



EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS OFRECIDOS POR  
INSECTOS POLINIZADORES EN UN CULTIVO DE MARACUYA (*Passiflora  
edulis*) Y LULO (*Solanum quitoense*), EN LAS VEREDAS CHANCOS Y SAMARIA,  
RIOSUCIO (CALDAS, COLOMBIA)

Mónica Alejandra González Bañol

Universidad Icesi  
Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Biología  
Santiago de Cali  
2015

**EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS OFRECIDOS POR  
INSECTOS POLINIZADORES EN UN CULTIVO DE MARACUYA (*Passiflora  
edulis*) Y LULO (*Solanum quitoense*), EN LAS VEREDAS DE CHANCOS Y  
SAMARIA RIOSUCIO (CALDAS, COLOMBIA).**

**Mónica Alejandra González Bañol.**

**Proyecto de grado II**

**Tutor Académico:**

**Profesor Carlos Humberto Valderrama. Ph.D**

**Universidad Icesi**

**Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Biología**

**Santiago de Cali**

**2015**

## CONTENIDO

RESUMEN.....	7
1 INTRODUCCIÓN .....	11
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
2.1 Definición del problema .....	13
2.2 Planteamiento del problema .....	13
2.3 Justificación .....	14
3 MARCO DE REFERENCIA.....	16
3.1 Antecedentes.....	16
3.2 Marco teórico.....	17
3.2.1 Servicios ecosistémicos prestados por insectos.....	17
3.2.2 La polinización como servicio ecosistémico de alto impacto en cultivos frutales .....	19
3.2.3 Los cultivos .....	21
4 OBJETIVOS .....	23
4.1 Objetivo general.....	23
4.2 Objetivos específicos.....	23
5 METODOLOGÍA.....	24
5.1 Zonas de muestreo .....	24
5.1.1 Cultivo de Maracuyá.....	24
5.1.2 Cultivo de Lulo:.....	25
5.2 Método de muestreo .....	26
5.2.1 Barrido con red entomológica y cámara letal: .....	27

5.3	Tratamiento de las muestras e identificación taxonómica:.....	27
5.4	Análisis de población: .....	28
5.5	Identificación de polinizadores potenciales:.....	28
5.6	Análisis costo de sustitución de abejas:.....	28
6	RESULTADOS .....	30
6.1	Entomofauna que interactúa con las plantas de estudio .....	30
6.1.1	Riqueza y abundancia de insectos en los cultivos .....	30
6.2	Curvas de acumulación .....	35
6.3	Insectos con funciones polinizadoras .....	37
6.3.1	Observaciones realizadas en campo .....	37
6.3.2	Comparación de los individuos identificados como posibles polinizadores con los reportados por la literatura .....	38
6.4	Cálculo del servicio ecosistémico prestado por los individuos identificados como posibles polinizadores.....	39
6.4.1	Datos recolectados con los dueños de los cultivos .....	39
6.4.2	Gastos hipotéticos asociados a la ausencia de los polinizadores hallados .....	40
7	DISCUSIÓN .....	43
7.1	Análisis de población .....	43
7.2	Potenciales polinizadores .....	44
7.3	Valor cuantitativo del servicio ecosistémico.....	46
8	CONCLUSIONES.....	52
9	RECOMENDACIONES: .....	53
10	AGRADECIMIENTOS .....	54
11	BIBLIOGRAFÍA .....	55

12 ANEXOS .....	60
ANEXO 1: Exposición a agentes químicos en varios cultivos de Riosucio Caldas.....	60

## LISTADO DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Ubicación de los sitios en donde se realizaron los muestreos en un mapa político de alera rural y urbana de Riosucio Caldas.....	26
<b>FIGURA 2:</b> Porcentaje de órdenes de insectos encontrados en un cultivo de maracuyá.....	32
<b>FIGURA 3:</b> Porcentaje de órdenes encontrados en un cultivo de lulo.....	35
<b>FIGURA 4:</b> Curvas de acumulación de especies de insectos en un cultivo se maracuyá.....	36
<b>FIGURA 5:</b> Curvas de acumulación de especies de insectos en un cultivo se maracuyá.....	36
<b>FIGURA 6:</b> Comportamiento de los gastos generados por el número de personas que trabajan en tres fases de un cultivo de maracuyá cuando se presentan dos tipos de polinización en el cultivo.....	40
<b>FIGURA 7:</b> Comportamiento de los gastos generados por el número de personas que trabajan en las diferentes fases de un cultivo de maracuyá cuando se presentan dos tipos de polinización en el cultivo.....	41

## LISTADO DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> Listado de abundancia insectos colectados en un cultivo de maracuyá.....	30
<b>TABLA 2:</b> Listado de abundancia insectos encontrados en un cultivo de lulo.....	33
<b>TABLA 3:</b> Listado de observaciones realizadas por el investigador en 10 flores de cada uno de los cultivo durante 5 días y en 30 minutos con cada flor durante el horario elegido para colectar colecta.....	37
<b>TABLA 4:</b> Comparación de los individuos hallados como potenciales polinizadores con los descritos en la información reportado en la literatura.....	38
<b>TABLA 5:</b> Datos recolectados acerca del manejo de los cultivos al entrevistar sus propietarios.....	39

## RESUMEN

Los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios que la naturaleza proporciona a las actividades humanas sin ningún tipo de intervención de su parte. La polinización es un proceso que consiste en transferir el polen desde las anteras al estigma de la flor para fecundar el óvulo y por ende el fruto. De este modo sirve como servicio ecosistémico pues permite la obtención de frutos, reproducción vegetal y variabilidad genética. Los insectos son animales que proporcionan eficientemente este servicio generando beneficios que mejoran los productos y las condiciones del manejo de cultivos comerciales. El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto de los servicios ecosistémicos prestados por insectos con posibles funciones polinizadoras en un cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) y uno de lulo (*Solanum quitoense*) del municipio de Riosucio en el departamento de Caldas. Para lograr este objetivo se realizaron observaciones de los insectos que interactuaban con las flores y en cada cultivo se hicieron muestreos en 10 transectos del área con red entomológica en jornadas diurnas de 40 minutos, durante los meses de Junio y Julio del 2014. Entre el total de insectos colectados en cada cultivo se realizó una discriminación a partir de las observaciones realizadas y la comparación con la información disponible para estas dos especies de plantas entre insectos no polinizadores e insectos con posibles funciones polinizadoras. Posteriormente, se hizo el cálculo de gastos que la ausencia de estos individuos generaría. Se colectaron 62 insectos en total en el cultivo de maracuyá pertenecientes a 7 órdenes de insectos, el orden con mayor riqueza fue himenóptera y el género más abundante fue *Xylocopa*. En el cultivo de lulo se colectaron en total 73 individuos pertenecientes a 9 órdenes de insectos, el grupo con mayor cantidad de especies fue Hemíptera y los dos géneros más abundantes fueron *Bombus* y *Pyrrhocoridae*. Los insectos con posibles funciones polinizadoras según la comparación realizada fueron *Xylocopa* sp.y *Apis mellifera* en el cultivo de

maracuyá y *Bombus* sp. y *Eulaema* sp. para el cultivo de lulo. Finalmente, se calculó que la ausencia de estos polinizadores incrementaría un 33% los costos de manejo del cultivo de maracuyá y un 40% en el cultivo de lulo. Lo que muestra un argumento fuerte para realizar estrategias de conservación que permitan la protección de los insectos que realizan este servicio ecosistémico.

**Palabras clave:** Servicio ecosistémico, polinizador, insectos, cultivos, maracuyá (*Passiflora edulis*), lulo (*Solanum quitoense*),

## ABSTRACT

Ecosystem services are those services that nature provides to human activities without any kind of human intervention. Pollination is the process which consists in transferring pollen from the anthers to the stigma of the flower in order to generate the ovum and therefore the fruit. Thus it serves as ecosystem service allows obtaining fruits , plant breeding and genetic variability .Insects are animals that provide this service efficiently generating benefits that improve the products and management conditions of commercial crops. The aim of this investigation was to evaluate the impact of ecosystem services provided by insects as possible pollinating functions in a Passion fruit crop (*Passiflora edulis*) and in a naranjilla crop (*Solanum quitoense*) from the Riosucio Township in the Caldas department. In order to achieve this objective it was made observations of the insects interacting with the flowers of the crops and in each crop samplings in 10 transects in the area were made with entomological net for 40 minutes during daytime, for the months of June and July 2014. The collected insects in each crop were separated, according to field observations and available information for each plant species, in two groups: non pollinator insects and insects with possible pollinating functions. A total of 62 insects were collected in the passion fruit crop all belonging to 7 insect orders. The richest group was hymenoptera and the most abundant species was *Xylocopa*. In the naranjilla crop a total of 73 individuals were collected belonging to 9 insect orders. The richest order was hemiptera and the two most abundant species were *Bombus* y *Pyrrhocoridae*. Insects with possible pollinating functions were determined to be *Xylocopa* sp.and *Apis mellifera* in the passion fruit crop and *Bombus* sp.and *Eulaema* sp.in the naranjilla crop. Finally, it was estimated that the absence of these pollinators would increase the operating costs by 33 % in the passion fruit crop and

40 % in the naranjilla group. This shows strongly that conservation strategies must be implemented in order to protect the insects that provide this ecosystem service.

**Key Words:** Ecosystem services, pollination, insects, crops, Passion fruit crop (*Passiflora edulis*) and in a naranjilla crop (*Solanum quitoense*)

## 1 INTRODUCCIÓN

El término servicio ecosistémico hace referencia a aquellas funciones que proporciona la naturaleza a las actividades humanas, servicios que son necesarios para la supervivencia de los humanos y otros organismos (Schowalter 2013). Los servicios ecosistémicos en la actualidad generan argumentos fuertes para establecer estrategias de conservación, determinar especies claves para fomentar la biosostenibilidad y demostrar que se deben crear planes territoriales en pro a la investigación del ambiente y sus efectos en el desarrollo de la sociedad actual, por medio de la cooperación interdisciplinar.

En este orden de ideas, los insectos cumplen variedad de roles funcionales muy importantes ecológicamente y que afectan de alguna manera a todos los servicios ecosistémicos (Schowalter 2006). Uno de esos roles es el de polinizar. La polinización es el proceso por el que se lleva a cabo la transferencia de polen viable desde las anteras (órgano masculino de la flor) al estigma (órgano femenino) de la misma flor o de una flor diferente (Peña 2003). Proceso que muestra su importancia en datos de cultivos comerciales, pues alrededor del 84% son polinizadas por insectos y son responsables de un 80 -85% del total de hectáreas comerciales polinizadas de frutas, verduras, semillas oleaginosas y leguminosas (Allsopp *et al.* 2008). En otras palabras un tercio (33 %) de la producción mundial de alimentos está disponible gracias a la polinización, y aproximadamente la mitad de los animales que polinizan las plantas tropicales son insectos (Parra 2005). Esta información hace relevante el estudio de los organismos que realizan este proceso y así mismo, el cómo disminuyen las poblaciones de polinizadores naturales con actividades antropogénicas como la expansión de áreas agrícolas y urbanas, el uso de agentes químicos y la pérdida de conectividad entre sitios de forrajeo “Polinización en crisis”. Por esto, algunos científicos se han dedicado a la generación de información acerca del tema, la demostración de estos procesos y sus efectos a corto y largo plazo, entre ellos se encuentran Allsopp (2008), quién

calcula el costo generado al reemplazar los polinizadores naturales. Schowalter en el 2013 publica un libro analizando la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos asociados a insectos y Aizen en el 2009, documenta cómo la agricultura depende de los polinizadores asociados a estos sistemas. Por su parte, en Colombia se han hecho trabajos de este tipo demostrando la relevancia de mantener la población de insectos polinizadores en sistemas agrícolas. Entre ellos Calle *et al.* (2010), a partir de datos de los departamentos de mayor producción de maracuyá y la perspectiva de sus dueños sobre el servicio ecosistémico prestado por los polinizadores. De esta forma, se deberían generar más documentos de este tipo en Colombia; pues de forma complementaria a la importancia ecológica, sus estudios pueden aportar al desarrollo de uno de los sectores más relevantes en el ámbito colombiano el sector agrícola, dado que, además de la producción de café y flores, las frutas exóticas son uno de los productos más conocidos de Colombia en el mercado internacional (Almanza 2007), lo cual genera un interés adicional en el estudio de cómo aumentar la eficiencia en la producción de los cultivos y por ende, la correlación con la eficacia polinizadora. Así mismo, aumenta la importancia de los beneficios brindados por los polinizadores naturales en los lugares en los que no se ha implementado polinización.

## 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1 Definición del problema

Se busca evaluar de forma cuantitativa el impacto del servicio ecosistémico prestado por insectos polinizadores en cultivos frutales, específicamente uno de maracuyá (*Passiflora edulis*) y uno de lulo (*Solanum quitoense*), ubicados en las veredas de Chancos y Samaria respectivamente, en el municipio de Riosucio Caldas.

### 2.2 Planteamiento del problema

Los servicios ecosistémicos siempre representan beneficios a las actividades humanas. Sin embargo, su no valoración disminuye considerablemente la posibilidad de adoptar la definición de servicio ecosistémico como justificación para conservar parches de zonas no intervenidas con una densidad alta de insectos (Calle *et al.* 2010). Muchos estudios dan argumentos fuertes sobre la importancia del mantenimiento de insectos en los cultivos, enfocándose en aspectos como: De los cultivos comerciales, alrededor del 84% son polinizadas por insectos y son responsables de un 80 -85% del total de hectáreas comerciales polinizadas y la polinización manual es una tarea que exige mucho tiempo, requiere un número considerable personas que realicen la mano de obra y a menudo tiene como resultado una disminución de la calidad de los frutos (Allsopp *et al.* 2008). Otros estudios dan perspectivas similares, pero basados en parámetros más globalizados, hallando el valor de los polinizadores silvestres o introducidos en la producción de cultivos comerciales en muchos países, estos estudios han encontrado sobrecostos que no permiten la obtención de ganancias suficientes para el mantenimiento de los cultivos o problemáticas ecológicas de una alta complejidad y difícil solución (Kremen *et al.* 2007). Los valores atribuidos varían drásticamente en función de la

metodología utilizada, por ejemplo los valores anuales que genera la compra y mantenimiento de abejas comerciales en los EE.UU. se estima \$ 1.600 millones y \$ 14.600 millones de dólares (Allsopp *et al.* 2008). Costos que podrían disminuir considerablemente al plantear estrategias de conservación, restauración y control biológico en los cultivos.

### **2.3 Justificación**

Colombia posee desde el 2012 la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), el cual plantea qué es un servicio ecosistémico, posibles leyes, importancia y beneficios de su conservación. Dando una base sólida para generar estudios que muestren como la aplicación de estos conceptos en actividades económicas de alto impacto puede ser benéfica en de múltiples formas. En una actividad económica importante como la agricultura, la polinización realizada por insectos permite al productor disminuir gastos, optimizar las ganancias y mejorar el proceso dado que muchas especies de plantas dependen principalmente de los polinizadores especialistas silvestres, pues en la mayoría de ocasiones suelen tener mayor eficiencia que los polinizadores generalistas como las abejas de miel (Schowalter 2013). Por otro lado, después de la producción de café y flores, las frutas exóticas son uno de los productos más conocidos y con mayor proyección de Colombia en el mercado internacional. Algunos ejemplos son la maracuyá (*Passiflora edulis*), la granadilla (*Passiflora ligularis*) y el lulo (*Solanum quitoense*) entre otros (Almanza 2007). Lo que poco a poco aumenta su producción en el país. De esta forma, en cultivos comerciales como los nombrados anteriormente, estudios como este pueden representar una futura estrategia de conservación y mejoramiento en la calidad de la producción agrícola. Sin embargo, cada vez se disminuye más la población de insectos presentes en cultivos y su importancia sigue siendo menospreciada o desconocida por las personas que de una u otra forma se ven beneficiados con su presencia. Todo esto permite construir argumentos sólidos que justifiquen la realización de un estudio que contribuya a

evaluar los servicios ecosistémicos prestados por insectos polinizadores como factores que influyen fuertemente en la dinámica de cultivos de importancia comercial (Aizen *et al.* 2009) (Benjamin *et al.* 2014).

### 3 MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 Antecedentes

Durante los últimos 50 años, los estudios acerca de la importancia de los servicios que la naturaleza proporciona a las actividades humanas han aumentado significativamente aunque la producción de documentos acerca de estos servicios en Latinoamérica es significativamente baja (Seppelt *et al.* 2011). Algunos documentos de los años 70 comenzaban a explorar la importancia de los agentes polinizadores para la dinámica de los ecosistemas (Schowalter 2006). La mayoría enfocados exclusivamente en la función ecológica en paisajes poco perturbados. Actualmente, con la identificación de la importancia de las relaciones existentes entre el bienestar humano y la conservación de los ecosistemas naturales se han desarrollado diversos estudios que confirman la relevancia del mantenimiento de ciertas características de los paisajes (O'Brien *et al.* 1997). Entre ellos se destacan autores como Kremen (2007), quien realiza una exhaustiva revisión bibliográfica para establecer parámetros en los que, muestra a los organismos móviles como prestadores relevantes de servicios ecosistémicos y cuya perturbación puede cambiar la dinámica del paisaje. Por otra parte, Allsopp (2008), describe de manera cuantitativa cual es el valor de la polinización como servicio ecosistémico, ya que compara los costos generados por cultivos con y sin insectos polinizadores; hallando que aquellos sitios con polinización con insectos tenían gastos menores que aquellos productores que disminuían significativamente la población de insectos. Así mismo, Aizen *et al.* (2009), plantea la dependencia de los cultivos comerciales a la polinización realizada por insectos y logra demostrar como la ausencia de polinizadores a largo plazo disminuye la producción agrícola, por medio de un déficit de la calidad en los productos. Desde otro punto de vista Melin y colaboradores (2014), plantean cómo la polinización natural podría prestar eficientemente la totalidad del servicio ecosistémico planteado si se implementaran estrategias sustentables biológicamente a largo plazo.

De este modo, en Colombia también se han realizado estudios con enfoques similares, Almanza (2007) plantea la necesidad de administrar polinizadores a cultivos de lulo en municipios antioqueños y Calle y colaboradores (2010) publicaron un estudio contrastando los sistemas productores de maracuyá en los departamentos de mayor producción de este fruto, evidenciando como el desconocimiento de la importancia de los insectos causa que no se de valor a la conservación de los polinizadores como servicio ecosistémico, aun cuando los productores que no polinizan manualmente adquieren mayores beneficios.

Por otro lado, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012) publica la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), el cual es un documento que plantea qué es un servicio ecosistémico, posibles leyes, importancia de su preservación y beneficios de su conservación, a partir de la ejemplificación con casos de estudio específicos como la conservación de áreas paramunas como sostén del agua en el país.

### **3.2 Marco teórico.**

#### **3.2.1 Servicios ecosistémicos prestados por insectos.**

El término servicio ecosistémico hace referencia a aquellas funciones que proporciona la naturaleza a las actividades humanas, servicios que son necesarios para la supervivencia de los humanos y otros organismos (Schowalter 2013), lo cual plantea claramente la importancia de las relaciones existentes entre el bienestar humano y la conservación de los ecosistemas naturales (O'Brien 1998). Además, estos servicios son esenciales para la civilización y a gran escala no pueden ser reemplazados por la tecnología existente (Ecological Society of America 1997). Los servicios ecosistémicos han sido categorizados en servicios de aprovisionamiento, soporte, regulación y culturales, según el tipo de beneficio que prestan a las personas. Los Servicios de Aprovisionamiento, son los bienes y productos que se

obtienen de los ecosistemas como alimentos, fibras, maderas, leña, agua, suelo, recursos genéticos, pieles, mascotas, entre otros. Los servicios de soporte y regulación son los beneficios resultantes de la regulación de los procesos ecosistémicos. Por su parte, los Servicios de Soporte son procesos ecológicos necesarios para el aprovisionamiento y existencia de los demás servicios ecosistémicos, incluyen procesos como la producción primaria, la formación del suelo, la provisión de hábitat para especies, la polinización y el ciclado de nutrientes, entre otros (Ministerio de Ambiente 2012). En contraste, los Servicios de Regulación controlan el funcionamiento de los otros servicios, por ejemplo las disponibilidad de agua y nutrientes, son los factores que condicionan el crecimiento de plantas, las que a su vez proporcionan otros tipos de servicios ecosistémicos (Schowalter 2012). Y finalmente, los Servicios Culturales, que son los beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas, a través del enriquecimiento espiritual, valor recreacional, belleza escénica, inspiración artística e intelectual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2012).

Por su parte, los insectos cumplen variedad de roles funcionales muy importantes ecológicamente y que afectan de alguna manera a todos los tipos de servicios ecosistémicos. Muchas especies son polinizadoras que coevolucionaron con las plantas y han desarrollado diversos mecanismos para asegurar la transferencia del polen. Especialmente en ecosistemas tropicales, donde la distribución de muchas plantas requieren un alto grado de fidelidad polinizadora para que sea exitoso el proceso y se den los frutos. Otras especies son importantes agentes para la dispersión de semillas, esporas fúngicas, bacterias, virus u otros invertebrados, siendo así controles biológicos. Las especies de insectos herbívoros son conocidas como “plagas” agrícolas y forestales, pero su rol ecológico es mucho más complejo, ya que con frecuencia estimulan el crecimiento vegetal, afectan el flujo de nutrientes, y alteran la velocidad y dirección del proceso de sucesión ecológica (Schowalter 2006).

Los insectos y otros artrópodos asociados son instrumentos en el procesamiento de desechos orgánicos en ecosistemas terrestres y acuáticos e interfieren en la fertilidad del suelo y calidad del agua. La descomposición de la capa leñosa es retrasada hasta que los insectos penetran la barrera de la corteza e inoculan la madera con hongos sapróticos y otros microorganismos (Schowalter 2006). Finalmente algunos insectos son vectores de enfermedades de plantas y animales, afectando la dinámica poblacional de los individuos, lo que generará una reducción de las especies dominantes y un aumento la biodiversidad (Harrison *et al.* 2012).

Sin embargo, cabe resaltar que el estudio de los servicios ecosistémicos busca reflejar la integración directa e indirecta entre la comunidad de especies que controlan las tasas y el flujo de la energía y la materia entre los organismos y los factores abióticos que componen un ecosistema (Schowalter 2013).

### **3.2.2 La polinización como servicio ecosistémico de alto impacto en cultivos frutales**

Funciones de los ecosistemas, tales como el ciclo de nutrientes, la formación del suelo y la polinización son cruciales para la estabilidad del medio ambiente (Brittain *et al.* 2013) y se incluyen en el servicio ecosistémico de aprovisionamiento. La polinización está entre uno de los más visibles e importantes servicios ecosistémicos pues hace posible la producción de frutos y reproducción vegetal, haciendo posible la explotación de estos recursos. La polinización es el proceso por el que se lleva a cabo la transferencia de polen viable desde las anteras (órgano masculino de la flor) al estigma (órgano femenino) de la misma flor o de una flor diferente. Después de la polinización viene la fertilización, proceso mediante el cual el grano de polen germina en el estigma y establece contacto con el óvulo. Si la polinización ocurre en la misma flor, se le denomina autopolinización. Además, hay especies que dependen de los insectos o el viento para transportar el polen de una flor a otra, localizada en una planta diferente, lo que es denominado polinización cruzada (Peña 2003). Por lo cual, se puede afirmar que los insectos afectan la

reproducción vegetal y procesos asociados en variedad de formas, pues los polinizadores controlan los rangos de fertilización y reproducción de muchas especies de plantas, especialmente en los trópicos. Incluso, algunas especies de plantas dependen de polinizadores específicos para su éxito reproductivo y pueden llegar a desaparecer si sus polinizadores disminuyen o se extinguen (Schowalter 2006). Algunos estudios demuestran que una mayor amplitud y duración de los zumbidos realizados por géneros específicos de abejorros llamado también polinización por zumbido (buzz-pollination) hacen que se expulse más polen, mientras que la visita de abejas que no zumbaban no tenían ningún efecto, sugiriendo que los abejorros que zumban pueden mejorar la recolección de polen mediante el aumento de la duración o la amplitud de sus zumbidos y en ocasiones sólo ellos polinizar cierto tipo de plantas (Luca *et al.* 2013)

Adicionalmente, la polinización realizada por insectos constituye como un elemento esencial en la producción de cultivos agrícolas en todo el mundo. Incluso su importancia económica se puede observar en el proceso histórico que ha llevado al transporte y la introducción generalizada de las abejas de miel en casi todas las regiones del globo (Schowalter 2013). Así mismo, el 33% de la producción mundial de alimentos está disponible gracias a la polinización (Parra 2005). Es decir, de los cultivos comerciales, alrededor del 84% son polinizadas por insectos y son responsables de entre el 80 –y 85% del total de hectáreas comerciales polinizadas de frutas, verduras, semillas oleaginosas, leguminosas y forrajeras (Allsopp *et al.* 2008).

Por otra parte, en la justificación se mencionó que algunas especies de plantas incluyendo cultivos en muchas áreas dependen principalmente de los polinizadores especialistas nativos, pues en la mayoría de ocasiones suelen tener mayor eficiencia que los polinizadores generalistas como las abejas de miel (Schowalter 2013). Esto se debe principalmente a que los polinizadores silvestres pueden contribuir a la polinización en cultivos en 4 formas: La primera, ellos pueden sustituir los servicios brindados por polinizadores comercialmente administrados (*Apis*

*mellifera*) o polinizadores humanos, reemplazándolos parcial o totalmente. Segundo, pueden mejorar los servicios realizados por un polinizador administrado a través de comportamientos que incrementen la efectividad del polinizador administrado (complementación). Tercero, ellos pueden ser útiles a las plantas que no son efectivamente polinizadas por polinizadores administrados. Cuatro, pueden mejorar la productividad en plantas con autopolinización y que en consecuencia el polinizador raramente administrado (Kremen *et al.* 2008).

Sin embargo, los sistemas polinizadores disminuyen cada día debido a actividades antropogénicas como: La constante reducción del hábitat natural alrededor de las plantaciones (matriz circundante). El aumento del tamaño de las plantaciones y su industrialización sin factores que contribuyan un incremento de la población de polinizadores presentes que sea proporcional al incremento del cultivo. El constante uso de productos químicos como pesticidas. Y la competencia entre visitantes florales. Lo cual genera a escala global una “Crisis de polinizadores” a pesar de conocer su relevancia para las actividades humanas (Bogdanski 2008).

### **3.2.3 Los cultivos**

Los cultivos de maracuyá y lulo son idóneos para la investigación de la polinización como servicio ecosistémico, ya que, ambas plantas presentan una alta dependencia a la polinización cruzada para producir frutos y una especialización de polinizadores igualmente alta. Por otro lado, exhiben un alto potencial comercial por lo que generalmente son irrigados, fertilizados y fumigados con pesticidas (insecticidas y fungicidas). Esto implica, que existe una alta probabilidad de detectar que la falta de polinización incide en la producción ya que habría pocas limitaciones de tipo hídrico o nutricional. Por otro lado, la alta intensificación del cultivo requiere la aplicación de pesticidas, lo cual podría incidir negativamente en las poblaciones de los polinizadores (Calle *et al.* 2010). Además, ambos productos son llamados frutas exóticas lo que indica su potencial para ser productos de exportación.

**Maracuyá (*Passiflora edulis*):** La maracuyá es una planta originaria del Brasil, cultivada principalmente en los países de la comunidad Andina (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y en Australia, Nueva Zelanda, Hawaii, Sur África e Israel (FAO 2010). La maracuyá pertenece a la familia de las Pasifloras, caracterizadas por ser plantas trepadoras y leñosas. Se conocen dos variedades botánicas cultivadas: *P. edulis* var de frutos con pericarpio amarillo, de forma alargada con coloración púrpura intenso, y hojas, tallos, zarcillos y semillas color marrón oscuro. La *P. edulis sims* presenta a su vez pericarpio púrpura, zarcillos y tallos de color verde claro con algunas trazas de púrpura o rosado. Después de germinar, la floración inicia transcurridos cinco meses y dura entre 50 y 60 días, particularmente la flor abre entre las 12:00 y 3:00 pm, y permanece abierta hasta las 8:00 pm. Posteriormente se da la cosecha, la cual fluctúa entre 50 y 65 días. (CORPOICA 2008).

**Lulo (*Solanum quitoense*):** El lulo o naranjilla es una planta Solanácea, originaria de los bosques húmedos de los Andes de Sudamérica, más específicamente en Colombia, Ecuador y Perú, en regiones frescas y sombreadas. Es una planta semisilvestre que crece en ecosistemas abiertos por el hombre, especialmente en áreas con buena humedad (áreas de sotobosque). Las flores están en una misma inflorescencia y se pueden encontrar tres tipos de flores: de pistilo largo, medio y corto; siendo únicamente fértiles las de pistilo largo. En clima medio las plantas inician su producción entre cinco y siete meses y en clima frío lo hacen entre siete y nueve meses, en promedio (FAO 2010).

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de los servicios ecosistémicos prestados por insectos con posibles funciones polinizadoras en un cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) y uno de lulo (*Solanum quitoense*)

### 4.2 Objetivos específicos

- Determinar la diversidad de insectos que interactúan con la planta de estudio (tallo, hojas, flor y fruto) en un cultivo de lulo y uno de maracuyá.
- Determinar los insectos visitantes de flores en dos cultivos frutales.
- Establecer qué insectos pueden cumplir funciones polinizadoras, a partir de la información reportada en la literatura.
- Evaluar cuantitativamente el servicio ecosistémico prestado por los insectos identificados como potenciales polinizadores, contrastando los posibles escenarios en el cultivo con y sin polinizadores.

## 5 METODOLOGÍA

### 5.1 Zonas de muestreo

Riosucio es un municipio del noroccidente del Departamento de Caldas, cuyos límites son: Al sur y el occidente con el departamento de Risaralda; al norte con Antioquia y al oriente con municipios de su propio departamento. Ubicado sobre la vertiente oriental de la Cordillera Occidental de Colombia; caracterizado por una topografía ondulada y precipitaciones medias anuales de 2.556 mm/año, pero a mayoría de su territorio pertenece al piso térmico frío. Este municipio basa su economía en la agricultura y está inscrito al I Plan Agrícola Nacional (2006) como potencial productor de cultivos como mora, lulo y maracuyá.

#### 5.1.1 Cultivo de Maracuyá

El monocultivo de maracuyá se encuentra en la vereda “Los Chancos” en 5,38764 latitud y -75,6743 longitud a una altura de 1314 m.s.n.m. El cultivo consta de 2500 plantas sembradas en líneas marcadas por postes de guadua con una altura de 2 metros unidos por alambre, para servir como sostén. En las líneas de cultivo las plantas se encuentran a una distancia de cuatro metros cada una y con dos metros de “calle”. Adicionalmente, están distribuidas en semi-zonas identificadas por la madurez que exhibían las plantas.

En cuanto a las características del área circundante (matriz) el cultivo está rodeado en su parte más próxima por diferentes tipos de cultivos (aguacate, frijol, caña), un riachuelo, un potrero (sólo pasto) y una casa. Adicionalmente, la vereda se caracteriza por tener amplias zonas de parches boscosos en las zonas aledañas a riachuelos o quebradas, algunas fábricas artesanales de panela y actividad ganadera.

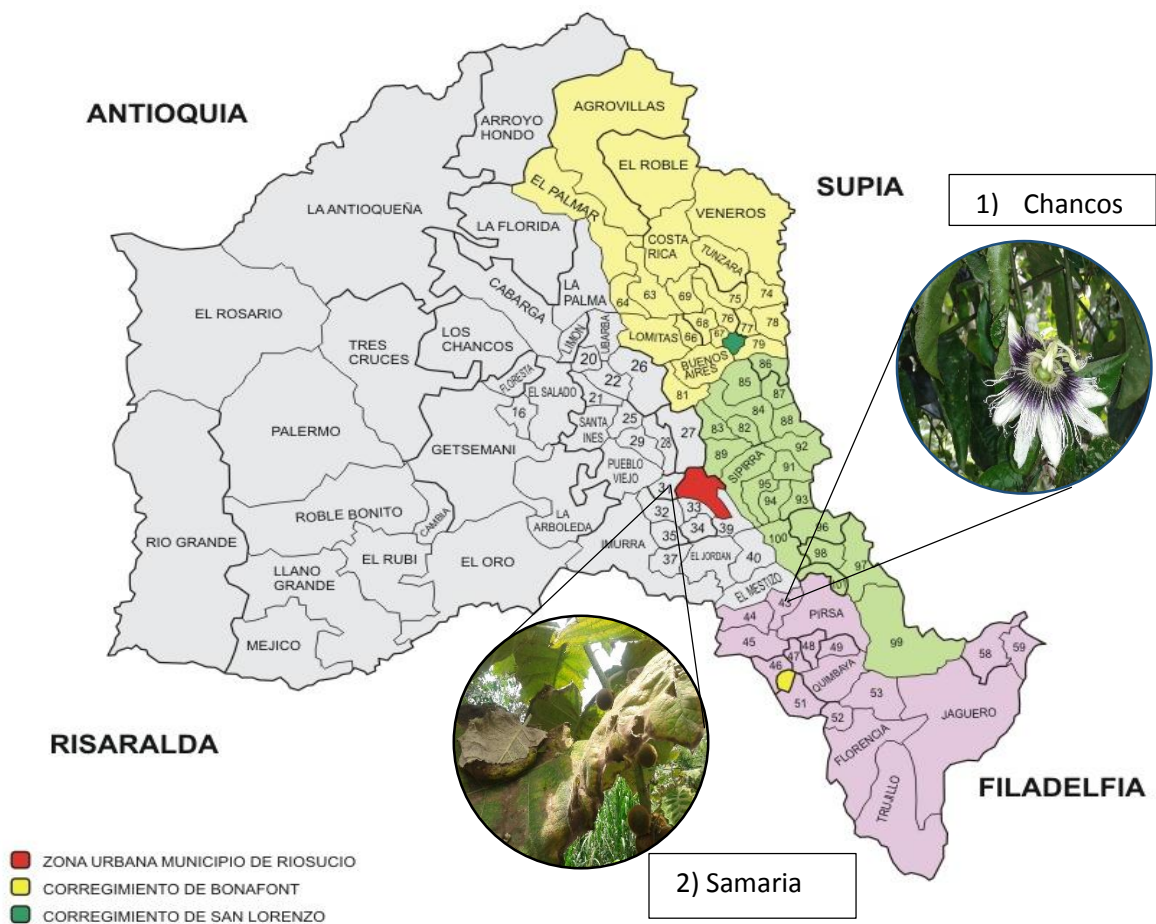
Por otro lado, el cultivo es irrigado manualmente cada dos días en épocas secas y fumigado tres veces por semana entre 5:30 am y 6:00 am.

### **5.1.2 Cultivo de Lulo:**

Este cultivo está localizado en la vereda Samaria (Latitud 5,426608; longitud - 75,711703) a 1813 m.s.n.m. El cultivo consta de 3000 plantas de lulo acompañado de plantas de plátano y café, de tal forma que el café y el lulo están dispuestos linealmente y a 1,5 metros de distancia en uno del otro. Mientras las plantas de plátano se encuentran a un metro en paralelo a ellos y de calle hay 2 metros distribuidas uniformemente.

En cuanto a las características del área circundante (matriz) el cultivo se encuentra rodeado por cultivos de café, una quebrada y una casa. Adicionalmente en la vereda se caracteriza por tener pocas zonas de parches boscosos poco intervenidos, amplias zonas de cultivo de café y potreros ganaderos.

Además, el cultivo es irrigado manualmente cada dos días en épocas secas y fumigado tres veces a la semana.



**FIGURA 1:** Ubicación de los sitios en donde se realizaron los muestreos en un mapa político de alera rural y urbana de Riosucio Caldas. 1) Vereda tal en donde se hizo el muestreo de maracuyá. 2) Vereda tal, lugar donde se hizo la colecta de lulo. Tomado de [www.riosucio-caldas.org](http://www.riosucio-caldas.org)

## 5.2 Método de muestreo

En ambos cultivos se siguieron los mismos lineamientos de colecta exceptuando la hora de muestreo pues en el cultivo de maracuyá el muestreo se realizó de 4 a 5 pm; mientras el cultivo de lulo fue tratado de 8 a 9 am. Antes de comenzar la colecta se realizó una jornada de observación de cinco días por cultivo y tres horas diarias para realizar observaciones insecto-flor y establecer el horario más adecuada para la colecta, lo que permitió establecer el horario descrito anteriormente.

El protocolo general siguió los lineamientos básicos de captura de insectos con red entomológica. Los muestreos en ambos cultivos se realizaron durante 10 días sin fumigación, en días cálidos, con poca lluvia y en floración (Junio, Julio y Diciembre del 2014), utilizando la red entomológica. Además, se tomó el tiempo como una medida del esfuerzo de muestreo para poder generar un sistema homogéneo de recolección. Una unidad de muestreo corresponde a 40 minutos de muestreo ininterrumpido por persona, en el que se colectan todos los especímenes atrapados y posteriormente son preservados según sus características morfológicas.

### **5.2.1 Barrido con red entomológica y cámara letal:**

Con la red entomológica, se realizaron colectas consecutivas sobre el transecto formado por cuatro plantas en el cultivo durante 40 minutos. Posteriormente los individuos son transportados a una cámara letal, un frasco de vidrio con un trozo de papel sobre algodón impregnado de acetato de etilo (Wolff 2006). Dos de estos eventos corresponden a una unidad de muestreo

### **5.3 Tratamiento de las muestras e identificación taxonómica:**

Todas las muestras biológicas, fueron procesadas en el Laboratorio de Zoología de la Universidad Icesi. Después de colectadas, las muestras fueron sometidas a relajamiento y montadas en el laboratorio de zoología. Posteriormente, se identificaron a partir de claves taxonómicas especializadas para cada grupo de individuos y se depositaron en la colección de zoología de la Universidad. Finalmente, la información digital fue guardada en la base de datos, con sus respectivas fotos de cada espécimen. Las fotos fueron tomadas con un estereomicroscopio Nikon SMZ 1500 con cámara digital Nikon DS-Fi1, Utilizando el software Nikon NIS Elements Advanced Research.

#### **5.4 Análisis de población:**

Para ambos cultivos se siguieron los mismos lineamientos. Todos los individuos colectados fueron separados según el género taxonómico al que perteneciera y tabulados como una hoja de datos de Excel, generando una gráfica circular con el porcentaje que representaba cada grupo en el total de individuos encontrados. Posteriormente, se hizo un cuadro de presencia-ausencia de los insectos en los transectos o puntos de colecta. Con esta información se realizó un análisis estadístico con el programa especializado StimateSWin910 (Colwell 2008) permitiendo la generación de curvas acumulación de especies.

#### **5.5 Identificación de polinizadores potenciales:**

La identificación de los posibles polinizadores en ambos cultivos se realizó a partir de la comparación de los individuos clasificados taxonómicamente y cuáles de estos fueron observados por el investigador interactuar en forma directa con la flor, específicamente con sus órganos sexuales y de este modo se generó una primera discriminación de insectos con posibles función de polinización y no polinizadores. Posteriormente, se realizó una comparación con los datos reportados por la literatura para confirmar la potencialidad polinizadora.

#### **5.6 Análisis costo de sustitución de abejas:**

En ambos cultivos se siguieron los mismos lineamientos y con el objetivo de conocer la forma en la que se manejaban los cultivos. Todos los datos fueron recolectados a partir de entrevistas semi-estructuradas y conversaciones llevadas a cabo con los dueños de los cultivo conforme se hicieron las recolecciones, respondiendo a los siguientes datos edad del cultivo, número de plantas, manejo del cultivo, uso de agroquímicos, número de trabajadores, horas de trabajo de las personas, tipo de polinización, mercado al cual ofrece el producto y número de personas a contratar si no tuviera polinizadores naturales. Adicionalmente, se hizo un recorrido por el

mercado local los días 10, 11 y 12 de julio del 2014 preguntando donde obtenían estos comerciantes estas frutas (**Anexo 1**). A partir de estos datos, se calculó en ambos cultivos el menor valor posible para el servicio ecosistémico según lo descrito por Kremen (2008), el cual se basa en el cambio de costos hipotético que se generaría al eliminar la presencia de abejas silvestres y reemplazarlas por un tipo de polinización administrada. Se tomó como principal parámetro, el número de personas que trabajan comúnmente en ambos cultivos frente al número de personas que sería necesarias para realizar la labor de polinización según las necesidades del dueño del cultivo a contratar. El sueldo de los trabajadores tomó el valor de un salario mínimo legal vigente en Colombia que es de \$ 644.350 (Banco de la República 2015) y la diferencia se calculó a partir del costo por hora.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Entomofauna que interactúa con las plantas de estudio

#### 6.1.1 Riqueza y abundancia de insectos en los cultivos

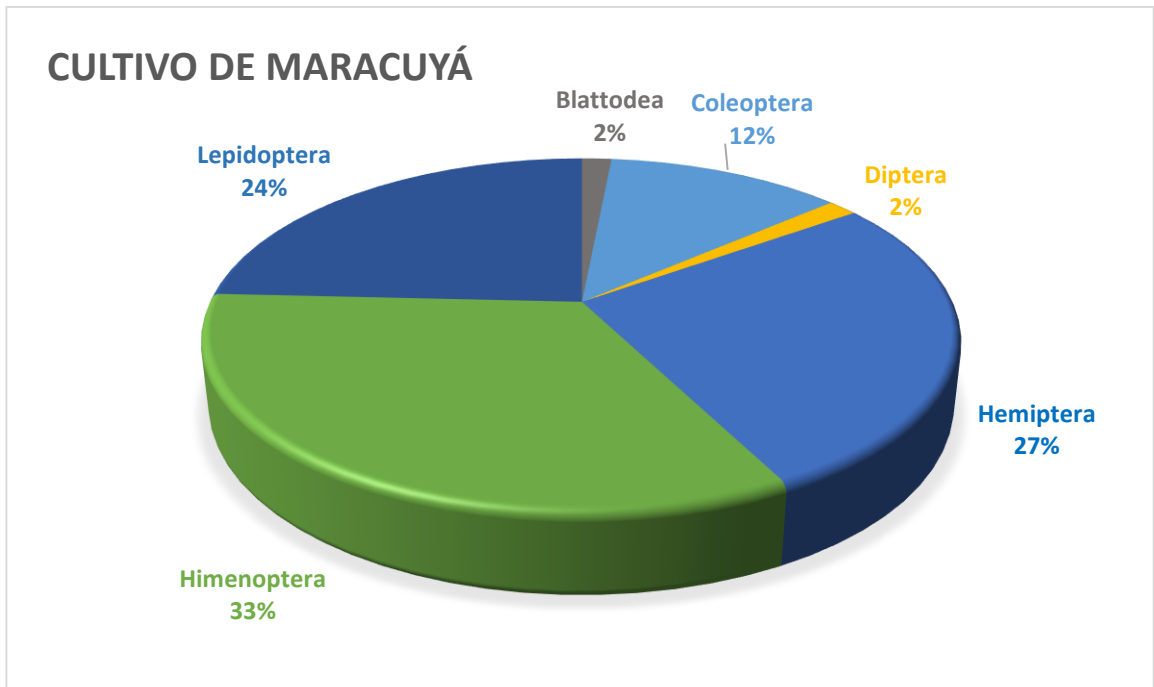
En el cultivo de maracuyá se colectaron en total 62 individuos, pertenecientes a 7 órdenes de insectos: Coleoptera (7 individuos), Dermaptera (1 individuo), Diptera (1 individuo), Hymenoptera (32 individuos), Lepidoptera (19 individuos), Hemiptera (13 individuos) y Blattodea (1 individuo). Se encontró que el grupo con mayor cantidad de especies en el cultivo de estudio fue himenóptera. Así mismo, el que tuvo la especie con mayor número de individuos (*Xylocopa* sp1). Los grupos con menor representatividad fueron Dermáptera, Díptera y Blattodea. Así mismo, *Xylocopa* sp.fue la especie con mayor abundancia en la colecta

**TABLA 1:** Listado de abundancia en un cultivo de maracuyá

Taxón		Número individuos
Coleóptera	Coccinellidae sp1	4
	Cleridae sp1	1
	Scarabeidae sp1	1
	Scarabeidae sp2	1
Dermáptera	<i>Forficula</i> sp1	1
Díptera	Tabanidae	1
Hemíptera	Cixiidae sp1	1
	Cicadidae sp1	1
	Rhopapillidae sp1	2
	Miridae sp1	2
	Anthocoridae sp1	1
	Pyrrhocoridae sp1	4
	Pyrrhocoridae sp2	2

<b>Himenóptera</b>	<i>Polistes</i> sp1	1
	<i>Polybia</i> sp1	1
	Vespidae sp1	1
	Vespidea sp2	1
	Vespidea sp3	1
	Vespidea sp4	1
	Scoliidae sp1	1
	<i>Xylocopa</i> sp1	6
	Helictini sp1	4
	<i>Apis mellifera</i>	2
	<i>Centris</i> sp1	1
<b>Lepidóptera</b>	<i>Agraulis</i> sp1	3
	<i>Urbanus</i> sp1	3
	Pieridae sp1	3
	<i>Eurema</i> sp1	3
	<i>Anartia</i> sp1	2
	Acraeinae sp1	1
	Ithominidae sp1	1
	Danainae sp1	2
	Danainae sp2	1
<b>Blattodea</b>	Blattodea sp1	1

Del 100% de individuos que representa el total de muestras colectados, Blattodea representa el 2%, Diptera el 2%, Coleoptera el 12%, Hemiptera el 27%, Hymenoptera el 33% y Lepidóptera el 24%. El grupo con mayor representatividad fue Hymenoptera (33%), seguido por Hemíptera (27%) lo que suma más del 50% de las muestras colectadas. Por otro lado los órdenes con menor número de individuos fueron Diptera y Blattodea con 2% del total de muestras colectadas (**Figura 2**)



**FIGURA 2:** Porcentaje de órdenes de insectos encontrados en un cultivo de maracuyá

En el cultivo de lulo se colectaron en total 73 individuos, pertenecientes a 9 órdenes de insectos: Coleoptera (6 individuos), Dermaptera (2 individuos), Diptera (4 individuos), Hemiptertara (22 individuos), Hymenoptera (20 individuos), Lepidoptera (11 individuos), Neuroptera (1 individuo), Odonatada (1 individuo) y Orthoptera (5 individuos). Se encontró que el grupo con mayor cantidad de especies en el cultivo de estudio fue Hemíptera seguida por Hymenoptera. Sin embargo, las dos especies tuvieron un número mayor de individuos fueron *Bombus* sp1 y *Pyrrhocoridae* sp1. Los grupos con menor representatividad fueron Odonata y dermáptera.

**TABLA 2:** listado de abundancia encontrados en un cultivo de lulo

	<b>Taxón</b>	<b>Número de individuos</b>
<b>Coleoptera</b>	Coccinellidae sp1	1
	Cleridae sp1	1
	Crisomelidae sp1	1
	Crisomelidae sp2	1
	Scarabeidae sp1	1
	Scarabeidae sp2	1
<b>Dermaptera</b>	<i>Forficula</i> sp1	2
<b>Diptera</b>	Phantaphthalmidae sp1	2
	Scapsidae sp1	1
	Muscidae sp1	1
<b>Hemiptera</b>	Heteronemiidae sp1	2
	Pyrrhocoridae sp1	5
	Belastomiidae sp1	3
	Rhopapillidae sp1	2
	Miridae sp1	1
	Anthocoridae sp1	2
	Anthocoridae sp2	1
	Flatidae sp1	2
	Fulgoridae	1
	Cixiidae sp1	1
	Derbidae sp1	1
	Pentatomini sp1	1
<b>Hymenoptera</b>	Scoliidae sp1	1
	<i>Bombus</i> sp1p	5
	<i>Eulaema</i> sp1	2
	Vespidae sp1	1
	<i>Trigona</i> sp1	2
	Vespidae sp2	1
	<i>Apis mellifera</i>	3
	<i>Xylocopa</i> sp1	1
	Ichneumonidae sp1	1
	Agonidae sp1	1
	Vespidae sp3	1
	Calchididae sp1	1

<b>Lepidoptera</b>	<i>Agraulis</i> sp1	2
	<i>Anartia</i> sp1	1
	Satirinae sp1	1
	Ithomiinae sp1	1
	Pieridae sp1	3
	Heliciniinae sp1	1
	Danainae sp1	1
	Danainae sp2	1
<b>Neuroptera</b>	Chrysopidae sp1	1
<b>Odonata</b>	Coenagrionidae sp1	1
<b>Orthoptera</b>	Acrididae	4
	Acrididae	1

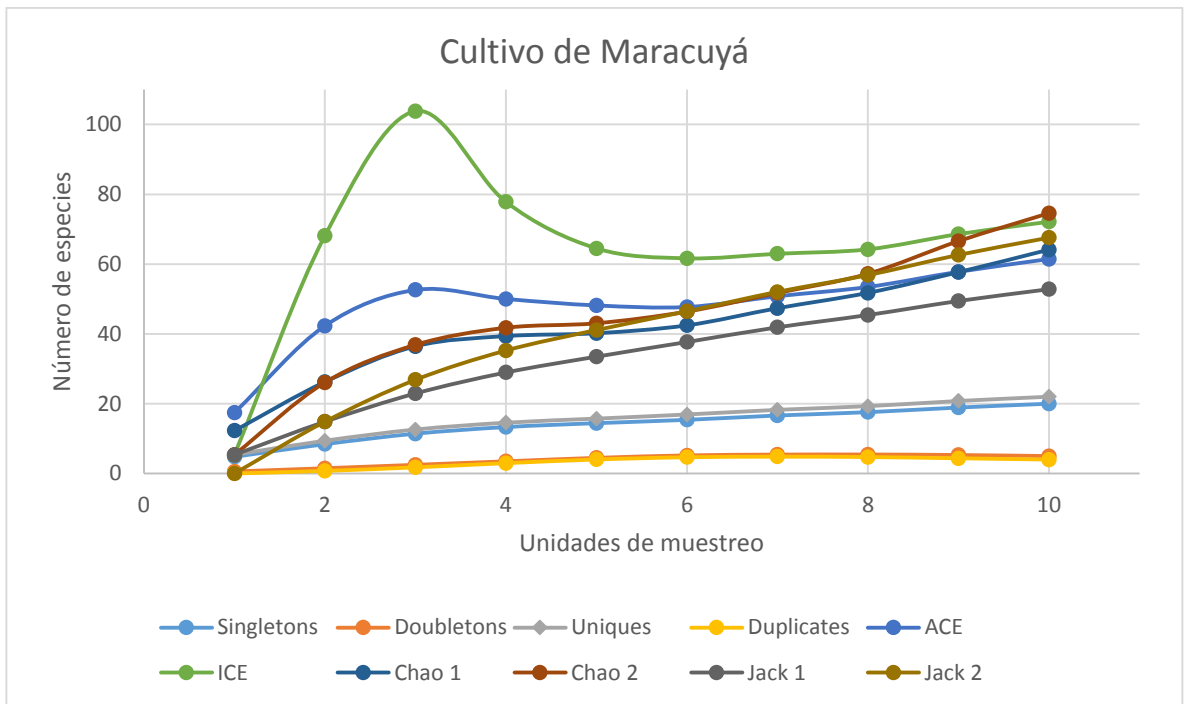
Del 100% de individuos que representa el total de muestras colectados en el cultivo de lulo Neuróptera representa el 2%, Odonata 1%, Díptera el 6%, Coleoptera el 9%, Hemiptera el 30%, Himenoptera el 30% y Lepidóptera el 16%. El grupo con mayor representatividad fue Hymenoptera y Hemíptera con 30% cada uno, lo que significa más del 50% de las muestras colectadas. Por otro lado los órdenes con menor número de individuos fueron Neuróptera y Odonatana con 3% del total de muestras colectadas (**Figura 3**)



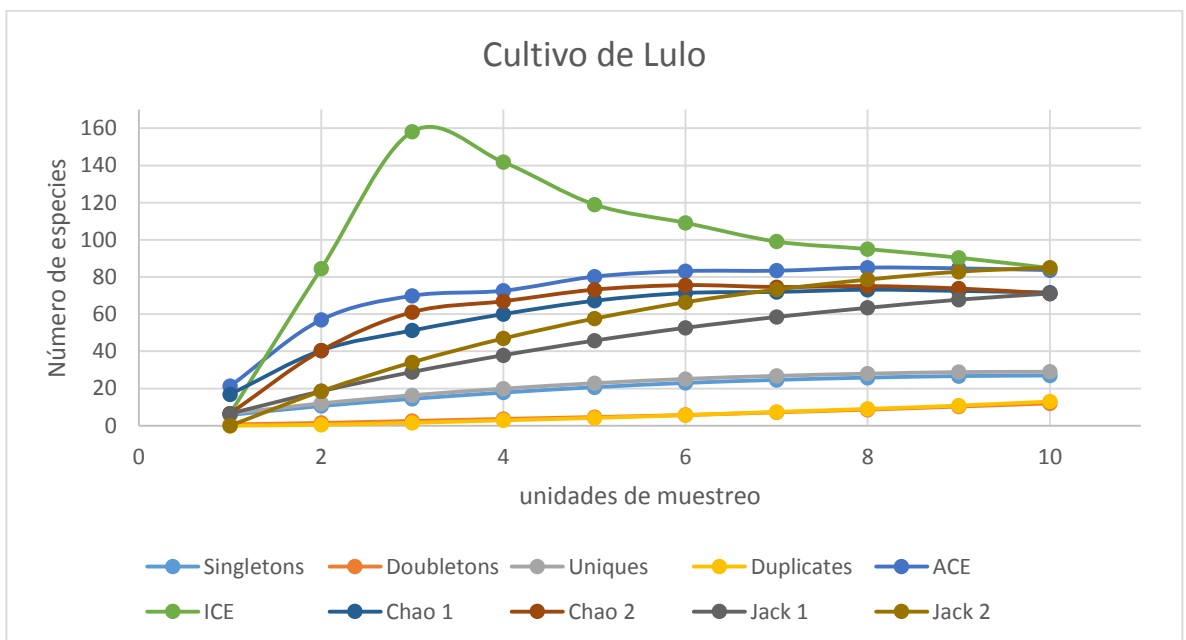
**FIGURA 3:** Porcentaje de órdenes encontrados en un cultivo de lulo

## 6.2 Curvas de acumulación

Las curvas de acumulación representan estimadores no paramétricos que indican el número de especies (eje y) que se debieron coleccionar para que el estudio sea eficaz y estadísticamente correcto. Esto se logra mediante la cuantificación de la rareza y especies coleccionadas y de este modo se logra tener la calidad del inventario y el esfuerzo de muestreo (Toti *et al.* 2000). Encontrándose que el número de individuos coleccionados en ambos cultivos para distintos estimadores paramétricos es muy bajo, lo que muestra que se debe aumentar significativamente en esfuerzo de muestreo o que un factor externo está limitando el número de insectos disponible en el área.



**FIGURA 4:** Curvas de acumulación de especies de insectos en un cultivo de maracuyá.



**FIGURA 5:** Curvas de acumulación de especies de insectos en un cultivo de lulo.

### 6.3 Insectos con funciones polinizadoras

#### 6.3.1 Observaciones realizadas en campo

Según las observaciones realizadas en campo y los parámetros establecidos para generar una primera discriminación de potenciales polinizadores y ser comparados con los datos reportados en documentos específicos acerca de los polinizadores de estas plantas, se obtuvo en una primera discriminación que los candidatos a posibles polinizadores en los cultivos son : *Bombus* sp, *Apis mellifera*, *Eulaema* sp.y *Xylocopa* sp.

**TABLA 3:** Listado de observaciones realizadas por el investigador en 10 flores de cada uno de los cultivo durante 5 días y en 30 minutos con cada flor durante el horario elegido para colectar.

Cultivo	Insecto	Parte de la flor con la que interactúa	Número promedio de vistas (30 min)	Promedio visita individual (s)	Avistamiento de polen
<b>Marácuya</b>	<i>Agraulis</i> sp	Pétalos	1	11	NO
	<i>Apis mellifera</i>	Nectario	3	6	SI
	<i>Polistes</i> sp	Sépalos	1	4	NO
	<i>Xylocopa</i> sp	Nectario	5	5	SI
<b>Lulo</b>	<i>Bombus</i> sp	Nectario	6	3	SI
	<i>Eulaema</i> sp	Nectario	7	3	SI

### 6.3.2 Comparación de los individuos identificados como posibles polinizadores con los reportados por la literatura

A partir de la comparación hecha entre los individuos observados y los individuos reportados por los autores ya nombrados en la tabla 4, se encontró que las especies cuya interacción permite su discriminación como potenciales polinizadores el cultivo de maracuyá fueron: *Xylocopa* sp.y *Apis mellifera*. Mientras que en el cultivo de lulo se hallaron como potenciales polinizadores a *Bombus* sp.y *Eulaema* sp.

**TABLA 4:** Comparación de los individuos hallados como potenciales polinizadores con los descritos en la información reportado en la literatura

Cultivo	Insecto (Género )	Posible polinizador	Interacción con el nectario	Descrito como polinizador de la planta	Autor
Maracuyá	<i>Apis mellifera</i>	SI	SI	SI	Bogdanski (2008)
	<i>Centris</i> sp	SI	NO	NO	
	<i>Xylocopa</i> sp	SI	SI	SI	Bogdanski (2008) Peña (2003)
Lulo	<i>Apis mellifera</i>	SI	NO	NO	
	<i>Bombus</i> sp	SI	SI	SI	Almanza (2007)
	<i>Eulaema</i> sp	SI	SI	SI	Almanza (2007)
	<i>Trigona</i> sp	SI	SI	NO	
	<i>Xylocopa</i> sp	SI	SI	NO	

## **6.4 Cálculo del servicio ecosistémico prestado por los individuos identificados como posibles polinizadores**

### **6.4.1 Datos recolectados con los dueños de los cultivos**

Para entender la dinámica del cultivo se hizo una documentación de los datos necesarios para conocer su manejo, en ambos casos se guardó la información y se tabuló para obtener número de plantas del cultivo, personas actualmente a cargo, en ambos se obtuvo tres, hectáreas sembradas y número de personas dispuestas a contratar y bajo qué términos si existiese la ausencia de polinizadores.

**TABLA 5:** Datos recolectados acerca del manejo de los cultivos al entrevistar sus propietarios. **SF:** Cultivo sin floración      **F:** Cultivo en floración      **C:** Cultivo en cosecha      **PSF:** Personas dispuestas a contratar si la polinización tuviera que ser manual

	<b>Maracuyá</b>	<b>Lulo</b>
<b>Número de plantas</b>	2500	3000
<b>Área</b>	1,5 ha	2,5 ha
<b>Inversión inicial (pesos)</b>	\$10.000.000	\$15.000.000
<b>Edad del cultivo</b>	6	6
<b>Número de Trabajadores SF</b>	3	3
<b>Número de Trabajadores F</b>	3	3
<b>Número de Trabajadores PSF (medio tiempo)</b>	6	7
<b>Número de Trabajadores C</b>	8	9
<b>Foco de venta</b>	Región	Local

#### **6.4.2 Gastos hipotéticos asociados a la ausencia de los polinizadores hallados**

Los gráficos de barras se realizaron a partir de los datos obtenidos con el cultivador, tomando como base el número de individuos que actualmente laboran en el manejo y como sueldo base el salario mínimo legal vigente en Colombia. El cambio se realizó a partir de la disposición de contrato que tendría el dueño del cultivo para aumentar el número de trabajadores y las condiciones que el estableciera para dicha labor, en este caso el número de personas que contrataría, el tiempo del que necesitaría de esa labor y la equivalencia de trabajo en cuando al salario.

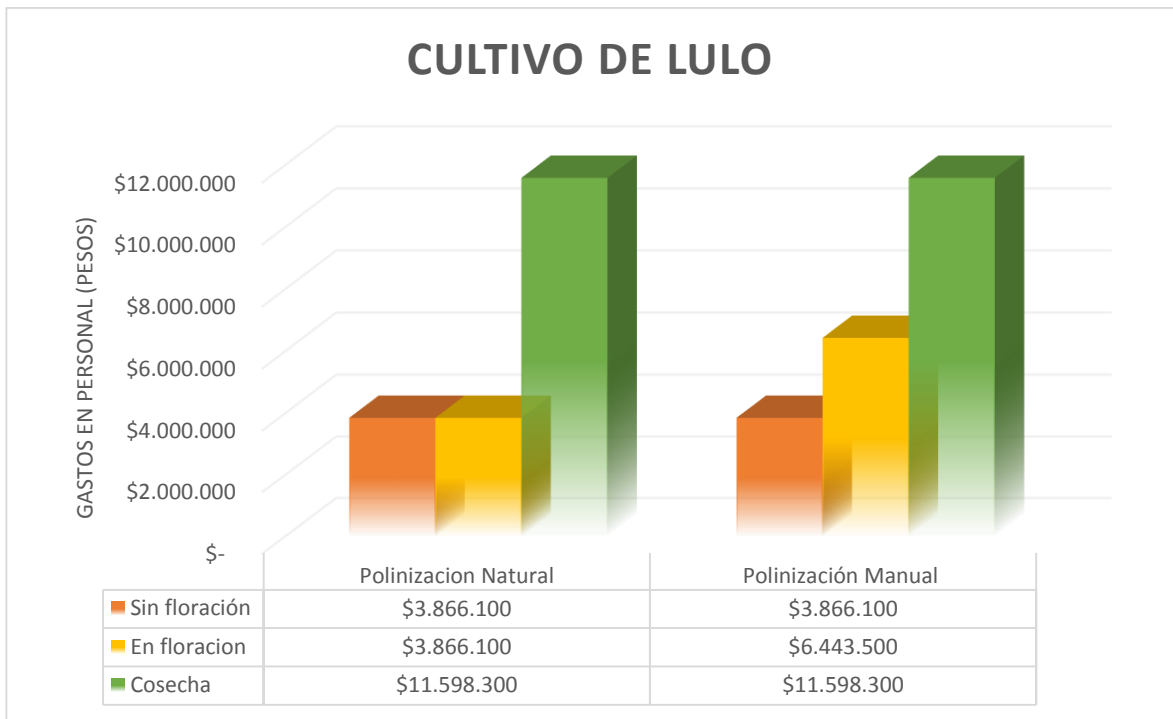
De este modo, los cultivos muestran el comportamiento de los gastos generados en los cultivos a través del establecimiento de 3 fases del cultivo: Sin floración, en Floración y la temporada de cosecha. De esta forma se muestra una comparación de estos frente a los gastos que se darían en ausencia de polinizadores naturales.

En el cultivo de maracuyá, se encontró que al estar en floración (dos meses) la diferencia entre el total de dinero que genera la mano de obra necesaria para el mantenimiento del cultivo de maracuyá en los dos meses que dura esa temporada aumenta un 33.3% (\$1.933.050) al usar polinización manual en lugar de un cultivo que es polinizado sin intervención humana.



**FIGURA 6:** Comportamiento de los gastos generados por el número de personas que trabajan en tres fases de un cultivo de maracuyá cuando se presentan dos tipos de polinización en el cultivo.

En el cultivo de lulo, se encontró que al estar en floración (dos meses) la diferencia entre el total de dinero que genera la mano de obra necesaria para el mantenimiento del cultivo de lulo durante los dos meses que dura la floración, se muestra un aumento del 40% (\$2.583.400) en un cultivo que usa la polinización manual que un cultivo que es polinizado sin intervención humana



**FIGURA 7:** Comportamiento de los gastos generados por el número de personas que trabajan en las diferentes fases de un cultivo de maracuyá cuando se presentan dos tipos de polinización en el cultivo

## 7 DISCUSIÓN

### 7.1 Análisis de población

En ambos cultivos se pudo observar que los grupos con mayor riqueza y abundancia de especies visitantes fueron los himenópteros, hemípteros y lepidópteros (**Tablas 1,2. Figuras 2,3**). Presentando en los dos casos de estudio dos géneros representaban más del 50 de los individuos colectados. Por su parte, las curvas de acumulación de especies son parámetros usados comúnmente para hallar estimadores como la diversidad alfa de un muestreo. Sin embargo, también es usado para determinar cuán eficaz fue el muestreo realizado. Es decir, permite conocer qué porcentaje de las especies esperadas han sido colectadas y así definir si la información generada puede ser utilizada para realizar análisis de similitud o complementariedad. En este caso el número de muestras no fue suficiente, por lo que no fue alcanzado ni en maracuyá ni en lulo el 85% de las especies sugeridas por las curvas de acumulación de especies (**Figuras 4,5**). Sin embargo al observar las curvas generadas por los singletones, doubletones, uniques y duplicates se evidencia que al aumentar las unidades de muestreo en el caso de lulo se hubiese llegado al número de especies indicadas por estos parámetros.

Los fenómenos observados en las tablas de especies, es decir la colecta de muchos individuos con un solo ejemplar y otros con un número muy bajo individuos, se puede estar explicar dado que los insectos sean polinizadores o no, están constantemente expuestos a pesticidas (Anexo 1). Los insecticidas usualmente cambian las interacciones en los sitios donde son usados pues no discriminan entre insectos polinizadores, predadores, parasitoides o detritívoros (Wolffrang *et al.* 2008). De esta forma disminuye drásticamente la población general de insectos a corto plazo, generando como consecuencias a largo plazo un aumento en la resistencia de los insectos a estos compuestos u el incremento de su demanda (Schowalter 2013) (Melin *et al.* 2014). Proceso que causa en la investigación un sesgo en la población de individuos, y así mismo una disminución en la probabilidad

de ser capturados en colecta. Sin embargo, la diferencia entre las proporciones de los himenópteros, hemípteros y lepidópteros frente al resto de grupos colectados, se puede dar debido a que estos individuos suelen tener hábitos de forrajeo y vuelo de mayor alcance, lo que permite a su población no estar tan expuesta o pueda huir a la aplicación de estos agroquímicos.

## **7.2 Potenciales polinizadores**

Las observaciones realizadas por el investigador muestran diferentes grupos de individuos que interaccionaron con la flor de las plantas, en la flor de la pasión cuatro géneros de individuos fueron visualizados e identificados *Xylocopa* sp., *Apis mellifera*, *Polistes* sp., y *Agraulis* sp. (**Tabla 3**). Siendo *Xylocopa* sp. y *Apis mellifera* las observadas exactamente en la copa de la flor o nectario, llevando partículas de polen al abandonar la flor por lo que fueron tomados como dos géneros candidatos a posibles polinizadores.

Muchos de los individuos hallados en el muestreo son determinados en la literatura como importantes polinizadores de distintos tipos de plantas (**Tabla 4**). Sin embargo, los textos para cada tipo de cultivo son muy específicos al hablar de cuáles son los polinizadores de los cultivos investigados. La literatura que habla de los polinizadores en cultivos de maracuyá mencionan dos géneros de abejas polinizadores *Apis mellifera* como polinizador introducido y *Xylocopa* sp. como polinizador nativo (James *et al.* 2008) (Bongdanski 2008) (Peña 2003). Esta información al ser contrastada con los individuos colectados e identificados como posibles polinizadores genera datos muy similares donde los individuos hallados con los reportados coinciden (**Tabla 4**), pues se colectaron y observaron sólo dos géneros de ápidos que interaccionaran con los órganos reproductores de la flor de la pasión, *Xylocopa* sp. y *Apis* sp.

Así mismo, en el cultivo de lulo se hallaron dos géneros de abejorros cuyas observaciones de interacción flor-abeja permitieran su discriminación como posibles polinizadores de *Solanum quitoense*, en este caso *Bombus* sp.y *Eulaema* sp. Adicionalmente, fueron colectados dos géneros de abejorros visitando la flor que no fueron observados por el investigador cuando se estableció el horario de colecta, estos individuos pertenecientes a los géneros *Trigona* sp.y *Xylocopa* sp, son mencionados en la literatura como polinizadores naturales de varios tipos de cultivos (Willmer 2009) (Almanza *et al.* 2009). De este modo, al comparar los datos encontrados con los datos reportados para cultivos de lulo coinciden para *Bombus* sp.y *Eulaema* sp. los polinizadores descritos, siendo este último mencionado como visitante dependiente de la altura sobre el nivel del mar (Almanza *et al.* 2009). Sin embargo, la presencia de *Xylocopa* sp.y *Trigona* sp. fueron tomadas como visitantes ocasionales, ya que no se halló literatura que hablará de estos grupos específicamente para lulo. Por lo cual, los visitantes comunes en este cultivo específicamente fueron *Bombus* sp.y *Eulaema* sp. *Bombus* sp. es descrito en la literatura como su mayor polinizador. Sin embargo, *Eulaema* sp. es un género de abejas cuya densidad poblacional es alta a elevaciones entre los 1500 y 2000 msnm (altura del cultivo 1813 msnm). Además de una proporcionalidad similar en la densidad poblacional de *Bombus* sp. a ese rango altitudinal. Adicionalmente, ambas especies pertenecen a los polinizadores por vibración (buzz-pollination) (Nates 2006), lo cual explica la interacción con esta planta, pues es dependiente de este tipo de polinización.

A partir de los datos encontrados, los polinizadores se separaron en dos grupos de polinizadores, abejas silvestres y administradas. Las abejas silvestres o nativas son organismos móviles que a menudo usan múltiples recursos localizados en hábitats diferentes o discontinuos (Kremen *et al.* 2008) y suelen ser todos aquellos diferentes al género *Apis* (Abrol 2012). Esta distinción se realiza, pues los polinizadores silvestres son los responsables directos y más adecuados para el cumplir el servicio ecosistémico. Afirmación que se puede realizar, ya que, un

estudio realizado en cultivos de 41 sitios distintos del mundo muestra que en un paisaje con riqueza y abundancia de polinizadores silvestres el set frutal de las plantas estudiadas aumenta con el incremento del número de visitas de polinizadores silvestres independientemente de las visitas de abejas de miel (Garibaldi *et al.* 2013). En este estudio se encontraron como potenciales polinizadores *Bombus* sp, *Xylocopa* sp, *Eulaema* sp.y *Apis mellifera*, de los cuales los tres tipos de abejorros pueden ser llamados polinizadores silvestres y, así mismo presentan múltiples ventajas sobre la polinización asistida sea humana o por abejas de miel. Ellos pueden sustituir los servicios brindados por polinizadores comercialmente administrados (*Apis mellifera*) o polinizadores humanos, reemplazándolos parcial o totalmente (Kremen *et al.* 2008). Pueden mejorar los servicios realizados por un polinizador administrado a través de comportamientos que incrementen la efectividad del polinizador administrado (complementación) y ser útiles a las plantas que no son efectivamente polinizadas por polinizadores administrados. En algunos casos la estructura floral no permite que la polinización realizada por individuos del género *Apis* sea viable como en el caso de la maracuyá (Bogdanski 2008), donde cumple la función de polinizador acompañante o en otros casos como en el lulo, donde la polinización no es realizada por individuos de este género y debe ser realizada estrictamente por géneros especialistas presentes en la matriz, pues la eficiencia polinizadora de cualquier visitante floral está íntimamente relacionada con la anatomía de la flor y el comportamiento de forrajeo del animal (Nates 2006).

### **7.3 Valor cuantitativo del servicio ecosistémico**

En el contexto agrícola, la polinización proporciona varios beneficios para la generación de diversidad de productos en el mundo, estos beneficios han sido explorados y explotados durante dos milenios pues ha permitido el establecimiento de cultivos de plantas ajenas a los lugares de siembra sin dependencia polinizadora

humana a través del desarrollo de la sociedad (Willmer 2011). Estos productos son el resultado directo del acto de ser polinizado y en otros casos la polinización aporta a la propagación del cultivo o al mejoramiento de la calidad del fruto (Abrol 2012).

A pesar de la importancia de la polinización, la estimación económica del servicio prestado por polinizadores naturales es difícil por la existencia de diferentes aproximaciones para estimar el valor del servicio de polinización generan resultados con amplios rangos de variación. El valor más bajo sería el costo generado al reemplazar el servicio prestado por abejas silvestres con polinizadores comerciales o manuales. El valor más alto, se obtiene del establecimiento de la dependencia proporcional de un cultivo a un polinizador animal y entonces multiplicar esta dependencia por el valor bruto de producción en el cultivo (James *et al.* 2008). Otro factor limitante, está en aquellos cultivos donde hay polinización administrada y polinización por abejas silvestres, determinar la contribución de cada una requiere una amplia documentación de este fenómeno y esta información raramente está disponible. Adicionalmente, las interacciones entre abejas silvestres y abejas de miel pueden aumentar o disminuir en diferentes proporciones el valor atribuido al servicio ecosistémico prestado por abejas silvestres lo que necesitaría un grado mucho mayor de documentación para generar información fiable (Kremen 2008). De la información para la mayoría de especies, hace que sean pocos y muy específicos los casos en los que se pueda generar un estimador (Abrol 2012).

Los resultados encontrados para ambos cultivos muestran en una diferencia marcada entre el costo de mantenimiento o número de personas que trabajan en la floración del cultivo, con y sin polinizadores naturales, es decir, los costos tienden a aumentar en los cultivos con la pérdida de los polinizadores silvestres, ya que deben ser reemplazados. En la maracuyá en incremento calculado fue de un 33,3% y en el lulo un 40% del presupuesto actual usado en la temporada de floración (**Figura 6,7**). En este caso, se eligió la polinización manual como sustituto de la polinización de abejas silvestres pues es el tipo de polinización que ha sido implementada en el manejo de cultivos en Colombia en los departamentos con mayor producción de

frutales en Colombia y con problemas graves de polinización por la ausencia de abejas silvestres. Para hallar este valor el parámetro tomado fue el número de personas que trabajan actualmente en el cultivo y cómo este valor cambiaría al tener que contratar personal para realizar la labor de las abejas, cantidad que depende del área, especificidad polinizadora y la disposición de contrato o compra que posea en dueño del cultivo (**Tabla 5**). Como se mencionó anteriormente el costo de inversión en mano de obra aumenta, sin embargo, hay reportes de manejo de cultivos específicamente de maracuyá que afirman que la polinización manual genera mayores beneficios al desarrollo del fruto pues aumenta el número de granos de polen depositados en cada flor, y de esta manera aumenta también el tamaño del fruto, el porcentaje de frutos cosechados, el porcentaje de frutos sanos y su peso, en comparación a la polinización realizada entomófilamente que sólo presenta ventajas frente al porcentaje de frutos perdidos. Sin embargo, con las condiciones adecuadas en la matriz para el desarrollo de colonias de abejas silvestres, se podría aumentar el número de visitantes por flor e igualar los beneficios presentados por la polinización manual, sin mencionar el aumento de variabilidad genética que se puede generar por los hábitos de forrajeo de los polinizadores silvestres.

Adicionalmente, al extrapolar este sobrecosto a un contexto en términos nacionales con plantaciones de grandes extensiones o en parámetros evaluadores de todos los cultivos en conjunto de un departamento, se puede generar un concepto un poco más amplio y preocupante para los campesinos. Pues al tener planes de ampliación de áreas cultivadas de 930.000 ha a 1.5 millones ha sólo en el Valle del Cauca y una proyección de ventas al 2032 de US\$1500 millones (El País 2013), se hace necesario evaluar proyectos consideren el sobrecosto generado por la ausencia de polinizadores e intenten solventarlo o solucionarlo. Calle *et al.* (2010) realizó un estudio acerca de la perspectiva de los cultivadores en los departamentos con mayor producción de maracuyá, encontrando que el Meta, Huila y Valle del Cauca son los mayores productores de maracuyá en Colombia, siendo este último el

departamento con mayor problemática de polinización reportada y el que presenta el mayor número de áreas cultivadas aunque con menor extensión en comparación a Meta y Huila (Calle *et al.* 2010). Haciendo del Valle del Cauca un departamento con grandes áreas cultivadas y altos costos de mantenimiento agrícola; costos que no se generan en los sitios muestreados (**Tabla 5**). Por otra parte, en el contexto global en países cuya producción de maracuyá es un marcador económico fuerte la ausencia o presencia de polinizadores naturales puede marcar un hito en las ganancias reportadas y el rendimiento presentado por el cultivo, como en Bahía en Brasil donde no se puede tener este tipo de cultivo sin usar la polinización manual (Bogdanski 2008) o el Este de África en donde las poblaciones de abejorros de madera eran tan numerosos como extensos los cultivos, poblaciones que en la actualidad están reducidas a pequeños minifundios que no alcanzan a polinizar el 10% de las áreas cultivadas (Willmer 2011), generando sobrecostos que sólo los grandes productores pueden sostener o haciendo que los pequeños cultivadores usen los terrenos en otras actividades.

Por su parte, el cultivo de lulo es dependiente de polinización por vibración por lo que, la polinización manual se convierte en un proceso ineficiente y con pocos estudios sobre el tema que permitan argumentar una postura. No obstante, por la especificidad de los requerimientos polinizadores que necesita esta planta, hace de la polinización manual una estrategia invasiva, razones por las que en la actualidad existen proyectos para administrar el género de abejorros *Bombus* que es descrito como su polinizador natural (Almanza 2007) (Nates 2008). Sin embargo, un buen ejemplo para evaluar las implicaciones de la especificidad, se puede observar en los cultivos de mango, en los cuales las abejas sin aguijón son su mayor y más eficiente polinizador. Estudios de cultivos de mango en Brasil y Australia, muestran como el género *Trigona* es especialista para la polinización de esta planta pues por hábitos de comportamiento fomenta la polinización cruzada y es atraída por su flor, fenómeno que no se dió al exponer a abejas del género *Apis* a la planta, pues estas raramente se acercaban a la estructura floral (Abrol 2012), lo que permite afirmar

que en la ausencia de *Trigona* spp u otro individuo especialista, la polinización administrada con el uso de abejas de la miel sería un fracaso y por el tamaño de la estructura floral la polinización manual sería un proceso causante de daños mecánicos al estigma y ovulo. Datos que dan una idea de la realidad que podría afrontar un cultivador de lulo al enfrentar la ausencia o disminución drástica de los individuos que cumplen funciones polinizadoras en su cultivo y esto permite la necesidad global de mejorar las técnicas de manejo agrícola para que a largo plazo los servicios de polinización sean sustentables (Melin 2014)

Finalmente, las causas del porque se habla globalmente de “polinización en crisis” desde una perspectiva a pequeña escala y cuáles son las posibles explicaciones de la presencia de abejas silvestres en los cultivos donde se realizó el muestreo. Para comenzar, la presencia de abejas naturales depende de la matriz o áreas circundantes al cultivo con condiciones aptas para el desarrollo de colonias de polinizadores en este caso los potenciales polinizadores hallados (abejorros y abejas) y la distancia entre ellos (Nates 2008). Para que una matriz proporcione el número de individuos necesario para que la polinización sea realizada, esta debe tener un parche boscoso cerca semi-conservado con acceso a agua y debe estar a una distancia que no sobrepase el área de forrajeo de los individuos que polinizan. Área que está correlacionada con el tamaño corporal de lo polinizadores y a la distancia a un hábitat natural rico en biodiversidad (Benjamin *et al.* 2014) (Carvalho *et al.* 2010). De esta forma, se debe tener en cuenta que los géneros de mayor tamaño muestran un respuesta negativa al incremento de cobertura agrícola a nivel paisajístico y del cultivo, mientras las abejas de menor tamaño sólo disminuían la presencia en el cultivo (Benjamin *et al.* 2014), por lo que la ausencia de polinizadores de mayor tamaño será más notoria en áreas con mayor cobertura agrícola que aquellos con coberturas menos intervenidas.

Adicionalmente, al revisar la matriz circundante se puede observar como el paisaje es bastante heterogéneo y cambiante entre cultivos, en mayor proporción en el área circundante al cultivo de maracuyá. Sin embargo está realidad suele cambiar en un

periodo de tiempo corto, pues la expansión de las agrícolas cada vez disminuyen más la posibilidad de encontrar áreas boscosas que den refugio a las colonias de polinizadores lo que reduce el espacio para la reproducción y aumenta la distancia que debe recorrer el polinizador en búsqueda de alimento (néctar), superando incluso el área de forrajeo de los individuos, lo que disminuye drásticamente la tasa de visitas por cultivo o por flor en dichas plantaciones.

Otro aspecto importante está enfocado hacia el uso de agroquímicos y la frecuencia con la que es utilizada. Ya que, a pesar de que la mayoría de productores intentan disminuir la interacción de este producto con los polinizadores implementando jornadas de fumigación entre 5:30 am y 6:30 am (Calle *et al.* 2008). Las flores conservan residuos, que posteriormente tienen contacto con el cuerpo del polinizador y este será transportando a la colonia finalmente, donde causa en lo juveniles una alta mortalidad y por ende una disminución en la población de polinizadores. Este fenómeno, se puede contextualizar de manera similar en ambos cultivos pues los datos recolectados muestran una aplicación constante de agroquímicos. De este modo, este documento puede ser un integrante de un conjunto mucho más grande de información que permita salvar a la polinización de la crisis.

## 8 CONCLUSIONES

La diversidad de insectos encontrada en los cultivos de maracuyá y lulo en las veredas de “Los Chancos” y “Samaria” en el municipio de Riosucio Caldas mostró la mayor riqueza y abundancia en los grupos de insectos pertenecientes a los órdenes himenóptera y hemíptera.

Se determinó a partir de observaciones y comparación con los datos reportados por la literatura que los insectos con potencial polinizador en Maracuyá (*Pasiflora edulis*) fueron individuos pertenecientes al *Xylocopa* sp.y *Apis mellifera*. En cambio, en lulo se fueron *Eulaema* sp.y *Bombus* sp.los potenciales polinizadores.

La presencia de polinizadores silvestres en los cultivos estudiados evitan sobre costos en el mantenimiento de estos sistemas agrícolas. En el caso del cultivo de maracuyá muestreado la ausencia de estos organismos polinizadores aumentaría en un 33% el presupuesto utilizado durante los dos meses en que el cultivo está en floración. De este mismo modo, el costo en la misma temporada en el cultivo de lulo aumentaría un 40%.

Se presume que en estos cultivos de estudio, la heterogeneidad de la matriz circundante provee el hábitat adecuado para los organismos hallados como potenciales polinizadores y de esta forma se de la polinización y brinde los servicios ecosistémicos asociados a él.

## 9 RECOMENDACIONES:

Realizar un estudio de como el uso de agroquímicos puede afectar o no la distribución de especies de insectos presentes en un cultivo comercial en Colombia diferente al café

Generar documentación o realizar una recopilación de la poca información existente acerca productos los endémicos del país o de la zona andina, con potencial comercial específicamente Lulo.

Al realizar estudios de valorización de los servicios, se debería generar un estudio interdisciplinar que involucre personas con un amplio conocimiento en ciencias económicas, biológicas y sociales.

Generar proyectos enfocados al mejoramiento de la producción agrícola a partir del manejo de los factores bióticos que intervienen en el desarrollo de un cultivo comercial.

Documentar el comportamiento de las áreas agrícolas circundantes y no agrícolas a las áreas urbanas en los sitios que se plantean en proyectos del estado como zonas con potencial agrícola.

## 10 AGRADECIMIENTOS

Al finalizar mi proyecto de grado, es inevitable nombrar a las personas que de una u otra forma me ayudaron a construir todo este documento y mi conocimiento actual, que es muy diferente al que poseía al iniciar esta experiencia. Adicionalmente, resalto que permitieron que una persona ajena laborará, preguntará y adquiriera de ellos ideas que se hicieran imágenes y realidades.

Primero agradezco a los Señores Gersain Trejos y German Ladino por su apoyo desinteresado y confianza al permitirme coleccionar en sus cultivos, pues sin su consentimiento no hubiese sido posible generar este documento.

También a Catalina Gutiérrez por brindarme su conocimiento y de esta forma darle un camino al trabajo que se planeaba hacer

Por otro lado, agradezco a mi tutor Carlos Valderrama Ardila por permitir que una idea se hiciera hecho y letra en papel, por confiar, transmitir su conocimiento y ayudar a mejorar como profesional y persona la futura bióloga que hoy termina este trabajo.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

**Abrol, D.** (2012) *Pollination Biology: Biodiversity Conservation and Agricultural Production*. London: Springer. p.792

**Aizen, M., Garibaldi, L., Cunningham, S., Klein, A.** (2009). How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals Of Botany*, 103(9), 1579-1588.

**Allsopp, M., de Lange, W., Veldtman, R.** (2008). Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement. *Plos ONE*, 3(9), 1-8.

**Almanza, M.** (2007). Management of *Bombus atratus* bumblebees to pollinate Lulo (*Solanum quitoense* L), a native fruit from the Andes of Colombia. *Ecology and Development Series*. 50 (1), 1-121

**Benjamin, F., Reilly, J., Winfree, R.** (2014) Pollinator body size mediates the scale at which land use drives crop pollination services. *Journal of Applied Ecology*. 51(1). 440-449

**Bogdanski, A.** (2008). Pollination in crisis? Pollination limitation of *Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa Degner in Bahia, Brazil. Saarbrücken: VDM Verlag. pp. 10-17

**Brittain, C., Kremen, C., Klein, A.** (2013). Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. *Global Change Biology*, 19(2), 540-547.

**Calle, Z., Guariguata, M., Giraldo, E., Chará, J.** (2010). La producción de maracuyá (*Passiflora edulis*) en Colombia: perspectivas para la conservación del hábitat a través del servicio de polinización. *Interciencia*. 35(1), 207-211.

**Carvalho, L. G., 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(4), 810-820.

**Colwell, R.** (2008). Estimates Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from samples, Version 8.0. [En línea] [Citado el: 20 de Abril de 2014]. <http://viceroy.eed.uconn.edu/estimates>

**CORPOICA.** (2008). Manual sobre el cultivo de Maracuyá (*Passiflora edulis*) en Colombia. pp 7-9

**CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL** (1989) Manejo integrado de *Erinnyis ello* (gusano cachón de la yuca); guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad de Auditoria sobre el mismo tema. Cali Colombia: CIAT. 62

**ECOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA.** (1997). Issues in ecology. Ecosystem services: Benefits supplied to human societies by Natural ecosystems. [En línea] 1997. [Citado el: 20 de Abril de 2014.] <http://www.wms.org/biod/value/EcosystemServices.html>.

**El País** (2013). Colombia trabaja por convertirse en potencia frutícola. [En línea] [Citado el: 5 de Junio de 2015.] <http://www.elpais.com.co/elpais/economia/noticias/valle-cauca-busca-convertirse-potencia-fruticola>

**FAO** (2010). Fichas Técnicas productos frescos y procesados. [En línea] [Citado el: 27 de Abril de 2014.] [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/lulo.htm](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/lulo.htm).

**Fernandez, F., Andrade, G., Amat, G.** (2004). Insectos de Colombia: Volumen 3. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. p.604

**Fernández, F. & Sharkey, M.** Introducción a los Hymenoptera de la región neotropical. Bogotá: Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia. p.894

**Garibaldi, L., Steffan, I., Winfree, R., Aizen, M., Bommarco, M., Cunningham, S., Kremen, C., Carvalheiro, L., Harder, L., Afik, O., Bartomeus, I., Benjamin F., Boreux, V., Cariveau, D., Chacoff, N., Dudenhöffer, J., Freitas, B., Ghazoul, J., Greenleaf, S., Hipólito, J., Holzschuh, A., Howlett, B., Isaacs, R., Javorek, S. Kennedy, C., Krewenka, K., Krishnan, S., Mandelik, J., Mayfield, M. Motzke, I., Munyuli, T., Nault, B., Otieno, M., Petersen, J., Pisanty, G., Potts, S., Rader, R., Ricketts, T., Rundlöf, M., Seymour, C., Schüepp, C., Szentgyörgyi, H., Hisatomo Taki, H., Tschardt, T., Vergara, C., Viana, B., Wanger, T., Westphal, C., Williams, N., Klein, A. (2013) Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science* 339(3), 1608**

**Harrison, J., Woods, A., Roberts, S. (2012) Ecological and environmental physiology of insects. New York: Oxford University Press.**

**Hermann, A., Schleifer, S., Wrba, T. (2011). The Concept of Ecosystem Services Regarding Landscape Research: A Review. *Living Reviews In Landscape Research*, 51-37**

**Kremen, C., Williams, N., Aizen, M., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vázquez, D., Winfree, R., Adams, L., Crone, E., Greenleaf, S., Keitt, T., Klein, A., Regetz, J., Ricketts, T. (2007) Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10(4), 299-314.**

**James, R. & Pitts-Singer, T. (2008) Bee Pollination in Agricultural Ecosystems. New York Oxford: University Press. p.232**

**Leather, S. (2005) Insect sampling in forest ecosystems. Blackwell Science. pp. 110**

**López, Y., Hernández, J., Caraballo, P.** (2013) Actividad de forrajeo de la avispa socia *Polybia emaciata* ( Hymenoptera: Vespidae:Polistinae). *Revista Colombia de Entomología*, 39 (2), 250-255

**Luca, P., Bussière, L., Souto-Vilaros, D., Goulson, D., Mason, A., Vallejo-Marín, M.** (2013). Variability in bumblebee pollination buzzes affects the quantity of pollen released from flowers. *Oecologia*, 172(3), 805-816

**McGavin, G.** (2002). Entomología esencial. Barcelona: Ariel Ciencia. pp. 23-37.

**Melin, A., Rouget M., Midgley, J., Donaldson, J.** (2014) Pollination Ecosystem services in South African agrycultural systems. *South African Journal Science*. 110(11/12).

**Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia.** (2012). [En línea] [Citado el 3 de junio de 2014] [http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/240712\\_informe\\_gestion\\_mads\\_original.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/240712_informe_gestion_mads_original.pdf)

**Nates-Parra, G.** (2006) Abejas corbiculadas de Colombia. Bogotá: Publicaciones Universidad Nacional de Colombia. p.156

**O'Brien, S. & Daily, G.** (1998). Nature's Services. *Electronic Green Journal*, 392.

**Oreja, J., Fuente, A., Ordaz, D., Santín, L., Franco, D., Regidor, C.** (2010). Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation*. 1(1), 31–45.

**Parra, G.** (2005). Abejas silvestres y polinización. *Manejo Integrado de plagas y agroecología*. Costa Rica.75: 7-20.

**Peña, J.** (2003). Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Insectos polinizadores de frutales tropicales: no solo las abejas llevan la miel! *Costa Rica*. 69: 6-20.

- Rader, R., Howlett, B. G., Cunningham, S., Westcott, D. A., Edwards, W.** (2012). Spatial and temporal variation in pollinator effectiveness: do unmanaged insects provide consistent pollination services to mass flowering crops?. *Journal Of Applied Ecology*, 49(1), 126-134.
- Ricketts, T., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S, Kremen, C, Bogdanski, A., Gemmill-Herren, B., Greenleaf, S., Klein, A., Mayfield, M., Morandin, L., Ochieng, A., Viana, B.** (2008). Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?. *Ecology Letters*, 11(5), 499-515.
- Seppelt, R., Dormann, C. F., Eppink, F. V., Lautenbach, S., Schmidt, S.** (2011). A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 630-636.
- Schowalter, T.** (2006). *Insect ecology: An ecosystem approach*. Elsevier. 397
- Schowalter, T.** (2013). *Insects and sustainability of ecosystem services*. New York: CRC Press. p.346
- Smith-Pardo, A., Velez, R.** (2008) *Abejas de Antioquía*. Medellín: Publicaciones Universidad Nacional. p.132
- Toti, D., Coyle, F., Miller, J.** (2000) A structured inventory of appalachian grass bald and the heath bald spider assemblages and test of species richness estimator performance. *Journal Arachnol.* 28: 329-345
- Weisser, W., Siemann, E.** (2008) *Insects and Ecosystem Fuction*. Houston: Springer. p.414
- Willmer, P.** (2011) *Pollination and floral ecology*. London: Princeton University. p.778
- Wolff, M.** (2006). *Insectos de Colombia: Guía básica de familias*. Medellin: Laboratororio de Colecciones Entomológicas. p.460

## 12 ANEXOS

### ANEXO 1

La abundancia y riqueza de insectos en un cultivo está sujeta a la dinámica del manejo de los cultivos y frecuencia de exposición a agentes agroquímicos, por lo que se entrevistó a varios propietarios cultivos de maracuyá y lulo con el fin de conocer el uso de estos compuestos y cómo condicionaban la problemática de plagas

CQ: Compuesto Químico CN: Compuesto Natural (Alternativas orgánicas)

<b>Marácuya</b>							
<b>Localización cultivo</b>	<b>Experiencia (años)</b>	<b>lotes de cultivo</b>	<b># de plantas</b>	<b>forma de cultivo</b>	<b>inversión inicial</b>	<b>fumigantes</b>	<b>Prob Plagas</b>
Vereda San José	10	1	300	x2	2.000.000	CQ	Bajo
		2	250	x2	2.000.000	CQ	Medio
		3	600	x2	2.000.000	CQ	Bajo
Vereda Los Chancos	15	1	2500	x1	10.000.000	CQ	Bajo
Vereda el Carmelo	5	1	500	x1	3.000.000	CN	Alto
<b>Lulo</b>							
Samaria	15	1	3000	1	150000	CQ	Bajo