Capítulo 6 Discusión

6.1 Observaciones focales

Sin importar el tipo de sistema de cultivo *A. mellifera* es altamente dominante sobre el resto de las especies. Sería interesante poder llevar a cabo la misma investigación en cafetales donde no se introdujera ésta especie de abeja, ya que la dominancia de una especie en un ecosistema suele tener una relación inversamente proporcional con la diversidad del mismo. Esto explica que la riqueza de especies encontrada sea menor a la reportada por estudios similares (Roubik 2002, Klein et *al.* 2003, Rickets et *al.* 2004). Por otro lado, se observaron algunas especies de insectos, diferentes a las reportadas, visitando el café fuera de las observaciones focales. Por lo que recomiendo que se lleve a cabo un estudio en el que se registren las especies visitantes de las flores del café a lo largo de todo el año, en los diferentes tipos de cultivo.

Sorprendentemente encontramos enjambres enteros de escarabajos (*Macrodactylus fulvescens*) polinizando las flores de café en Teocelo (S). Además, no se registró ningún ejemplar de *Mellipona quadrifasciata*, a pesar de que está registrada como la especie visitante de flores de *C. arabica* más común después de *A. mellifera*. No obstante se registraron otras seis especies de abejas nativas, de las cuales *Scaptotrigona pectoralis* es la especie más abundante después de *A. mellifera*. La presencia de estas especies probablemente se deba a la gran diversidad original del BMM del centro del estado de Veracruz, ya que los estudios en donde se ha reportado *M. quadrifasciata* se han llevado a cabo en otras regiones (Cuadro 5.2).

Es interesante que los dos ranchos “más diversos”, El Mirador (R) y Nestlé (PC), sólo compartan el 55% de sus especies, mientras que los ranchos “menos diversos”, La Vequia (SE) y Teocelo (S), no comparten ninguna especie con excepción de *A. mellifera*. Al comparar las especies encontradas en El Mirador (R) y la Vequia (SE), sólo una de las especies registradas para el menos diverso (La Vequia), no se encuentra en el más diverso (El Mirador); mientras que al comparar las especies registradas para Teocelo (S) y Nestlé (PC) ocurre lo mismo (sólo una de las especies registradas en Teocelo no se registró en Nestlé). Esto se puede explicar con el hecho de que los ranchos de cada par se encuentran ya sea en el mismo municipio o en municipios vecinos, por lo que las poblaciones de insectos pueden ser similares, aunque las diversidades difieran. Mientras que existe una distancia considerable entre los pares. La proporción de especies compartidas entre las fincas de pares diferentes es mucho menor (Cuadro 5.2).

6.2 **Factores independientes**

La distancia al parche de BMM más cercano se midió para evaluar hasta qué distancia el BBM puede fungir como fuente de insectos visitantes de las flores de *C. arabica* para un cafetal. El método utilizado para medir esta distancia fue excelente. A pesar de esto, el programa de análisis de imagen (Arc View Image Análisis) necesario es altamente especializado, y no fue fácil encontrar a alguien capacitado para que nos ayudara a analizar nuestras imágenes. Además, es necesario cotejar el terreno para tener una certeza absoluta de lo que se encuentra por debajo del dosel, el cual se observa en las fotografías satelitales (IKONOS y Ortofotos). Si estas adversidades logran superarse se logra una precisión extraordinaria en éstas mediciones.

Se entiende por disponibilidad de recursos las fuentes de alimento y sitios de anidación para los insectos visitantes de las flores de *C. arabica*. Ya que prácticamente no hay nada más que cafetos en Teocelo (S) es lógico que la menor disponibilidad de recursos se le atribuya a éste sistema de cultivo. Sin embargo, a partir de las estimaciones hechas no es posible comparar ésta disponibilidad entre El Mirador (R), Nestlé (PC) y La Vequia (SE). Dado el caso, sería mejor evaluar este factor analizando las coberturas porcentuales de los tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo), trazando cuadrantes en campo alrededor de cada sitio de estudio. Sin duda, este método obtendría resultados más precisos y comparables.

La luminosidad se midió para conocer el efecto de la densidad del dosel sobre la diversidad y la abundancia de los insectos visitantes de las flores del café. Es importante utilizar un luxómetro que tenga un rango suficientemente amplio para medir la intensidad luminosa tanto debajo del dosel del BMM como directamente bajo el sol (0 – 130000 luxes, aproximadamente). La intensidad luminosa se midió dos veces. Originalmente se tomaron los datos a nivel del suelo. Sin embargo, al medir la luminosidad a nivel del suelo no se elimina el efecto de sombra producida por los cafetos mismos, por lo que no se puede tener una medida de la intensidad luminosa recibida por estos. La segunda medición se hizo a 1.60m sobre el nivel del suelo, con el fin de eliminar la sombra producida por los cafetos y así obtener la intensidad luminosa que reciben (el crecimiento de los cafetos en un cultivo esta limitado a 2m máximo). Después de analizar los datos creo que sería interesante tomar medidas de intensidad luminosa a un tercer nivel, por ejemplo 2.5 o 3m.

6.3 **Factores dependientes (Índices de diversidad)**

Al observar las gráficas 4.6 y 4.7 es fácil notar que las diferencias entre las diversidades de cada finca según Shannon (que toma en cuenta tanto a la riqueza como a la abundancia relativa de especies) son menos marcadas que las medidas por el índice de Margalef (que sólo toma en cuenta la riqueza de especies). Esto indica que existe una alta dominancia (baja equitatividad) en los cuatro ecosistemas estudiados. Efectivamente, el índice de Simpson señala que *A. mellifera* domina inminentemente en los cuatro sistemas de cultivo. Al haber tal dominancia (≈ 90%) por parte de una sola especie la diversidad baja drásticamente, pues se puede hablar de una monopolización de recursos por parte de la especie dominante. Debido a esto se observan mayores diferencias entre las diversidades calculadas por los índices que se inclinan hacia la riqueza específica (Margalef y Shannon) para los cuatro ranchos, que entre las diversidades calculadas por el índice de Simpson (Gráfica 4.8), cuya medición se inclina más hacia la dominancia/equitatividad entre las especies de un ecosistema (**Error! Reference source not found.**). Él efecto de la dominancia sobre la diversidad de un ecosistema se observaría aún en el BMM, de existir una especie tan dominante como *A. mellifera*. En la realidad esto no se cumple para el BMM, ya que las abejas mieleras son una especie introducida y manipulada por el hombre específicamente en los ranchos cafetaleros y no en el BMM. Esto explica la baja diversidad de insectos visitantes de las flores de café en el centro del estado de Veracruz, con respecto a estudios previos (Roubik 2002, Klein et *al.* 2003, Rickets et *al.* 2004).

A pesar de la baja diversidad en los cuatro ranchos, los sistemas de cultivo rústico y de policultivo comercial logran mantener una diversidad suficiente en toda su área. Mientras que los sistemas de cultivo de sombra especializada y a pleno sol no logran

mantener la misma diversidad en toda su área. Esto se prueba al comparar las diversidades entre sitios de estudio para cada finca. Al comparar los valores de diversidad según Shannon (prueba de t de Hutchenson, 1970), se puede observar que tanto para el Mirador (R) como para Nestlé (PC) las diversidades registradas para cada sitio de estudio no difieren entre si. En cambio, al correr esta prueba para Teocelo (S) nos damos cuenta que las diversidades calculadas por el índice de Shannon difieren entre los sitios de estudio. Finalmente, estas diversidades calculadas para los sitios de estudio 1 y 2 de La Vequia(SE) difieren entre si, mientras que las calculadas para los sitios 3 y 4 ni siquiera pueden ser comparadas pues el valor, tanto de la diversidad como de la varianza de la misma, es cero en ambos casos (Cuadro 5.6 y 5.7).

6.4 Clasificación de Sistemas de cultivo según su efecto sobre la diversidad y abundancia de los insectos visitantes del café

La clasificación de los cuatro ranchos según su diversidad es la siguiente: **El Mirador (R) > Nestlé (PC) > Teocelo (S) > La Vequia (SE).** Esto no es exactamente lo predicho por mi investigación (cafetal orgánico (rústico) con sombra > policultivo comercial con sombra > sombra especializada > cafetal sin sombra (a pleno sol) = El Mirador (R) > Nestlé (PC) > La Vequia (SE) > Teocelo (S)) ya que las últimas dos fincas invierten sus posiciones. Esta inversión se puede explicar con el hecho de que Teocelo (S) esta rodeada de BMM (a menos de 150m), mientras que el parche de BMM más cercano a La Vequia (SE) se encuentra a más de 950m de distancia. Según Rickets (2004), si la distancia entre un cafetal y un parche de BMM es mayor a 1 Km, éste no sirve como fuente de insectos. Por lo que se puede considerar que la diversidad, de insectos visitantes de las flores de café, registrada en el caso de La Vequia (SE) es sustentada por éste sistema de

cultivo solamente. Mientras que el BMM alrededor de Teocelo (S) provee a la finca con algunas especies de insectos visitantes de las flores de sus cafetos. Por lo tanto, la diversidad registrada para Teocelo (S) es mayor que la registrada para La Vequia (SE). En cambio, la distancia al BMM no afecta a la diversidad de Nestlé (PC). Esto probablemente se deba a que un sistema de cultivo como el de Nestlé (PC) sea suficiente para mantener un "alto" nivel de diversidad de insectos visitantes de las flores de sus cafetos; por lo que no depende de un parche de BMM para tener insectos. En el caso de El Mirador (R) aunque la cercanía del BMM pudiera influir positivamente, el sistema de cultivo de ésta finca también es capaz de sustentar una "alta" diversidad de insectos visitantes de *C. arabica*.

6.5 **Regresiones múltiples y correlaciones lineales:**

6.5.1 Regresiones múltiples

Una buena gestión de recursos en ésta zona cafetalera debería de contemplar que las fincas con sistemas de cultivo de sombra especializada o bajo pleno sol estuvieran cerca de un parche de BMM. Al correr la regresión múltiple sin considerar a Nestlé, se encontró que existe una relación inversamente proporcional entre la distancia al parche de BMM más cercano y la diversidad de insectos visitantes del café. Al coincidir con estudios previos ésta correlación es aún más trascendente (Roubik 2002, Klein et *al.* 2003, Rickets et *al.* 2004).

La falta de relación entre la variación de los factores dependientes y la variación de los independientes, significa simplemente que para los cuatro ranchos estos factores independientes no influyen de una forma importante en las poblaciones de insectos visitantes de las flores de café. Estudios previos prueban que la distancia entre el cafetal y

el parche más cercano de BMM si tiene un efecto significativo sobre estas poblaciones. Por lo que al analizar con más detalle la localización geográfica, con respecto a parches de BMM cercanos, de cada finca, se decidió volver a correr la regresión múltiple sin considerar a Nestlé (PC). En el caso de ésta finca, que se encuentra entre zonas muy urbanizadas, cualquier parche de BMM esta demasiado lejos como para influir en las poblaciones de insectos visitantes de las flores de *C. arabica*.

6.5.2 Correlaciones y regresiones lineales

Mediante las correlaciones lineales se comprobó que la distancia a un parche de BMM es sobretodo importante para la riqueza de especies, consecuentemente para la diversidad, de insectos visitantes de las flores de *C. arabica*. Al analizar la dirección, la fuerza y la probabilidad (r, r^2 y P(una cola), respectivamente) de esta correlación lineal, no se debe pasar por alto que la correlación entre estos dos factores se inclina notablemente sobre la riqueza y no sobre la dominancia /equitatividad de especies. Esto está claro ya que la correlación lineal predominante se encontró para el índice de Margalef (que sólo mide la riqueza de especies). Mientras que el índice de Shannon (medida de diversidad que se inclina más por la riqueza que por la dominancia de especies) señala una correlación lineal con menos fuerza. En el caso del índice de Simpson (medida de diversidad que se inclina más por la dominancia que por la riqueza de especies) la correlación ni siquiera es significativa.

6.5.3 Efecto de la diversidad y la abundancia sobre el amarre, la retención y el tamaño de frutos de C. arabica

Al comparar los valores de r para los tres índices de diversidad con respecto a la regresión múltiple para la proporción del amarre de frutos, se puede apreciar una correlación importante entre la riqueza de especies (índice de Margalef) y el amarre de frutos. Por lo que se puede decir que la presencia de una amplia gama de especies de insectos visitantes de las flores de café, puede influir positivamente en el amarre de frutos de esta planta. Esto también ha sido comprobado en estudios previos (Roubik 2002, Klein et *al.* 2003, Rickets et *al.* 2004).

Encuentro interesante el hecho de que r (0.24), para la diversidad según el índice de Shannon y la proporción de amarre de frutos, sea mayor que r (0.01) para la correlación entre la diversidad calculada por el índice de Simpson y el mismo factor dependiente. Así mismo, al comparar los valores de r (0.44 para amarre, 0.21 para retención y 0.11 para tamaño) para la correlación entre la diversidad de Margalef y los tres factores dependientes, ésta va perdiendo significancia ($r_{amarre} > r_{retención} > r_{tamaño}$). Esta relación probablemente se deba a que estos tres factores se miden a lo largo del tiempo. Es decir, que a causa del paso del tiempo sobre cada fruto, existen otros factores que intervienen de forma más trascendente que la riqueza específica de insectos que visitaron las flores, sobre el tamaño que sobre la retención, y a su vez sobre la retención que sobre el amarre de frutos de café.

6.6 <u>Recomendaciones</u>

Personalmente encuentro que el diseño experimental fue simple y eficaz, ya que permitió obtener todos los datos requeridos para evaluar el efecto del tipo de sistema de cultivo sobre la diversidad y la abundancia de los insectos visitantes de las flores de *C. arabica*.

No obstante, además de las recomendaciones hechas a lo largo de la discusión y para cada sección quiero hacer algunas recomendaciones que considero ayudarían a mejorar éste diseño en algunos aspectos. El hecho de no tener datos para un policultivo tradicional (PT) quiere decir que es necesario considerar más recursos humanos para poder llevar a cabo un proyecto de investigación similar a éste, el cual incluya cinco o más sistemas de cultivo. Otra solución sería contar con los cinco tipos de sistema de cultivo en la misma zona, pues esto facilitaría inmensamente el transporte entre fincas y economizaría el tiempo necesario para muestrear los cinco sistemas. Además, quiero recomendar que para el monitoreo de los botones antes del pico de floración, se planee un monitoreo constante y que se lleve a cabo al menos tres veces por semana a partir de la primera semana de abril. Por último, quiero mencionar que cada uno de los datos generales registrados previamente y durante las observaciones focales fue de gran utilidad durante el análisis de datos.