

DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y ECOLÓGICA DE LA ENTOMOFAUNA MICÓFAGA EN UN BOSQUE ALTOANDINO DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA

por

Eduardo C. Amat-García¹, Germán D. Amat-García² & Luis G. Henao-M.³

Resumen

Amat-García, E.; G. Amat-García & L. G. Henao-M.: Diversidad taxonómica y ecológica de la entomofauna micófaga en un bosque altoandino de la cordillera Oriental de Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **28** (107): 223-231. 2004. ISSN 0370-3908.

Se describe la estructura y composición de la comunidad de insectos micófagos encontrados en robledales (*Quercus humboldtii*) de la región de Iguaque (Villa de Leyva-Boyacá). Durante noviembre del 2000 y julio de 2001 se recolectaron 1778 insectos en estado adulto; en laboratorio se criaron 3409 para un total de 5187 individuos distribuidos en 48 morfoespecies. Se establece una clasificación ecológica de la entomofauna (micófagos primarios, micófagos secundarios detritívoros y depredadores) dada por el grado de dependencia al hongo, selección de hospederos y nivel trófico. Se estudia el efecto de la organización de la comunidad de insectos con respecto a factores como tamaño y estado de desarrollo del hongo. La comunidad de insectos estudiada se ajusta al modelo clásico de distribución Log normal y es la más rica en especies si se compara con otros estudios realizados en Colombia. La abundancia de insectos es afectada principalmente por el estado de desarrollo del hongo y tamaño. La riqueza de especies es afectada por el estado de desarrollo del hongo.

Palabras clave: Insectos, hongos, micófagos, comunidad, biodiversidad, Colombia.

Abstract

We describe the structure and composition of the mycophagic insect community of oak woods (*Quercus humboldtii*) in Boyaca-Colombia. From november 2000 to july 2001, 1778 adults insects

1 Biólogo Pontificia Universidad Javeriana. edamat@hotmail.com

2 Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. gamat@ciencias.unal.edu.co

3 Red de Micología-COLOMBIA. Luisenao@cable.net.co

were found and other 3409 were reared in the lab for a total of 5187 insects, belonging to 48 morphospecies, found in 309 fruiting bodies. An insect ecological classification for this fauna (primary mycophagous, secondary mycophagous, detritivorous and predators) is proposed based on the degree of insect dependency on fungi, host selection and tropic level. The effect of fungi size and state of fungi development on the community structure is estimated. The community shows a classical log-normal distribution model. It is the richest community in insect species compared to as other studies in this Country. Insect abundance is modified by fungi size and fungi development state. The richness of species is mainly modified by fungi development state.

Key words: Insects, fungi, mycophagous, community, biodiversity, Colombia.

Introducción

Hongos e insectos hacen parte del grupo de organismos megadiversos del planeta (Cowell & Coddington, 1994); entre ellos existe una variada gama de relaciones, desde los hongos entomopatógenos, cuya dependencia es obligatoria por insectos como recurso alimentario, hasta la estricta dependencia de los insectos por hongos para el mismo fin (Wilding, 1989).

El consumo de alguna estructura fúngica como micelio, cuerpos fructíferos y esporas por un insecto se define como micofagia (Lawrence, 1989). La micofagia es la principal relación que se establece entre insectos y carpóforos de macromicetos; también es la encargada de moldear las características de la interacción entre estos dos grandes taxones. En carpóforos, especialmente del phylum Basidiomycotina, se ha caracterizado una fauna particular de insectos micófagos principalmente representada por los órdenes Diptera y Coleoptera.

Algunos autores consideran este patrón de alimentación como una situación análoga con la herbivoría. Hanski (1989) plantea similitudes y diferencias entre plantas y hongos frente a sus interacciones con los insectos; la inmovilidad, la presencia de sustancias tóxicas y la falta de defensas físicas son condiciones similares, sin embargo la escasa duración temporal y los impredecibles patrones espaciales en los hongos hacen que los insectos micófagos se vean enfrentados a problemas muy diferentes, estas condiciones afectan la ecología y la evolución de los insectos asociados (Ashe, 1987; Leschen, 1994). Debido a las diferencias en la persistencia temporal y en la consistencia estructural, existen claras diferencias entre la fauna de insectos de los Agaricales y la de los Aphyllporales, en general, los insectos asociados a hongos exhiben un alto grado de generalismo (Hanski, 1989).

Se presenta aquí una aproximación al conocimiento de las comunidades de insectos micófagos de Colombia, además de considerar algunos factores que afectan esta

relación, teniendo como especial recurso la micota en bosques de roble, estos ambientes son altamente ricos en macromicetos, especialmente Agaricales (Mueller & Halling, 1995).

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se halla localizada geográficamente entre los 5° 39' y 5° 42' latitud norte y 73°20' y 73°24' longitud oeste, a 2700 m.; está situada en la vereda Capilla, municipio de Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. Pertenecce a la zona subhúmeda, donde predomina un régimen bimodal con dos picos de precipitación y una marcada temporada seca. El área corresponde a la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo (BhMB), conformando un paisaje de pajonales y de matorrales cuya vegetación arbustiva está dominada por *Macleania rupestris*, *Escallonia myrtilloides*, *Pentacalia* spp, *Gaiadendrom* sp y *Bucquetia glutinosa*. La vegetación arbórea está dominada por *Clusia* spp. y *Quercus humboldtii* (Shutze, 1999).

Muestreo y cría

Entre noviembre de 2000 y julio del 2001 se realizaron 12 salidas de campo con muestreos en una área control de robledal de aproximadamente 10 Ha. Durante los recorridos de muestreo se colectaron los carpóforos o cuerpos fructíferos de los macromicetos encontrados. Para cada carpóforo se utilizó un envase plástico garantizando así el confinamiento de larvas y adultos de los insectos presentes.

En el laboratorio se separaron los hongos de acuerdo con su estado de desarrollo. Una vez separados los hongos se completó la información con el examen de las muestras, características físicas, color, altura, diámetro del píleo, presencia, número de insectos por morfoespecie y estado de desarrollo. En la preparación de las muestras de hongos se disectó una parte del carpóforo; esta se introdujo

en un sobre de papel y se secó en horno para muestras botánicas a una temperatura aprox. de 25°, este manejo permite la preservación de la muestra para su posterior determinación taxonómica.

Para la cría de insectos se utilizaron cámaras de cría compuestas de recipientes de vidrio de boca ancha con una capa aséptica de tierra negra (hasta formar una capa de aprox. de 2 cm); este último sustrato se incorporó con el fin de albergar los insectos que después de alimentarse del tejido fúngico buscan suelo para seguir su desarrollo al estadio de pupa. El montaje está cubierto por una malla de nylon. Cada hongo se localizó en el interior sobre la capa de tierra, y se cerró herméticamente con la malla o el tapón; el montaje se almacenó en un lugar oscuro y seco, debido al comportamiento fotofóbico de las larvas y también para evitar la contaminación por hongos.

Periódicamente se revisaron las cámaras de cría para extraer los nuevos adultos que emergían; estos se registraron y cuantificaron. Cada cámara se mantuvo por dos meses después de su montaje. Los individuos colectados en campo y obtenidos por cría se preservaron en alcohol al 70% y fueron depositados en la Colección de Entomología del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.

Análisis de los datos

Para determinar la estructura de la comunidad a partir de las distribuciones de abundancia de las especies se consideró el número de individuos por especie y se conformaron clases de abundancia con sus respectivos modelos gráficos. Los datos resultantes de la comunidad fueron procesados de acuerdo con los modelos: serie Logarítmica, log Normal y palo quebrado.

Para establecer el modelo de abundancia al cual se ajustan los datos, fueron ejecutadas sus respectivas pruebas de bondad de ajuste χ^2 ; esta prueba confirma si las frecuencias observadas están suficientemente próximas a las esperadas conforme a la H_0 ; en este caso H_0 = los datos muestreados se ajustan al modelo de distribución de abundancias.

Para calcular el número de especies esperadas en la comunidad se utilizaron estimadores no paramétricos Chao 1 y Chao 2, además de ACE que es un estimador de riqueza de especies basado en la abundancia e ICE basado en la presencia/ausencia de la especie (Coddington, 2000).

Se utilizó el programa estadístico EstimateS 6.0 b (Cowell, 2000) que adopta un algoritmo para estimar el

promedio de la tasa a la cual las especies han sido colectadas. Finalmente, se construyó la curva de acumulación de especies, además de los modelos gráficos derivados de Chao 1, Chao 2, ICE y ACE generados por el programa. Se interpretó el comportamiento de las curvas de especies observadas, de únicos (singletons), de duplicados (doubletons) y el cálculo de los estimativos no paramétricos para deducir qué tan representativa es la entomofauna bajo las condiciones del muestreo adoptado.

Para comparar la riqueza de esta fauna con otros trabajos similares se utilizó el método de Rarefacción (Simberloff citado por Stiling, 1996). Se comparó la riqueza obtenida por Gutiérrez (1998) en Bosques de roble en Antioquia, Whertheim *et al.* (2000) para bosques deciduos y de coníferas en Dwingelderveld-Holanda y Hackman & Meinander (1979) en Finlandia, para un tamaño de muestra de 2000 individuos.

Con el propósito de establecer las relaciones entre insectos-hongos y la preferencia de hospederos, se cuantificaron las frecuencias de las familias de insectos encontrados en las diferentes familias de hongos hospederos y los datos se sometieron a un Análisis de Correspondencia Simple. El Análisis de Correspondencia Simple nos permite hacer una descripción de los perfiles o distribuciones condicionales en la relación insectos-hongos, representadas en un plano factorial; este modelo gráfico indica que una proximidad entre puntos se puede interpretar como una dependencia estadística (χ^2); este método analítico permite obtener información acerca de la relación entre hongos hospederos y sus insectos micófitos asociados.

A partir de las cuantificaciones obtenidas del Análisis de Correspondencia se aplicó un Análisis de Agrupamiento, el cual congrega a hongos e insectos en grupos, de tal forma que sea homogénea la distribución de insectos (en términos de composición y abundancias) con respecto a los hongos. El análisis también agrupa homogéneamente la distribución de hongos hospederos (en términos de selección de hospedero) con respecto a los insectos encontrados dentro de los grupos.

Según las preferencias por el hospedero, el grado de dependencia por el hongo y su permanencia en este durante su desarrollo, la entomofauna se dividió en cuatro categorías tróficas:

- **Fungívoros primarios:** insectos cuya asociación con el hongo es obligada, exhiben una leve preferencia por algunos grupos de hongos, tienden a presentarse en los primeros estadios del hongo aunque es común

también encontrarlos en estados más desarrollados de maduración.

- **Fungívoros Secundarios:** insectos cuya asociación no es del todo dependiente; se encuentran principalmente en los últimos estados de desarrollo del hongo especialmente cuando este inicia su proceso de descomposición.
- **Detritívoros:** se alimentan de una amplia variedad de material orgánico en descomposición incluyendo hongos, al igual que los fungívoros secundarios, se encuentran en los últimos estados avanzados de desarrollo del hongo.
- **Predadores:** este grupo se alimenta principalmente de los individuos inmaduros de los grupos anteriormente descritos; en esta categoría se incluyen los insectos que conforman el último escalón de la cadena trófica incluyendo insectos parasitoides.

Teniendo en cuenta el modelo clásico área-especies (**Mac Arthur & Wilson**, 1967) en el que se relaciona el tamaño de una isla y su número de especies, se cuantificó análogamente la relación entre el tamaño del carpóforo y abundancia y riqueza de especies de la entomofauna presente.

Se calculó el volumen aproximado del hongo teniendo en cuenta el diámetro del píleo y la altura del estípite como si este fuera un cilindro; a este valor se le restó un cuarto del total del volumen y se obtuvo un volumen final que representa una aproximación al volumen verdadero del hongo. El volumen calculado fue utilizado como un índice del tamaño del hongo y el cual permitió comparar las variables. Por medio del coeficiente r de correlación de Pearson se compararon las variables tamaño-riqueza de especies y tamaño-abundancia.

En la evaluación del efecto del estado de desarrollo del hongo sobre la abundancia de la entomofauna se comparó la abundancia relativa de insectos para cada uno de los siguientes estados de desarrollo:

- **Estado 1:** Carpóforos inmaduros, con el píleo poco extendido y el himenio en ocasiones cubierto por el velo, fase previa a la maduración.
- **Estado 2:** Carpóforos maduros, píleo extendido. fase de liberación de esporas por primera o única vez.
- **Estado 3:** Carpóforos en descomposición después de la liberación de esporas. Húmedos o secos.
- **Estado 4:** Carpóforos en descomposición, húmedos o secos formando parte de los componentes del suelo.

Se realizó un análisis de varianza y la prueba de agrupamiento de Duncan para establecer las diferencias dentro del mismo estado de desarrollo del hongo y entre los cuatro estados de desarrollo. También se evaluó el efecto de cada estado de desarrollo con respecto a la riqueza de especies por medio del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Kruskal-Wallis.

Resultados

Relación especies/ abundancia

Se encontraron 1778 individuos en estado adulto y en laboratorio se criaron otros 3409 para un total de 5187 insectos distribuidos en 48 morfoespecies, 21 familias y 3 órdenes. Las familias más abundantes son: Drosophilidae, Endomychidae Scatopsidae y Derodontidae; las menos abundantes están representadas por una única especie con un número bajo de individuos.

Se observa que las especies se distribuyen normalmente, según ordenes de abundancia; esto significa la existencia de especies muy abundantes hasta algunas especies muy raras. La figura 1 que relaciona las clases de abundancias con el número de especies por clase describe claramente este patrón.

Se realizaron varias pruebas para determinar el modelo de abundancia que mejor se ajustara con los datos obtenidos. Según metodología planteada por **Magurran** (1988), se examinaron los modelos log normal, logarítmica y palo quebrado utilizando como criterio de bondad de ajuste la prueba de chi-cuadrado (Tabla 1).

Como se observa en la tabla 1, para la muestra de 5187 individuos el valor $X^2 = 10.57$ para $gl=10$ se obtuvo un P

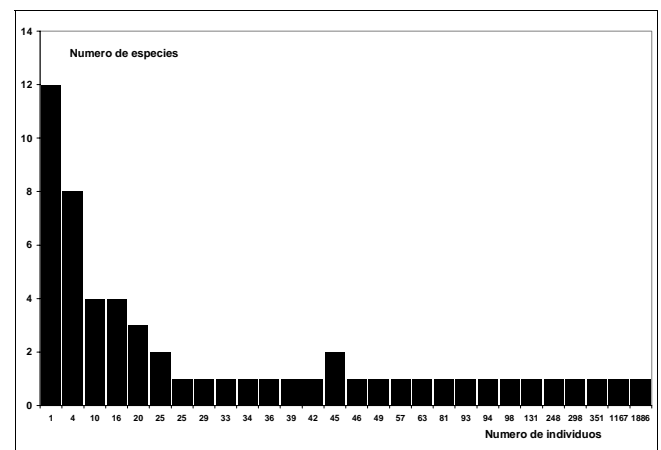


Figura 1. Distribución de abundancias en la comunidad de insectos micófagos de los robledales de Iguaque (Boyacá, Colombia).

Tabla 1. Valores de probabilidad y de prueba de bondad de ajuste a los modelos de distribución de abundancias (log normal, logarítmico y palo quebrado) en la comunidad de insectos micófagos de los robledales de Iguaque (Boyacá, Colombia).

Modelo	GI	χ^2	Valor de P
Log normal	10	10.57	0.47
Logarítmica	10	3143.34	0
Palo quebrado	10	118.37	1,08332E-20

valor = 0.47. Como la probabilidad es mayor que el nivel de significancia fijado ($\alpha=0.05$), no se puede rechazar la H_0 , por lo tanto con los datos obtenidos en este estudio se puede concluir estadísticamente que los datos concuerdan con el modelo de abundancia de especies log normal.

El número de especies encontradas depende principalmente del número de muestras que se hayan tomado, así que las especies más comunes estarán representadas en las primeras muestras y a medida que se incrementa el muestreo es posible que otras especies más raras se añadan a la cuenta; por esta razón la curva de acumulación de especies permite establecer qué tan completo fue el muestreo, además de relacionar una medida de esfuerzo de muestreo con el número acumulado de especies por cada incremento en el esfuerzo; también es útil para comparar la riqueza esperada y la observada (Cowell & Coddington, 1994).

La representación de la curva de acumulación de especies de insectos con respecto al número de hongos colectados, las estimas para ACE, ICE, Chao1 y el comportamiento de las curvas de singletons (únicos) y Doubletons (duplicados) se modelan gráficamente en la figura 2. Las comparaciones bajo la técnica de rarefacción (Simberloff, 1972 citado por Stiling, 1996) con otras entomofaunas de micetócolos indican que en este estudio se alcanzan los más altos valores de diversidad (Figura 3); el trabajo de Hackman & Meinander (1979) en Finlandia registra 112 especies pero se desconoce el número total de individuos.

Bajo la consideración que especies de una misma familia guardan similitud en sus patrones de alimentación, se encontró un total de 25 especies de fungívoros primarios, 13 especies de fungívoros secundarios, 7 especies de detritívoros y 3 especies de depredadores; en este último grupo se incluye una especie de avispa parasitoide (Tabla 2). Al cuantificar cada nivel trófico de acuerdo con la abundancia relativa, los fungívoros primarios mantienen un predominio amplio, con respecto al resto de categorías (Figura 4).

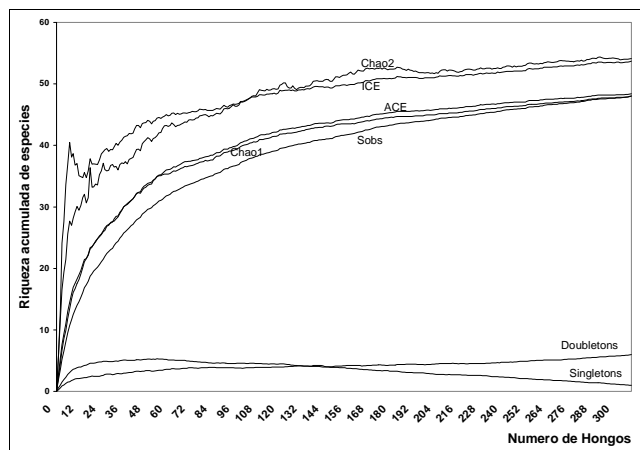


Figura 2. Curva de acumulación de especies (S obs) y curvas para los estimadores no paramétricos de riqueza Chao1, Chao2, ICE y ACE.

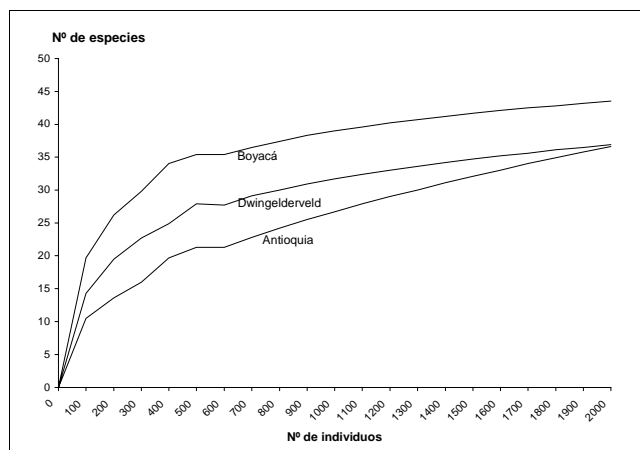


Figura 3. Curvas de rarefacción y estimación de la diversidad de insectos micófagos en bosques de roble de Colombia (Boyacá y Antioquia), comparada con la diversidad en un bosque de zona templada (Dwingelderveld-Holanda).

Selección de hospederos

La ordenación de las familias de insectos y hongos bajo el análisis de correspondencia permitió hacer una descripción de los perfiles o distribuciones condicionales en la relación insecto-hongo.

A partir de la cuantificación obtenida en el análisis de correspondencia, se aplicó el análisis de clusters el cual muestra cuatro grupos bien definidos (Figura 5). El primero lo componen las familias de insectos más estrechamente asociados a la familia Russulaceae, grupo que se caracteriza por la mayor frecuencia de familias de insectos afines (8 familias), el segundo grupo lo componen las

Tabla 2. Caracterización trófica de las familias en la comunidad de insectos micófagos en robledales de Iguaque (Boyaca-Colombia).

Micófagos primarios	Micófagos secundarios	Detritívoros	Depredadores
Drosophilidae	Leiodidae	Pselaphidae	Tachinidae
Mycetophilidae	Psychodidae	Formicidae	Elateridae
Endomychidae	Derodontidae	Anisopodidae	Proctotrupidae
Staphylinidae	Sciaridae	Ceratopogonidae	
	Chloropidae	Muscidae	
	Scatopsidae	Tipulidae	
	Phoridae	Scarabaeidae	

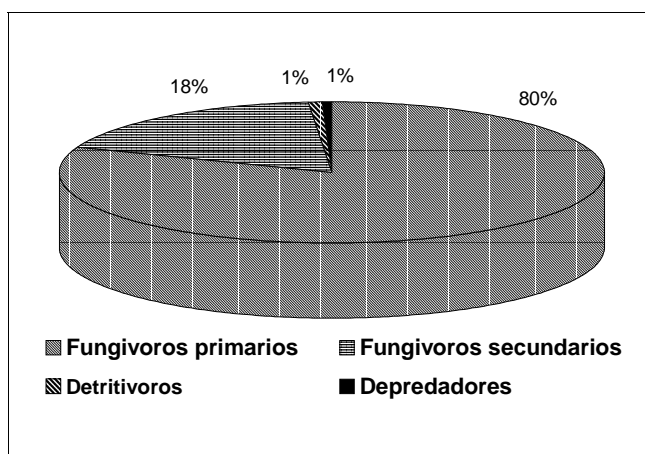


Figura 4. Predominio ecológico de las categorías tróficas según la abundancia relativa de la comunidad de insectos micófagos en robledales de Iguaque (Boyacá, Colombia).

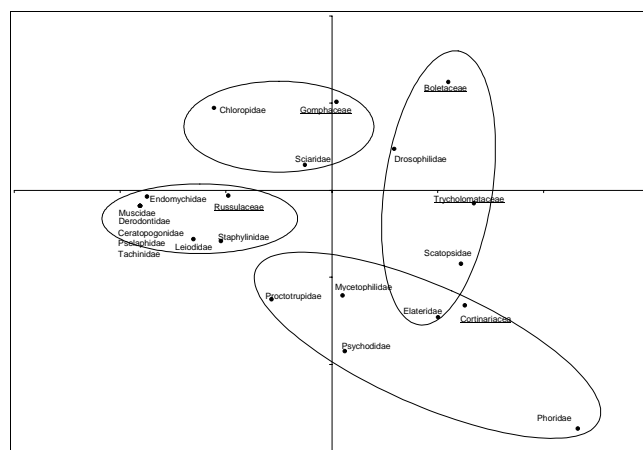


Figura 5. Ordenación de las agrupaciones insecto-hongo más estrechamente relacionados encontrados en la comunidad de insectos micófagos en bosques de roble (Boyacá-Colombia).

familias de insectos más relacionadas con la familia Cortinariaceae (4 familias). Los dos últimos grupos son los compuestos por la familia Trycholomataceae y Boletacea con 3 familias de insectos y Gomphaceae con 2 familias estrechamente asociadas.

Relación área-especies

El modelo clásico de área-especies (MacArthur & Wilson, 1967) no se ajusta en la relación tamaño hongo-riqueza de micetócolos; adicionalmente, los valores del coeficiente de correlación son muy bajos (Tabla 3) esto indica que no hay evidencia estadística para afirmar que haya una relación entre el tamaño del hongo y riqueza y abundancia de insectos micófagos.

Relación estado de desarrollo-diversidad de insectos

El valor de $p > F$ para las fuentes de variabilidad estados de desarrollo del hongo es menor de 0.01, lo cual

Tabla 3. Coeficiente de correlación r de Pearson para abundancia y riqueza de especies de insectos micófagos con respecto al tamaño del hongo.

	Abundancia		Riqueza	
Tamaño	Coeficiente r	0.17175	Coeficiente r	-0.02569
	Valor de P	0.0127	Valor de P	0.7120

indica que con un nivel de significancia del 99% existe evidencia estadística para afirmar que existen diferencias entre las abundancias de los insectos encontrados para cada estado de desarrollo del hongo (Tabla 4). La prueba de comparación de medias de Duncan agrupa los estados 1 y 2, esto indica que entre estos estados de desarrollo no hay diferencia significativa en la abundancia de insectos encontrados. También se puede afirmar que el estado 3 de desarrollo del hongo se asocia con el mayor número de insectos (Tabla 5).

Tabla 4. Análisis de varianza para abundancia de insectos micófagos con respecto al estado de desarrollo de los hongos.

General Linear Models Procedure					
Variable dependiente: Abundancia de insectos micófagos					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Model	3	2.01286329	0.67095443	13.5	0.0001
Error	44	2.226236770	0.05141745		
Corrected Total	47	4.275230999			

Tabla 5. Agrupación por el test de Duncan para evaluar abundancias de insectos micófagos de acuerdo al estado de desarrollo de los hongos.

Duncan Grouping	Estado de desarrollo	N	Mean
A	3	12	0.54000
B	4	12	0.33380
C	2	12	0.12123
C	1	12	0.00498

Como se registró una baja cantidad de hongos en los estados 1 y 2, en el estudio de varianza y su agrupamiento se asumió como un solo estado de desarrollo; de esta forma el valor de $p > \chi^2$ fue =0.0325, lo que indica una diferencia significativa entre el estado del hongo y la riqueza de especies de insectos. Es consistente afirmar, en consecuencia, que el estado 3 se asocia con el mayor valor de riqueza de insectos asociados. Debido a que se registró una baja cantidad de hongos en estados 1 y 2, en el estudio de varianza y su agrupamiento se asumió como un solo estado de desarrollo; de esta forma el valor de $p > \chi^2$ fue =0.0325, lo que indica una diferencia significativa entre el estado del hongo y la riqueza de especies de insectos (Tabla 6). Es consistente afirmar, en consecuencia, que el estado 3 se asocia con el mayor valor de riqueza de insectos asociados.

Análisis y discusión

De acuerdo a la distribución de las abundancias, la comunidad exhibe una distribución especies-abundancia del tipo log normal; la mayoría de comunidades biológicas se ajustan a este modelo (Krebs, 1985); May (1975) sugiere que este tipo de distribución se debe a un considerable número de especies en la comunidad y que sus abundancias dependen de múltiples factores operando de manera independiente. Algunos de estos factores, como tamaño del hongo y selección del hospedero se discuten en este estudio, sin embargo los patrones temporales, las dinámicas poblacionales, la predación, la competencia intraespecífica, las estrategias de ciclos de vida y los procesos químicos y físicos reguladores de la interacción deben tenerse en cuenta para explicar de manera causal la modelación en cuanto a la composición y estructura de la comunidad identificada en este trabajo.

La modelación gráfica de los estimadores de riqueza describe curvas con comportamientos asintóticos (Figura 2), lo cual indica una baja probabilidad de encontrar más especies de insectos, (Cowell & Coddington, 1994; Coddington, 2000). El comportamiento de los únicos describe un ascenso y luego tiende a 0, la curva de duplicados se presenta un poco retrasada en comparación con los únicos, estos patrones observados permiten concluir que

Tabla 6. Análisis de varianza de Kruskal -Wallis para evaluar la riqueza de especies de insectos micófagos con respecto al tamaño del hongo.

Análisis de varianza para variable: Riqueza					
Clasificación por variable: Estado de desarrollo					
Estado	N	Mean	Among MS	Whitin MS	
1-2	4	7.250000	156.333333	40.694444	
3	4	19.750000	F valor	Prob>F	
4	4	13.250000	3.842	0.0622	
Análisis de Varianza para variable; Riqueza					
Classified by Variable: Estado de Desarrollo					
Estado	N	Sum of scores	Expected Under Ho	Std Dev Ander Ho	Mean Score
1-2	4	11.0	26.0	5.83614651	2.7500000
3	4	36.0	26.0	5.83614651	9.0000000
4	4	31.0	26.0	5.83614651	7.7500000
Kruskall-Wallis Test (Chi-Square Approximation)			CHISQ=6.8505 DF=2		Prob>CHISQ=0.0325

la comunidad se encuentra adecuadamente muestreada (**Coddington**, 2000).

La fauna aquí estudiada es la más rica en especies, resultado que era de esperarse por la situación geográfica, el régimen climático y la diversidad de hábitats en Colombia. La comunidad está dominada por familias de insectos generalistas (*Drosophilidae*, *Sciaridae*, *Scatopsidae* y en menor grado *Mycetophilidae*) que representan el 67% del total de insectos asociados. Este grado de generalismo puede explicarse por una alta presión selectiva hacia este comportamiento y por el bajo costo energético producto de las interacciones insecto-hongo (**Hanski**, 1989).

Existen varias familias poco frecuentes con algún grado de selectividad; estos grupos conforman cuatro claras asociaciones que sugieren una clara conformación de dos subcomunidades, los insectos más estrechamente asociados a hongos de la familia *Russulaceae* y los relacionados con *Cortinariaceae*. *Russulaceae* y *Cortinariaceae* representan familias de órdenes bien diferenciados tanto en su composición química como en sus características ecológicas. Las otras dos agrupaciones son incipientes por sus bajas frecuencias tanto de hongos como de insectos, además están representadas por insectos generalistas de la asociación.

Hanski (1989) plantea dos hipótesis para entender el marcado generalismo en estas comunidades, la primera hace referencia a la estabilidad del recurso, cuando aumenta la estabilidad temporal del hongo disminuye el grado de polifagia y viceversa. La segunda hipótesis se refiere a que las diferencias en la calidad del recurso son mínimas como para hacer uso indistinto del tipo de recurso. La poca estabilidad temporal de los hongos encontrados en este trabajo [*Russula* sp de 4-a 7 días, *Lactarius* sp de 6 a 18 días y *Ramaria* sp de 15 días a un mes, (**Ruiz** com. pers., 2002)] y las asociaciones entre hongos-insectos selectivos y las diferencias químicas entre los grupos de hongos, pueden dar evidencia del cumplimiento de la primera hipótesis.

La gran mayoría de insectos que integra esta relación son micófagos primarios, verdaderos consumidores de hongos tanto en su estado larval como en estado adulto muy pocos insectos con hábitos detritívoros o descomponedores hacen parte de la comunidad, al igual que depredadores o parasitoides la figura representa un modelo simplificado de la estructura trófica de la comunidad.

El modelo área-especies no se ajusta a esta comunidad lo que indica que los insectos hacen uso indiferente de acuerdo con el tamaño del hospedero; son claras las dife-

rencias de la riqueza y abundancia de la entomofauna con respecto a cada categoría de tamaño. Sin embargo se sugiere identificar un grupo de hongos específico para tratar de deducir un patrón más claro. En este estudio la utilización de un solo grupo específico de hongos no hubiese generado la cantidad de datos suficiente para generar alguna conclusión.

El estado de desarrollo juega un papel importante en la relación; podemos afirmar la existencia de tres diferentes estados de desarrollo; con respecto a la diversidad de insectos, el estado I y II pueden considerarse el mismo; el estado de desarrollo preferido para los insectos es el estado III, estado que posiblemente provee una mejor calidad del recurso ya que el tejido fúngico está maduro y aún no se encuentra a disposición de agentes descomponedores.

El conocimiento obtenido en este estudio contribuirá a redefinir hipótesis con respecto al carácter particular de la riqueza y diversidad de los insectos micófagos y a las interacciones insecto-hongo macromiceto en el neotrópico. Una acertada interpretación de las dinámicas de estas comunidades requiere un extenso acervo de datos que incluyan las dimensiones espaciales y temporales (**Devries & Walla**, 2001).

Agradecimientos

Los autores expresan sinceros agradecimientos al Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, al Instituto Alexander von Humboldt y al Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (Pronatta) del Ministerio de Agricultura; estas instituciones fueron fundamentales para el desarrollo del estudio, especialmente en la fase de laboratorio. A Santiago Grillo por su valiosa colaboración en el análisis estadístico y a Angélica Ruiz por la ayuda en la determinación de muestras fúngicas.

Bibliografía

- Ashe, J.A.** 1987. Egg Chamber production, egg protection and clutch size among fungivorous beetles of the genus *Eumicrota* (Coleoptera:Staphylinidae) and their evolutionary implications. *Zoological Journal of the Linnean Society* 90: 255-273.
- Coddington, J.** 2000. Criterios cuantitativos para el inventario adecuado utilizando estimadores de riqueza. *Memorias 1'er Congreso Colombiano de Zoología*, mayo 12 al 18. I.C.N
- Collwell, R.** 2000 EstimateS, Estatistical estimation of species richness and shared species from Samples. Version 6.01b. University of Connecticut. <http://www.viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Colwell, R. & J. Coddington.** 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Págs. 1-31. en: *Hawksworth, D.L (ed.)*

- The quantification and estimation of organismal biodiversity. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. Londres.
- Devries, J.P. & T.R. Walla** 2001. Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. Biological journal of Linnean Society. 74: 1-15
- Gutiérrez, A.N.** 1998. Entomofauna asociada a Agaricales de bosques de *Quercus humboldtii* en algunos municipios del departamento de Antioquia. Trabajo de Grado (Biólogo) Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, carrera de Biología. Medellín 264 p.
- Hackman, W. & M. Meinander.** 1979. Diptera feeding as larvae macrofungi in Finland. Ann. Zool. Fennici 16: 50-83.
- Hanski, I.** 1989. Fungivory: Fungi, Insects and Ecology. Págs. 25-68 en: Wilding, N.M. Collins,
- Hammond, P.M., J.F. Webber (eds.)** Insect – Fungus Interactions. Academic Press. New York.
- Krebs, J.C.** 1985. Ecología-Estudio de la distribución y la abundancia. Harla, S.A. Industria Editorial Mexicana. México D.F. México. 753p.
- Lawrence, J.F.** 1989. Mycophagy in the Coleoptera: Feeding Strategies and Morphological Adaptations. Págs. 1-23 en: Wilding, N.M. Collins, P.M. Hammond, J.F. Webber (eds.) Insect – Fungus Interactions. Academic Press. New York.
- Leschen, R.A.** 1994. Ecological and Behavioral Correlates among Mycophagous Coleoptera. Folia. Entomol. Mex. 92: 9-19
- Mac Arthur, P.H. & E.O. Wilson** 1967 the theory of island biogeography. Princeton University Press.
- Magurran, A.** 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Mueller, G.M. & R.E. Halling** 1995. Evidence for high biodiversity of agaricales (Fungi) in neotropical montane *Quercus* forest 302-313 en: Steven P. Curchill (ed) Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest, The New York Botanic Garden.
- Stiling, P.D.** 1996. Ecology: theories and applications. Segunda edición. Prentice Hall, New Jersey. 537 p.
- Shutze, K.** 1999. La cobertura vegetal del municipio de Villa de Leyva. Primera edición. Instituto de Investigaciones Biológicas, Alexander Von Humboldt. Villa de Leyva, Boyacá. Colombia.
- Wilding, N.** 1989. Introduction chapter. pág x en: Wilding, N.M. Collins, P.M. Hammond, J.F. Webber (eds.) Insect – Fungus Interactions. Academic Press. New York.
- Wertheim, B., J. G. Sevenster., I.E. Eijs & J. Van Alphen.** 2000. Species diversity in a mycophagous insect community: the case of spatial aggregation vs. resource partitioning. Journal of Animal Ecology 69: 335-351.