

**COMPARACIÓN DE LA DIETA Y PREFERENCIAS ALIMENTARIAS DE
Coeligena bonapartei Y *Heliangelus exortis* ENTRE AREAS CONTINUAS Y
FRAGMENTOS DE BOSQUE ANDINO DEL SECTOR SUR-OCCIDENTAL DE
LA SABANA DE BOGOTÁ, COLOMBIA**

MARIA PIEDAD BAPTISTE ESPINOSA

**Trabajo de grado presentado como
requisito parcial para optar
al título de**

BIOLOGA

**JORGE A. AHUMADA Ph.D.
Director**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
Facultad de Ciencias
Departamento de Biología
Bogotá D.C. Colombia**

Los conceptos y opiniones emitidos, en este trabajo son responsabilidad del autor y no comprometen en nada a la Pontificia Universidad Javeriana
Artículo 23, resolución No. 13 de 1946

**COMPARACIÓN DE LA DIETA Y PREFERENCIAS ALIMENTARIAS DE
Coeligena bonapartei Y *Heliangelus exortis* ENTRE AREAS CONTINUAS Y
FRAGMENTOS DE BOSQUE ANDINO DEL SECTOR SUR-OCCIDENTAL DE
LA SABANA DE BOGOTÁ, COLOMBIA**

MARIA PIEDAD BAPTISTE ESPINOSA

APROBADO:

JORGE A. AHUMADA Ph.D.
Director Trabajo de Grado

NATALIA ARANGO VELEZ M.Sc.
Jurado

GIOVANNY FAGUA, Biólogo
Jurado

CARLOS CORREDOR Ph.D.
Decano Académico

LUZ MERCEDEZ SANTAMARIA
Bióloga, Directora (E) de Carrera

“ La esmeralda, el rubí y el topacio brillan en su garbo, que nunca es cubierto con el polvo de la tierra, pues, al vivir en el aire, rara vez toca el suelo por un instante”

George Louis Leclerc, Conde de Buffon 1775.

A Jorge, Piedad,
Maria de los Ángeles,
Adriana, Camilo,
Tomas
Flick.

AGRADECIMIENTOS

- ◆ A Jorge A. Ahumada director de mi trabajo de grado, por su apoyo y por enseñarme como se hace ciencia.
- ◆ Banco de la República por la financiación del proyecto “Impacto de la fragmentación sobre la reproducción estructura y comportamiento de una comunidad de colibríes de bosque alto-andino”.
- ◆ A Sergio Cordobá, por ser mi amigo, por su apoyo y por enseñarme el brillo esplendoroso de las plumas de las joyas de la naturaleza y del resto de las aves, con quien siempre estaré en deuda por todas esas valiosas lecciones.
- ◆ A Peter Feinsinger, por responder a todas las preguntas del Colibrí colombiano.
- ◆ A Jairo Perez-Torres y Amanda Varela por su asesoría y colaboración.
- ◆ A Tomas Bolaños por toda la paciencia, comprensión, amor y colaboración en la realización de este trabajo y por hacer parte de mi vida.
- ◆ A Camilo A. Peraza por su amistad durante tantos años, por su ayuda en campo y sus valiosos comentarios y el “esta bien pero...”.
- ◆ A Maria Angela Echeverry “Maya” por ser amiga, por su ayuda en campo .
- ◆ A Javier E. Mendoza, Jose Miguel Rojas y Pablo Barriga, Hector Angarita, Angélica Ruiz y Mauricio Romero por su compañía y ayuda en la parte de campo y a todos aquellos miembros del LEP que en alguna forma ayudaron en la parte final del trabajo.
- ◆ A Andrea Gomez por su ayuda con la parte palinológica. Martha Galeano, Wilson Ramirez y Olga Caro por su ayuda en la determinación de las muestras bóticas.
- ◆ A Myriam de Peña y todos los integrantes del laboratorio de Biología Molecular del Café por permitir el uso del equipo del laboratorio.
- ◆ M. Cubillos, J.M. Ponce, O. Torres, A. Izquierdo y B. Escallon por permitir el ingreso a sus fincas.
- ◆ A Jorge A. Baptiste y Piedad E. Baptiste los “cariños” las personas que desde siempre ha creído en mí, mis hermanos Adriana y Camilo, a mi abuelita Maria de los Angeles Gimenez de E., a Flick y a el resto de mi familia por su apoyo constante, paciencia y formar la persona que ahora soy.
- ◆ DIOS

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEORICO.....	3
2.1 LOS COLIBRIES Y SU RELACION CON LAS FLORES Y EL NECTAR:.....	3
2.2 LA DIETA DE LOS COLIBRIES.....	5
2.3 OFERTA DEL RECURSO.....	6
2.4 LA RELACION DE LOS COLIBRIES Y LOS PROCESOS DE PERTURBACION AMBIENTAL:	8
2.5 ESPECIES DE ESTUDIO.....	11
2.6 APROXIMACION A LA DIETA CORRELACION DE LA ABUNDANCIA DE Y FLORES Y APORTES ENERGETICOS.....	13
3. DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	15
4.AREA DE ESTUDIO.....	18
4.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA.....	18
4.2 CLIMA.....	20
4.3 DESCRIPCION LOCAL:.....	20
4.3.5 VEGETACION Y FAUNA.....	22
5.METODOLOGIA.....	23
5.1 FASE PRELIMINAR	23
5.2 TOMA DE DATOS	24
5.2.1 FASE DE CAMPO.....	24
5.2.1.1 Captura de Aves y Toma de Muestras de Polen:.....	24
5.2.1.2 Observaciones de Alimentación:.....	25
5.2.1.3 Abundancia de Flores:.....	26
5.2.1.4 Disponibilidad de Néctar:.....	26
5.2.2 FASE DE LABORATORIO	27
5.2.2.1 Análisis de Muestras de Polen:.....	27
5.2.2.2 Determinación del Material Botánico:.....	28
5.2.3 ANALISIS DE DATOS.....	28
5.2.3.1 Éxito y Esfuerzo de Captura.....	29
5.2.3.2 Riqueza:.....	29
5.2.3.3 Indice de Valor de Importancia de las Plantas (IVIP)	30
5.2.3.4 Indice de Amplitud de la Dieta Floral Levins (B).....	30
5.2.3.5 sobreposición de la dieta Floral:.....	31

5.2.3.6 Análisis de correlación (Spearman) entre la dieta floral y la abundancia de las flores y el aporte energético de las flores.....	32
5.2.3.7 La dieta floral y la morfología (longitud de corola) de las flores :.....	33

6. RESULTADOS.....34

6.1 ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DE ESTUDIO *Coeligena bonapartei* Y *Heliangelus exortis* ..34

6.2 ASPECTOS GENERALES DE DIETA FLORAL DE LAS ESPECIES DE ESTUDIO..... 37

6.2.1 DIETA DE <i>Coeligena bonapartei</i>	38
6.2.1.1 Láminas (muestras de polen).....	38
6.2.1.2 Observaciones.....	39
6.2.2 DIETA DE <i>Heliangelus exortis</i>	40
6.2.2.1 Láminas.....	40
6.2.2.2 Observaciones.....	41

6.3 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS DE LA DIETA..... 42

6.3.1 RIQUEZA DE LA DIETA FLORAL DE <i>Coeligena bonapartei</i>	42
6.3.2 RIQUEZA DE LA DIETA FLORAL DE <i>Heliangelus exortis</i>	45
6.3.3 INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS IVIP DE LA DIETA FLORAL DE <i>Coeligena bonapartei</i> y <i>Heliangelus exortis</i>	48
6.3.3.1 IVIP <i>Coeligena bonapartei</i> Láminas.....	48
6.3.3.2 IVIP <i>Coeligena bonapartei</i> Observaciones (visitas/minutos).....	49
6.3.3.3 IVIP <i>Heliangelus exortis</i> Láminas.....	50
6.3.3.4 IVIP <i>Heliangelus exortis</i> Observaciones (visitas/minutos).....	51
6.3.4 AMPLITUD DE LA DIETA FLORAL DE <i>Coeligena bonapartei</i>	52
6.3.4.1 Láminas.....	52
6.3.4.2 Observaciones.....	53
6.3.5 AMPLITUD DE LA DIETA DE <i>Heliangelus exortis</i>	53
6.3.5.1 Láminas.....	54
6.3.5.2 Observaciones.....	54
6.3.6 SOBREPOSICION DE LA DIETA FLORAL DE <i>Coeligena bonapartei</i> Y <i>Heliangelus exortis</i>	55
6.3.6.1 Láminas.....	55
6.3.6.2 Observaciones (visitas/minuto).....	56
6.3.7 CORRELACION ENTRE LA DIETA FLORAL Y LA ABUNDANCIA DE FLORES PARA <i>Coeligena bonapartei</i> y <i>Heliangelus exortis</i>	56
6.3.7.1 Correlación de Spearman Para La Dieta Floral de <i>Coeligena bonapartei</i>	57
6.3.7.2 Correlación de Spearman Para La Dieta Floral de <i>Heliangelus exortis</i>	58
6.3.8 RELACION ENTRE LA DIETA FLORAL DE <i>Coeligena bonapartei</i> y <i>Heliangelus exortis</i> Y EL APORTE ENERGETICO DE LAS FLORES Y SU MORFOLOGIA.....	59
6.3.8.1 Relación Entre la Dieta Floral de <i>Coeligena bonapartei</i> y el Aporte Energético de las Plantas....	60
6.3.8.2 Relación Entre la Dieta Floral de <i>Heliangelus exortis</i> y el Aporte Energético de las Plantas.....	61
6.3.8.3 Relación del Culmen y Longitud de la Corola de las Flores en la Dieta Floral de <i>Coeligena bonapartei</i>	62
6.3.8.4 Relación del Culmen y Longitud de la Corola de las Flores en la Dieta Floral de <i>Heliangelus exortis</i>	63

6.4 CONSISTENCIA DE LOS METODOS PARA LA CARACTERIZACION DE LA DIETA FLORAL DE *Coeligena bonapartei* Y *Heliangelus exortis*..... 65

7. DISCUSION.....67

7.2 Composición de la dieta de las dos especies de colibríes..... 67

7.3 Comparación de los Efectos de la Perturbación Ambiental en la Riqueza, Amplitud y Sobreposición de la Dieta Floral de Coeligena bonapartei y Heliangelus exortis.....	68
7.4 Correlación Entre La Abundancia De Flores y La Dieta Floral de Coeligena bonapartei y Heliangelus exortis.....	72
7.5 Correlación Entre la Dieta Floral de Coeligena bonapartei y Heliangelus exortis y el Aporte Energético de las Flores y su Morfología.....	75
7.6 Implicaciones para la Conservación.....	79
8. CONCLUSIONES.....	81
9. RECOMENDACIONES.....	83
10. LITERATURA CITADA.....	84
ANEXO 1. LISTA DE ESPECIES DE PLANTAS EN LOS CUATRO BOSQUES DE ESTUDIO. (*) ESPECIES DE PLANTAS POTENCIALMENTE ORNITOFILAS.	91
ANEXO 2. TIPOS DE REDES UTILIZADAS EN EL MUESTREO EN LOS CUATRO BOSQUES ANDINOS. A: REDES DE NIEBLA DE SUELO (0 –3M) B: REDES DE NIEBLA ELEVADAS (3-20 M).	93
ANEXO 3. RECETA DE GELATINA PARA TOMAR LAS MUESTRAS DE POLEN DE LOS INDIVIDUOS DE LA FAMILIA TROCHILIDAE.....	94
ANEXO 4. LIBRETA DE CAMPO PARA LAS MEDIDAS MORFOMETRICAS DE LOS COLIBRÍES.....	95
ANEXO 5. LIBRETA DE CAMPO PARA LAS OBSERVACIONES DE ALIMENTACIÓN DE LA COMUNIDAD DE COLIBRÍES.....	96
ANEXO 6. ESPECIES DE PLANTAS REGISTRADAS EN LAS LÁMINAS DE POLEN PARA LA DIETA DE COELIGENA BONAPARTEI Y HELIANGELUS EXORTIS.	97
ANEXO 7. INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA DE LAS ESPECIES DE PLANTAS (IVIP) A PARTIR DE LAS LAMINAS DE POLEN DE COELIGENA BONAPARTEI Y HELIANGELUS EXORTIS.....	101

ANEXO 8. INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA DE LAS ESPECIES DE PLANTAS (IVIP) A PARTIR DE LAS VISITAS/MINUTO DE COELIGENA BONAPARTEI Y HELIANGELUS EXORTIS.....102

.....102

ANEXO 9. GRAFICA DE ABUNDANCIA DE ALGUNAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE COELIGENA BONAPARTEI Y HELIANGELUS EXORTIS EN LOS CUATRO BOSQUES, COMBINANDO LOS DATOS DE INTERIOR DE LOS BOSQUES Y LOS BORDES DE LOS FRAGMENTOS..... 103

ANEXO 10. GRAFICA DE ABUNDANCIA DE ALGUNAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE COELIGENA BONAPARTEI Y HELIANGELUS EXORTIS EN LOS CUATRO BOSQUES, COMBINANDO LOS DATOS DE INTERIOR DE LOS BOSQUES Y LOS BORDES DE LOS FRAGMENTOS. EXCLUYENDO LAS ESPECIES (PALICOUREA ANGUSTIFOLIA, CAVENDISHIA SP. Y MACLEANIA CF. RUPESTRIS)..... 104

ANEXO 11. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES SPEARMAN ENTRE EL NÚMERO DE LÁMINAS, DE VISITAS O DE REGISTROS Y EL NÚMERO DE FLORES O REGISTROS DE FLOR DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE COELIGENA BONAPARTEI AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES.105

ANEXO 12. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES SPEARMAN ENTRE EL NÚMERO DE LÁMINAS, DE VISITAS O DE REGISTROS Y EL NÚMERO DE FLORES O REGISTROS DE FLOR DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE COELIGENA BONAPARTEI AL COMBINAR LAS ÁREAS CONTINUAS +INTERIOR DE FRAGMENTOS.106

ANEXO 13. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES SPEARMAN ENTRE EL NÚMERO DE LÁMINAS, DE VISITAS O DE REGISTROS Y EL NÚMERO DE FLORES O REGISTROS DE FLOR DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE COELIGENA BONAPARTEI PARA LOS BORDES DE FRAGMENTOS. 107

ANEXO 14. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES SPEARMAN ENTRE EL NÚMERO DE LÁMINAS Y EL NÚMERO DE FLORES O REGISTROS DE FLOR DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE HELIANGELUS EXORTIS AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES.108

**ANEXO 15. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS
CORRELACIONES SPEARMAN ENTRE EL NÚMERO DE VISITAS O DE
REGISTROS Y EL NÚMERO DE FLORES O REGISTROS DE FLOR DE LAS
ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE HELIANGELUS EXORTIS
AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES..... 109**

**ANEXO 16. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS
CORRELACIONES SPEARMAN ENTRE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO
DIARIA Y EL NÚMERO DE LÁMINAS O EL NÚMERO DE VISITAS DE LAS
ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE COELIGENA
BONAPARTEI AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES..... 110**

**ANEXO 17. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS
CORRELACIONES DE SPEARMAN ENTRE LAS CALORIAS/ μ L PROMEDIO
DIARIA Y EL NÚMERO DE LÁMINAS O EL NÚMERO DE VISITAS DE LAS
ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE COELIGENA
BONAPARTEI AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES..... 111**

**ANEXO 18. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS
CORRELACIONES DE SPEARMAN ENTRE EL VOLUMEN (μ L) PROMEDIO
DIARIO Y EL NÚMERO DE LÁMINAS O EL NÚMERO DE VISITAS DE LAS
ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE COELIGENA
BONAPARTEI AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES..... 112**

**ANEXO 19. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS
CORRELACIONES DE SPEARMAN ENTRE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO
DIARIA Y EL NÚMERO DE LÁMINAS O EL NÚMERO DE VISITAS DE LAS
ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE HELIANGELUS EXORTIS
AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES..... 113**

**ANEXO 20. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS
CORRELACIONES DE SPEARMAN ENTRE LAS CALORIAS/ μ L PROMEDIO
DIARIA Y EL NÚMERO DE LÁMINAS O EL NÚMERO DE VISITAS DE LAS
ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE HELIANGELUS EXORTIS
AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES..... 114**

**ANEXO 21. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS
CORRELACIONES DE SPEARMAN ENTRE EL VOLUMEN (μ L) PROMEDIO
DIARIO Y EL NÚMERO DE LÁMINAS O EL NÚMERO DE VISITAS DE LAS
ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE HELIANGELUS EXORTIS
AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES..... 115**

ANEXO 22. LONGITUD DE COROLA DE ALGUNAS ESPECIES DE PLANTAS EN LOS CUATRO BOSQUES DE ESTUDIO Y LONGITUD DEL CULMEN TOTAL MÁS MEDIA LENGUA APROXIMADAMENTE DE C. BONAPARTEI. EN AZUL LOS VALORES PROMEDIO DE LAS LONGITUDES DE COROLA DE ALGUNAS ESPECIES DE PLANTAS Y SU DESVIACIÓN ESTANDAR. LÍNEA ROJA LONGITUD PROMEDIO DEL CULMEN TOTAL Y MEDIA LENGUA APROXIMADAMENTE Y EN LÍNEAS NEGRAS LAS DESVIACIONES ESTANDAR DEL PROMEDIO DEL CULMEN. 116

ANEXO 23. LONGITUD DE COROLA DE ALGUNAS ESPECIES DE PLANTAS EN LOS CUATRO BOSQUES DE ESTUDIO Y LONGITUD DEL CULMEN TOTAL MÁS MEDIA LENGUA APROXIMADAMENTE DE H. EXORTIS. EN VERDE LOS VALORES PROMEDIO DE LAS LONGITUDES DE COROLA DE ALGUNAS ESPECIES DE PLANTAS Y SU DESVIACIÓN ESTANDAR. LÍNEA ROJA LONGITUD PROMEDIO DEL CULMEN TOTAL Y MEDIA LENGUA APROXIMADAMENTE Y EN LÍNEAS NEGRAS LAS DESVIACIONES ESTANDAR DEL PROMEDIO DEL CULMEN..... 117

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. NÚMERO DE REDES DE NIEBLA EN CADA BOSQUE/MES EN EL SUELO Y ELEVADAS. C1:SAN CAYETANO, C2: LA SELVA, F1: EL SILENCIO Y F2: MIRALEJOS.....	24
TABLA 2. IVIP DE LAS ESPECIES DE PLANTAS DE LA DIETA FLORAL DE C. BONAPARTEI A PARTIR DE LAS LÁMINAS DE POLEN. C1:SAN CAYETANO, C2: LA SELVA, F1: EL SILENCIO Y F2: MIRALEJOS. EN ITÁLICA Y NEGRILLA LAS ESPECIES CON IVIP \geq A 0.1.....	49
TABLA 3. IVIP DE LAS ESPECIES DE PLANTAS DE LA DIETA FLORAL DE C. BONAPARTEI A PARTIR DEL NÚMERO DE VISITAS EN LAS OBSERVACIONES. C1:SAN CAYETANO, C2:LA SELVA, F1:EL SILENCIO Y F2:MIRALEJOS. EN ITÁLICA Y NEGRILLA LAS ESPECIES CON EL MAYOR IVIP \geq A 0.1.....	50
TABLA 4. IVIP DE LAS ESPECIES DE PLANTAS DE LA DIETA FLORAL DE H. EXORTIS A PARTIR DE LAS LÁMINAS DE POLEN. C1:SAN CAYETANO, C2:LA SELVA, F1:EL SILENCIO Y F2:MIRALEJOS. EN ITÁLICA Y NEGRILLA LA ESPECIE DE PLANTA CON EL IVIP \geq A 0.1.....	51
TABLA 5. IVIP DE LAS ESPECIES DE PLANTAS DE LA DIETA FLORAL DE H. EXORTIS A PARTIR DEL NÚMERO DE VISITAS EN LAS OBSERVACIONES. C1:SAN CAYETANO, C2:LA SELVA, F1:EL SILENCIO Y F2:MIRALEJOS. EN CURSIVA Y NEGRILLA LA ESPECIE DE PLANTA CON EL IVIP \geq A 0.1....	52
TABLA 6. INDICE DE LEVINS DE AMPLITUD DE DIETA E INDICE DE EQUIPROBABILIDAD A PARTIR DE LAS LÁMINAS DE POLEN DE COELIGENA BONAPARTEI EN C1:SAN CAYETANO, C2: LA SELVA, F1:EL SILENCIO Y F2:MIRALEJOS. LOS INTERVALOS DE CONFIANZA SE CALCULARON CON UN REMUESTREO POR BOOTSTRAP DE 1000 ITERACIONES N = 31.....	53
TABLA 7. INDICE DE LEVINS DE AMPLITUD DE DIETA E INDICE DE EQUIPROBABILIDAD PARA LAS OBSERVACIONES DE VISITAS COELIGENA BONAPARTEI EN C1:SAN CAYETANO, C2: LA SELVA, F1:EL SILENCIO Y F2:MIRALEJOS. LOS INTERVALOS DE CONFIANZA SE CALCULARON CON UN REMUESTREO POR EL MÉTODO DE BOOTSTRAP CON 1000 ITERACIONES CON UN N= 14	53
TABLA 8. INDICE DE LEVINS DE AMPLITUD DE DIETA E INDICE DE EQUIPROBABILIDAD PARA HELIANGELUS EXORTIS EN LOS REGISTROS	

DE POLEN.C1:SAN CAYETANO, C2:LA SELVA, F1:EL SILENCIO Y F2: MIRALEJOS LOS INTERVALOS DE CONFIANZA FUERON CALCULADOS CON UN REMUESTREO POR EL MÉTODO DE BOOSTRAP DE 1000 ITERACIONES CON N=19.....54

TABLA 9. INDICE DE LEVINS DE AMPLITUD DE DIETA E INDICE DE EQUIPROBABILIDAD PARA LAS OBSERVACIONES DE VISITAS DE HELIANGELUS EXORTIS EN LAS OBSERVACIONES.C1:SAN CAYETANO, C2:LA SELVA, F1:EL SILENCIO Y F2:MIRALEJOS. LOS INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95% FUERON CALCULADOS CON UN REMUESTREO POR EL MÉTODO DE BOOSTRAP DE 1000 ITERACIONES CON N =9..... 55

TABLA 10. INDICE DE SOBREPOSICIÓN DE DIETA DE CZECHANOWISKI CALCULADO A PARTIR DE LAS LÁMINAS DE POLEN. POR ENCIMA DE LA DIAGONAL ÁREAS DE BOSQUE CONTINUO, POR DEBAJO DE LA DIAGONAL LOS FRAGMENTOS DE BOSQUE ANDINO..... 56

TABLA 11. INDICE DE SOBREPOSICIÓN DE DIETA DE CZECHANOWISKI CALCULADO A PARTIR DE LAS OBSERVACIONES DE LAS VISITAS/MINUTOS EN CAMPO. POR ENCIMA DE LA DIAGONAL ÁREAS DE BOSQUE CONTINUO , POR DEBAJO DE LA DIAGONAL LOS FRAGMENTOS DE BOSQUE ANDINO.....56

TABLA 12. CORRELACIÓN DE SPEARMAN PARA LOS DATOS COMBINADOS DE TODOS LOS BOSQUES, ÁREAS DE BOSQUE CONTINUO – FRAGMENTOS INTERIOR Y FRAGMENTOS BORDE, PARA LA DIETA FLORAL DE C. BONAPARTEI. EN NEGRILLA LOS VALORES DE RS SIGNIFICATIVOS. VARIABLES PARA C. BONAPARTEI. NÚMERO DE LÁMINAS, NÚMERO DE VISITAS A LAS FLORES Y NUMERO DE REGISTROS DE VISITAS. VARIABLES PARA LAS PLANTAS. NÚMERO DE FLORES Y REGISTROS DE LAS FLORES.....58

TABLA 13. CORRELACIÓN DE SPEARMAN AL COMBINAR TODOS LOS BOSQUES, ÁREAS DE BOSQUE CONTINUO – FRAGMENTOS INTERIOR Y FRAGMENTOS BORDE, PARA LA DIETA FLORAL DE H. EXORTIS. EN NEGRILLA LOS VALORES DE RS SIGNIFICATIVOS. VARIABLES PARA H. EXORTIS NÚMERO DE LÁMINAS, NÚMERO DE VISITAS A LAS FLORES Y NÚMERO DE REGISTROS DE LAS VISITAS. VARIABLES PARA LAS PLANTAS, NÚMERO DE FLORES Y REGISTROS DE FLORES.....58

TABLA 14. VALORES PROMEDIO DE CONCENTRACIÓN DE NÉCTAR (GR. SOLUTO/ GR. DE SOLUCIÓN), VOLUMEN DIARIO PROMEDIO APORTADO Y

**CALORÍAS/ μ L DIARIAS DE LAS ESPECIES DE PLANTAS DE LOS CUATRO
BOSQUES.....59**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. *Coeligena bonapartei* (Tomado de Hilty & Brown 1986). 11
- Figura 2. *Heliangelus exortis* (Tomado de Hilty & Brown 1986). 12
- Figura 3. Mapa del área de estudio 19
- Figura 4. Precipitación en mm en 1998 para los cuatro bosques de estudio. 20
- Figura 5. Metodología de conteos de los morfotipos de polen en cada lámina, para *C. bonapartei* y *H. exortis*. 28
- Figura 6. Número de individuos totales de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis* capturados en las áreas continuas y fragmentos de bosques andino estudiadas. 34
- Figura 7. Número de individuos de *Coeligena bonapartei*, capturados en redes de niebla en las cuatro áreas de bosque andino. De Enero de 1999 a Abril del 2000. C1: San Cayetano bosque continuo, C2 : La Selva bosque continuo, F1: El Silencio fragmento y F2: Miralejos fragmento de bosque. 36
- Figura 8. Número de individuos de *Heliangelus exortis*, capturados en redes de niebla en las cuatro áreas de bosque andino. De Enero de 1999 a Abril del 2000. C1: San Cayetano bosque continuo, C2 : La Selva bosque continuo, F1: El Silencio fragmento y F2: Miralejos fragmento de bosque. 36
- Figura 9. Porcentaje de aparición de las diferentes especies de plantas encontradas en las láminas de polen de *Coeligena bonapartei* en el área de estudio. En paréntesis la familia 38
- Figura 10. Porcentaje de aparición de las diferentes especies de plantas encontradas del número de visitas/minuto a las flores ornitófilas en las observaciones por *Coeligena bonapartei* en las cuatro áreas de bosque andino. En paréntesis la familia. 39
- Figura 11. Porcentaje de aparición de las diferentes especies de plantas encontradas en las láminas de polen de *Heliangelus exortis* en el área de estudio. En paréntesis la familia. 40
- Figura 12. Porcentaje de aparición de las diferentes especies de plantas encontradas del número de visitas/minuto a las flores en las observaciones por *H. exortis* en las cuatro áreas de bosque andino. En paréntesis las familias. 41

- Figura 13. Número de especies de plantas visitadas en las cuatro áreas de estudio por *Coeligena bonapartei*. C1: San Cayetano, C2: La Selva, F1: El Silencio y F2: Miralejos. Los puntos indican los valores promedios de la simulación de Monte Carlo con 1000 iteraciones con N=40. Las barras indican los intervalos de confianza del 95% del promedio. 42
- Figura 14. Riqueza de especies de plantas visitadas por *Coeligena bonapartei* en las láminas de polen al comparar áreas continuas y los fragmentos de bosque andino. Los puntos indican los valores promedios de la simulación de Monte Carlo con 1000 iteraciones con N=120. Las barras indican los intervalos de confianza del 95% del promedio. 43
- Figura 15. Número de especies de plantas exclusivas y compartidas visitadas por *C. bonapartei*. (A) entre C1: San Cayetano y C2: La Selva y (B) entre F1: El Silencio y F2: Miralejos, (C) entre fragmentos y continuos. 44
- Figura 16. Riqueza de especies de plantas visitadas en las cuatro áreas de estudio por *Heliangelus exortis*. C1: San Cayetano, C2: La Selva, F1: El Silencio y F2: Miralejos. Los puntos indican los valores promedios de la simulación de Monte Carlo con 1000 iteraciones con N=40. Las barras indican los intervalos de confianza del 95% del promedio. 45
- Figura 17. Riqueza de especies de plantas visitadas por *Heliangelus exortis*, en las láminas de polen al comparar áreas continuas y fragmentos de bosque andino. Los puntos indican los valores promedios de la simulación de Monte Carlo con 1000 iteraciones con N= 16. Las barras indican los intervalos de confianza del 95% del promedio. 46
- Figura 18. Número de especies de plantas exclusivas y compartidas visitadas por *H. exortis*. (A) entre C1: San Cayetano y C2: La Selva y (B) entre F1: El Silencio y F2: Miralejos, (C) entre fragmentos y continuos. 47
- Figura 19. Relación de las especies de plantas dentro de la dieta floral de *C. bonapartei* a partir del número de laminas promedio y desviación estándar con la longitud de corola promedio y desviación estándar de las especies de plantas en los cuatro bosques de estudio. Circulo rosado especies de plantas dentro del rango de longitud del culmen total promedio o por debajo de este (Visitadas), triángulo azul especies de plantas fuera del rango (No visitadas) de la longitud promedio del culmen total de *C. bonapartei*. 62

Figura 20. Relación de las especies de plantas dentro de la dieta floral de *C. bonapartei* a partir del número de visitas promedio y desviación estándar con la longitud de corola promedio y desviación estándar de las especies de plantas en los cuatro bosques de estudio. Círculo rosado especies de plantas dentro del rango de longitud del culmen total promedio o por debajo de este (Visitadas), triángulo azul especies de plantas fuera del rango de la longitud promedio del culmen total (No visitadas) de *C. bonapartei*. 63

Figura 21. Relación de las especies de plantas dentro de la dieta floral de *H. exortis* a partir del número de laminas promedio y desviación estándar con la longitud de corola promedio y desviación estándar de las especies de plantas en los cuatro bosques de estudio. Círculo rosado especies de plantas dentro del rango (Visitadas) de longitud del culmen total promedio o por debajo de este, triángulo azul especies de plantas fuera del rango (No visitadas) de la longitud promedio del culmen total de *H. exortis*. 64

Figura 22. Relación de las especies de plantas dentro de la dieta floral de *H. exortis* a partir del número de visitas promedio y desviación estándar con la longitud de corola promedio y desviación estándar de las especies de plantas en los cuatro bosques de estudio. Círculo rosado especies de plantas dentro del rango (Visitadas) de longitud del culmen total promedio o por debajo de este, triángulo azul especies de plantas fuera del rango (No visitadas) de la longitud promedio del culmen total de *H. exortis*. 65

RESUMEN

De Enero de 1999 hasta Abril del 2000, se caracterizó y comparó algunos aspectos de la dieta floral de dos especies de colibríes *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis*, por medio de observaciones de alimentación y de láminas de polen de los individuos capturados en redes de niebla; teniendo en cuenta la variación en la composición de las especies de plantas y la abundancia de flores en los dos tipos de bosque, así como la influencia del aporte energético de las flores en la dieta de las dos especies de colibríes. El estudio se realizó en cuatro áreas de bosque andino al sur-occidente de la Sabana de Bogotá (2650-2900 m.s.n.m.), dos fragmentos y dos franjas de gran tamaño (áreas de bosque continua). El número de especies de plantas visitadas para *C. bonapartei* y para *H. exortis* fue de 34 y 25 respectivamente. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la riqueza de especies de plantas visitadas y en la amplitud de la dieta floral de cada una de las especies de colibríes, al comparar las áreas continuas con los fragmentos de bosque y la sobreposición de la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* siempre fue mayor en las áreas de bosque continuo que en los fragmentos. Para ninguna de las dos especies de colibríes se encontraron correlaciones significativas entre el número de láminas o el número de visitas a cada especie de flor y el número de flores o los registros de estas especies de flores (a excepción de un caso en *H. exortis*); no se encontraron correlaciones significativas entre el volumen promedio aportado, la concentración de néctar promedio y las calorías/ μ l aportadas de las plantas y el número de láminas o el número de visitas a cada especie de flor para la dieta de las dos especies de colibríes. La longitud de la corola de algunas de las especies de plantas visitadas por *C. bonapartei* y *H. exortis* correspondió a la morfología (longitud del culmen y media porción de la lengua), de las dos especies de colibríes y aunque se observó un ligero aumento en el número de visitas o del número de láminas promedio para las especies de plantas dentro del rango de visitas, que para las especies de plantas fuera del rango de visitas, los datos no muestran claras diferencias.

Aunque la densidad de las flores en los bordes de los fragmentos fue mayor que en el interior no se reportaron correlaciones significativas a excepción de un caso para *H. exortis*, lo cual sugiere que estas dos especies en particular visitan más especies de plantas para suplir sus requerimientos energéticos, sin embargo la respuesta de estas dos especies puede estar influenciada por el comportamiento de forrajeo particular de las especies. *H. exortis* puede ser más territorial, mientras que *C. bonapartei* podría tender a ser ruterero. Sin embargo se podría encontrar algún tipo de correlación más específica con la abundancia de flores mes a mes. No encontrar evidencia concreta de los efectos de la perturbación ambiental sobre la dieta de los colibríes puede coincidir con resultados obtenidos para este grupo de aves en zonas bajas y algunas familias como Ericaceae y Amaryllidaceae entre otras fueron altamente registradas.

1. INTRODUCCIÓN

La interacción entre plantas y polinizadores, es una de las relaciones mutualistas más fuerte existente en la naturaleza (Feinsinger 1983a). Entre el 50 y el 80% de las especies de plantas tropicales requieren de especies animales para su polinización, debido a que su condición de auto incompatibilidad obliga a que el polen provenga de otro individuo para la fecundación (Murcia 2000). Los colibríes son agentes importantes en este proceso de polinización, especialmente para plantas ornitófilas (Hilty & Brown 1986) gracias a su capacidad para desempeñar vuelos estacionarios y transportar el polen a grandes distancias. En ecosistemas montanos neotropicales, cerca del 20% de la comunidad de aves esta constituida por aves nectarívoras (Diaz-Daza & Mendoza-Vargas 1995; Repizzo 1993; Wolf & Gill 1986), donde los colibríes son considerados como polinizadores confiables, debido a que pueden forrajear bajo condiciones adversas (viento fuerte, frío y lluvia) comunes a estas elevaciones (Wolf et al 1976; Linhart et al 1987).

Por otra parte la fragmentación puede influir en la polinización de las plantas al afectar la cantidad o calidad del polen recibido, al inducir cambios en la actividad del polinizador (Murcia 1996). debido a que la perturbación puede, hacer más susceptibles a las plantas. Así mismo, se ha reportado que en los fragmentos de bosque se producen cambios en las condiciones climáticas que inducen la llegada de especies de plantas pioneras, principalmente en los bordes, que pueden ser potencialmente polinizadas por colibríes, los cuales buscan nuevas fuentes de recurso moviendose a través del mosaico de fragmentos (Stouffer & Bierregaard 1995,1996). Sin embargo, son pocos los estudios en zonas neotropicales y especialmente en alta montaña, sobre los efectos de la fragmentación en las interacciones entre plantas y colibríes (Feinsinger 1976, Murcia 1991).

En Colombia aún no existen muchos estudios diagnósticos frente a la fragmentación y sus posibles consecuencias sobre estos (Kattan 1998). Se han realizado pocos estudios sobre la interacción entre colibríes y plantas en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos. Se ha estudiado la coadaptación morfológica entre la comunidad de colibríes y las flores para el borde oriental entre los departamentos de Cundinamarca y Boyacá entre los 2300 y 2550

metros de altitud (Snow & Snow 1980) y en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque a 2850 m (Acevedo 1987). Brand (1995) en el páramo “El Granizo”, en los alrededores de Bogotá, estudió los diferentes grados de coadaptación teniendo en cuenta la disponibilidad de flores (número), la calidad del néctar y su influencia sobre la comunidad de colibríes. Sin embargo, son escasos los estudios que combinan los efectos de la fragmentación sobre las interacciones planta – animal en Colombia en particular en ecosistemas de alta montaña como los bosques de niebla.

Este estudio presenta los resultados de la caracterización de la dieta floral de dos especies de colibríes *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis* además de una comparación entre dos tipos de bosque, dos áreas de gran tamaño (áreas continuas >800 ha) y dos fragmentos de bosque andino del sector sur occidental de la Sabana de Bogotá (<10 ha.) y como afectan los procesos de perturbación ambiental a la relación planta – animal en diferentes aspectos de la dieta para estas especies específicamente, tratando a su vez de establecer preferencias alimentarias en la dieta de las dos especies. Este trabajo, se realizó durante 16 meses (Enero 1999 – Abril 2000), con un esfuerzo de captura de 29120h/red y 103 horas de observaciones de alimentación. El trabajo formó parte del proyecto “Impacto de la fragmentación sobre la reproducción, estructura y comportamiento de una comunidad de colibríes de bosque alto-andino” desarrollado en el Laboratorio de Ecología de Poblaciones (LEP) de la Pontificia Universidad Javeriana.

2. MARCO TEORICO

Los colibríes (Familia Trochilidae) pertenecen exclusivamente a la fauna americana y habitan una gran cantidad de ambientes, que van desde desiertos, hasta las cimas de las montañas en los límites con las nieves perpetuas (Tyrrell & Tyrrell 1985). En Sur América cerca del 39% de la comunidad de aves nectarívora (robadores de néctar, género *Diglossa* y colibríes) están en zonas altitudinales templadas y páramos, donde constituyen cerca del 20% de la comunidad de aves de zonas altas o zonas de montaña (Wolf & Gill 1986).

Debido a su estrecha relación mutualista con las plantas, los colibríes se convierten en importantes agentes polinizadores de los ecosistemas de alta montaña, por esto es importante conocer como las perturbaciones del ambiente afectan la dinámica de esta interacción entre planta y animal a través de la dieta.

2.1 LOS COLIBRIES Y SU RELACION CON LAS FLORES Y EL NECTAR:

Dentro de los síndromes de polinización, catalogados de acuerdo al vector que realiza el proceso, se encuentra la ornitofilia, donde específicamente, el vector es un ave. El síndrome de ornitofilia tiene en cuenta una serie de características morfológicas y fisiológicas empleadas por las plantas para atraer a las aves y excluir otro tipo de visitantes (Faegri & van der Pijl 1979 en Stiles 1981); este tipo de enfoque excluye muchos aspectos de las plantas y de una especialización de las aves para visitar ciertas especies de flores (Stiles 1981).

Uno de los tipos de polinización que está estrechamente relacionado con las aves, es la polinización por colibríes, esta relación colibrí – flor se considera básicamente como mutualista, la cual se basa en una serie de recompensas por parte de la planta hacia el polinizador para conservar sus servicios para el transporte del polen como parte de la polinización (Feinsinger 1987, 1990; Stiles 1978a).

Las plantas como parte del mutualismo ofrecen ciertos productos químicos como el néctar a manera de recompensa para los polinizadores y de esta forma mantener sus servicios. Sin embargo, este mutualismo no es simétrico debido a que los intereses o metas de las plantas y de los animales polinizadores varían y son diferentes (Kearns *et al* 1998, Feinsinger 1987). Por una parte las plantas necesitan maximizar la transferencia de polen entre un mayor número de plantas posible y algunas veces lo más lejos posible, esto se obtiene por medio de una mayor producción de néctar para atraer a los polinizadores efectivos, pero a su vez la producción no debe ser tan grande que convierta al polinizador en sedentario; de manera que es mejor un animal con una fuente de recurso limitada para que así tenga que visitar muchas flores. Por su parte los polinizadores, en este caso, los colibríes tenderían a la optimización del forrajeo, es decir, aumentar la toma de energía y reducir su gasto energético, entonces los colibríes preferirán aquellas flores con una mayor producción de néctar. Es así como la energética de la relación planta-animal se envuelve en un delicado juego de presiones selectivas, y esto termina en un conflicto de intereses, más que una cooperación, donde el balance cambia de acuerdo a la densidad de animales con respecto a las flores (Feinsinger 1983b, Heinrich & Raven 1972 en Feinsinger 1987; Baker 1975; Kearns *et al* 1998; Stiles 1978a).

Las flores ornitófilas presentan características particulares, en su morfología y en el tipo de recompensa que ofrecen para evitar la visita de otros tipos de polinizadores, como las abejas y otros insectos; algunas de las características morfológicas más importantes de las plantas para atraer a los colibríes como polinizadores son flores con pétalos o bracteos de colores fuertes en una longitud de onda cercana al rojo, colores como naranja y amarillo o algunas veces otros colores no tan comunes como el blanco y crema; además, estas flores contienen generalmente grandes cantidades de néctar. Las flores que son polinizadas por este grupo también deben poseer corolas tubulares y generalmente estrechas (Baker 1975; Stiles 1981; Feinsinger 1976; Snow 1981; Murcia & Feinsinger 1996; Linhart *et al* 1987). Sin embargo, recientemente se está considerando que el ancho de la corola puede llegar a ser un factor determinante en la eficiencia de forrajeo de algunas especies de colibríes (Temeles 1996). Para las plantas poder restringir las visitas a solo unos pocos polinizadores potenciales, por medio de la morfología, puede promover la eficiencia en la

polinización, por medio de la simple reducción en la frecuencia de las cargas mixtas de polen en los colibríes (Stiles 1981).

La interacción colibri-flor puede deberse a una coadaptación entre la longitud y forma del pico del ave y la longitud de las corolas de las flores que visita, la variedad de picos se puede clasificar básicamente en dos categorías: la primera, colibríes con picos cortos y rectos que visitan flores cortas y rectas, adicionalmente tienen la posibilidad de visitar flores de otros tipos de síndromes como flores polinizadas por insectos, murciélagos y aves paseriformes. Algunos de estos colibríes de pico corto normalmente roban néctar de las flores polinizadas por los colibríes de pico largo. La segunda colibríes de pico largo recto o algunas veces curvo (como la mayoría de los ermitaños Phaetorninae), que visitan las flores de corola larga (Feinsinger 1987).

2.2 LA DIETA DE LOS COLIBRIES

La dieta de los colibríes está compuesta principalmente por néctar y artrópodos. El néctar constituye la fuente de recurso más grande y energéticamente más eficiente por ser rico en carbohidratos, pero insuficiente cuando se requiere de lípidos, proteínas y otros nutrientes esenciales; los cuales, se suplen al complementar su dieta con el consumo de pequeños artrópodos como dípteros y arañas (Remsen *et al* 1986, Stiles 1995).

El néctar, además de ser la recompensa más importante ofrecida por las plantas a los polinizadores potenciales, y ser una solución principalmente de azúcares y agua, contiene varios componentes químicos adicionales como aminoácidos y lípidos en pequeñas cantidades (Baker & Baker 1983). El néctar presenta en general tres azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) (Baker & Baker, 1983; Simpson & Neff 1983 en Stiles & Freeman, 1993). Las concentraciones relativas de éstos, así como también de otros solutos, cambian determinando así el tipo de polinizador. Las flores polinizadas por colibríes son relativamente ricas en sacarosa (con relación a la fructosa y la glucosa), además de tener concentraciones relativamente diluidas y volúmenes altos. Estas flores que se pueden considerar parte del “síndrome” de polinización por colibríes, producen néctar que es

relativamente diluido (20- 25% de sacarosa) (Baker 1975, Hainsworth & Wolf 1976, Stiles & Freeman 1993, Bolten & Feinsinger 1978). Sin embargo, la concentración del néctar también varía de acuerdo a la zona o la altura sobre el nivel del mar. Las flores polinizadas por colibríes de tierras altas reflejan valores calóricos bajos (incluso del promedio reportado), lo que se puede deber a tasas lentas de fotosíntesis (y por esta razón producción de azúcar) o tasas lentas de la toma de nutrientes por las raíces (v.g. Raven et al 1986 en Stiles & Freeman 1993). La producción de néctar puede verse afectada por muchos factores que incluyen la exposición solar y otros factores microclimáticos y de estatus nutricional para las plantas en sí (Huber 1956, Shuel 1966 en Stiles 1975).

El incremento en la concentración de néctar incrementa su valor calórico pero a su vez aumenta su viscosidad. El sistema de libación de los colibríes tiene como fundamento principal la capilaridad por medio de las cavidades que se encuentran en la lengua, es así que concentraciones de néctar muy elevados y por ende muy viscosas, se vuelven difíciles de libar (e implican un mayor gasto energético) y son preferidas por otros grupos de polinizadores como las abejas y las mariposas nocturnas (Kingsolver & Daniel 1983; Heyneman 1983 en Roberts 1995, 1996; Hainsworth & Wolf 1976). Por otra parte, la mayoría de las flores ornitófilas en el neotrópico, son hierbas, arbustos, pequeños árboles o epífitas y son muy pocos los árboles de dosel que conforman este grupo de flores, lo que restringe el rango de forrajeo de las diferentes especies de colibríes (Stiles 1981).

2.3 OFERTA DEL RECURSO

Para la oferta de flores, se ha encontrado una relación entre los picos de floración y el tipo de polinizador. Estudios en comunidades con estaciones climáticas secas y/o lluviosas, indican que las flores polinizadas por colibríes tienden a presentar floración en mayor proporción a lo largo del año que las flores polinizadas por insectos (Stiles 1978a; Stiles 1975). Las plantas polinizadas por colibríes tropicales evitan competir por polinizadores específicos (a pesar de que las plantas florecen a lo largo del año en general en

comunidades estables) al separar los picos específicos de floración (Feinsinger *et al* 1987 Feinsinger 1990; Stiles 1978b).

La disponibilidad espacial del recurso, puede ser un factor importante en la composición de las especies de plantas visitadas por los colibríes, Feinsinger (1978) y Murcia (1987,1996) reportaron que la densidad de las flores, así como su número y diversidad, afectará a las visitas de las especies de polinizadores. Sin embargo, esta respuesta puede estar mediada por el comportamiento de explotación de los recursos, que cada especie de colibrí tenga sobre ellos. Brody & Mitchell (1997) también reportaron que las especies de plantas con grandes despliegues florales tienen mayores posibilidades de ser visitadas, a pesar de que esta estrategia estaría beneficiando a las plantas y sobretodo a los colibríes, pues se limitarían a las especies con una mayor recompensa. Esta estrategia representaría un doble riesgo, un gasto extra de energía para la producción del néctar y por otra parte los colibríes podrían volverse sedentarios y disminuir el intercambio genético entre las plantas (Feinsinger & Colwell 1978, Feinsinger 1978).

En zonas de alta montaña, donde las condiciones climáticas pueden ser adversas para las plantas, las concentraciones de néctar de las flores polinizadas por colibríes pueden llegar concentraciones menores (12% en promedio) a las concentraciones promedio encontradas en zonas bajas (17 a 29% con un promedio de 22%) (Baker 1975). Una de las formas de manipulación por parte de las plantas hacia los polinizadores, está en la oferta de los volúmenes de néctar; la producción de cualquier volumen de néctar en un número grande de flores puede ser costosa para la planta. La variación intra-individual en la producción de néctar puede ser alta y a este patrón de variación de volumen se le ha denominado “blancos y bonanzas”, debido a que unas flores producen néctar y otras no. Este tipo de patrón tendría como resultado el aumento en el número de visitas, mientras que mantiene los costos de producción bajos (Feinsinger 1978, 1983b).

2.4 LA RELACION DE LOS COLIBRIES Y LOS PROCESOS DE PERTURBACION AMBIENTAL:

Los diferentes grupos de aves se distribuyen en determinados rangos de hábitats y muestran grados de tolerancia diferentes a las modificaciones de su ecosistema natural, como son los disturbios humanos. En zonas bajas algunos representantes de la familia Trochilidae, como los individuos de la subfamilia Phaetorninae, pueden moverse a través de muchos tipos heterogéneos de hábitats de crecimiento secundario y aún así mantener una abundancia estable en los fragmentos (Stouffer y Bierregaard 1995). Esto se debe a la gran plasticidad de uso de hábitat que estos presentan (Stiles 1980 en Stouffer y Bierregaard 1996), a que son altamente móviles, y que responden especialmente rápido a nuevas zonas abiertas que contienen nuevas fuentes de recurso; pues en los sitios intervenidos la abundancia de flores es aparentemente mayor, así como también, es mayor en el borde que al interior de los fragmentos (Stouffer y Bierregaard,1995). Muchas de las flores visitadas por los colibríes no se encuentran dentro de los bosques, sino en claros naturales o artificiales: sitios como bordes de río, vegetación secundaria, pantanos abiertos y claros donde una ruptura en el dosel permita que la luz llegue hasta el suelo del bosque (Stiles 1975, 1978a).

Los cambios en la vegetación por los efectos de la fragmentación alteran el balance natural, causando incrementos en la radiación solar y en la velocidad del viento entre otros; el choque de dos tipos de vegetación (el natural y el reemplazo), separados por una transición abrupta, crean un “borde”(Saunders *et al.* 1990) expone a los organismos a las condiciones del entorno de un ecosistema diferente y consecuentemente a lo que se ha denominado “efecto de borde”(Murcia 1995; Saunders *et al.* 1990).

Las condiciones extremas y diferentes en el borde, promueven la llegada de diferentes especies de plantas, las cuales pueden presentar mayor tolerancia a este incremento en la radiación solar y como consecuencia, a pesar de haber transcurrido un tiempo, la estructura como la vegetación misma podría ser diferente en el borde que al interior de los remanentes o fragmentos de bosque (Murcia 1995). Restrepo & Gomez (1998) reportaron que tanto la distribución de las especies de plantas polinizadas por colibríes, como el número de

capturas de estos polinizadores, mostraron significativamente una disminución desde el borde hacia el interior.

De la misma forma Stiles (1975) comento que las perturbaciones humanas en los bosques, además de ser frecuentemente más grandes y permanentes que las naturales, también incrementan de gran manera la disponibilidad de crecimiento secundario y los hábitat de borde en los bosques, alterando la distribución y abundancia de algunas especies como algunas del genero *Heliconia*.

Procesos como la polinización y la dispersión de semillas pueden verse afectados por la fragmentación, por el cambio en la composición de especies al generarse a través de efectos como el aumento de las especies en los bordes, afectando a las plantas, a los animales o a ambos (Murcia 1996). Este cambio puede ser favorable si atrae animales o se facilita la dispersión de plantas de sucesión por factores bióticos o abióticos hacia el fragmento (Murcia 1995). La eficiencia de procesos como la polinización, pueden verse disminuidos por la frecuencia de cargas de polen mixtas o heterogéneas en los colibríes (Feinsinger *et al.* 1982).

Sin embargo, Murcia (1991) en un estudio realizado en bosque muy húmedo montano bajo entre 1800 y 2200 m.s.n.m.; registró que aunque los niveles de polinización de las especies de plantas polinizadas por colibríes en los fragmentos, no se ven drásticamente afectados y son similares en áreas de diferente tamaño, los niveles de polinización pueden no ser óptimos, ya que si no hay un flujo de polen entre los fragmentos, los niveles de endogamia pueden aumentar con la fragmentación. De la misma manera Aizen & Feinsinger (1994) reportaron que los niveles de polinización de las especies de plantas polinizadas por colibríes, no disminuyeron con la fragmentación.

Sin embargo, algunos investigadores consideran que las consecuencias del cambio en la densidad y el número de flores puede diferir entre las especies de plantas, dependiendo de la especificidad de su interacción con los polinizadores y que la fragmentación de los bosques puede causar un decrecimiento en la densidad floral, hasta el punto donde las

plantas fallan al ofrecer suficientes recompensas florales a sus polinizadores para sostener la comunidad. Entonces la consecuencia final es la desaparición del polinizador bien sea por extinción o por emigración, lo que conlleva a la pérdida de las poblaciones de plantas (Murcia 1996).

En los fragmentos de bosque pueden existir nuevas especies de plantas, con morfologías simples, que fomentan la entrada de la mayoría de colibríes pero sin embargo impiden la entrada de otros organismos tales como insectos. De esta forma, las especies de colibríes en áreas con vegetación sucesional, estarán raramente restringidos para forrajear sobre una especie en particular (Feinsinger 1976, Wolf *et al* 1976, Feinsinger 1978). Por el contrario, en comunidades como bosques maduros, muchas plantas tendrán flores con morfologías especializadas que atraen especies de colibríes a su vez especializados (Feinsinger 1978).

Debido a que los visitantes generalistas forrajean sobre un amplio espectro de especies de plantas, estos colibríes pueden ser capaces de persistir por más tiempo en un parche de bosque a pesar de la reducción en la densidad de algunas especies y del cambio en la composición de la oferta floral (Murcia 1996). Al parecer los polinizadores especialistas son excluidos de los fragmentos de bosque pequeños, mientras que los polinizadores generalistas pueden ser menos vulnerables a la fragmentación debido a que sus poblaciones generalmente tienen una amplia distribución. Además, muchas especies de plantas pueden actuar como fuente de recurso intercambiable o sustituible para estos polinizadores (Rathcke & Jules 1993).

En los bosques nublados de Costa Rica, la abundancia de las flores es a veces más alta en hábitats secundarios y algunas especies de colibríes son más abundantes allí que en los bosques primarios (Stiles 1975, Stiles 1980 en Stouffer y Bierregard 1996).

2.5 ESPECIES DE ESTUDIO

Para este estudio se utilizaron dos especies de colibríes de la subfamilia Trochilinae, típicos de alta montaña (2150 – 3400 m) *Coeligena bonapartei* (Figura 1) y *Heliangelus exortis* (Figura 2).

Coeligena bonapartei (Inca Ventridorado)

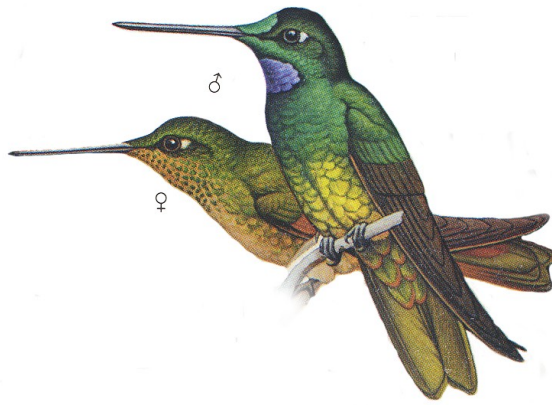


Figura 1. *Coeligena bonapartei* (Tomado de Hilty & Brown 1986).

Especie de colibrí de pico recto de 30mm de largo (colibrí pico largo), con un peso promedio de 6.4gr. cuya especie presenta dimorfismo sexual entre machos y hembras. Tanto los machos como las hembras son fácilmente identificables por su rabadilla color dorado-naranja y su pico recto y largo (Hilty & Brown 1986) (Figura 1).

Esta especie presenta un rango de ubicación entre los 2150-3000 m.s.n.m., tiene una prioridad de conservación media, debido a que es una especie que no está en peligro a corto plazo, pero es vulnerable si se presenta tendencias continuas de destrucción de su hábitat. Forrajea en el estrato de sotobosque – subdosel y su hábitat se encuentran en bosques con perturbaciones humanas o de crecimiento secundario (Parker III *et al.* 1996). En Colombia no está reportado como una especie de riesgo (Renjifo 1997). Este genero en particular se ha denominado de acuerdo a Feinsinger & Colwell (1978) como vagabundos de alta

recompensa o ruteros, los cuales en general son colibríes que en general han coevolucionado con cierto tipo de flores (largas o curvas) de acuerdo a su pico.

Heliangelus exortis (Solángel Turmalina)

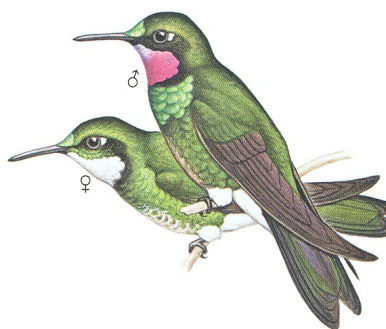


Figura 2. *Heliangelus exortis* (Tomado de Hilty & Brown 1986).

Especie de colibrí de pico corto de 15 mm, (colibrí pico corto) recto; con una longitud total de 102 mm y un peso de 4.7gr promedio. Esta especie posee dimorfismo entre los dos sexos, la identificación de esta especie está su pico recto-corto y sus plumas anales o infracoberteras de la cola de color blanco (Hilty & Brown 1986) (Figura 2).

Presenta un rango de distribución entre los 2300 a 3400 m.s.n.m., forrajea preferiblemente a nivel del sotobosque y subdosel en bosques secundarios, su prioridad de conservación se considera baja pues es una especie con una amplia distribución y usa hábitats no amenazados o que no están en riesgo (Parker III *et al.* 1996). Este genero de colibrí podría estar entre dos categorías vagabundo de baja recompensa o territorial de acuerdo a su comportamiento de forrajeo y a su longitud de pico (Feinsinger & Colwell 1978).

2.6 APROXIMACION A LA DIETA CORRELACION DE LA ABUNDANCIA DE Y FLORES Y APORTES ENERGETICOS

Los animales prefieren consumir cierto tipo de recurso o cambiar de recurso de acuerdo a su disponibilidad. Debido a esto, el animal va a ser más o menos selectivo al escoger aquellos tipos de recurso con un mayor valor nutricional (Ahumada 1996).

La variedad de los recursos florales utilizados por los colibríes se puede medir por medio de la riqueza de las especies visitadas y una de las mejores formas de medir la riqueza es directamente por el número de especies visitadas en los dos tipos de bosque. Para conocer la identidad de las especies más importantes se utilizó el índice de valor de importancia de las plantas (IVIP). Dentro de la caracterización de la dieta floral de las especies de colibríes, uno de los componentes principales es el nicho alimenticio, el cual comprende algunas variables como el tipo de alimento, estrategia de obtención y las relaciones con otras especies que explotan los mismos tipos de recursos. Estas variables determinan un rango de utilización de los recursos medido por medio de la amplitud de dieta o nicho que, junto con un índice de equiprobabilidad (estandarizado por medio del número de especies visitadas), permite conocer el grado de especialización de una especie al utilizar los recursos del nicho. Uno de los índices más utilizados es el índice de Levins, que mide la uniformidad de la distribución de los individuos entre los diferentes recursos utilizados (Colwell & Futuyma 1971; Krebs 1989). El índice toma valores altos cuando la especie no discrimina entre los recursos, utiliza entonces muchos recursos y por otra parte puede adquirir valores bajos cuando la especie utiliza pocos o un solo recurso. Sin embargo este índice por si solo no podría indicar que tan generalista o especialista es la especie, entonces corregido por el número de especies utilizadas da como resultado valores entre 0 y 1, mientras más cercano a 1 es más generalista (mínima amplitud de dieta, máxima especialización).

Por otra parte, se hace necesario medir la relación entre las dos especies de colibríes y los recursos disponibles o simplemente medir la sobreposición de la dieta por medio de las especies de plantas que visitan en si. Existen muchas formas para medir la sobreposición de

la dieta, sin embargo la mayoría de estos índices, no son simétricos y presentan muchos tipos de sesgos como por ejemplo el índice de Pianka, mientras que el índice de Czenowiski anteriormente llamado índice de similitud proporcional es el más utilizado y recomendado para los colibríes (Feinsinger com. pers.; Feinsinger *et al* 1981).

La relación entre la abundancia del recurso y el número de veces que una especie es visitada puede ser establecida con el índice de correlación de Spearman.

PREGUNTA GENERAL

¿Varía la dieta floral de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis* entre áreas continuas y fragmentos, teniendo en cuenta, la composición de las especies de plantas y la abundancia de flores y como afecta el aporte energético de las flores en la dieta de los colibríes en los bosques andinos?

JUSTIFICACIÓN

Debido a que la mayoría de las especies de plantas en zonas tropicales tienen una condición de auto incompatibilidad necesitan de polinizadores animales para transportar el polen. La fragmentación puede afectar este proceso, haciendo más susceptibles a las plantas, si induce cambios en el polinizador alterando la relación planta - animal. Así mismo la fragmentación puede generar cambios en la identidad de las especies de plantas que se encuentran entre el interior y el nuevo borde, así como cambios en la abundancia de las flores y los aportes energéticos que influirán en esta relación. Es importante conocer la dieta floral de las diferentes especies de colibríes y sus recursos, para conocer como se ve afectada la relación colibrí - flor por procesos como la perturbación antropogénica. Debido a la fuerte fragmentación del bosque Andino en los últimos años, es importante conocer como sus efectos sobre las diferentes relaciones en estos ecosistemas para posteriores planes de manejo y conservación de los bosques Andinos.

3. DESCRIPCION DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL:

Comparar la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis*, entre dos áreas continuas y dos fragmentos de bosque Andino, de acuerdo a la composición de las especies de plantas visitadas, a la abundancia de flores y el aporte energético de las flores ornitofilas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Comparar la riqueza y uso de los recursos en la dieta floral de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis* entre áreas continuas y fragmentos de bosque Andino.
2. Establecer si la abundancia de flores en los cuatro bosques andinos y entre áreas continuas y fragmentos de bosque se relaciona con la dieta floral de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis*.
3. Evaluar el aporte energético (concentración, volumen y calorías/ μ l) de flores ornitófilas y su relación con la dieta floral de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis*.

PREGUNTAS E HIPOTESIS DE TRABAJO

1. ¿Existen diferencias en la riqueza y amplitud de la dieta floral de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis* al comparar áreas continuas y fragmentos de bosque Andino del borde Sur occidental de la Sabana de Bogotá?

HIPOTESIS:

La amplitud y riqueza de la dieta floral para los colibríes es mayor en los fragmentos que en las áreas continuas de bosque Andino.

PREDICCIÓN:

Se esperaba que *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis* tuvieran una mayor amplitud de dieta y visitarán un mayor número de especies de plantas en los fragmentos, que en las áreas continuas, debido a que en los fragmentos de bosque se encuentran además de especies típicas de interior, nuevas especies en el borde, lo que aumentará el número de especies de flores disponibles.

2. ¿Está relacionado el número de visitas por parte de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis* con la abundancia de flores en las cuatro áreas de bosque Andino, del borde sur occidental de la Sabana de Bogotá?

HIPOTESIS :

El número de visitas por parte de los colibríes está relacionado con la abundancia de flores en las áreas de bosque Andino.

PREDICCIÓN 1:

Coeligena bonapartei y *Heliangelus exortis* visitarán las flores de las especies de plantas de acuerdo a su abundancia en los bosques; las especies con un mayor número de flores serán más visitadas.

PREDICCIÓN 2:

Se espera que haya una correlación significativa entre el número de visitas de las especies de la dieta de *C. bonapartei* y *H. exortis* y el número de flores (abundancia) en los fragmentos, debido a que en los bordes se pueden encontrar un mayor número de flores. Estas no serán significativas en las áreas de bosque continuo.

3. ¿La dieta floral de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis* se verá influenciada por el volumen y concentración del néctar de las especies de plantas de bosque Andino?

HIPOTESIS:

Los colibríes visitarán especies de plantas con volúmenes altos y concentraciones entre 20 – 25 % de sacarosa en el néctar, debido a que estas se acoplan a sus necesidades energéticas.

PREDICCIÓN:

Coeligena bonapartei y *Heliangelus exortis* preferirán especies de plantas en bosque Andino que presenten volúmenes altos aumentando de esta forma la eficiencia de forrajeo y concentraciones cercanas a 20-25% de sacarosa en el néctar, pues porcentajes superiores a 25% son más difíciles de libar.

4. AREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en un área que se encuentra localizada en el Departamento de Cundinamarca, donde se escogieron cuatro áreas de bosque andino ubicados a lo largo de la falla del Tequendama en el borde occidental de la Sabana de Bogotá (Cundinamarca). Los lugares de muestreo, fueron los predios de (4) fincas que se denominaron de la siguiente forma:

San Cayetano y La Selva, áreas de gran tamaño, que para efectos de la escala regional y del tipo de bosque en que fueron trabajados se denominarán áreas de bosque continuos (C1) y (C2) respectivamente y Finca El Silencio (F1) y Finca Miralejos (F2), fragmentos pequeños de bosque Andino. (Figura 3)

4.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA

El bosque andino se encuentra entre los 2400 hasta los 3800 metros de altitud formando una franja en donde la temperatura media va desde los 15° hasta los 6°C (Cuatrecasas 1989). Según Cuatrecasas (1989) la formación vegetal de la zona pertenece a la denominada selva o bosque andino y según la clasificación de Holdridge pertenece a la formación de Bosque húmedo montano bajo (Espinal & Montenegro 1963).

La transformación vegetal natural se ha dado por el reemplazo por cultivos; en las pendientes el monte es ocupado por la ganadería (Repizzo 1993, Espinal & Montenegro 1963). La vegetación de las cuatro áreas es homogénea y tuvo dominancia de ciertas especies de plantas pertenecientes a las familias Bromeliaceae, Ciateaceae, Clusiaceae, Ericaceae, Melastomataceae y Rubiaceae.

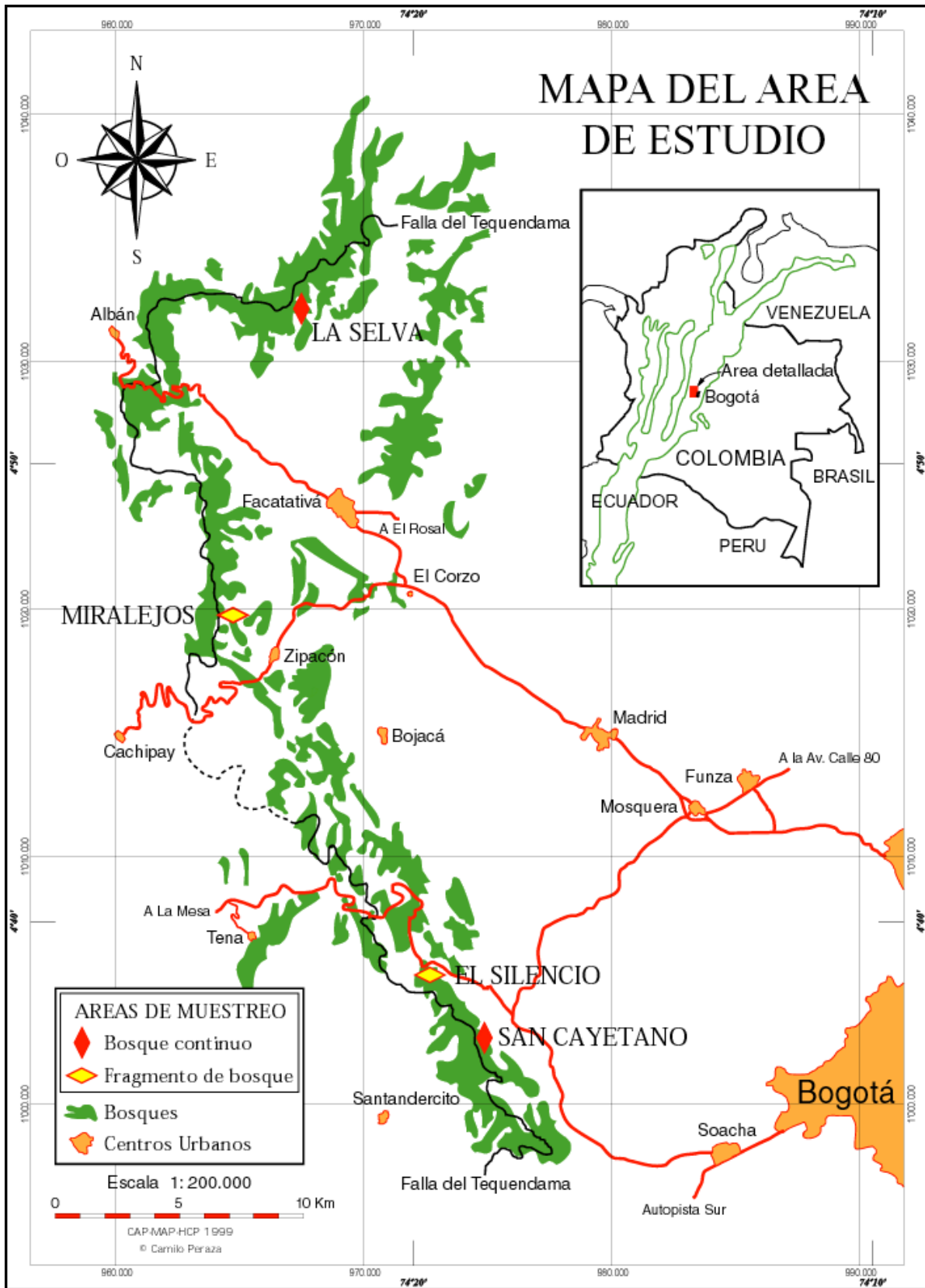


Figura 3. Mapa del área de estudio (Tomado de Peraza 2000).

4.2 CLIMA

La precipitación de esta zona es bimodal y típica de la Sabana de Bogotá con dos épocas secas (Diciembre-Marzo y Agosto-Septiembre) y dos épocas de lluvias, el resto del año (Abril-Julio y Octubre- Noviembre) (Figura 4). Los niveles de precipitación anual se encuentra entre 600-800 mm. La temperatura promedio anual es de 12-15 °C (Mendoza 1999).

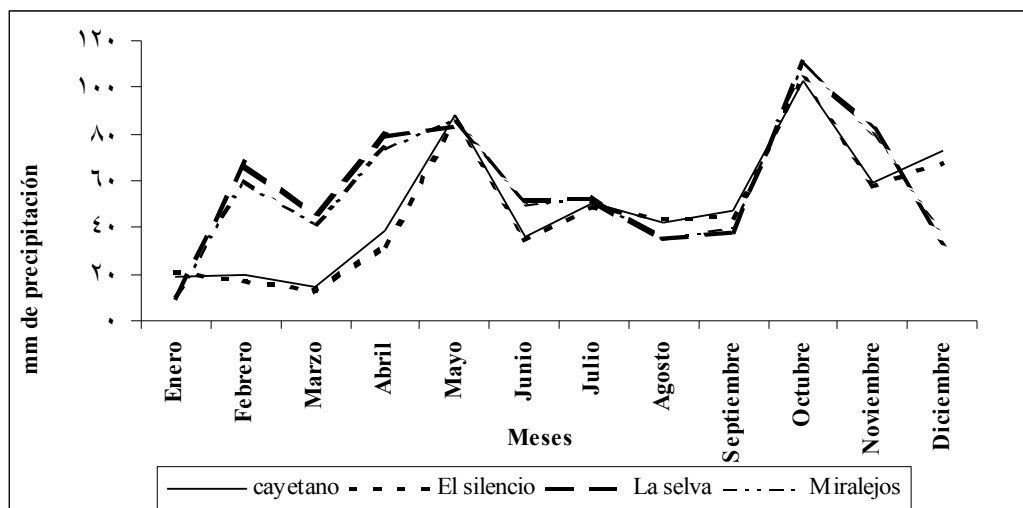


Figura 4. Precipitación en mm en 1998 para los cuatro bosques de estudio.

4.3 DESCRIPCION LOCAL:

Cayetano (Area de bosque continuo 1) (C1)

Se encuentra a 04°37'44" N y 74°18'49" O, en el Municipio de Bojacá, vereda de Fute por la carretera que conduce de la Herrera a la Mesa ubicado a una altura de 2650m.s.n.m. (Figura 3). La franja continua tiene un área de aproximadamente 800 Ha. Este bosque presenta bastantes claros producidos por la caída de árboles. Las familias de plantas dominantes en el bosque son, Araceae, Araliaceae, Asteraceae, Ciateaceae, Ericaceae, Melastomataceae, Orchidaceae, Passifloraceae, Rubiaceae, Solanaceae.

La Selva (Area de bosque continuo 2) (C2)

Está ubicado a 04°52'19'' N y 74°22'49'' O, en el municipio de Facatativa, entre las veredas de la Selva y Tribuna, por la carretera que conduce de Facatativa a Albán; con una altura entre 2850msnm a 2900msnm. (Figura 3). La franja continua de bosque tiene aproximadamente 2000 Ha. La vegetación general en este bosque esta dominada por las familias Ciataceae, Cunnoniaceae, Clusiaceae, Cyclanthaceae, Ericaceae, Gentianaceae, Melastomataceae, Monimiaceae y Winteraceae.

El Silencio (Fragmento de bosque 1) (F1)

Está localizado a 04°36'72'' N y 74°18'21'' O, en el municipio de Bojacá, vereda de Santa Barbara por la carretera que conduce de la Herrera a la Mesa. Altura de 2700 m.s.n.m. (Figura 3), su área aproximada es de 9 Ha. Está rodeado por una matriz principalmente de pastizales para la ganadería. Las familias de plantas que predominan en el bosque son; Amaryllidaceae, Asteraceae, Clusiaceae, Ericaceae, Monimiaceae, Passifloraceae, Rubiaceae y Winteraceae.

Miralejos (Fragmento de bosque 2) (F2)

Localizado a 04°45' 82'' N y 74° 23'71'' O, en el municipio de Zipacón, vereda Pueblo Viejo, por la carretera que conduce a Zipacón. Esta ubicado a una altura de 2850 m.s.n.m., (Figura 3), el fragmento tiene un área aproximada de 4.2 Ha. Las familias de plantas dominantes en el bosque fueron, Clusiaceae, Cunoniaceae, Ericaceae, Gentianaceae, Melastomataceae, Orchidaceae y Rubiaceae.

4.3.5 VEGETACION Y FAUNA

Algunas de las especies de plantas dominantes en el área de estudio, (Correa 1999, Mendoza 1999) y adicionalmente algunas de las especies de plantas potencialmente ornitófilas en los cuatro bosques andinos se presentan en el Anexo1.

MAMIFEROS:

Algunos de los mamíferos voladores de la zona que pueden ser parte del proceso de polinización, pertenecen al orden Chiroptera, en especial las especies *Anoura geoffroyi* y *Anoura* sp. (Bolaños 2000).

AVES:

Otros grupos de aves pertenecientes a la comunidad nectarívora diurna importantes, registradas para estos 4 bosques por medio de redes de niebla y observaciones fueron: *Diglossa albilatera*, *Diglossa humeralis*, *Diglossa cyanea*, *Diglossa caerulescens*, considerados como robadores de néctar, *Conirostrum sitticolor*, *Conirostrum albifrons* y algunas especies de la familia Parulidae (Baptiste-Espinosa *et al* 1999). Además de las especies de la familia Trochilidae de los cuatro bosques de estudio, *Adelomyia melanogenys*, *Aglaiocercus kingi*, *Boissonneaua flavescens*, *Campylopterus falcatus*, *Coeligena bonapartei*, *Coeligena prunellei*, *Coeligena torquata*, *Colibri coruscans*, *Colibri thalassinus*, *Doryfera ludoviciae*, *Ensifera ensifera*, *Eriocnemis cupreiventris*, *Eriocnemis vestitus*, *Heliangelus exortis*, *Heliodoxa rubinoides*, *Lafresnaya lafresnayi*, *Lesbia nuna*, *Metallura tyrianthina*.

5. METODOLOGIA

5.1 FASE PRELIMINAR

El estudio se realizó en 4 sitios, dos fragmentos y dos franjas continuas de bosque Andino, en el borde occidental de la Sabana de Bogotá. Los cuatro bosques fueron escogidos previamente a este estudio utilizando como criterios de selección el tamaño, la orientación, la pendiente, el tipo de vegetación similar en los bosques y el tipo de matriz circundante. En cada uno de los cuatro bosques se ubicaron dos transectos formando una cruz con orientación N-S y E-O de 180m y 300m respectivamente.

De Septiembre a Diciembre de 1998, se realizó el reconocimiento del área, la familiarización e identificación de las diferentes especies de la familia Trochilidae, y la estandarización de los métodos utilizados en campo para la toma de datos morfométricos, las muestras de los individuos de la familia Trochilidae y las observaciones de alimentación a los colibríes.

Basándose en el número de capturas realizadas durante el desarrollo del proyecto “Biología Reproductiva de Aves en Bosques Andinos” (J. Ahumada Laboratorio de Ecología de Poblaciones) a lo largo de 1998, se escogieron, para este estudio las (2) dos especies de colibríes que presentaron el mayor número de capturas (*Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis*) con respecto de las demás especies de la comunidad, que estuvieran presentes en los cuatro bosques y que adicionalmente presentaran diferencias morfológicas en la longitud del pico.

5.2 TOMA DE DATOS

5.2.1 FASE DE CAMPO

5.2.1.1 Captura de Aves y Toma de Muestras de Polen:

Desde el mes de Enero de 1999 hasta Abril del 2000, se realizaron visitas mensuales a cada uno de los bosques. La captura de los individuos de la Familia Trochilidae se obtuvo al colocar en cada uno de los cuatro bosques en los dos transectos descritos, de 21 – 25 redes de niebla de 6 X 3 m, con un ojo de malla de 36mm (Tabla 1). Estas redes fueron ubicadas en dos niveles, 71 redes en suelo (0 – 3m) y 20 redes fueron elevadas (3 – 20m) en el subdosel (Tabla 1) (Anexo 2).

Tabla 1. Número de redes de niebla en cada bosque/mes en el suelo y elevadas. C1:San Cayetano, C2: La Selva, F1: El Silencio y F2: Miralejos.

BOSQUE	Número de redes elevadas (3-20 m)	Número de redes de piso (0-3 m)	TOTAL
C1	7	18	25
C2	3	18	21
F1	5	17	23
F2	5	18	22
TOTAL	20	71	91

Las redes de niebla fueron colocadas por períodos de 20 horas diurnas/bosque/mes, para un total de 8000 h-red en San Cayetano (C1), 6720 h-red en La Selva (C2), 7360 h-red en El Silencio (F1) y 7040 h-red en Miralejos (F2), con un total de 29120 horas x malla/red en los cuatro bosques. Permanecieron abiertas de 5:00 am – 7:00 pm, fueron revisadas a lo largo del día cada hora y solo fueron cerradas momentáneamente en caso de lluvias fuertes.

Las muestras de polen de la comunidad de colibríes se tomaron al encontrar un colibrí capturado en la red y antes de ser retirado de la red, utilizando gelatina glicerinada con tinción de fucsina, de acuerdo al método de Beattie (Thomas 1988) (Anexo 3). Se paso una pequeña porción de la gelatina por el pico, cabeza, garganta y nuca del ave, con unas pinzas planas y posteriormente se colocó esta gelatina en una lámina porta objeto, se

cubrió con un cubre objetos y se calentó hasta derretirla totalmente para fijarla y luego ser analizada en el laboratorio.

Posteriormente el colibrí fue liberado de la red e introducido en una bolsa de tela para ser transportado y medido en el campamento. Cada uno de los individuos fue pesado (Balanza electrónica portátil Ohaus® Scout precisión 0.1g) y se registraron medidas morfométricas estándar como culmen total, longitud de ala, longitud de cola y largo total con un calibrador plástico de dial (SPI 2000 modelo 31-415-3 precisión 0.1 mm) (Anexo 4).

5.2.1.2 Observaciones de Alimentación:

Para complementar la caracterización de la dieta de *C. bonapartei* y *H. exortis* se realizaron adicionalmente observaciones de alimentación de dos tipos: observaciones casuales y observaciones en parches de flores.

Las observaciones casuales se realizaron en los recorridos de revisión de las mallas y en cualquier momento durante el día, en cualquier lugar del bosque (borde, interior y claros) identificando la especie del individuo y sexo cuando era posible, además de la especie de planta que visitó, el número de flores por visita, la hora, el clima y la altura sobre el suelo. Adicionalmente se colectó una muestra botánica de la planta visitada para su posterior determinación (Anexo 5).

Las observaciones puntuales a los parches de flores se realizaron generalmente en las primeras horas de la mañana y hacia el final de la tarde. Se anotó la hora inicial (HI) y la hora final (HF) de la observación del parche, además de la especie de planta. Al llegar un colibrí se registró el número de flores visitado y la hora de visita, también se identificaron los individuos hasta especie y sexo cuando fue posible.

5.2.1.3 Abundancia de Flores:

Para obtener una medida aproximada de la abundancia de flores en los 4 sitios, se utilizaron parte de los datos del proyecto de “Biología Reproductiva de Aves en Bosque Andino” que siguió la metodología descrita por Correa 1999, (Figura 4, pag 19), en donde se realizaron 22 transectos en banda en los transectos largos y 14 en los transectos cortos, de 20 x 2m de ancho, perpendiculares a los transectos principales con 40 metros de distancia entre cada transecto del mes de Enero de 1999 hasta el mes de Diciembre de 1999 y se continuo tomando el mismo tipo de datos hasta abril del año 2000. De los datos se toma el número de flores maduras o abiertas y las especies de plantas potencialmente ornitófilas. Adicionalmente en los fragmentos se realizaron 10 transectos paralelos en el borde de 20 metros de largo y 2 metros hacia el interior desde Mayo de 1999 hasta Abril del 2000 . Cada transecto fue recorrido mensualmente, contando el número de flores maduras o abiertas observadas y la especie a la que pertenecían. Las observaciones se realizaron con la ayuda de binoculares (8 X 30) Zeiss.

5.2.1.4 Disponibilidad de Néctar:

Para estimar la producción de néctar de una especie de planta potencialmente ornitófila se cubrieron 10 flores a las 5:30 am con una muselina fina para impedir la visita de colibríes e insectos y permitir que la flor continuara con la transpiración. Utilizando el método destructivo (Hainswoth & Wolf 1972) se colectaron 5 flores a las 12:00 del día y 5 adicionales a las 18:00 horas. A cada una de las flores se le midió el largo efectivo de la corola (desde la recámara del nectario hasta la apertura exterior de la corola). Posteriormente se midió el volumen de néctar con la ayuda de micropipetas (capilares) de 75 µl. Luego una gota del néctar extraído fue colocado en un refractometro de azúcares (0 a 32%) con compensación automática de temperatura a 20°C para calcular el porcentaje de sacarosa presente en grados °brix (gr soluto/ gr de solución).

Los datos obtenidos de la lectura directa en el refractómetro sobre el valor de concentración de sacarosa, fueron transformados a calorías por microlitro (Wolf *et al.* 1976).

Oferta energética (cal/μ) = (equivalentes Molares de sacarosa) (1.345cal/ μ)

Donde 1.345 cal/μ corresponde a las calorías presentes en 1 equivalente molar de sacarosa.

Paralelo a esto se elaboró una palinoteca de referencia de las especies de plantas del área de estudio, para la identificación de las especies posiblemente visitadas por los colibríes, se tomaron muestras de aquellas especies potencialmente ornitófilas. Cada una de las muestras fue tomada tanto en gelatina como en cinta y de esta manera tener dos metodologías, para la palinoteca de referencia.

5.2.2 FASE DE LABORATORIO

5.2.2.1 Análisis de Muestras de Polen:

Para la identificación de los granos de polen en las muestras tomadas, se tomaron fotos con un aumento de 45X en un microscopio eléctrico de fluorescencia invertido Zeiss® de cada una de las especies de plantas en la palinoteca de referencia. Estas se clasificaron de acuerdo a su forma, (redondos, ovalados, triangulares y tétradas) y de acuerdo a su complejidad externa (sin poros, con poros, o alguna otra estructura en particular como ranuras).

Posteriormente, para la identificación de las especies de plantas en las muestras de las láminas de polen, se confrontó cada una de las muestras con la colección de referencia, y adicionalmente se utilizó la ayuda de atlas palinológicos (REFERENCIAS ATLAS). Después de esto se cuantificó la abundancia promedio de los granos de polen de cada especie de planta por lámina en un aumento de 10x, mediante un barrido a lo largo de la misma en un número no menor de 10 transectos o campos visuales, contando el número de

granos de polen de todos los morfotipos, y obteniendo así un promedio relativo, de cada morfo-especie en la lámina (Figura 5). Las láminas con morfoespecies que tuvieran menos de 5 granos de polen se consideraron como contaminación y fueron descartadas, los datos fueron anotados en un formato en el laboratorio para luego ser analizados.

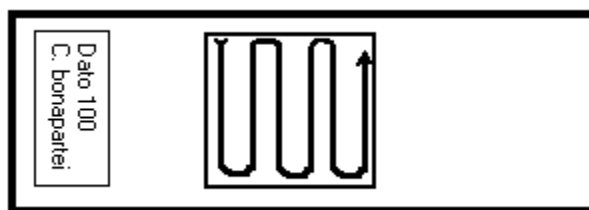


Figura 5. Metodología de conteos de los morfotipos de polen en cada lámina, para *C. bonapartei* y *H. exortis*. Las líneas negras representan los transectos o campos para el conteo del número promedio de cada morfotipo presente.

5.2.2.2 Determinación del Material Botánico:

El material botánico colectado fue determinado hasta género o especie en el Herbario de la Pontificia Universidad Javeriana y con la ayuda de botánicos expertos en el tipo de vegetación del área de estudio.

5.2.3 ANALISIS DE DATOS

Para los análisis estadísticos se tomó la frecuencia de aparición de cada uno de los palinomorfos en las láminas a los que se denominó **(Número de láminas)**. En las observaciones de alimentación se tomaron tanto el número de visitas **(Visitas)** y el número de visitas/el número de minutos de esa observación **(Visitas/Minutos)**. Para las observaciones casuales se determinó 1 minuto como el tiempo de duración de la observación, de tal forma que fueran comparables con las observaciones en parches de flores. Adicionalmente, a partir de las observaciones de alimentación se tomó el número de registros, es decir el evento de alimentación a una especie de planta, independientemente del número de visitas que realice a esta, el cual se denominó **(Registros)**.

Para los análisis estadísticos de los datos de las flores, se utilizó el número de flores totales maduras o abiertas de cada una de las especies de plantas (**Número de flores**) y el evento de aparición de una especie de planta en los censos de flores, independientemente del número de flores (**Registros de flores**).

5.2.3.1 Éxito y Esfuerzo de Captura

Para calcular tanto el esfuerzo como el éxito de captura para los 16 meses se asumió 1h-red(6metros de largo), en las formulas:

$$\text{Esfuerzo de Captura} = \text{Mallas totales} \times \text{Horas totales}$$

$$\text{Exito de Captura} = \frac{\text{Individuos Capturados}}{\text{Esfuerzo de Captura}}$$

El número de capturas, va a ser equiparable a la abundancia de cada una de las poblaciones de colibríes, conociendo de antemano que esto no es una medida exacta de la abundancia en la población.

5.2.3.2 Riqueza:

Se utilizó para este análisis de diversidad de especies la Riqueza de Especies. El número de especies es el indicador más natural de la riqueza de las especies en un ensamblaje.

Para determinar si existían diferencias significativas en la riqueza de especies a partir del número de especies en la dieta floral de las dos especies de colibríes de estudio, se realizaron Simulaciones de Monte Carlo con el programa ECOSIM (Gotelli & Entsinmger 2000) con 1000 iteraciones de las especies representadas en la dieta, a partir de las láminas de polen. Esta simulación arrojó los valores promedio del número de especies de plantas visitadas y los intervalos de confianza del 95%, a partir de los cuales se asumió que no existían diferencias significativas por sobreposición de los intervalos de confianza.

5.2.3.3 Índice de Valor de Importancia de las Plantas (IVIP)

La frecuencia de aparición por especie sobre el total de las frecuencias, expresado como una proporción, permite conocer las especies de plantas más importantes de la dieta floral teniendo en cuenta el grado de explotación del recurso por la especie de colibrí. Los análisis se realizaron a partir del número de láminas de polen y del número de visitas/minuto para cada especie de colibrí y para los dos en general.

Con el fin de establecer la importancia de las diferentes especies de plantas dentro de la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* se calculó el índice de valor de importancia de las plantas (IVIP) propuesto por Amaya (1991, en Muñoz-Saba *et al.* 1997). Entre mayor sea el valor de IVIP mayor es el uso que una especie le da a una planta, este valor se obtiene de la formula:

$$IVIP_x = \sum_j (P_{ix} + P_{iy} + \dots P_{ij})$$

$$P_{ix} = \frac{\text{Frecuencia de aparición del recurso } i \text{ en la especie de colibrí } x}{\text{Frecuencia de aparición total de los recursos utilizados por la especie de colibrí}}$$

Donde P es el grado de explotación del recurso i por la especie de colibrí x . (IVIP para la especie de colibrí).

5.2.3.4 Índice de Amplitud de la Dieta Floral Levins (B)

Para calcular la amplitud de la dieta floral de las dos especies de colibríes de estudio, se calcularon las proporciones de las especies de flores, registradas en la dieta; a partir de estas proporciones se realizaron los cálculos del índice de amplitud de dieta de Levins (B) (Krebs, 1989), con la siguiente formula:

$$B = \frac{1}{\sum (P_{ij})^2}$$

Donde P_{ij} es la frecuencia de utilización del recurso i por la especie de colibrí j . B es máximo cuando un mismo número de individuos utiliza cada recurso, estas especies no discriminan los diferentes recursos, por lo tanto presentan una dieta amplia. B es mínimo cuando todos los individuos utilizan un solo recurso. Posteriormente se dividió B en el número de especies de plantas utilizadas en cada uno de los bosques, lo que resultó en un índice de equiprobabilidad, con el que se pudo determinar si las especies eran generalistas o especialistas. Se analizaron los datos a partir de las láminas de polen y del número de visitas para cada especie de colibrí.

Para determinar si existían diferencias significativas, en los índices de B calculados a las dos especies, en las cuatro áreas de Bosque Andino, se construyeron los intervalos de confianza del 95% mediante el Bootstrap, a todos los valores de B con 1000 iteraciones con el programa Resampling Stats Excel Add-in (1999) y se asumió que existían diferencias si los intervalos no se solapaban.

5.2.3.5 sobreposición de la dieta Floral:

La sobreposición de las especies de plantas visitadas en la dieta floral fue calculada por medio del índice de Czechanowski (Feinsinger *et al.* 1981), modificado para el programa ECOSIM (Gotelli & Entsinmger 2000) con la formula:

$$O_{1,2} = O_{2,1} = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |p_{1i} - p_{2i}|$$

Donde P_{1i} es la proporción del recurso i en la dieta del colibrí, y P_{2i} es la proporción del recurso i en el total de los recursos disponibles. Con un valor mínimo de 0 y máximo de 1, donde 0 indica que no existe sobreposición y un valor de 1 indica una sobreposición total de la dieta entre las dos especies de colibríes. Este tipo de índice de sobreposición es simétrico, es decir que la sobreposición de la especie 1, sobre la especie 2 es igual a la sobreposición de la especie 2 sobre la especie 1. La sobreposición de la dieta floral de C .

bonapartei y *H. exortis* fue calculada sobre las proporciones del uso de cada especie de planta en la dieta, a partir de las láminas de polen y a partir del número de visitas/minuto, con la proporción de los recursos disponibles de manera equiprobable para establecer la sobreposición de todas las especies de plantas visitadas. Las sobreposiciones se calcularon por medio de una simulación de Monte Carlo con el programa ECOSIM con 1000 iteraciones (Feinsinger *et al* 1981, Gotelli & Entsinmger 2000).

5.2.3.6 Análisis de correlación (Spearman) entre la dieta floral y la abundancia de las flores y el aporte energético de las flores.

Se realizaron análisis de correlación (Spearman), para establecer las relaciones para todas las variables, entre los datos de los colibríes (el número de láminas de polen, número de visitas y el número de registros) y los datos de las flores (el número de flores y el registro de flores), primero se combinaron los datos de los cuatro bosques de estudio, luego se realizó un análisis de las mismas variables, por una parte se combinaron los datos de las áreas continuas con el interior de los fragmentos (áreas continuas- interior fragmentos) y se analizó por aparte el borde de los fragmentos (borde fragmento). Posteriormente para la tercera pregunta, se realizó un análisis de correlación (Spearman) entre las variables número de láminas de polen, número de visitas y número de registros de las visitas a cada especie de flor y la concentración promedio diaria de néctar en cada especie de flor, y el volumen y las calorías/μl promedio aportadas por estas especies.

Las correlaciones se realizaron por medio de la correlación de Spearman (r_s), por medio del programa JMP de SAS Inst. y del programa de STATISTICA.

$$r_s = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N d_i^x}{N^x - N}$$

Donde $d_i = X_i - Y_i$, la diferencia en rangos en las dos variables. N = tamaño de la muestra (Siegel & Castellan 1995).

Se analizaron los valores de $P < 0.05$ para determinar su significancia, todos aquellos valores superiores a P no fueron significativos y se aprobó la hipótesis nula, es decir que no existe una correlación entre las variables.

No se utilizó un análisis de correlación de Pearson, debido a que para este tipo de datos que no tienen una distribución normal y son pocos es mejor la utilización del análisis de correlación de Spearman, pues es más potente.

5.2.3.7 La dieta floral y la morfología (longitud de corola) de las flores :

Adicionalmente se realizaron análisis de correspondencia de la longitud de la corola efectiva de las especies de flores que visitaban en la dieta tanto *C. bonapartei* como *H. exortis* y se graficó el número promedio de láminas y de visitas (\pm D.S) a cada una de las especies de flores tanto dentro del rango de la longitud del culmen, especies “visitadas” como fuera de este rango de visitas “no visitadas” (\pm D.S.).

6. RESULTADOS

6.1 ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DE ESTUDIO *Coeligena bonapartei* Y *Heliangelus exortis*

C. bonapartei (colibrí de pico largo) fue la especie más abundante de la comunidad de colibríes. Esta especie estuvo presente en las 4 áreas estudiadas, aunque fue más abundante en el bosque continuo que en los fragmentos (casi el doble) (Figura 6).

H. exortis también fue capturado en las 4 áreas estudiadas de bosque andino, presentando un número elevado de capturas, casi la mitad de capturas que *C. bonapartei*, tanto en los fragmentos, como en las áreas de bosque continuo (Figura 6).

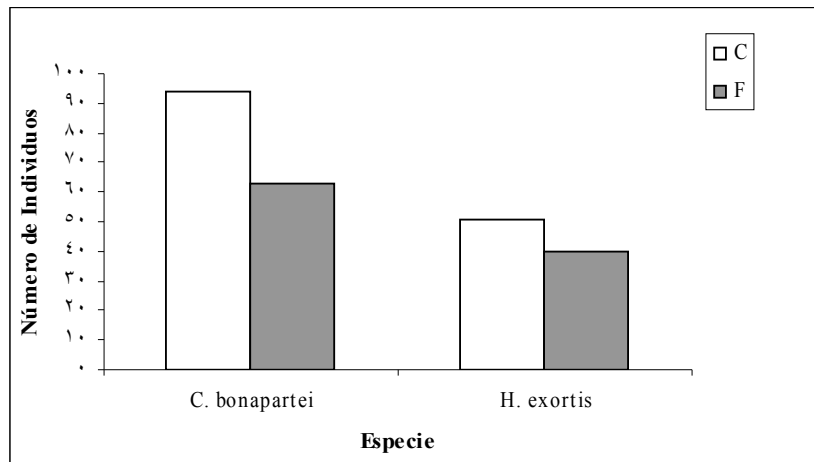


Figura 6. Número de individuos totales de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis* capturados en las áreas continuas y fragmentos de bosques andino estudiadas, C: bosques continuos y F: fragmentos de bosque.

El número de individuos de *C. bonapartei* presentó variaciones en la abundancia mes a mes en todos los sitios de estudio (Figura 7). En los bosques continuos C2 y C1, el mayor número de individuos se presentó en el mes de Marzo de 1999. En los bosques fragmentados F1 y F2 el mayor número de capturas fue en Enero de 1999 y en Febrero del 2000 respectivamente. En los meses de Enero, Febrero, Junio, Agosto, Septiembre de 1999 y Enero del 2000 no se registraron capturas en C1, en C2 se capturaron individuos en todos

los meses; mientras que para los fragmentos no se registraron capturas en F1 en los meses de Abril de 1999 y Marzo 2000 y para F2 en los meses de Diciembre de 1999 y Abril del 2000 (Figura 7).

H. exortis presentó una abundancia similar a 3 o menos individuos en tres de los cuatro bosques C1, F1 y F2 (Figura 8) . En los bosques continuos, el mayor número de individuos se registró en los meses de Marzo de 1999 y Noviembre del 2000 para C2. El bosque continuo C1 presento un bajo número de capturas y fue diferente a C2. C1 presentó un ligero aumento en el número de las capturas en el mes de Abril del 2000. En los fragmentos el número de capturas fue bajo y se observaron variaciones entre F1 y F2 mes a mes. F1 presentó en general un mayor número de capturas que F2, el cual registró un aumento en el número de individuos en Marzo del 2000. (Figura 8). En el bosque C1 no se capturaron individuos de *H. exortis* en los meses de Enero, Marzo, Abril, Junio, Julio y Diciembre de 1999 y Enero y Marzo del 2000, en C2 en los meses de Enero y Abril. Para los fragmentos en F1 en los meses de Enero, Mayo y Septiembre de 1999 no se obtuvieron capturas y en F2 Julio, Agosto de 1999 y Enero y Febrero del 2000 (Figura 8).

Tanto *C. bonapartei* como *H. exortis* registraron el mayor número de individuos capturados en el bosque continuo C2 y el número de capturas fue mayor casi siempre a lo largo del muestreo en este bosque para las dos especies (Figura 7 y 8). El bosque que no registro capturas durante más meses para las dos especies de colibríes fue C1 (Figura 7 y 8).

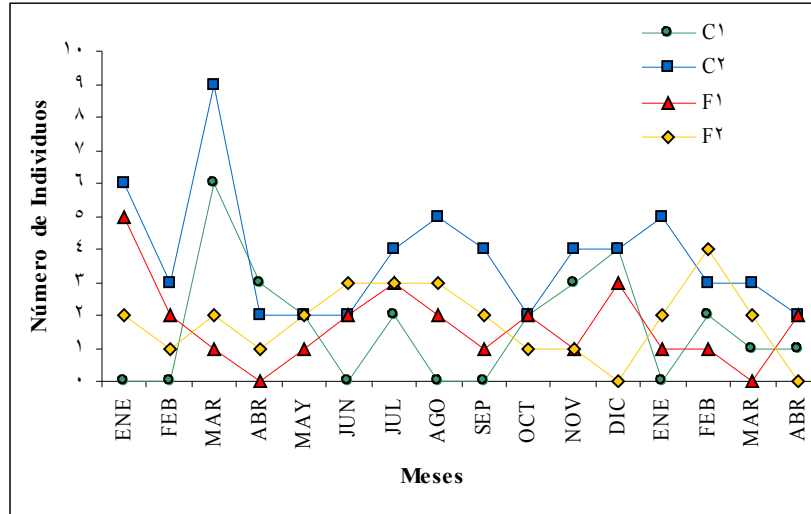


Figura 7. Número de individuos de *Coeligena bonapartei*, capturados en redes de niebla en las cuatro áreas de bosque andino. De Enero de 1999 a Abril del 2000. C1: San Cayetano bosque continuo, C2 : La Selva bosque continuo, F1: El Silencio fragmento y F2: Miralejos fragmento de bosque.

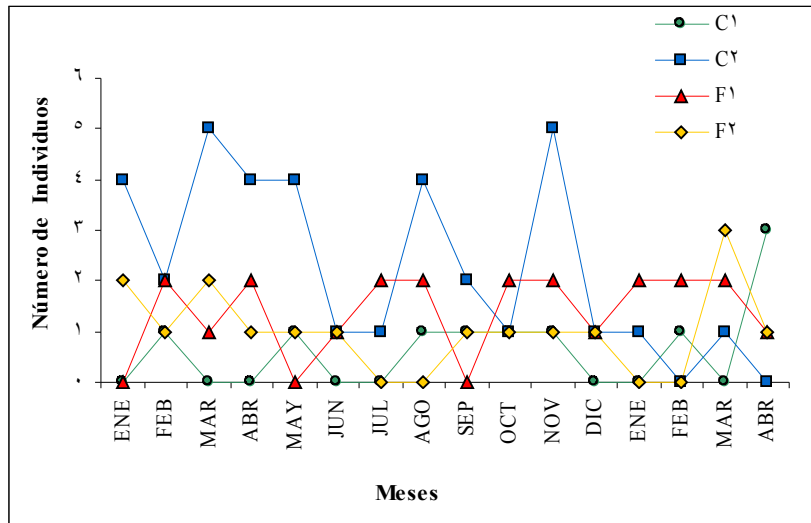


Figura 8. Número de individuos de *Heliangelus exortis*, capturados en redes de niebla en las cuatro áreas de bosque andino. De Enero de 1999 a Abril del 2000. C1: San Cayetano bosque continuo, C2 : La Selva bosque continuo, F1: El Silencio fragmento y F2: Miralejos fragmento de bosque.

6.2 ASPECTOS GENERALES DE DIETA FLORAL DE LAS ESPECIES DE ESTUDIO

La dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* se caracterizó a partir de las especies de polen de plantas encontradas en las láminas de polen y las observaciones de visitas realizadas a flores.

Se obtuvieron 126 láminas de polen para *C. bonapartei* y 66 láminas para *H. exortis* del total de capturas (142 capturas para *C. bonapartei* y 85 capturas para *H. exortis*) en las redes de niebla. Se contabilizaron 6169 minutos (102.81 horas) entre observaciones puntuales en parches de flores y observaciones casuales. De estas observaciones *C. bonapartei* se registro en 1713 minutos (28.55 horas) y *H. exortis* en 712 minutos (11.86 horas). Los restantes 3744 minutos corresponden a observaciones de individuos de las otras 14 especies de la comunidad de colibríes.

Del total de visitas a las flores (1734), *C. bonapartei* realizó 452 visitas a las diferentes especies (26%) (suma de observaciones puntuales y casuales), en 79 registros de alimentación a diferentes especies ornitófilas observadas. De estas visitas, 329 fueron observaciones puntuales en parches de flores (51 registros) y 123 visitas fueron observaciones casuales (28 registros).

Del total de visitas a las flores (1734) *H. exortis* realizó 438 visitas a las diferentes especies (25%) (suma de observaciones puntuales y casuales), en 43 registros de alimentación a las diferentes especies de flores. De estas visitas, 328 fueron observaciones puntuales en parches de flores (26 registros) y 110 visitas fueron observaciones casuales (17 registros).

6.2.1 DIETA DE *Coeligena bonapartei*

La dieta floral de *C. bonapartei* comprendió 34 especies de plantas, en las cuatro áreas de bosque andino entre las muestras de polen (31 especies)(Anexo 6) y las observaciones de alimentación totales (14 especies).

6.2.1.1 Láminas (muestras de polen)

C. bonapartei visitó 31 especies de plantas de acuerdo a las láminas de polen. Las cuatro especies de plantas más frecuentes en la dieta floral fueron, una especie de la familia Ericaceae indet. sp.1 (26%), una especie de la familia Euphorbiaceae indet. sp.1 (15.2%), una *Bomarea* sp. (12.81%) y una *Fuchsia* sp. (11.73%) (Figura 10). Diez (10) de las 31 especies visitadas por *C. bonapartei* tuvieron porcentajes de aparición muy bajos (0.27% para todas) (Figura 9).

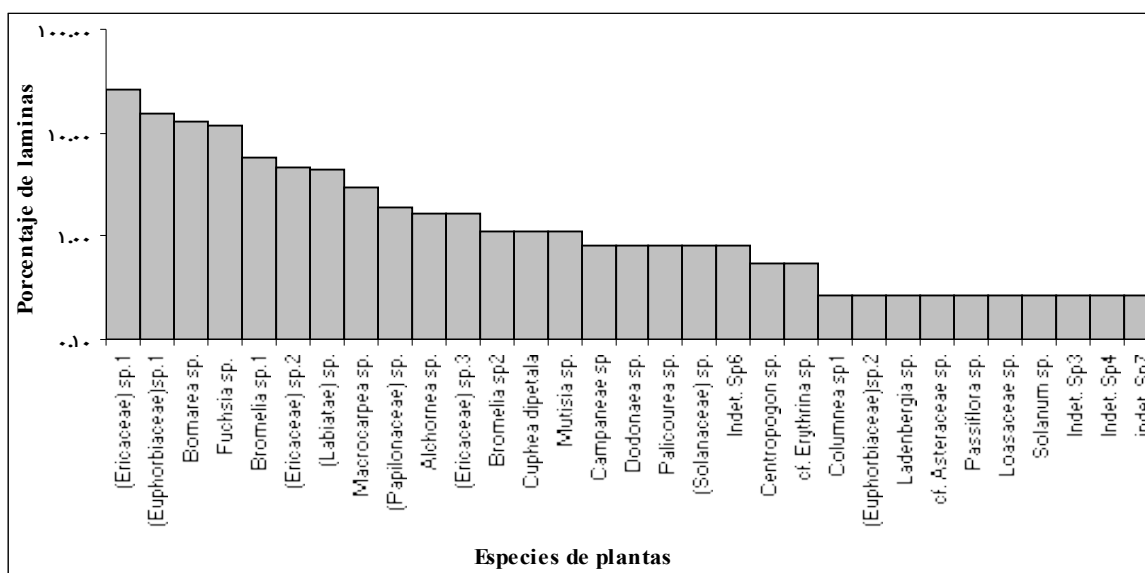


Figura 9. Porcentaje de aparición de las diferentes especies de plantas encontradas en las láminas de polen de *Coeligena bonapartei* en el área de estudio. En paréntesis la familia.

6.2.1.2 Observaciones

C. bonapartei visitó 14 especies de plantas en las observaciones puntuales y casuales. En los cuatro bosques las especies de plantas más visitadas/minuto fueron: *Fuchsia boliviana* (38.88%) y una especie de la familia Verbenaceae Indet. sp.2 (31.15%); Las restantes especies fueron visitadas menos del 10% (Figura 10).

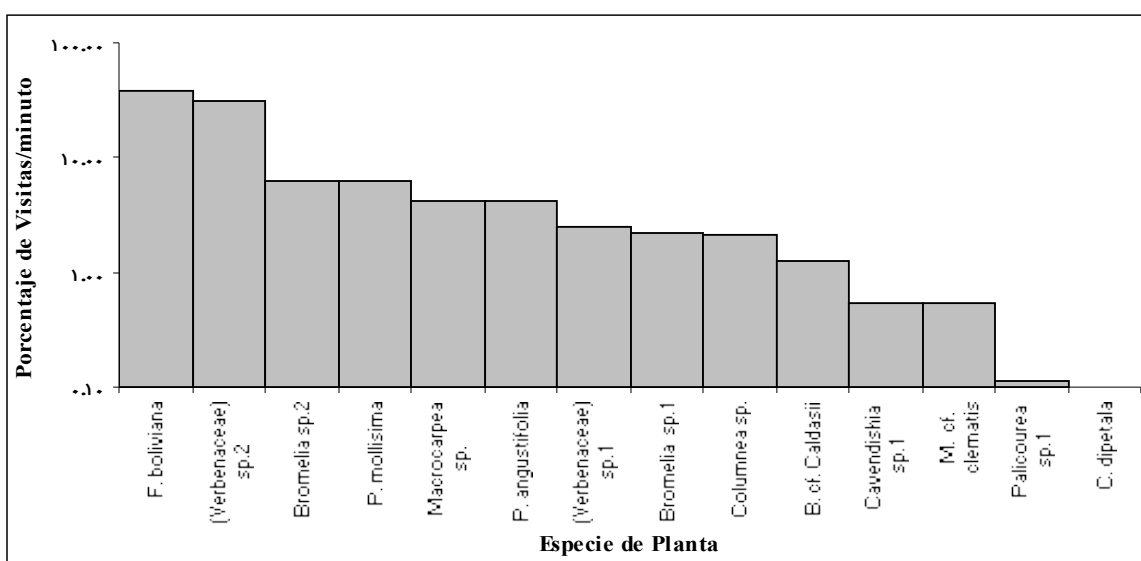


Figura 10. Porcentaje de aparición de las diferentes especies de plantas encontradas del número de visitas/minuto a las flores ornitófilas en las observaciones por *Coeligena bonapartei* en las cuatro áreas de bosque andino. En paréntesis la familia.

Se encontraron 3 especies de plantas exclusivas para las observaciones de alimentación (*Verbenaceae* sp.1 y sp.2 y *Palicourea* sp.1) 20 especies para las láminas de polen. De las 34 especies de plantas que comprenden la dieta floral de *C. bonapartei* 11 especies de plantas se presentaron en las dos metodologías (láminas de polen y observaciones).

6.2.2 DIETA DE *Heliangelus exortis*

La dieta floral de *H. exortis* en el área de estudio comprendió 25 especies de plantas entre las muestras de polen (19 especies) (Anexo 6) y las observaciones de alimentación totales (9 especies).

6.2.2.1 Láminas

A partir de las muestras de las láminas de polen *H. exortis* visitó 19 especies de plantas. Las especies más frecuentemente reportadas fueron una especie de la familia Ericaceae indet. sp.1 (26.50%), *Palicourea* sp. (16.87%), otra especie de la familia Ericaceae indet. sp.2 (13.25%) y *Bromelia* sp.1 (7.23%) (Figura 7). Ocho (8) de las 19 especies de plantas visitadas por *H. exortis* mostraron porcentajes de aparición bajos (1.20% para todas) (Figura 11).

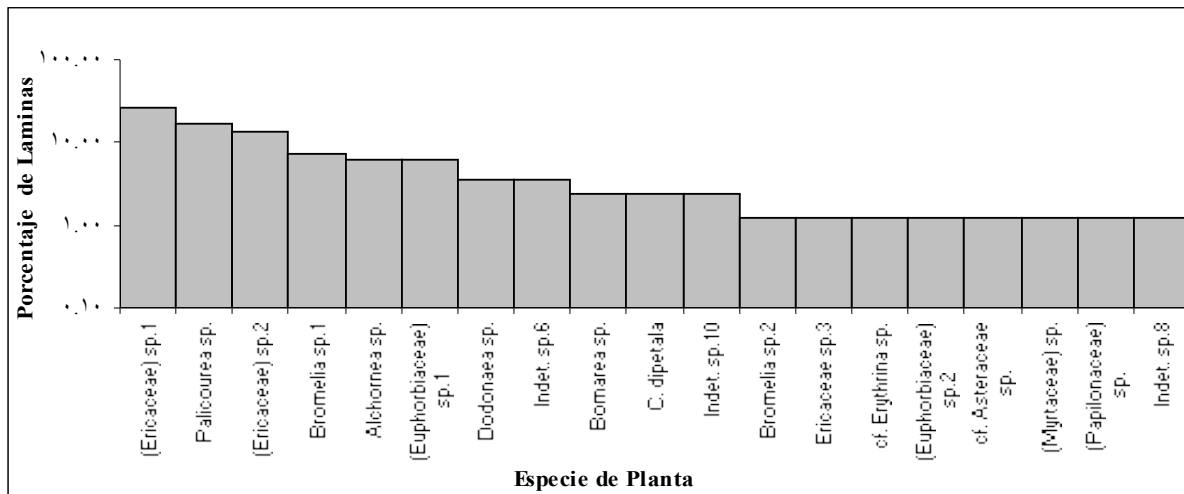


Figura 11. Porcentaje de aparición de las diferentes especies de plantas encontradas en las láminas de polen de *Heliangelus exortis* en el área de estudio. En paréntesis la familia.

6.2.2.2 Observaciones

H. exortis visitó durante las observaciones en campo 9 especies de plantas. En los cuatro bosques las especies de plantas más visitadas/minuto fueron: *Palicourea angustifolia* (58.52%) *Palicourea* sp.1 (18.03%), y *Cavendishia* sp.2 (15.40%) (Figura 12). Las restantes especies de plantas como *Clusia* cf. *grandiflora* y *Passiflora mollissima* fueron visitadas en menor proporción (>3.08%) (Figura 12).

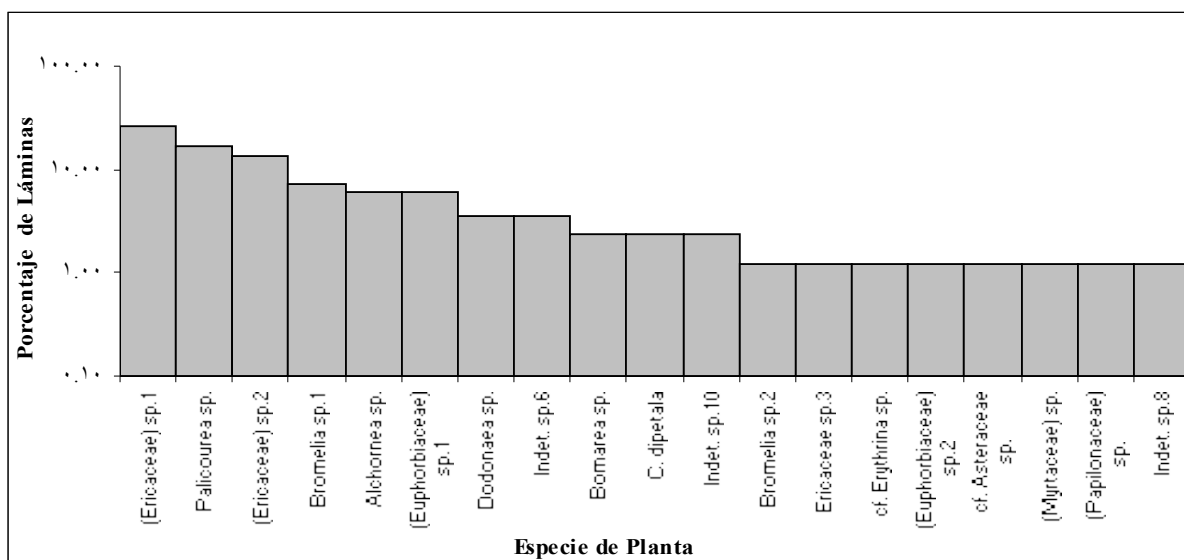


Figura 12. Porcentaje de aparición de las diferentes especies de plantas encontradas del número de visitas/minuto a las flores en las observaciones por *H. exortis* en las cuatro áreas de bosque andino. En paréntesis las familias.

De las 25 especies de plantas que comprenden la dieta floral de *H. exortis* se encontraron 16 especies de plantas exclusivas en los conteos de polen y 6 especies exclusivas para las observaciones (*Cariofilaceae* sp., *Centropogon* cf. *latisepala*, *Clusia* cf. *grandiflora*, *Fuchsia boliviana*, *Palicourea* sp.1 y *Passiflora mollissima*). Las especies de plantas en común fueron 3 en las dos metodologías (láminas de polen y Observaciones).

6.3 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS DE LA DIETA

6.3.1 RIQUEZA DE LA DIETA FLORAL DE *Coeligena bonapartei*

No se encontraron diferencias significativas al comparar el número de especies de plantas visitadas por *C. bonapartei* en los cuatro bosques (Figura 14). El bosque con el mayor número de especies visitadas fue C2 seguido por F1, F2 y por último C1 (Figura 13).

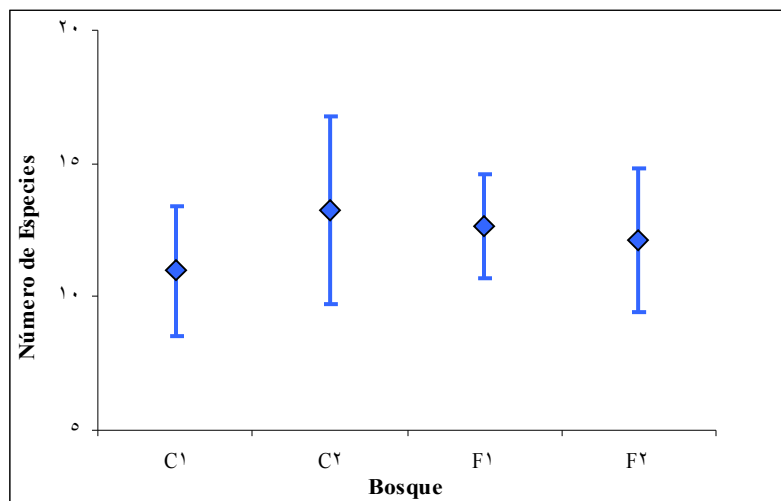


Figura 13. Número de especies de plantas visitadas en las cuatro áreas de estudio por *Coeligena bonapartei*. C1: San Cayetano, C2: La Selva, F1: El Silencio y F2: Miralejos. Los puntos indican los valores promedios de la simulación de Monte Carlo con 1000 iteraciones con $n=40$. Las barras indican los intervalos de confianza del 95% del promedio.

No se encontraron diferencias significativas en el número de especies al excluir las especies de plantas exclusivas de cada bosque y la tendencia en el número de especies visitadas presento pequeñas variaciones. Sin embargo el orden fue el mismo pues el mayor número de especies visitadas fue en C2, seguido de F1, F2 y por último C1.

No se encontraron diferencias significativas en el número de especies de plantas visitadas al combinar los datos de las dos áreas continuas y los dos fragmentos de bosque (Figura 14).

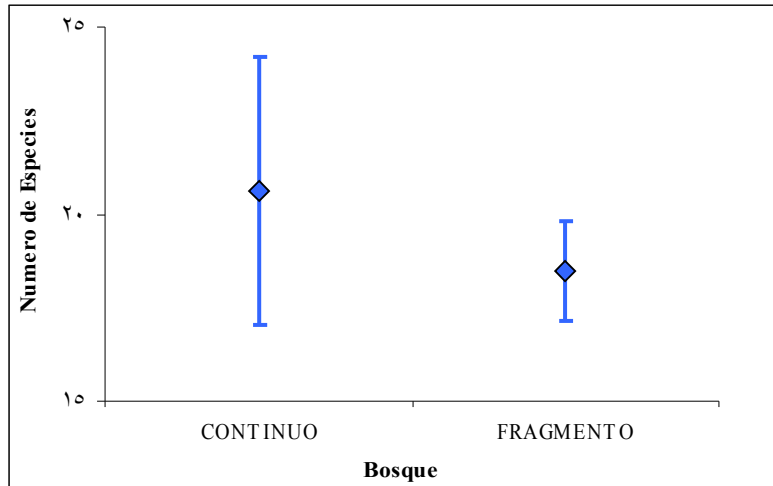


Figura 14. Riqueza de especies de plantas visitadas por *Coeligena bonapartei* en las láminas de polen al comparar áreas continuas y los fragmentos de bosque andino. Los puntos indican los valores promedios de la simulación de Monte Carlo con 1000 iteraciones con N=120. Las barras indican los intervalos de confianza del 95% del promedio.

En la dieta floral de *C. bonapartei* el número total de especies de plantas visitadas en cada uno de los cuatro bosques fueron: para C1 (14) especies de plantas, para C2 (25) especies de plantas, F1 (14) especies y F2 (16) especies de plantas visitadas. Del número total de especies visitadas por *C. bonapartei* en la dieta floral se presentaron 2 especies de plantas compartidas entre C1 y C2, 2 especies exclusivas de C1 y 8 especies de plantas exclusivas para C2 (Figura 15A). Mientras que al analizar la dieta floral los fragmentos no se registraron especies de plantas compartidas entre F1 y F2 y se encontró 1 especie exclusiva de F1 y 3 especies exclusivas de F2 (Figura 15B). Al combinar las dos áreas continuas y los dos fragmentos de bosque, se encontraron 14 especies de plantas compartidas, 12 especies exclusivas para las áreas continuas y 4 especies exclusivas para los fragmentos (Figura 15C).

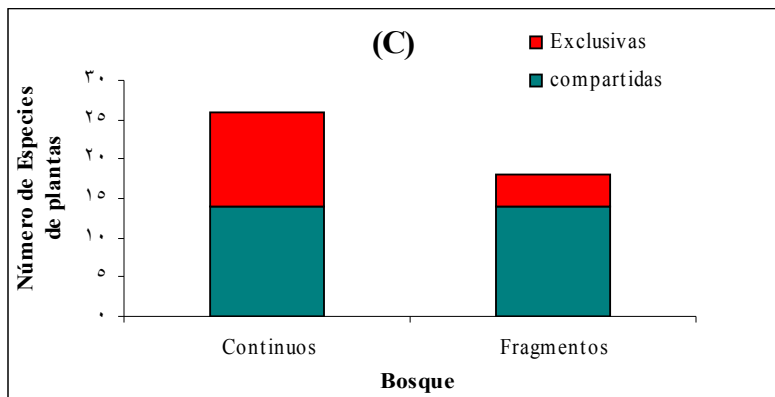
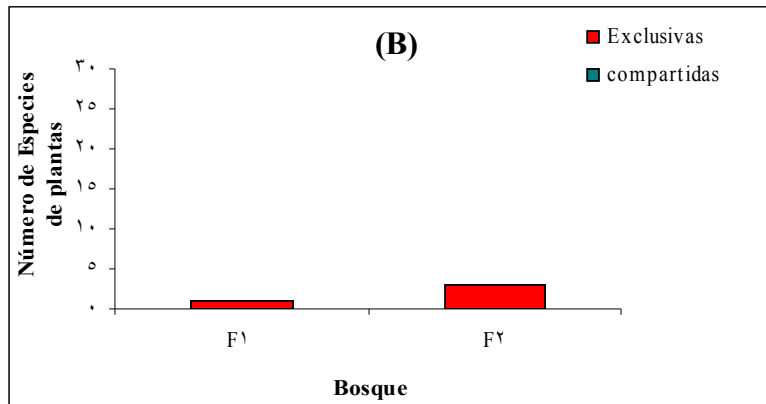
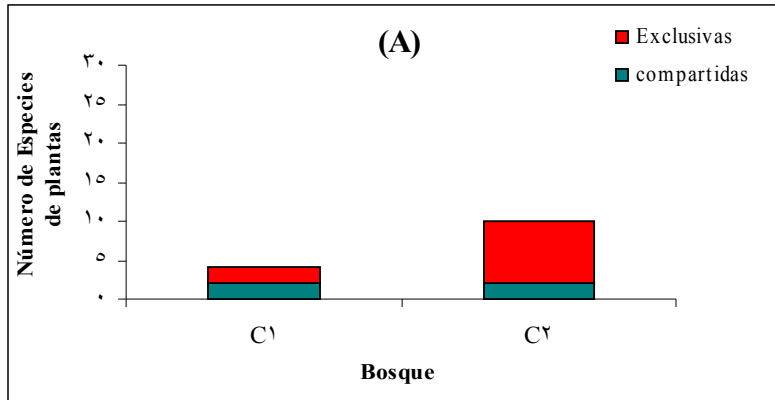


Figura 15. Número de especies de plantas exclusivas y compartidas visitadas por *C. bonapartei*. (A) entre C1: San Cayetano y C2: La Selva y (B) entre F1: El Silencio y F2: Miralejos, (C) entre fragmentos y continuos.

6.3.2 RIQUEZA DE LA DIETA FLORAL DE *Heliangelus exortis*

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el número de especies de plantas visitadas por *H. exortis* en los cuatro bosques del área de estudio (Figura 16). El bosque con el mayor número de especies visitadas fue en F2 seguido por F1, C1 y por último C2 (Figura 16).

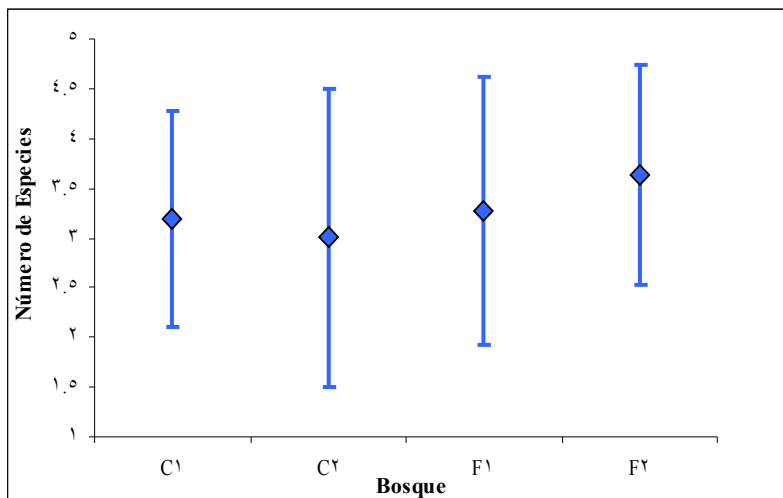


Figura 16. Riqueza de especies de plantas visitadas en las cuatro áreas de estudio por *Heliangelus exortis*. C1: San Cayetano, C2: La Selva, F1: El Silencio y F2: Miralejos. Los puntos indican los valores promedios de la simulación de Monte Carlo con 1000 iteraciones con N=40. Las barras indican los intervalos de confianza del 95% del promedio.

Al analizar la riqueza de las especies de plantas, sin las especies exclusivas en cada bosque, no se observaron diferencias significativas en la riqueza de especies de plantas y la tendencia en el número de especies fue similar.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el número de las especies de plantas visitadas por *H. exortis*, al combinar los datos para los fragmentos y las áreas continuas de bosque (Figura 17).

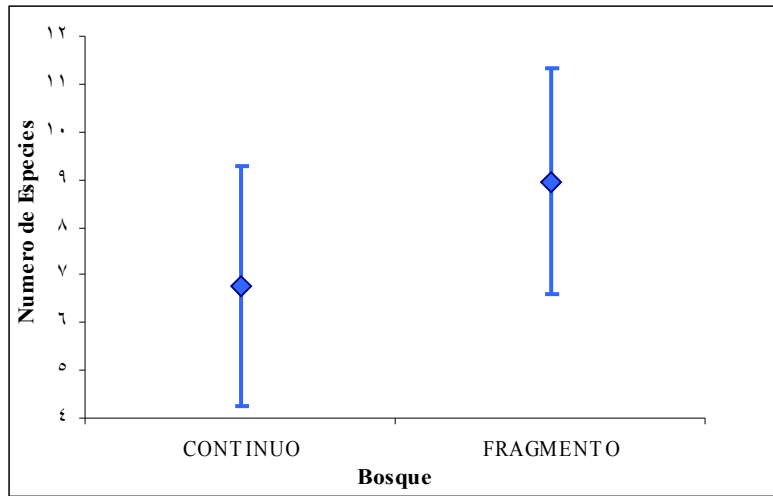


Figura 17. Riqueza de especies de plantas visitadas por *Helianthus exortis*, en las láminas de polen al comparar áreas continuas y fragmentos de bosque andino. Los puntos indican los valores promedios de la simulación de Monte Carlo con 1000 iteraciones con N= 16. Las barras indican los intervalos de confianza del 95% del promedio.

En la dieta floral de *H. exortis* el número total de especies de plantas visitadas en cada uno de los cuatro bosques fue, para C1 (4) especies, C2 (12), para F1 (9) especies y F2 (8) especies de plantas visitadas. Del número total de las especies de plantas reportadas en la dieta floral de *H. exortis* a partir de las láminas de polen, se encontró 1 especie de planta exclusiva en C1 y 4 especies exclusivas en C2, 4 especies exclusivas en F1 y 2 especies en F2 (Figura 18 A y B). Mientras que no se encontraron especies compartidas para *H. exortis* entre C1 y C2 (Figura 18 A) y entre los dos fragmentos F1 y F2 (Figura 18 B). Al combinar las dos áreas de bosque continuo y los dos fragmentos, se encontraron 8 especies de plantas compartidas, 5 especies fueron exclusivas para las áreas continuas y 6 especies exclusivas en los fragmentos de bosque (Figura 18 C).

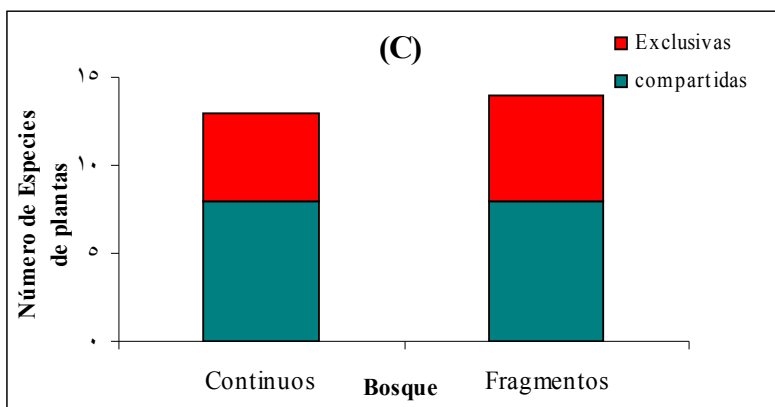
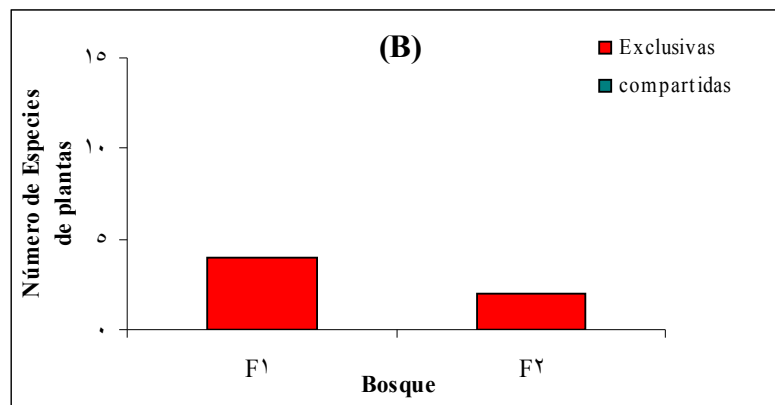
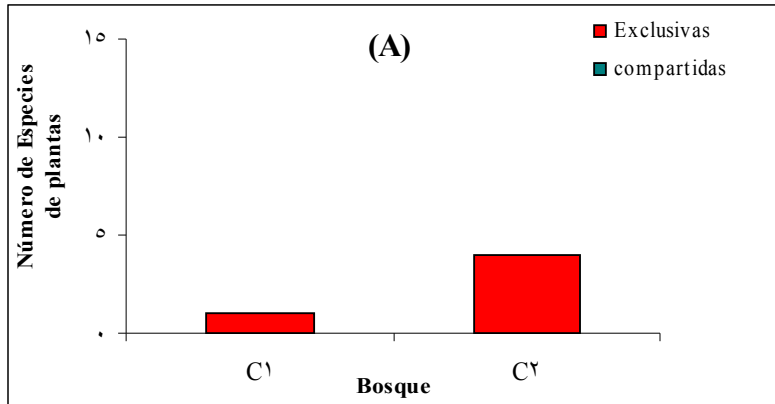


Figura 18. Número de especies de plantas exclusivas y compartidas visitadas por *H. exortis*. (A) entre C1: San Cayetano y C2: La Selva y (B) entre F1: El Silencio y F2: Miralejos, (C) entre fragmentos y continuos.

6.3.3 INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS IVIP DE LA DIETA FLORAL DE *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis*.

Las especies de plantas más importantes en la dieta floral de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis*, a partir de las láminas de polen, al combinar los cuatro bosques fueron, una especie de la familia Ericaceae Indet. sp.1 (IVIP=0.26), una especie de la familia Euphorbiaceae Indet. sp.1 (IVIP = 0.14), *Bomarea* sp. (IVIP = 0.11) y *Fuchsia* sp. (IVIP = 0.10) (Anexo 7).

Por otra parte, a partir de las visitas/minuto las especies de plantas más importantes para las dos especies de colibríes fueron, *Palicourea angustifolia* (IVIP = 0.26), *Fuchsia boliviana* (IVIP = 0.24) y una especie de la familia Verbenaceae Indet. sp.2 (IVIP = 0.19) (Anexo 8).

6.3.3.1 IVIP *Coeligena bonapartei* Láminas

Al combinar las especies reportadas en los cuatro bosques la especie más importante para *C. bonapartei* fue una especie de la familia Ericaceae indet. sp.1 (IVIP = 0.26). Para cada uno de los cuatro sitios de estudio las especies de plantas más importantes según el IVIP fueron similares, donde las principales especies fueron una especie de la familia Ericaceae indet. sp.1, *Fuchsia* sp., una especie de la familia Euphorbiaceae indet. sp.1 y *Bomarea* sp. (Tabla 2). Aunque los valores para estas especies de plantas entre los bosques variaron un poco, siempre fueron los valores más altos en la dieta floral de *C. bonapartei* a partir de las láminas de polen (Tabla 2). Al combinar los datos de las especies de plantas visitadas en los dos fragmentos y los bosques continuos, la especie de planta más importante siguió siendo la especie de la familia Ericaceae indet. sp.1, sin embargo se observaron cambios en los valores de las otras cuatro especies más comunes, donde *Bomarea* sp. perdió importancia especialmente en los fragmentos (Tabla 2).

Tabla 2. IVIP de las especies de plantas de la dieta floral de *C. bonapartei* a partir de las láminas de polen. C1:San Cayetano, C2: La Selva, F1: El Silencio y F2: Miralejos. En itálica y negrilla las especies con IVIP \geq a 0.1.

FAMILIA	ESPECIE	IVIP C1	IVIP C2	IVIP F1	IVIP F2	IVIP CONTINUOS	IVIP FRAGMENTOS
Amaryllidaceae	<i>Bomarea</i> sp.	0.1000	0.1707	0.0784	0.0976	0.1496	0.0902
Asteraceae	<i>Mutisia</i> cf. <i>clematis</i>	0.0143	0.0061	0.0000	0.0244	0.0085	0.0150
Asteraceae cf.	sp.	0.0000	0.0061	0.0000	0.0000	0.0043	0.0000
Bromeliaceae	<i>Bromelia</i> sp.1	0.0571	0.0610	0.0588	0.0488	0.0598	0.0526
	<i>Bromelia</i> sp.2	0.0143	0.0183	0.0000	0.0000	0.0171	0.0000
Campanulaceae	<i>Centropogon</i> sp.	0.0000	0.0061	0.0000	0.0122	0.0043	0.0075
Ericaceae	sp.1	0.2286	0.2805	0.2549	0.2561	0.2650	0.2556
	sp.2	0.0286	0.0488	0.0980	0.0244	0.0427	0.0526
	sp.3	0.0143	0.0244	0.0196	0.0000	0.0214	0.0075
Euphorbiaceae	<i>Alchornea</i> sp.	0.0286	0.0061	0.0196	0.0244	0.0128	0.0226
	sp.1	0.1857	0.1037	0.1176	0.2439	0.1282	0.1955
	sp.2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0122	0.0000	0.0075
Fabaceae	cf. <i>Erythrina</i> sp.	0.0000	0.0000	0.0000	0.0244	0.0000	0.0150
Gentianaceae	<i>Macrocarpea</i> sp.	0.0000	0.0671	0.0000	0.0000	0.0470	0.0000
Gesneriaceae	<i>Campanaeae</i> sp.	0.0000	0.0122	0.0196	0.0000	0.0085	0.0075
	<i>Columnea</i> sp.1	0.0000	0.0061	0.0000	0.0000	0.0043	0.0000
Labiatae	sp.	0.0143	0.0366	0.0392	0.0854	0.0299	0.0677
Loasaceae	sp.	0.0000	0.0000	0.0000	0.0122	0.0000	0.0075
Lythraceae	<i>Cuphea dipetala</i>	0.0000	0.0000	0.0784	0.0000	0.0000	0.0301
Onagraceae	<i>Fuchsia</i> sp.	0.2429	0.0732	0.1569	0.0732	0.1239	0.1053
Papilionaceae	sp.	0.0000	0.0183	0.0196	0.0366	0.0128	0.0301
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.	0.0000	0.0061	0.0000	0.0000	0.0043	0.0000
Rubiaceae	<i>Ladenbergia</i> sp.	0.0000	0.0061	0.0000	0.0000	0.0043	0.0000
	<i>Palicourea</i> sp.	0.0000	0.0061	0.0196	0.0122	0.0043	0.0150
Sapindaceae	<i>Dodonaea</i> sp.	0.0429	0.0000	0.0000	0.0000	0.0128	0.0000
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0000
	sp.	0.0000	0.0061	0.0196	0.0122	0.0043	0.0150
Indet.	sp. 3	0.0000	0.0061	0.0000	0.0000	0.0043	0.0000
	sp. 4	0.0000	0.0061	0.0000	0.0000	0.0043	0.0000
	sp. 6	0.0143	0.0122	0.0000	0.0000	0.0128	0.0000
	sp. 7	0.0000	0.0061	0.0000	0.0000	0.0043	0.0000

6.3.3.2 IVIP *Coeligena bonapartei* Observaciones (visitas/minutos)

Al combinar las observaciones en los cuatro bosques para *C. bonapartei*, la especie de planta más importante fue *Fuchsia boliviana*, (IVIP = 0.38). Las especies más importantes entre los cuatro sitios fueron diferentes, una especie de la familia Verbenaceae (indet. sp.1) y *Palicourea angustifolia* en C1, *Macrocarpea* sp., *Fuchsia boliviana* y *Bromelia* sp.1 en C2, *Fuchsia boliviana*, y *Passiflora mollissima* en F1 y *Bromelia* sp.2, una especie de la familia Verbenaceae Indet. sp.1) y *Columnea* sp. en F2 (Tabla 3). Al combinar los datos de los dos tipos de bosque las especies más importantes fueron diferentes, mientras que para

las áreas continuas una especie de la familia Verbenaceae (indet. sp.1) y *Palicourea angustifolia* fueron las más importantes, para los fragmentos *Fuchsia boliviana*, *Bromelia* sp.2 y *Passiflora mollissima* fueron las especies que presentaron los valores más altos (Tabla 3).

Tabla 3. IVIP de las especies de plantas de la dieta floral de *C. bonapartei* a partir del número de visitas en las observaciones. C1:San Cayetano, C2:La Selva, F1:El Silencio y F2:Miralejos. En Itálica y negrilla las especies con el mayor IVIP \geq a 0.1.

FAMILIA	ESPECIE	IVIP	IVIP	IVIP	IVIP	IVIP	IVIP
		C1	C2	F1	F2	CONTINUOS	FRAGMENTOS
Amaryllidaceae	<i>Bomarea</i> cf. <i>caldassi</i>	0.0230	0.0181	0.0050	0.0000	0.0091	0.0039
Asteraceae	<i>Mutisia</i> cf. <i>clematis</i>	0.0145	0.0000	0.0000	0.0000	0.0143	0.0000
Bromeliaceae	<i>Bromelia</i> sp.1	0.0009	0.2189	0.0000	0.0083	0.0018	0.0017
	<i>Bromelia</i> sp.2	0.0000	0.0000	0.0000	0.5606	0.0000	0.1178
Ericaceae	<i>Cavendishia</i> sp.1	0.0000	0.0288	0.0000	0.0246	0.0072	0.0052
Gentianaceae	<i>Macrocarpea</i> sp.	0.0000	0.4377	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gesneriaceae	<i>Columnnea</i> sp.1	0.0000	0.0000	0.0000	0.1869	0.0000	0.0393
Lythraceae	<i>Cuphea dipetala</i>	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000	0.0007
Onagraceae	<i>Fuchsia boliviana</i>	0.0233	0.2845	0.8451	0.0000	0.0348	0.6675
Passifloraceae	<i>Passiflora mollissima</i>	0.0000	0.0000	0.1491	0.0000	0.0000	0.1178
Rubiaceae	<i>Palicourea angustifolia</i>	0.0000	0.0120	0.0000	0.0000	0.0030	0.0000
	<i>Palicourea</i> sp.1	0.1104	0.0000	0.0000	0.0000	0.1094	0.0000
Verbenaceae	sp.1	0.0000	0.0000	0.0000	0.2196	0.0000	0.0461
	sp.2	0.8280	0.0000	0.0000	0.0000	0.8204	0.0000

6.3.3.3 IVIP *Heliangelus exortis* Láminas

Al combinar las especies reportadas en los cuatro bosques la especie más importante para *H. exortis* fue una especie de la familia Ericaceae indet. sp.1 (IVIP = 0.27). Para cada uno de los cuatro sitios de estudio, las especies de plantas según el IVIP más importantes fueron *Alchornea* sp. (C1 y F2), *Palicourea* sp. (C1 y F1), dos especies de la familia Euphorbiaceae indet. sp.1 (F1) y indet. sp.2 (C1), dos especies de la familia Ericaceae indet. sp.1 (C1y C2), indet. sp.2 (C2 y F2), *Dodonaea* sp. (F1) y *Bromelia* sp.1(C2) (Tabla 4). Al combinar los datos de las especies de plantas visitadas en las dos áreas continuas y los dos fragmentos de bosque, las especies con los mayores valores fueron las mismas pero se observaron cambios entre estas. Las especies como *Palicourea* sp. y una especie de la familia Ericaceae indet. sp.2 registraron valores elevados en los dos tipos de bosque (Tabla 4). Otra especie de la familia Ericaceae indet. sp.1 fue la especie de planta más importante

en las áreas continuas en la dieta de *H. exortis*, mientras que en los fragmentos de bosque la especie más importante fue *Palicourea* sp. (Tabla 4).

Tabla 4. IVIP de las especies de plantas de la dieta floral de *H. exortis* a partir de las láminas de polen. C1:San Cayetano, C2:La Selva, F1:El Silencio y F2:Miralejos. En itálica y negrilla la especie de planta con el IVIP \geq a 0.1.

FAMILIA	ESPECIE	IVIP C1	IVIP C2	IVIP F1	IVIP F2	IVIP CONTINUOS	IVIP FRAGMENTOS
Amaryllidaceae	<i>Bomarea</i> sp.	0.0000	0.0204	0.0000	0.1000	0.0182	0.0357
Asteraceae	cf. sp.	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	0.0000	0.0357
Bromeliaceae	<i>Bromelia</i> sp.1	0.0000	0.1224	0.0000	0.0000	0.1091	0.0000
	<i>Bromelia</i> sp.2	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	0.0000	0.0357
Ericaceae	sp.1	0.1667	0.4082	0.0000	0.1000	0.3818	0.0357
	sp.2	0.0000	0.1429	0.0556	0.3000	0.1273	0.1429
	sp.3	0.0000	0.0204	0.0000	0.0000	0.0182	0.0000
Euphorbiaceae	<i>Alchornea</i> sp.	0.3333	0.0204	0.0556	0.1000	0.0545	0.0714
	sp.1	0.0000	0.0000	0.2778	0.0000	0.0000	0.1786
	sp.2	0.1667	0.0000	0.0000	0.0000	0.0182	0.0000
Fabaceae	cf. <i>Erythrina</i> sp.	0.0000	0.0000	0.0556	0.0000	0.0000	0.0357
Lythraceae	<i>Cuphea dipetala</i>	0.0000	0.0204	0.0556	0.0000	0.0182	0.0357
Myrtaceae	sp.	0.0000	0.0000	0.0556	0.0000	0.0000	0.0357
Papilionaceae	sp.	0.0000	0.0204	0.0000	0.0000	0.0182	0.0000
Rubiaceae	<i>Palicourea</i> sp.	0.3333	0.1224	0.2778	0.1000	0.1455	0.2143
Sapindaceae	<i>Dodonaea</i> sp.	0.0000	0.0204	0.1111	0.0000	0.0182	0.0714
Indet.	sp.10	0.0000	0.0408	0.0000	0.0000	0.0364	0.0000
	sp.6	0.0000	0.0408	0.0000	0.1000	0.0364	0.0357
	sp.8	0.0000	0.0000	0.0556	0.0000	0.0000	0.0357

6.3.3.4 IVIP *Heliangelus exortis* Observaciones (visitas/minutos)

También se calculó el IVIP de la dieta floral de *H. exortis* a partir de las visitas/minutos en las observaciones; la especie más importante fue *Palicourea angustifolia* (0.58) en todos los bosques de estudio. En cada uno de los cuatro bosques, las especies más importantes fueron. *Palicourea angustifolia* (C1,F1 y F2), *Palicourea* sp.1(C2,F1 y F2), *Cavendishia* sp.1 (C2) y aunque los valores variaron entre sí (Tabla 5). Al combinar los datos de las dos áreas de bosque continuo y los dos fragmentos, las especies más importantes en los dos tipos de bosque fueron, *Cavendishia* sp.2, *Palicourea* sp.1, *Palicourea angustifolia*, una especie de la familia Cariofiliceae sp.1 y *Clusia* cf. *grandiflora* (Tabla 5). Tres de las especies más importantes solo aparecieron en un tipo de bosque (Tabla 5).

Tabla 5. IVIP de las especies de plantas de la dieta floral de *H. exortis* a partir del número de visitas en las observaciones. C1:San Cayetano, C2:La Selva, F1:El Silencio y F2:Miralejos. En cursiva y negrilla la especie de planta con el IVIP \geq a 0.1.

FAMILIA	ESPECIE	IVIP C1	IVIP C2	IVIP F1	IVIP F2	IVIP CONTINUOS	IVIP FRAGMENTOS
Campanulaceae	<i>Centropogon</i> cf. <i>latisepalus</i>	0.0000	0.0039	0.0343	0.0000	0.0019	0.0148
Cariofiliceae	sp.1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0256	0.0000	0.1732
Clusiaceae	<i>Clusia</i> cf. <i>grandiflora</i>	0.0830	0.0000	0.0000	0.0000	0.1113	0.0000
Ericaceae	<i>Cavendishia</i> sp.1	0.0000	0.1979	0.0000	0.0088	0.0939	0.0594
	<i>Cavendishia</i> sp.2	0.4149	0.0000	0.0000	0.0000	0.5564	0.0000
Onagraceae	<i>Fuchsia boliviana</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0110	0.0000	0.0742
Passifloraceae	<i>Passiflora mollissima</i>	0.0000	0.0078	0.0000	0.0000	0.0037	0.0000
Rubiaceae	<i>Palicourea angustifolia</i>	0.4979	0.0624	0.2447	0.8230	0.0363	0.3139
	<i>Palicourea</i> sp.1	0.0041	0.7280	0.7209	0.1317	0.1966	0.3644

6.3.4 AMPLITUD DE LA DIETA FLORAL DE *Coeligona bonapartei*

6.3.4.1 Láminas

La amplitud de la dieta total para los cuatro bosques de estudio para *C. bonapartei* fue de (B = 7.59), mientras que su índice de equiprobabilidad fue de 0.24. Mientras que para cada uno de los cuatro bosques la amplitud de dieta fue mayor para *C. bonapartei* en F1 (B= 7.54), seguido de C2, F2 y por último C1 (B= 6.11) (Tabla 6), sin embargo no se encontraron diferencias significativas en la amplitud de la dieta floral de *C. bonapartei* entre los cuatro bosques. Al combinar los datos de los bosques continuos y los fragmentos la amplitud de la dieta fue similar aunque ligeramente mayor en los fragmentos de bosque (B =7.43). Sin embargo *C. bonapartei* presentó valores similares en su amplitud de dieta floral (B), tanto en las áreas de bosque continuo, como en los fragmentos, pues visitó un gran número de especies de flores en los dos tipos de bosques. De igual forma el índice de equiprobabilidad, sugiere que *C. bonapartei* fue más generalista en los fragmentos de bosque que en las áreas de bosque continuos Andino (Tabla 6). A pesar de esto no se encontraron diferencias significativas en la amplitud de la dieta floral entre las áreas continuas y los fragmentos de bosque (Tabla 6).

Tabla 6. Índice de Levins de Amplitud de dieta e Índice de Equiprobabilidad a partir de las láminas de polen de *Coeligena bonapartei* en C1:San Cayetano, C2: La Selva, F1:El Silencio y F2:Miralejos. Los intervalos de confianza se calcularon con un remuestreo por bootstrap de 1000 iteraciones N = 31.

BOSQUE	LEVINS	IC INF.(-) B	IC SUP.(+) B	Índice de Equiprobabilidad
C1	6.11	3.16	44.93	0.44
C2	7.25	4.16	40.95	0.29
F1	7.54	4.09	26.68	0.54
F2	6.49	3.60	38.64	0.41
CONTINUOS	7.33	4.01	32.78	0.28
FRAGMENTOS	7.43	4.12	33.31	0.39

6.3.4.2 Observaciones

Para las observaciones el índice de amplitud de dieta para *C. bonapartei* presentó un valor general de (B = 4.75) y un índice de equiprobabilidad de 0.34. Para los cuatro sitios mostró valores muy similares y la mayor amplitud de dieta se registró en C2 (B = 4.03), seguido por F1, F2 y por ultimo C1 (B = 1.93), aunque no se encontraron diferencias significativas entre los cuatro bosques. Al combinar los datos de los dos bosques continuos y los dos fragmentos, la amplitud de dieta y el índice de equiprobabilidad para *C. bonapartei* fueron mayores en los fragmentos lo que sugiere que fue ligeramente más generalista en estos (Tabla 7). Sin embargo no se encontraron diferencias significativas en la amplitud de la dieta floral (B) entre las áreas continuas y los fragmentos de bosque (Tabla 7).

Tabla 7. Índice de Levins de Amplitud de dieta e Índice de Equiprobabilidad para las observaciones de visitas *Coeligena bonapartei* en C1:San Cayetano, C2: La Selva, F1:El Silencio y F2:Miralejos. Los intervalos de confianza se calcularon con un remuestreo por el método de bootstrap con 1000 iteraciones con un N= 14 .

BOSQUE	LEVINS	IC INF.(-) B	IC SUP.(+) B	Índice de Equiprobabilidad
C1	1.93	1.26	482.07	0.32
C2	4.03	2.29	30.54	0.67
F1	4.00	1.71	12.00	1.00
F2	3.86	2.13	36.64	0.77
CONTINUOS	3.64	2.23	54.44	0.40
FRAGMENTOS	6.76	3.38	17.38	0.75

6.3.5 AMPLITUD DE LA DIETA DE *Heliangelus exortis*

6.3.5.1 Láminas

La amplitud de dieta total en los cuatro bosques de estudio para *H. exortis* fue ($B = 7.45$) y presentó un índice de equiprobabilidad de 0.39. Para cada uno de los cuatro bosques la amplitud de dieta de *H. exortis* fue mayor en F2 ($B = 6.25$), seguido de F1, C2 y por último C1 ($B = 3.60$) (Tabla 8). Al combinar los datos de las dos áreas de bosque continuo y los dos fragmentos, *H. exortis* presentó el mayor índice de amplitud de dieta en los fragmentos ($B = 8.34$) así como el mayor índice de equiprobabilidad (0.60). Esto sugiere que *H. exortis* fue más generalista en los fragmentos de bosque que en las áreas de bosque continuos (Tabla 8). Sin embargo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la amplitud de la dieta de *H. exortis* entre los cuatro bosques y al comparar los datos de las áreas de bosque continuo con los fragmentos.

Tabla 8. Índice de Levins de Amplitud de dieta e Índice de Equiprobabilidad para *Heliangelus exortis* en los registros de Polen. C1: San Cayetano, C2: La Selva, F1: El Silencio y F2: Miralejos. Los intervalos de confianza fueron calculados con un remuestreo por el método de Bootstrap de 1000 iteraciones con $N=19$.

BOSQUE	LEVINS	IC INF.(-) B	IC SUP.(+) B	Índice de Equiprobabilidad
C1	3.60	1.96	32.40	0.90
C2	4.49	2.71	39.98	0.37
F1	5.40	2.93	40.89	0.60
F2	6.25	3.39	13.75	0.78
CONTINUO	4.93	2.98	31.08	0.38
FRAGMENTO	8.34	4.17	21.81	0.60

6.3.5.2 Observaciones

La amplitud de dieta total para *H. exortis* en los cuatro bosques fue ($B = 3.8$), mientras que el índice de equiprobabilidad fue de 0.42. Para las observaciones se obtuvieron resultados similares a los encontrados en las láminas. *H. exortis* mostró el mayor índice de amplitud de dieta fue para C1 ($B = 4.0$), seguido por F2, C2 y por último F1 ($B = 2.27$). Sin embargo, *H. exortis* obtuvo el mayor índice en la amplitud de dieta floral en los fragmentos ($B = 3.57$); al combinar los datos de los dos bosques continuos y los dos fragmentos. Los valores de la amplitud de dieta y el índice de equiprobabilidad fueron ligeramente más elevados en los fragmentos, lo que sugiere que *H. exortis* fue más generalista en los fragmentos que en los bosques continuos (Tabla 9). A pesar de esto no

se encontraron diferencias significativas en la amplitud de la dieta floral de *H. exortis* entre las cuatro áreas de bosque andino y al comparar los fragmentos de bosque, con las áreas continuas (Tabla 9).

Tabla 9. Índice de Levins de Amplitud de dieta e Índice de Equiprobabilidad para las observaciones de visitas de *Heliangelus exortis* en las observaciones. C1: San Cayetano, C2: La Selva, F1: El Silencio y F2: Miralejos. Los intervalos de confianza del 95% fueron calculados con un remuestreo por el método de Bootstrap de 1000 iteraciones con N = 9.

BOSQUES	LEVINS	IC INF.(-) B	IC SUP.(+) B	Índice de Equiprobabilidad
C1	4.00	1.71	12.00	1.00
C2	2.82	1.67	54.78	0.56
F1	2.27	1.41	22.73	0.76
F2	3.85	2.15	21.15	0.77
CONTINUO	3.19	1.86	94.81	0.46
FRAGMENTO	3.57	2.17	24.55	0.60

6.3.6 SOBREPONICION DE LA DIETA FLORAL DE *Coeligena bonapartei* Y *Heliangelus exortis*

La sobreposición de la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* con el índice de Czechanowski, indica que tan sobrepuesta esta la dieta floral de las dos especies a partir de las especies de plantas, reportadas en las láminas de polen y de las observaciones (visitas/minuto).

6.3.6.1 Láminas

El valor de sobreposición de la dieta floral a partir de los registros de las láminas de polen, entre las dos especies de colibríes fue de 0.54; las dos especies comparten el 54% de la dieta floral al combinar las cuatro áreas de bosque andino. Entre los dos tipos de bosque al comparar la sobreposición de la dieta floral, el valor más alto se presentó en las áreas de bosque continuo (0.460) (Tabla 10).

Tabla 10. Índice de sobreposición de dieta de Czechanowiski calculado a partir de las láminas de polen. Por encima de la diagonal áreas de bosque continuo, por debajo de la diagonal los fragmentos de bosque Andino.

Tipo de Bosque		<i>C. bonapartei</i>	<i>H. exortis</i>
Continuos	<i>C. bonapartei</i>		0.460
Fragmentos	<i>H. exortis</i>	0.380	

6.3.6.2 Observaciones (visitas/minuto)

El valor de sobreposición de la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* a partir del número de visitas /minutos fue de 0.12 al combinar los cuatro bosques. Esto quiere decir que un 12% de la dieta fue compartida entre las dos especies por este método. Al comparar la sobreposición de la dieta floral entre los dos tipos de bosque, el valor más alto se presentó en las áreas continuas (0.034) (Tabla 11).

Tabla 11. Índice de sobreposición de dieta de Czechanowiski calculado a partir de las observaciones de las visitas/minutos en campo. Por encima de la diagonal áreas de bosque continuo, por debajo de la diagonal los fragmentos de bosque Andino.

Tipo de Bosque		<i>C. bonapartei</i>	<i>H. exortis</i>
Continuos	<i>C. bonapartei</i>		0.034
Fragmentos	<i>H. exortis</i>	0.006	

6.3.7 CORRELACION ENTRE LA DIETA FLORAL Y LA ABUNDANCIA DE FLORES PARA *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis*.

En general, las especies de plantas de la dieta de los colibríes tuvieron bajos números de flores. Las especies de plantas más comunes como *Palicourea angustifolia*, *Fuchsia* sp. y en general las especies de la familia Ericaceae, fueron las más abundantes en los cuatro bosques estudiados (Anexos 9 y 10).

Para analizar la abundancia de flores de los cuatro sitios de estudio y la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* se realizaron correlaciones primero: entre (el número de láminas, el número de visitas y el número de registros), por parte de la especie de colibrí y (el número

de flores y el número de registros de flores). Estas correlaciones se hicieron para la combinación de los cuatro bosques, para las áreas continuas – interior de fragmentos y para los bordes de los fragmentos. En el análisis no se utilizó el número total de especies reportadas en la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis*, sino que se realizaron las correlaciones de las especies que tuvieron registros en los censos de flores (Correa 1999). Los cálculos fueron realizados por medio del índice de correlación de Spearman en el programa JMP de SAS.

6.3.7.1 Correlación de Spearman Para La Dieta Floral de *Coeligena bonapartei*.

No se encontraron correlaciones significativas entre las especies de la dieta floral de *C. bonapartei* a partir del número de láminas, el número de visitas y el número de registros por parte del colibrí y el número de flores y los registros de estas flores (Tabla 12) (Anexo 11). De la misma manera no se encontró una correlación significativa entre las diferentes variables de la dieta floral de *C. bonapartei* y la abundancia de las flores en el interior de bosques continuos – el interior de fragmentos (Anexo 12) y en el borde de los fragmentos (Tabla 12) (Anexo 13). Sin embargo se observó una correlación, con un valor cercano a $P=0.05$ entre el número de láminas y el número de flores ($r_s = 0.2550$, $P = 0.0872$ $N = 14$) que con los registros de las flores ($r_s = 0.0973$, $P = 0.5202$ $N = 14$) (Tabla 12) (Anexo 11).

De acuerdo con esto *C. bonapartei* no estaría visitando las especies de plantas en su dieta floral de acuerdo a la abundancia de las especies de plantas encontradas (al combinar los cuatro bosques y en los dos tipos de bosque áreas continuas –interior fragmentos y borde fragmentos) (Anexo 11, 12 y 13).

Tabla 12. Correlación de Spearman para los datos combinados de todos los bosques, áreas de bosque continuo – fragmentos interior y fragmentos borde, para la dieta floral de *C. bonapartei*. En negrilla los valores de r_s significativos. Variables para *C. bonapartei*. Número de láminas, Número de visitas a las flores y numero de registros de visitas. Variables para las plantas. Número de flores y Registros de las flores.

Tipo de Bosque	Variables	Número de Láminas	Número de Visitas	Número de Registros
TODOS	Número de Flores	0.2550 <i>P</i> = 0.0872 N=14	0.1264 <i>P</i> = 0.5215 N=10	0.2054 <i>P</i> = 0.3041 N=10
	Registros de Flores	0.0973 <i>P</i> = 0.5202 N=14	-0.3073 <i>P</i> = 0.1117 N=10	-0.1061 <i>P</i> = 0.6061 N=10
FRAGM-INT	Número de Flores	0.3403 <i>P</i> = 0.1037 N=10	0.2466 <i>P</i> = 0.4648 N=8	-0.0994 <i>P</i> = 0.7712 N=8
FRAGM BORDE	Número de Flores	0.3571 <i>P</i> = 0.4316 N=6	-0.3866 <i>P</i> = 0.3041 N=7	0.0825 <i>P</i> = 0.8461 N=7

6.3.7.2 Correlación de Spearman Para La Dieta Floral de *Heliangelus exortis*.

En general no se encontraron correlaciones significativas entre las especies de la dieta floral de *H. exortis* a partir de número de láminas, el número de visitas y el número de registros a las diferentes especies de flores por parte del colibrí y el número de flores y/o los registros de estas flores (Tabla 13) (Anexos 14 y 15). Al combinar los cuatro bosques se encontró una correlación significativa entre el número de láminas de polen de cada especie en la dieta de *H. exortis* y el número de flores de estas especies ($r_s = 0.6737$, $P = 0.0030$ N=5) (Tabla 13) (Anexo 14).

Tabla 13. Correlación de Spearman al combinar todos los bosques, áreas de bosque continuo – fragmentos interior y fragmentos borde, para la dieta floral de *H. exortis*. En negrilla los valores de r_s significativos. Variables para *H. exortis* Número de láminas, número de visitas a las flores y número de registros de las visitas. Variables para las plantas, número de flores y registros de flores.

Tipo de Bosque	Variables	Número de Láminas	Número de Visitas	Número de Registros
TODOS	Número de Flores	0.6737 <i>P</i> = 0.0030 N= 5	0.0595 <i>P</i> = 0.8090 N=6	0.0832 <i>P</i> = 0.7427 N=6
	Registros de Flores	0.7840 <i>P</i> = 0.0002 N= 5	0.1194 <i>P</i> = 0.6263 N=6	0.1499 <i>P</i> = 0.5526 N=6

Para *H. exortis* no se obtuvieron suficientes datos para realizar los análisis de correlación para los bordes de fragmentos. Sin embargo para los datos de áreas continuas - interior de fragmento no se observó ninguna correlación estadísticamente significativa entre el número de visitas a cada especie de flor y el número de flores ($r_s = 0.1637$ $P = 0.5931$ N= 4).

6.3.8 RELACION ENTRE LA DIETA FLORAL DE *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis* Y EL APORTE ENERGETICO DE LAS FLORES Y SU MORFOLOGIA.

Se realizó un análisis de correlación (Spearman) entre algunas especies de plantas de la dieta de *C. bonapartei* y *H. exortis* y los aportes energéticos de estas especies en los cuatro sitios de estudio. Las variables utilizadas fueron: número de laminas de polen, el número de visitas, el número de registros y su relación con la concentración promedio diario de néctar (gr de soluto/ gr de solución) en las flores de cada especie, el volumen (μl) y las calorías/ μl promedio aportadas por estas especies. Para el análisis, sólo se utilizaron las 16 especies de flores para las cuales se obtuvieron datos de concentración promedio diaria, volumen y calorías/ μl (Tabla 14).

Tabla 14. Valores promedio de concentración de néctar (gr. soluto/ gr. de solución), volumen diario promedio aportado y calorías/ μl diarias de las especies de plantas de los cuatro bosques.

Familia	Especies	Concentración	Volumen	Calorías/microl.
Amaryllidaceae	<i>Bomarea cf. caldassi.</i>	12.23	45.29	0.49
	<i>Bomarea sp.</i>	18.70	7.80	0.80
Asteraceae	<i>Mutisia cf. clematis</i>	17.73	46.62	0.76
Campanulaceae	<i>Centropogon cf. latisepalus</i>	10.84	11.35	0.45
	<i>Centropogon sp.</i>	9.75	12.18	0.39
Ericaceae	sp.1	17.96	25.04	0.76
	sp.2	17.77	25.88	0.71
	sp.3	14.93	18.56	0.62
Gentianaceae	<i>Macrocarpea sp.</i>	16.95	28.20	0.71
Gesneriaceae	<i>Columnnea sp.1</i>	20.20	27.49	0.85
Lythraceae	<i>Cuphea dipetala</i>	24.72	2.82	1.03
Onagraceae	<i>Fuchsia boliviana</i>	14.29	6.56	0.58
	<i>Fuchsia cf. colombiana</i>	20.02	11.17	0.85
Passifloraceae	<i>Passiflora sp.</i>	18.13	36.66	0.76
Rubiaceae	<i>Palicourea angustifolia</i>	15.15	19.52	0.62
	<i>Palicourea sp.</i>	9.09	18.01	0.36

Kearns & Inouve 1993. (equivalentes molares para las calorías/ μl).

Adicionalmente se analizó la correspondencia morfológica entre la longitud promedio del culmen total + la longitud de media lengua (\pm d.s.) de cada una de las especies de colibríes y la longitud promedio (\pm d.s.) del largo efectivo de la corola de cada flor. Se consideraron especies de plantas visitadas aquellas cuyas longitudes de corola fueron iguales que la longitud promedio del culmen total + media lengua (\pm d.s.). Las especies de plantas con

longitudes de corola mayores o inferiores se consideraron como flores fuera del rango específico de ajuste morfológico de visita del colibrí. Posteriormente se relacionó el número de visitas (representado por el número de láminas y por el número de visitas a cada especie de flor) con las longitudes de corola pertenecientes dentro del rango de visita o fuera de este.

Las concentraciones de las especies de plantas analizadas estuvieron entre 9.0 y 24.7(gr soluto/ml de solución), ninguna especie supero 25%, por otro lado los volúmenes promedio variaron un poco más, el valor mínimo registrado fue para *Cuphea dipetala* y el mayor volumen fue para *Mutisia* cf. *clematis* las dos especies de borde (Tabla 14). Las calorías aportadas por las especies de plantas estuvieron entre 0.36cal/ μ l de *Palicourea* sp. y 1.03 cal/ μ l de *Cuphea dipetala* (Tabla 14).

6.3.8.1 Relación Entre la Dieta Floral de *Coeligena bonapartei* y el Aporte Energético de las Plantas.

No se encontró correlación significativa entre la concentración promedio diario del néctar en cada especie de flor y el número de láminas de polen ($r_s = 0.1107$ $P = 0.6829$, $N = 16$) o el número de visitas a cada especie de flor ($r_s = -0.1663$ $P = 0.5380$, $N = 16$) (Anexo 16). Al combinar los datos de los cuatros sitios, no se encontró correlación significativa entre las calorías/ μ l aportadas por las especies de plantas y el número de láminas de polen ($r_s = 0.1388$ $P = 0.6081$, $N = 16$), o el número de visitas a cada especie de flor y las calorías/ μ l aportadas ($r_s = -0.1261$ $P = 0.6414$, $N = 16$) (Anexo 17).

Así mismo, no se encontró una correlación entre el volumen promedio diario aportado y el número de láminas de polen ($r_s = -0.1299$ $P = 0.6313$, $N = 16$) o el número de visitas a cada especie de flor ($r_s = 0.3931$ $P = 0.1318$, $N = 16$) (Anexo 18).

Esto sugiere que *C. bonapartei* no visitó las especies de plantas que se encontraban dentro de un rango de concentración aproximada de 20 – 25%, pues 14 de las 16 especies registraron concentraciones menores a esta. De igual forma esto sugiere que la dieta floral de *C. bonapartei* no está influenciada por las calorías diarias aportadas por las especies de plantas en la dieta o por ciertas cantidades de volumen de néctar diario aportado.

6.3.8.2 Relación Entre la Dieta Floral de *Heliangelus exortis* y el Aporte Energético de las Plantas.

Al combinar los datos de los cuatro bosques, no se encontró correlación significativa entre la concentración promedio diaria del néctar en cada una de las especies de flores y el número de láminas de polen de la dieta floral de *H. exortis* ($r_s = 0.0789$ $P = 0.8176$, $N = 11$) o, a del número de visitas a cada especie de flor en las observaciones ($r_s = -0.3637$ $P = 0.2714$, $N = 11$) (Anexo 19). De igual manera no se encontró una correlación significativa entre las calorías/ μ l aportadas por las especies de plantas y el número de láminas de polen ($r_s = 0.1009$ $P = 0.7677$, $N = 11$), así como tampoco se encontró una correlación entre las calorías/ μ l y el número de visitas a cada especie de flor en las observaciones ($r_s = -0.3420$ $P = 0.3032$, $N = 11$) (Anexo 20).

No se encontró una correlación significativa entre el volumen promedio diario aportado por las plantas y el número de láminas de polen ($r_s = 0.2227$ $P = 0.5102$, $N = 11$) o el número de visitas a cada especie de flor en las observaciones ($r_s = 0.1958$ $P = 0.5638$, $N = 11$) (Anexo 21).

Esto sugiere que la dieta floral de *H. exortis* no está influenciada por un rango de concentración del néctar 20 – 25% aunque 14 de las 16 especies analizadas del área de estudio registraron valores de concentración menores. Adicionalmente esto sugiere que la dieta de *H. exortis* no está influenciada por las calorías/ μ l diarias aportadas o por el volumen diario aportado por las especies de plantas en la dieta.

6.3.8.3 Relación del Culmen y Longitud de la Corola de las Flores en la Dieta Floral de *Coeligena bonapartei*.

Se analizó la correspondencia morfológica de la longitud de la corola efectiva de 16 especies potencialmente ornitófilas. De estas especies de plantas 8 cayeron dentro del rango de la longitud de culmen total más media lengua aproximadamente (\pm d.s.) para *C. bonapartei* (Anexo 22). Sin embargo 5 especies de plantas estuvieron por debajo del rango y 3 estuvieron por encima (Anexo 22).

Láminas

Se presentó un ligero aumento en el número promedio de láminas de las especies dentro del rango, con respecto a las láminas por fuera del rango (Figura 19). Sin embargo, debido a la tendencia de los datos no es claro que se presenten diferencias.

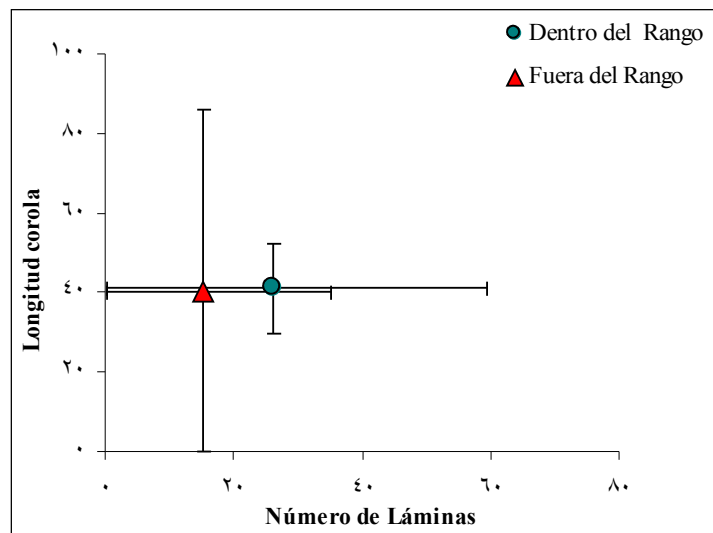


Figura 19. Relación de las especies de plantas dentro de la dieta floral de *C. bonapartei* a partir del número de laminas promedio y desviación estandar con la longitud de corola promedio y desviación estandar de las especies de plantas en los cuatro bosques de estudio. Circulo verde especies de plantas dentro del rango de longitud del culmen total promedio o por debajo de este (Visitadas), triangulo rojo especies de plantas fuera del rango (No visitadas) de la longitud promedio del culmen total de *C. bonapartei*.

Observaciones

Aunque el número de visitas promedio de las especies de plantas visitadas dentro del rango fue ligeramente mayor que el número de visitas promedio en las especies de plantas fuera del rango (Figura 20), la tendencia en los datos no muestra una clara diferencia.

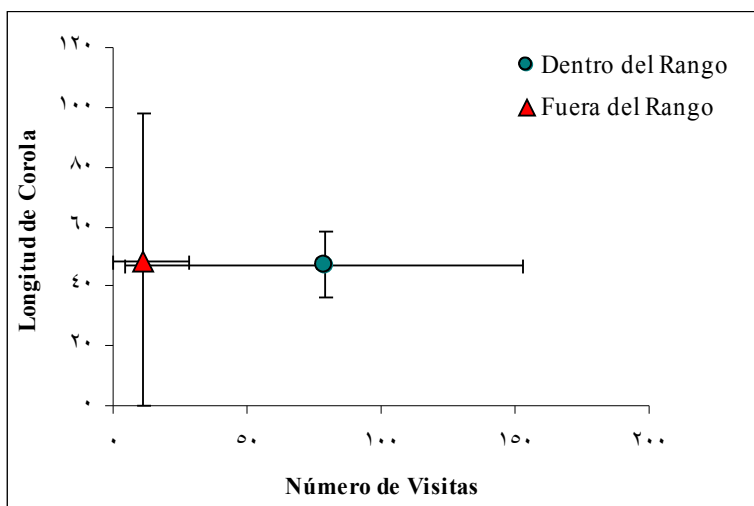


Figura 20. Relación de las especies de plantas dentro de la dieta floral de *C. bonapartei* a partir del número de visitas promedio y desviación estándar con la longitud de corola promedio y desviación estándar de las especies de plantas en los cuatro bosques de estudio. Círculo verde especies de plantas dentro del rango de longitud del culmen total promedio o por debajo de este (Visitadas), triángulo rojo especies de plantas fuera del rango de la longitud promedio del culmen total (No visitadas) de *C. bonapartei*.

6.3.8.4 Relación del Culmen y Longitud de la Corola de las Flores en la Dieta Floral de *Heliangelus exortis*.

Se analizó la correspondencia morfológica de la longitud de la corola efectiva de 16 especies de plantas potencialmente ornitófilas. De estas especies, 7 cayeron dentro del rango de la longitud de culmen total más media lengua aproximadamente (\pm d.s.) para *H. exortis* (Anexo 23). Especies de plantas como *Centropogon* sp.1, *Fuchsia boliviana*, y *Macrocarpea* sp. presentaron promedios de longitudes de corola mayores que el rango de la longitud del culmen total se consideraron como fuera del rango de visitas esperadas. (Anexo 23).

Láminas

Aunque se registró un mayor número promedio (9.42) de láminas en las especies de plantas dentro del rango de las especies visitadas, comparando con las especies de plantas que estuvieron fuera de este rango (2) (Figura 21); a pesar de la gran variación del número de visitas por parte de *H. exortis* a las especies de plantas dentro del rango no se obtuvieron suficientes datos para explicar una tendencia.

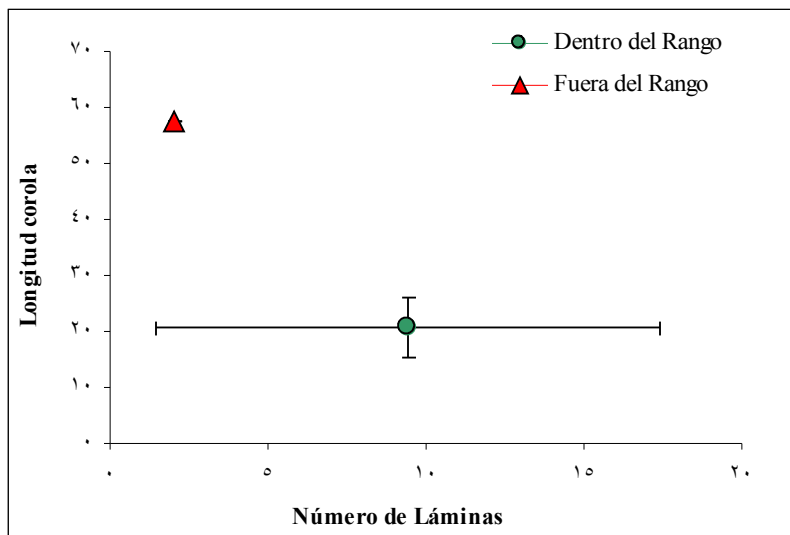


Figura 21. Relación de las especies de plantas dentro de la dieta floral de *H. exortis* a partir del número de laminas promedio y desviación estandar con la longitud de corola promedio y desviación estandar de las especies de plantas en los cuatro bosques de estudio. Circulo verde especies de plantas dentro del rango (Visitadas) de longitud del culmen total promedio o por debajo de este, triangulo rojo especies de plantas fuera del rango (No visitadas) de la longitud promedio del culmen total de *H. exortis*.

Observaciones

De manera similar, el número de visitas promedio de las especies de plantas que estuvieron dentro del rango (visitadas) fue mayor (98.0) que el número de visitas promedio de las especies de plantas fuera del rango de visitas (2.66), a pesar de la gran variación del número de visitas por parte de *H. exortis* a las especies de plantas dentro del rango no se obtuvieron suficientes datos para explicar una tendencia (Figura 22).

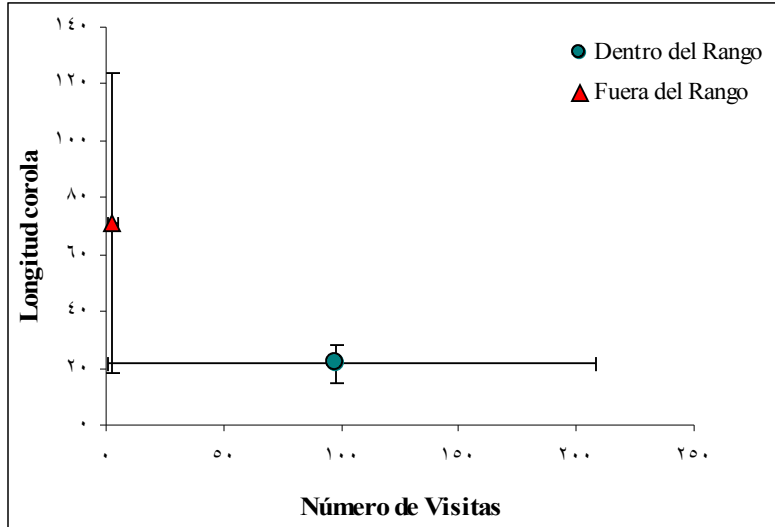


Figura 22. Relación de las especies de plantas dentro de la dieta floral de *H. exortis* a partir del número de visitas promedio y desviación estandar con la longitud de corola promedio y desviación estandar de las especies de plantas en los cuatro bosques de estudio. Circulo verde especies de plantas dentro del rango (Visitadas) de longitud del culmen total promedio o por debajo de este, triangulo rojo especies de plantas fuera del rango (No visitadas) de la longitud promedio del culmen total de *H. exortis*.

A pesar de haber observado una gran variación en el número de visitas de *H. exortis*, se pudo observar que esta especie visita más frecuentemente las especies de plantas que se ajustan mejor con su morfología y que las visitas a especies por fuera de este rango son muy ocasionales (Figuras 21 y 22).

6.4 CONSISTENCIA DE LOS METODOS PARA LA CARACTERIZACION DE LA DIETA FLORAL DE *Coeligena bonapartei* Y *Heliangelus exortis*.

En la caracterización de la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* se utilizaron dos tipos de metodologías, obtención de polen tomado directamente de cada uno de los individuos de colibríes y las observaciones de alimentación mediante el reporte visual de visitas a diferentes especies de plantas.

Para *C. bonapartei* de las 34 especies encontradas al estudiar las cuatro áreas de bosque andino, 11 especies fueron registradas por ambas metodologías. Las 23 especies restantes fueron registradas por alguno de los dos tipos de métodos (20 en las láminas de polen y 3 en las observaciones de visitas). Para *H. exortis* de las 28 especies de plantas registradas en

la dieta, 3 fueron encontradas en ambas metodologías y las 24 especies de plantas restantes se registraron en uno de los dos tipos de métodos, 16 especies en las láminas de polen y 6 especies en las observaciones de visitas.

De igual manera se comprobó una buena correlación entre el método de censo a partir del número de flores en cada uno de los cuatro bosques, y en el número de registros de las especies de flores en cada uno de los cuatro bosques ($r_s = 0.8349$ $P = 0.0001$).

En conclusión los dos tipos de metodologías fueron en general complementarias, pero no excluyentes. Se encontró una alta correlación entre el número de visitas a las diferentes especies de plantas y el número de registros a una especie de planta, es decir las visitas registradas como 1 evento de alimentación. En *C. bonapartei* se encontró una correlación significativa entre el número de visitas y el número de registros en las observaciones de alimentación en todos los bosques ($r_s = 0.8139$ $P = 0.0001$) y en *H. exortis* se encontró una correlación significativa entre el número de visitas y el número de registros en las observaciones ($r_s = 0.9245$ $P = 0.0001$).

7. DISCUSION

Los resultados más importantes de este trabajo se pueden resumir en: 1) la dieta floral de *C. bonapartei* comprendió 34 especies de plantas visitadas mientras que la de *H. exortis* comprendió 25 especies. 2) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la riqueza de especies de plantas visitadas y en la amplitud de la dieta floral de cada una de las especies de colibríes, al comparar las áreas continuas con los fragmentos de bosque y 3) la sobreposición de la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* siempre fue mayor en las áreas de bosque continuo que en los fragmentos, 4) para ninguna de las dos especies de colibríes se encontraron correlaciones significativas entre el número de láminas o el número de visitas a cada especie de flor y el número de flores o los registros de estas especies de flores (a excepción de un caso en *H. exortis*); 5) no se encontraron correlaciones significativas entre el volumen promedio aportado, la concentración de néctar promedio y las calorías/μl aportadas de las plantas y el número de láminas o el número de visitas a cada especie de flor para la dieta de las dos especies de colibríes, 6) la longitud de la corola de algunas de las especies de plantas visitadas por *C. bonapartei* y *H. exortis* correspondió a la morfología (longitud del culmen y media porción de la lengua) de las dos especies de colibríes y 7) Aunque se observó un ligero aumento en el número de visitas o del número de láminas promedio para las especies de plantas dentro del rango de visitas, respecto de las especies de plantas fuera del rango de visitas, los datos no muestran claras diferencias.

7.2 Composición de la dieta de las dos especies de colibríes

Algunas de las especies de plantas más importantes en la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* aunque varían entre los cuatro áreas de bosque, (las cuales en general se mantienen entre áreas) fueron una especie de la familia Ericaceae indet. sp.1, *Bomarea* sp. (Amaryllidaceae), *Fuchsia* sp.(Onagraceae), *Palicourea* sp. (Rubiaceae) una especie de la familia Ericaceae indet. sp.2 y *Dodonaea* sp.(Sapindaceae). Acevedo (1987) reportó especies de plantas similares para *C. bonapartei* y el genero *Heliangelus* (*H.*

amethysticollis) en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (2850 m.s.n.m.), al igual que Snow & Snow (1980) reportaron en el borde oriental de la cordillera oriental de los Andes de Colombia entre los 2300 y 2550m.s.n.m. familias de plantas similares para el genero *Coeligena* (*C. torquata*) y *H. amethysticollis*. Para el genero *Coeligena* y la especie *Coeligena bonapartei* las especies de las familias Ericaceae, Asteraceae, Gesneriaceae, Onagraceae, Passifloraceae, Rubiaceae y Gentianaceae fueron registradas y para el género *Heliangelus* se reportaron especies de la familia Ericaceae, Clusiaceae, Amaryllidaceae y Rubiaceae. Contrario a lo encontrado en este estudio, Acevedo (1987) registró un mayor número de especies de plantas para el genero *Heliangelus* (*H. amethysticollis*) (13), mientras que *C. bonapartei* visitó solo (7). Estas diferencias en los resultados de los dos estudios, pueden deberse a diferencias en la duración del muestreo; Acevedo muestreo 12 meses y el presente estudio duró 16 meses. Adicionalmente aunque en el estudio realizado por Acevedo se realizaron tanto capturas como observaciones, se obtuvieron en total 264 horas/red (528h/red con 6 metros) y un número indeterminado de observaciones en flores ornitófilas, mientras que para este estudio se obtuvieron un total de 29120 horas/red y 103 horas de observaciones. Por otra parte el registro de un mayor número de especies de plantas registradas por Acevedo (1987) para el género *Heliangelus* (*Heliangelus amethysticollis*) puede ser el reflejo de un número de capturas superior a las demás especies de colibríes como *Coeligena bonapartei* .

7.3 Comparación de los Efectos de la Perturbación Ambiental en la Riqueza, Amplitud y Sobreposición de la Dieta Floral de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis*

Uno de los principales interrogantes de este trabajo era determinar si existían diferencias en número de especies de plantas visitadas (en la dieta floral) por *C. bonapartei* y *H. exortis* entre dos áreas continuas y dos fragmentos de bosque andino, teniendo en cuenta la perturbación ambiental (fragmentación como proceso regional). Se esperaba que la fragmentación aumentará el número de especies de plantas visitadas por los colibríes en los fragmentos, especialmente al aumentar las especies de plantas en los bordes, que fueron propicias para la polinización por colibríes, lo cual podría hacer que la amplitud de la dieta

fuera mayor para este tipo de bosque. Es decir, los colibríes serían generalistas en los fragmentos de bosque a comparación de las áreas continuas y la sobreposición de la dieta de las dos especies sería mayor en los fragmentos que en las áreas continuas de bosque.

Aunque se esperaba encontrar diferencias en la riqueza, amplitud y sobreposición de la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis*, las diferencias encontradas no fueron estadísticamente significativas entre los fragmentos y las áreas continuas ni entre cada uno de los cuatro bosques, a pesar de que el número de especies de plantas visitadas no fue similar. La identidad de las especies de plantas más visitadas no siempre fue la misma en los cuatro áreas de bosque estudiados y a pesar de no mostrar diferencias significativas, *C. bonapartei* mostró en promedio un mayor número de especies visitadas en las dos áreas continuas, mientras que *H. exortis* registró en promedio un mayor número de especies de plantas en los dos fragmentos de bosque andino.

Este tipo de análisis de riqueza de especies no tiene en cuenta la identidad de las especies de plantas que los colibríes visitan, en los dos tipos de bosque. Para *C. bonapartei* las especies de plantas más importantes fueron casi siempre las mismas, aunque otras especies de plantas estuvieron presentes en un solo bosque o un tipo de bosque pero siempre en menor proporción. Por otra parte, *H. exortis* presentó una mayor variación en la identidad de las especies más importantes en su dieta floral en los dos tipos de bosque. Algunas especies solo estuvieron presentes en proporciones mayores a 0.1 en uno de los dos tipos de bosque estudiados. En otro tipo de disturbios Feinsinger, *et al.* (1987) en la reserva de Monteverde (Costa Rica) (bosque tropical montano bajo), no reportó diferencias significativas en la identidad o en el número de visitas efectivas a especies de plantas en tres tipos diferentes de disturbios naturales (claros por caída de árboles); mientras que para los disturbios antropogénicos (de una mayor magnitud), se creería que las interacciones pueden variar si se crean barreras al producirse grandes áreas de vegetación en crecimiento secundario o diferente del original (Feinsinger *et al.* 1987, Stiles 1975, Feinsinger 1978).

C. bonapartei visitó en promedio un mayor número de especies de plantas en las áreas de bosque continuo estudiados, donde el bosque continuo C2 (La Selva), presenta el mayor

número total de especies de plantas visitadas en la dieta de *C. bonapartei* (25 especies visitadas). Este bosque presenta características topográficas singulares, como pendientes escarpadas y crestas en las cuales se observaron especies típicas de borde o claros, como especies de la familia Ericaceae (Murcia 1987). En estas crestas se pueden presentar condiciones climáticas más adversas que en los bordes, donde las plantas pueden estar más expuestas a condiciones de radiación solar y viento mayores. Algunas especies de plantas polinizadas por colibríes como arbustos y hierbas de bordes se pueden presentar en este tipo de topografía o en claros o en sitios de regeneración, donde se puede encontrar una alta disponibilidad de luz y posiblemente nutrientes (Feinsinger 1990). Esto podría representar un aumento en recursos y posiblemente un aumento en la disponibilidad de especies de plantas visitadas por *C. bonapartei*.

Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas en el número de especies de plantas visitadas entre los dos tipos de bosque, la dieta floral de *H. exortis* presentó un aumento en el número promedio de especies de plantas visitadas en los fragmentos de bosque. Se ha sugerido que en los bordes de los fragmentos se podría encontrar especies de plantas ornitófilas con una morfología más simple y oportunista, con corolas rectas y cortas, que en este caso se ajustarían mejor con la morfología del pico de *H. exortis* (Feinsinger 1978; Linhart *et al.* 1987). Sin embargo, el mayor número total de especies de plantas visitadas por *H. exortis* también se presentó en C2 (12 especies de plantas). El reemplazo de especies de plantas visitadas por *H. exortis* entre los dos tipos de bosque, sugiere que la identidad de las especies puede ser muy importante al comparar entre áreas de bosque. Este tipo de comportamiento por parte de *H. exortis* podría reflejar algún tipo de comportamiento territorial sobre ciertas especies de plantas como en la familia Ericaceae (Acevedo 1987).

Algunas de las especies de plantas visitadas como algunas de la familia Ericaceae, se presentan en las crestas y poseen corolas cortas que se ajustan mejor con la morfología de *H. exortis*, esto no implica que *C. bonapartei* no las visite.

De igual manera, aunque no se encontraron diferencias significativas en la amplitud de la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* entre los dos tipos de bosque, ambos presentaron una mayor amplitud en la dieta floral en los fragmentos, así como un índice de equiprobabilidad mayor en estos, sugiriendo que las dos especies de colibríes fueron ligeramente más generalistas en los fragmentos que en las áreas de bosque continuo. Es necesario tener cuidado en la interpretación de estos resultados ya que las poblaciones de colibríes son altamente móviles y responden con flexibilidad a la disponibilidad de los recursos (Stouffer & Bierregard 1996). Es posible que tengan acceso a otros remanentes de bosque cercanos, ampliando así el número de especies de plantas que visitan (Feinsinger *et al.* 1988).

El aumento en el número de especies visitadas en las áreas continuas puede estar mediado por, la aparición de diferentes especies de plantas que se encuentran en claros y crestas en las áreas continuas y por esto no se evidencian diferencias significativas en la riqueza (número de especies de plantas visitadas) y la amplitud de dieta entre los dos tipos de bosque.

Aunque, la sobreposición de las especies de plantas en la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* en los cuatro bosques fue alta (0.54), cada especie visita especies de plantas exclusivas (18 y 7 respectivamente), lo cual podría permitir la coexistencia. La mayor sobreposición se presentó en las áreas continuas, sin embargo *C. bonapartei* visitó 16 especies de plantas exclusivas y *H. exortis* 5 especies exclusivas.

La similaridad en la composición de la dieta floral de estas dos especies, podría ser explicada por el número de especies que visitan y que comparten entre si *C. bonapartei* y *H. exortis* en los dos tipos de bosque. *C. bonapartei* visitó 34 especies de plantas (entre láminas de polen y observaciones), mientras que *H. exortis* visitó solo 25; de las cuales 18 especies de plantas visitadas por *H. exortis*, fueron visitadas también por *C. bonapartei*. De igual forma, también se puede sugerir que no se observa mayor sobreposición de la dieta en los fragmentos respecto a las áreas continuas, posiblemente porque en los fragmentos

los recursos no son limitantes (Nour *et. al* 1997). Aunque la abundancia de las especies de plantas exclusivas visitadas por *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis* fue escasa, las especies de plantas compartidas o comunes fueron muy abundantes, lo que podría explicar en parte un ligero aumento de la amplitud de la dieta en los fragmentos y a su vez que a pesar de haber reportado una sobreposición del 54% en la dieta de las dos especies, no habría una evidencia concreta de competencia entre ellas. Sin embargo las interacciones planta –animal podrían acoplarse gradualmente cuando se trata de disturbios antropogénicos intermedios (Feinsinger *et al.* 1987) o posiblemente cuando el disturbio lleva mucho tiempo, como en estos bosques (más de 50 años, Mendoza 1999).

A pesar de haber encontrado dietas similares en los dos tipos de bosque, algunas especies de plantas que fueron registradas en mayor proporción, pueden sugerir cierta preferencia por este tipo de recursos por parte de estas dos especies de colibríes. Posiblemente debido a que esto puede ser un reflejo de la abundancia de estas especies en los dos tipos de bosque. En la dieta de *C. bonapartei* las especies de plantas de las familias Ericaceae, Euphorbiaceae, Onagraceae, Amaryllidaceae y Asteraceae fueron altamente registradas de acuerdo a lo reportado por Acevedo (1987), a excepción de Euphorbiaceae. Por otra parte *H. exortis* registró cierta preferencia por las especies de plantas de las familias Ericaceae, Rubiaceae y Cariofiliceae, como lo reportado por Acevedo (1987) para el genero *Heliangelus* cuya principal fuente de recurso fueron las especies de las familias Ericaceae y Rubiaceae.

7.4 Correlación Entre La Abundancia De Flores y La Dieta Floral de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis*

Se esperaba encontrar una relación entre el “número de visitas” (número de visitas y número de láminas de polen) y la abundancia de las flores, en la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* ; esperaba que las especies de plantas con un mayor número de flores fueran más visitadas, al combinar los datos de los cuatro bosques y principalmente en los fragmentos de bosque andino, debido a que los efectos de la fragmentación los bordes tendrían un mayor número de flores disponibles. Sin embargo, no se encontraron

correlaciones significativas para *C. bonapartei* entre el número de láminas de polen, el número de visitas a cada especie de flor y el número de flores o registros de flores (frecuencia de aparición) de las flores visitadas, al combinar los cuatro bosques o al analizar las áreas continuas – interior de fragmentos Vs. los bordes de los fragmentos de bosque andino. Sin embargo, la densidad de flores ornitófilas fue casi 6 veces mayor en el borde que en el interior de los fragmentos (Ahumada 2001) lo que aumentaría las probabilidades de encuentro entre el colibrí y las flores en los bordes (Brody & Mitchell 1997). No haber encontrado correlación entre la dieta floral de *C. bonapartei* y la abundancia de flores puede ser efecto del bajo número de datos de las especies de plantas visitadas por los colibríes y su registro en los censos visuales de flores, efectuados por Correa (1999) y Ahumada (2001). Sin embargo es posible que exista una relación entre la dieta de *C. bonapartei* y *H. exortis* y la abundancia de las flores, la cual podría estar influenciada por la distribución espacial de las mismas en zonas específicas, como concentradas en claros al interior de las áreas de bosque continuo y en bordes (Stiles 1975, Feinsinger 1976) ya que *C. bonapartei* podría concentrar su actividad en estas zonas (obsv. pers).

Para *H. exortis* se encontró una correlación significativa entre el número de láminas de polen y el número de registros (frecuencia) visuales de las especies de flores que visitó, al combinar los cuatro bosques. Resultados similares fueron reportados en bosques de zonas bajas por Delgado (1999) y en áreas de montaña (Kunnin 1997 en Kearns *et al.* 1998, Feinsinger 1978 y Murcia 1987,1996) donde la densidad de flores así como su número afecta las visitas de las especies polinizadoras. Además, esta respuesta puede estar mediada por el comportamiento de explotación de los recursos que cada especie de colibrí tenga. Brody & Mitchell (1997) también reportaron que las especies de plantas con grandes despliegues florales tienen mayores posibilidades de ser visitadas, a pesar de que esta estrategia estaría beneficiando a las plantas y sobretodo a los colibríes, pues se limitarían a las especies con una mayor recompensa. Esta estrategia representaría un doble riesgo, un gasto extra de energía para la producción del néctar y por otra parte los colibríes podrían volverse sedentarios y disminuir el intercambio genético entre las plantas (Feinsinger & Colwell 1978, Feinsinger 1978). Sin embargo, no se obtuvieron suficientes datos para

realizar el análisis de correlación separando las áreas continuas – interior de fragmentos y los bordes de los fragmentos, para *H. exortis*. Feinsinger & Colwell (1978) sugirieron que para garantizar un mayor número de visitas a las especies de plantas se debería ofrecer una recompensa densamente agrupada en parches que por lo general son ricas en néctar como resultado de perturbaciones humanas, favoreciendo las visitas de los colibríes territoriales.

Aunque en este estudio no se tienen datos sobre la distribución de las flores, ésta pudo afectar la dieta floral o las preferencias alimentarias de *C. bonapartei* y *H. exortis*. Las flores pueden estar amplia y densamente distribuidas o formando parches localizados (Altringham 1996). Si el recurso está amplia y densamente distribuido, las probabilidades de encuentro entre el colibrí y la flor son mayores que si el recurso está en forma de parches localizados.

El no encontrar correlaciones en general de las especies de plantas, (tanto para *C. bonapartei* como para *H. exortis*) entre el número de visitas a cada especie de flor y la abundancia de estas, podría ser reflejo de un comportamiento específico de forrajeo. Mientras que *H. exortis* se estaría comportando como posible territorialista, debido a la longitud del pico y su tamaño corporal, los cuales exigen mayor demanda energética, *C. bonapartei* se comportaría como un colibrí rutero y no se restringiría a un grupo de flores.

Los polinizadores generalistas que forrajean de un amplio espectro de flores (a pesar de la reducción en la densidad de algunas especies de plantas) pueden recurrir a el reemplazo de algunas de las especies de plantas (Murcia 1996). De la misma forma, entre los dos tipos de bosque no se encontrarían correlaciones entre las variables, porque probablemente en los bosques andinos el aumento de ciertas especies de flores no influye en la dieta de los colibríes, debido a que las dos especies de colibríes son generalistas (oportunistas) y pueden suplir los requerimientos energéticos visitando muchas más especies de plantas disponibles.

7.5 Correlación Entre la Dieta Floral de *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis* y el Aporte Energético de las Flores y su Morfología.

Otro de los interrogantes de este trabajo era conocer como los diferentes aspectos energéticos de las plantas visitadas, afectarían las preferencias alimentarias de los colibríes en los cuatro bosques. Se esperaba entonces que tanto *C. bonapartei* como *H. exortis* visitarán más aquellas especies de plantas que tuvieran el néctar dentro del rango de concentración de sacarosa entre 20 – 25%g de soluto/g de solución en combinación con volúmenes altos. Además se esperaba encontrar correlación entre el aporte calórico y las especies visitadas y adicionalmente se esperaba que existiera una correspondencia morfológica entre la longitud de corola de las plantas visitadas y la longitud del culmen más media lengua de los colibríes.

Contrario a lo esperado, no se encontraron correlaciones significativas entre la concentración de néctar diaria (g de soluto/ g de solución), las calorías/ μ l aportadas o el volumen promedio diario aportado por las especies de plantas y el número de láminas de polen o en el número de visitas a cada especie de flor por parte de *C. bonapartei* y *H. exortis* al combinar los cuatro bosques.

Aunque no se encontraron correlaciones significativas entre la concentración de sacarosa en el néctar y el número de láminas de polen y el número de visitas en la dieta de *C. bonapartei* y *H. exortis* se conoce que el néctar diluido, además de desalentar otro tipo de polinizadores como algunos insectos (abejas) también obliga, a las aves que forrajean a visitar muchas flores, de tal manera que obtengan la energía adecuada. Este movimiento incrementado de polinizadores, puede promover la polinización de diferentes especies (Heinrich & Raven 1972 en Bolten & Feinsinger 1978, Feinsinger 1978 Blemm *et al.* 2000). Por otra parte se encontró que muchas de las especies de plantas potencialmente ornitófilas del área de estudio, no alcanzaron el 20% de sacarosa en el néctar; en zonas de alta montaña, con alturas mayores a 2000 m.s.n.m. se pueden presentar concentraciones de néctar en las plantas aun más diluidos que el rango normal (Baker 1975). Debido a esto, posiblemente no existe discriminación de las especies de plantas visitadas, por estos

colibríes en este estudio, pues el contenido energético es similar en todas y su contenido calórico es bajo, donde ambas especies necesitan visitar muchas especies diferentes de flores sin discriminar, y el aporte energético de las especies de plantas no influiría por ser poco variable en los cuatro bosques.

Los colibríes pueden incrementar la eficiencia de forrajeo visitando flores que hayan acumulado néctar por periodos más largos de tiempo, con volúmenes altos de sacarosa. Donde el incremento en el volumen de néctar de algunas flores, podría incrementar, la frecuencia de visitas y consecuentemente el número de frutos o semillas en el futuro (Real & Ratcke 1991, Pedersen 1953, Zimmerman 1983 en Petit & Freeman 1997). Sin embargo, no se encontró correlación entre el volumen y el número de visitas o de láminas de polen para la dieta de *C. bonapartei* y *H. exortis*. Por otra parte se cree que los colibríes tratarían de reducir el riesgo de encontrar “blancos” (flores sin néctar) aprendiendo durante varios días a localizar las inflorescencias ricas en néctar (Feinsinger 1978). En este estudio, se registraron volúmenes de néctar de 0 en algunas de las especies de plantas visitadas por los colibríes, lo cual puede afectar la especificidad floral, ya que esta puede ser más ventajosa cuando la disponibilidad de néctar para una especie es grande (Wolf *et al* 1972 en Stiles 1975).

Encontrar bajas concentraciones de sacarosa en el néctar (menos del 20%) y muchos blancos en las medidas de volumen en las flores, sugiere que la producción energética de las flores es baja y tanto *C. bonapartei* como *H. exortis* tienen que visitar muchas especies de flores; esto explicaría la no existencia de preferencias y correlaciones positivas por ciertas concentraciones y volúmenes. De las 3 especies de plantas que presentaron un aporte energético entre el 20 – 25% de sacarosa en el néctar solamente *Fuchsia* sp. estuvo disponible todo el año en gran cantidad, lo que implicaría la utilización de otros recursos que estuvieran disponibles en el año en menores proporciones, que en parte podría explicar el comportamiento generalista/oportunista en las dos especies de colibríes y una mayor sobreposición en la dieta.

Se encontró correspondencia morfológica entre la longitud del culmen y la longitud de la corola de las especies de plantas visitadas por las dos especies de colibríes; Sin embargo esta correspondencia incluyó una porción de la lengua (Stiles 1975) lo que puede influir en la relación pico – corola. Esto se debe a que algunas especies de plantas que se podrían considerar fuera del rango estricto de la longitud del culmen total del colibrí, entrarían a hacer parte del rango de correspondencia morfológica. De esta manera para *C. bonapartei*, la longitud de la corola de especies de plantas como *Fuchsia* sp. que estarían estrictamente por fuera del rango, forman parte de las especies de plantas, al incluir en la medida una porción de la lengua. Las diferentes longitudes y formas en la corola, las recompensas ofrecidas, atraerán diferentes especies de colibríes (Snow & Snow 1972 en Feinsinger & Colwell 1978, Stiles 1975, Wolf *et al* 1976). La morfología del pico de *C. bonapartei* y *H. exortis* podría influenciar entonces la eficiencia con la cual ellos forrajean en cada especie de planta (Wolf *et al* 1976) y por ende determinar el rango de especies de plantas que estos pueden visitar. *C. bonapartei* tendría acceso más fácilmente a las especies de corola larga y *H. exortis* tendría acceso no solo a las especies de plantas de corola corta, sino además a especies de plantas con otros tipos de síndromes, como las polinizadas por insectos (Snow & Snow 1972 en Feinsinger & Colwell 1978, Stiles 1975). Para este estudio se reportaron visitas por parte de *C. bonapartei* a especies de plantas con corolas de longitudes inferior y superior a la longitud de su pico, lo que sugiere dos explicaciones, estas pueden haber sido utilizadas como recursos ocasionales o en el caso de las flores con longitudes inferiores, debido a que no superan la longitud del pico no representaría un gasto extra para esta especie de colibrí de pico largo. Por otra parte en la dieta floral de *H. exortis* se reportaron algunas visitas a especies de plantas con longitudes superiores a el culmen; esto pudo ser producto de visitas ilegítimas, es decir perforaciones hechas por esta especie a la flor en la recámara del nectáreo sin entrar en contacto con las partes reproductoras de la flor y probablemente a la posición péndula de las flores donde el néctar puede fluir desde la recámara del nectáreo.

De acuerdo a lo reportado por Stiles (1975) se podría encontrar entonces una mayor correspondencia morfológica si además de la longitud del culmen total se adiciona una porción de la lengua. Aparentemente las longitudes de los picos están asociadas con

cambios en las habilidades de forrajeo, donde, un ave de pico largo puede alimentarse de flores largas y puede hacerlo más rápido; aves con picos cortos son capaces de alimentarse más exitosamente en flores angostas y de longitudes más cortas (Temeles 1996). Sin embargo, Feinsinger (1976) sugirió que con excepciones menores, las plantas tienen flores morfológicamente generalizadas, que son accesibles a cualquier colibrí y los colibríes (con ciertas excepciones) tienen picos relativamente cortos y poco especializados que permiten el uso de una gran variedad de flores. Esto sugiere que para *H. exortis* aumentaría la correspondencia morfológica y se podrían reportar más visitas a las especies de plantas dentro del rango de longitud del culmen; mientras que para *C. bonapartei*, los datos no muestran diferencias claras en el promedio del número de visitas o en el número de láminas de las especies dentro del rango del culmen y fuera de este.

Por otra parte aunque no se analizó en este estudio, se puede sugerir que la habilidad de un colibrí para alimentarse varía también en función del diámetro de la flor (flores más amplias permiten probar más profundamente en el tubo de la corola), la forma de la corola, forma de crecimiento, forma de las flores y el promedio de recompensa del recurso, que varía entre las diferentes especies, podría estar influenciando adicionalmente a la selección de las flores por parte los colibríes (Feinsinger 1976, Campell *et al.* 1996, Smith *et al* 1996). Algunas de estas características (*v.gr.* forma de la flor y la posición de las partes reproductivas), entre especies de plantas con floraciones simultaneas, puede resultar en una competencia de las plantas por el despliegue de estos caracteres morfológicos (Heinrich 1975, Waser 1983 en Murray *et al* 1987). El despliegue de ciertas características morfológicas como color, carencia de olor y tejido engrosado alrededor de la base de la corola para proteger el nectario, hace a las flores más atractivas para los colibríes y reduce la competencia con los insectos (Hurlbert *et al.* 1996)

Resumiendo, el comportamiento de las dos especies de colibríes fue similar en cuanto a la identidad de las especies de plantas visitadas, lo que podría reflejar que, a pesar de poseer un pico con morfologías diferentes y posiblemente unos requerimientos energéticos

diferentes, tienen acceso a un gran número de especies de plantas y que en los bosques andinos del borde sur occidental de la Sabana de Bogotá, estas dos especies no presentan preferencias alimentarias marcadas y a pesar de existir una correspondencia morfológica entre la longitud del pico y la longitud de la corola, este no es un carácter restrictivo para las especies de plantas que estos visitan.

Por último se podría sugerir que, a pesar de existir una gran abundancia de flores en los bordes, el recurso energético disponible (concentración, volumen y calorías/ μ l) no necesariamente es abundante, lo que podría implicar que esta energía no sea suficiente para ser “protegida”, aunque las flores estuvieran distribuidas en parches (densamente), además de encontrar blancos, en las flores medidas. Esto implicaría tener que visitar más especies de flores, para suplir sus requerimientos energéticos, y tener una alta sobreposición en total en los bosques de estudio.

7.6 Implicaciones para la Conservación.

Es importante resaltar que no se encontró una evidencia concreta de cómo la perturbación ambiental afecta la dieta de *C. bonapartei* y *H. exortis* a pesar de que los polinizadores generalistas pueden ser menos vulnerables a la fragmentación que los polinizadores especialistas ya que además de tener una dieta amplia y diversa, pueden sustituir o reemplazar en su dieta algunas especies de plantas por otras en los fragmentos, y la pérdida de algunas especies de plantas no amenazaría directamente su sobrevivencia (Ratcke & Jules 1993; Bowers 1985, Roubik 1989 en Ratcke & Jules 1993 Mac Arthur & Wilson 1967, Whittaker & Levin 1977 en Feinsinger *et al.* 1982). Sin embargo, la disminución a falta de ciertas especies de plantas que aportan recompensas a los polinizadores a la disminución excesivamente en el número de flores (Murcia 1996), podría llegar a afectar a las poblaciones de polinizadores generalistas, haciéndolas altamente vulnerables a la extinción (Pimm & Pimm 1982; Ratcke & Jules 1993).

Las especies de colibríes generalistas pueden llegar a ser importantes agentes regeneradores de este tipo de ecosistemas, ya que especies como *C. bonapartei* y *H. exortis* que se mueven tanto en el interior como en el borde de los bosques y se pueden mover a través de los diferentes fragmentos o remanentes de bosque dentro del mosaico de zona andino pueden ayudar a promover la polinización de especies de plantas a la matriz de pastizales o evitar la reducción del área de los fragmentos ya creados.

8. CONCLUSIONES

1. Las especies de plantas visitadas por *C. bonapartei* y *H. exortis* entre los cuatro bosques y entre las áreas continuas y los fragmentos de bosque, no fue diferente.
2. La amplitud y riqueza de las dos especies de colibríes, no fue diferente posiblemente por ser altamente móviles con la capacidad de atravesar la matriz hacia otros fragmentos cercanos.
3. Los colibríes pueden ser generalistas/oportunistas ya que en general no visitaron la comunidad de plantas de acuerdo a su abundancia, al combinar los cuatro bosques andinos a excepción de un caso para *H. exortis*, donde se encontró una correlación significativa entre el número de láminas y el número de flores.
4. No se presentó relación entre la abundancia de flores y el número de visitas en los bordes de los fragmentos, aunque la densidad de las flores en los bordes de los fragmentos fue mayor.
5. Comparativamente a lo reportado en zonas bajas, los contenidos calóricos de las especies de plantas de estos bosques andinos fue más bajo, lo que posiblemente explique la visita de un gran número de especies de plantas por parte de *C. bonapartei* y *H. exortis*, debido a el bajo aporte energético.

6. Se encontró una baja correspondencia morfológica entre el pico y la corola de las especies de plantas visitadas, *C. bonapartei* visitó especies de plantas dentro y fuera de su rango y *H. exortis* visitó más especies dentro de su rango.
7. Las familias Ericaceae, Amaryllidaceae, Onagraceae, Euphorbiaceae y Rubiaceae fueron altamente registradas en la dieta de los dos colibríes.
8. Aunque el número de flores puede aumentar en los bordes la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* no vario con la perturbación ambiental (fragmentación).
9. No encontrar un efecto terminante de los dos tipos de bosque en la dieta floral de *C. bonapartei* y *H. exortis* coincide con reportes para zonas bajas.

9. RECOMENDACIONES

- Realizar muestreo de flores que incluyan, en lo posible, el gradiente de vegetación hasta el dosel para determinar si existen variaciones en la disponibilidad energética.
- Realizar medidas específicas de los granos de polen de cada especie de flor, para caracterizar la dieta de los colibríes hasta especie.
- Determinar como las preferencias alimentarias en la comunidad de colibríes se ven reflejadas en el número de granos de polen aportados por las flores de cada especie visitada.
- Realizar análisis mes a mes para establecer como la disponibilidad temporal de cada una de las especies visitadas afecta la dieta de los colibríes.
- Estudiar las flores dentro de una misma planta para establecer si hay preferencias por ciertas flores.
- Enfocar estudios de fenología sobre las especies de plantas visitadas por la comunidad de colibríes, para determinar la existencia de relaciones más estrechas especie a especie y grupos emparentados.
- Estudiar el papel de la comunidad de colibríes como posibles agentes polinizadores de plantas sucesionales y por lo tanto importantes en procesos de regeneración de bosque andino.
- Estudiar posibles movimientos locales, incluyendo migraciones altitudinales de algunas especies de colibríes y de la comunidad y su relación con la disponibilidad de recursos.

10. LITERATURA CITADA

Acevedo, C.I. 1987. Contribución al conocimiento de las relaciones entre colibríes (Trochilidae) y flores, con observaciones de sus ciclos anuales en el bosque alto-andino de Iguaque (Boyacá). Trabajo de grado Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de Biología. Santa Fe de Bogotá D.C. Colombia.

Aizen, M. & Feinsinger, P. 1994. Forest fragmentation, pollination and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina. *Ecology* 75(2):330-351

Ahumada, J.A. 1996. Introducción a la ecología de poblaciones, Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá D.C.

Ahumada, J. A. 2001. Impacto de la fragmentación sobre la reproducción, estructura y comportamiento de una comunidad de colibríes de bosque alto – andino. Informe final Banco de la Republica, Santafé de Bogotá D.C. Colombia.

Altringham, J. 1996. Bats biology and behaviour. Oxford University Press. Great Britain. 262p.

Baker, H.G. 1975. Sugar concentration in nectars from hummingbird flowers. *Biotropica* 7(1):37-41.

Baker, H.G. & Baker, I. 1983. Floral nectar sugar constituents in relation to pollinator type en: Jones, C.E. & Little J. (eds). Handbook of experimental pollination biology. Van Nostrand Reinhold, New York. New York.

Baptiste-Espinosa, M.P., Peraza, C. & Ahumada, J.A. 1999. Redes de niebla elevadas: un complemento en la captura y registro de especies de aves en un bosque Alto-Andino del Suroccidente de la Sabana de Bogotá, Memorias II congreso nacional de conservación de la biodiversidad, Santa fé de Bogotá D.C. Colombia.

Blemm, C.R., Blemm, L.B., Felix, J. & Van Gelder, J. 2000. Rufous hummingbird sucrose preference: precision of selection varies with concentration. *The Condor* 102: 235-238.

Bolaños, T. 2000. Dieta y estructura trofica de la comunidad de Chiroptera en cuatro áreas de bosque andino en el sector sur-occidental de la Sabana de Bogotá, Colombia. Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de Biología. Santa Fe de Bogotá D.C. Colombia.

Bolten, A.B. & Feinsinger, P. 1978. Why Do hummingbirds secrete dilute nectar?. *Biotropica*. 10 (4) : 307-309.

Brand, M. 1995. Interacciones entre colibríes y las ericáceas *Macleania rupestris* y *Befaria resinosa* en un páramo de Colombia. Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera oriental de Colombia tomo II. Mora – Osejo, L.E. Sturm, H. (eds) . Santa fe de Bogotá D.C. Editora Guadalupe LTDA.

Brody, A.K. & Mitchell, R.J. 1997. Efects of experimental manipulation of inflorescence size of pollination and pre-dispersal seed predation in the hummingbird – pollinated plant *Ipomopsis aggregata*. *Oecologia* 110: 86-93.

Campbell, D.R., Waser, N.M. & Price, M.V. 1996. Mechanisms of hummingbird-mediated selection for flower width in *Ipomopsis aggregata*. *Ecology*. 77(5) : 1463-1472.

Colwell, R.K. & Futuyama, D.J. 1971. On the mesurment of niche breadth and overlap. *Ecology*, vol 52 No. 4 567- 576.

Correa, A.P. 1999. Tendencias de floracion y fructificacion de plantas en bosques altoandinos continuos y fragmentados del borde occidental de la Sabana de Bogotá. Trabajo de grado Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de Biología. Santa Fe de Bogotá D.C. Colombia.

Cuatrecasas, J. 1989. Aspectos de la vegetación natural en Colombia. *Perez-Arbelaezia*, II (8): 155-283.

Delgado, A.C. 1999. Disponibilidad y uso de los recursos florales en una comunidad de nectarivoros (Familia Trochilidae) en la orinoquia colombiana. Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia SantaFé de Bogotá D.C. Colombia.

Diaz – Daza, L. & Mendoza-Vargas, M. 1995. Aproximación a un modelo de flujo de biogeoelementos en el bosque altoandino de Monserrate, Cundinamarca, Colombia, en: Mora-Osejo, L.E. & Sturm, H. (eds) Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera oriental de Colombia, Tomo II, Academia Colombiana de Ciencias Exactas Fisicas y Naturales, colección Jorge Alvarez Lleras No. 6 : 407-438.

Espinal, L. & Montenegro, E. 1963. Formaciones vegetales de Colombia, memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico “Agustin Codazzi”. Bogotá D.E. 201p.

Feinsinger, P. 1976. Organization of a tropical guild of nectarivorous birds. *Ecological Monographs* 46: 257- 291.

Feinsinger, P. 1978. Ecological interactions between plants and hummingbirds in a successional tropical community. *Ecological Monographs* 48: 269-287.

Feinsinger, P. 1983a. Coevolution and pollination, en Futuyama, D.J. & Slatkin, M. (eds) *Coevolution*. Sinauer Associates, 282-310, Massachusetts.USA.

Feinsinger, P. 1983b. Variable nectar secretion in a *Heliconia* species pollinated by hermits hummingbirds. *Biotropica* 15(1): 48-52.

Feinsinger, P. 1987. Approaches to the nectarivore-plant interactions in the new world. *Revista Chilena de Historia Natural* 60: 285-319.

Feinsinger, P. 1990. Interacciones entre plantas y colibríes en selvas tropicales. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Argentina*. Tomo 59 entregas 1a- 2a

Feinsinger, P. & Colwell R.K. 1978. Community organization among neotropical nectar-feeding birds. *American Zoologist* 18: 779- 795.

Feinsinger, P. Wolfe, J.A. & Swarm, L.A. 1982. Island ecology: reduced hummingbird diversity and the pollination biology of plants, Trinidad and Tobago, west Indies. *Ecology*. 63(2) : 494-506.

Feinsinger, P., Beach, J.H., Linhart, Y.B., Busby, W.H. & Murray, G. 1987. Disturbance , pollinator predictability, and pollination success among Costa Rican cloud forest plants. *Ecology*. 68(5): 1294-1305.

Feinsinger, P. Spears, E.E. & Poole, R.W. 1981. A simple measure of niche breadth. *Ecology*. 62(1): 27-32.

Feinsinger, P. Busby, W.H. Murray, K.G. Beach, J.H. Pounds, W.Z. & Linhart, Y.B. 1988. Mixed support for spatial heterogeneity in species interactions: hummingbirds in a tropical disturbance mosaic. *The American Naturalist* vol. 131, No. 1.

Gotelli, N. J. & Entsminger, G.L. 2000. Ecosim: Null models software for ecology. Version 5.0 Acquired intelligence Inc. & Keesey – Bear [http: //homepages.together.net](http://homepages.together.net).

Hainsworth, F.R. & Wolf, L.L. 1972. Energetics of nectar extraction in a small, high altitude, tropical hummingbird *Selasphorus flammula* J. comp. Physiol. 80: 377-387.

Hainsworth, F.R. & Wolf, L.L. 1976. Nectar characteristics and food selection by hummingbirds. *Oecologia (Berl.)* 25: 101-113.

Hilty, S.L. & Brown, W. 1986. A guide to the birds of Colombia. Princeton University Press. New Jersey. USA.

Hurlbert, A.H. Hosoi, S.A. Temeles, E.J. & Ewald, P.W. 1996. Mobility of *Impatiens capensis* flowers: effect on pollen deposition and hummingbird foraging. *Oecologia* 105: 243- 246.

Kattan, G.H. 1998. Transformación del paisaje y fragmentación del hábitat: Ecosistemas terrestres. paginas 76-82 en : Chaves, M.E. & Arango, N. (eds) Instituto de. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad 1997. Colombia Investigación de recursos

biologicos Alexander Von Humboldt PNUMA, Ministerio del Medio Ambiente. Vol 3 tomo 2. Santafe de Bogotá.

Kearns, C.A. & Inouye, D.W. 1993. Techniques for pollination biologist. Univ. Press. Colorado. USA.

Kearns, C.A., Inouye, D.W. & Waser, N.M. 1998. Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annu. Rev. Syst.* 29: 83-112.

Kinsolver, J.G. & Daniel, T.L. 1983. Mechanical determinants of nectar strategy in hummingbirds energetics, tongue morphology, and licking behavior. *Oecologia (Berlin)*. 60: 214-226.

Krebs, Ch. J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers. New York. USA.

Linhart, Y.B. Feinsinger, P. Beach, J.H. Busby, W.H. Murray, K.G. Pounds, W.Z. Kinsman, S. Guidon, C.A. & Kooiman, M. 1987. Disturbance and predictability of flowering patterns in bird-pollinated cloud forest plants. *Ecology*, 68 (6) : 1696-1710.

Mendoza, J.E. 1999. Análisis multitemporal (1940-1996) del cambio de la cobertura vegetal en dos áreas del borde suroccidental de la Sabana de Bogotá, Cundinamarca, Colombia. Trabajo de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de Biología . Santa Fe de Bogotá D.C.

Muñoz-Saba, Y. Cadena, A. & Rangel-Ch, O. 1997. Ecología de los murciélagos antófilos del sector La Curia , Serrania de la Macarena (Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 21(81): 473-486.

Murcia, C. 1987. Estructura y dinámica del gremio de colibríes (Aves: Trochilidae) en un bosque Andino. *Humboldtia* 1: 29-64.

Murcia, C. 1991. Efectos de la fragmentación del bosque sobre la polinización de plantas tropicales: un estudio a nivel de comunidades. Informe final de investigación . Fundación para la Investigación y la Tecnología Banco de la Republica. Cali.

Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forest implications for conservation. *Tree* vol. (10) .2: 58-62.

Murcia, C. 1996. Forest fragmentation and the pollination of neotropical plants. Chapter 2. en *Forest patches in tropical landscapes* Eds. Schelhas, J. & Greenberg. Island Press. Washington D.C. USA. 19-35.

Murcia, C. & Feinsinger, P. 1996. Interspecific pollen loss by hummingbirds visiting flower mixtures: effects of floral architecture. *Ecology*, 77 (2) :550-560.

Murcia, C. 2000. Coevolución de los colibríes y las flores. n Mazariegos, L.A. (ed) Joyas aladas de Colombia. Cali Colombia.

Murray, K.G. Feinsinger, P. Busby, W.H. Linhart, Y.B. Beach, J.H. & Kinsman, S. 1987. Evaluation of character displacement among plants in two tropical pollination guilds. *Ecology*, 68 (5) : 1283-1293.

Nour, N., Matthysen, E. & Dhondt, A.A. 1997. Effects of habitat fragmentation on foraging behaviour of tits and related species: does niche space vary in relation to size and degree of isolation of forest fragments?. *Ecography* 20: 281-286. Copenhagen.

Parker III, T.A. Stotz, D.F. & Fitzpatrick, J.W. 1996. Part 4 Ecological and distributional databases: Neotropical bird communities and conservation en: Stotz, D.F. Fitzpatrick, J.W. Parker III, T.A. & Moskovits, D.K. (eds). *Neotropical birds: Ecology and conservation*. The University of Chicago Press. Chicago and London. USA.

Peraza, C.A. 2000. Determinación y comparación de la dieta de *Atlapetes schistaceus* en bosques andinos continuos y fragmentados del sur occidente de la Sabana de Bogotá. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de Biología. Santa Fe de Bogotá D.C. Colombia.

Petit, S. & Freeman, C.E. 1997 . Nectar production of two sympatric species of columnar Cacti. *Biotropica* 29(2): 175-183.

Pimm, S.L. & Pimm, J.W. 1982. Resource use, competition, and resource availability in hawaiian Honeycreepers. *Ecology* 63(5): 1468-1480.

Repizzo, A.A. 1993. Presentación de la reserva biológica Carpanta en: Andrade G.I.(ed), *Carpanta Selva Nublada y Páramo*, Primera edición, Fundación Natura Colombia.

Rathcke, B.J. & Jules, E. 1993. Habitat fragmentation and plant-pollinator interactions. *Current Science*, vol. 65 No. 3 : 273-277.

Remsen, J.V. JR. Stiles, F.G. & Scott, P.E. 1986. Frequency of arthropods in stomachs of tropical hummingbirds. *Auk*, vol 103: 436-441.

Renjifo, L.M. 1997. Listas preliminares de aves colombianas con algún riesgo a la extinción. Informe final presentado al instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. URL:http://www.humboldt.org.co/Listas_Preliminares.htm

Restrepo, C. & Gómez, N. 1998. Responses of understory birds to anthropogenic edges in a neotropical montane forest. *Ecological Applications*. 8(1) : 170-183.

Roberts, W.M. 1995. Hummingbird licking behavior and the energetics of nectar feeding. *The Auk* 112(2): 456-463.

Roberts, W.M. 1996. Hummingbirds nectar concentration preferences at low volume: the importance of time scale. *Anim. Behav.* 52: 361-370.

Saunders, D.A. Hobbs, R.J. & Margules, C.R. 1990. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation biology.* 51: 18-32.

Siegel, S. & Castellan, N.J. 1995. *Estadística no parametrica. Aplicada a las ciencias de la conducta.* Ed. Trillas. Mexico.

Snow, D.W. & Snow, B.K. 1980. Relationships between hummingbirds and flowers in the Andes of Colombia. *Bulletin of British Museum (Natural History)* 38: 105- 139.

Snow, B.K. 1981. Relationships between hermit hummingbirds and their food plants in eastern Ecuador. *Bull. B.O.C.* 101 (4): 387-397.

Smith, C.E. Stevens, J.T. Temeles, E.J. Ewald, P.W. Herbert, R.J. & Bonkovsky, R.L. 1996. Effect of floral orifice width and shape on hummingbird – flower interactions. *Oecologia* 106: 482 – 492.

Stiles, F.G. 1975. Ecology, flowering phenology, and hummingbird pollination of some Costa Rican *Heliconia* species. *Ecology.* 56: 285-301.

Stiles, F.G. 1978a. Ecological and evolutionary implications of bird pollination. *Amer. Zool.* 18:715-727.

Stiles, F.G. 1978b. Temporal organization of flowering among the hummingbird foodplants of a tropical wet forest. *Biotropica.* 10(3): 194-210.

Stiles, F.G. 1981. Geographical aspects of bird-flower coevolution , with particular reference to Central America. *Ann.Missouri Bot.Gard.* 68: 323- 351.

Stiles, F.G. 1995. Behavioral , ecological and morphological correlates of foraging for arthropods by the hummingbirds of a tropical wet forest. *The Condor* 97: 853- 878.

Stiles , F.G. & Freeman, C.E. 1993. Patterns in floral nectar characteristics of some bird-visited plant species from Costa Rica. *Biotropica* 25 (2): 191-205.

Stouffer, P.C. & Bierregaard, R.O. 1996. Forest fragmentation and seasonal patterns of hummingbird abundance in Amazonian Brazil. *Ararajuba* 4(1):9-14

Stouffer, P.C. & Bierregaard, R.O. JR. 1995. Effects of forest fragmentation on understory hummingbirds in Amazonian Brazil. *Conservation Biology.* vol. 9No. 5: 1085-1094.

Temeles, E.J. 1996. A new dimension to hummingbird-flower relationships. *Oecologia* 105:517-523.

Thomas, D.W. 1988. Analysis of diets of plant-visiting bats, en Kunz, T. (ed) *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. USA.

Tyrrell, E.Q. & Tyrrell, R.A. 1985. *Hummingbirds. Their life and behavior*. Crown Publishers, Inc. N.Y. USA.

Wolf, L.L. Stiles, F.G. & Hainsworth, F.R. 1976. Ecological organization of a tropical highland hummingbird community. *Journal of Animal Ecology* 45: 349-379.

Wolf, L. & Gill, F.B. 1986. Physiological and Ecological Adaptations of High Montane Sunbirds and Hummingbirds. Capitulo 5: 103-119 en Vulleumier, F. & Monasterio, M. (eds). *High altitude tropical biogeography*. Oxford University Press, Inc. New York. USA.

ANEXO 1. LISTA DE ESPECIES DE PLANTAS EN LOS CUATRO BOSQUES DE ESTUDIO. (*) ESPECIES DE PLANTAS POTENCIALMENTE ORNITOFILAS.

FAMILIA	ESPECIE
Amaryllidaceae	<i>Bomarea</i> cf. <i>caldasii</i> * <i>Bomarea</i> cf. <i>patinii</i> *
Araceae	<i>Anthurium</i> sp.
Asteraceae	<i>Ageratina</i> sp. <i>Barnadesia spinosa</i> * <i>Eupatorium</i> sp. <i>Murhisia</i> cf. <i>clematis</i> * <i>Verbesina</i> sp.
Begoniaceae	<i>Begonia</i> sp.
Bromeliaceae	<i>Bromelia</i> sp1* <i>Bromelia</i> sp2*
Campanulaceae	<i>Centropogon</i> cf. <i>latisepalus</i> * <i>Centropogon</i> sp.*
Caprifoliaceae	<i>Viburnum lasiophyllum</i>
Cariofiliceae	sp1*
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum</i> cf. <i>bonplandianum</i>
Clusiaceae	<i>Clusia</i> cf. <i>grandiflora</i> *
Cunoniaceae	<i>Weinmannia</i> sp.
Cyatheaceae	<i>Cyathea</i> sp.
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>
Ericaceae	<i>Bejaria resinosa</i> * <i>Cavendishia</i> sp1* <i>Macleania</i> sp.* sp.* <i>Spherospermum</i> cf. <i>grandifolium</i> *
Flacourtiaceae	<i>Abatia parviflora</i>
Gentianaceae	<i>Macrocarpea</i> cf. <i>glabra</i> * <i>Macrocarpea</i> sp1*
Gesneriaceae	<i>Alloplectus ichthyoderma</i> * <i>Besleria</i> cf. <i>solande</i> *
Gesneriaceae	<i>Columnea strigosa</i> *
Lythraceae	<i>Cuphea dipetala</i> * <i>Cytarexylum</i> sp.
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp. <i>Tibouchina</i> cf. <i>lepidota</i>
Monimiaceae	<i>Siparuna</i> sp.
Onagraceae	<i>Fuchsia boliviana</i> * <i>Fuchsia</i> cf. <i>colombiana</i> *
Orchidaceae	(26) spp.
Oxilidaceae	(2) spp.
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> cf. <i>adulterina</i> <i>Passiflora</i> cf. <i>cuspidifolia</i> <i>Passiflora</i> cf. <i>mixta</i> * <i>Passiflora</i> cf. <i>mollissima</i> *
Piperaceae	<i>Piper</i> sp. <i>Pipperomia</i> sp.

Continuación Anexo 1.

FAMILIA	ESPECIE
Poaceae	<i>Chusquea</i> sp.
Pteridophyta	<i>Pteridium aquilinum</i>
Rubiaceae	<i>Palicourea angustifolia</i> *
	<i>Palicourea</i> sp.*
Solanaceae	<i>Physalis peruviana</i>
	<i>Solanum</i> sp.*
Verbenaceae	sp1*
	sp2 *
Winteraceae	<i>Drimys granadensis</i>

ANEXO 2. TIPOS DE REDES UTILIZADAS EN EL MUESTREO EN LOS CUATRO BOSQUES ANDINOS. A: REDES DE NIEBLA DE SUELO (0 -3m) B: REDES DE NIEBLA ELEVADAS (3-20 m).

(A)



(B)



ANEXO 3. RECETA DE GELATINA PARA TOMAR LAS MUESTRAS DE POLEN DE LOS INDIVIDUOS DE LA FAMILIA TROCHILIDAE.

Beattie (1971) en Thomas (1988), modificada para este estudio

La receta contiene FENOL es recomendable trabajar bajo el extractor.

1. Ingredientes para la gelatina

5g	Gelatina
20 ml	agua destilada
25 ml	glicerina
2g	fenol

Ablandar previamente la gelatina en agua. Luego calentar hasta que se haya disuelto totalmente y añadir la glicerina y el fenol para obtener la solución base.

2. Añadir 1 ml de solución de fucsina (ver abajo) por cada 10 ml de la solución base. Esto da la cantidad para una caja de petri de 11 ml.

Solución de fucsina:

0.1 g	fucsina
20 ml	agua bidestilada

Luego usar 900 µl de agua por cada 100 µl de solución de fucsina (totaliza 1 ml)

3. Verter en una jeringa de 3 ml y Dejar endurecer
4. Cortar la gelatina con un bisturí en rodajas delgadas.
5. Preparación y almacenaje de muestras
6. Tomar la muestra de polen en cabeza, dorso y vientre del murciélago usando unas pinzas planas recorriendo la piel con la rodaja de gelatina.
7. Colocar la rodaja de gelatina sobre el portaobjetos, tapar con el cubreobjetos y calentar lentamente con un encendedor de cigarrillos para derretirlo (no debe hervir).
8. Sellar alrededor del cubreobjetos con laca y adicionalmente con parafina o con una capa delgada de esmalte transparente para uñas
9. Almacenar los portaobjetos en la Oscuridad y en posición horizontal, pues el polen pierde el teñido de rojo si es expuesto a la luz y tiende a sedimentarse.

Este tipo de preparación se utiliza también para la colección de referencia. Las muestras preparadas de esta forma no sirven para fotografía en el microscopio electrónico de barrido.

ANEXO 4. LIBRETA DE CAMPO PARA LAS MEDIDAS MORFOMETRICAS DE LOS COLIBRÍES.

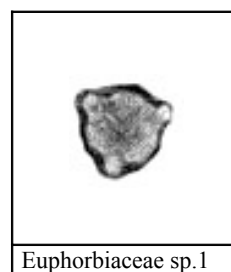
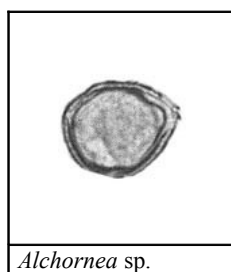
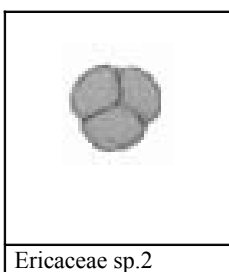
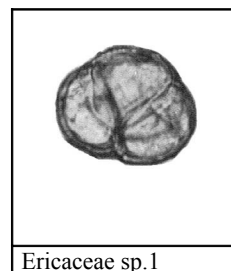
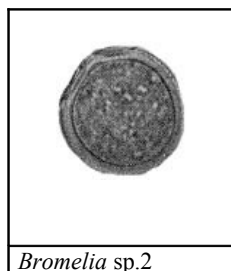
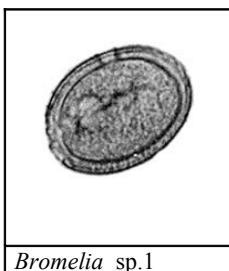
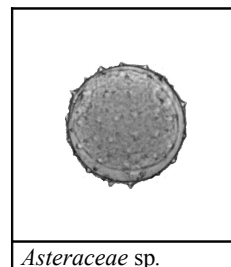
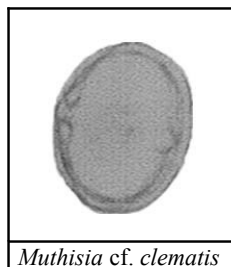
LIBRETA DE CAMPO COLIBRIES	
Fecha: _____	Hora: _____
Marcaje: _____	Dato: _____ Bolsa #: _____
Salida #: _____	Lugar: _____
Malla #: _____	
Especie: _____	
Sexo: M ___ H ___ Juv. ___ Indet. ___	
Clima:	
Soleado: _____	Nublado: 0-25% ___ 25-50% ___ 50-75% ___ 75-100% ___
Neblina: No ___ Baja: _____	Media: _____ Alta: _____
Lluvia: Si ___ No ___	
Polen: Si ___ No ___	Lamina No. _____
Recaptura: _____	Fuente: _____ Colecta: Si ___ No ___
Culmen Total: _____	
Long. Ala cuerda: _____	Long. Cola: _____ Long. Total: _____
Grasa: _____	P.I. _____ Ranfoteca: _____
Observaciones: _____	

Grasa: 0 nada, 1 Poca, 3 Mucha	
P.I. Parche de Incubación: 0 No, 1 Si.	

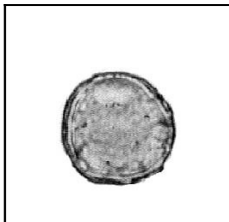
ANEXO 5. LIBRETA DE CAMPO PARA LAS OBSERVACIONES DE ALIMENTACIÓN DE LA COMUNIDAD DE COLIBRÍES.

LIBRETA DE OBSERVACIONES EN CAMPO COLIBRIES	
Fecha : _____	Lugar : _____
Salida : _____	
Hora : _____	
Especie de Colibrí: _____	
Ubicación: <u>Borde del bosque o Interior.</u>	
Visitas:	
Número de flores: _____	
Especie de planta/Descripción: _____	

ANEXO 6. ESPECIES DE PLANTAS REGISTRADAS EN LAS LÁMINAS DE POLEN PARA LA DIETA DE *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis*.



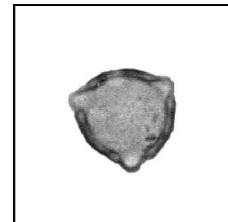
Continuación Anexo 6.



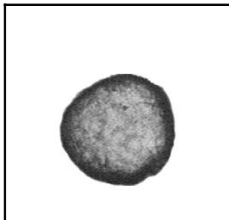
Euphorbiaceae sp.2



Macrocarpea sp.



Campanea sp.



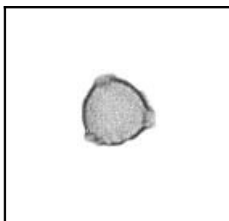
Columnea sp



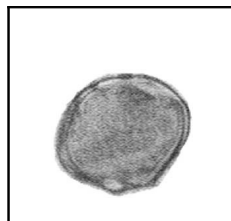
Labiatae sp.



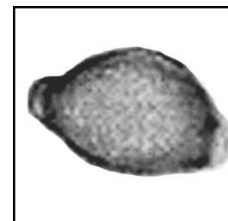
cf. *Erythrina* sp.



Cuphea dipetala

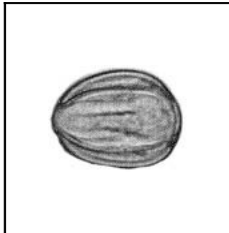


Loasaceae sp.

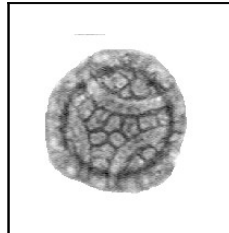


Fuchsia sp.

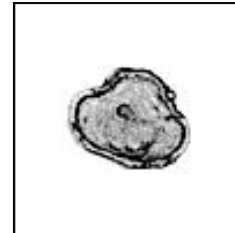
Continuación Anexo 6.



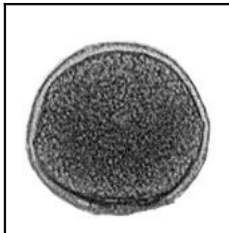
Papilionaceae sp.



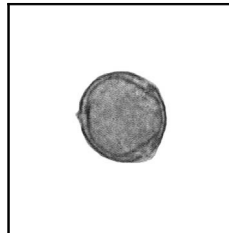
Passiflora sp.



Ladenbergia sp.



Palicourea sp.



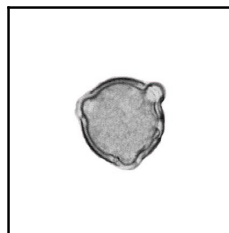
Dodonaea sp.



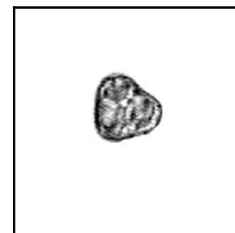
Solanum sp.



Solanaceae sp.

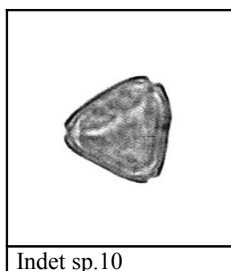
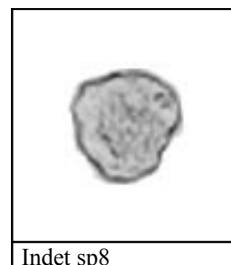
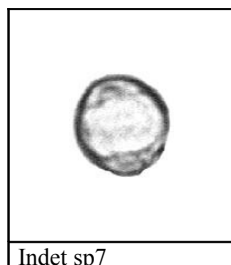
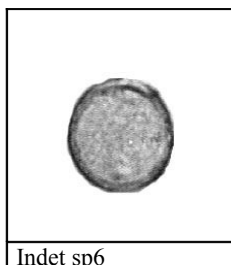


Centropogon sp.



Myrtaceae sp.

Continuación Anexo 6.



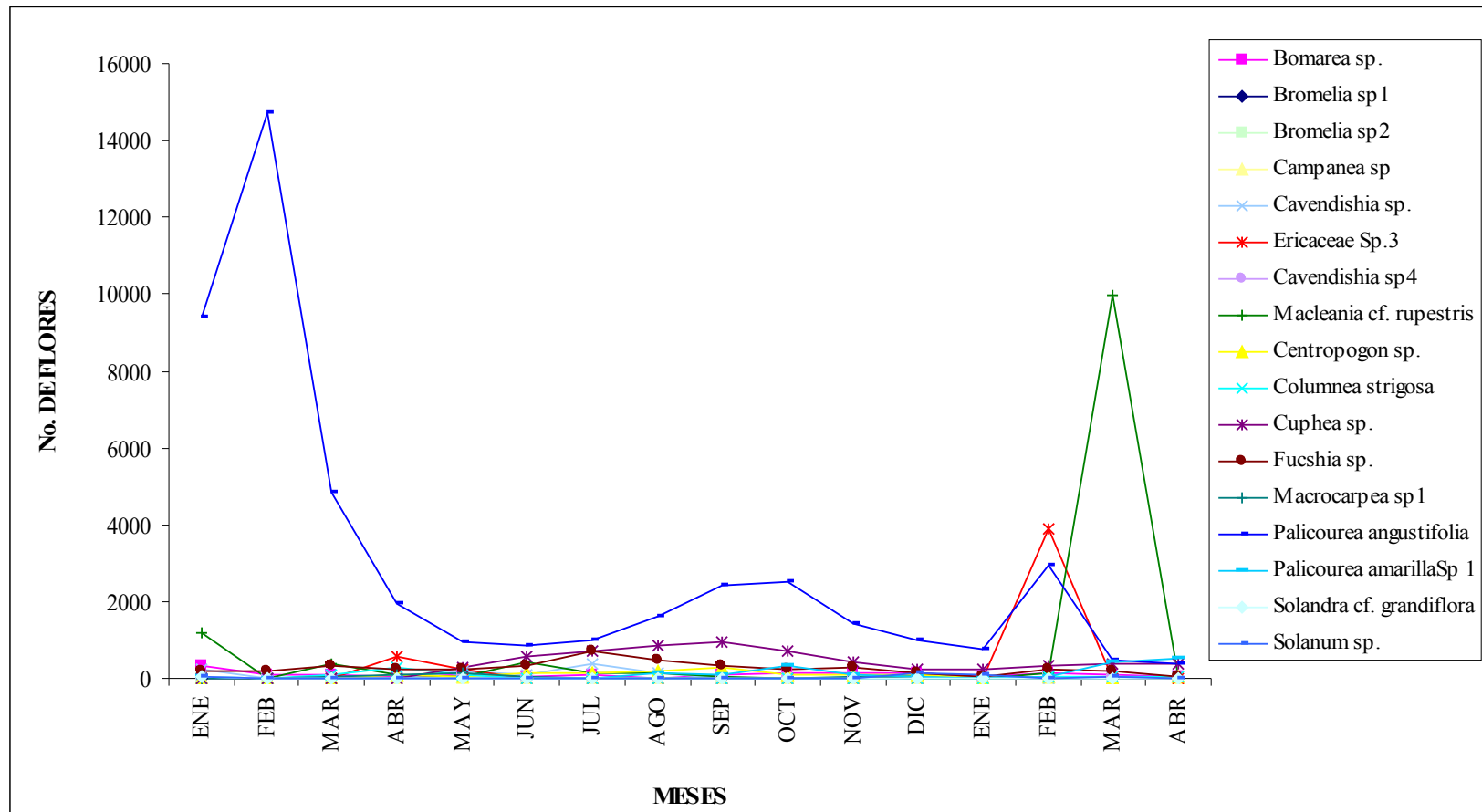
ANEXO 7. INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA DE LAS ESPECIES DE PLANTAS (IVIP) A PARTIR DE LAS LAMINAS DE POLEN DE *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis*.

FAMILIA	ESPECIE	IVIP TOTAL
Amaryllidaceae	<i>Bomarea</i> sp.	0.1089
Asteraceae	<i>Muthisia</i> cf. <i>clematis</i>	0.0089
Asteraceae cf.	sp.	0.0044
Bromeliaceae	<i>Bromelia</i> sp.1	0.0600
Bromeliaceae	<i>Bromelia</i> sp.2	0.0111
Campanulaceae	<i>Centropogon</i> sp.	0.0044
Ericaceae	sp.1	0.2622
Ericaceae	sp.2	0.0622
Ericaceae	sp.3	0.0156
Euphorbiaceae	<i>Alchornea</i> sp.	0.0244
Euphorbiaceae	sp.1	0.1356
Euphorbiaceae	sp.2	0.0044
Fabaceae	cf. <i>Erythrina</i> sp.	0.0067
Gentianaceae	<i>Macrocarpea</i> sp.	0.0244
Gesneriaceae	<i>Campanaeae</i> sp.	0.0067
Gesneriaceae	<i>Columnea</i> sp.1	0.0022
Labiatae	sp.	0.0356
Loasaceae	sp.	0.0022
Lythraceae	<i>Cuphea dipetala</i>	0.0133
Myrtaceae	sp.	0.0022
Onagraceae	<i>Fuchsia</i> sp.	0.0956
Papilionaceae	sp.	0.0178
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.	0.0022
Rubiaceae	<i>Ladenbergia</i> sp.	0.0022
Rubiaceae	<i>Palicourea</i> sp.	0.0378
Sapindaceae	<i>Dodonaea</i> sp.	0.0133
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.	0.0022
Solanaceae	sp.	0.0067
Indet.	sp. 10	0.0044
	sp. 3	0.0022
	sp. 4	0.0022
	sp. 6	0.0133
	sp. 7	0.0022
	sp. 8	0.0022

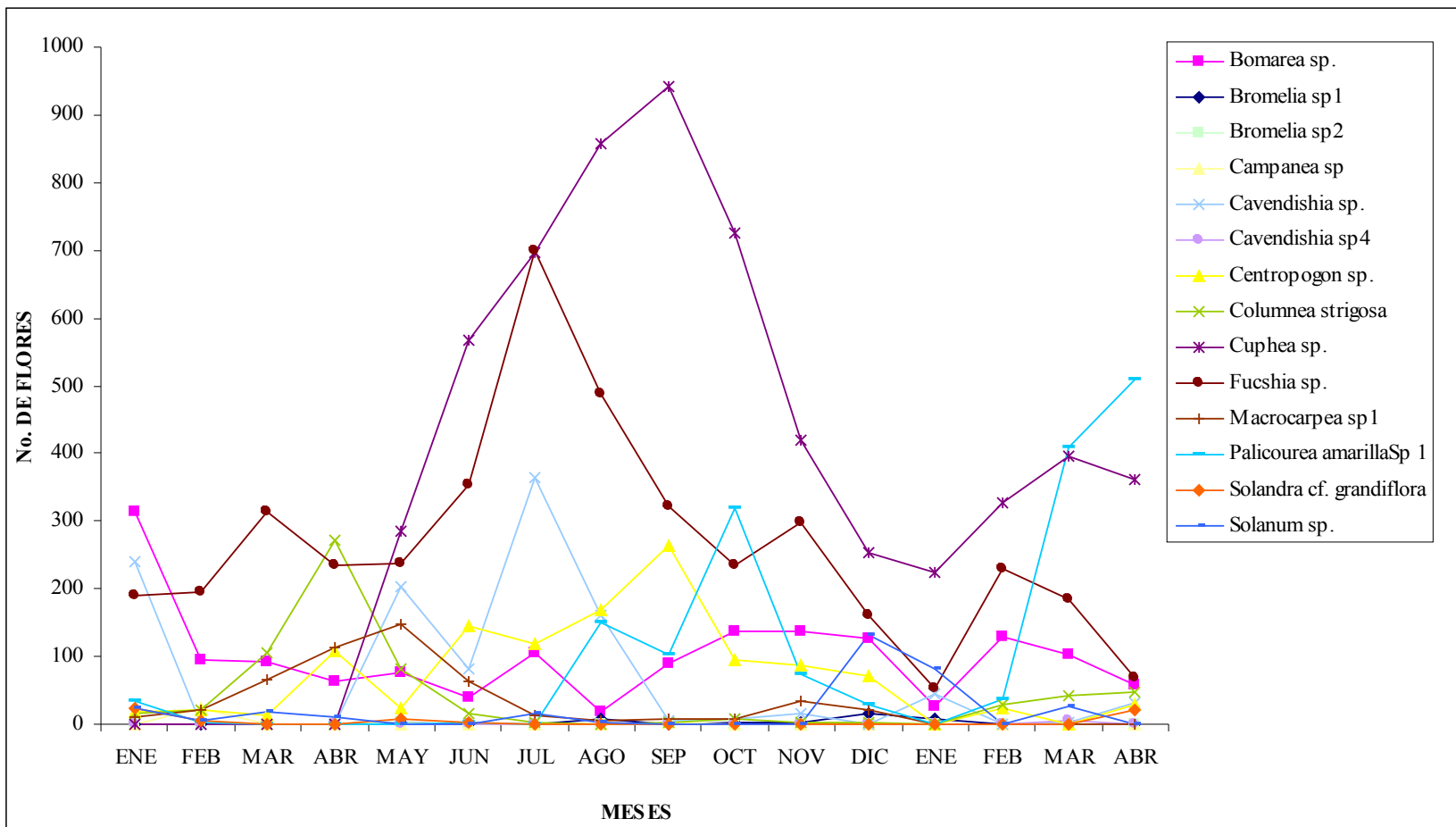
ANEXO 8. INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA DE LAS ESPECIES DE PLANTAS (IVIP) A PARTIR DE LAS VISITAS/MINUTO DE *Coeligena bonapartei* y *Heliangelus exortis*.

FAMILIA	ESPECIE	IVIP TOTAL
Amaryllidaceae	<i>Bomarea</i> cf. <i>Caldasii</i>	0.0074
Asteraceae	<i>Mutisia</i> cf. <i>clematis</i>	0.0032
Bromeliaceae	<i>Bromelia</i> sp.1	0.0132
	<i>Bromelia</i> sp.2	0.0372
Campanulaceae	<i>Centropogon</i> cf. <i>latisepala</i>	0.0021
Cariofiliceae	sp.1	0.0048
Clusiaceae	<i>Clusia</i> cf. <i>grandiflora</i>	0.0006
Ericaceae	<i>Cavendishia</i> sp.1	0.0154
	<i>Cavendishia</i> sp.2	0.0620
Gentianaceae	<i>Macrocarpea</i> sp.	0.0248
Gesneriaceae	<i>Columnea</i> sp.	0.0124
Lythraceae	<i>Cuphea</i> <i>dipetala</i>	0.0002
Onagraceae	<i>Fuchsia</i> <i>boliviana</i>	0.2446
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> <i>mollissima</i>	0.0376
Rubiaceae	<i>Palicourea</i> sp.1	0.0733
	<i>Palicourea</i> <i>angustifolia</i>	0.2605
Verbenaceae	sp.1	0.0146
	sp.2	0.1860

ANEXO 9. GRAFICA DE ABUNDANCIA DE ALGUNAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Coeligona bonapartei* Y *Heliangelus exortis* EN LOS CUATRO BOSQUES, COMBINANDO LOS DATOS DE INTERIOR DE LOS BOSQUES Y LOS BORDES DE LOS FRAGMENTOS.

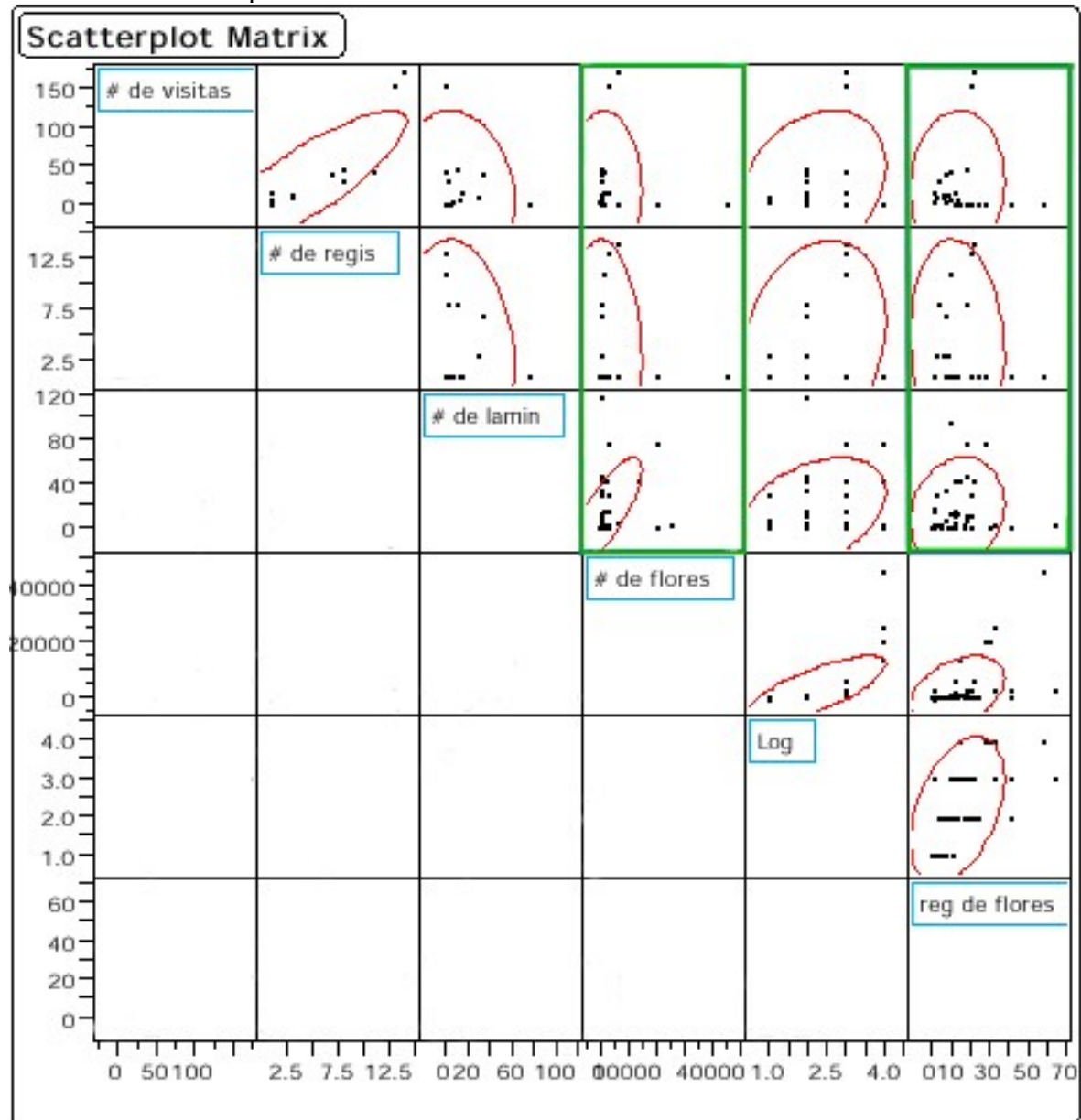


ANEXO 10. GRAFICA DE ABUNDANCIA DE ALGUNAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Coeligena bonapartei* Y *Heliangelus exortis* EN LOS CUATRO BOSQUES, COMBINANDO LOS DATOS DE INTERIOR DE LOS BOSQUES Y LOS BORDES DE LOS FRAGMENTOS. EXCLUYENDO LAS ESPECIES (*Palicourea angustifolia*, *Cavendishia sp.* y *Macleania cf. rupestris*).



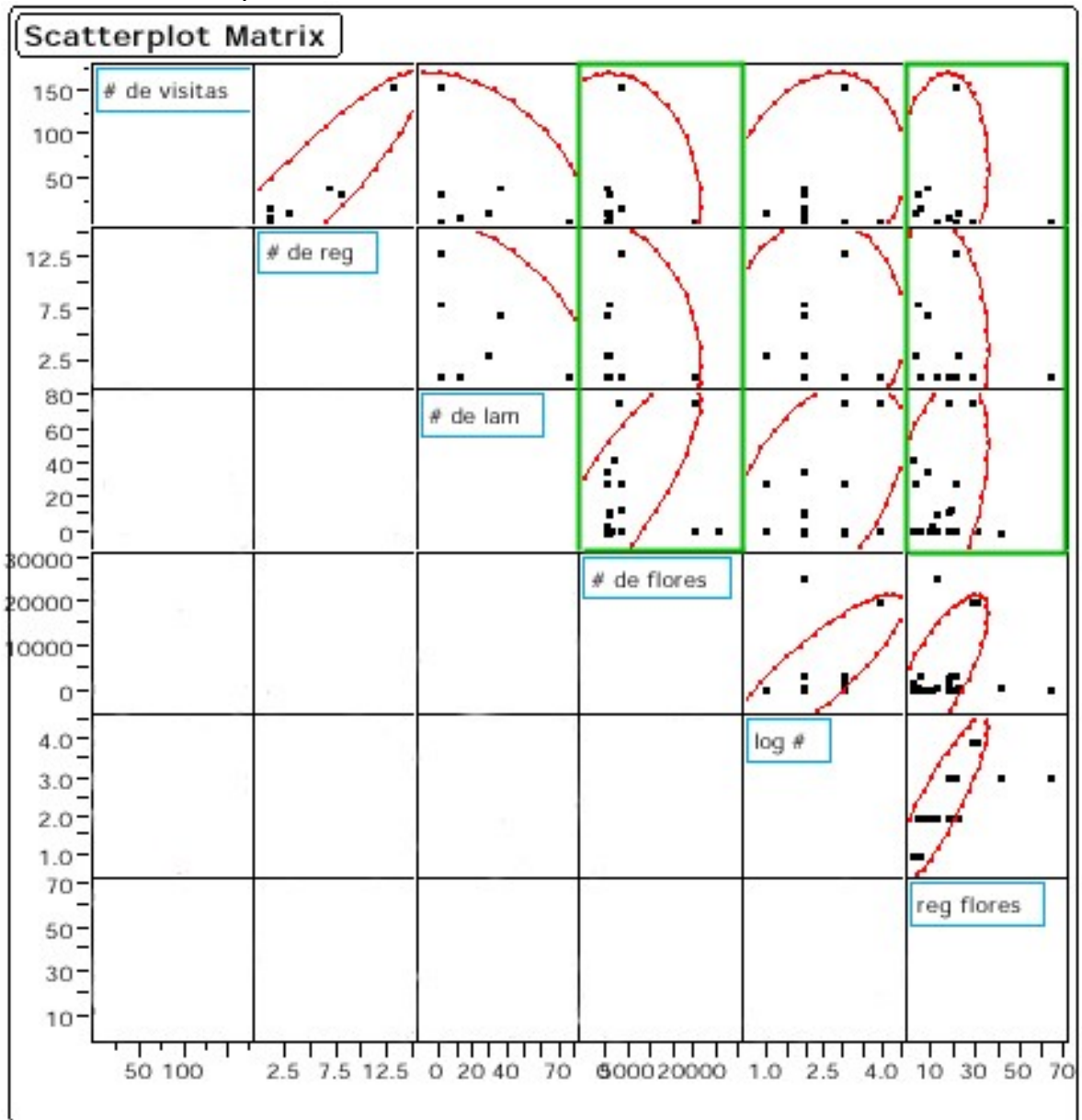
ANEXO 11. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES SPEARMAN ENTRE EL NÚMERO DE LÁMINAS, DE VISITAS O DE REGISTROS Y EL NÚMERO DE FLORES O REGISTROS DE FLOR DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Coeligena bonapartei* AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES.

El recuadro verde representa las correlaciones analizadas.



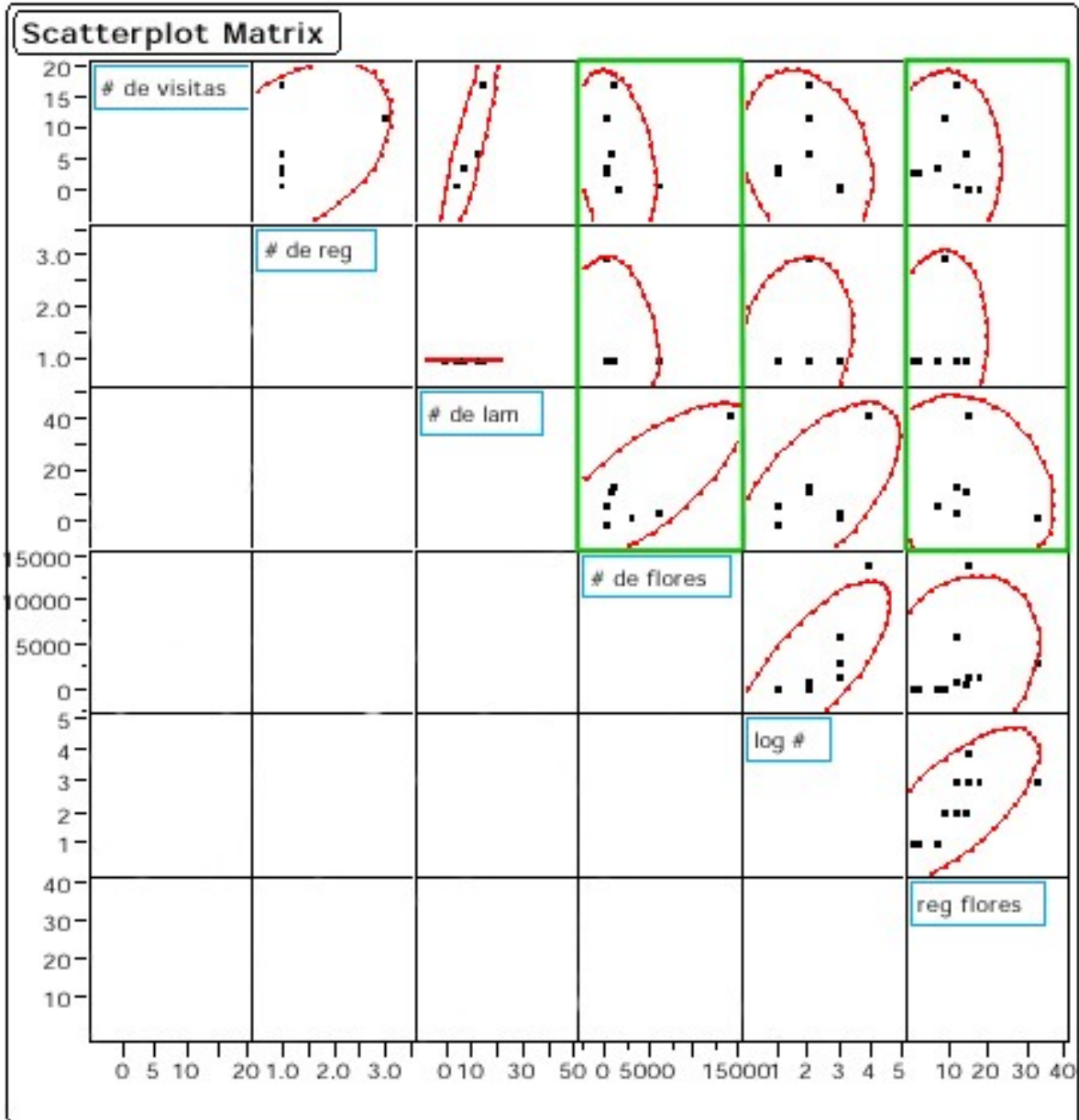
ANEXO 12. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES SPEARMAN ENTRE EL NÚMERO DE LÁMINAS, DE VISITAS O DE REGISTROS Y EL NÚMERO DE FLORES O REGISTROS DE FLOR DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Coeligona bonapartei* AL COMBINAR LAS ÁREAS CONTINUAS +INTERIOR DE FRAGMENTOS.

El recuadro verde representa las correlaciones analizadas.



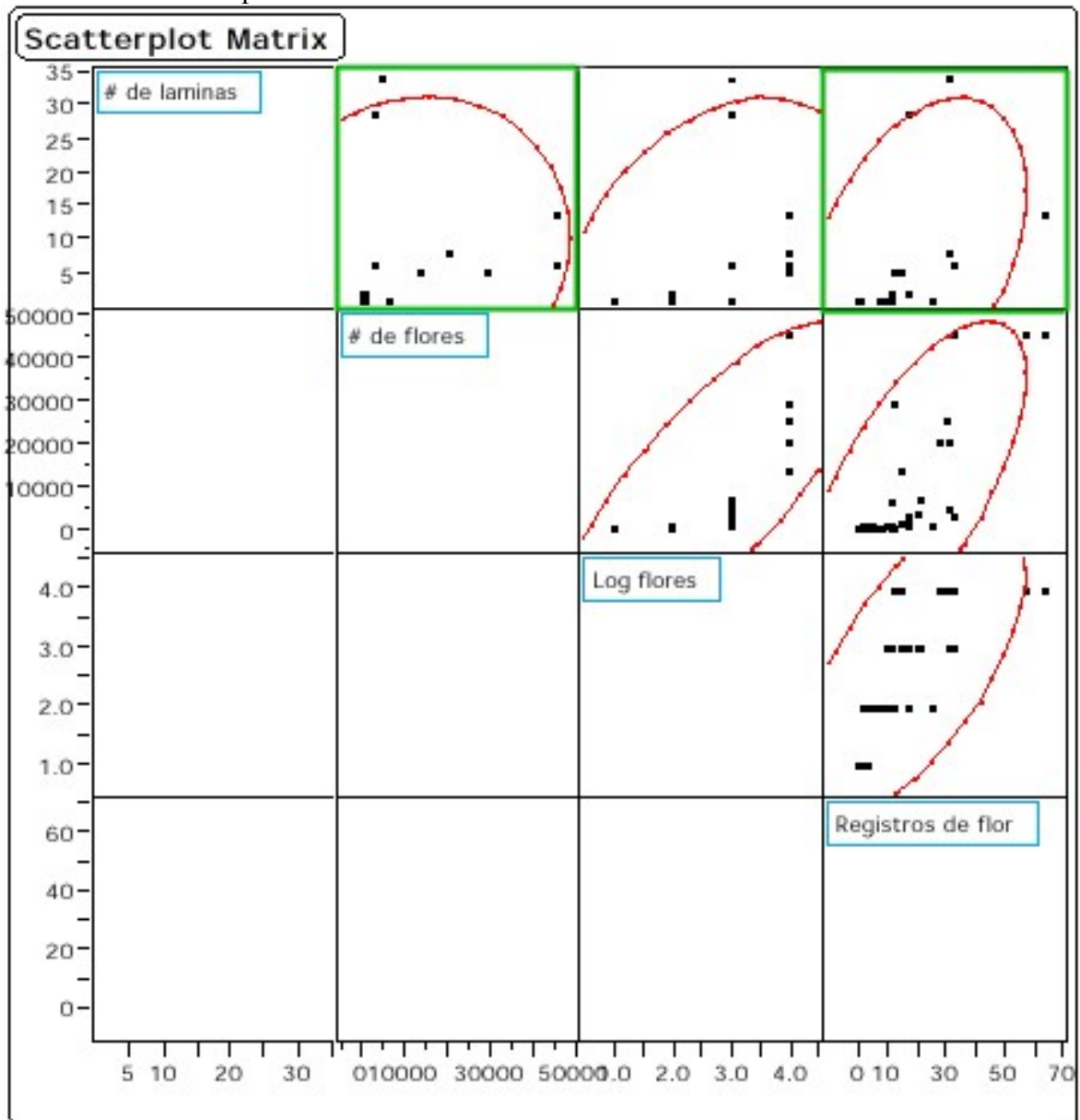
ANEXO 13. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES SPEARMAN ENTRE EL NÚMERO DE LÁMINAS, DE VISITAS O DE REGISTROS Y EL NÚMERO DE FLORES O REGISTROS DE FLOR DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Coeligena bonapartei* PARA LOS BORDES DE FRAGMENTOS.

El recuadro verde representa las correlaciones analizadas.



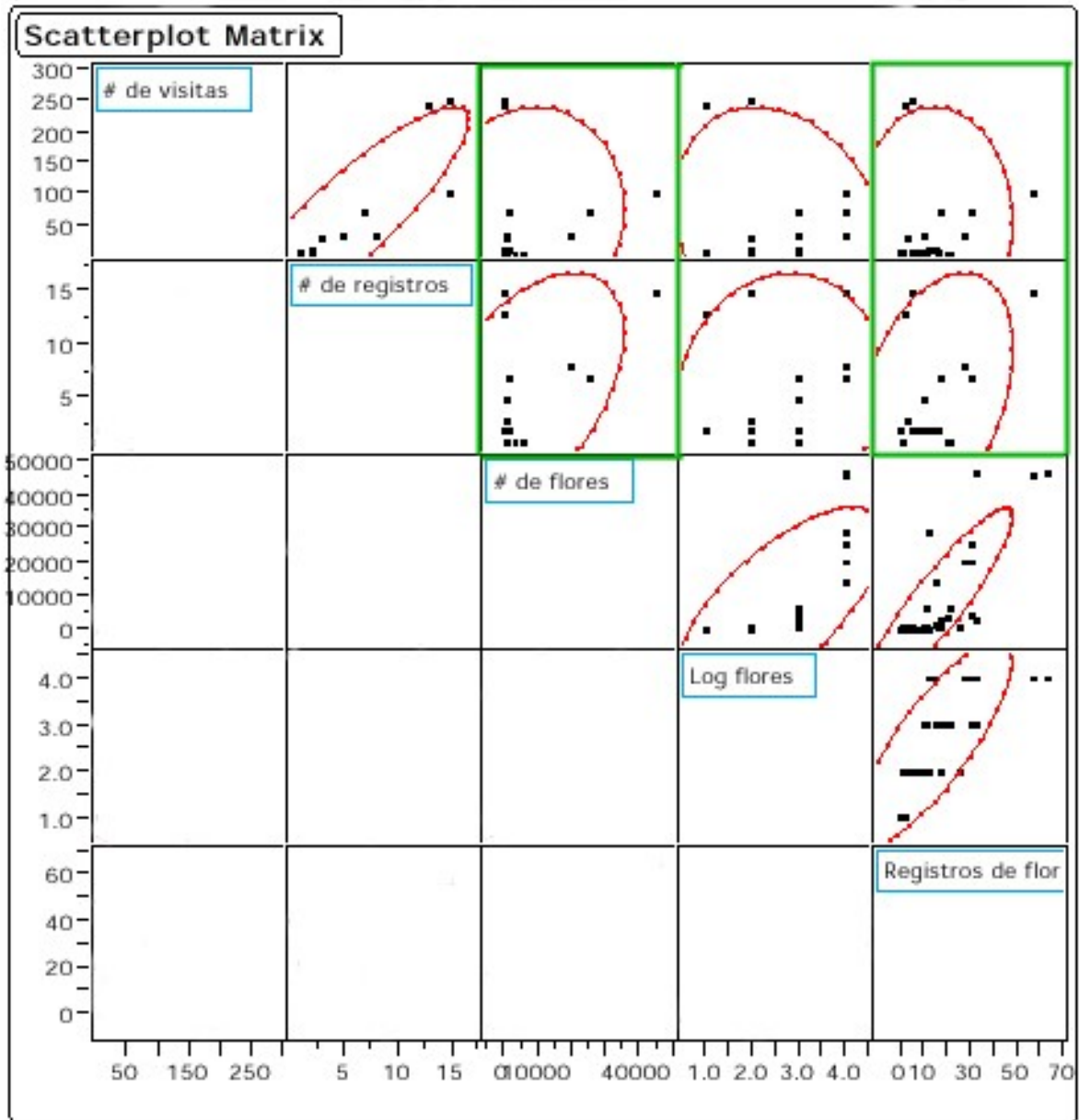
ANEXO 14. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES SPEARMAN ENTRE EL NÚMERO DE LÁMINAS Y EL NÚMERO DE FLORES O REGISTROS DE FLOR DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Heliangelus exortis* AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES.

El recuadro verde representa las correlaciones analizadas.

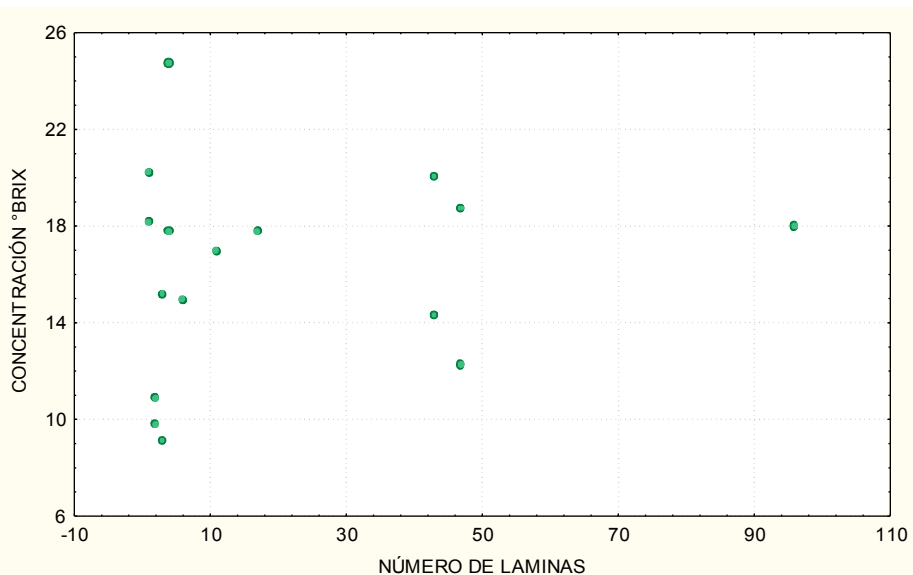


ANEXO 15. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES SPEARMAN ENTRE EL NÚMERO DE VISITAS O DE REGISTROS Y EL NÚMERO DE FLORES O REGISTROS DE FLOR DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Heliangelus exortis* AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES.

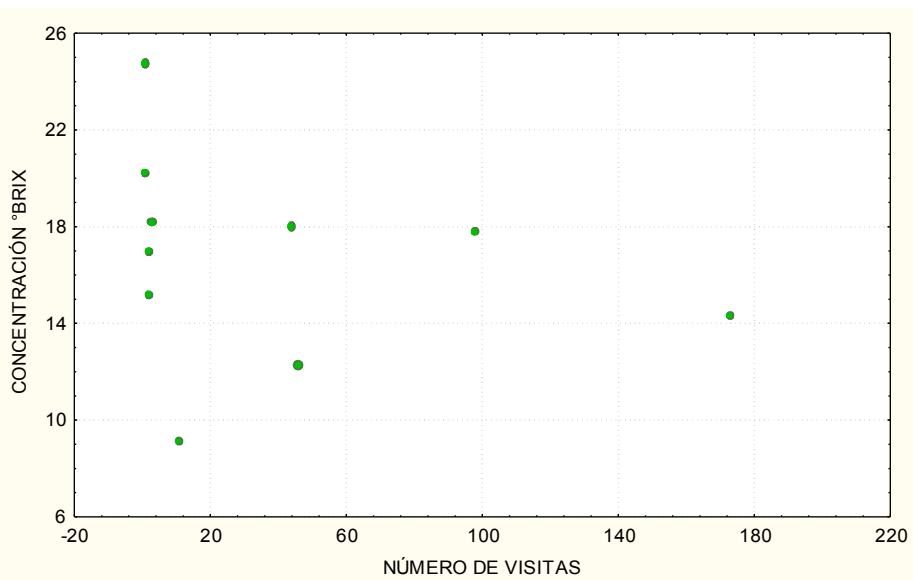
El recuadro verde representa las correlaciones analizadas.



ANEXO 16. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES SPEARMAN ENTRE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO DIARIA Y EL NÚMERO DE LÁMINAS O EL NÚMERO DE VISITAS DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Coeligena bonapartei* AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES.

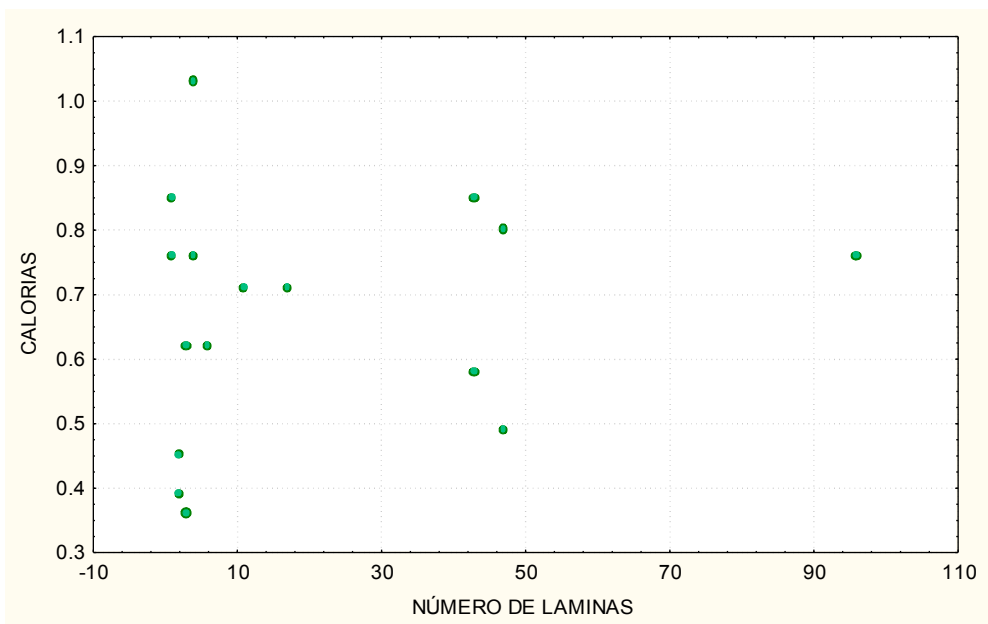


Gráfica entre el número de láminas y la concentración promedio de néctar aportado.

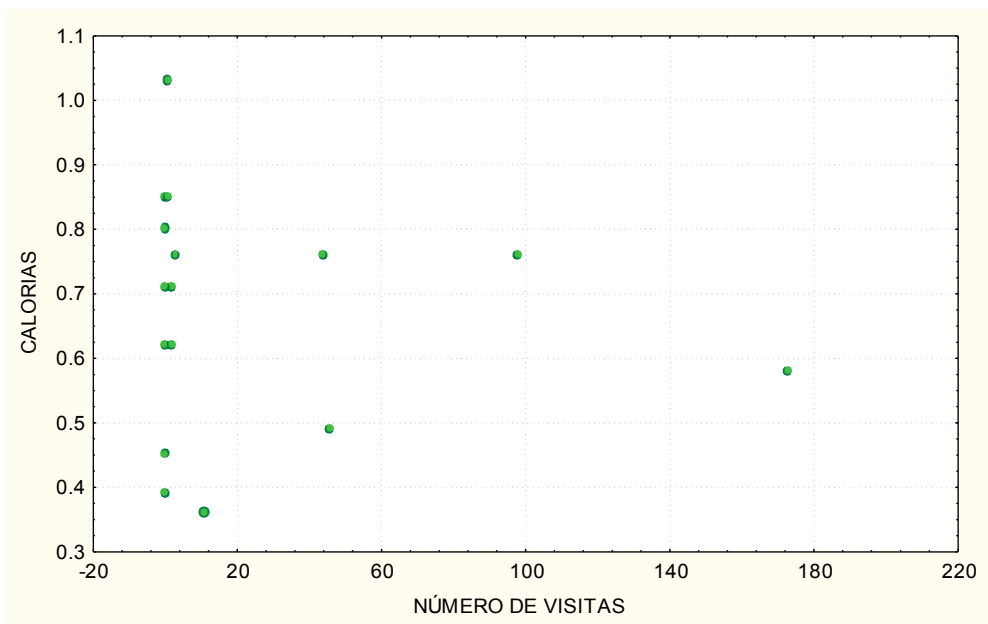


Gráfica entre el número de visitas y la concentración promedio de néctar aportado.

ANEXO 17. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES DE SPEARMAN ENTRE LAS CALORIAS/ μ l PROMEDIO DIARIA Y EL NÚMERO DE LÁMINAS O EL NÚMERO DE VISITAS DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Coeligena bonapartei* AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES.

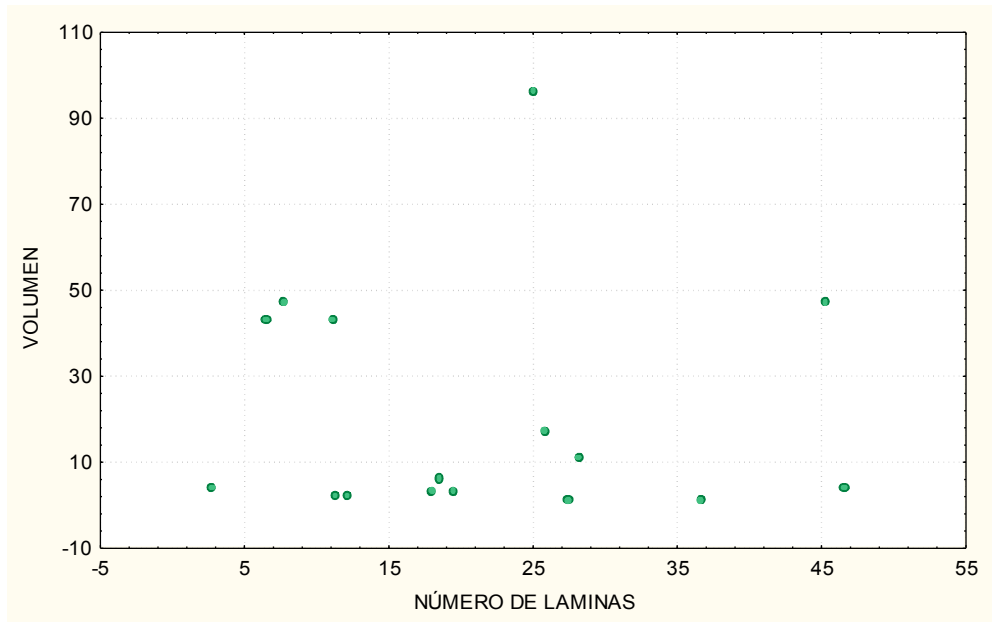


Gráfica entre el número de láminas y las Calorías/ μ l aportadas.

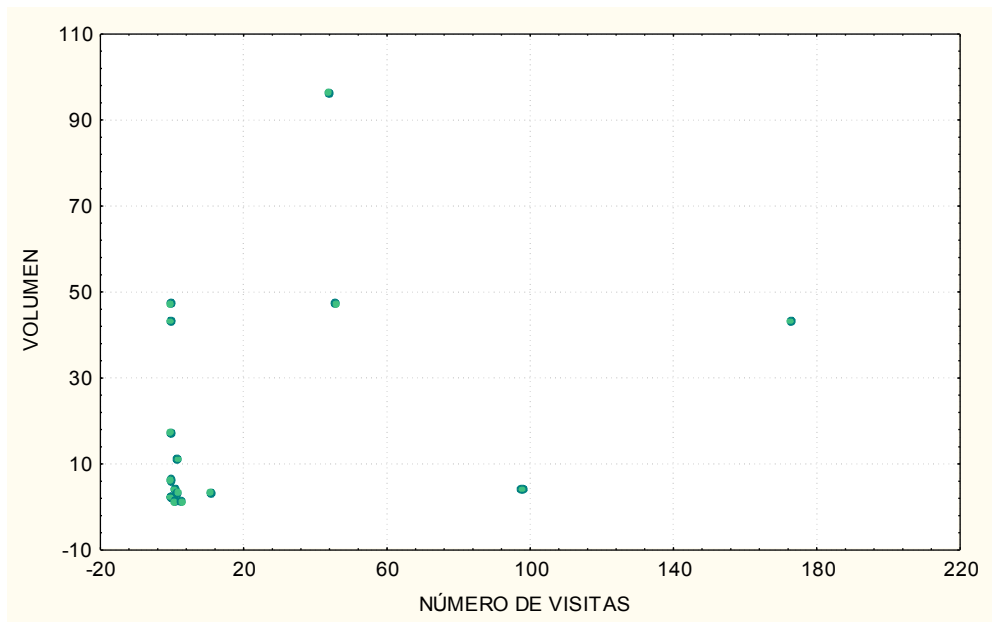


Gráfica entre el número de visitas y las Calorías / μ l aportadas.

ANEXO 18. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES DE SPEARMAN ENTRE EL VOLUMEN (μl) PROMEDIO DIARIO Y EL NÚMERO DE LÁMINAS O EL NÚMERO DE VISITAS DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Coeligena bonapartei* AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES.

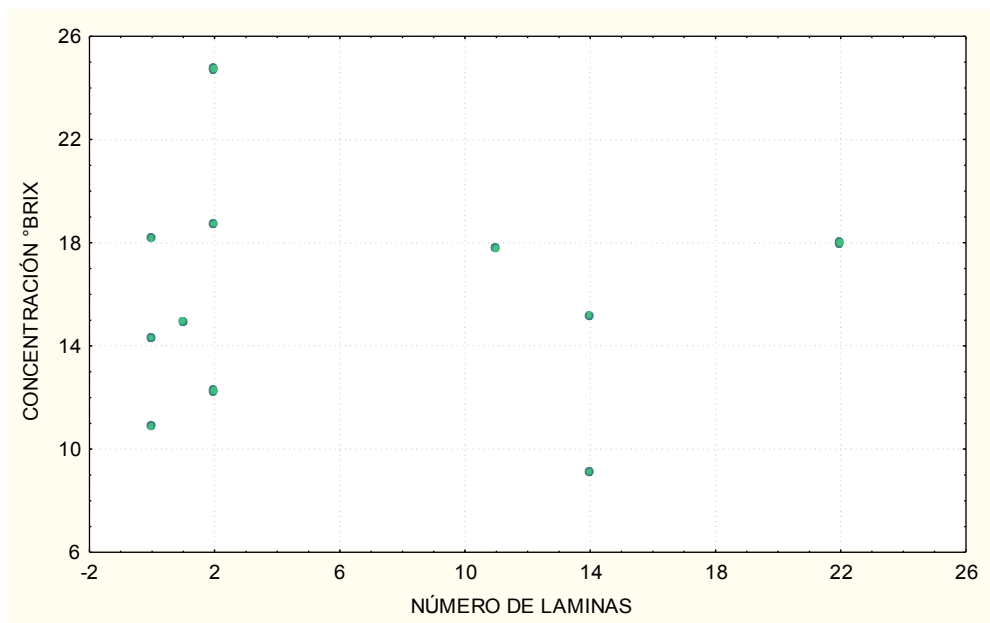


Gráfica entre el número de láminas y el volumen (μl) aportado.

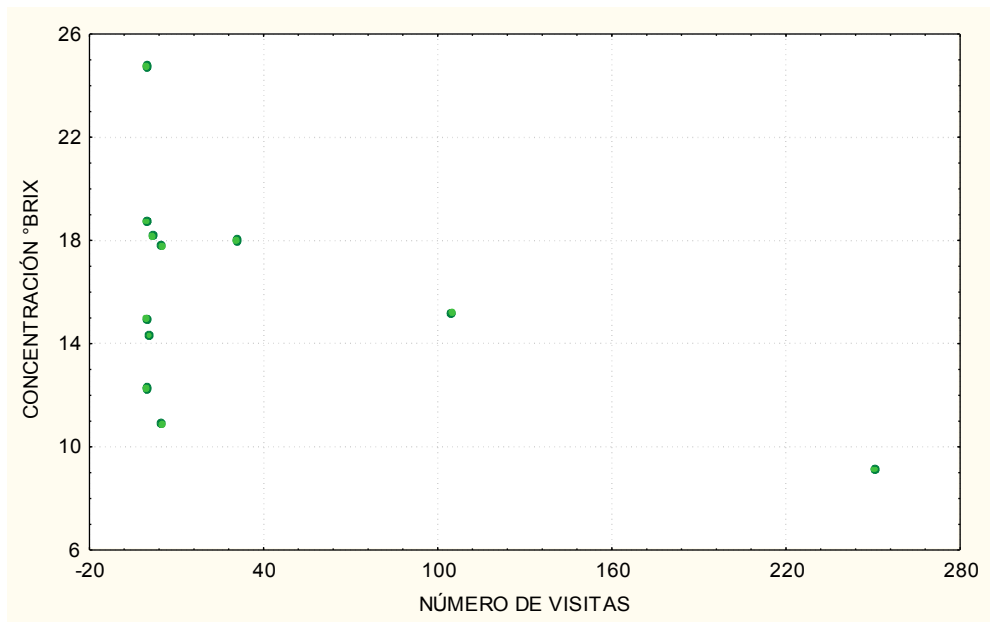


Gráfica entre el número de láminas y el volumen (μl) aportados.

ANEXO 19. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES DE SPEARMAN ENTRE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO DIARIA Y EL NÚMERO DE LÁMINAS O EL NÚMERO DE VISITAS DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Heliangelus exortis* AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES.

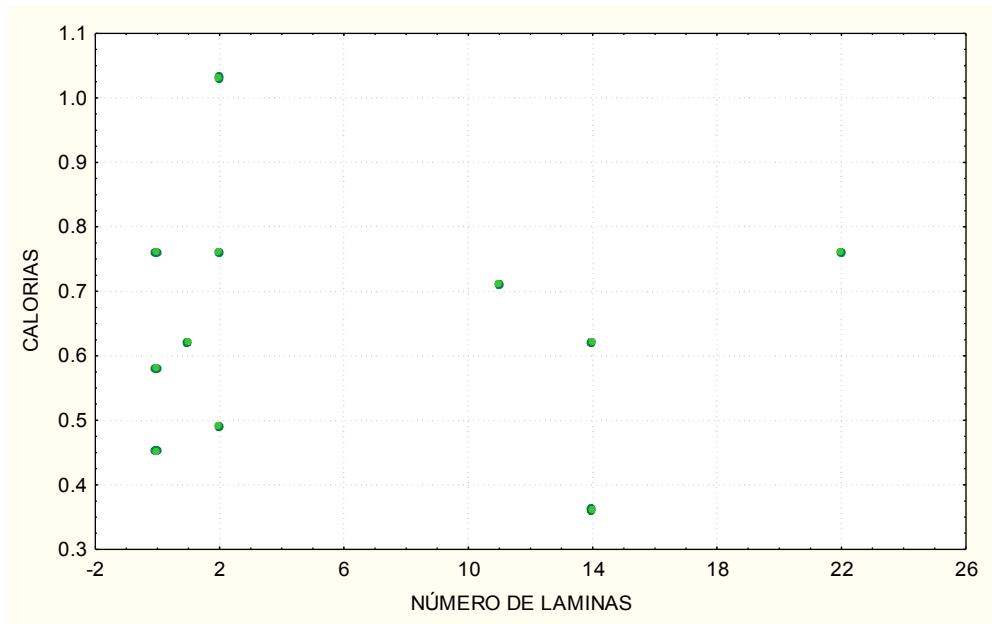


Gráfica entre el número de láminas y la concentración de néctar aportado en °Brix.

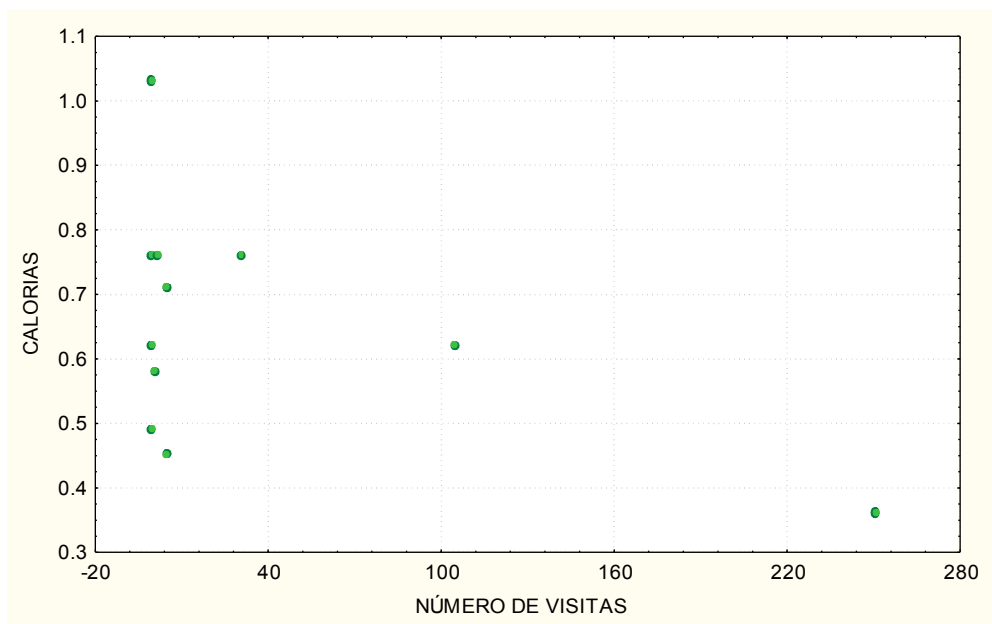


Gráfica entre el número de visitas y la concentración de néctar aportado en °Brix.

ANEXO 20. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES DE SPEARMAN ENTRE LAS CALORIAS/ μ l PROMEDIO DIARIA Y EL NÚMERO DE LÁMINAS O EL NÚMERO DE VISITAS DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Heliangelus exortis* AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES.

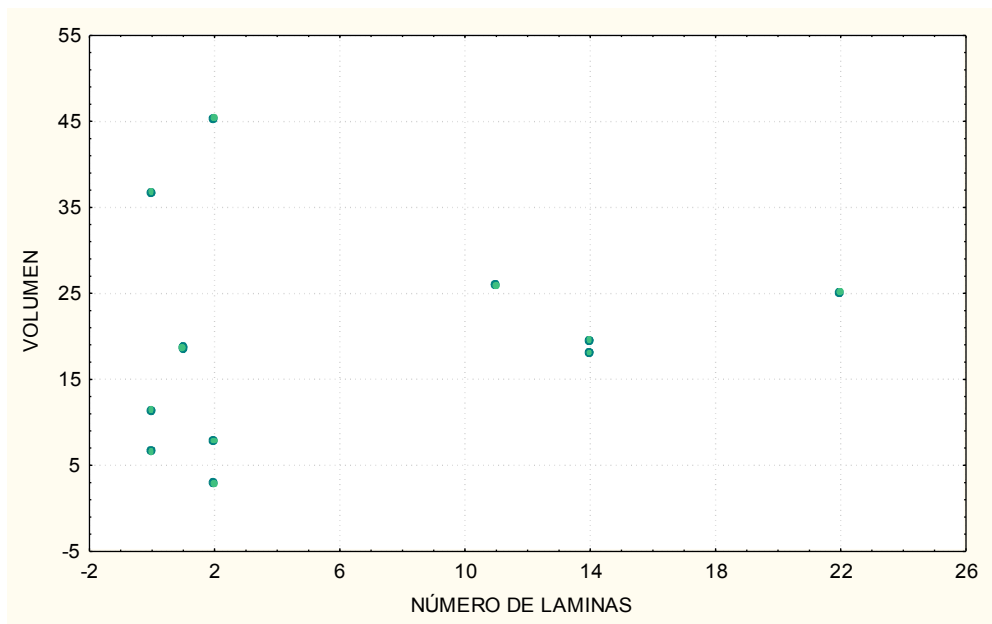


Gráfica entre el número de láminas y las calorías/ μ l aportadas.

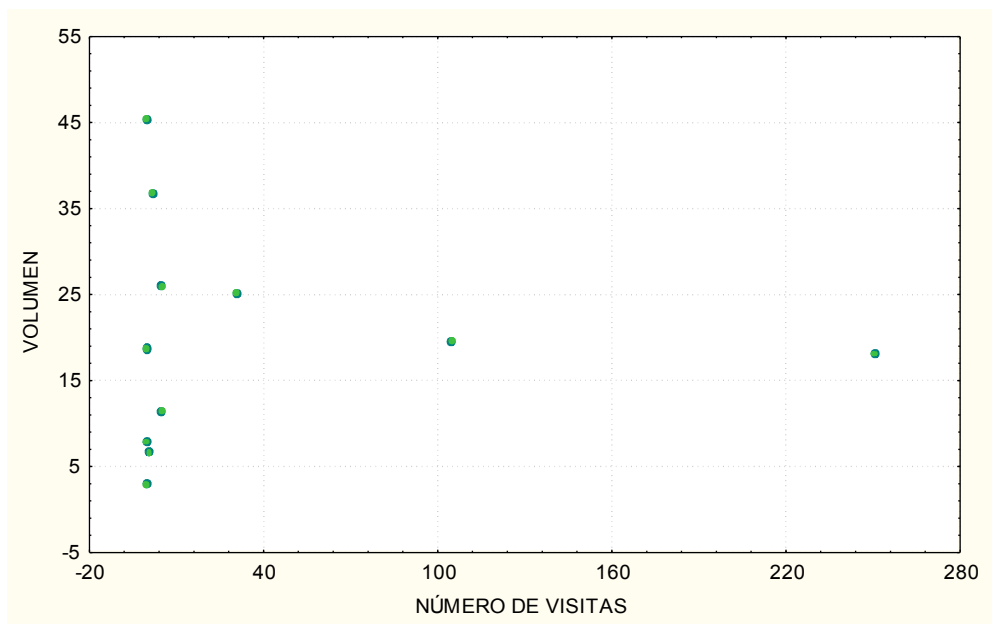


Gráfica entre el número de visitas y las calorías/ μ l aportadas.

ANEXO 21. GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS DE LAS CORRELACIONES DE SPEARMAN ENTRE EL VOLUMEN (μl) PROMEDIO DIARIO Y EL NÚMERO DE LÁMINAS O EL NÚMERO DE VISITAS DE LAS ESPECIES DE PLANTAS EN LA DIETA FLORAL DE *Heliangelus exortis* AL COMBINAR LOS CUATRO BOSQUES.

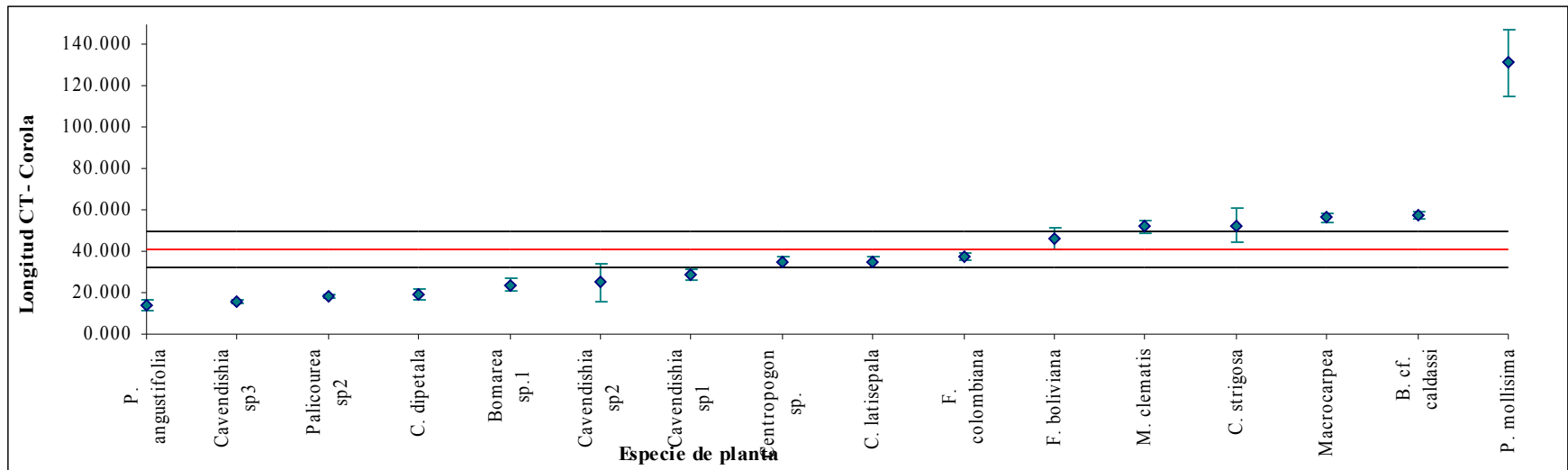


Gráfica entre el número de láminas y el volumen en (μl) aportados.



Gráfica entre el número de visitas y el volumen en (μl) aportados.

ANEXO 22. Longitud de corola de algunas especies de plantas en los cuatro bosques de estudio y Longitud del culmen total más media lengua aproximadamente de *C. bonapartei*. En azul los valores promedio de las longitudes de corola de algunas especies de plantas y su desviación estandar. Línea roja Longitud promedio del culmen total y media lengua aproximadamente y en líneas negras las desviaciones estandar del promedio del culmen.



ANEXO 23. Longitud de corola de algunas especies de plantas en los cuatro bosques de estudio y Longitud del culmen total más media lengua aproximadamente de *H. exortis*. En verde los valores promedio de las longitudes de corola de algunas especies de plantas y su desviación estandar. Línea roja Longitud promedio del culmen total y media lengua aproximadamente y en líneas negras las desviaciones estandar del promedio del culmen.

