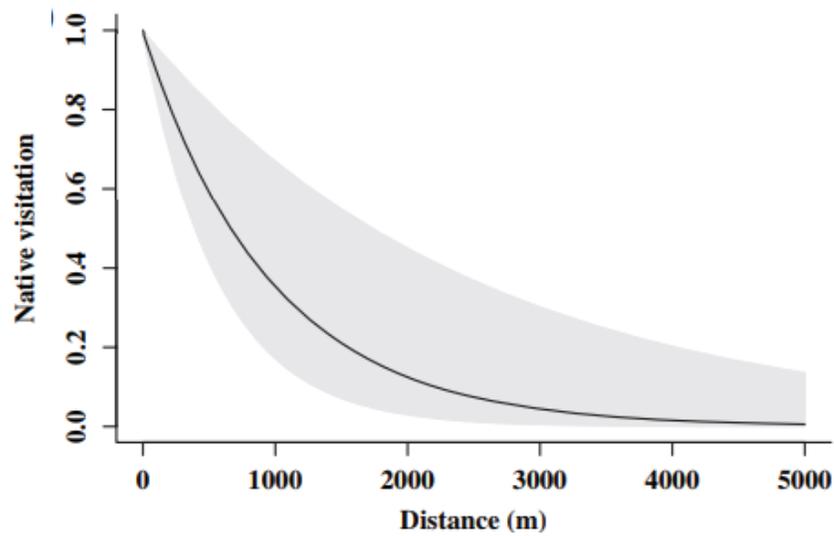


Figura 1: Declinación de visita de polinizadores según distancia al hábitat natural. Fuente: Ricketts *et al.*, 2008.

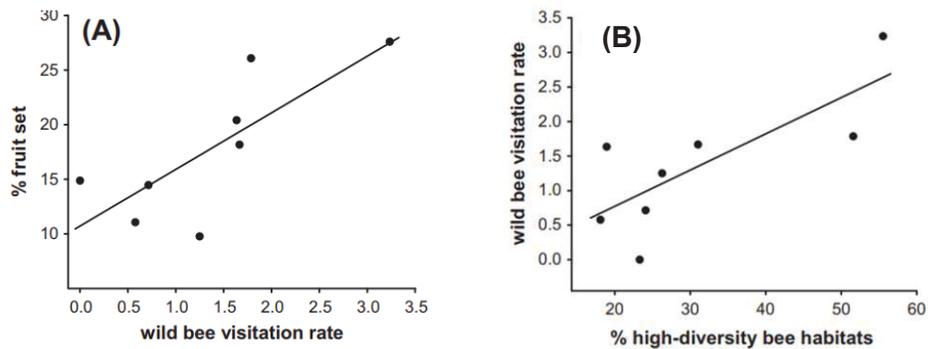


Figura 2: Estudio llevado a cabo en cerezos en Alemania. a) Porcentaje de cuaja aumenta a mayor tasa de visitas de abejas silvestres. b) Tasa de visita aumenta a mayor proporción de hábitat natural. Fuente: Holzschuh *et al.*, 2012.

### *Fragmentación de hábitat natural en la zona central*

La fragmentación de un hábitat natural consiste en la separación y aislamiento de las partes del mismo debido a factores antrópicos principalmente, deteriorando la biodiversidad y los procesos ecológicos que se llevan a cabo dentro de ellos (Otavo & Echeverría, 2017)

Los bosques de la zona central de clima mediterráneo de Chile han sufrido de perturbaciones históricas relacionadas, en un comienzo, con la rápida expansión de la minería con la llegada de colonos europeos, actividad que utilizó como fuente de energía la madera del bosque nativo y como fuente de alimento el pastoreo de ganado exótico. Estos factores ocasionaron degradación del bosque, mermando su capacidad de regeneración, remaneciendo solo fragmentos parchosos actualmente (Armesto *et al.*, 2010).

En la actualidad, la introducción de nuevos cultivos en la región de Valparaíso ha causado transformaciones en el hábitat natural aún más aceleradas, convirtiéndose en el principal factor del cambio en el paisaje de la zona. Desde los años 90 la superficie de paltos ha crecido de 8.000 a 24.000 hectáreas para el año 2007 a nivel nacional, existiendo aproximadamente 30.000 hectáreas en la actualidad (ODEPA & CIREN, 2007). Por otro lado la superficie de vid ha crecido de 110.000 a 180.000 hectáreas entre 1990 y 2007 a nivel nacional. (Armesto *et al.*, 2010).

Además, según Schulz *et al.* (2010) la cobertura de suelo agrícola ha aumentado de 14,5% a 21% en la zona central entre 1975 y 2008, mientras que el bosque ha disminuido su área en un 6,5% y el matorral un 10,6%. El bosque esclerófilo tuvo una tendencia a transformarse a matorral, remaneciendo parches principalmente en laderas de gran pendiente y difícilmente accesibles.

No obstante, la necesidad de encontrar terrenos para la plantación del palto, en conjunto con las nuevas técnicas de cultivo como los camellones a favor de pendiente, ha llevado al cultivo del palto a instalarse en estas áreas remanentes del bosque esclerófilo, remplazándose grandes superficies de bosque, causando cambios en el paisaje natural a grandes escalas (Armesto *et al.*, 2010)

Los procesos de fragmentación que se viven actualmente en la región y sus consecuencias sobre los procesos ecológicos sugieren que podrían verse deteriorados los

servicios ecosistémicos que benefician el cultivo del palto. El análisis de distintos casos a nivel mundial da a conocer que la fragmentación de los bosques nativos causa degradación en los servicios ecosistémicos de polinización, siendo la distancia de los cultivos con los bosques uno de los principales factores de la pérdida de este servicio (Ricketts *et al.*, 2008; Garibaldi *et al.*, 2011).

### *La polinización en palto*

El palto es una especie frutal dependiente de la polinización para generar frutos. Posee dicogamia protoginia, es decir, un desfase en la maduración de las partes femenina y masculina de su flor, siendo la parte femenina la primera en estar receptiva, impidiendo la autopolinización. Debido a esto, los insectos son el principal el medio para lograr el transporte de polen entre ambas partes de la flor (Mena, 1997; Whiley *et al.*, 2010) y además lograr la cuaja del fruto.

Para facilitar la polinización, en gran parte de los cultivos alrededor del mundo (Klein *et al.*, 2007) incluso en su región de origen (Whiley *et al.*, 2010) se han utilizado colmenas de abeja melífera en una densidad de entre 6-10 colmenas por hectárea (Mena, 1997). Sin embargo, se ha reportado que esta especie no es el polinizador más efectivo. Algunos polinizadores efectivos del palto son abejas nativas de México como las de la familia Meliponinae y la especie *Brachygastra mellifica* Say (Ish-Am *et al.*, 1999).

Junto con lo anterior, se ha demostrado que la mayor proporción de visitantes florales al palto en México, su zona de origen, son dípteros de la familia Syrphidae, que son menos efectivos que las abejas, pero realizan visitas masivas, logrando una tasa de visita superior (Ish-Am *et al.*, 1999).

En Chile existe poca información respecto a los polinizadores del palto. El año 2001 se estudió la visita de polinizadores en dos sitios en la región de Valparaíso: La ligua y Quillota. Se observó que la mayor proporción de visitantes florales al palto correspondía a insectos silvestres. En Quillota 57% de los visitantes fueron abejas melíferas y 43% insectos silvestres, mientras tanto que en La Ligua se observó una proporción de 28% y 72% respectivamente (Valdés, 2002).

En un estudio actual, llevado a cabo en Quillota y La Cruz, Región de Valparaíso, que evaluó la visita de polinizadores del palto y su eficacia, se demostró que la visita de las abejas melíferas no guarda relación directa con la productividad en la zona, además, la proporción de visitantes entre 2015 y 2016 para ambos sitios fue de 52% para insectos silvestres y 48% para abejas melíferas, siendo los insectos silvestres 5% más efectivos por visita que la abeja melífera (Celis-Diez *et al.*, sin publicar).

Estos resultados guardan relación con lo observado con Ish-Am *et al.* (1999) y Pérez-Balam *et al.* (2012) que destacan el rol de polinizadores nativos en palto en su región de origen, en familias de insectos similares a las observadas en Chile, por lo que insectos silvestres de Chile central podrían ser polinizadores eficaces.

Pese a la importancia de los polinizadores silvestres a nivel mundial, la conservación de los polinizadores nativos de Chile es un tema poco abarcado científicamente, obviándose sobre todo las relaciones polinizador-planta en la agricultura. La valorización de ellos urge debido a la gran diversidad de polinizadores existentes, que además habitan en su mayoría una zona prioritaria de conservación, como es Chile central (Medel *et al.*, 2017; Monzón, 2011)

## **5. Metodología**

### *Sitio de estudio*

El estudio se llevará a cabo en cinco huertos de palto contiguos a matorral arborescente o bosque nativo semidenso a denso (en adelante, bosque nativo solamente) según SIT-CONAF 2017. Los sitios elegidos tendrán exposición solana, pendiente similar y se encontrarán ubicados en (1) La Palma, Quillota (2) Santa Olivia, Quillota, (3) Pocochay, La Cruz, (4) Artificio, La Calera, (5) Ocoa, Hijuelas. Todos estos ubicados en la Región de Valparaíso, de clima mediterráneo cálido con estación seca prolongada. Los sitios elegidos tendrán un tratamiento de polinización de 10 colmenas de *Apis mellifera* por hectárea.

### *Diseño experimental*

El diseño se basa en el experimento propuesto por Gemill-Herren & Ochieng (2008) para estudiar el efecto de la distancia al bosque sobre la polinización en berenjena en Kenia.

Se establecerá un diseño completamente al azar de cinco unidades experimentales (sitios de estudio). En cada uno se establecerán tres parcelas paralelas al bosque nativo conteniendo los niveles del tratamiento “efecto borde del bosque nativo”: (1) 0-50 m de distancia al bosque (sitios cercanos), (2) 100-150 m (sitios medios) y (3) 200-250 m (sitios lejanos). La unidad de observación serán 15 árboles de palto seleccionados al azar. Los árboles serán marcados, georreferenciados y se limitará un cuadrante de observación de un metro cuadrado en la copa a una altura de 1,5 m. El diseño se resume gráficamente en la figura 3.

#### *Determinación de la tasa de visita*

Se llevarán a cabo tres observaciones de visitantes durante la temporada de floración del palto. Los cuadrantes de los árboles seleccionados serán observados en periodos de cinco minutos, registrando e identificando a nivel especie el número de visitas y visitantes florales.

Finalmente se contará el número de flores abiertas y se obtendrá la tasa de visita de insectos silvestres y abejas mediante la fórmula  $n^{\circ}\text{visitas}/n^{\circ}\text{flores} \times 100$ . Es decir, visitas cada cien flores abiertas (Holzschuh *et al.*, 2012).

En total se acumularan 1125 minutos de observación de visitantes durante la temporada de floración para todos los huertos.

#### *Determinación del porcentaje de cuaja*

Finalizada la floración, durante el mes de enero, se contarán los frutos cuajados dentro del cuadrante y se estimará el porcentaje de cuaja de la siguiente manera:  $\text{frutos cuajados}/\text{número de flores} \times 100$

#### *Análisis estadístico*

Los resultados de la tasa de visita de insectos silvestres y abejas melíferas serán sometidos a una prueba ANOVA de una sola vía para conocer si hay una diferencia significativa entre los distintos niveles de tratamiento. Posteriormente, se realizará una prueba de separación de medias de Tukey, para conocer las diferencias entre los niveles del tratamiento (Gemill-Herren & Ochieng, 2008, González-Escobar *et al.*, 2010).

Para estimar el porcentaje de cuaja a varias distancias del bosque nativo se generará un modelo generalizado lineal mixto con el programa R 3.5.3. (© The R foundation for statistical computing). La variable respuesta será el porcentaje de cuaja, los factores fijos serán la tasa de visita de insectos silvestres y abejas y el factor aleatorio será la distancia a la formación nativa.

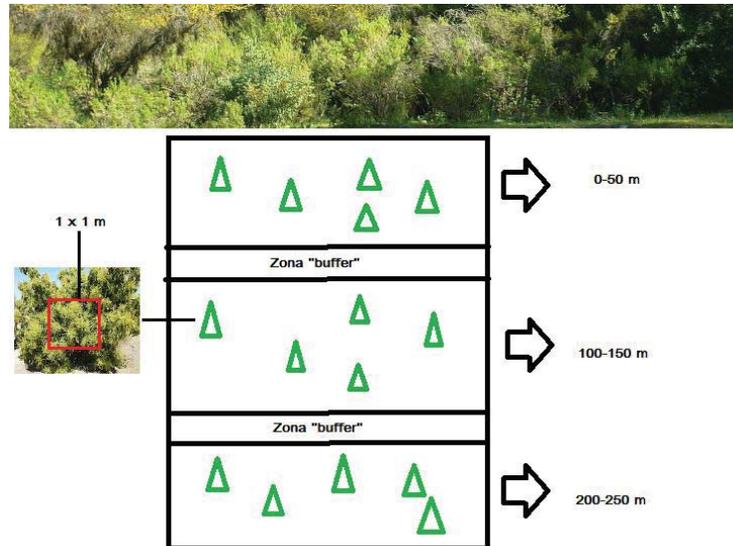


Figura 3: Representación gráfica del diseño experimental. Fuente: elaboración propia, 2018.

## 6. Resultados esperados

### *Tasa de visita insectos silvestres*

La tasa de visita observada en el bloque cercano al bosque nativo será significativamente mayor que el bloque lejano para los insectos silvestres. En la figura 3 se expresa la tasa de visita a distintas distancias del bosque nativo. Los resultados fueron simulados en base a la tasa de visita obtenida por Holzschuh *et al.* (2012) para cerezo en cultivos con alto porcentaje de hábitat natural, como reflejo de la cercanía al mismo.

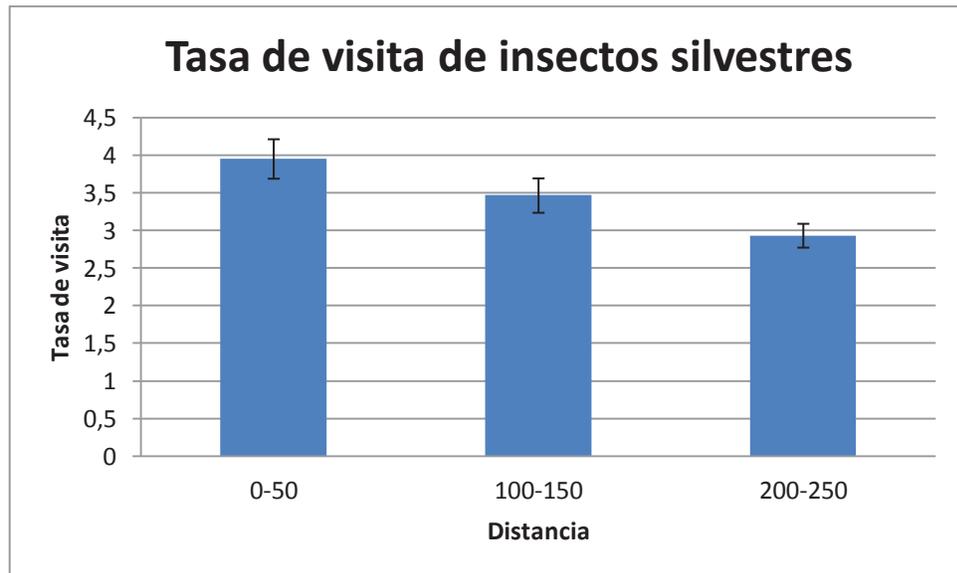


Figura 4: Tasa de visita a flores del palto, expresada en visitas cada mil flores abiertas. **P** < 0,05 según ANOVA. Fuente: elaboración propia, 2018

### *Tasa de visita Apis mellifera*

Se espera que la tasa de visita de la abeja melífera respecto al hábitat natural no cambie significativamente con la distancia, además de no presentar coherencia con este factor, tal como lo muestran varios estudios (Klein *et al.*, 2012. Holzschuh *et al.*, 2012.)

En la figura 2 se observa la tasa de visita cerca y lejos del hábitat natural para abeja melífera.

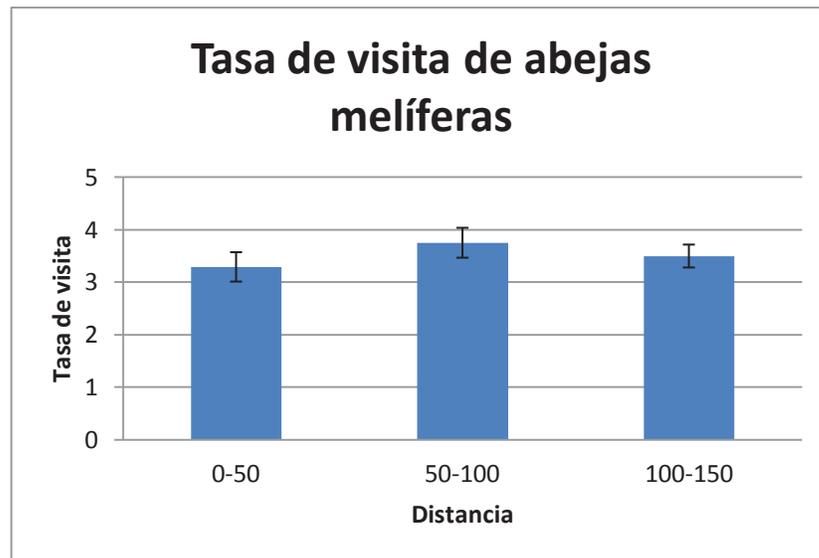


Figura 5: Tasa de visita de abeja melífera a flores del palto, expresada en número de visitas cada mil flores.  $P > 0,05$  según ANOVA. Fuente: elaboración propia, 2018.

### *Porcentaje de cuaja v/s distancia*

Por último, se espera que a mayor distancia del bosque nativo exista menor tasa de visitas de insectos silvestres y por tanto menor porcentaje de cuaja.

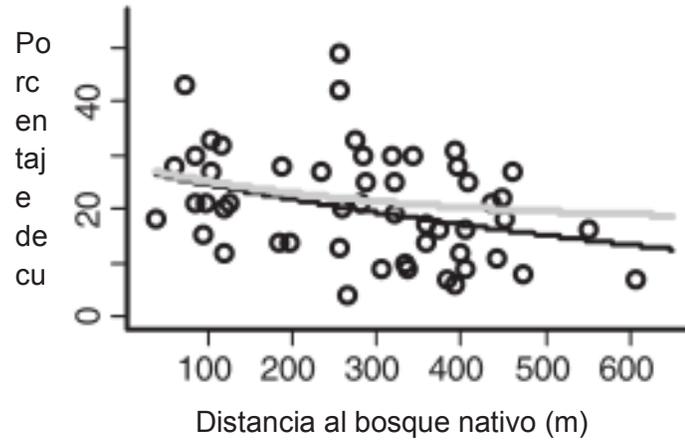


Figura 6: Declinación de porcentaje de cuaja logrado por insectos silvestres respecto a la distancia del bosque nativo. Fuente: Adaptado de Carvalheiro *et al.*, 2010

## 7. Bibliografía

1. Armesto, J.J., Manuschevich, D., Mora, A., Smith-Ramirez, C., Rozzi, R., Abarzúa, A.M. & Marquet, P. (2010). From the Holocene to the Anthropocene: A historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years. *Land use policy*. 27, 148-160.
2. Carvalheiro, L., Seymour C. L., Veldtman R. & Nicolson S.W. (2010). Pollination services decline with distance from natural habitat even in biodiversity-rich areas. *Journal of Applied Ecology*. 47, 810–820.
3. Celis-Diez, J., García, C., Armesto, J., Abades, S. (Manuscrito sin publicar). Wild floral visitors as providers of pollination services for commercial crops: The case of avocado in central Chile.
4. Garibaldi, L. (2011). Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology letters*. 14, 1062-1072.
5. Garibaldi, L. (2013). Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science*. 339, 1608-1611.
6. Gemil-Herren, B., Ochieng, A.O. (2008). Role of native bees and natural habitats in eggplant (*Solanum melongena*) pollination in Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 127, 31–36.
7. González-Escobar, R., Trapero, A & Domínguez, J. (2010). Experimentación en agricultura. Consejería de agricultura y pesca de Andalucía. Andalucía, España. 350pp.
8. Greenleaf, S.S., Kremen, C. (2006). Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biol. Conserv.* 133, 81–87.
9. Holzschuh, A., Dudenhöffer, J.H. & Tschardtke, T. (2012). Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. *Biol. Conserv.* 153, 101–107.
10. Ish-Am, G., Barrientos-Priego, F., Castañeda-Vildozola, A., Gazit, S. (1999). Avocado (*Persea americana* Mill.) in its region of origin. *Revista Chamingo serie horticultura*. 5, 137-143.
11. Klein, A. M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. & Tschardtke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 274, 303–313.

12. Klein, A.M., Brittain, C., Hendrix, S.D., Thorp, R., Williams, N. & Kremen, C. (2012). Wild pollination services to California almond rely on semi-natural habitat. *Journal of Applied Ecology*. 49, 723–732.
13. Medel, R., González-Browne, C., Fonturbel, F-E. (2017). Pollination in the Chilean Mediterranean-type ecosystem: a review of current advances and pending tasks. *Plant biology*. 20, 89-99.
14. Mena, F. (1997). Caracterización de la floración del palto (*Persea americana* Mill.) en los cultivares Bacon, Zutano, Negra de La cruz y Edranol en Quillota, y determinación de la viabilidad del polen de palto cv. Hass, a través de dos métodos. Facultad de agronomía. Pontificia universidad católica de Valparaíso. Quillota, Chile.
15. Mitchell, M., Bennett, E. & González, A. (2014). Forest fragments modulate the provision of multiple ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*. 51, 909–918
16. Monzón, V. H. (2011). Utilización de abejas nativas como polinizadores de frutales. Facultad de ciencias básicas. Universidad Católica del Maule. Talca, Chile.
17. ODEPA, CIREN (2017). Catastro frutícola región de Valparaíso. Principales resultados julio 2017. Recuperado de: <http://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2016/12/Valparaiso.pdf>.
18. Otavo, S., Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 88, 924–935.
19. Pérez-Balam, J., Quezada-Euán, J.J.G., Alfaro-Bates, R., Medina, McKendrick, S., Soro, A., Paxton, R.J. (2012). The contribution of honey bees, flies and wasps to avocado (*Persea americana*) pollination in southern Mexico. *Journal of Pollination Ecology*, 8(6), 2012, 42-47.
20. Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W.E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evol.* 25, 593 345–353.
21. Ricketts, T., Regetz, J., Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, C., Bogdanski, A., Gemmill-Herren, B., Greenleaf, S., Klein, A-M., Mayfield, M., Morandin, L., Ochieng, A., & Viana, B. (2008). Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?. *Ecology Letters*. 11, 499-515.

22. Schulz, J.J., Cayuela, L., Echeverria, C., Salas, J., Rey Benayas, J.M. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975-2008). *Appl. Geogr.* 30, 436–447
23. Valdés, C. (2002). Evaluación de la actividad de *Apis mellifera* L y otros insectos asociados a la floración del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en dos localidades de la V región (Quillota y La ligua). Facultad de agronomía. Pontificia universidad católica de Valparaíso. Quillota, Chile.
24. Whiley, A., Schaffer, B. & Nigel, B. (2013). The avocado: botany, production and uses. Segunda edición. Wallingford CABI, 2013. Australia. 604pp.

## **8. Plan de trabajo**

### *Primera etapa*

Corresponde a una fase de preparación, donde se recibe el fondo, se coordina con el director de proyecto, se contrata personal y se revisan las fases del proyecto. Se lleva a cabo entre julio y agosto del año 2019 y consiste en:

(1) Coordinación con el director del proyecto, (2) contrato de coinvestigador, (3) compra de materiales, (4) revisión bibliográfica y por último (5) elección de sitios de estudio.

### *Segunda etapa*

Es una etapa de preparación para el estudio en terreno llevada a cabo en septiembre del año 2019. Consiste en: (1) Coordinación con dueños de sitios, (2) caracterización de los sitios, (3) contrato de personal de apoyo, (4) capacitación del personal.

### *Tercera etapa*

Etapa de ejecución de las observaciones. Se lleva a cabo durante octubre y noviembre del año 2019. Consiste en (1) delimitación del sitio de estudio, (2) tres registros de visitas, (3) traspaso y digitalización de datos y por último (4) asesoría de entomólogo.

### *Cuarta etapa*

Comprende desde diciembre del año 2019 a marzo del año 2020. Consiste en análisis estadísticos, elaboración de informe y la última visita a terreno para evaluar el porcentaje de cuaja. Las fases son: (1) Análisis de datos estadísticos de TV, (2) Registro de cuaja y traspaso de datos, (3) análisis de datos estadísticos de cuaja, (4) elaboración de informes (5) elaboración de conclusiones.

### *Quinta etapa*

Etapa de difusión, consiste solamente de la organización y realización de un seminario de difusión

La programación del plan de trabajo y sus distintas fases se puede observar a continuación en la figura 7, carta Gantt del proyecto.

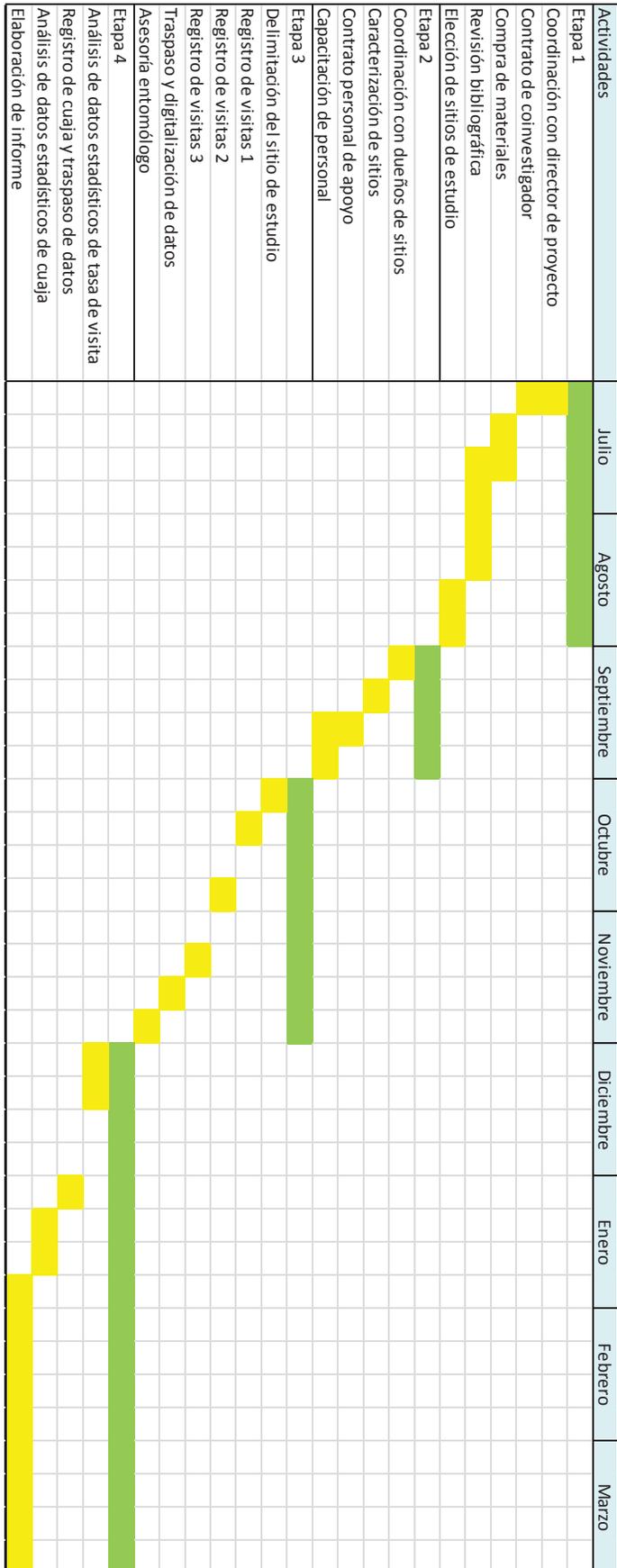


Figura 7a:  
 Carta Gantt  
 del proyecto,  
 temporada  
 1.  
 Fuente:  
 elaboración  
 propia,  
 2019.

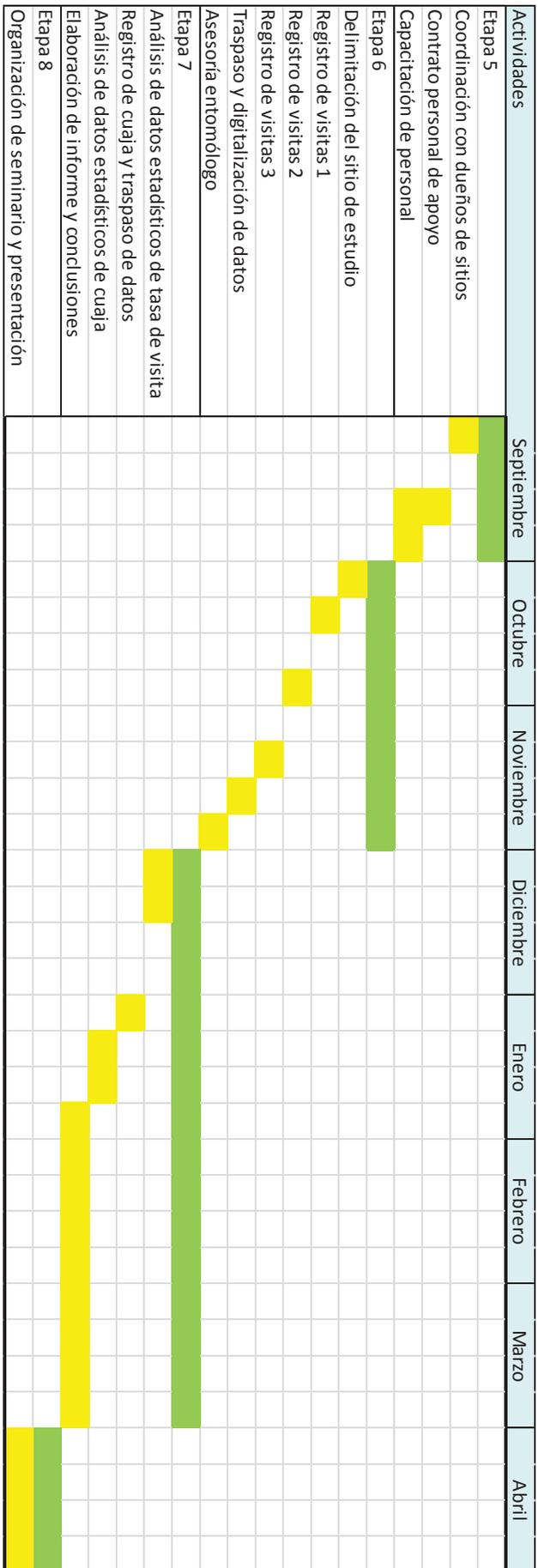


Figura 7b:  
 Carta Gantt  
 del proyecto,  
 temporada  
 2.  
 Fuente:  
 elaboración  
 propia, 2019.

## 9. Organización, cargos y funciones

Cuadro 1: cargos y funciones del personal. Fuente: elaboración propia, 2018

Formación/grado académico	Cargo en el proyecto	Funciones (N°)	Costo del personal	Aporte FONDO CONCURSABLE
Ingeniero agrónomo	Investigador principal	1	6.000.000	6.000.000
Ingeniero agrónomo	Coinvestigador	1	3.600.000	3.600.000
Estudiante de agronomía	Ayudante de terreno	1	300.000	300.000
Estudiante de agronomía	Ayudante de terreno	1	300.000	300.000



Figura 8: Organigrama del proyecto de investigación. Fuente: elaboración propia, 2018.

### 10. Presupuesto del proyecto

Ítem	Costo unita	Unidades	Meses	Total
<b>Personal</b>				
Investigador responsable (Ing. Agrónomo)	600.000	1	18	10.800.000
Coinvestigador (Ing. Agrónomo)	360.000	1	18	6.480.000
Ayudantes de terreno	200.000	2	4	1.600.000
<b>Gastos operacionales</b>				
Arriendo de vehículo	25.000	40	N.A	1.000.000
Combustible	10.000	40	N.A	400.000
Peajes	3.500	40	N.A	140.000
Insumos para terreno	600.000	1	N.A	600.000
Artículos de oficina	150.000	1	N.A	150.000
Asesoría entomólogo	150.000	2	N.A	300.000
Publicación paper	1.000.000	1	N.A	1.000.000
<b>Equipamiento</b>				
Lupas entomológicas	10.000	4	N.A	40.000
Computador	800.000	1	N.A	800.000
Cámara fotográfica	200.000	1	N.A	200.000
Lente de cámara Macro	250.000	1	N.A	250.000
Redes captura	7.000	4	N.A	28.000
GPS	120.000	1	N.A	120.000
Mini estación meteorológica	40.000	1	N.A	40.000
Lupa laboratorio	190.000	1	N.A	190.000
Guías de campo insectos	200.000	1	N.A	200.000
<b>Gastos de difusión</b>				
Organización seminario de difusión	1.000.000	1	N.A	1.000.000
<b>Viajes</b>				
Viático para salidas a terreno	5.000	80	N.A	400.000
Viático seminario	100.000	2	N.A	200.000
<b>Gastos administrativos</b>				
Overhead	15%			3890700
			Total	29828700

**Total fondo concursable FONDECYT de iniciación: \$29.828.700**