

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE MORELOS**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y
CONSERVACIÓN**

**¿TIENEN CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS PARTICULARES LAS
ESPECIES DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS QUE HABITAN
LOS ECOSISTEMAS URBANOS?**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN BIOLOGÍA INTEGRATIVA DE LA BIODIVERSIDAD Y LA
CONSERVACIÓN**

PRESENTA:

BIÓL. BARBARA MASSIEL CAMPOS ANZURES

DIRECTORA: M. EN C. CARMEN LORENA OROZCO LUGO

CODIRECTOR: DR. ANTONIO GUILLÉN SERVENT



CUERNAVACA, MORELOS.

JUNIO, 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Cuernavaca, Morelos a 1 de junio de 2021

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “**¿Tienen características ecológicas particulares las especies de murciélagos insectívoros que habitan los ecosistemas urbanos?**”, del/la alumno(a) **Bárbara Massiel Campos Anzures**, con número de matrícula **10012894**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

M. en C. Carmen Lorena Orozco Lugo
Profesor – Investigador
CIByC - UAEM



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

CARMEN LORENA OROZCO LUGO | Fecha:2021-06-01 12:24:41 | Firmante

j6v/lvZaurLiqGfczQaBppcE6jM6p1oaGY7XPPH/V9XKwlf8mwlmvdd+RJUt0BXuNpn4jVak8LImwO3iGMY0r3MyP7SKiLqGb/6WkoVF5dXpIV/rdU7Te62gRSE3nlympPPuK3yyCjv4cTkEIo2HbK/UgVmHM32rI3SSzY2fyouH4EwSQbizz5Exu/Clrt9w3OqXwC9ipsC5NDZE8JR/DK928n7i9GkzvfQONSJDq5P9L5KK0ibG0bm896S14ygFa0JdBBIKEZ/FR3GgnhAxUv02PsAndzY/KKd2DQ66CKNaioiKHwyQIGWHhWxW2unvkfBL57den3eNY5RMshzHQVw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[OfhVPw](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Q7dnaDtfZE9Zgcn4MBFaqM99b1zOvaQu>





GOBIERNO DE
MÉXICO



Red Biología y Conservación de Vertebrados

Xalapa, Ver., a 29 de abril de 2021

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Universidad Autónoma del estado de Morelos
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “**¿Tienen características ecológicas particulares las especies de murciélagos insectívoros que habitan los ecosistemas urbanos?**”, de la alumna **Bárbara Massiel Campos Anzures**, con número de matrícula **10012894**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente,

**Dr. Antonio Guillén Servent
Investigador Titular
Instituto de Ecología, A.C., CPI CONACYT**





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ANTONIO GUILLÉN SERVENT | Fecha:2021-04-29 14:09:10 | Firmante

IMCp4zEDiPqGXPOUjdJw1L5a28Hrw54FqkNyjCZLxc/o5ROJWWhr4kUiNlgtFn8xmdYVrrCRb27wMaltEyyhefGaT8tMqBVCSM1RGFYBN5EAuSkTH02YzNoMe6amefls9e3x6w8VzcyEkr3TVswN2bsrfmq0BzF1cGm1xJSDVQnY2kZweocMNq62KCSChSdeitKxs+rtMTwXA/IBgFCMTEcP7wzyUfWs8h/7dhyHQB8e6u5sAWkBruB6gNITF1XGMqSK5/n+GIJ3+c3fLRBmmr3ReKURRauBSMSf5xCNlvXwXROQvOOXOYMcq+JEf6ddZ6Vr0gbazRYEZ3nwSwqUMeg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[fxd7Lk](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/lw7QLy76m4UwX2Aushla1QgvXemX2M6h>





Octubre 21 de 2020

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación**

Presente

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “**¿Tienen características ecológicas particulares las especies de murciélagos insectívoros que habitan los ecosistemas urbanos?**”, del/la alumno(a) **Bárbara Massiel Campos Anzures**, con número de matrícula **10012894**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dr. Norman Mercado Silva
PITC Titular B
CIByC - UAEM



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

NORMAN MERCADO SILVA | Fecha:2020-10-21 15:52:28 | Firmante

U4yw3EKcsPzFkaxVPzEKG86HKCSYfqvRtz6FeTPTDG37AjKUWu/UFoWBbl2XSdnzcvczQnp3QGXUdxm3cdRZmQPE7p2NCds2xtrSOtsf5PHn1b7s0bW+ghojlbTtBOcSCuawd+7Qq5tbbmcpYgYZHig9Ci1cSAC3BeEmD4mCVMR9qQ44InnO/dq46oMbO84UUDZWhT4SQcRjZ4L1xp7pftDWBqm7Of0+EJCZ9boJ5HMDP+6FVp6sIIeKl9M+yEKL74+YJxC Hbu+8crnhPeTr6tl/OiEaRjmalP4i5tk7GdfNoC1Tx7KEydzLni/g0ZiAdQFVUbh5ZKNuk6iHPCeQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



7yZJIN

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/tF8xBst40ysZgYOWejPhcTcpy8aY4TSX>





UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE LA COSTA SUR
DIVISIÓN DE DESARROLLO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA Y RECURSOS NATURALES - IMECBIO

Autlán, Jalisco, a 25 de mayo de 2021

Comisión de Seguimiento Académico

Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación

Presente

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “¿Tienen características ecológicas particulares las especies de murciélagos insectívoros que habitan los ecosistemas urbanos?” de la alumna Barbara Massiel Campos Anzures, con número de matrícula 10012894, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi VOTO APROBATORIO.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dr. Luis Ignacio Íñiguez Dávalos
Profesor Investigador Titular C



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

LUIS IGNACIO ÑIGUEZ DÁVALOS | Fecha:2021-05-25 21:46:35 | Firmante

gllpl293laZSW5VsLS+DBtvqvmEYT+Y4sS/+PelJ306+lelBl2QedvnXjuirhrCpFBCfx6jonq8WBovDw20NrbLzWQK9/vHdb0THAcRKSfLB0cyK5UDYacAcgX74IMwCFwVWIMi1FuK
FuARpXPYqpbcb+wiwmY1rne2bFbi3pUvLwIURfDzac/0qrNifVt4YtHF9nWYnuwI3QSQXd/yPAEZy72Lrixzn3xn2x50mdkK5vdOucVdw/Pfmdk1Z+Cx767NkQficTajCJe5YFxrVvey
0eP7tMG8D45/EdlesETAS+2l5pHpclJmbJEzYNPX5VJU6tMHiiWem18HffW63A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



PZF3sq

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/xHntkFu32DMVQJnnzF4TckW0ENB9n4pw>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN



Cuernavaca, Morelos a 31 de mayo de 2021

Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad
y la Conservación
Presente

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “**¿Tienen características ecológicas particulares las especies de murciélagos insectívoros que habitan los ecosistemas urbanos?**” de la alumna **Barbara Massiel Campos Anzures**, con número de matrícula **10012894**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente,
Por una humanidad culta,
Una universidad de excelencia

Dr. David Valenzuela Galván
Profesor Investigador Titular C



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

DAVID VALENZUELA GALVAN | Fecha:2021-05-31 13:53:20 | Firmante

iSbwc15+OssQYHNedIII87peMDGJ7MT3Z86i3NnPIFT5mtlQ+XWTHLeEILhi56KI27VvKXLRlEiUKXM0PSCxhnSP4xA9pXEIqlHUcUvrHxXOFJGED3Cr30e0WTup+hAaaeXdUjqMeZ9oCE8ewE0ld11oJwnG/THYRQKh1E5L6teYgwWWn7W8+kSzhR5gGz8lJBIYsoPbKG3CLm89q2l1Lfwbesa5wiCGyCHHqVbXmG3laC4Jtr5aP5eCEhUEx88n9AT9e3LnVgZ2LFW0gRPrHZhYIVqDVHReC17mh09R/Mab1Xgy/mTG6EIKcfnF6CKOC+JgM+7Z+59mHNJJ2ZXnO+Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



CKg4qc

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/eulKOTEXDuMktl5uvQT4lRyfft5HkgV>





El Colegio de la Frontera Sur

29 Octubre del 2020

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada **“¿Tienen características ecológicas particulares las especies de murciélagos insectívoros que habitan los ecosistemas urbanos?”**, del/la alumno(a) **Bárbara Massiel Campos Anzures**, con número de matrícula **10012894**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dr. Luis-Bernardo Vázquez
Investigador Titular



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

LUIS BERNARDO VAZQUEZ HERNANDEZ | Fecha:2020-10-30 16:56:41 | Firmante

PzSOkhrQhLbIYtQpl0mtJv62BuRskupZ4sdzOyIKTIhgmCRnfnl+xHBX66B3EmK/luXTYI9DzPZLgAlkDDSuKDtbtqKLHDu25nOCZ1QEz3Kgu6c9bKIOZPksuK3l6j7VTcTtFYK8DfytJY+O/HRHT+r1jQXB6v0XR+Zgn17L2v+8rXngdg310Sza8VrhkRigbuJu/VChV0rGtUSqMlz+IoccfB1yjkvfnbJmi//DS2ozLMkW1SzfZACCDSdt+yjdZA0UZBokvCO6HMCwQINptOwSBk0bl9QiaY0z2oCurvhDvnJbtc4LosUNVISMV5E11P3jiG1VETwbYDvTN/ovA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



8KySak

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/rQLpcrxMfpKgzu7Fb85VK52pcettlq4F>



*Dedico esta tesis a mi padre, Leoncio Campos,
quien no la vio terminada y de quien aprendí a amar la vida.*

AGRADECIMIENTOS

A la M. en C. Lorena, quien me introdujo al mundo de los murciélagos y ha compartido conmigo su experiencia, fundamental en mi desarrollo académico.

Al Dr. Antonio, por permitirme usar su colección de fotos, por su orientación en los análisis estadísticos y el tiempo dedicado a este trabajo.

Al Dr. Norman y el Dr. Ignacio, por estar desde el comienzo de este proyecto y por su asesoría para mejorar este trabajo.

Al Dr. Luis Bernardo y el Dr. David, por sus comentarios y sugerencias para la versión final de esta tesis.

Al M. en BByC. César, por permitirme hacer uso de las grabaciones, que fueron una pieza fundamental en este proyecto.

A la Colección Nacional de Mamíferos de la UNAM, a la Colección de Mamíferos de CIByC, a la Colección de Vertebrados del INECOL por permitirme el acceso para la toma de datos que fueron fundamentales para esta tesis.

A la administración del Jardín Borda y el parque Chapultepec, por permitirnos el acceso para realizar los muestreos.

A la coordinación y administración de la MBByC, por orientarme en todo el proceso y motivarme a dar el último paso para concluir esta etapa.

Al CIByC, por el apoyo económico para presentar esta tesis en el VII Congreso Mexicano de Ecología.

Al CONACyT, por el apoyo económico que me permitió desarrollar esta tesis.

A Samuel y demás estudiantes de la Facultad de Ciencias Biológicas, por acompañarme en los muestreos de los parques.

A mi madre y hermanas, que han estado siempre pendientes y me han impulsado a salir adelante.

A Ramses Luna, por darme su apoyo, comprensión y amor cuando parecía que me iba a rendir.

CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2.1. REGLAS DE ENSAMBLAJE	3
2.2. RASGOS FUNCIONALES.....	4
2.3. EVALUACIÓN ECOMORFOLÓGICA DE LAS ALAS.....	4
2.4. RESPUESTAS FUNCIONALES DE MURCIÉLAGOS EN AMBIENTES TRANSFORMADOS	7
2.5. PRESENCIA Y ACTIVIDAD RELATIVA DE LOS MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS AÉREOS (MIA) EN LAS BARRANCAS DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA.....	9
3. JUSTIFICACIÓN.....	10
4. HIPÓTESIS.....	11
5. OBJETIVOS.....	11
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS PARTICULARES	11
6. MÉTODOS.....	12
6.1. ÁREA DE ESTUDIO	12
6.2. SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO	13
6.3. OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	14
6.3.1. <i>Estimación de la riqueza y actividad de las especies en los sitios</i>	14
6.3.2. <i>Selección de rasgos morfológicos</i>	17
6.3.3. <i>Medición de los 26 rasgos seleccionados</i>	18
6.3.4. <i>Análisis ecomorfológico</i>	23
7. RESULTADOS	27
7.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES MEDIANTE SONIDOS Y ACTIVIDAD ABSOLUTA (ÍNDICES DE ACTIVIDAD).....	27
7.2. SELECCIÓN DE RASGOS MORFOLÓGICOS Y ANÁLISIS ECOMORFOLÓGICO	28
7.3 ANÁLISIS EN EL ESPACIO ECOMORFOLÓGICO	36
8. DISCUSIÓN	53
9. CONCLUSIONES	58
10. REFERENCIAS	59
ANEXO I.....	66
REFERENCIAS ANEXO I.....	68

Índice de figuras

FIGURA 1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS QUE DESCRIBEN EL ALA DE LOS MURCIÉLAGOS	5
FIGURA 2. MEDICIONES OBTENIDAS PARA ESTE ESTUDIO MEDIANTE MORFOMETRÍA DIGITAL.....	6
FIGURA 3. MAPA DEL MUNICIPIO DE CUERNAVACA	12
FIGURA 4. MAPA DE LOS SITIOS DE MUESTREO Y ÁREAS BUFFER DE 500 M.....	14
FIGURA 5. PARÁMETROS ESPECTRALES DE UN PULSO SOMETIDO A ANÁLISIS EN EL PROGRAMA SONOBAT 3.1.....	16
FIGURA 6. DIAGRAMA QUE MUESTRA LA RELACIÓN DE LOS 26 RASGOS SELECCIONADOS Y SU RELACIÓN CON LOS ÍNDICES TRADICIONALES Y LOS RASGOS DE DESEMPEÑO DE ACUERDO CON LA TABLA DEL ANEXO I	18
FIGURA 7. A) RED COLOCADA SOBRE UN CUERPO DE AGUA EN EL PARQUE CHAPULTEPEC; B) INDIVIDUO CAPTURADO Y FIJADO A LA PLACA PARA LA TOMA DE LA FOTOGRAFÍA CON SU RESPECTIVA ETIQUETA.....	19
FIGURA 8. A) REVISIÓN DE EJEMPLARES.....	20
FIGURA 9. MEDIDAS OBTENIDAS DE LAS FOTOGRAFÍAS DE LAS ALAS.....	22
FIGURA 10. DIAGRAMA CON LOS RASGOS DE HUESO UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS FINAL	29
FIGURA 11. ANÁLISIS GRÁFICOS DE LOS ÍNDICES TRADICIONALES	31
FIGURA 12. ACP1 QUE MUESTRA EL COMPONENTE 1 Y 2 PARA LOS RASGOS DE MASA (M), LONGITUD DEL ANTEBRAZO (LAB), LONGITUD DEL TERCER DEDO (LTD3) Y LA LONGITUD DEL QUINTO DEDO (LTD5)	33
FIGURA 13. ACP2 QUE MUESTRA EL COMPONENTE 1 Y 2 PARA LOS RASGOS DE MASA (M), LONGITUD TOTAL DE ALA (LTALA) Y LA LONGITUD TOTAL DEL QUINTO DEDO (LTD5) EMPLEADOS EN LOS ÍNDICES TRADICIONALES.....	34
FIGURA 14. ACP3 QUE MUESTRA EL COMPONENTE 1 Y 2 PARA LOS RASGOS DE MASA (M), LA LONGITUD TOTAL DEL ALA (LTALA), LA LONGITUD DEL ANTEBRAZO (LAB), LA LONGITUD DEL UROPATAGIO (LUR), LA LONGITUD DEL METACARPO DEL TERCER DEDO (LD3.M), LA LONGITUD DE LAS FALANGES DEL TERCER DEDO(LD3.M), LA LONGITUD DE LAS FALANGES DEL TERCER DEDO (LD3.F), LA LONGITUD TOTAL DEL TERCER DEDO (LTD3), LA LONGITUD DEL METACARPO DEL QUINTO DEDO (LD5.M), LA LONGITUD DE LAS FALANGES DEL QUINTO DEDO (LD5.F) Y LA LONGITUD TOTAL DEL QUINTO DEDO (LTD5) MEDIDOS EN ESTE ESTUDIO.....	36
FIGURA 15. ESPACIO ECOMORFOLÓGICO PARA LOS COMPONENTES 1 Y 2 Y ACTIVIDAD ABSOLUTA PARA LAS ESPECIES PRESENTES EN EL A) BLOQUE NORTE Y B) BLOQUE SUR	38
FIGURA 16. ESPACIO ECOMORFOLÓGICO PARA LOS COMPONENTES 1 Y 3 Y ACTIVIDAD ABSOLUTA PARA LAS ESPECIES PRESENTES EN EL A) BLOQUE NORTE Y B) BLOQUE SUR	39
FIGURA 17. ESPACIO ECOMORFOLÓGICO PARA LOS COMPONENTES 1 Y 4 Y ACTIVIDAD ABSOLUTA PARA LAS ESPECIES PRESENTES EN EL A) BLOQUE NORTE Y B) BLOQUE SUR.....	40
FIGURA 18. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE LOS VALORES DEL COMPONENTE 1 (A) Y DE LAS DESVIACIONES DE LAS DISTANCIAS DEL VALOR DEL COMPONENTE AL CENTROIDE DE CADA SITIO (B), DEL ANÁLISIS ACP3.....	42
FIGURA 19. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE LOS VALORES DEL COMPONENTE 2 (A) Y DE LAS DESVIACIONES DE LAS DISTANCIAS DEL VALOR DEL COMPONENTE AL CENTROIDE DE CADA SITIO (B), DEL ANÁLISIS ACP3.....	43
FIGURA 20. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE LOS VALORES DEL COMPONENTE 3 (A) Y DE LAS DESVIACIONES DE LAS DISTANCIAS DEL VALOR DEL COMPONENTE AL CENTROIDE DE CADA SITIO (B), DEL ANÁLISIS ACP3.....	44
FIGURA 21. DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE LOS VALORES DEL COMPONENTE 4 (A) Y DE LAS DESVIACIONES DE LAS DISTANCIAS DEL VALOR DEL COMPONENTE AL CENTROIDE DE CADA SITIO (B), DEL ANÁLISIS ACP3.....	45

Índice de tablas

TABLA 1. VARIABLES UTILIZADAS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS CHILLIDOS DE ECOLOCACIÓN	16
TABLA 2. NÚMERO DE ALAS FOTOGRAFIADAS PARA CADA ESPECIE Y FUENTE DE LOS EJEMPLARES.....	21
TABLA 3. RIQUEZA DE ESPECIES EN CADA SITIO	27
TABLA 4. ACTIVIDAD ABSOLUTA DE CADA ESPECIE EN CADA SITIO	28
TABLA 5. VALORES PARA LOS TRES ÍNDICES CON MEDICIONES DE HUESO	30
TABLA 6. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ACP1.....	32
TABLA 7. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ACP2.....	34
TABLA 8. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ACP3.....	35
TABLA 9. VALORES DE LA DISPERSIÓN FUNCIONAL (FDis) Y ENTROPÍA CUADRÁTICA DE RAO (Q) PARA CADA SITIO.....	46
TABLA 10. VALORES DE LA DISPERSIÓN FUNCIONAL (FDis) Y ENTROPÍA CUADRÁTICA DE RAO (Q) POR COMPONENTE.....	47
TABLA 11. RESULTADOS DEL ANOVA PARA EL MODELO ART DE LOS CUATRO COMPONENTES Y LAS DEVIACIONES CON LOS EFECTOS DE LOS FACTORES ÁREA Y URBANIZACIÓN Y SU INTERACCIÓN SOBRE LA VARIABLE DE RESPUESTA COMPONENTE 1	48
TABLA 12. RESULTADOS DEL ANOVA PARA EL MODELO ART GENERAL Y PARA CADA UNO DE LOS VALORES DE DESVIACIÓN AL CENTROIDE DE LOS COMPONENTES CON LOS EFECTOS DE LOS FACTORES ÁREA Y URBANIZACIÓN Y SU INTERACCIÓN SOBRE LA VARIABLE DE RESPUESTA COMPONENTE 1	49
TABLA 13. PRUEBA POST HOC DE TUKEY PARA CADA UNO DE LOS VALORES DE LOS COMPONENTES EN EL ANÁLISIS ART ANOVA.	50
TABLA 14. PRUEBA POST HOC DE TUKEY GENERAL Y PARA CADA UNO DE LOS VALORES DE DESVIACIÓN AL CENTROIDE DE LOS COMPONENTES EN EL ANÁLISIS ART ANOVA	52

RESUMEN

El crecimiento de los asentamientos humanos tiene un impacto sobre la diversidad biológica debido al cambio de uso de suelo, aprovechamiento no sustentable de recursos, contaminación, introducción de especies invasoras, cambio climático y alteración de los ecosistemas naturales. Una manera de comprender cómo las especies responden a la modificación del hábitat es a través de sus rasgos funcionales, que son características morfológicas o fisiológicas relevantes para la respuesta de los organismos al ambiente. En los murciélagos, la forma de las alas es una característica clave para determinar el uso de hábitat de las especies. Analizar esta característica como rasgo funcional en murciélagos presentes en ambientes urbanos, puede ser útil para evaluar si la urbanización actúa como un filtro en la ecomorfología de las especies. Los objetivos de este trabajo son: determinar cuáles son los rasgos funcionales que puedan describir el desempeño del vuelo de los murciélagos insectívoros en un espacio ecomorfológico multidimensional, y, determinar si se produce un cambio en la distribución de los rasgos funcionales a lo largo de un porcentaje de urbanización en las cañadas de la ciudad de Cuernavaca. Para esto se emplearon grabaciones de los sonidos de ecolocación hechas en sitios con diferentes niveles de urbanización (no urbano, semiurbano y urbano) en dos bloques altitudinales de la ciudad de Cuernavaca (norte y sur). Las grabaciones de los sonidos se analizaron con el programa Sonobat 3.1, y los sonidos se asignaron a especie mediante con una herramienta de clasificación "Random Forest" que dio como resultado un total de 17 especies contenidas en cuatro familias. La selección de los rasgos fue mediante revisión bibliográfica, resultando en ocho rasgos de hueso, diez rasgos de área y seis de longitudes, así como el peso. La medición de los rasgos se realizó digitalmente mediante fotografías de alas de murciélagos vivos y de ejemplares de colecciones preservados en piel y alcohol en el paquete ImageJ en el entorno Icy 1.9.5. En los ejemplares de colecciones no fue posible medir rasgos de áreas, por lo cual fueron descartados, quedando con nueve rasgos de hueso y el peso. Los rasgos de hueso se pudieron obtener en todos los ejemplares y resultaron igualmente útiles que los rasgos de áreas. Los datos indican que la urbanización actúa como un filtro en la ecomorfología de las especies de murciélagos insectívoros aéreos, observándose una contracción del espacio ecomorfológico en los sitios más urbanizados.

Palabras clave: murciélagos insectívoros aéreos, rasgo funcional, urbanización.

1. INTRODUCCIÓN

Comprender la organización de la diversidad biológica a nivel de comunidad ha sido un tema ampliamente estudiado (Brown y Lieberman, 1973). Inicialmente se pensaba que la coexistencia de especies era determinada en gran parte por la competencia interespecífica directa, pero hoy se conoce también que hay filtros ambientales que ocurren en escalas locales y regionales del paisaje y las especies presentes en esas escalas deben poseer los rasgos funcionales apropiados (Poff, 1997). Los rasgos funcionales son características morfológicas, fisiológicas o fenológicas medidas a nivel individual y se consideran relevantes para la respuesta de dichos organismos al ambiente. Por lo anterior, una manera de comprender cómo los ensamblajes¹ de especies responden al cambio o modificación del hábitat es a través de sus rasgos funcionales (Mayfield et al., 2010).

En las últimas décadas, varios estudios han revelado la pérdida de especies y la alteración de la composición de los ensamblajes en respuesta a la degradación en ambientes tropicales (Dirzo et al., 2014; Hill y Curran, 2003; Turner, 1996). En ecosistemas que han sido muy alterados hay una disminución de la riqueza y diversidad de especies en los ensamblajes de mamíferos (Ahumada et al., 2011), lo que puede conducir a la homogenización de ensambles² de especies (McKinney, 2006).

Uno de los fenómenos que tiene mayor impacto sobre la diversidad biológica es el crecimiento de los asentamientos humanos (Tratalos et al., 2007), como consecuencia de este crecimiento hay un cambio de uso de suelo, aprovechamiento no sustentable de recursos, contaminación, introducción de especies invasoras, cambio climático y alteración de los ecosistemas naturales (Tratalos et al., 2007).

Los quirópteros, al ser los únicos mamíferos con la capacidad de volar, poseen adaptaciones morfológicas y sensoriales que les permiten acceder a una amplia variedad de hábitats y explotar una gran cantidad de recursos (Arita y Fenton, 1997; Schnitzler y Kalko, 1998 y Neuweiler, 2000). Por ello resultan un modelo idóneo para explorar el posible efecto de filtros ambientales en ambientes urbanos.

La evaluación de los rasgos funcionales de los murciélagos insectívoros aéreos (MIA) que habitan en sitios urbanos ha sido escasamente estudiada, además es importante saber cuáles son los rasgos que mejor describen el desempeño de un organismo (Duchamp y Swihart, 2008), en este caso quirópteros. Por lo anterior, el presente trabajo busca analizar si los MIA presentes en diferentes niveles de urbanización en la ciudad de Cuernavaca, tienen características ecomorfológicas compartidas.

¹Ensamblaje: conjunto de especies delimitadas filogenéticamente que coexisten en un hábitat local (Fauth et al., 1996).

²Ensamble: conjunto de especies dentro de un ensamblaje que comparten gremio (Fauth et al., 1996).

2. ANTECEDENTES

2.1. Reglas de ensamblaje

La comunidad como nivel de organización, tiene una serie de propiedades que son el resultado de adaptaciones de los organismos al ambiente y de las interacciones entre especies, lo cual le confiere una composición y estructura particulares (Giller, 1984). Comprender cómo están integradas las especies en una comunidad y cómo la composición de la comunidad se relaciona con el nicho y los rasgos de las especies, es clave para explicar el funcionamiento de los ecosistemas y el mantenimiento de la biodiversidad (Mason et al., 2008).

Las reglas de ensamblaje de las comunidades pueden actuar de manera distinta de acuerdo con la escala espacial. A escala regional las condiciones ambientales y características del hábitat tendrán un efecto mayor en la diversidad de grupos de especies relacionadas filogenéticamente y que forman parte de una comunidad, mientras que a escala local las interacciones entre las especies (mutualismos, depredación, competencia, etc.) parecen ser determinantes (Brown et al., 2000; Silvertown et al., 2006; Mason et al., 2007).

Existen dos hipótesis principales sobre los procesos deterministas que pueden estructurar a las comunidades: la similitud limitante y los filtros ambientales. La similitud limitante establece que existen límites máximos entre la similitud de los nichos de las especies que coexisten (MacArthur y Levins 1967) y que dos especies con nichos ecológicos iguales no pueden coexistir de manera estable. Es decir, cuando dos especies compiten por un acceso idéntico a los recursos, una será competitivamente superior y en última instancia, suplantará a la otra. El filtro ambiental, establece que las especies que coexisten son más similares entre ellas de lo que se esperaría por el azar. En esta hipótesis se establece que las condiciones ambientales actúan como un filtro, permitiendo que solamente algunos rasgos funcionales persistan (Zobel, 1997). Así, la presencia y la abundancia de las especies entre ambientes cambia en función de los rasgos que son favorecidos (Hooper et al., 2005; Mouillot et al., 2007; Mason et al., 2008).

El filtrado ambiental es un proceso fundamental que puede proporcionar información crítica sobre la diversidad de las comunidades, y de grupos filogenéticamente relacionados al interior de estas (Mayfield, et al., 2009). Específicamente, para los murciélagos la temperatura es un factor que está relacionado con su presencia y actividad, y que ha sido documentado ampliamente, ya que a mayor temperatura existe una mayor riqueza y actividad de MIA (Erickson y West, 2002; Meyer et al., 2004; Ocampo-Ramírez, 2015 y Gurrusquieta-Navarro, 2018).

2.2. Rasgos funcionales

Los rasgos funcionales son definidos como características morfológicas, fisiológicas o fenológicas medidas en un individuo, y que definen aspectos sobre cómo funcionan o interactúan los individuos con su medio (Violle et al., 2007). Estas no hacen referencia a factores ambientales ni a ningún otro nivel de organización ecológico (población, comunidad o ecosistema).

El uso de rasgos funcionales ha permitido entender patrones de distribución en términos de selección de hábitat en peces (Bellwood et al., 2002; Mason et al., 2008), reptiles (Garland y Losos 1994) y murciélagos (Saunders 1994). Para estos últimos los rasgos más utilizados han sido los relacionados con la morfología alar (Norberg 1981; Norberg y Rayner 1987; Norberg 1994), aunque más recientemente se han incorporado los sonidos de ecolocación (Schnitzler y Kalko 1998).

Para los murciélagos se han descrito un conjunto de rasgos morfométricos que crean un espacio ecomorfológico, mismo que puede ser útil para identificar y caracterizar grupos ecológicos, y que junto con sus historias de vida puede ayudar a entender sus respuestas funcionales ante diferentes escenarios de transformación (Castillo-Figueroa 2016).

Ejemplos de lo anterior son estudios ecomorfológicos que relacionan la morfología del ala y el gremio trófico con el uso de hábitat (Olaya-Rodríguez, 2009; Mancina et al., 2012; Marinello y Bernard, 2014; Bader et al., 2015) el dimorfismo sexual secundario con la morfología alar (Stevens et al., 2013); y la forma de la hoja nasal de filostómidos con la ecolocalización (Arita, 1990; Bogdanowicz et al., 1997).

Es vital mencionar que la forma de las alas y la ecolocación en murciélagos insectívoros varían en diferentes entornos (Kalko, 2001; Schnitzler et al., 2003; Denzinger y Schnitzler, 2013). Estos dos rasgos, son las características biológicas más sobresalientes del grupo ya que evolucionaron casi a la par (Simmons et al., 2008) formando un complejo adaptativo que les permite a estos mamíferos explotar el ambiente nocturno (Speakman, 1995; Arita y Fenton, 1997), vinculando su forma y desempeño con hábitats particulares.

2.3. Evaluación ecomorfológica de las alas

La morfología del ala y su desempeño durante el vuelo han sido ampliamente estudiados (Mancina et al., 2012; Stevens et al., 2013; Marinello y Bernard, 2014 y Bader et al., 2015). Lo anterior ya que la forma de las alas determina en gran parte sus funciones clave o rasgos de desempeño que se definen como: sustentación, maniobrabilidad y velocidad. Lo anterior influye en las diferencias que existen en los hábitos

de forrajeo de las especies (Norberg y Rayner, 1987; Ávila-Flores y Fenton, 2005; Mancina et al., 2012; Marinello y Bernard, 2014).

Las mediciones generales para describir la ecomorfología del ala en quirópteros son:

- 1) Carga alar (CA) = peso corporal/área alar, refleja la velocidad del vuelo y la capacidad de cargar elementos durante el vuelo, murciélagos pequeños tienden a tener baja carga alar, es decir sus alas soportan menos peso por unidad de área (Figura 1. Características morfológicas que describen el ala de los murciélagos (tomado y adaptado de Norberg 1981)Figura 1).
- 2) Relación de aspecto (RA) = envergadura/anchura, refleja la forma de las alas, se puede interpretar como una medida de la eficiencia aerodinámica de los vuelos, es decir, que tan anchas o angostas son las alas lo cual repercute en la capacidad de dar giros cerrados. Las alas delgadas (alto índice de aspecto) implican un vuelo energéticamente económico; alas anchas (bajo índice de aspecto), un vuelo energéticamente costoso (Figura 1).
- 3) Índice de punta (IP) = área de punta/ (longitud de punta – área de punta), los valores altos indican punta del ala redondeada, alas cuadradas y los valores bajos indican punta del ala más puntiaguda, alas triangulares (Figura 1).

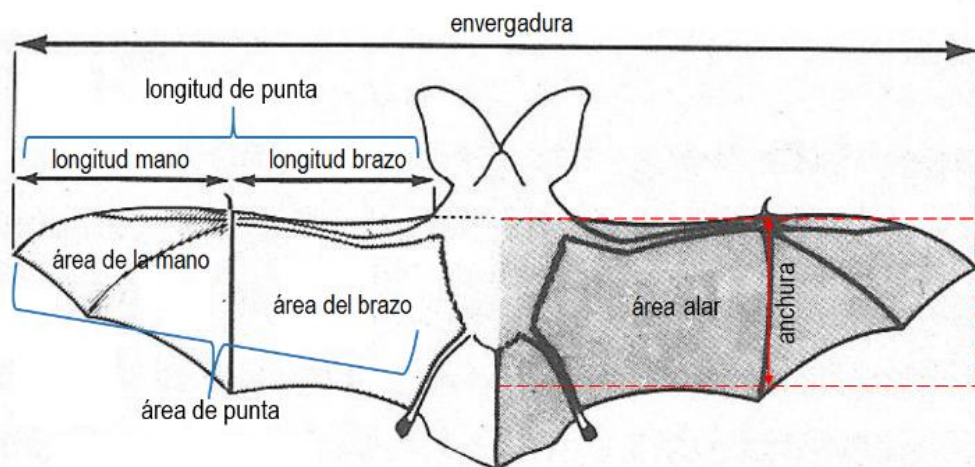


Figura 1. Características morfológicas que describen el ala de los murciélagos (tomado y adaptado de Norberg 1981).

Las medidas anteriores generalmente se tomaron a partir de la medición con reglas y calibradores manuales y se han usado de manera “tradicional” para describir la morfología y el desempeño de las especies. Otra manera más reciente de realizar las mediciones es mediante la morfometría digital (Figura

2), que permite detectar cambios relativamente pequeños y localizados en la forma, que no son detectados por la morfometría tradicional. Schmieder et al., (2015) compararon la capacidad de los métodos morfométricos tradicionales vs. digitales para discriminar entre especies de murciélagos de la familia Rhinolophidae. Basaron sus comparaciones en mediciones longitudinales (longitud del ala de la mano, longitud del ala del brazo y envergadura) y áreas (área del ala del brazo, área del ala de la mano, área de la cola y área del ala), contra mediciones por medio de puntos para obtener las medidas del tercer dedo, quinto dedo, falanges del cuarto dedo, la cola, la pata y el uropatagio. Concluyeron que las mediciones digitales por medio de puntos produjeron una mejor discriminación de las especies con respecto a los métodos en los que se emplean mediciones tradicionales y de áreas, y que las diferencias morfológicas más grandes entre las especies incluidas en el estudio radican en la máxima elongación de las alas hacia el frente.

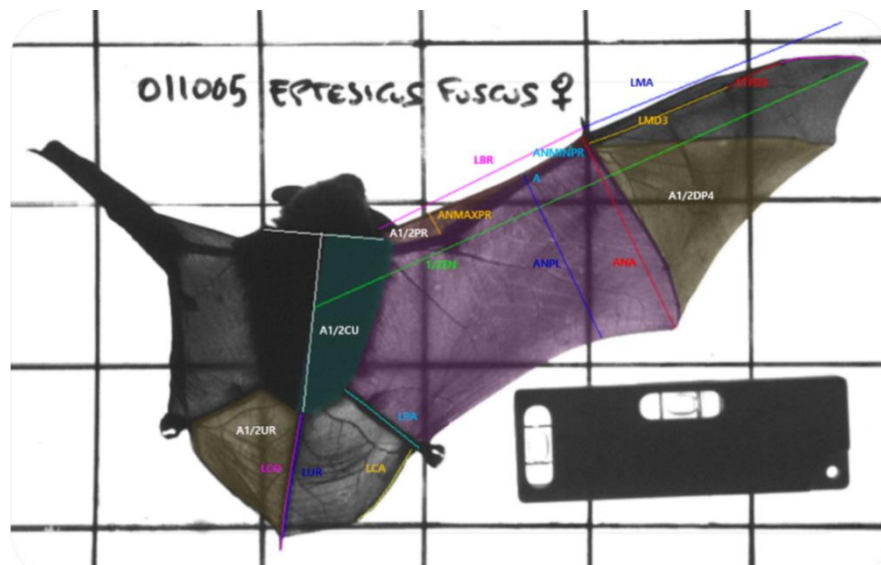


Figura 2. Mediciones obtenidas para este estudio mediante morfometría digital.

Otros estudios proponen utilizar las mediciones de huesos como rasgos funcionales. Baagøe (1987) describe la diversidad en las adaptaciones de vuelo dentro de los murciélagos escandinavos pertenecientes a la familia Vespertilionidae por medio de caracteres morfológicos de ala, para después predecir diferencias de vuelo entre las especies. Para esto midió la camberabilidad³ del quinto dedo tomado la longitud del metacarpo dividido por la longitud de las falanges, y la libertad del propatagio para bajar en una escala arbitraria (1 = menos libre), también se tomó en cuenta la masa, y se calculó el índice de relación de aspecto

³ Habilidad para curvar el ala en diferentes grados y cambiar el ángulo de ataque (Baagøe, 1987).

con la siguiente fórmula: punta del ala + longitud del antebrazo/longitud del quinto dedo. Además, utilizó un índice de falange del tercer dedo: (longitud de la falange 1) /longitud de las falanges 2+3) lo que indica el largo del ala. Los caracteres descritos separaron claramente las 14 especies de vespertiliónidos de Escandinavia, pudiendo hacer predicciones sobre los estilos de vuelo de las especies individuales, que después comparó con las observaciones realizadas en campo, resultando bastante aproximadas.

Bader et al. (2015) evaluaron los efectos de la transformación del hábitat por efectos antropogénicos en la ocupación y movilidad, determinada por la morfología alar, en los MIA en Panamá. Estudiaron sitios de bosque maduro, bosque perturbado, pastos y asentamientos humanos; desde el punto de vista morfológico calcularon los índices ecomorfológicos tradicionales usando solamente longitudes de hueso de la siguiente manera: índice de relación de aspecto (ARI) = longitud del tercer dedo + longitud del antebrazo / longitud del quinto dedo; índice de carga alar (WLI) = peso / ((longitud del antebrazo + longitud del tercer dedo) x longitud del quinto dedo x 2). También calcularon la ocupación de hábitats de las especies por medio de grabaciones ultrasónicas en cada uno de los sitios. En relación con la ocupación y movilidad identificaron cuatro grupos: 1) especies menos móviles (*Pteronotus parnellii* y *Centronycteris centralis*) fueron más comunes en bosques maduros y menos comunes en hábitats alterados. Estas especies tuvieron un ARI de menos de 2.1 o un WLI de menos de 0.4 y, por lo tanto, susceptibles al cambio de hábitat, 2) especies móviles/exploradores urbanos (*Molossus molossus*, fonotipo *Molossus* y *Cynomops* sp.) tienen una menor ocupación en bosques maduros y mayor en asentamientos humanos, con un ARI mayor que 2.8 o un WLI mayor que 1.3 y, por lo tanto, parecen beneficiarse del cambio de hábitat inducido por el ser humano. 3) los forrajeadores de espacios abiertos (*Myotis nigricans*, *Sarcopteryx. bilineata*, *Pteropteryx macrotis*, *Noctilio albiventris* y *Cormura brevirostris*) tuvieron una mayor ocupación en pastizales; 4) los adaptados a la urbanización (*Sarcopteryx leptura*, *Pteronotus gymnonotus* y el fonotipo Vespertiliónidos) tuvieron una ocupación nula o muy limitada en la entre los diferentes hábitats.

2.4. Respuestas funcionales de murciélagos en ambientes transformados

En estudios que utilizan rasgos de murciélagos para correlacionarlos con la sensibilidad a la transformación y cambio de uso de suelo de los ecosistemas se ha encontrado que la movilidad (basado en la relación entre las distancias de recaptura media y máxima), la masa corporal, la morfología del ala y el nivel trófico fueron los rasgos más importantes vinculados a la sensibilidad a la fragmentación (Farneda et al., 2015). Hábitos generalistas, pesos bajos, frugivoría, alta carga alar y alta movilidad son los atributos presentes en murciélagos que se asocian con ambientes fragmentados. La abundancia baja también se ha correlacionado con la sensibilidad a la fragmentación (García- García et al., 2014; García-Morales et al., 2016; Rodríguez-Aguilar et al., 2017).

En ambientes transformados por sistemas agrícolas en Australia, donde hay baja cobertura de árboles y altas tasas de animales en pastoreo, se ven favorecidas las especies de vuelo rápido con cargas alares altas y bajas frecuencias de ecolocación, a diferencia de zonas agrícolas con alta cobertura de árboles, donde la estructura alar se caracteriza por tener gran maniobrabilidad en el vuelo, que típicamente presentan mayor índice de aspecto (Hanspach et al. 2012). En hábitats modificados por plantaciones en la India, la relación de aspecto del ala aumenta significativamente (alas más largas y estrechas) y la longitud media del antebrazo disminuye; en bosques protegidos, se ven favorecidas las especies con menor relación de aspecto, mayor longitud del antebrazo, carga alar menor y llamadas de frecuencia constante; en hábitats ribereños se encontraron murciélagos con menor longitud de antebrazo y con llamadas moduladas con un componente de frecuencia cuasi constante (Wordley et al. 2017).

El estudio de los impactos de la deforestación en la diversidad funcional de murciélagos insectívoros en un bosque tropical del Estado de Hidalgo, México indica que hay especies clave por sus características funcionales únicas, que tienen valores extremos de la morfología del ala y junto con su baja abundancia o desaparición de sitios menos boscosos podrían predecir la pérdida de importantes rasgos funcionales de las áreas deforestadas. Estas especies son *Pteronotus davyi* y *P. parnellii*, que presentaron los valores de carga de ala más bajos, en cuanto a las especies frugívoras *Carollia perspicillata* tiene el valor de relación de aspecto más bajo y *Artibeus tolteca* con valor de carga de ala más alto (García-Morales et al., 2016).

En ambientes urbanos neotropicales, que parecen ser sitios no favorables para los murciélagos frugívoros debido a la baja oferta de alimento (Melo et al., 2012), alto riesgo de depredación por animales domésticos y conflictos con humanos (Russo y Ancillotto, 2015), se presentan murciélagos con valores altos de carga alar e índice de aspecto, que son características de las especies que no requieren cavidades de árboles para refugios y están mejor adaptadas para volar en áreas abiertas (Duchamp y Swihart, 2008). También se ha observado que los ensambles de murciélagos de áreas urbanas suelen tener mayores abundancias que los de áreas no urbanas, pero con una menor riqueza y equitatividad, (Damm, 2011; Coleman y Barclay, 2012; Ocampo-Ramírez, 2015; Rodríguez-Aguilar et al., 2017) y que la presencia de algunas especies está determinada por la altitud y la estacionalidad (Ocampo-Ramírez, 2015). En estos trabajos las variables de respuesta se analizaron a nivel específico, y concluyeron que, aun cuando se presentan los patrones generales planteados en las hipótesis, la respuesta es especie específica, ya que no se ha buscado y/o analizado cuantitativamente si existen rasgos funcionales relacionados con dicha respuesta y la permanencia de las especies en ambientes urbanos. El vínculo entre las características morfométricas de las especies y el papel funcional de estos rasgos dentro de los ensambles de murciélagos

aún no son bien entendidos y son pocos los trabajos que exploran estas relaciones en ambientes neotropicales antropizados (Olaya-Rodríguez, 2009; Mancina et al., 2012; Marinello y Bernard, 2014).

2.5. Presencia y actividad relativa de los murciélagos insectívoros aéreos (MIA) en las barrancas de la ciudad de Cuernavaca

Existen cinco estudios para los MIA en la ciudad de Cuernavaca: Hernández-Vila (2015, 2018), Lara-Núñez (2015, 2018) y Ocampo-Ramírez (2015); este último trabajo es específico de MIA en barrancas localizadas en áreas urbanas.

Ocampo-Ramírez (2015) trabajó en la ciudad de Cuernavaca, Morelos, evaluando el efecto de las diferencias de cobertura vegetal y urbanización alrededor de las barrancas en la presencia y actividad relativa de los MIA. Debido al marcado gradiente altitudinal de la ciudad, estableció dos bloques altitudinales (norte, $1,845.5 \pm 34.6$ msnm y sur, 1389.7 ± 54 msnm); en cada uno de ellos seleccionó tres sitios con diferencias de cobertura vegetal y urbanización, y además evaluó el efecto de la temperatura promedio ambiental nocturna como una covariable. Sus resultados mostraron que los sitios con mayor riqueza fueron los no urbanos (que cuentan con una mayor proporción de vegetación alrededor de la barranca), ya que cuentan con una especie más que en las otras condiciones y la presencia exclusiva de *Eumops glaucinus* y *Eumops underwoodi* y la ausencia de *Lasiurus intermedius*. En cuanto a la actividad relativa, encontró diferencias dentro de los mismos géneros; cada especie varió de manera distinta y parte de esa variación tuvo que ver con un efecto de la altitud, la estacionalidad y la temperatura, pero cada una respondió de manera particular ante la urbanización, por lo que las especies parecen tener respuestas especie-específicas. Analizarlas mediante grupos funcionales puede ayudar a entender dichas respuestas.

De acuerdo a lo encontrado por Ocampo-Ramírez (2015), en el presente trabajo consideramos dos escalas: la primera a nivel del paisaje urbano, representada por dos bloques (norte, sur), en los cuales la temperatura cambia por la altitud y la estacionalidad. A esta escala (ciudad/paisaje) se conoce que la temperatura es el factor más importante en determinar la presencia y actividad de las especies (Lacki, 1984; Erickson y West, 2002; Meyer et al., 2004 y Ocampo-Ramírez, 2015).

La segunda, es a nivel del sitio de muestreo, y toma en cuenta los porcentajes de urbanización. En este caso, de acuerdo con Ocampo-Ramírez (2015), la presencia/ausencia de las especies y sus niveles de actividad implican una respuesta especie-específica, que parece estar explicada por las características intrínsecas de las especies. Por ejemplo, para *Balantiopteryx plicata*, sin importar la altitud o los meses del año, su mayor actividad se da en los sitios urbanos y semiurbanos, lo que concuerda con que forrajea lejos

de la vegetación. En esta escala, es donde se espera que los rasgos funcionales determinen la presencia y actividad de las especies.

3. JUSTIFICACIÓN

Analizar los ensambles de murciélagos desde una perspectiva de rasgos funcionales, puede aportar información de la respuesta de las especies ante diferentes escenarios de transformación y/o porcentajes de urbanización, además de proporcionar un punto de partida para priorizar las acciones de investigación y conservación de las especies más vulnerables.

Para las cañadas de la ciudad de Cuernavaca, Morelos, sabemos que las especies de murciélagos insectívoros aéreos (MIA) presentes en ellas, así como su actividad relativa, cambian con el grado de urbanización alrededor de las mismas, por lo que este proyecto analizó si la presencia y niveles de actividad de las especies se pueden explicar por la existencia de rasgos funcionales compartidos de los individuos presentes en los diferentes grados de urbanización.

4. HIPÓTESIS

Dado que la urbanización podría estar actuando como filtro en la ecomorfología de las especies, esperamos que tengan mayor cercanía ecomorfológica aquellas especies que están presentes en los sitios urbanizados de la ciudad de Cuernavaca a diferencia de las presentes en áreas menos urbanizadas. Y, si a lo largo de los porcentajes de urbanización existe un filtro ambiental, cabe esperar que el centroide se desplace en el espacio ecomorfológico, entre los sitios no urbanos y los urbanos. y que en los sitios más urbanos la variación alrededor del centroide sea menor.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar si los rasgos de las especies de MIA presentes en las cañadas de la ciudad de Cuernavaca son filtrados por factores ambientales como la urbanización.

Objetivos particulares

1. Medir para las especies de MIA presentes en la ciudad de Cuernavaca, un conjunto de rasgos funcionales morfológicos que describan su desempeño de vuelo en un espacio ecomorfológico.
2. Determinar si en el ensamble de MIA se produce un cambio en la distribución de los rasgos funcionales morfológicos relacionados con el desempeño del vuelo, a lo largo de un porcentaje de urbanización en las cañadas de la ciudad de Cuernavaca.
3. Evaluar si el cambio en la distribución va acompañado de una contracción de la variación en la diversidad de los rasgos que correspondiera a la acción de un filtro ecológico.

6. MÉTODOS

6.1. Área de estudio

El municipio de Cuernavaca se ubica en la parte noroeste del estado de Morelos, entre los $99^{\circ}20'27.6''$ y $99^{\circ}10'48''$ de longitud oeste, y $18^{\circ}50'27.6''$ y $19^{\circ}1'22.8''$ de latitud norte. Su altitud varía de los 2,200 m en la parte norte a los 1,225 m en la parte sur, lo que propicia la presencia de dos climas principales en su territorio: templado subhúmedo (Cw2) con temperatura media anual entre 5 y 12°C en la parte norte, y semicálido subhúmedo (ACw1) al sur, con una temperatura media anual general entre 18 y 22°C . El límite entre ambos climas sucede aproximadamente en la cota de los 1600 msnm (INEGI 2006). Además, Cuernavaca tiene más de 200 cañadas que corren en sentido norte – sur. Comienzan en la arista sur de la Sierra de Zempoala, al noroeste del municipio, y que se proyecta fuera de sus límites hasta la localidad de Acatlipa, unos 20 km más al sur (García-Barrios et al. 2007; Figura 3).

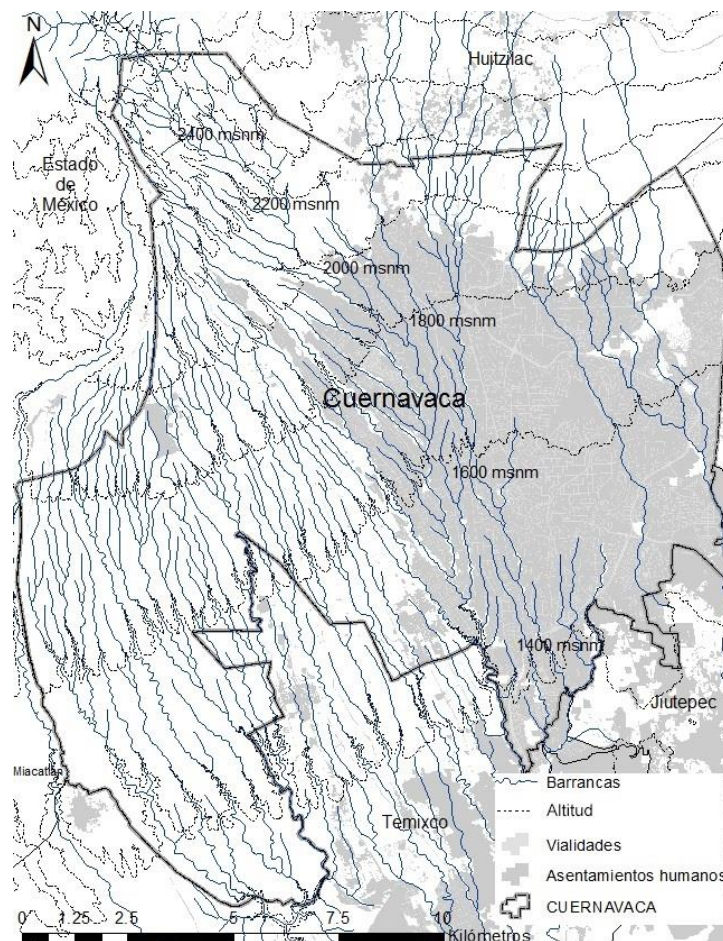


Figura 3. Mapa del municipio de Cuernavaca. Se aprecia en gris el área urbana y con líneas azules las barrancas. Las líneas punteadas representan cotas altitudinales. Obtenido de Ocampo-Ramírez 2015.

6.2. Selección de los sitios de muestreo

Debido a la diferencia en altitud del norte hacia el sur en el municipio de Cuernavaca (ca. 975 m), y al efecto potencial de este factor sobre la riqueza y actividad de los MIA (ej. Navarro y León-Paniagua 1995, Grindal et al., 1999), seis sitios (puntos) de muestreo se ubicaron en dos bloques, uno a los $1,845.5 \pm 34.6$ msnm (norte) y el otro a los 1389.7 ± 54 msnm (sur).

Los seis sitios (tres por bloque de altitud) se situaron en las barrancas y se eligieron aquellos con características similares de ancho de la franja riparia (12-26 m) e incidencia solar (orientación entre los $300-120^\circ$ y $330-150^\circ$ respecto al norte), debido a la posible influencia de estas características de los ambientes riparios sobre la diversidad que alojan (Ocampo- Ramírez, 2015; Arcos, 2005; Price y Tubman 2007).

La elección de sitios se hizo utilizando Sistemas de Información Geográfica (ArcMap 10.1, ESRI Inc.; Google Earth 7.0, Google Inc. 2013) con los datos de uso de suelo, altitud y vegetación proporcionados por el Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica (LISIG) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Con la información anterior, inicialmente se midió el ancho de la vegetación riparia de todas las barrancas que atraviesan la ciudad cada 500 metros a lo largo de su trayectoria, creando una base de datos con la referencia geográfica de cada sitio de estudio potencial y el dato correspondiente al ancho de la franja de vegetación riparia en el mismo, registrándose 278 sitios posibles. De estos, se descartaron aquellos sitios con franjas de vegetación riparia que estaban fuera del promedio (21.79 m), \pm una desviación estándar (14.39 m), reduciéndose así el número de sitios a 187 con un ancho de vegetación riparia de 7.4 a 36.18 m.

De esos 187 sitios, quedaron disponibles 53, que cumplían con la orientación establecida en un trayecto de 500 m: 33 sobre y 20 por debajo de los 1600 msnm. Para determinar el porcentaje de urbanización de cada sitio, se hizo una categorización de los diferentes tipos de uso de suelo y vegetación en el municipio, agrupando como “urbano” los asentamientos humanos, las zonas industriales y las vialidades. Todos los demás tipos de uso de suelo incluyendo vegetación, agricultura, y pastizales fueron catalogados como no urbanos. Se calcularon los porcentajes de cobertura urbana dentro de áreas buffer de 500 m alrededor de los sitios.

En cada bloque de altitud, se seleccionaron tres sitios con un ancho de franja riparia entre 10 a 26.15 m, con diferente porcentaje de cobertura urbana en un área buffer de 500 m de radio a su alrededor, para representar tres intervalos de porcentaje de urbanización. Se consideraron sitios urbanos a aquellos con

más del 67% de cobertura urbana en el área buffer, sitios semiurbanos aquellos con 33-66% de cobertura urbana y sitios no urbanos a aquellos con menos del 32% de cobertura urbana (Figura 4). Se trabajó con esta distancia de radio para evitar el solapamiento entre áreas buffer (Figura 4).

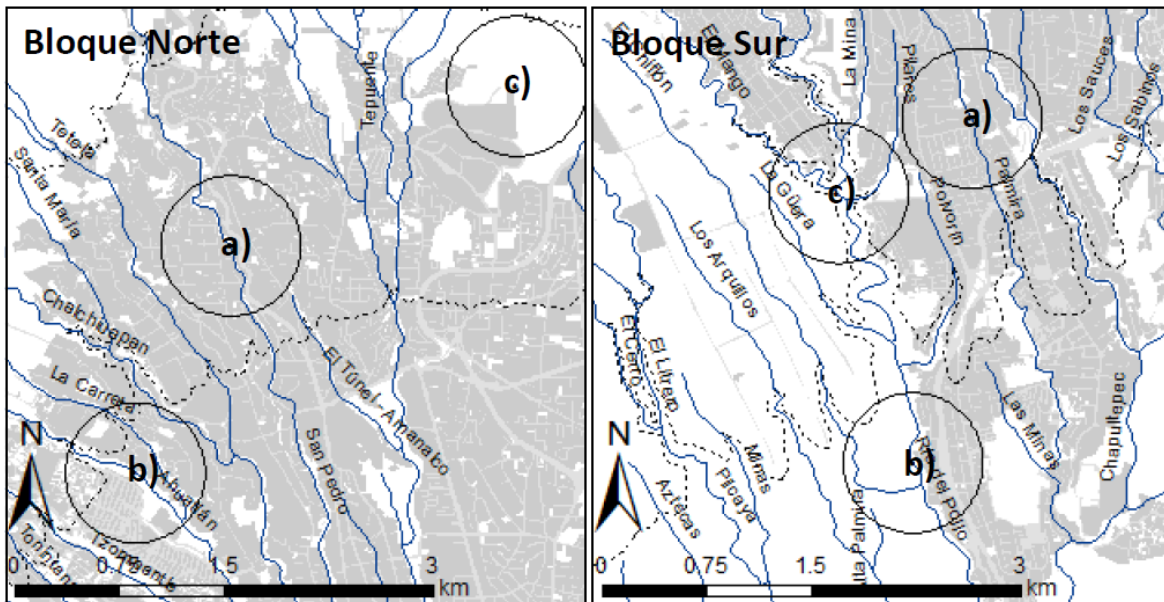


Figura 4. Mapa de los sitios de muestreo y áreas buffer de 500 m. a) urbanos, b) semiurbanos, c) no urbanos. Obtenido de Ocampo-Ramírez (2015).

6.3. Obtención y análisis de datos

6.3.1. Estimación de la riqueza y actividad de las especies en los sitios

Para cumplir con ambos objetivos, en primer lugar, fue necesario obtener la riqueza y la actividad absoluta de las especies, esta última se estimó a partir de la tasa de detección acústica de los chillidos (Zurc et al., 2017) de ecolocación en monitoreos de los sitios mediante detectores ultrasónicos. Se utilizó el conjunto de grabaciones que fueron obtenidas por Ocampo-Ramírez (2015) a lo largo de 12 meses consecutivos durante 2013-2014, como parte del proyecto “Dinámica-espacio temporal del ensamblaje de murciélagos en la ciudad de Cuernavaca, Morelos” del cual es responsable la M. en C. Carmen Lorena Orozco Lugo.

La grabación en los sitios fue mensual de septiembre 2013 a julio 2014 para cubrir la variación temporal anual; cada mes representó una muestra, que consistió en tres noches de grabación por sitio. Se muestreó un sitio en los dos bloques (norte y sur) simultáneamente (Ocampo-Ramírez 2015). Cada noche de muestreo se realizó una grabación estereofónica de dos horas comenzando con la puesta astronómica del

sol, empleando un detector de ultrasonidos (Pettersson Elektronik D980) y una grabadora digital (Marantz PMD661), grabando el sonido en frecuencia dividida en un canal, y muestras en tiempo expandido (10X) en el otro canal cuya captura se activaba manualmente cuando se detectaban chillidos de ecolocación de murciélagos. Además, cada noche de muestreo se midieron las variables micro ambientales de temperatura ambiental y humedad relativa con el uso de un termohigrómetro digital (EXTECH Instruments).

Para la identificación de especies por medio de secuencias de ecolocación las grabaciones obtenidas por Ocampo-Ramírez (2015) fueron analizadas con el programa SonoBat 3.1 (Szewczak, 2010; Figura 5), con el cual podemos obtener de manera automática para cada pulso un gran número de variables espectro-temporales. Los sonidos de las especies que emiten chillidos de ecolocación con características idiosincráticas, cuyos sonogramas no son confundibles con los de otras especies en la zona de estudio, se identificaron mediante la inspección visual de los sonogramas. Estas especies fueron: *Balantiopteryx plicata*, *Pteronotus parnellii*, *Pteronotus davyi*, *Molossus sinaloae* y *Promops centralis* (Orozco-Lugo et al. 2013, Ocampo-Ramírez 2015). Para identificar el resto de las especies, que emiten chillidos de frecuencia modulada de forma asintótica, se utilizó una colección previamente compilada de grabaciones de sonidos de ecolocación cuya especie emisora era conocida, y que incluía todas las especies de MIAs registrados para el estado de Morelos. Estas secuencias de referencia también fueron analizadas con el programa SonoBat 3.1 (Szewczak, 2010).

Con los datos de las mediciones de cada uno de los pulsos de las grabaciones de referencia se construyó una herramienta de clasificación mediante la técnica de aprendizaje computacional RandomForests (Breiman 2001). Las variables explicativas que se utilizaron para la clasificación se encuentran en la Tabla 1. La herramienta se utilizó después para clasificar los chillidos de ecolocación registrados en las grabaciones de muestreo a partir de las medidas del mismo conjunto de variables, tal como se habían obtenido con Sonobat 3.1. Los análisis para la clasificación de los chillidos se efectuaron con el paquete Random Forest (Liaw y Wiener 2002), en el entorno de programación R 3.6 (R Core Team 2019). Cada paso de murciélago detectado se asignó a una especie, y el número de detecciones o pasos se utilizó como una medida de abundancia absoluta de las especies en cada sitio.

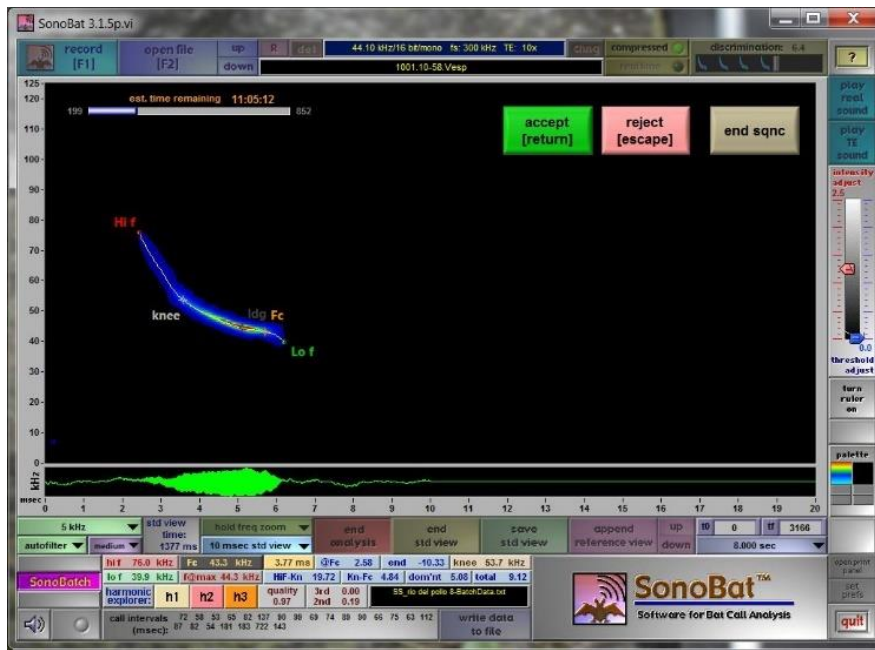


Figura 5. Parámetros espectrales de un pulso sometido a análisis en el programa SonoBat 3.1. HI f: frecuencia máxima, Lo f: frecuencia mínima, knee: frecuencia del punto de inflexión, Idg: parte del pulso con mayor intensidad y Fc: frecuencia característica.

Tabla 1. Variables utilizadas para la clasificación de los chillidos de ecolocación

Variable	Significado
CallDuration	Duración de la llamada
Fc	Frecuencia característica
HiFreq	Frecuencia máxima
LowFreq	Frecuencia mínima
Bndwidth	Ancho de banda
FreqMaxPwr	Frecuencia de máximo poder
PrcntMaxAmpDur	Porcentaje de toda la llamada en el que se produce la amplitud máxima
TimeFromMaxToFc	Tiempo desde el punto en el que ocurre la amplitud máxima hasta el punto en la llamada de la frecuencia característica
FreqKnee	Frecuencia a la que la pendiente inicial de la llamada cambia de forma más abrupta a la pendiente del cuerpo de la llamada
EndSlope	Pendiente al final de la llamada
SteepestSlope	Pendiente más pronunciada al final de la llamada
LowestSlope	Pendiente más baja de la llamada
TotalSlope	Pendiente total de la llamada
FreqLedge	Frecuencia de la repisa, es decir, la transición más abrupta a la sección de pendiente más plana más extendida del cuerpo de la llamada que Precede a la frecuencia característica
LedgeDuration	Duración de la repisa, es decir, la sección de pendiente más plana más extendida del cuerpo de la llamada que precede a la frecuencia característica
FreqCtr	Frecuencia en el centro de la duración de la llamada

6.3.2. Selección de rasgos morfológicos

Para obtener el conjunto de rasgos morfológicos que describan el desempeño del vuelo de los MIA (objetivo particular 1), se realizó una revisión de la literatura para evaluar los rasgos funcionales a medir (Hedenström y Johansson, 2015; Schmieder et al., 2015; Castillo-Figueroa, 2016; García-Morales et al., 2016 y Wordley et al., 2017). En el anexo 1, se han clasificado los rasgos de acuerdo con el marco conceptual adaptado por Córdova-Tapia y Zambrano 2015, modificada para el grupo de estudio (murciélagos). De esta revisión se obtuvieron 26 rasgos, en el diagrama de la Figura 6 podemos observar cómo los rasgos se vinculan con los índices tradicionales y con los rasgos de desempeño o funciones clave.

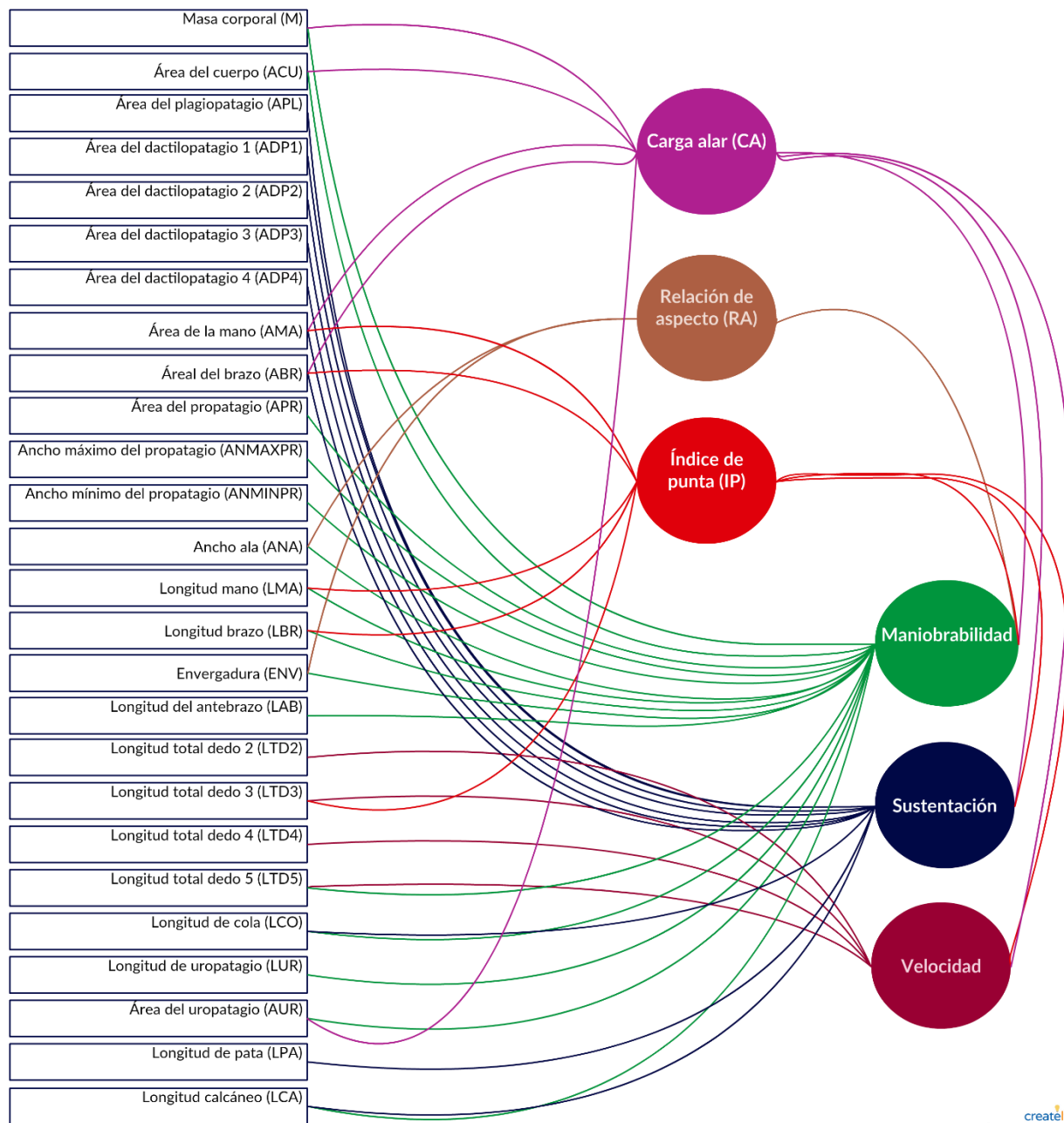


Figura 6. Diagrama que muestra la relación de los 26 rasgos seleccionados y su relación con los índices tradicionales y los rasgos de desempeño de acuerdo con la tabla del Anexo I. Del lado izquierdo (dentro de rectángulos azules) se muestran los rasgos funcionales, en los óvalos de la parte central los índices tradicionales, y por último en el extremo derecho los rasgos de desempeño o funciones clave durante el vuelo.

6.3.3. Medición de los 26 rasgos seleccionados.

La medición de los rasgos morfológicos relacionados con el desempeño del vuelo se realizó sobre imágenes de las alas de las diferentes especies de murciélagos. Las imágenes se obtuvieron de varias maneras:

- a) Fotografías tomadas por el Guillén-Servent (colección particular) de individuos que fueron capturados en diferentes años (2001, 2002, 2004) en el Estado de Morelos, los cuales fueron fijados dorsalmente con cinta adhesiva a una tabla con cuadrículas de 5x5 cm, y se les tomó una fotografía con una cámara digital colocada en un trípode (Figura 7b)
- b) Se realizaron muestreos en el Jardín Borda y parque Chapultepec de la ciudad de Cuernavaca para la captura de más especies (Figura 7a) y obtener fotografías de los murciélagos capturados, Como se muestra en la Figura 7b, después de la identificación de la especie, los individuos que fueron fijados dorsalmente con cinta adhesiva translúcida para papel (cinta mágica), a una placa de poliestireno con cuadrículas de 5x5 cm, y sin lastimar a los murciélagos se estiró lo más posible la membrana del ala derecha y la cola. La cámara se colocó en un trípode a una altura de 60 cm (Figura 7b). Al final, la cinta fue cuidadosamente retirada sin causar lesiones a los individuos.

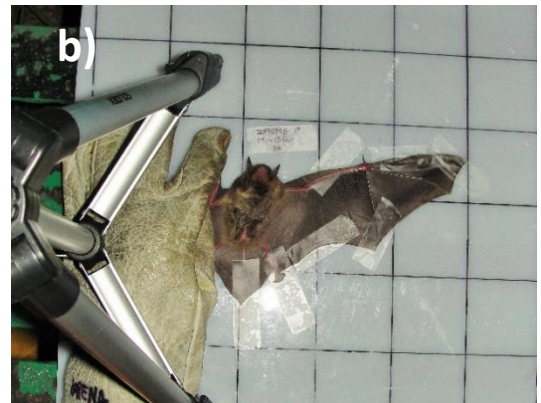


Figura 7. a) Red colocada sobre un cuerpo de agua en el Parque Chapultepec; b) individuo capturado y fijado a la placa para la toma de la fotografía con su respectiva etiqueta.

- c) Ejemplares contenidos en alcohol de la Colección de Mamíferos del CIByC (CM-CIByC, en proceso de registro), y de la colección de murciélagos de la M.C. Orozco-Lugo, los cuales se montaron con alfileres sobre una lámina de unicel cuadrulado para obtener la fotografía (Figura 8a).
- d) Ejemplares de la Colección Nacional de Mamíferos de la UNAM (CNMA-UNAM, clave: DF.MA.022.0497), fotografiando aquellos con las características adecuadas para poder obtener las medidas morfométricas necesarias. Cada ejemplar seleccionado se colocó sobre una placa de poliestireno con cuadrícula de 5x5 cm para tomar la fotografía sin flash (Figura 8b).
- e) También se revisó la Colección de vertebrados en alcohol del INECOL (en proceso de registro), en este caso las mediciones de hueso de los ejemplares fueron tomadas con un vernier (Figura 8c).

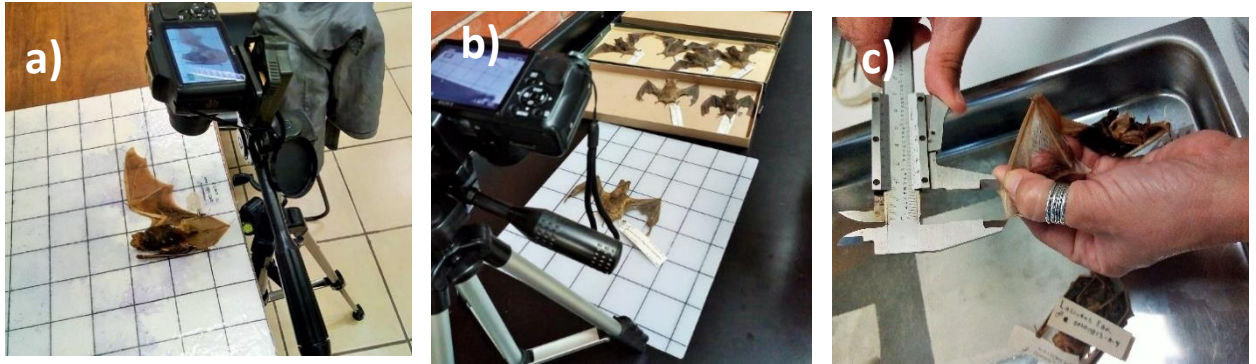


Figura 8. a) Revisión de ejemplares en alcohol de la CM-CIByC y de la colección de la M.C. Orozco-Lugo; b) revisión de los ejemplares de la CNM-UNAM; c) revisión de los ejemplares de la colección de vertebrados del INECOL.

Se obtuvieron fotografías de todas las especies detectadas en los muestreos acústicos, y además se incluyeron dos especies que no fueron detectados en las grabaciones ultrasónicas, pero que sí se han registrado en la ciudad y aportan información al espacio ecomorfológico, estas especies fueron *Nyctinomops macrotis*, registrada por Hernández-Vila (2015) mediante captura con redes de niebla y *Eumops underwoodi*, registrada por Hernández-Vila (2015) mediante detección ultrasónica (Tabla 2). La masa corporal, se obtuvo de los registros de campo en el caso de fotografías y ejemplares de colección. En el caso de los individuos capturados durante nuestros muestreos del campo en la ciudad de Cuernavaca, la masa se obtuvo pesando a cada individuo con pesolas.

Tabla 2. Número de alas fotografiadas para cada especie y fuente de los ejemplares.

Especie	Etiqueta	Fotos Dr. Antonio Guillen Servent	Colección en alcohol M.C. Lorena Orozco	Colección en alcohol CM-CIByC	CNM-UNAM	Colección vertebrados - INECOL	Capturas Jardín Borda	Capturas Parque Chapultepec	Total
<i>Balantiopteryx plicata</i>	BalPli	12	3		2				17
<i>Eumops glaucinus</i>	EumGla				2	1			3
<i>Eumops underwoodi</i>	EumUnd	2			1				3
<i>Molossus sinaloae</i>	MolSin	9	2	1			3		15
<i>Promops centralis</i>	ProCen	14			1				15
<i>Tadarida brasiliensis</i>	TadBra	4		1	4		2		11
<i>Nyctinomops macrotis</i>	NycMac	1		1	3				5
<i>Pteronotus davyi</i>	PteDav	6	4		2				12
<i>Pteronotus parnellii</i>	PtePar	6	4		4				14
<i>Eptesicus fuscus</i>	EptFus	2	1						3
<i>Lasiurus blossevillii</i>	LasBlo	1	2		3	4			10
<i>Lasiurus cinereus</i>	LasCin		1	1	3				5
<i>Lasiurus intermedius</i>	LasInt		1	1					2
<i>Lasiurus xanthinus</i>	LasXan	1	1			2			4
<i>Myotis fortidens</i>	MyoFor	4	3		1			2	10
<i>Myotis velifer</i>	MyoVel	10	1	10				1	22
<i>Myotis yumanensis</i>	MyoYum	6	1		1				8
<i>Parastrellus hesperus</i>	ParHes	1				3			4
<i>Rhogeessa parvula</i>	RhoPar	2	7						9
Total									172

En las fotografías de las alas se midieron los 26 rasgos con el paquete ImageJ (<http://imagej.nih.gov/ij/>) en el entorno Icy 1.9.5.1 (<http://icy.bioimageanalysis.org/>, Figura 9).

6.3.4. Análisis ecomorfológico

Se calcularon los índices de carga alar (CA) y relación de aspecto (RA) y el índice de punta (IP) mediante las siguientes fórmulas (Findley et al., 1972; Baagøe, 1987; Solís-Rojas, 2001; Bader et al., 2015), esto para evaluar la utilidad de sustituir las mediciones de áreas por longitudes de huesos.

Carga alar (CA)

$$CA = \frac{M}{((LAB + LTD3) \times LTD5 \times 2)}$$

Donde:

M= masa corporal

LAB= longitud del antebrazo

LTD3= longitud total del dedo 3

LTD5= longitud total del dedo 5

Relación de aspecto (RA)

$$RA = \frac{LTD3 + LAB}{LTD5}$$

Donde:

LTD3= longitud total del dedo 3

LAB= longitud del antebrazo

LTD5= longitud total del dedo 5

Índice de punta (IP)

$$IP = \frac{LTD3}{LAB}$$

Donde:

LTD3= longitud total del dedo 3

LAB= longitud del antebrazo

Exploramos la variabilidad entre especies en los rasgos morfológicos que describen el desempeño de los murciélagos, mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP). El ACP es una técnica estadística multivariante que reduce la dimensionalidad de un conjunto de datos mediante la construcción de nuevas variables, ortogonales entre sí, y compuestas como combinaciones lineales de las variables originales, que explican la máxima proporción de la varianza remanente en el espacio multidimensional de las variables originales. Cada una de las nuevas variables, o componentes principales, está compuesta por combinaciones lineales de variables originales altamente correlacionadas, definiendo ejes ortogonales que

discurren en la dirección de la mayor variación de los datos originales. Esta técnica se emplea en los estudios de morfología funcional porque cuando se construye sobre la matriz de covarianzas de la transformación logarítmica de las variables originales, cada componente generalmente agrupa variables funcionalmente relacionadas, y los coeficientes numéricos definen sus relaciones multiplicativas (Ricklefs y Miles 1994). En todos los casos los valores de los rasgos se transformaron por el \log_{10} . Los análisis se realizaron en el entorno R, utilizando la función `princomp` sobre la matriz de covarianzas (R Core Team, 2019). Es importante recordar que derivado del proceso de medición de los 26 rasgos (que se detallan en la sección 6.3.2 y anexo I), estos se reducen a nueve rasgos de hueso, mismos que se utilizaron para los ACP.

- En el primer eje (ACP1) se incluyeron los rasgos de masa (M), longitud del antebrazo (LAB), longitud del tercer dedo (LTD3) y la longitud del quinto dedo (LTD5), que son los que se utilizan para calcular los índices tradicionales mediante longitudes de hueso (Findley et al., 1972; Baagøe, 1987; Solís-Rojas, 2001; Bader et al., 2015).
- En el segundo eje (ACP2) se incluyó la masa (M), longitud total del ala (LTALA, que es un símil de la envergadura y se obtiene de la suma de la longitud del antebrazo (LAB) y la longitud del dedo tres (LTD3, Bader et al., 2015) y la longitud total del dedo cinco (LTD5), estas mediciones son las que se ocupan para calcular los índices tradicionales.
- En el tercer eje (ACP3) se incluyeron variables que pudieran indicar la capacidad de flexión y combadura del ala. En particular las dimensiones de los ejes principales del ala y las de los componentes esqueléticos cuyas articulaciones permiten la flexión: la masa (M), la longitud total del ala (LTALA), la longitud del antebrazo (LAB), la longitud del uropatagio (LUR), la longitud del metacarpo del tercer dedo (LD3.M), la longitud de las falanges del tercer dedo (LD3.F), la longitud total del tercer dedo (LTD3), la longitud del metacarpo del quinto dedo (LD5.M), la longitud de las falanges del quinto dedo (LD5.F) y la longitud total del quinto dedo (LTD5), que son las mediciones de hueso obtenidas mediante la morfometría digital.

Para determinar si el porcentaje de urbanización resulta en un filtro ambiental sobre el desempeño del vuelo, reflejado en la selección de especies con cierta ecomorfología de las alas (objetivo 2), se obtuvo el valor promedio de cada componente en el ACP3 para cada una de las especies, ya que este eje contiene todas las mediciones de hueso obtenidas mediante la morfometría digital. Estos valores promedio, o centroides morfológicos de cada especie, se representaron en gráficas bivariantes de cada componente frente al primero (resultante del análisis del ACP3), que representaba el tamaño corporal general. En estos

puntos que indicaban la posición de cada especie en el espacio ecomorfológico definido por los componentes; se representó el índice de actividad absoluta mediante una circunferencia de radio proporcional al número de secuencias detectadas para la especie.

Se construyó una serie de gráficos para cada región y porcentaje de urbanización. Además, para cada sitio (región/porcentaje de urbanización) se obtuvo el centroide ecomorfológico ponderado por la actividad absoluta de todas las especies, calculado para cada componente como la sumatoria de los productos de los valores promedio del componente para cada especie por el número de pasos registrados para cada especie (o sea, los valores de cada especie con una frecuencia correspondiente a su actividad absoluta en el sitio en esa región/porcentaje de urbanización), dividida por la sumatoria del número de pasos de todas las especies en el sitio. Este centroide expresa las características ecomorfológicas promedio de la comunidad de murciélagos en cada sitio.

Según nuestras hipótesis, si a lo largo del porcentaje de urbanización existe un filtro ambiental hacia especies con mayor distancia de vuelo respecto al piso (mayor altura) y a los objetos de fondo, cabe esperar que el centroide se desplace en el espacio ecomorfológico en la dirección que se relacione con un aumento en la velocidad de vuelo y una disminución en la maniobrabilidad, entre los sitios no urbanos y los urbanos. Además del cambio en la posición del centroide, ante la actuación de un filtro ambiental, cabría esperar que en los sitios más urbanos la variación alrededor del centroide sea menor en las dimensiones del espacio ecomorfológico relacionadas con la velocidad de vuelo y la maniobrabilidad.

En ACP para estudios morfológicos, el componente 1 siempre explica la mayor variación, y aunque representa el mayor porcentaje, los demás componentes, aunque representen muy poco de la variación total, indican que los individuos no varían tanto en estas características y puede ser explicado por las restricciones relacionadas con el filtro de la urbanización. Por esta razón, en este estudio se representó hasta el cuarto componente.

La existencia de estos patrones se exploró gráficamente mediante representaciones de cajas y bigotes (boxplots) por sitio. Por un lado, se exploraron los valores de cada componente con el número de observaciones correspondiente al número de pasos por especie. Por otro lado, se exploraron las desviaciones o distancias absolutas (sin signo) del valor de cada observación (de nuevo con una frecuencia por especie correspondiente a la actividad absoluta o número de pasos por sitio).

Para evaluar la distancia ecomorfológica entre las especies utilizamos índices de diversidad funcional basados en las distancias en el espacio ecomorfológico definido por el ACP3 que es el que contiene los 10

rasgos que indican la capacidad de flexión y combadura del ala. Calculamos el índice de dispersión funcional (FDis), el cual mide la distancia promedio del total de observaciones (número de observaciones de cada especie correspondiente a la actividad absoluta o número de pasos) al centroide ecomorfológico ponderado de la comunidad en el espacio de los rasgos (en este caso el eje ACP3, Laliberté y Legendre 2010). También calculamos la entropía cuadrática de Rao (QRao) que utiliza medidas de distancia euclidiana y calcula la distancia promedio entre todos los pares de especies usando la abundancia (en este caso, la actividad absoluta) como ponderador (Mason et al., 2005; Anderson, 2006 y Laliberté y Legendre 2010). FDis y QRao se calcularon independientemente para cada componente y para los cuatro componentes en conjunto. Para el cálculo de estos índices se empleó el paquete FD (Laliberté et al., 2014) en el entorno R (R Core Team 2019).

Para comprobar la significancia de las diferencias en los índices de diversidad funcional entre sitios se realizó un análisis de la varianza de los valores transformados a rangos (Aligned Ranks Transformation ANOVA, o ART ANOVA), que es un enfoque no paramétrico que permite múltiples variables independientes, interacciones y medidas repetidas, con el paquete “artTools” (Wobbrock et al., 2011). Para evaluar la significancia de las interacciones entre los factores región (norte-sur) y urbanización (en tres porcentajes: no urbano, semiurbano, urbano), se empleó la función “test Interactions” del paquete “emmeans” (Lenth et al., 2018). Los modelos se armaron inicialmente de forma bifactorial, pero ante la evidencia del efecto significativo de la interacción entre los factores región y urbanización, se optó por armar modelos independientes para cada región, con el único factor urbanización. La comprobación *a posteriori* de las diferencias entre los porcentajes del factor urbanización se llevó a cabo con el paquete “emmeans” (Lenth et al., 2018), con el método de Tukey para el ajuste de la probabilidad (Mangiafico 2016). Todos estos paquetes se corrieron en el entorno R (R Core Team 2019).

7. RESULTADOS

7.1. Identificación de las especies mediante sonidos y actividad absoluta (índices de actividad).

De las 2,374 secuencias obtenidas por Ocampo-Ramírez (2015), el análisis de Random Forest dio como resultado un total de 17 especies contenidas en cuatro familias (Tabla 3). Los sitios no urbanos, independientemente su ubicación, presentaron la mayor riqueza, *Pteronotus davyi* solo se registró en el bloque sur, *P. parnellii* no está presente en los sitios urbanos y *Eumops glaucinus* solo se presentó en el sitio sur urbano.

Tabla 3. Riqueza de especies en cada sitio (NNU = norte no urbano, NSU = norte semi urbano, NUU = norte urbano, SNU = sur no urbano, SSU = sur semiurbano, SU = sur urbano). 1 = presencia, 0 = ausencia.

Familia	Especie	Abreviatura	NNU	NSU	NUU	SNU	SSU	SUU
Emballonuridae	<i>Balantiopteryx plicata</i>	BalPli	0	1	1	1	1	1
Molossidae	<i>Eumops glaucinus</i>	EumGla	0	0	0	0	0	1
	<i>Molossus sinaloae</i>	MolSin	1	1	1	1	1	1
	<i>Promops centralis</i>	ProCen	1	0	1	1	1	1
	<i>Tadarida brasiliensis</i>	TadBra	1	1	1	1	1	1
Mormoopidae	<i>Pteronotus davyi</i>	PteDav	0	0	0	1	1	1
	<i>Pteronotus parnellii</i>	PtePar	1	1	0	1	0	0
	<i>Eptesicus fuscus</i>	EptFus	1	1	1	1	1	0
Vespertilionidae	<i>Lasiurus blossevillii</i>	LasBlo	1	1	1	1	1	1
	<i>Lasiurus cinereus</i>	LasCin	1	1	1	1	1	1
	<i>Lasiurus intermedius</i>	LasInt	1	1	1	1	1	1
	<i>Lasiurus xanthinus</i>	LasXan	1	1	1	1	1	1
	<i>Myotis fortidens</i>	MyoFor	1	0	1	1	1	1
	<i>Myotis velifer</i>	MyoVel	1	1	1	1	1	1
	<i>Myotis yumanensis</i>	MyoYum	1	1	0	1	1	1
	<i>Parastrellus hesperus</i>	ParHes	1	1	0	1	1	1
	<i>Rhogeessa parvula</i>	RhoPar	1	1	0	1	1	1
	Riqueza total			14	13	11	16	15

El bloque sur tuvo más actividad que el norte. Dentro del bloque norte la actividad de las especies fue de 487 secuencias, el sitio norte no urbano tuvo el mayor número de secuencias y el norte semiurbano presentó el menor número de secuencias, la especie más activa en este bloque fue *Molossus sinaloae*, seguida de *Myotis velifer* (Tabla 4). En el bloque sur se presentó la mayor actividad (1,774 secuencias) siendo el sur semiurbano el sitio con mayor número de secuencias y el sur no urbano con el menor número

de secuencias de ecolocación. La especie más activa de este bloque fue *Balantiopteryx plicata*, seguida de *Molossus sinaloae* (Tabla 4).

Tabla 4. Actividad absoluta de cada especie en cada sitio (NNU = norte no urbano, NSU = norte semi urbano, NUU = norte urbano, SNU = sur no urbano, SSU = sur semiurbano, SU = sur urbano).

Familia	Especie	Abreviatura	NNU	NSU	NUU	SNU	SSU	SUU
Emballonuridae	<i>Balantiopteryx plicata</i>	BalPli	0	7	1	61	292	238
Molossidae	<i>Eumops glaucinus</i>	EumGla	0	0	0	0	0	1
	<i>Molossus sinaloae</i>	MolSin	51	11	78	108	69	110
	<i>Promops centralis</i>	ProCen	5	0	2	80	3	4
	<i>Tadarida brasiliensis</i>	TadBra	6	2	19	3	9	7
Mormoopidae	<i>Pteronotus davyi</i>	PteDav	0	0	0	1	8	1
	<i>Pteronotus parnellii</i>	PtePar	59	4	0	46	0	0
	<i>Eptesicus fuscus</i>	EptFus	8	4	1	2	24	0
Vespertilionidae	<i>Lasiurus blossevillii</i>	LasBlo	2	2	1	59	39	20
	<i>Lasiurus cinereus</i>	LasCin	14	9	6	4	3	2
	<i>Lasiurus intermedius</i>	LasInt	5	2	2	1	14	2
	<i>Lasiurus xanthinus</i>	LasXan	8	3	7	8	14	17
	<i>Myotis fortidens</i>	MyoFor	25	0	2	2	94	4
	<i>Myotis velifer</i>	MyoVel	104	4	7	8	102	27
	<i>Myotis yumanensis</i>	MyoYum	1	1	0	5	15	3
	<i>Parastrellus hesperus</i>	ParHes	3	3	0	39	55	7
	<i>Rhogeessa parvula</i>	RhoPar	13	5	0	24	93	46
Total			304	57	126	451	834	489

7.2. Selección de rasgos morfológicos y análisis ecomorfológico

En total se obtuvieron 172 fotografías de las que se hicieron mediciones de hueso que en conjunto representan nueve rasgos. Solo en 72 de las 172 fotografías se pudieron hacer mediciones de morfometría completa de 26 rasgos. Los rasgos de hueso que están relacionados con la capacidad de flexión y curvatura del ala y se usaron para los análisis finales fueron: la longitud total del ala (LTAL) que fue calculada con la longitud de antebrazo (LAB) + la longitud total del dedo tres (LTD3), la longitud del antebrazo (LAB), longitud del uropatagio (LUR), longitud del metacarpo del dedo tres (LM-D3), longitud de las falanges del dedo tres (LF-D3), longitud total del dedo tres (LTD3), longitud del metacarpo del dedo cinco (LM-D5), longitud de las falanges del dedo cinco (LF-D5), la longitud total del dedo cinco (LTD5) y la masa (M), estos rasgos también están vinculados con los índices y los rasgos de desempeño (Figura 10).

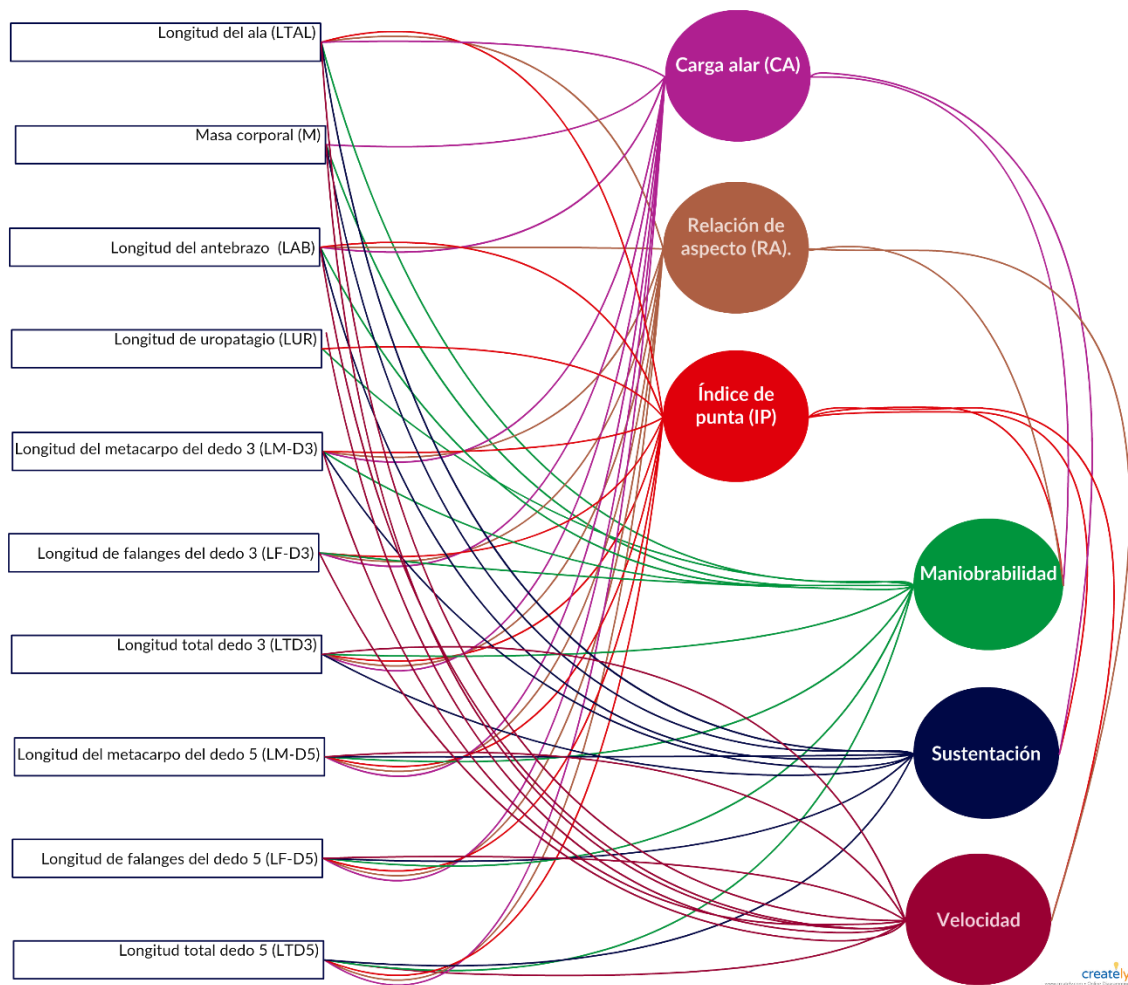


Figura 10. Diagrama con los rasgos de hueso utilizados en el análisis final. De lado izquierdo se muestran los rasgos funcionales, en medio los índices tradicionales, de lado derecho los rasgos de desempeño.

Los valores obtenidos para cada especie usando los índices tradicionales (usando las fórmulas antes descritas de CA, RA e IP) se muestran en la Tabla 5. Las especies con mayores valores de carga alar tienen alas con área relativamente pequeña con respecto a la masa corporal, lo cual les confiere una velocidad de vuelo rápida. Las especies con valores bajos de relación de aspecto tienen alas más cortas y anchas, lo cual les confiere mayor capacidad de giro y maniobrabilidad, aunque menor agilidad (velocidad en el cambio de dirección, Figura 11a). El índice de punta los valores altos indican punta del ala redondeada, alas cuadradas y los valores bajos indican punta del ala más puntiaguda, alas triangulares (Figura 11b).

Tabla 5. Valores para los tres índices con mediciones de hueso (CA= carga alar, RA= relación de aspecto, IP= índice de punta). Las abreviaturas de las especies se explican en la Tabla 3

Abreviatura	CA	RA	IP
BalPli	0.001	2.308	1.418
EumUnd	0.003	3.190	1.901
EumGla	0.004	2.650	1.587
LasBlo	0.001	2.363	1.957
LasCin	0.002	2.660	1.901
LasInt	0.002	2.491	1.780
LasXan	0.001	2.437	1.957
MolSin	0.003	2.803	1.898
MyoVel	0.001	2.109	1.494
MyoYum	0.001	2.008	1.569
MyoFor	0.001	1.998	1.745
PteDav	0.001	2.334	1.669
PtePar	0.001	2.110	1.682
RhoPar	0.001	2.076	1.794
TadBra	0.002	2.878	2.218
EptFus	0.002	2.205	1.751
ParHes	0.001	2.132	1.648
NycMac	0.002	3.026	1.737
ProCen	0.003	3.031	1.986

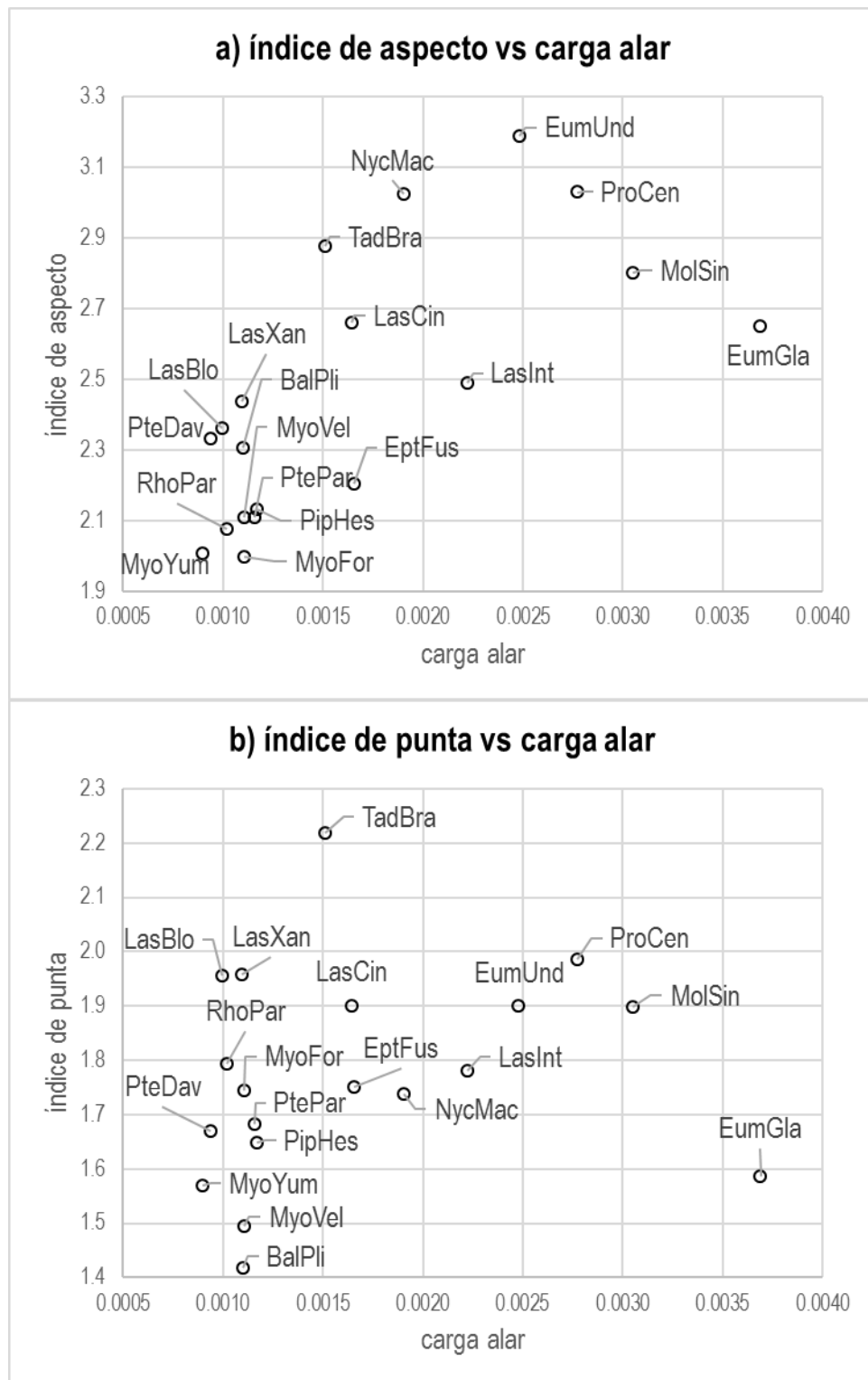


Figura 11. Análisis gráficos de los índices tradicionales. a) índice de aspecto vs carga alar, b) índice de punta vs carga alar. Los códigos en la gráfica se explican en la Tabla 3

El ACP1 que incluyó los rasgos usados para calcular los índices tradicionales mediante rasgos de hueso - masa (M), longitud del antebrazo (LAB), longitud del tercer dedo (LTD3) y longitud del quinto dedo (LTD5) - se muestra en la Figura 12. En este análisis los rasgos más importantes en el componente 1, que explicó el 92.5 % de la variación, fueron: M, LTD3, LAB y en el componente 2 que explicó el 4.8% de la variación, las variables fueron: LAB, LTD5 y M (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de componentes principales ACP1. Porcentaje de la varianza de los datos de morfología alar transformados por el logaritmo decimal explicada por los cuatro componentes (primera línea), y valores de la carga de las distintas variables en ellos.

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4
% Var. Exp.	92.531	4.866	1.547	1.056
M	0.921	0.335	0.057	0.192
LAB	0.222	-0.692	0.684	-0.062
LTD3	0.294	-0.274	-0.446	-0.800
LTD5	0.127	-0.577	-0.575	0.566

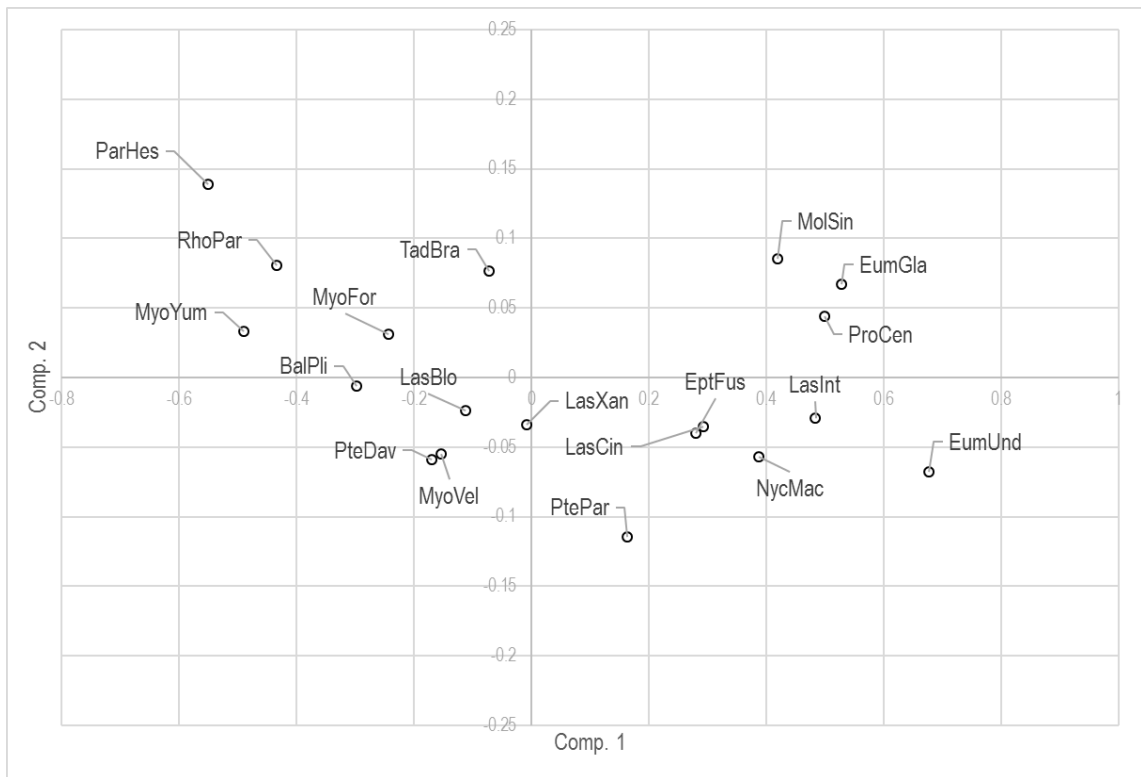


Figura 12. ACP1 que muestra el Componente 1 y 2 para los rasgos de masa (M), longitud del antebrazo (LAB), longitud del tercer dedo (LTD3) y la longitud del quinto dedo (LTD5). Los códigos en la gráfica se explican en la Tabla 3.

El ACP2 que incluyó los rasgos de la masa (M), la longitud total de ala (LTALA) y la longitud total del quinto dedo (LTD5) se muestra en la Figura 13, que es parecido al anterior y solo difiere en que se sumó la LAB y la LTD3 para obtener la LTALA. El orden de importancia de los rasgos en el componente 1, que explico el 95.5% de la variación fueron la masa (M), la longitud total de ala (LTAL) y la longitud total del quinto dedo (LTD5). En el componente 2, que explicó el 3.6% de la variación el nivel de importancia de los rasgos fueron la longitud total del quinto dedo (LTD5), la longitud total de ala (LTAL) y la masa(M) (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de componentes principales ACP2. Porcentaje de la varianza de los datos de morfología alar transformados por el logaritmo decimal explicada por los tres Componentes (primera línea), y valores de la carga de las distintas variables en ellos. La descripción de las variables se encuentra en el texto anterior.

	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
% Var. Exp.	95.5	3.6	0.8
M	0.954	0.251	0.167
LTALA	0.272	-0.482	-0.833
LTD5	0.128	-0.840	0.528

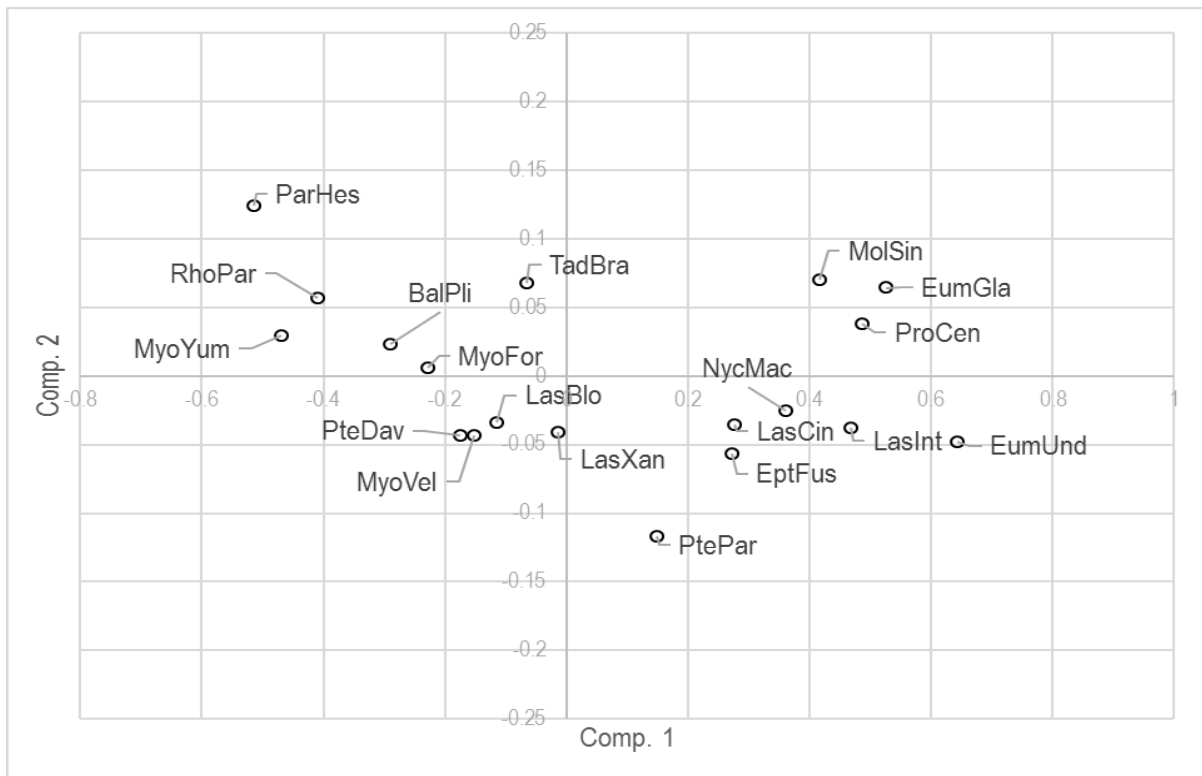


Figura 13. ACP2 que muestra el componente 1 y 2 para los rasgos de masa (M), longitud total de ala (LTALA) y la longitud total del quinto dedo (LTD5) empleados en los índices tradicionales. Los códigos en la gráfica se explican en la Tabla 3.

El ACP3 (en el que se incluyen todos los rasgos medidos en este estudio: masa (M), longitud total del ala (LTALA), longitud del antebrazo (LAB), longitud del uropatagio (LUR), longitud del metacarpo del tercer dedo (LD3.M), longitud de las falanges del tercer dedo (LD3.F), longitud total del tercer dedo (LTD3),

longitud quinto dedo (LTD5)). El componente 1 del ACP3 explica un 81.95 % de la varianza de los datos morfológicos. Está relacionado con la mayoría de las variables con coeficientes positivos, y con un valor mayor con la masa (M) (Tabla 8), lo cual indica que es un indicador del tamaño general de las especies, pero no contiene información sobre forma corporal. El componente 2, explica un 8.56 % de la variación, y está especialmente relacionado de forma positiva con la longitud del uropatagio (LUR), la longitud del metacarpo del quinto dedo (LD5.M), y de forma negativa con la masa (M) (Tabla 8), lo cual indica que está relacionado con la carga alar. El componente 3 explicó el 3,98% de la variación, relacionado positivamente con la longitud del quinto dedo (LD5.F), la longitud del antebrazo (LAB), y de forma negativa con la masa (M) y la longitud del uropatagio (LUR). El componente 4 explicó el 2.3% de la varianza y estuvo relacionado positivamente con, las medidas de longitud del tercer dedo (LD3), la longitud total de ala (LTAL) y negativamente con la masa (M), longitud del antebrazo (LAB, Tabla 8), lo que indica la longitud relativa de la punta del ala respecto al área del brazo y la masa, los valores altos indican un vuelo largo y sostenido, valores bajos un vuelo más rápido y energético. Se puede observar que en el ACP3 de la morfometría digital hay más distancia ecomorfológica entre las especies en comparación al ACP1 y ACP2 de los índices tradicionales (Figura 14).

Tabla 8. Análisis de Componentes Principales ACP3. Porcentaje de la varianza de los datos de morfología alar transformados por el Logaritmo decimal explicada por los primeros cuatro Componentes (Primera línea), y valores de la carga de las distintas variables en ellos. La definición de las variables se encuentra descritas en la Figura 14.

	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4
% Var. Exp.	81.950	8.560	3.975	2.308
LTALA	0.240	0.104	0.217	0.173
M	0.788	-0.395	-0.338	-0.313
LAB	0.200	0.150	0.417	-0.252
LUR	0.109	0.654	-0.600	-0.028
LD3.M	0.242	0.050	0.175	0.201
LD3.F	0.292	0.140	0.035	0.667
LTD3	0.265	0.089	0.114	0.399
LD5.M	0.084	0.462	0.027	-0.238
LD5.F	0.186	0.148	0.471	-0.226
LTD5	0.122	0.344	0.195	-0.236

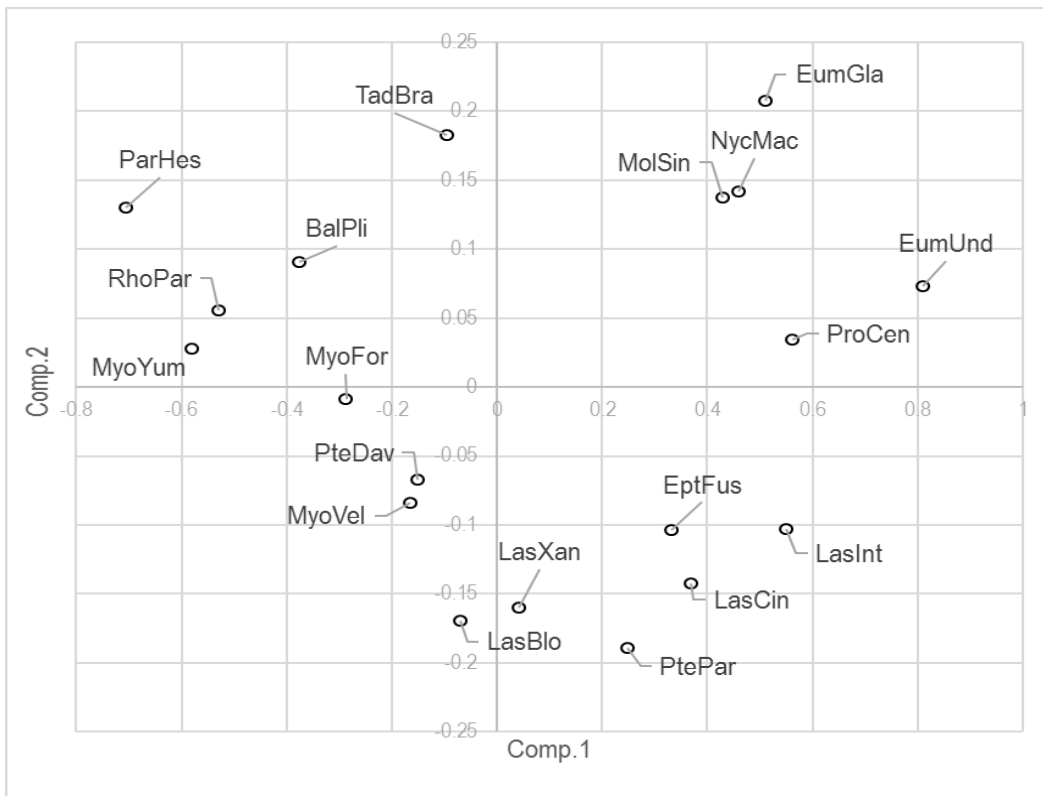


Figura 14. ACP3 que muestra el Componente 1 y 2 para los rasgos de masa (M), la longitud total del ala (LTALA), la longitud del antebrazo (LAB), la longitud del uropatagio (LUR), la longitud del metacarpo del tercer dedo (LD3.M), la longitud de las falanges del tercer dedo (LD3.F), la longitud de las falanges del tercer dedo (LD3.F), la longitud total del tercer dedo (LTD3), la longitud del metacarpo del quinto dedo (LD5.M), la longitud de las falanges del quinto dedo (LD5.F) y la longitud total del quinto dedo (LTD5) medidos en este estudio. Los códigos en la gráfica se explican en la Tabla 3.7.3 Análisis en el espacio ecomorfológico

Los cuatro componentes obtenidos del análisis ecomorfológico se graficaron con la actividad absoluta representada para cada especie y el centroide ecomorfológico calculado para cada sitio. En todos los casos el desplazamiento de los centroides va de los sitios no urbanos (considerados como la condición primaria, que es un ambiente boscoso en una matriz urbanizada y en dónde se presentó la mayor riqueza de especies y mayor cobertura vegetal) a urbanos.

En la gráfica bivalente de los primeros dos componentes (Figura 15a y b) del lado derecho se encuentran los murciélagos grandes y del lado izquierdo murciélagos pequeños, y en la parte superior tenemos murciélagos con alas más alargadas, en contraste con la parte inferior donde se encuentran murciélagos con alas más anchas. Para el bloque norte (Figura 15a), el centroide se desplaza del sitio no urbano que fue considerado como la condición primaria, hacia murciélagos grandes de mayor carga alar y menos maniobrables. Las especies más maniobrables y pequeñas resultaron más activas en los sitios no urbanizados. Para el sitio sur (Figura 15b) el centroide se desplazó hacia murciélagos pequeños, menos

maniobrables y de vuelo largo, como *Tadarida brasiliensis* que puede desplazarse hasta 65 km de su refugio para alimentarse (Williams et al., 1973).

En las gráficas del componente 3 versus el componente 1, en el norte (Figura 16a) el centroide se desplazó hacia murciélagos grandes de mayor carga alar y menor maniobrabilidad y en el sur (Figura 16b) el centroide se desplazó hacia murciélagos pequeños, con mayor maniobrabilidad.

En la gráfica del Componente 4 versus el Componente 1 el norte (Figura 17a) el centroide se desplazó hacia murciélagos grandes, con vuelo largo y sostenido, en el sur (Figura 17b) el centroide se desplazó hacia murciélagos pequeños de vuelo largo y sostenido.

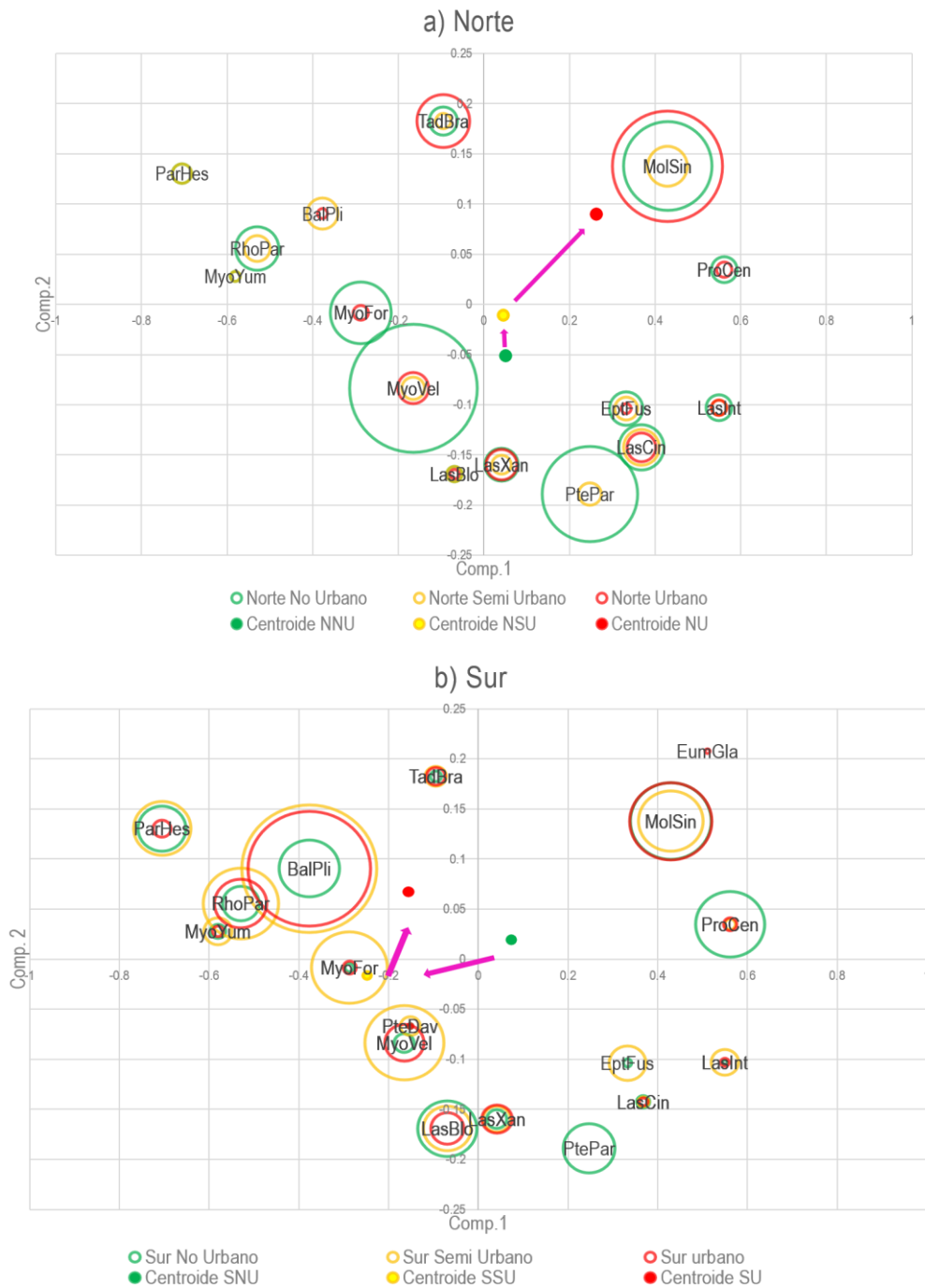


Figura 15. Espacio ecomorfológico para los componentes 1 y 2 y actividad absoluta para las especies presentes en el **a)** bloque norte y **b)** bloque sur. Los colores representan el porcentaje de urbanización: verde: No Urbano, amarillo: semiurbano y rojo: urbano. Las burbujas representan la actividad absoluta para cada especie y los puntos el centroide para cada porcentaje de urbanización. Los códigos en la gráfica se explican en la Tabla 3

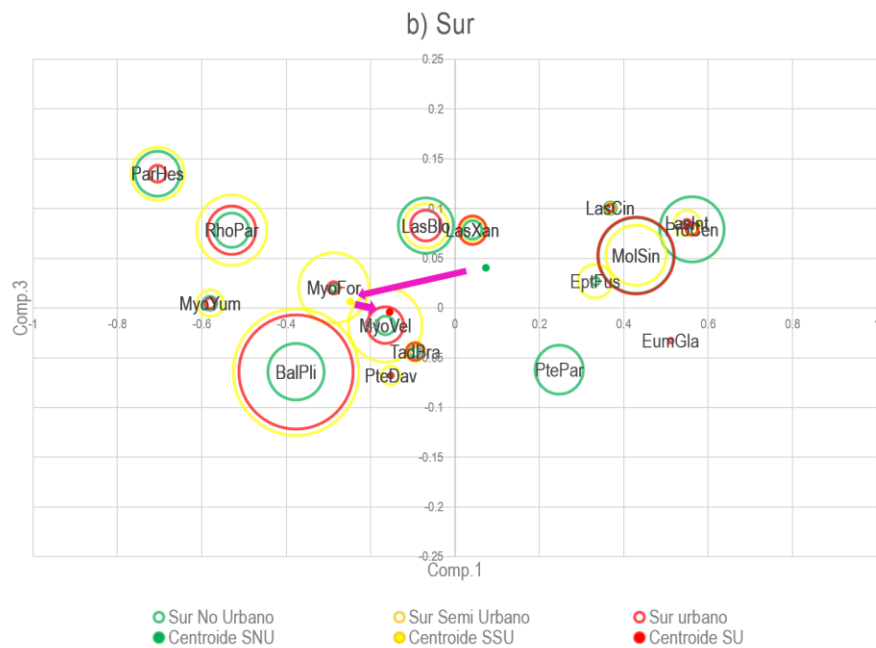
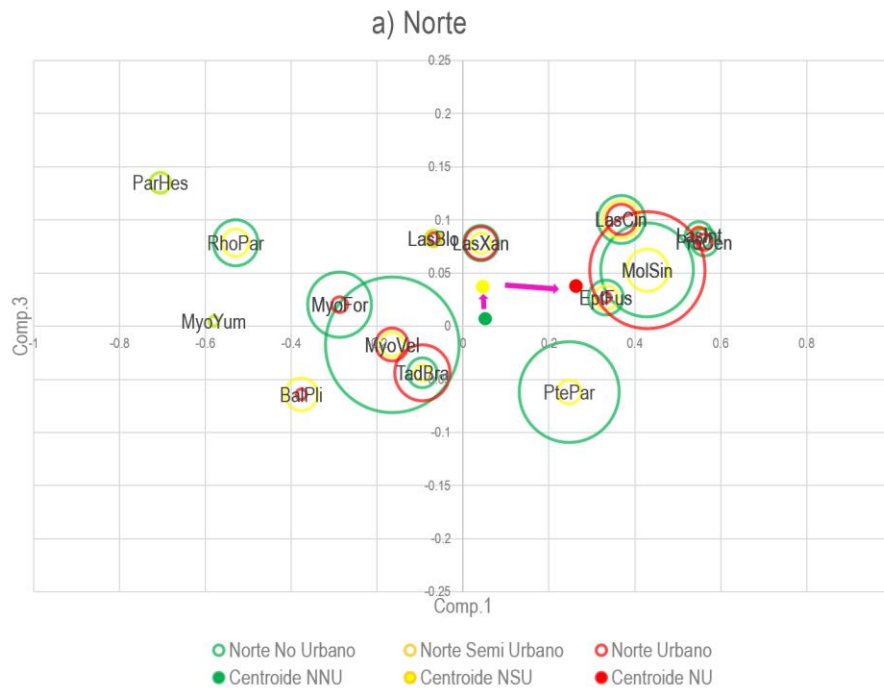


Figura 16. Espacio ecomorfológico para los componentes 1 y 3 y actividad absoluta para las especies presentes en el **a)** bloque norte y **b)** bloque sur. Los colores representan el porcentaje de urbanización: verde: no urbano, amarillo: semiurbano y rojo: urbano. Las burbujas representan la actividad absoluta para cada especie y los puntos el centroide para cada porcentaje de urbanización. Los códigos en la gráfica se explican en la Tabla 3.

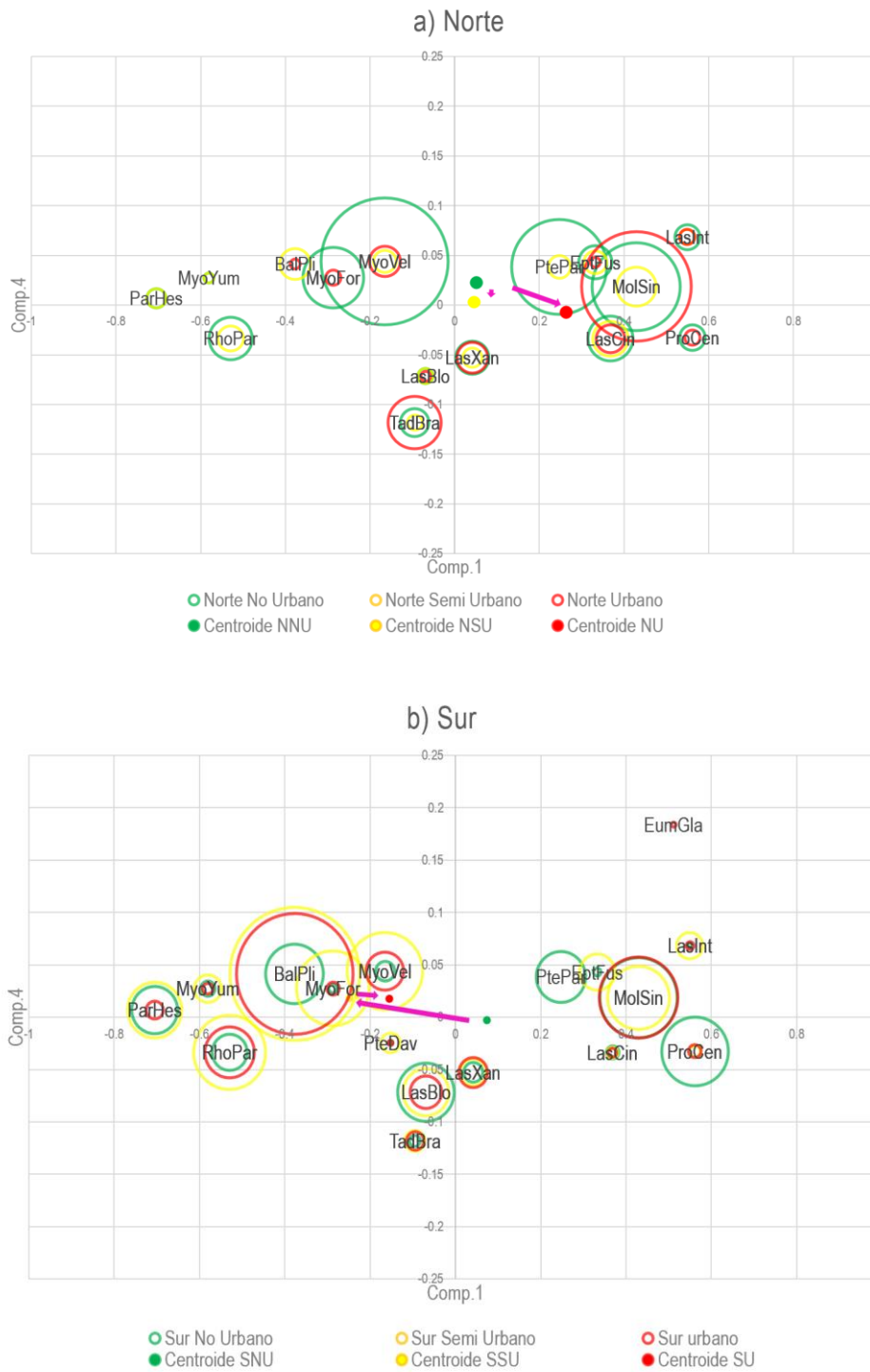


Figura 17. Espacio ecomorfológico para los componentes 1 y 4 y actividad absoluta para las especies presentes en el a) bloque norte y b) bloque sur. Los colores representan el porcentaje de urbanización: verde: no urbano, amarillo: semiurbano y rojo: urbano. Las burbujas representan la actividad absoluta para cada especie y los puntos el centroide para cada porcentaje de urbanización. Los códigos en la gráfica se explican en la Tabla 3.

En la exploración con las gráficas de cajas y bigotes donde se exploraron los valores de cada componente con el número de observaciones correspondiente al número de pasos por especie se puede observar que el valor del componente 1 no varía de forma consistente entre bloques, ya que en el norte aumenta con el grado de urbanización, mientras que en el sur el sitio no urbano muestra los valores más altos y el semiurbano los intermedios (Figura 18a). En la exploración de las desviaciones o distancias absolutas del valor de cada observación, tanto en el norte como en el sur, los sitios no urbanos mostraron mayores desviaciones a los centroides de sitio, que los urbanos, pero los semiurbanos mostraron las mayores desviaciones en el norte y las menores en el sur (Figura 18b).

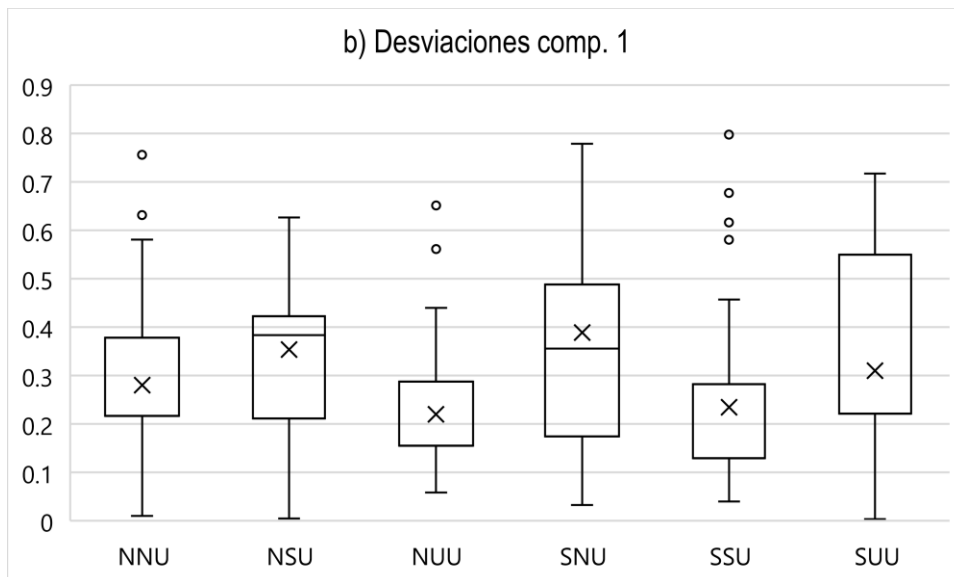
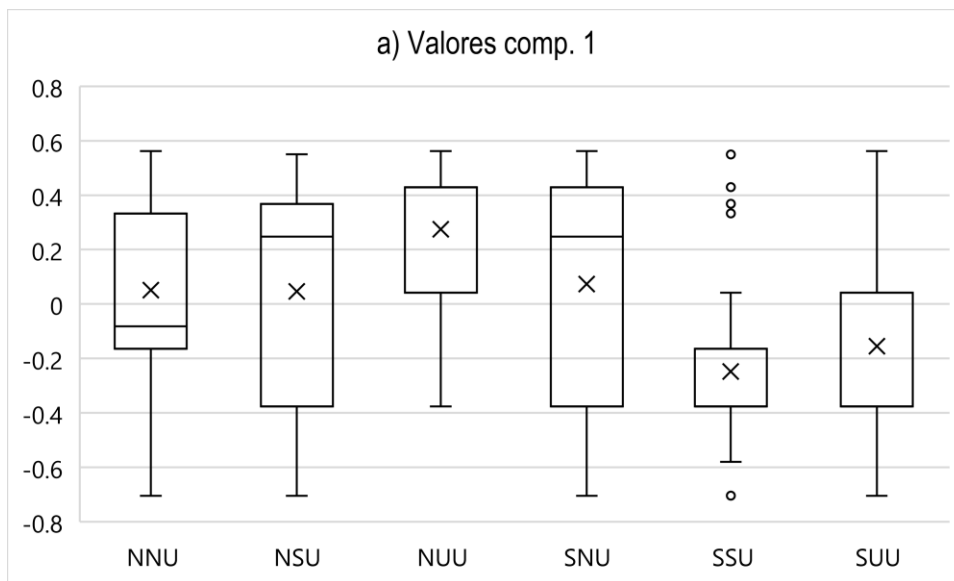


Figura 18. Diagrama de cajas y bigotes de los valores del componente 1 (a) y de las desviaciones de las distancias del valor del componente al centroide de cada sitio (b), del análisis ACP3. La línea central representa la mediana del conjunto de datos, la X representa la media de los datos.

La variación en los valores del componente 2 fue consistente entre los bloques norte y sur, aumentando entre los sitios según el grado de urbanización (Figura 19a). En ambos bloques disminuyeron las desviaciones al centroide del sitio, pero mientras que el sur la disminución fue monótonica, mostrando

el sitio Semiurbano valores intermedios, en el norte el sitio semiurbano mostró desviaciones mayores que el urbano y no urbano (Figura 19b).

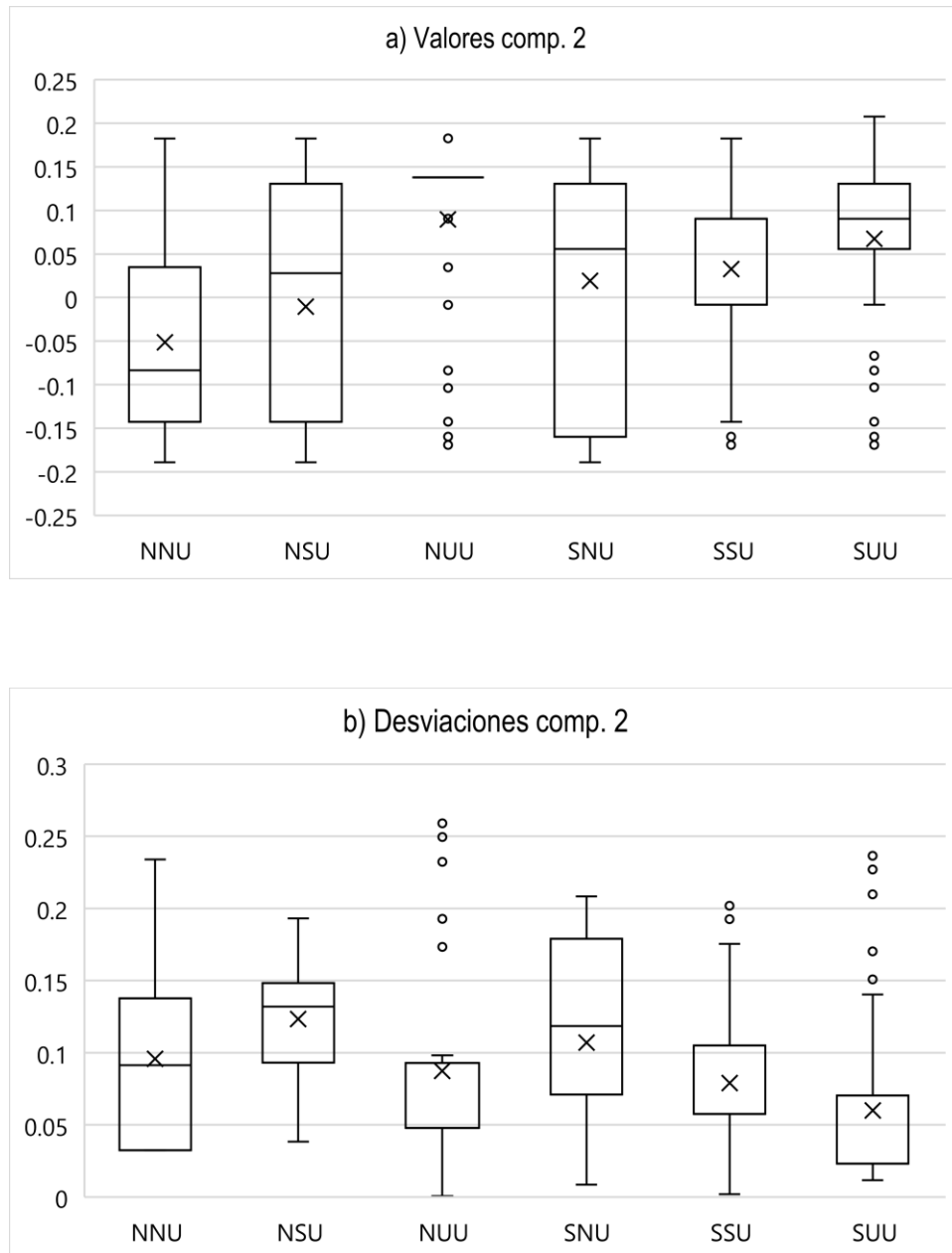


Figura 19. Diagrama de cajas y bigotes de los valores del componente 2 (a) y de las desviaciones de las distancias del valor del componente al centroide de cada sitio (b), del análisis ACP3. La línea central representa la mediana del conjunto de datos, la X representa la media de los datos.

El valor del componente 3 no varía de forma consistente entre bloques, al norte aumenta con el grado de urbanización, al sur el sitio no urbano muestra los valores más altos y el semiurbano los intermedios (Figura 20a). Tanto en el norte como en el sur los sitios. En el norte el sitio semiurbano mostró desviaciones mayores al centroide que el urbano y no urbano, en el sur aumentaron las desviaciones al centroide de los sitios, siendo el urbano el que mostró la mayor desviación (Figura 20b).

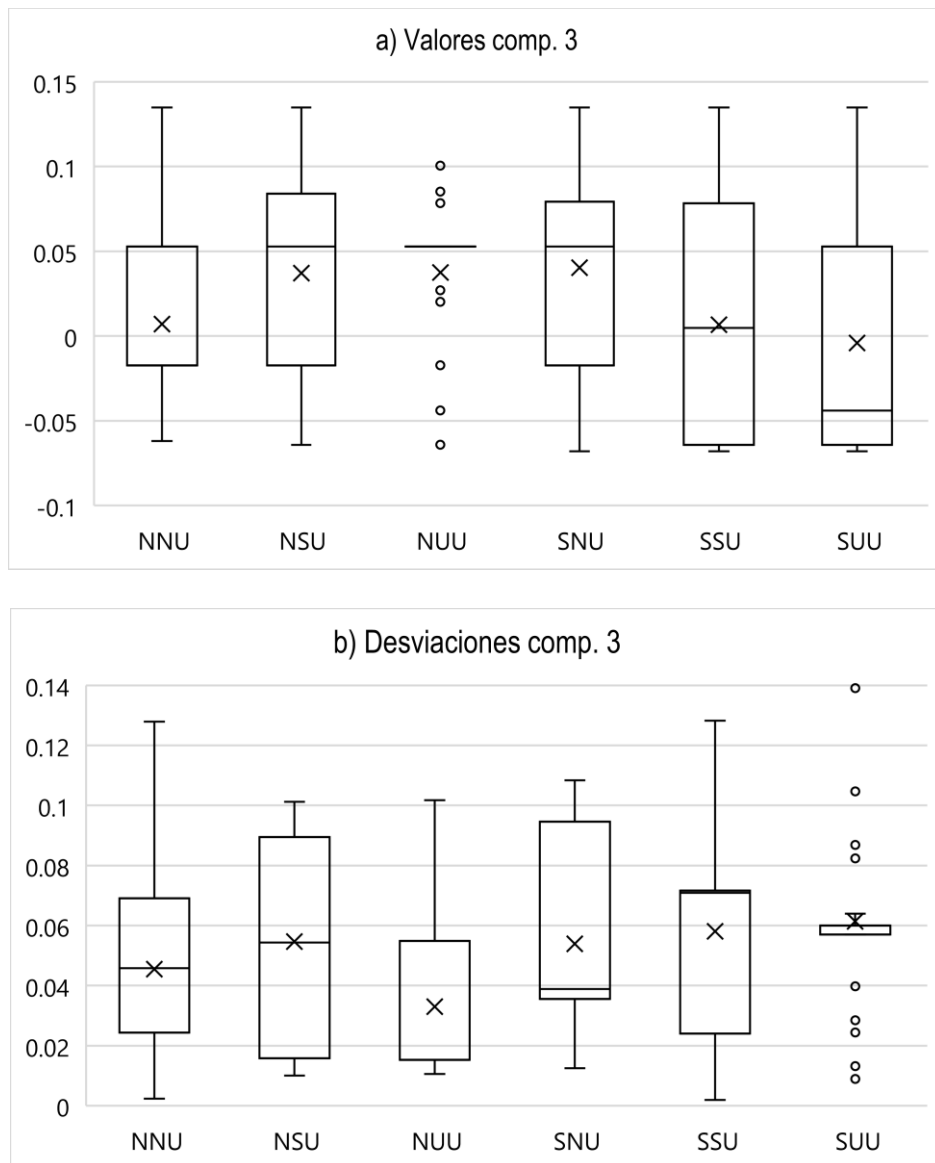


Figura 20. Diagrama de cajas y bigotes de los valores del componente 3 (a) y de las desviaciones de las distancias del valor del componente al centroide de cada sitio (b), del análisis ACP3. La línea central representa la mediana del conjunto de datos, la X representa la media de los datos.

La variación en los valores del Componente 4 fue consistente entre bloques, en el norte el sitio no urbano muestra los valores más bajos, mientras que en el sur el sitio semiurbano presenta los valores más altos (Figura 21a). En el norte aumentaron las desviaciones a los centroides de cada sitio, siendo el urbano el de mayor valor, en el sur la disminución fue monotónica, el sitio semiurbano presentó valores intermedios (Figura 21b).

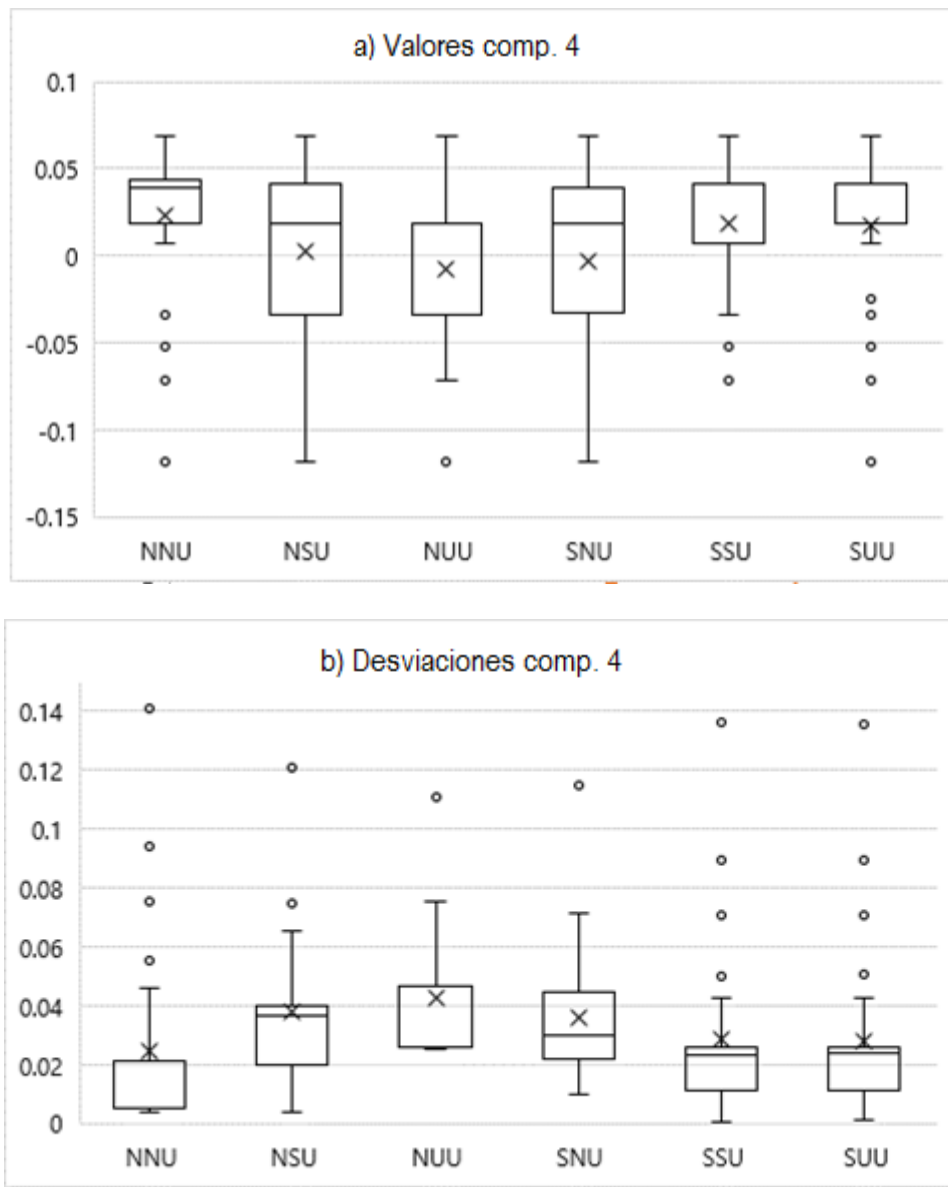


Figura 21. Diagrama de cajas y bigotes de los valores del componente 4 (a) y de las desviaciones de las distancias del valor del componente al centroide de cada sitio (b), del análisis ACP3. La línea central representa la mediana del conjunto de datos, la X representa la media de los datos.

Los valores de dispersión funcional (FDis) y entropía cuadrática de Rao (QRao) fueron menores en los sitios urbanos, tanto en el norte como en el sur. Los sitios no urbanos mostraron valores mayores en los dos índices en ambas áreas, pero mientras que en el norte los sitios semiurbanos mostraron valores intermedios entre los urbanos y los no urbanos, en el sur los semiurbanos mostraron los valores máximos (Tabla 9).

Tabla 9. Valores de la Dispersión funcional (FDis) y Entropía cuadrática de Rao (Q) para cada sitio. Estos análisis incluyen los cuatro Componentes.

	NNU	NSU	NUU	SNU	SSU	SUU
Fdis	1.706	1.485	1.188	1.608	1.854	1.354
Qrao	3.259	2.775	2.004	3.066	3.915	2.216

Al evaluar FDis y QRao de manera individual para cada componente, en el componente 1 para el bloque norte, el sitio semiurbano presentó la mayor dispersión funcional y el no urbano la menor, en el sur el no urbano tuvo la mayor dispersión y el semiurbano la menor (Tabla 10). Para el componente 2 el norte semiurbano y sur no urbano presentaron la mayor dispersión y el norte urbano y sur urbano la menor (Tabla 10) El componente 3 presenta la mayor dispersión en los sitios del norte en el semiurbano y la menor en el no urbano, al sur los índices difieren, para FDis los valores altos se encontraron en el urbano y los bajos en el no urbano y para QRao los valores altos estuvieron en el semiurbano y los bajos en el urbano (Tabla 10). En el componente 4 encontramos que, en ambos índices, en el norte la mayor dispersión funcional está en el sitio urbano y la menor dispersión en no urbano, para el sur, la mayor dispersión se encuentra en el no urbano, en la menor dispersión funcional los índices también difieren, para FDis es en el urbano y para QRao se encuentra en el semiurbano (Tabla 10).

Tabla 10. Valores de la Dispersión funcional (FDis) y Entropía cuadrática de Rao (Q) por componente.

Componente	Dispersión funcional (FDis)					
	NNU	NSU	NUU	SNU	SSU	SUU
Comp. 1	0.673	0.849	0.527	0.933	0.563	0.745
Comp. 2	0.741	0.955	0.676	0.827	0.610	0.463
Comp. 3	0.695	0.834	0.504	0.823	0.887	0.938
Comp. 4	0.361	0.561	0.638	0.533	0.422	0.410
Componente	Entropía cuadrática de Rao (QRao)					
	NNU	NSU	NUU	SNU	SSU	SUU
Comp. 1	0.541	0.889	0.354	1.071	0.558	0.747
Comp. 2	0.786	0.993	0.721	0.933	0.505	0.444
Comp. 3	0.629	0.932	0.411	0.968	1.000	0.963
Comp. 4	0.264	0.425	0.611	0.355	0.299	0.317

En los resultados de los tests de análisis de la varianza de los valores transformados a rangos (Aligned Ranks Transformation ANOVA, o ART ANOVA) aplicados a los valores del ACP3 para el componente 1 el efecto de los dos factores y su interacción fue significativo (Tabla 11), lo cual indica que el efecto del factor urbanización no es semejante entre los bloques norte y sur. En el modelo ART con la variable respuesta componente 2 el efecto de ambos factores bloque y urbanización fue significativo, así como su interacción (Tabla 11), lo cual indica que el efecto del factor urbanización no es semejante entre los bloques norte y sur. El modelo ART aplicado al componente 3 el factor bloque no resultó significativo, el factor urbanización y la interacción bloque:urbanización si fueron significativos (Tabla 11). Lo que significa que los bloques norte y sur no tienen un efecto sobre este componente, pero si en conjunto con los grados de urbanización. El modelo ART con la variable de respuesta componente 4, solamente el efecto de urbanización y la interacción bloque:urbanización resultó significativo (Tabla 11). Lo que significa que los bloques norte y sur no tienen un efecto sobre este componente, pero sí en conjunto con el porcentaje de urbanización.

Tabla 11. Resultados del ANOVA para el modelo ART de los cuatro componentes con los efectos de los factores bloque y urbanización y su interacción sobre la variable de respuesta componente 1. Sumas de cuadrados Tipo III.

componente 1				
	Gl	Gl.res	valor F	Pr(>F)
1 Bloque	1	2255	144.674	< 2.22e-16
2 Urbanización	2	2255	44.683	< 2.22e-16
3 Bloque:urbanización	2	2255	80.315	< 2.22e-16
componente 2				
1 Bloque	1	2255	65.672	8.64E-16
2 Urbanización	2	2255	109.663	< 2.22e-16
3 Área:urbanización	2	2255	69.023	< 2.22e-16
componente 3				
1 Bloque	1	2255	2.615	0.106
2 Urbanización	2	2255	18.548	1.02E-08
3 Bloque:urbanización	2	2255	34.232	2.26E-15
componente 4				
1 Bloque	1	2255	0.353	0.553
2 Urbanización	2	2255	27.855	1.12E-12
3 Bloque:urbanización	2	2255	103.843	< 2.22e-16

El modelo ART con la variable de respuesta DCen4D que engloba las cuatro desviaciones de los componentes al centroide, el efecto de ambos factores bloque y urbanización fue significativo, así como su interacción (Tabla 12). En el modelo ART con la variable de respuesta DCenComp1 el efecto de ambos factores y su interacción fueron significativos (Tabla 12), lo cual indica que el efecto del factor urbanización no es paralelo entre las áreas norte y sur. En el modelo ART con la variable respuesta DCenComp2 el efecto de ambos factores bloque y urbanización fue significativo, así como su interacción (Tabla 12), lo cual indica que el efecto del factor urbanización no es paralelo entre los bloques norte y sur. En el modelo ART con la variable respuesta DCenComp3 el efecto de ambos factores bloque y urbanización fue significativo, así como su interacción (Tabla 12), lo cual indica que el efecto del factor urbanización no es paralelo entre los bloques norte y sur. El modelo ART aplicado al DCenComp4 el factor bloque no resultó significativo, el factor urbanización y la interacción bloque:urbanización si fue significativo (Tabla 12). Lo que significa que los bloques norte y sur no tienen un efecto sobre esta variable de respuesta, pero si en conjunto con los porcentajes de urbanización.

Tabla 12. Resultados del ANOVA para el modelo ART general y para cada uno de los valores de desviación al centroide de los componentes con los efectos de los factores bloque y urbanización y su interacción sobre la variable de respuesta componente 1. Sumas de cuadrados Tipo III.

DCen4D				
1 Bloque	1	2255	0.450	0.502
2 Urbanización	2	2255	71.295	< 2e-16
3 Bloque:urbanización	2	2255	83.790	< 2e-16
DCenComp1				
1 Bloque	1	2255	5.7512	0.016
2 Urbanización	2	2255	39.05	< 2e-16
3 Bloque:urbanización	2	2255	48.9687	< 2e-16
DCenComp2				
1 Bloque	1	2255	22.061	2.80E-06
2 Urbanización	2	2255	74.2	<2.22e-16
3 Bloque:urbanización	2	2255	28.272	7.46E-13
DCenComp3				
1 Bloque	1	2255	57.0764	6.05E-14
2 Urbanización	2	2255	7.726	0.000
3 Bloque:urbanización	2	2255	21.224	7.38E-10
DCenComp4				
1 Bloque	1	2255	0.281	0.596
2 Urbanización	2	2255	3.654	0.026
3 Bloque:urbanización	2	2255	151.754	< 2e-16

El análisis post hoc de Tukey con “emmeans” del ART ANOVA para los valores del componente 1 muestra que todos los sitios tuvieron diferencias significativas, excepto el norte semiurbano con el norte urbano y el sur no urbano con el sur semiurbano (Tabla 13). Para el componente 2, los sitios que no tuvieron diferencias significativas fueron el norte no urbano– norte semiurbano y el sur no urbano– sur semiurbano (Tabla 13). Para el componente 3 todos los sitios mostraron diferencias significativas, excepto el norte semiurbano que no se diferenció del norte urbano (Tabla 13). En el componente 4, los únicos sitios que no se diferenciaron entre sí fueron el norte semiurbano– norte urbano y el sur semiurbano– sur urbano (Tabla 13).

Tabla 13. Prueba post hoc de Tukey para cada uno de los valores de los componentes en el análisis ART ANOVA. NNU = norte no urbano, NSU = norte semi urbano, NUU = norte urbano, SNU = sur no urbano, SSU = sur semiurbano, SU = sur urbano.

Componente 1					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value
NNU - NSU	-499.376	90.224	2255	-5.535	5.19E-07
NNU - NUU	-686.922	66.230	2255	-10.372	4.81E-11
NSU - NUU	-187.546	99.781	2255	-1.880	0.415
SNU - SSU	70.534	36.536	2255	1.931	0.384
SNU - SUU	267.059	87.488	2255	3.053	0.028
SSU - SUU	210.373	35.603	2255	5.909	5.94E-08
Componente 2					
NNU - NSU	-232.075	87.405	2255	-2.655	0.085
NSU - NUU	-707.405	96.662	2255	-7.318	5.33E-11
NNU - NUU	-939.480	64.160	2255	-14.643	4.80E-11
SNU - SUU	-248.253	39.534	2255	-6.279	6.14E-09
SNU - SSU	-0.559	35.394	2255	-0.016	1
SSU - SUU	-247.693	34.490	2255	-7.182	6.20E-11
Componente 3					
NNU - NSU	-261.368	88.844	2255	-2.942	0.039
NSU - NUU	40.833	98.254	2255	0.416	0.998
NNU - NUU	-220.536	65.217	2255	-3.382	0.010
SNU - SUU	516.066	40.186	2255	12.842	4.80E-11
SNU - SSU	403.247	35.977	2255	11.208	4.80E-11
SSU - SUU	112.820	35.058	2255	3.218	0.016
Componente 4					
NNU - NSU	392.379	88.273	2255	4.445	0.000
NSU - NUU	187.274	97.623	2255	1.918	0.391
NNU - NUU	579.654	64.798	2255	8.946	4.81E-11
SNU - SUU	-391.922	39.927	2255	-9.816	4.81E-11
SNU - SSU	-437.046	35.746	2255	-12.226	4.80E-11
SSU - SUU	45.123	34.833	2255	1.295	0.788

El análisis post hoc con emmeans general (Dcen4D) que engloba a los cuatro componentes mostró que todos los sitios del bloque norte y sur tienen diferencias significativas (Tabla 14). Para la DCenComp1 todos los porcentajes de urbanización tuvieron diferencias significativas, excepto el norte urbano con norte semiurbano (Tabla 14). En la DCenComp2 observamos que solamente el norte no urbano no se diferencia significativamente del norte urbano (Tabla 14). Para la DCenComp 3, el norte no urbano no se diferencia

significativamente del norte semiurbano, y ente sur semi urbano con el sur urbano tampoco hay diferencias significativas los demás tienen diferencias significativas (Tabla 14). En la DCenComp4 el norte no urbano – norte semiurbano y el sur semiurbano – sur urbano tampoco tienen valores significativos, al igual que el componente 3 (Tabla 14).

Tabla 14. Prueba post hoc de Tukey general y para cada uno de los valores de desviación al centroide de los componentes en el análisis ART ANOVA. NNU = norte no urbano, NSU = norte semi urbano, NUU = norte urbano, SNU = sur no urbano, SSU = sur semiurbano, SU = sur urbano.

Dcen4D (general)					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value
NNU -NSU	-312.977	84.914	2255	-3.686	0.003
NSU - NUU	708.385	93.908	2255	7.543	4.90E-11
NNU - NUU	395.408	62.332	2255	6.344	4.10E-09
SNU - SUU	357.914	38.408	2255	9.319	4.81E-11
SNU -SSU	717.061	34.386	2255	20.853	4.80E-11
SSU - SUU	-359.147	33.508	2255	-10.718	4.81E-11
DCenComp1					
NNU -NSU	-221.382	86.655	2255	-2.555	0.109
NSU - NUU	452.265	95.834	2255	4.719	3.70E-05
NNU - NUU	230.883	63.610	2255	3.630	0.004
SNU - SUU	189.363	39.196	2255	4.831	2.14E-05
SNU -SSU	638.541	35.091	2255	18.197	4.80E-11
SSU - SUU	-449.178	34.195	2255	-13.136	4.80E-11
DCenComp2					
NNU -NSU	-398.305	89.238	2255	-4.463	0.000
NSU - NUU	524.780	98.690	2255	5.317	1.72E-06
NNU - NUU	126.475	65.506	2255	1.931	0.383
SNU - SUU	561.167	40.364	2255	13.903	4.80E-11
SNU -SSU	256.373	36.137	2255	7.094	7.40E-11
SSU - SUU	304.794	35.214	2255	8.655	4.81E-11
DCenComp3					
NNU -NSU	-157.866	91.385	2255	-1.727	0.514
NSU - NUU	405.629	101.064	2255	4.014	0.001
NNU - NUU	247.763	67.082	2255	3.693	0.003
SNU - SUU	-211.105	41.335	2255	-5.107	5.26E-06
SNU -SSU	-211.417	37.006	2255	-5.713	1.88E-07
SSU - SUU	0.311	36.061	2255	0.009	1
DCenComp4					
NNU -NSU	-682.291	87.945	2255	-7.758	4.83E-11
NSU - NUU	-222.416	97.260	2255	-2.287	0.200
NNU - NUU	-904.706	64.557	2255	-14.014	4.80E-11
SNU - SUU	285.071	39.779	2255	7.166	6.36E-11
SNU -SSU	350.380	35.613	2255	9.838	4.81E-11
SSU - SUU	-65.309	34.704	2255	-1.882	0.414

8. DISCUSIÓN

Se encontraron más especies en el bloque sur que en el bloque norte, los sitios no urbanos fueron los que presentaron mayor número de especies en ambos bloques, lo que concuerda con Duchamp y Swihart, (2008), que estudiaron a los MIA de Indiana, EE. UU, encuentran un mayor número de especies en sitios con mayor cobertura arbórea. En este estudio, esto puede ser un indicador de que la urbanización limita la presencia de algunas especies. Estos resultados concuerdan con lo esperado y con Duchamp y Swihart, (2008), que trabajó en la región de la Huasteca del Estado de Hidalgo, México, en dónde hubo una disminución de especies, abundancia y riqueza funcional en sitios con menor cobertura arbórea.

Pteronotus davyi y *E. glaucinus* solo estuvieron presentes en el bloque sur. Consideramos que esto se debe a que la altitud y la temperatura actúan como un filtro en la fisiología de *P. davyi*, ya que esta especie tiene afinidad por hábitats secos y cálidos (Adams 1989). En el caso de *E. glaucinus*, que solo estuvo presente en el sitio Sur Urbano, con una sola secuencia de ecolocación, podría deberse a que es una especie de vuelo alto, que no se registran de manera sistemática por detectores, por lo que esta secuencia es una grabación ocasional.

Pteronotus parnellii presentó la mayor actividad en los sitios no urbanos y estuvo ausente de los sitios urbanos. Esta especie ha sido catalogada como especialista de hábitats estructuralmente complejos, de acuerdo con su llamado de ecolocación y morfología alar (Herd, 1983, Schnitzler y Kalko, 2001); y podría ser un indicador de buen estado de conservación cuando se registra su presencia en sitios urbanizados (García-Morales et al., 2016)

El cálculo de los índices tradicionales con mediciones de hueso mediante morfometría digital resultó ser igual de útil que las mediciones con áreas; esto coincide con Baagøe (1987) y Bader et al., (2015). Para la carga alar (CA), encontramos que los valores coinciden con la forma de las alas; por ejemplo, *Myotis yumanensis* tiene el valor más bajo de CA (Tabla 5), lo que significa que tiene menor velocidad y agilidad, pero mayor maniobrabilidad que otras especies. *Eumops glaucinus* tiene el valor más alto (Tabla 5) y quiere decir que es un murciélago de vuelo rápido. Si analizamos la relación de aspecto (RA), *E. underwoodi* tiene el valor más alto (Tabla 5), lo que significa que tiene alas angostas y largas que facilitan cubrir grandes distancias; por el contrario *M. fortidens* tiene el valor más bajo de RA (Tabla 5), lo que indica que tiene alas anchas y cortas, más maniobrables y de vuelo más lento.

Para el índice de punta (IP), *Tadarida brasiliensis* tiene el valor más alto (Tabla 5), lo que se interpreta como un murciélago con alas redondeadas o puntas cuadradas; la punta de las alas es la parte propulsora, por lo que puntas con un alto índice promueven velocidades mayores de vuelo. *Balantiopteryx*

plicata presenta el valor más bajo de IP (Tabla 5), ya que presenta alas puntiagudas (Norberg, 1981; Rayner, 1981 y Norberg y Rayner, 1987).

Los resultados indican que al aumentar el número de rasgos que conforman el análisis hay una mayor diferenciación de las especies que conforman el espacio ecomorfológico (Schmieder et al., 2015). Al comparar el ACP1 y ACP2, que solo contienen cuatro rasgos que se utilizan para calcular los índices tradicionales de carga alar (CA), relación de aspecto (RA) e índice de punta (IP) (Figura 12 y Figura 13), con el ACP3 que contiene los 10 rasgos que medimos en este estudio (Figura 14) podemos observar que las especies están más juntas en los ACP1 (Figura 12) y ACP2 (Figura 13) y en el ACP3 (Figura 14) tiene mayor distancia.

En los análisis de las gráficas del espacio ecomorfológico del componente 1 vs el componente 2 (Figura 15a), las especies con valores más altos tienen mayor velocidad de vuelo y las especies con valores más bajos presentan mayor maniobrabilidad. En las gráficas del componente 1 vs. componente 3 (Figura 16a y b), las especies con uropatagios mayores con respecto al área de las alas, presentan valores menores; esto tiene que ver con la maniobrabilidad, pues las especies más maniobrables toman valores bajos en componente 3. En Componente 1 vs el Componente 4 (Figura 17a y b) las especies con valores más altos son capaces de vuelo más largo y sostenido, y las de valor bajo, de vuelo más rápido y energético.

En todas las gráficas, en el bloque norte el centroide siempre se desplazó hacia murciélagos grandes adaptados a volar en ambientes menos complejos, alejados de la vegetación con menos obstáculos, p. ej. *Molossus sinaloae* es un murciélago que forrajea alejado de la vegetación y su actividad es mayor en los sitios urbanizados, al igual que *Tadarida brasiliensis*; estas especies adaptadas a volar en áreas abiertas presentan alta relación de aspecto y carga alar (Tabla 5), lo anterior concuerda con los trabajos de Duchamp y Swihart (2008) y Hanspach et al., (2012). En el bloque sur, el centroide siempre se desplazó hacia murciélagos pequeños, más maniobrables y con menor carga alar, al igual que lo encontrado por Duchamp y Swihart (2008), Hanspach et al., (2012), García-García et al., (2014), y Wordley et al., (2017). Por otra parte, la actividad de estas especies fue mayor en los sitios del bloque sur y podría estar vinculado con un efecto de la temperatura, ya que los murciélagos pequeños podrían verse favorecidos por las temperaturas mayores.

En particular para el componente 1, que representa el tamaño general de las especies, los índices de FDis y QRao demostraron que hubo una mayor contracción en el espacio ecomorfológico en los sitios norte urbano y sur urbano y la menor en los sitios no urbanos (Tabla 10), el test ART ANOVA mostró que los bloques norte y sur, los porcentajes de urbanización y su interacción tienen un efecto sobre este

componente (Tabla 11 y Tabla 13). Todos los sitios tuvieron diferencias significativas, excepto el norte no urbano con el norte semiurbano. Lo anterior indica que las diferencias entre los niveles de urbanización son notorias entre el sitio no urbano y urbano y entre el semiurbano a urbano, pero no entre el no urbano y semiurbano.

La hipótesis se cumple en el bloque sur. Los porcentajes de urbanización actúan como un filtro sobre la masa (M), la longitud del dedo tres (LTD3) y la longitud total del ala (LTAL), lo que indica que hay un filtro sobre el tamaño de las especies: las más grandes y menos maniobrables como *Molossus sinaloae* tienen mayor actividad en los sitios urbanos. García-García et al., (2014) asocia a las especies más grandes con mayores tasas de perturbación. También encontramos que especies pequeñas y más maniobrables como *Myotis yumanensis* presentaron mayor actividad en los sitios no urbanos y semiurbanos.

En el componente 2, que es un indicador positivo de la carga alar y velocidad de vuelo y un indicador negativo de la maniobrabilidad, el centroide mostró una disminución en los valores de las desviaciones según el grado de urbanización (Fig. 18). Lo que quiere decir que hay una contracción en el espacio ecomorfológico, ya que los sitios urbanos tanto en el norte como en el sur presentaron la menor distancia ecomorfológica (Tabla 9) como lo muestran los índices de FDis y QRao.

El test ART ANOVA mostró que los bloques norte y sur, los porcentajes de urbanización y su interacción tienen un efecto sobre este componente (Tabla 11). El test posthoc mostró que este efecto es en todos los sitios, excepto el norte no urbano no se diferenció significativamente del norte urbano (Tabla 13). Al norte la hipótesis se cumple entre el no urbano a semiurbano y entre el semiurbano a urbano. La hipótesis se cumple en el bloque sur, donde la urbanización actúa como un filtro sobre la longitud del uropatagio (LUR), la longitud del quinto dedo (LD5) y la masa.

Para el componente 3, que está relacionado con la maniobrabilidad, los resultados del análisis de los índices FDis y QRao mostraron que las menores distancias entre las especies estuvieron en el norte urbano, sur no urbano (de acuerdo con FDis) y en el sur urbano (QRao) (Tabla 9). El test ART ANOVA mostró que existe un efecto de los bloques, los porcentajes de urbanización y su interacción sobre este componente (Tabla 12). El test posthoc mostró que no hay efecto significativo entre los sitios norte no urbano a norte semiurbano, (al igual que en el componente 1), tampoco en el norte semiurbano a norte urbano y entre el sur semiurbano a sur urbano, (Tabla 13), la hipótesis se cumple entre los demás sitios (NNU-NUU, SNU-SUU, SNU-SSU), la urbanización actúa como un filtro sobre la longitud del dedo cinco (LD5), la longitud del antebrazo (LAB) y la masa (M).

En el componente 4, que indica la longitud relativa de la punta del ala respecto al área del brazo y la masa, los índices FDis y QRao mostraron que los sitios norte no urbano, sur urbano (FDis) y sur semi urbano (QRao) presentan una mayor contracción en el espacio ecomorfológico (Tabla 9). El test ART ANOVA mostró que los bloques norte y sur no tienen un efecto sobre este componente, los porcentajes de urbanización y la interacción entre bloque y urbanización sí tiene un efecto significativo (Tabla 11).

El test posthoc mostró que este efecto no está presente entre el norte semiurbano y norte urbano y entre el sur semiurbano y sur urbano (Tabla 13), al igual que en el componente 3, la hipótesis se cumple entre los demás sitios, la urbanización actúa como un filtro sobre la longitud del dedo tres (LD3), la longitud total del ala (LTALA) y la masa (M). En los sitios donde la hipótesis no se cumple (norte semiurbano – norte urbano, y sur semiurbano - sur urbano)

En los componentes 1, 3 y 4, no se observó un efecto significativo de los factores sobre los sitios semiurbanos a no urbanos y semiurbanos a urbanos puede deberse a que los sitios semiurbanos son condiciones intermedias en las cuales la urbanización podría no ser un filtro sobre los rasgos de los individuos, y donde las especies encuentran diferentes ambientes de vuelo disponibles.

A pesar de que las barrancas de la Ciudad de Cuernavaca proveen un hábitat y refugio a los murciélagos, dentro de estas existe un filtro ecológico vinculado al porcentaje de la cobertura urbana. En los sitios menos urbanizados se encuentran especies como *P. parnelli*, que podría verse afectada ante el cambio de estos sitios ya que su presencia fue nula en los sitios urbanizados. En los sitios semiurbanos, donde se registran los índices de actividad más altos, se encuentran especies que pueden explotar ámbitos urbanos, pero podrían tener requerimientos especiales de refugio, alimento, humedad y cercanía al agua (Ocampo-Ramírez, 2015). En los sitios con mayor porcentaje de cobertura urbana también se encuentran especies que toleran más las condiciones de urbanización como *M. sinaloae* (Bader et al., 2015).

Cada porcentaje de urbanización alberga especies que se benefician de las características de los sitios, por lo cual es necesario implementar acciones para su conservación y protección, evitando con estola pérdida de más especies y de rasgos funcionales. Es claro que en las especies poco abundantes la declinación de sus poblaciones es más probable debido a la fragmentación del hábitat y que las especies abundantes se verán afectadas en menor medida (García-García et al., 2014).

Es importante precisar que una limitante en este trabajo fue que no fue posible obtener las mediciones de individuos capturados en cada sitio en particular y se midieron individuos capturados en

diferentes periodos y localidades, sobre todo en diferentes sitios de Morelos, incluyendo sitios en barrancas dentro de la zona urbana de Cuernavaca.

Adicionalmente, consideramos que, en estudios futuros sobre esta temática de investigación, valdría la pena replicar los análisis en sitios altamente urbanizados, como el zócalo de la ciudad, para evaluar cómo funciona el filtro en los rasgos ecomorfológicos en lugares con diferente estructura y comparar con los sitios riparios, que son reservorios de diversidad a pesar del avance urbano.

9. CONCLUSIONES

- En este trabajo se destaca la utilidad de las medidas de las alas para evaluar el uso del hábitat de los murciélagos, además de las medidas que dependen de la longitud de los huesos.
- Usar longitudes de hueso para calcular los índices de carga alar, relación de aspecto e índice de punta resulta igualmente útil que usar mediciones de áreas.
- Al aumentar el número de rasgos en los análisis, hay una mejor diferenciación entre especies presentes en el espacio ecomorfológico, en comparación con el número de rasgos utilizados para los índices tradicionales.
- Las especies en sitios urbanizados tienen mayor cercanía ecomorfológica, ya que la mayor contracción en el espacio ecomorfológico se encontró en los sitios más urbanizados.
- La urbanización actúa como un filtro en la ecomorfología de las especies de MIA, específicamente en los sitios sur no urbano a sur urbano y de sur no urbano a sur semi urbano.
- Los resultados coinciden con lo encontrado en otros estudios, donde las especies con rasgos similares entre ellas respondieron de manera similar a la urbanización: en sitios no urbanos se presentaron especies maniobrables y de menor carga alar y en sitios más urbanizados se encontró una menor riqueza y especies grandes de vuelo rápido y mayor carga alar.

10. REFERENCIAS

- Adams, J. K. 1989. *Pteronotus davyi*. Mammalian Species. 346:1-5.
- Ahumada, J. A., Silva, C. E. F., Gajapersad, K., Hallam, C., Hurtado, J., Martin, E., Andelman, S. J. 2011. Community structure and diversity of tropical forest mammals: Data from a global camera trap network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1578), 2703–2711. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0115>
- Anderson, M.J. 2006. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics* 62: 245–253. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2005.00440.x>
- Arcos, T. I. 2005. Efecto del ancho de los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la subcuenca del Río Copán, Honduras. Tesis MSc. CATIE.
- Arita, H.T. y M. B. Fenton. 1997. Flight and echolocation in the ecology and evolution of bats. *Trends in Ecology and Evolution*, 12:53-58
- Ávila-Flores, R. y M.B. Fenton. 2005. Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. *Journal of Mammalogy*. 86(6):1193-1204.
- Baagøe H. J. 1987. The Scandinavian bat fauna—adaptive wing morphology and free flight in the field. Pp. 57–74. En *Recent advances in the study of bats* (Fenton M. B. Racey P. A. Rayner J. M. V., eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Bader, E., K. Jung, E.K.V. Kalko, R.A. Page, R. Rodriguez. 2015. Mobility explains the response of aerial insectivorous bats to anthropogenic habitat change in the Neotropics. *Biological Conservation* 186 (2015) 97–106.
- Bellwood, D.R., P.C. Wainwright, C.J. Fulton, A. Hoey, 2002. Assembly rules and functional groups at global biogeographical scales. *Functional Ecology*. 16: 557-562.
- Bogdanowicz, W. Csada, R. y M.B. Fenton. 1997. Structure of nose leaf, echolocation, and foraging behaviour in the Phyllostomidae (Chiroptera). *Journal on mammalogy*. 78(3): 942-953.
- Breiman, L. 2001. Random Forests. *Machine Learning* 45: 5–32.
- Brown, J. H. y G. A. Lieberman. 1973. Resource utilization and coexistence of seed-eating desert rodents in sand dune habitats. *Ecology*. 54(4):788-797.
- Brown, J.H., B.J. Fox y D.A. Kelt. 2000. Assembly rules: desert rodent communities are structured at scales from local to continental. *The American Naturalist*. 156: 314-321.
- Castillo-Figueroa, D. 2016. Respuestas funcionales de murciélagos asociados a sistemas de ganadería extensiva en el departamento de Córdoba (Colombia): implicaciones del tipo de manejo. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana.

- Coleman, J. L. y Barclay M.R. 2012. Urbanization and the abundance and diversity of Prairie bats. *Urban Ecosystem* 5:87–102.
- Colorado-Zuluaga, G. J. 2015. How ecological communities are structured: a review on ecological assembly rules. *Revista EIA*, 12(24), Julio-diciembre, pp. 27-53. [Online]. Disponible en: DOI: <http://dx.doi.org/10.14508/reia.2015.12.24.27-53>
- Córdova-Tapia, F., y L. Zambrano. 2015, La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas* 24(3): 78-87. Doi.:10.7818/ECOS.2015.24-3.10
- Damm, J. P. 2011. Bat species diversity at an urban-rural interface: dominance by one species in an urban area. Thesis. Department of Biology, Indiana State University, Terre Haute, Indiana
- Denzinger, A. y H. Schnitzler. 2013. Bat guilds, a concept to classify the highly diverse foraging and echolocation behaviors of microchiropteran bats. *Front Physiol.* 4: 164.
- Duchamp, J.E. y R.K. Swihart. 2008. Shifts in bat community structure related to evolved traits and features of human-altered landscapes. *Landscape Ecology*, 23, 849-860.
- Erickson, J. L. y S. D. West. 2002. The influence of regional climate and nightly weather conditions on activity patterns of insectivorous bats. *Acta Chiropterologica* 4(1):17-24.
- Everette, A. L., T. J. O'Shea, L. E. Ellison, L. A. Stone y J. L. McCance. 2001. Bat use of a high-plains urban wildlife refuge. *Wildlife Society Bulletin*. 29(3):967-973.
- Farneda, F., R. Rocha, A. López-Baucells, M. Groenenberg, I. Silvia, J. Palmeirim, P. Bobrowiec, y C. Meyer, 2015. Trait-related responses to habitat fragmentation in Amazonian bats. *Journal of applied Ecology*. 52, (5): 1381-1391.
- Fauth, J. E., J. Bernardo, M. Camara, W. J. Reseratis, Jr., J. Van Buskirk. y S. A. Mc Collum. 1996. Simplifying the jargon of community ecology: a conceptual approach. *The American naturalist* 147(2): 282-286.
- Findley, J.S., E.H. Studier y D.E. Wilson. 1972. Morphological properties of bat wings. *J. Mammal* 53, 429-444
- Gaisler, J., J. Zukal, Z. Rehak y M. Homolka. 1998. Habitat preference and flight activity of bats in a city. *Journal of Zoology*, 244, pp 439-445
- García-Barrios, J. R., M. G. Torres-Gómez, F. Jaramillo-Monroy. 2007. Las barrancas de Cuernavaca. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias UNAM.
- García-García, J.L., A. Santos-Moreno y C. Kraker-Castañeda. 2014. Ecological traits of phyllostomid bats associated with sensitivity to tropical forest fragmentation in Los Chimalapas, Mexico. *Tropical Conservation Science* 7:457-474.

- García-Morales, R., C.E. Moreno, E.I. Badano, I. Zuria, J. Galindo-González, A.E. Rojas-Martínez y E.S. Ávila-Gómez. 2016. Deforestation Impacts on Bat Functional Diversity in Tropical Landscapes. *Plos one* 11(12): e0166765. doi:10.1371/journal.pone.0166765
- Garland, T.J. y J.B. Losos. 1994. Ecological morphology of locomotor performance in squamate reptiles. *Ecological Morphology*. En: Wainwright, P.C., Reilly, S.M. (eds.), *Integrative Organismal Biology*, pp. 240-302. University of Chicago Press, EE. UU
- Giller, P. 1984. *Community Structure and the Niche*. Chapman and Hall. NewYork.
- Grindal, S. D., J. L. Morissette y R. M. Brigham. 1999. Concentration of bat activity in riparian habitats over an elevational gradient. *Canadian Journal of Zoology*. 77:972-977
- Hanspach, J., J. Fischer, K. Ikin, J. Stott, y B.S. Law. 2012. Using trait-based filtering as a predictive framework for conservation: a case study of bats on farms in southeastern Australia. *Journal of Applied Ecology*. 49, 842-850.
- Hernández-Vila, H.R. 2015. Diversidad de murciélagos en áreas verdes urbanas de Cuernavaca, Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Hernández-Vila, H.R. 2018. Dieta de *Molossus sinaloe* y *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera: Molossidae) en áreas verdes urbanas de Cuernavaca, Morelos. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Hill, J. L., y P. J. Curran. 2003. Area, shape and isolation of tropical forest fragments: Effects on tree species diversity and implications for conservation. *Journal of Biogeography*, 30(9), 1391–1403. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00930.x>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2006. Cuaderno Estadístico Municipal de Cuernavaca, Morelos. Edición 2006.
- Lacki, M. J. 1984. Temperature and humidity-induced shifts in the flight activity of little brown bats. *Ohio Journal of Science* 84:264-266.
- Laliberté, E. y P. Legendre. 2010. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology* 91:299-305
- Laliberté, E., P. Legendre. y B. Shipley. 2014. FD: measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology. R package version 1.0-12.
- Lara-Núñez, A.C. 2015. Patrones de actividad y riqueza de especies de murciélagos insectívoros aéreos en el paisaje urbano de Cuernavaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

- Lara-Núñez, A.C. 2018. Efecto del ruido antropogénico en los pulsos de ecolocación y evaluación de concentraciones de cortisol en murciélagos insectívoros. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Lenth, R., H. Singmann, J. Love, P. Buerkner, y M. Herve. 2018. Emmeans: Estimated marginal means, aka least-squares means. R package version, 1(1), 3.
- Liaw, A. y M. Wiener. 2002. Classification and Regression by random Forest. R News 2(3): 18-22.
- MacArthur, R. y R. Levins. 1967. The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. The American Naturalist 101: 377-385.
- Mancina, C, L. García-Rivera. y B. Miller. 2012. Wing morphology, echolocation, and resource partitioning in syntopic Cuban mormoopid bats. Journal of Mammalogy 93(5):1308-1317.
- Mangiafico, S. S. 2016. Summary and analysis of extension program evaluation in R, version 1.15.0. Rutgers Cooperative Extension, New Brunswick, NJ: <https://rcompanion.org/handbook/>
- Marinello, M.M. y E. Bernard. 2014. Wing morphology of neotropical bats: a quantitative and qualitative analysis with implications for habitat use. Canadian Journal of Zoology. 92: 141-147.
- Mason, N.W.H., D. Mouillot, W.G. Lee y J.B. Wilson. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. Oikos 111: 112-118. DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.0030-1299.2005.13886.x>
- Mason, N.W.H., C. Lanoiselée, D. Mouillot y C. Argillier. 2007. Functional characters combined with null models reveal inconsistency in mechanisms of species turnover in lacustrine fish communities. Oecologia 153:441-452.
- Mason, N.W.H., C. Lanoiselée, D. Mouillot, J.B. Wilson y C. Argillier. 2008. Does niche overlap control relative abundance in French lacustrine fish communities? A new method incorporating functional traits. Journal of Animal Ecology 77: 661-669.
- Mayfield, M.M., S.P. Bonser, J.W. Morgan, I. Aubin, S. McNamara y P.A. Vesk. 2010. What does species richness tell us about functional trait diversity? Predictions and evidence for responses of species and functional trait diversity to land-use change. Global EcolBiogeogr; 19: 423–431.
- McKinney, M. L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. Biological Conservation, 127(3): 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>
- Melo, B., M. Barros y T. Carvalho. 2012. Energy reserves of *Artibeus lituratus* (Chiroptera: Phyllostomidae) in two areas with different degrees of conservation in Minas Gerais, Brazil. Brazilian Journal of Biology, 72: 181–187.

- Meyer, C. F. J., C. J. Schwarz, y Fahr. 2004. Activity patterns and habitat preferences of insectivorous bats in a West African forest-savanna mosaic. *Journal Tropical Ecology* 20:1–14.
- Mouillot, D., O. Dumay y J.A. Tomasini. 2007. Limiting similarity, niche filtering and functional diversity in brackish lagoon fish communities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 71: 443-456.
- Navarro, D. y L. Leon-Paniagua. 1995. Community structure of bats along an altitudinal gradient in tropical eastern Mexico. *Revista Mexicana de Mastozoología*. 1:9-21.
- Neuweiler, G. 2000. Cap. 6. Echolocation. P.p. 140-260. En: *The Biology of bats*. G. Neuweiler. Oxford University Press.
- Norberg, U. M. 1981. Flight, morphology, and the ecological niche in some birds and bats. *Symposia of the Zoological Society of London*, 48:173-197.
- Norberg, U. M. y J.M.V. Rayner. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia: Chiroptera): wing adaptation, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*316: 335-427.
- Norberg, U.M. 1994. Wing design, flight performance, and habitat use in bats. En: Wainwright, P. C., Reilly S. M. (eds.), *Ecological Morphology: Integrative Organismal Biology*, pp. 205-239. University of Chicago Press, Estados Unidos.
- Ocampo-Ramírez, C.M. 2015. Efecto de la cobertura urbana sobre la actividad de murciélagos insectívoros aéreos en las barrancas de Cuernavaca. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Olaya-Rodríguez, H. 2009. Análisis de la estratificación vertical del ensamblaje de murciélagos de un fragmento de bosque seco tropical (Córdoba, Colombia) a partir de la heterogeneidad de hábitat y la ecomorfología alar. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Javeriana.
- Poff NL. 1997. Landscape filters and species traits: toward mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*. 16: 391-409.
- Price, P. y W. Tubman. 2007. Structure and characteristics of riparian lands. *Principles for Riparian Lands Management*. S. Lovett and P. Price.
- Rayner, J.M.V. 1981. Flight adaptations in vertebrates. *Symposia of the Zoological Society of London* 48:137-172.
- Ricklefs, R. E. y D. B. Miles. 1994. Ecological and evolutionary inferences from morphology: an ecological perspective. *Ecological Morphology. Integrative Organismal Biology*. Wainwright, P. C. y Reilly, S. M. Univ. Chicago Press, Chicago: 13-41.

- Rodríguez-Aguilar, G., C.L. Orozco-Lugo, I. Vleut y L.B. Vázquez. 2017. Influence of urbanization on the occurrence and activity of aerial insectivorous bats. *Urban Ecosyst* 20:477–488 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0608-3>
- Russo, D. y L. Ancillotto. 2015. Sensitivity of bats to urbanization: a review. *Mammalian Biology*. 80: 205–212
- Schmieder, D.A., H.A. Benítez, I.A. Borissoy, C. Fruciano. 2015. bat species comparisons based on external morphology: a test of traditional versus geometric morphometric approaches. *PlosOne*, DOI:10.1371/journal.pone.0127043
- Schnitzler, H.U. y E.K.V. Kalko. 1998. How echolocating bats search and find food. In *Bat Biology and Conservation* (ed. T. H. Kunz and P. A. Racey), pp. 183–196. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Silvertown, J., M. Dodd, D. Gowing, C. Lawson y K. McConway. 2006. Phylogeny and the hierarchical organization of plant diversity. *Ecology* 87:39–49.
- Simmons, N.B., K.L. Seymour, J. Habersetzer y G.F. Gunnell. 2008. Primitive Early Eocene bat from Wyoming and the evolution of flight and echolocation. *Nature*. 451(7180):818-21.
- Speakman, J.R. 1995. Chiropteran nocturnality. In: *Ecology, Evolution and Behaviour of Bats*. Symp. Zool. Soc. Lond., 67:187-201
- Stevens, R., M. Johnson y E. McCulloch. 2013. absolute and relative secondary-sexual dimorphism in wing morphology: a multivariate test of the “big mother” hypothesis. *Acta Chiropterologica*. 15(1):163-170.
- Szewczak, JM. 2010. SonoBatv.3. www.sonobat.com.
- Tratalos, J., R. A. Fuller, P. H. Warren, R. G. Davies y K. J. Gaston. 2007. Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. *Landscape and Urban Planning* 83:308–317.
- Turner, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology*, 33:200–209.
- Violle, C., M.L. Navas, D. Vile, E. Kazakou, C. Fortunel, I. Hummel y E. Garnier. 2007. Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116: 882892 doi: <http://10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x>.
- Williams, T., L. Ireland y J. Williams. 1973. High altitude flights of the free-tailed bat, *Tadarida brasiliensis*, observed with radar. *Journal of Mammalogy*, 54(4): 807-821.
- Wobbrock, J. O., L. Findlater, D. Gergle. y J.J. Higgins. 2011. The Aligned Rank Transform for nonparametric factorial analyses using only ANOVA procedures. Pp. 143-146 en (Ed.). *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11)*, Vancouver, British Columbia (May 7-12, 2011), ACM Press, New York.

- Wordley, C.F.R., M. Sankaran, D. Mudappa y J.D. Altringham. 2017. Bats in the Ghats: Agricultural intensification reduces functional diversity and increases trait filtering in a biodiversity hotspot in India. *Biological Conservation* 210:48–55.
- Zurc, D., A. Guillén-Servent, y S. Solari. 2017. Chillidos de ecolocación de murciélagos Emballonuridae en una sabana Xerófila-Semiseca del Caribe Colombiano. *Mastozoología Neotropical*. 24(1):201-218.

ANEXO I. Descripción de los rasgos medidos en este estudio. * La presentación y clasificación de los rasgos se hizo de acuerdo con Córdova-Tapia y Zambrano (2015), tomando como modelo el marco conceptual de la Figura 3 de su artículo.

Tipo de rasgo	Complejo	Rasgos	Atributos del rasgo	Función de clave
Morfométrico	Cuerpo	Masa corporal (M)	Gramos	La masa corporal y el área del cuerpo hacen referencia al tamaño. La maniobrabilidad disminuye con el aumento de tamaño (Altringham, 2011). Los murciélagos insectívoros más grandes toman invertebrados más grandes.
		Área del cuerpo (ACU)	Milímetros	
	Alas	Área del plagiopatagio (APL)	Milímetros	El plagiopatagio desempeña el papel principal en la generación de sustentación, proporciona la mayor parte de la elevación o soporte de peso durante el vuelo. (Vaughan, 1970; Altenbach, 1979; Norberg, 1990). Su mayor extensibilidad puede permitir una mayor ondulación durante el vuelo descendente, lo que aumenta la curvatura del ala y mejora la función aerodinámica (Swartz et al., 1996).
		Área del dactilopatagio 1 (ADP1)	Milímetros	El dactilopatagio entre los dedos 2 y 5, genera la mayor parte del empuje hacia adelante en el vuelo (Altringham, 2011).
		Área del dactilopatagio 2 (AP2)	Milímetros	
		Área del dactilopatagio 3 (ADP3)	Milímetros	
		Área del dactilopatagio 4 (ADP4)	Milímetros	
		Área de la mano (AMA)	Milímetros	
		Área del propatagio (APR)	Milímetros	El propatagio está relacionado con la capacidad de vuelo, es más grande en murciélagos de vuelo lento y maniobrables, la disminución del propatagio aumenta la curvatura del ala (Altringham, 2011)
		Ancho máximo del propatagio (ANMAXPR)	Milímetros	
		Ancho mínimo del propatagio (ANMINPR)	Milímetros	
		Envergadura (EN)	Milímetros	Medida de la amplitud de las alas, se relaciona con el tamaño y el desempeño en el vuelo como se ha reportado en aves (Claramunt et al., 2012).
	Longitud del antebrazo (LAB)	Milímetros	Medida confiable del tamaño (Dietz et al., 2006). Una mayor proporción de peso corporal y antebrazo se relaciona con insectos más grandes y duros en las dietas. Estos insectos son más fáciles de detectar desde grandes distancias y, por lo tanto, la agilidad es menos importante (Weterings y Umponstira, 2014).	

		Longitud total dedo 2 (LTD2)	Milímetros	LTD3 es medida de la longitud del ala. Valores altos de LTD3 con relación a LAB indican alas largas y se relaciona con vuelos rápidos y de poco gasto energético (Dietz et al., 2006). Valores bajos de LTD3 en relación con LTD5 indican ala corta adaptada a un vuelo lento en espacios muy densos y angostos (Dietz et al., 2006). LTD5 es una medida del ancho del ala. Valores altos de LTD5 con relación a LAB indican ala amplia con alta maniobrabilidad y capacidad de suspensión y vuelo lento (Dietz et al., 2006). Valores altos de LTD3 en relación con LTD5 indican ala larga adaptada a vuelo rápido en espacios menos densos y áreas abiertas (Dietz et al., 2006).
		Longitud total dedo 3 (LTD3)	Milímetros	
		Longitud total dedo 4 (LTD4)	Milímetros	
		Longitud total dedo 5 (LTD5)	Milímetros	
Cola		Longitud de cola (LCO)	Milímetros	La cola y el uropatagio participan en el vuelo al brindar mayor maniobrabilidad (Gardiner et al., 2011). Especies con cola y uropatagio más grande pueden tener un mejor control en el vuelo (Gardiner et al., 2011). La cola puede servir para dar empuje y desplazamiento horizontal durante el vuelo (Adams et al., 2012).
		Longitud de uropatagio (LUR)	Milímetros	
		Área del uropatagio (AUR)	Milímetros	
Pata		Longitud de pata (LPA)	Milímetros	La longitud de la pata se relaciona con la percha, la captura de algunas presas y la locomoción. Las patas son útiles en comportamientos de manipulación del alimento y el tipo de suspensión durante el consumo del alimento (Vandoros y Dumont, 2004).
		Longitud calcáneo (LCA)	Milímetros	Ayuda al uropatagio a cambiar su curvatura dando rigidez y flexibilidad simultáneamente, es importante en la aerodinámica del vuelo al evitar la resistencia al viento, ayudar a la maniobrabilidad y suspensión (Adams y Thibault, 1999). En especies insectívoras es importante para la captura de presas, pues usan el uropatagio como una bolsa para atrapar insectos y llevarlos a la boca (Webster y Griffin, 1962). Especies que prefieren consumir presas evasivas como polillas tienen un uropatagio más grande (Saunders y Barclay, 1992). También el uropatagio es útil cargando crías durante el parto. La manipulación de esta membrana se da en gran medida por el control del calcáneo (Adams y Thibault, 1999).

REFERENCIAS ANEXO I

- Adams, R. Snode, E. y Shaw, J. 2012. Flapping tail membrane in bats potentially important thrust during horizontal takeoffs and very slow flight. *PlosOne* 7(2):32074
- Adams, R. y Thibault, K. 1999. Growth, development, and histology of the calcar in the little brown bat, *Myotis lucifugus* (Vespertilionidae). *Acta Chiropterologica*. 1 (2):215-221. Altenbach, S. J. 1979. Locomotor morphology of the vampire bat, *Desmodus rotundus*. *Spec. Puhl. Am.SOC. Mammal.* 6:1-133
- Altenbach, S. J. 1979. Locomotor morphology of the vampire bat, *Desmodus rotundus*. *Spec. Puhl. Am.SOC. Mammal.* 6:1-133
- Altringham, J. D. 2011. *Bats: From Evolution to Conservation*. Oxford University Press. Oxford.
- Claramunt, S., E. P. Derryberry, J. V. Remsen, Jr., y R. T. Brumfield. 2012. High dispersal ability inhibits speciation in a continental radiation of passerine birds. *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 279: 1567-1574.
- Córdova-Tapia, F., y L. Zambrano. 2015, La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas* 24(3): 78-87. Doi.:10.7818/ECOS.2015.24-3.10
- Dietz C, I. Dietz, y B.M Siemers. 2006. Wing measurement variations in the five European horseshoe bat species (Chiroptera: Rhinolophidae). *Journal of Mammalogy* 87(6): 1241-1251.
- Gardiner, J. D., G. Dimitriadis, J.R. Codd, y R.L. Nudds. 2011. A potential role for bat tail membranes in flight control. *PLoS ONE* 6, e18214
- Griffin, D.R. 1971. The importance of atmospheric attenuation for the echolocation of bats (Chiroptera). *Animal Behaviour* 19:55-61.
- Norberg, U. M. 1990. *Vertebrate flight: mechanics, physiology, morphology, ecology and evolution*. Berlin: Springer-Verlag.
- Saunders, M. y R. Barclay. 1992. Ecomorphology of insectivorous bats: a test of predictions using two morphologically similar species. *Ecology*. 73(4): 1335-1345
- Swartz, S. M., M.S. Groves, H.D. Kim y W.R. Wals. 1996. Mechanical properties of bat wing membrane skin. *J. Zool. (Lond.)* 239:357-378. doi:10.1111/j.1469-7998.1996.tb05455.x
- Vandoros, J.D. y R.R. Dumont. 2004. Use of the wings in manipulative and suspensory behaviors during feeding by frugivorous bats. *Journal of Experimental Zoology* 301A:361-366.
- Vaughan, T. A. 1970. Flight patterns and aerodynamics. In *The biology of bats* 1: 195-216. Wimsatt, W. A. (Ed.) London New York: Academic Press.
- Webster, F. y D. Griffin. 1962. The role of the flight membranes in insect capture by bats. *Animal behavior*. 10: 332- 340.

Weterings, R. y C. Umponstira. 2014. Bodyweight-forearm ratio, cranial morphology and call frequency relate to prey selection in insectivorous bats. *Electronic Journal of Biology* Vol. 10(1):21-27