

CARACTERIZACIÓN BIÓTICA DEL COMPLEJO DE PÁRAMOS FRONTINO-URRAO EN JURISDICCIÓN DE CORANTIOQUIA Y CORPOURABÁ

Contrato de prestación No. 13-13-014-347PS Instituto
Humboldt – Universidad de Antioquia

Objeto: Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros con el fin de elaborar los estudios bióticos a escala 1: 25000 de los Complejos de Páramos Frontino - Urrao y Sonsón, localizados en jurisdicción de CORANTIOQUIA, CORNARE y CORPOURABA, para identificar la franja de transición páramo-bosque en los Complejos de Páramos de Frontino - Urrao y Sonsón.



Convenio interadministrativo 13-014 (FA 005 de 2013) Instituto de Investigación de Recursos
Biológicos Alexander von Humboldt - Fondo Adaptación

Subdirección de Servicios Científicos y Proyectos Especiales
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Bogotá, D.C., 2015

CAPITULO 2

COMPLEJO FRONTINO - URRAO



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803



COMPONENTE VEGETACIÓN

COMPLEJO FRONTINO URRAO



Coordinador general:

Fernando Alzate Guarín, Doctor en Biología

Profesionales:

Jaider Evelio Jiménez Montoya, Biólogo

Herber Jassin Sarrazola Yepes, Biólogo

Esther Lucia Velásquez Vinazco, Ecóloga

Auxiliares de Campo

Sebastián Giraldo

Pablo Andrés Pérez Mesa

Jhon Steven Murillo Serna

Mateo Sánchez Ríos

Wilson Darío Rodríguez Duque

Aarón Santiago Varela Velásquez



Contenido

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	6
1.1 DESCRIPCIÓN DEL COMPLEJO	10
1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS COBERTURAS	12
1.2.1 HERBAZAL.....	12
- 1.2.2 ARBUSTAL.....	13
- 1.2.3 BOSQUE ALTOANDINO.....	13
1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS	14
- 1.3.1 PÁRAMO DE PENÁ (ABRIAQUÍ, ANTIOQUIA).....	14
- 1.3.2 PÁRAMO EL JUNCO (CAICEDO, ANTIOQUIA).....	15
- 1.3.3 PÁRAMO EL SOL (URRAO, ANTIOQUIA).....	16
- 1.3.4 PÁRAMO CERRO PLATEADO (SALGAR, ANTIOQUIA)....	18
- 1.3.5 PÁRAMO CERRO HORQUETA (ABRIAQUÍ, ANTIOQUIA)19	
1.4 MÉTODOS.....	20
- 1.4.1 SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO.	21
- 1.4.2 UBICACIÓN DE LAS REPLICAS.....	21
- 1.4.3 RECOLECCIÓN DE DATOS	22
- 1.4.4 TRATAMIENTO DEL MATERIAL VEGETAL.....	24
- 1.4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	24
1.5 RESULTADOS Y ANÁLISIS	27
- 1.5.1 PÁRAMO PENÁ.....	27
- 1.5.2 PÁRAMO EL JUNCO	45
- 1.5.3 PÁRAMO EL SOL.....	63
- 1.5.4 PÁRAMO CERRO PLATEADO.....	79
- 1.5.5 PÁRAMO LA HORQUETA.....	95
- 1.5.5 ANÁLISIS DEL COMPLEJO	111
1.6 DISCUSIÓN.....	140
1.6 BIBLIOGRAFÍA.....	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación y elevación de las estaciones del páramo Pená.	14
Tabla 2 Ubicación y elevación de las estaciones del páramo El Junco.	15

Tabla 3 Ubicación y elevación de las estaciones del páramo El Sol.	17
Tabla 4 Ubicación y elevación de las estaciones del páramo Cerro Plateado.	18
Tabla 5 Ubicación y elevación de las estaciones del páramo La Horqueta.	20
Tabla 6. Listado de especies presentes en el páramo Pená, presentando el número de registros y los totales por especie por estación, y la riqueza por estación y total.	27
Tabla 7 Datos de las especies del perfil de herbazal en el páramo Pená	40
Tabla 8 Datos de las especies del perfil de arbustal en el páramo Pená	43
Tabla 9 Datos de las especies del perfil de bosque en el páramo Pená	45
Tabla 10. Listado de especies presentes en el páramo El Junco, presentando el número de registros y los totales por especie por estación, y la riqueza por estación y total.	46
Tabla 11 Datos de las especies del perfil de herbazal en el páramo El Junco	57
Tabla 12 Datos de las especies del perfil de arbustal en el páramo El Junco	60
Tabla 13 Datos de las especies del perfil de bosque en el páramo El Junco	62
Tabla 14. Listado de especies presentes en el páramo El Sol, presentando el número de registros y los totales por especie por estación, y la riqueza por estación y total.	63
Tabla 15 Datos de las especies del perfil de herbazal en el páramo El Sol	74
Tabla 16 Datos de las especies del perfil de arbustal en el páramo El Sol	77
Tabla 17 Datos de las especies del perfil de bosque en el páramo El Sol	79
Tabla 18. Listado de especies presentes en el páramo Cerro Plateado, presentando el número de registros y los totales por especie por estación, y la riqueza por estación y total.	79
Tabla 19 Datos de las especies del perfil de herbazal en el páramo Cerro Plateado	90
Tabla 20 Datos de las especies del perfil de arbustal en el páramo Cerro Plateado	93
Tabla 21 Datos de las especies del perfil de bosque en el páramo Cerro Plateado	95
Tabla 22. Listado de especies presentes en el páramo La Horqueta, presentando el número de registros y los totales por especie por estación, y la riqueza por estación y total.	95
Tabla 23 Datos de las especies del perfil de herbazal en el páramo La Horqueta	106
Tabla 24 Datos de las especies del perfil de arbustal en el páramo La Horqueta	108
Tabla 25 Datos de las especies del perfil de bosque en el páramo La Horqueta	111
Tabla 26 Ubicación y caracterización de las estaciones en los páramos visitados del complejo de Urrao.	111
Tabla 27 Especies registradas en el complejo de Urrao ordenadas por familias, mostrando el número de registros por transecto, con la categoría de amenaza en Colombia y su nombre común.	113
Tabla 28 Abundancia, Riqueza e Índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson en el complejo de Frontino-Urrao.	124
Tabla 29 Especies registradas en las coberturas de arbustal y herbazal en el complejo de Urrao.	128
Tabla 30 Número de familias, géneros y especies únicas y totales por sitio, y especies únicas por cobertura por sitio en el complejo de Urrao.	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de los páramos y puntos de muestreo del complejo Frontino–Urrao, Antioquia.	11
Figura 2 Panorámica del páramo Pená.	15
Figura 3 Panorámica del páramo El Junco.	16
Figura 4 Panorámica del páramo El Sol.	18
Figura 5 Panorámica del páramo Cerro Plateado.	19
Figura 6 Panorámica del páramo Cerro Horqueta.	20
Figura 7 Esquema de las estaciones de muestreo y parcelas	22
Figura 8 Metodología de trabajo. De izquierda a derecha arriba, toma de datos de altura y copa, abajo montaje de una réplica en arbustales y marcado en bosque.	23
Figura 9 Índice de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson por estación en el páramo Pená.	30
Figura 10 Abundancia relativa de las especies del páramo Pená.	31
Figura 11 Frecuencia relativa de las especies del páramo Pená.	32
Figura 12 Dendrogramas construidos a partir del índice de similitud de Bray-Curtis y Sorensen, agrupando las estaciones del páramo Pená.	32
Figura 13 Curvas de rarefacción por estación del páramo Pená.	32
Figura 14 Distribución de los individuos según formas de crecimiento por estación en el páramo Pená.	33
Figura 15 Abundancia relativa por estación de las especies del páramo Pená.	34
Figura 16 Frecuencia relativa por estación de las especies del páramo Pená.	35
Figura 17 Distribución de abundancias por estación del páramo Pená.	36
Figura 18 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 1 de Pená.	37
Figura 19 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 1 de Pená.	37
Figura 20 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 2 de Pená.	38
Figura 21 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 2 de Pená.	39
Figura 22. Perfil de la vegetación de herbazal en el páramo Pená.	39
Figura 23 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 3 de Pená.	41
Figura 24 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 3 de Pená.	42
Figura 25. Perfil de la vegetación de arbustal en el páramo Pená.	43
Figura 26 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 4 de Pená.	44
Figura 27 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 4 de Pená.	44

Figura 28. Perfil de la vegetación de bosque en el páramo Pená.	45
Figura 29 Índice de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson por estación en el páramo El Junco.	48
Figura 30. Abundancia relativa de las especies del páramo El Junco	49
Figura 31. Frecuencia relativa de las especies del páramo El Junco.	50
Figura 32 Dendrogramas construidos a partir del índice de similitud de Bray-Curtis y Sorensen, agrupando las estaciones del páramo El Junco.	50
Figura 33 Curvas de rarefacción por estación del páramo El Junco.	51
Figura 34 Distribución de los individuos según formas de crecimiento por estación en el páramo EL Junco.	52
Figura 35. Abundancia relativa por estación de las especies del páramo El Junco.	53
Figura 36 Frecuencia relativa por estación de las especies del páramo El Junco.	54
Figura 37 Distribución de abundancias por estación del páramo El Junco.	54
Figura 38 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 1 de El Junco.	56
Figura 39 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 1 de El Junco.	56
Figura 40. Perfil de la vegetación de herbazal en el páramo El Junco	56
Figura 41 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 2 de El Junco.	58
Figura 42 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 2 de El Junco.	58
Figura 43 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 3 de El Junco.	59
Figura 44 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 3 de El Junco.	60
Figura 45. Perfil de la vegetación de arbustal en el páramo El Junco	60
Figura 46 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 4 de El Junco.	61
Figura 47 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 4 de El Junco.	61
Figura 48. Perfil de la vegetación de bosque en el páramo El Junco	62
Figura 49 Índice de diversidad de Shannon-Wiever y dominancia de Simpson por estación en el páramo El Sol.	66
Figura 50. Abundancia relativa de las especies del páramo El Sol.	66
Figura 51. Frecuencia relativa de las especies del páramo El Sol.	67
Figura 52 Dendrogramas construidos a partir del índice de similitud de Bray-Curtis y Sorensen, agrupando las estaciones del páramo El Sol.	67
Figura 53 Curvas de rarefacción por estación del páramo El Sol.	68
Figura 54 Distribución de los individuos según formas de crecimiento por estación en el páramo El Sol.	68
Figura 55. Abundancia relativa por estación de las especies del Páramo El Sol.	69
Figura 56. Frecuencia relativa por estación de las especies del páramo El Sol.	70
Figura 57 Distribución de abundancias por estación del páramo El Sol.	70
Figura 58 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 1 de El Sol	71

Figura 59 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 1 de El Sol.	72
Figura 60 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 2 de El Sol	72
Figura 61 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 2 de El Sol	73
Figura 62. Perfil de la vegetación de herbazal en el páramo El Sol.	73
Figura 63 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 3 de El Sol	75
Figura 64 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 3 de El Sol.	75
Figura 65 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 4 de El Sol	76
Figura 66 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 4 de El Sol	77
Figura 67. Perfil de la vegetación de arbustal en el páramo El Sol.	77
Figura 68 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 5 de El Sol	78
Figura 69. Perfil de la vegetación de bosque en el páramo El Sol.	79
Figura 70 Índice de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson por estación en el páramo Cerro Plateado.	82
Figura 71. Abundancia relativa de las especies del páramo Cerro Plateado.	83
Figura 72. Frecuencia relativa de las especies del páramo Cerro Plateado	84
Figura 73 Dendrogramas construidos a partir del índice de similitud de Bray-Curtis y Sorensen, agrupando las estaciones del páramo Cerro Plateado.	84
Figura 74 Curvas de rarefacción por estación del páramo Cerro Plateado.	84
Figura 75 Distribución de los individuos según formas de crecimiento por estación en el páramo Cerro Plateado.	85
Figura 76. Abundancia relativa por estación de las especies del páramo Cerro Plateado.	86
Figura 77. Frecuencia relativa por estación de las especies del páramo Cerro Plateado	87
Figura 78 Distribución de abundancias por estación del páramo Cerro Plateado.	87
Figura 79 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 1 del Cerro Plateado	88
Figura 80 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 1 del Cerro Plateado	88
Figura 81 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 2 del Cerro Plateado	89
Figura 82 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 2 del Cerro Plateado	89
Figura 83. Perfil de la vegetación de herbazal en el páramo Cerro Plateado.	90
Figura 84 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 3 del Cerro Plateado	91
Figura 85 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 3 del Cerro Plateado	91
Figura 86 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 4 del Cerro Plateado	92
Figura 87 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 4 del Cerro Plateado	93
Figura 88. Perfil de la vegetación de arbustal en el páramo Cerro Plateado.	93

Figura 89 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 5 del Cerro Plateado	94
Figura 90. Perfil de la vegetación de bosque en el páramo Cerro Plateado.	95
Figura 91 Índice de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson por estación en el páramo La Horqueta.	98
Figura 92. Abundancia relativa de las especies del páramo La Horqueta	99
Figura 93 Frecuencia relativa de las especies del páramo La Horqueta	99
Figura 94 Dendrogramas construidos a partir del índice de similitud de Bray-Curtis y Sorensen, agrupando las estaciones del páramo La Horqueta.	100
Figura 95 Curvas de rarefacción por estación del páramo La Horqueta.	100
Figura 96 Distribución de los individuos según formas de crecimiento por estación en el páramo La Horqueta.	101
Figura 97. Abundancia relativa por estación de las especies del páramo La Horqueta.	102
Figura 98. Frecuencia relativa por estación de las especies del páramo La Horqueta.	103
Figura 99 Distribución de abundancias por estación del páramo La Horqueta.	103
Figura 100 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 1 del cerro La Horqueta	104
Figura 101 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 1 del cerro La Horqueta	104
Figura 102 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 2 del cerro La Horqueta	105
Figura 103 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 2 del cerro La Horqueta	105
Figura 104 Perfil de la vegetación de herbazal en el páramo La Horqueta.	106
Figura 105 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 3 del cerro La Horqueta	107
Figura 106 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 3 del cerro La Horqueta	107
Figura 107 Perfil de la vegetación de arbustal en el páramo La Horqueta.	108
Figura 108 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 4 del cerro La Horqueta	109
Figura 109 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 4 del cerro La Horqueta	109
Figura 110 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 5 del cerro La Horqueta	110
Figura 111 Perfil de la vegetación de bosque en el páramo La Horqueta.	110
Figura 112 Izquierda: fragmento de vegetación paramuna inmersa en bosque (Cerro Plateado). Derecha: arbustales por encima del páramo (El Sol).	113
Figura 113 Abundancia por familia en el Complejo Frontino-Urrao	125
Figura 114 Abundancia por género en el Complejo Frontino-Urrao.	126
Figura 115 Algunas especies comunes observadas en el complejo de Urrao. De izquierda a derecha arriba: <i>Epidendrum frutex</i> , <i>Cyrtochilum ramosissimum</i> , <i>Espeletia frontinoensis</i> . Abajo: <i>Paepalanthus ensifolius</i> , <i>Aragoa occidentalis</i> , <i>Blechnum auratum</i> .	127
Figura 116. Algunas especies solo registradas en herbazal. De izquierda a derecha arriba: <i>Niphogeton ternata</i> , <i>Gaultheria oreogena</i> , <i>Hypericum jaramilloi</i> , abajo: <i>Myrteola nummularia</i> , <i>Loricaria complanata</i> .	132

Figura 117 Curvas de rarefacción de especies en los páramos del complejo de Urrao	133
Figura 118 Dendrogramas que agrupan los páramos del complejo de Urrao construidos a partir del índice de similitud de Bray-Curtis y Sorensen.	134
Figura 119 Dendrogramas construidos a partir de los índices de similitud de Bray-Curtis y Sorensen. La agrupación se hace entre las estaciones del complejo de Urrao.	135
Figura 120 Riqueza observada y estimadores de riqueza Chao 1 y ACE para cada uno de los páramos de Urrao.	136
Figura 121 Distribución de abundancias por páramo del complejo de Urrao.	137
Figura 122 Relación entre la elevación y riqueza observada y esperada según los índices Chao 1 y ACE.	138
Figura 123 Distribución de los índices de Simpson y Shannon en el gradiente altitudinal.	139

1.1 DESCRIPCIÓN DEL COMPLEJO.

El complejo de páramos Frontino-Urrao hace parte del distrito Frontino-Tatamá (Morales et al 2007), ubicado hacia el norte de la cordillera Occidental en el departamento de Antioquia, entre 76,03911°O, 6,00333°N y 76,1325°O, 6,56916°N, conformado por dos conglomerados de páramo que poseen una extensión total de 13.921 hectáreas (Sarmiento et al 2013), ubicadas entre 3.400 y 3.930 msnm (Morales et al. 2007).

Esta zona comprende una serie de páramos muy extensos entre los que se encuentra el páramo de El Sol, un sitio importante de referencia que abarca la mayor extensión de la cobertura de páramo en Antioquia, con cerca de 3.642 ha (Morales et al. 2007), y con paisajes glaciares cónicos de pendientes fuertes y cañones profundos que alternan abruptamente con un sistema de mesetas que albergan valles, depresiones y planicies lacustres (Pinto-Zárate 2009). Algunos de los sitios muestreados forman parte de este páramo, ya que su cercanía geográfica y su conexión por medio de cadenas montañosas así lo evidencia, sin embargo otros sitios explorados como Cerro Plateado y La Horqueta, se encuentra separados del páramo El Sol.

Entre los municipios que poseen ecosistema de páramo en este complejo se encuentran Urrao, Caicedo, Abriaquí, Salgar y Betulia en el departamento de Antioquia y El Carmen de Atrato en jurisdicción del Chocó. Algunos de los páramos de este complejo son importantes puntos de referencia para la población ya que constituyen sitios de gran valor turístico y paisajístico.

La zona de páramo presenta extensas poblaciones de *Espeletia frontinoensis* y *E. praefrontina*, junto a una alta abundancia de pastos y plantas formadoras de cojines. En esta área es común encontrar fragmentos boscosos de arbustales inmersos en las planicies paramunas, principalmente en cañadas y zonas menos expuestas a los vientos. Se encuentran también fragmentos de vegetación paramuna dentro del bosque aproximadamente a 3000 m de altitud, donde seguramente se dan las condiciones ambientales propicias para esta ocurrencia.

La perturbación antrópica ha modificado de diferentes maneras algunos de los cerros del complejo, ocasionando pérdida de coberturas boscosas o paramunas, paramización y posiblemente pérdida o cambio altitudinal de la franja de transición natural. Sin embargo en general las coberturas de páramo no han tenido una perturbación considerable, ya que la intervención humana se estima en un porcentaje del 3%, de acuerdo a estudios realizados por IAvH (2006). Las zonas boscosas que rodean los cerros presentan un grado de transformación mayor, aunque la pendiente y el conflicto armado han limitado el acceso directo a sus recursos.

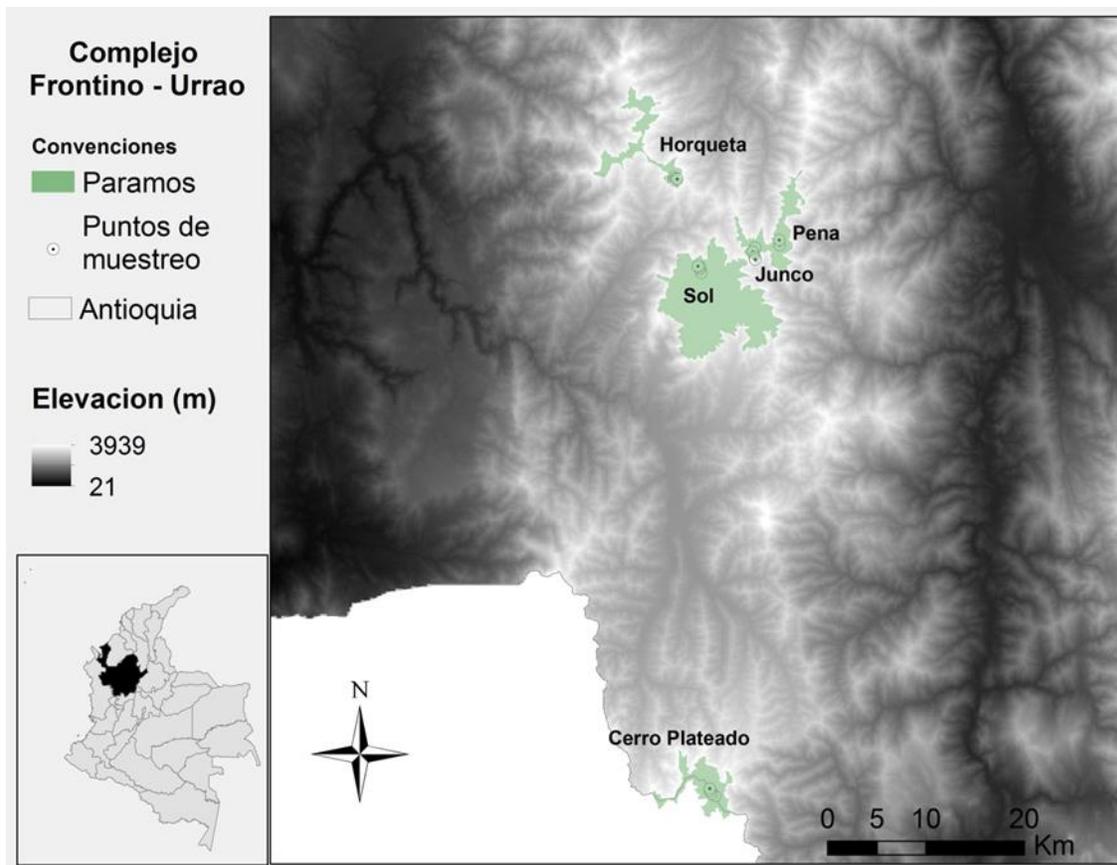


Figura 1 Ubicación de los páramos y puntos de muestreo del complejo Frontino–Urrao, Antioquia.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS COBERTURAS

1.2.1 HERBAZAL.

El herbazal es un tipo cobertura vegetal que está presente en la alta montaña intertropical, ubicado entre la franja continua de bosque y el límite superior de la nieve perpetua donde aún existe vegetación (Sklenár et al. 2005) y caracterizado por la presencia de especies vegetales de hábito herbáceo y arbustivo como rosetas, pastos, macollas, cojines y sufrútices, además de la presencia de espesos colchones de musgos que hace del paisaje un lugar abierto, entre los que son comunes géneros de plantas vasculares como *Espeletia*, *Paepalanthus*, *Puya*, *Calamagrostis*, *Cortaderia*, *Geranium*, *Ugni*, *Niphogeton*, *Pernettya*, *Aragoa*, *Arcytophyllum*, *Diplostephium*, *Baccharis*, *Elleanthus*, *Blechnum* y *Sisyrinchium*.

Las condiciones ambientales y geográficas son decisivas en la ocurrencia de este ecosistema, por lo que variables como pluviosidad, exposición a vientos y temperatura inciden en su formación (Gómez et al. 1999). El páramo presenta un grado de endemismo de plantas vasculares muy alto, estimado en un 60 % (Cabrera y Ramírez 2014) ya que se encuentra bajo condiciones ambientales particulares y en un común aislamiento geográfico con otros páramos.

En el complejo de Urrao la cobertura está dominada por las dos especies de *Espeletia* que ocurren en esta zona, aunque puede encontrarse una tercera especie. Las alturas de algunos frailejones encontrados en el complejo alcanzaban los 3,5 m de altura, aunque en algunos arbustales se encontraron individuos de mayor tamaño.

Para el caso del páramo El Sol, se encuentra un amplio número de humedales producto de la acumulación de aguas en valles de deshielo, lo cual disminuye el estrés hídrico en la vegetación del lugar. Este fenómeno es favorecido por la extensión y regularidad topográfica de El Sol, lo cual no se da en los restantes páramos estudiados donde en épocas de sequía no se cuenta con reservorios naturales de agua.

La topografía plana del páramo del Sol hace que este se diferencie en cuanto a la estructura de la vegetación con respecto a los demás páramos estudiados en el complejo. El Sol contiene un areal continuo y amplio de cobertura de páramo, que no se evidencia en los demás páramos de Antioquia estudiados y ello está favoreciendo la disponibilidad de microambientes que pueden ser colonizados por diferentes taxones, con particulares requerimientos ambientales. Esto se evidencia en la alta riqueza que tienen familias como Asteraceae en este páramo, que en estudios previos han permitido inventariar 61 especies para esta familia.

- 1.2.2 ARBUSTAL.

La cobertura de Arbustal se ha caracterizado como una franja de vegetación muy específica presente en la parte inferior del páramo, y en la cual puede haber colonización de elementos vegetales del bosque. Los árboles y arbustos presentes en esta cobertura son naturalmente de menor tamaño que los presentes en el bosque, con tallos retorcidos y muy ramificados desde la base, los cuales junto a algunos elementos de la vegetación paramuna forman un matorral generalmente muy denso y de baja altura.

Esta cobertura no siempre es evidente en campo, pues pueden observarse cambios drásticos de la cobertura entre el bosque altoandino y el páramo, o puede formarse una zona dominada por arbustos con elementos propios de páramo en un amplio gradiente altitudinal. Arbustos comunes en esta cobertura pertenecen a géneros como *Pernettya*, *Polylepis*, *Vaccinium*, *Symplocos*, *Clusia*, *Gaiadendron*, *Miconia*, *Oreopanax*, *Weinmannia*, *Ternstroemia* y *Ocotea*.

En el complejo de páramos de Urrao es común encontrar fragmentos de vegetación del arbustal inmersos entre los frailejonales, generalmente en lugares no muy expuestos a los vientos y en las cañadas de las quebradas. El área de transición entre Bosque y Páramo para este complejo es muy difícil de delimitar, ya que en la mayoría de los casos se interrumpe el Bosque para dar paso directamente al Páramo, sin que se aprecie una gradación en la ocurrencia de estratos del bosque.

- 1.2.3 BOSQUE ALTOANDINO.

El bosque altoandino es una cobertura boscosa caracterizada por su alta biodiversidad, dominado por una cobertura de árboles de gran tamaño que superan los 20 m de altura. Muchos arbustos bajos y ocasionalmente escandentes son abundantes en el bosque, junto a una alta diversidad y abundancia de hierbas epífitas y terrestres como orquídeas, helechos y bromelias. Los musgos son un componente muy importante en esta cobertura, ya que forman enormes colchones en el piso y sobre los árboles, los cuales atrapan la escarcha y mantienen una humedad constante en el medio.

Algunos géneros arbóreos-arbustivos comunes en esta cobertura son: *Quercus*, *Weinmannia*, *Miconia*, *Tibouchina*, *Hedyosmum*, *Palicourea*, *Cyathea*, *Clethra*, *Clusia*, *Viburnum* y *Drimys*; y algunas de las hierbas más comunes pertenecen a familias como Bromeliaceae, Araceae, Orchidaceae, Cyclanthaceae, Gesneriaceae y muchos helechos.

En el complejo de Urrao, el bosque que rodea los herbazales presenta una franja de vegetación muy diversa, la cual persiste mayormente en zonas de alta pendiente y de difícil acceso que en ocasiones ceden ante la inestabilidad edáfica. Es común

encontrar en este sitio evidencia de la presencia del Oso de anteojos, en rastros como excrementos, huellas o bromelias (piñuela de monte) destruidas.

Son abundantes las coberturas de *Quercus humboldtii* entremezcladas con otras especies arbóreas comunes en estas altitudes. En algunas cañadas de las partes más altas de bosque y llegando hasta el páramo, prosperan coberturas arbóreas en las cuales se encuentra *Polylepis quadrijuga*, la única localidad conocida para este género en Antioquia.

La conservación de estas coberturas presenta riesgos representados en fenómenos de erosión hídrica evidentes en la zona, en la extracción leñera y en la actividad minera que para el caso de La Horqueta genera serios problemas de conservación en la actualidad.

Este tipo de cobertura fue poco muestreada en este trabajo, ya que el objetivo se centraba en el muestreo de las otras dos coberturas y en el gradiente altitudinal, por lo cual se priorizó el montaje de estaciones en las otras coberturas, por lo cual el número de registros y especies fue generalmente más bajo para el Bosque.

1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS

- 1.3.1 PÁRAMO DE PENÁ (ABRIAQUÍ, ANTIOQUIA)

Estación	Cobertura	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)
1	Herbazal	6°30'14,12''	-76°2'20,81''	3460
2	Herbazal	6°30'28''	-76°2'8''	3440
3	Arbustal	6°30'38''	-76°2'11''	3380
4	Bosque Altoandino	6°31'12''	-76°2'6''	3295

Tabla 1 Ubicación y elevación de las estaciones del páramo Pená.

El páramo Pená (Figura 2) se encuentra al sur del casco urbano del municipio de Abriaquí, en los límites con Caicedo y Santa Fe de Antioquia en la vereda Corcovado, ascendiendo a través del cañón de la quebrada Quebradona.

El frailejón del páramo se ubica a lo largo de la cuchilla de la montaña en altitudes que oscilan entre los 3380 y los 3450 msnm., distribuyéndose en ambas caras de la montaña, con predominancia hacia la vertiente occidental que corresponde al cañón de la quebrada Quebradona. La vegetación paramuna es interrumpida por el gradiente altitudinal observándose algunos fragmentos de bosque y arbustales inmersos en esta cobertura.

Este páramo ha sufrido una baja intervención antrópica debido básicamente a las dificultades de acceso y a los problemas de orden público que han afectado el lugar, lo cual ha favorecido su conservación.

El trabajo de campo en esta localidad se realizó entre el 14 y el 21 de marzo del 2014, donde se establecieron cuatro estaciones de muestreo, dos de ellas en el frailejonal, una en arbustal y una en el bosque altoandino.



Figura 2 Panorámica del páramo Pená.

- 1.3.2 PÁRAMO EL JUNCO (CAICEDO, ANTIOQUIA)

Estación	Cobertura	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)
1	Herbazal	6°30'18,33''	-76°3'29,8''	3413
2	Arbustal	6°30'15,31''	-76°3'32,8''	3368
3	Arbustal	6°29'54''	-76°3'32,7''	3255
4	Bosque Altoandino	6°29'39,96''	-76°3'29,88''	3168

Tabla 2 Ubicación y elevación de las estaciones del páramo El Junco.

El páramo El Junco (Figura 3) forma parte del complejo de Urrao, ubicándose en la parte alta de la vereda Los Sauces del municipio de Caicedo, en los límites con Abriaquí. El ascenso al páramo se realiza por la vertiente de la quebrada La Anocosca, desviándose del camino que comunica Santa Fé de Antioquia con Caicedo.

El páramo se compone de tres fragmentos ubicados en lo más alto del cerro, en la vertiente oriental a lo largo del filo de la montaña y con aproximadamente 300 m de longitud y menos de 50 m de ancho. Las coberturas se encuentran muy entremezcladas entre bosque y páramo, donde los pequeños areales de esta última

cobertura constituyeron un gran inconveniente, pues no permitió desarrollar la metodología como había sido planteada desde el IAvH.

El Junco es un páramo que por la lejanía y dificultad de acceso ha conservado sus fragmentos de vegetación paramuna, aun cuando ha sido una zona transitada por arrieros, quienes transportan carga y ejercen una precisión ambiental, pues existe un camino real muy antiguo que comunica a Caicedo con Abriaquí, atravesando directamente la cobertura paramuna.

La salida de campo a esta localidad se realizó desde el 27 de marzo hasta el 03 de abril del 2014 con una duración de trabajo en campo de cinco días y dos de viaje, periodo durante el cual se establecieron cuatro estaciones de muestreo, ya que por su escasa extensión no se tuvo espacio para una quinta.



Figura 3 Panorámica del páramo El Junco.

- 1.3.3 PÁRAMO EL SOL (URRAO, ANTIOQUIA)

Estación	Cobertura	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)
1	Herbazal	6°27'40,6''	-76°6'6,9''	3770
2	Herbazal	6°28'52,1''	-76°6'30,4''	3660
3	Arbustal	6°29'6,8''	-76°6'53,2''	3578
4	Arbustal	6°29'11,4''	-76°6'34,1''	3518
5	Bosque Altoandino	6°29'16''	-76°6'39''	3469

Tabla 3 Ubicación y elevación de las estaciones del páramo El Sol.

El páramo El Sol (Figura 4), se ubica al suroeste del departamento de Antioquia en jurisdicción del municipio de Urrao, el cual cuenta con la mayor extensión continua de este ecosistema para el departamento de Antioquia. Presenta un amplio número de humedales y su rango altitudinal esta entre 3,200 y 3,950 msnm (Rangel-Ch., 2000). En este páramo nacen cauces de agua que alimentan afluentes de la cadena Cauca-Magdalena, así como también el Atrato-Darién (Morales et al. 2007).

El Sol alberga extensas poblaciones de dos especies de *Espeletia* endémicas para esta región: *E. frontinoensis* y *E. praefrontina* y contiene un considerable número de endemismos. Estudios previos del lugar (Rangel-Ch y Sánchez 2005) registraron para el páramo y los bosques aledaños un total de 271 especies de 57 familias de angiospermas.

En este páramo se encuentra el Alto de Campanas, uno de los cerros de mayor altitud registrada para Antioquia con 3950 msnm. El páramo ha sufrido varias intervenciones principalmente por explotaciones agropecuarias de cultivos y ganadería bovina y ovina que han modificado la vegetación, aunque esto ha cambiado en los últimos años y ahora el estado de la vegetación paramuna se ha venido restableciendo.

El trabajo de campo en este páramo se desarrolló entre el 23 y 28 de abril del 2014, donde se elaboraron cinco estaciones, en su mayoría en la vertiente de la vereda La Encarnación. El ingreso a este páramo se realizó por la vía que comunica a Caicedo con Urrao, por el sector El Yermal.



Figura 4 Panorámica del páramo El Sol.

- 1.3.4 PÁRAMO CERRO PLATEADO (SALGAR, ANTIOQUIA)

Estación	Cobertura	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)
1	Herbazal	6°0'12,14''	-76°5'43,9''	3700
2	Herbazal	6°0'18,15''	-76°5'53,7''	3613
3	Arbustal	6°0'32,26''	-76°5'59,47''	3558
4	Arbustal	6°0'36,9''	-76°5'53,2''	3500
5	Bosque Altoandino	6°0'40,9''	-76°5'49,52''	3400

Tabla 4 Ubicación y elevación de las estaciones del páramo Cerro Plateado.

Cerro Plateado (Figura 5) se encuentra ubicado en la Cordillera Occidental al suroeste del departamento de Antioquia, en jurisdicción de los municipios de Urrao, Salgar y Ciudad Bolívar. Hace parte del Distrito de Manejo Integrado Cerro Plateado-Alto San José, declarado como área protegida por Corantioquia (Morales et al. 2007).

Posee una extensión de 2,030 ha, entre los 3,350 y los 3,970 msnm (Morales et al 2007), con cuevas muy empinadas que hacen muy difícil acceder a esta zona, lo cual ha favorecido su conservación, ya que se ha dado aislamiento y baja transformación de coberturas por parte de colonizadores. El área muestreada es jurisdicción del municipio de Salgar, accediendo por un desvío de la carretera que

comunica el municipio de Betulia con Urrao, en la vereda Santa Isabel del municipio de Urrao, a orillas de la quebrada La Mina.

Las condiciones boscosas en este lugar se han mantenido poco alteradas debido a las dificultades de acceso y problemas de orden público.

Dentro de las particularidades de este páramo se tiene el nacimiento del río Atrato, el cual irriga buena parte del departamento del Chocó. Este cerro contiene una alta diversidad comparativa de especies de las familias Melastomataceae y Asteraceae. La salida de campo a esta localidad se realizó durante los días 8 al 13 del mes de junio del 2014.



Figura 5 Panorámica del páramo Cerro Plateado.

- 1.3.5 PÁRAMO CERRO HORQUETA (ABRIAQUÍ, ANTIOQUIA)

Estación	Cobertura	Latitud	Longitud	Elevación
1	Herbazal	6°34'9,51''	-76°7'57,1''	3574
2	Herbazal	6°34'4,51''	-76°7'54,4''	3540
3	Arbustal	6°34'3,5''	-76°7'53,2''	3520
4	Arbustal	6°34'8,67''	-76°7'52,15''	3485
5	Bosque Altoandino	6°34'2,7''	-76°7'47,19''	3400

Tabla 5 Ubicación y elevación de las estaciones del páramo La Horqueta.

El Cerro La Horqueta (Figura 6) se encuentra ubicado en la vertiente occidental de la cordillera Occidental en el municipio de Abriaquí y representa un símbolo municipal debido a su gran altura y a que se erige de forma aislada. Este cerro, tiene pendientes pronunciadas con evidencias de eriales recientes y con un enorme impacto ambiental generado por la explotación minera que se realiza a 3250 msnm.

La minería de oro representa en este páramo el principal peligro de conservación, ya que está impactando coberturas, aguas y estabilidad geológica. Presenta muchos fragmentos de herbazales y arbustales mezclados, aunque en general en la parte alta predomina el frailejón, donde estos individuos son en mayoría de bajo porte. La salida de campo a esta localidad se realizó durante los días del 27 de junio al 01 de julio.



Figura 6 Panorámica del páramo Cerro Horqueta.

1.4 MÉTODOS

Para conocer la composición de las plantas presentes en los cinco páramos del complejo de Urrao-Frontino, se implementó la metodología de trabajo de campo propuesta por Marín (2013) y establecida por el Instituto Alexander von Humboldt,

mediante la cual se elaboran transectos altitudinales en cada páramo seleccionado de acuerdo a los estudios preliminares, la información cartográfica y las características preferenciales de los sitios.

Los cinco páramos del complejo muestreados fueron: Pená, El Junco, El Sol, Cerro Plateado y La Horqueta (Figura 1), lo cual se realizó entre marzo 15 y julio 10 de 2014 y en los cuales se establecieron igual número de transectos.

Durante la realización del trabajo de campo se tuvieron una serie de inconvenientes que obligaron a modificar algunos apartes de la metodología propuesta inicialmente, lo cual se realizó de manera consciente y tratando siempre que la elaboración de las réplicas y la toma de datos fuera lo más similar y que se ajustara mejor a la propuesta inicial. Los principales inconvenientes para la aplicación correcta de la metodología fueron la alta pendiente, el escaso gradiente altitudinal entre el bosque y el páramo, el reducido tamaño de los sitios y la dificultad en el acceso de algunos de los páramos muestreados.

- 1.4.1 SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO.

La selección de los sitios de muestreo se hizo preferencialmente hacia áreas que presentaran características adecuadas para la toma de datos, como un buen estado de conservación, evitando senderos, vías, cañadas y otros factores que pudieran modificar la vegetación, y por el contrario, tratando de favorecer lugares donde existieran vacíos de información y manteniendo la orientación.

Otro factor limitante al momento de seleccionar los sitios de muestreo, fue el referente al conflicto armado que se ha presentado en estos territorios, el cual limitó en algunos casos el acceso a zonas de interés, debido a la evidente posibilidad de entrar a campos con riesgos de minas o con presencia de los actores del conflicto.

- 1.4.2 UBICACIÓN DE LAS REPLICAS.

En cada sitio visitado se realizó el montaje de un transecto altitudinal (Figura 7) que tuvo 4 o 5 estaciones de muestreo separadas entre sí altitudinalmente de 20 a 100 metros (condicionado principalmente por el gradiente altitudinal de cada sitio), y priorizando la zona de transición bosque altoandino-páramo y la cobertura de páramo. En cada estación se realizaron tres replicas separadas a una distancia ideal de 30 m.

Las parcelas o réplicas de bosque altoandino fueron de 100 m², con 4 m de ancho x 25 m de largo y divididas en 5 subparcelas de 4 m x 5 m. Las parcelas de arbustales y herbazales fueron de 50 m², con 4 m de ancho x 12,5 m de largo, y divididas en 5 subparcelas de 4 m x 2,5 m.

En cada replica se tomó la información del lugar como municipio, vereda, sitio, ubicación geográfica, cobertura, altitud, orientación e inclinación.

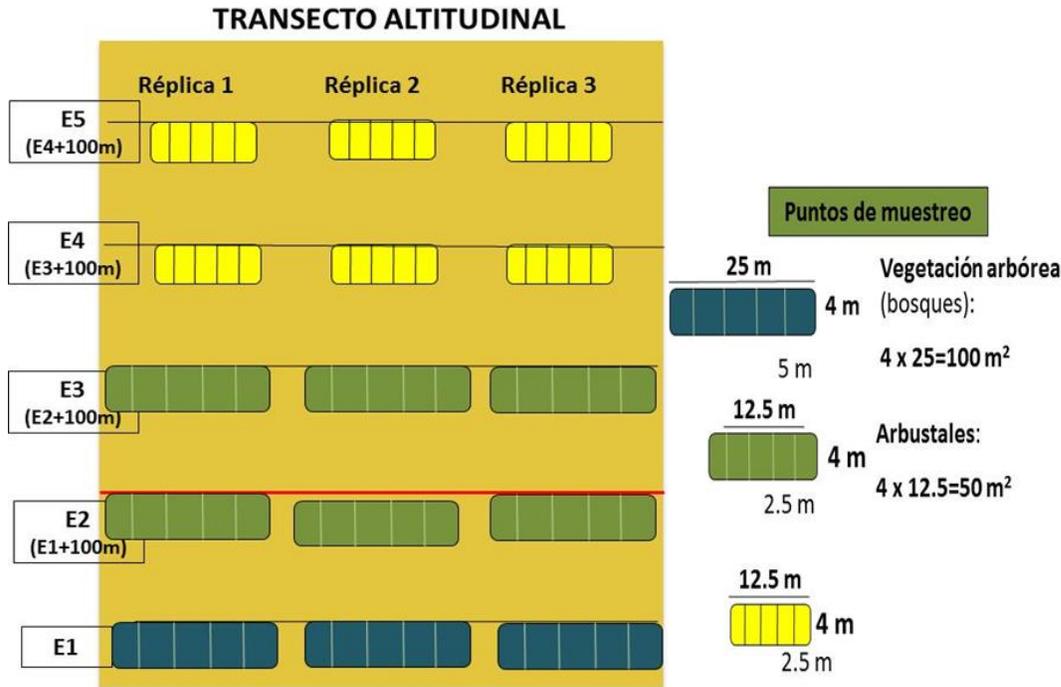


Figura 7 Esquema de las estaciones de muestreo y parcelas

- 1.4.3 RECOLECCIÓN DE DATOS

En el caso del bosque altoandino y arbustales se registraron los siguientes datos para los individuos con un diámetro ≥ 2 cm a 30 cm del suelo:

- Forma de crecimiento del individuo: como árbol (A), arbusto (B), hierba (H), escandente leñosa (SD), escandente herbácea (SD-H), palma (P), parásita (PA), plántula (NT), helecho arbóreo (EA), helecho herbáceo (EH), cojín (CO) y roseta (R).
- Altura total: altura máxima en metros del individuo.
- Altura de la primera ramificación: altura en metros de la primera ramificación del individuo, si no presentaba ramificación no se le colocaba ningún dato.
- Diámetro a 30 cm del suelo: circunferencia en centímetros del tallo del individuo a 30 cm del suelo para posteriormente convertirla a diámetro. En el caso en que el individuo se ramificara antes de los 30 cm y las ramas superaran los 2 cm de diámetro, se tomaron los datos para cada una de las ramas como registros diferentes, los cuales fueron sumados como áreas para calcular el área basal total del individuo.
- Cobertura de copa: medida en metros de la copa 1 por la copa 2, asumiendo la copa 1 como el mayor valor y copa 2 como el menor valor, para posteriormente calcular el área.

- Fenología: estado fenológico en el cual se encuentra el individuo muestreado como flor (F), fruto (FR), botón (B) o estéril (E).
- Observaciones de campo: apuntes y observaciones de las características perecederas de los individuos muestreados como aroma, exudado, coloraciones, consistencias entre otras.

En los arbustales se tomaron los datos anteriores cuando los individuos lo permitían, mientras que con macollas y cojines, en cuyo caso la individualización no es posible, se registró el porcentaje de cobertura (porcentaje aproximado que ocupa la especie dentro de la subparcela), y no registraron datos de altura de la primera rama ni cobertura de copa.



Figura 8 Metodología de trabajo. De izquierda a derecha arriba, toma de datos de altura y copa, abajo montaje de una réplica en arbustales y marcado en bosque.

La numeración de los datos se realizó con una sigla que determina el lugar, el grupo de trabajo y el número del individuo, por ejemplo PJ500 o NH350 se refieren al registro número 500 realizado por el grupo coordinado por Jaider Jiménez (J) en el Cerro Plateado (P) y el registro número 350 del grupo de Herber Sarrazola (H) en el Cerro Norí.

Se colectaron dos duplicados por especie en cada transecto, en los casos en que el espécimen estuviera estéril y tres cuando se encontraba fértil. Adicionalmente, se tomaron la mayor cantidad de fotografías posibles de las muestras y de los sitios y se realizó un amplio número de colecciones generales para mejorar el registro y la identificación de los especímenes.

- 1.4.4 TRATAMIENTO DEL MATERIAL VEGETAL

El material vegetal colectado fue prensado y alcoholizado en campo para preservar sus características. Posteriormente fue llevado al herbario de la Universidad de Antioquia (HUA) para su debido proceso de herborización, el cual conlleva el secado, almacenamiento e identificación. La determinación de los especímenes se realizó por comparación con las colecciones de HUA, pero también con la ayuda de bases de datos virtuales como plants.jstor.org y tropicos.org. Adicionalmente se utilizaron guías y trabajos desarrollados anteriormente en el área de estudio como la Flora de Antioquia, Catalogo de Plantas Vasculares (2011) y Flora de los bosques montanos de Medellín (2012).

Se registraron además los nombres vulgares de las especies utilizando principalmente los registrados en las colecciones y en el diccionario de nombres comunes de plantas de Colombia disponible a través de www.biovirtual.unal.edu.co/ICN. La categoría de amenaza se determino con base en el Apéndice CITES y en las especies categorizadas por la IUCN.

- 1.4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las bases de datos de campo fueron transcritas a Excel para poder realizarse el correspondiente análisis estadístico.

1.4.5.1 INDICES DE DIVERSIDAD

Los índices de diversidad utilizados para evaluar la diversidad por estación y páramo fueron el índice de Simpson y Shannon-Wiener.

- Simpson: es un índice de dominancia que se basa en la representatividad de las especies con mayor valor de importancia (Simpson 1949).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

- Shannon-Wiener: es considerado un índice de equidad, en donde se toman en cuenta los valores de importancia a través de todas las especies (Moreno 2001).

$$H' = - \sum p_i \log_b p_i$$

1.4.5.2 ESTIMADORES DE RIQUEZA:

Se utilizaron dos estimadores de riqueza no paramétricos basados en la abundancia:

- Chao 1: es un estimador basado en el número de especies raras en la muestra (Chao & Lee 1992).

$$Chao\ 1 = S + \frac{F_1^2}{2F_2}$$

- ACE -Abundance Coverage Estimator-: se basa en la probabilidad de encontrar especies observadas dentro del total de especies presentes pero no observadas (Colwell *et al.* 2004).

$$ACE = S_c + \frac{S_r}{C_{ace}} + \frac{F_1}{C_{ace}} \gamma_{ace}^2$$

1.4.5.3 CURVAS DE RAREFACCIÓN:

Las curvas de rarefacción ayudaron a calcular el número esperado de especies de acuerdo al esfuerzo de muestreo realizado, lo que permite comparar la riqueza de especies entre localidades con diferente tamaño muestral (Heck *et al.* 1975).

$$E = \sum 1 - \frac{(N - N_i)/n}{N/n}$$

1.4.5.4 DENDROGRAMAS DE SIMILITUD:

Para analizar el recambio de especies se realizaron comparaciones entre las estaciones por complejo y por páramos por medio de dos índices de similitud:

- Sørensen (Sørensen 1948): este índice considera sólo la composición, relacionando el número de especies compartidas con la media aritmética del número de especies en ambos sitios.
- Bray-Curtis (Bray & Curtis 1957): considera tanto la composición como la abundancia de la especies, relacionando la abundancia de las especies compartidas con la abundancia total de las dos muestras.

1.4.5.5 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD:

El análisis de la estructura de la comunidad se calculó con la frecuencia y abundancia relativa por estación y por sitio. Además, se construyeron los diagramas de Whittaker (Whittaker 1965), los cuales describen la distribución de las abundancias relativas de las especies.

1.4.5.6 INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI):

El IVI brinda una medida cuantitativa precisa de la importancia que representa cada especie dentro del ecosistema y ha sido ampliamente utilizado para el análisis de ecosistemas (Lozada 2010). Su cálculo se realiza para cada especie por estación por páramo, pero además, se obtuvo un IVI para las especies registradas con áreas basales y otro para las especies que se midieron en porcentaje de cobertura, ya que los métodos de medición no eran comparables.

1.4.5.7 PERFILES DE VEGETACIÓN:

Los perfiles de vegetación se realizaron por cobertura y por páramo, con el fin de esquematizar la estructura y composición de cada cobertura y evidenciar cambios si los hay. Los individuos incluidos en cada perfil se referenciaron de acuerdo a los datos obtenidos en campo, incluyendo las especies más representativas de la cobertura.

1.5 RESULTADOS Y ANÁLISIS

- 1.5.1 PÁRAMO PENÁ

En Pená se registraron un total 116 especies pertenecientes a 81 géneros de 47 familias, representados en 1871 registros biológicos. Se destaca como el sitio de mayor riqueza de familias, géneros y especies en total y únicas, además de presentar tres nuevos registros para Antioquia que son *Gnaphalium paramorum*, *Meriania mutisii* y *Miconia mutisiana*.

Tabla 6. Listado de especies presentes en el páramo Pená, presentando el número de registros y los totales por especie por estación, y la riqueza por estación y total.

PÁRAMO PENÁ					
FAMILIA	ESTACIÓN				Total
	1 (Her) (3460 m)	2 (Her) (3440 m)	3 (Arb) (3380 m)	4 (BA) (3295 m)	
<i>Acronia scabrilinguis</i>				1	1
<i>Anthurium oxybelium</i>				10	10
<i>Arcytophyllum nitidum</i>	12	10			22
<i>Bartsia laniflora</i>			1		1
<i>Bartsia santolinifolia</i>	2	5			7
<i>Begonia antioquiensis</i>				1	1
<i>Bejaria resinosa</i>	9	2	8		19
<i>Blechnum auratum subsp. auratum</i>			2		2
<i>Blechnum auratum subsp. columbiense</i>		14	26	1	41
<i>Blechnum loxense</i>	10	3			13
<i>Bomarea linifolia</i>	1				1
<i>Brunellia goudotii</i>				2	2
<i>Bulbostylis juncoides</i>	8	13			21
<i>Calamagrostis cf effusa</i>		10			10
<i>Calamagrostis effusa</i>	2	7			9
<i>Calamagrostis sp</i>		4			4
<i>Cavendishia aff guatapeensis</i>				3	3
<i>Cavendishia bracteata</i>	8	11	7	3	29
<i>Cavendishia grossa</i>				5	5
<i>Cavendishia killipii</i>				3	3
<i>Cavendishia macrocephala</i>				2	2
<i>Chusquea scandens</i>				1	1
<i>Clethra fagifolia</i>				4	4
<i>Clusia aff callejasii</i>				4	4
<i>Clusia elliptica</i>			3	4	7
<i>Columnea acuminata</i>				1	1

<i>Columnnea aff acuminata</i>				1	1
<i>Culcita coniifolia</i>				1	1
<i>Cyathea andina</i>				1	1
<i>Cyathea sp.1</i>				6	6
<i>Cybianthus marginatus</i>				7	7
<i>Cybianthus pastensis</i>				2	2
<i>Cyrochilum ramosissimum</i>		10			10
<i>Diplostegium rosmarinifolius</i>	17	3	9		29
<i>Disterigma alaternoides</i>				1	1
<i>Disterigma empetrifolium</i>		2			2
<i>Disterigma microphyllum</i>		8	2		10
<i>Drimys granadensis</i>				2	2
<i>Elaphoglossum albescens</i>				3	3
<i>Elaphoglossum cf. affine</i>		1			1
<i>Elaphoglossum eximium</i>				2	2
<i>Elleanthus aurantiacus</i>		1			1
<i>Epidendrum frutex</i>	9	3			12
<i>Espeletia frontinoensis</i>		243	7		250
<i>Espeletia praefrontina</i>	307	280	25		612
<i>Gaiadendron punctatum</i>	4	15	10		29
<i>Gaultheria anastomosans</i>			4		4
<i>Gaultheria erecta</i>		5			5
<i>Geissanthus andinus</i>	5		10		15
<i>Geissanthus occidentalis</i>				12	12
<i>Geranium lainzii</i>	12	13			25
<i>Gnaphalium paramorum</i>	2				2
<i>Gordonia fruticosa</i>				7	7
<i>Gordonia sp1</i>				6	6
<i>Greigia danielii</i>			8	10	18
<i>Guzmania confinis</i>			2		2
<i>Guzmania nidularioides</i>				102	102
<i>Guzmania squarrosa</i>	2		1		3
<i>Hedyosmum cumbalense</i>			7		7
<i>Hesperomeles ferruginea</i>		1	15		16
<i>Hieracium adenocephalum</i>		6			6
<i>Hymenophyllum cf. polyanthos</i>				3	3
<i>Hymenophyllum lindenii</i>				1	1
<i>Ilex sp1</i>				1	1
<i>Ilex aff. colombiana</i>		2			2
<i>Ilex laurina</i>				1	1
<i>Ilex sp4</i>				5	5
<i>Jungia coarctata</i>				1	1

<i>Lycopodium clavatum</i>	8	8			16
<i>Macroparpaea aff harlingii</i>				2	2
<i>Maytenus aff jamesonii</i>	5		2	4	11
<i>Meriania mutisii</i>				5	5
<i>Miconia cf. ligustrina</i>				2	2
<i>Miconia ligustrina</i>			3	16	19
<i>Miconia sp.8</i>				11	11
<i>Miconia mutisiana</i>				1	1
<i>Miconia sandemanii</i>			4		4
<i>Monnina aestuans</i>			5		5
<i>Myrsine coriacea</i>				7	7
<i>Myrsine dependens</i>			2		2
<i>Myrteola nummularia</i>	11	17			28
<i>Niphogeton ternata</i>		4			4
<i>Ocotea sericea</i>				1	1
<i>Oreobolus goeppingeri</i>	6	8			14
<i>Oreopanax aff. argentatus</i>			1		1
<i>Oreopanax aff. discolor</i>			4	2	6
<i>Paepalanthus ensifolius</i>		10	18		28
<i>Palicourea amethystina</i>				1	1
<i>Palicourea apicata</i>			3	3	6
<i>Palicourea zarucchii</i>				1	1
<i>Persea ferruginea</i>			3	3	6
<i>Phlegmariurus brevifolia</i>	5	2			7
<i>Piper montanum</i>				4	4
<i>Pleurothallis secunda</i>	2	2		1	5
<i>Prunus sp2</i>				7	7
<i>Puya sp.</i>			2	4	6
<i>Racinaea riocreuxii</i>	1			2	3
<i>Rhynchospora schiedeana</i>		1			1
<i>Schefflera bogotensis</i>				6	6
<i>Schefflera sp1</i>				4	4
<i>Serpocaulon eleutherophlebium</i>				1	1
<i>Serpocaulon nanegalense</i>		1			1
<i>Sisyrinchium trinerve</i>		1			1
<i>Sphaeradenia laucheana</i>				67	67
<i>Symplocos rhomboidea</i>			13	1	14
<i>Ternstroemia meridionalis</i>				1	1
<i>Terpsichore sp</i>				3	3
<i>Tibouchina lepidota</i>			1		1
<i>Ugni myricoides</i>			2	2	4
<i>Vaccinium corymbodendron</i>	4		21		25

<i>Vaccinium floribundum</i>		9			9
<i>Viburnum undulatum</i>				1	1
<i>Weinmannia elliptica</i>			26	32	58
<i>Weinmannia multijuga</i>	1				1
<i>Xyris columbiana</i>	1				1
<i>Xyris subulata</i>	1	9			10
Abundancia	455	744	257	415	1871
Riqueza	27	37	34	65	116
Índice de Simpson	0,4616	0,2522	0,05803	0,1002	0,1337
Índice de Shannon-Wiener	1,598	2,067	3,108	3,135	3,139

Las familias más diversas fueron Ericaceae con 13 especies y Melastomataceae con 7, mientras Asteraceae y Primulaceae presentaron 6 especies cada una. La estación 5 de cobertura boscosa fue la más diversa de todo el complejo.

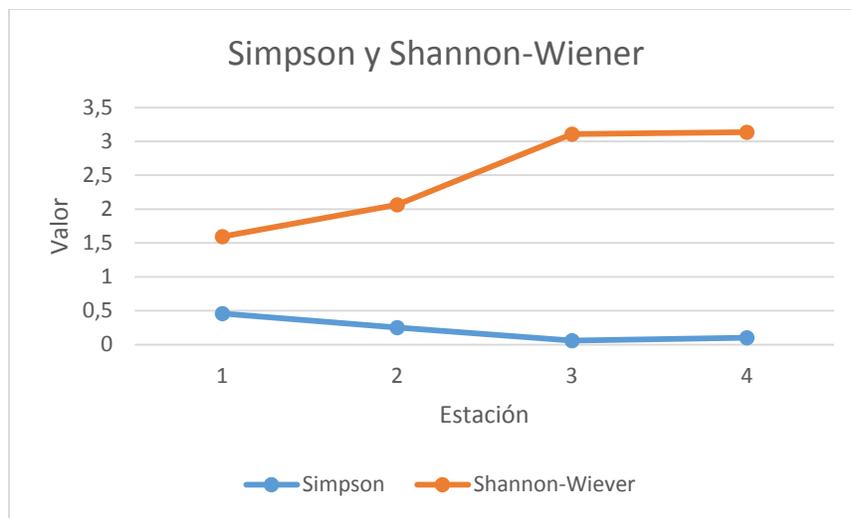


Figura 9 Índice de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson por estación en el páramo Pená.

El índice de Shannon (Figura 9) muestra que la diversidad disminuye a medida que se asciende altitudinalmente, alcanzando un valor de 3,139 en la estación 5 y de tan solo 1,598 en la primera. Así mismo a medida que disminuye la diversidad aumenta la dominancia como lo muestra el índice de Simpson.

El rango de variación altitudinal del páramo Pená fue de 165 m, en donde se realizaron 4 estaciones separadas entre 20 y 85 m altitudinales entre ellas. Las dos primeras estaciones pertenecieron a la cobertura herbazal, una mas en zona de arbustales y la cuarta en bosque. La franja de arbustales en este sitio se ubica

aproximadamente a los 3380 m, es muy escasa y estrecha, no superando los 20 m altitudinales, lo cual no permitió realizar el montaje de más estaciones.

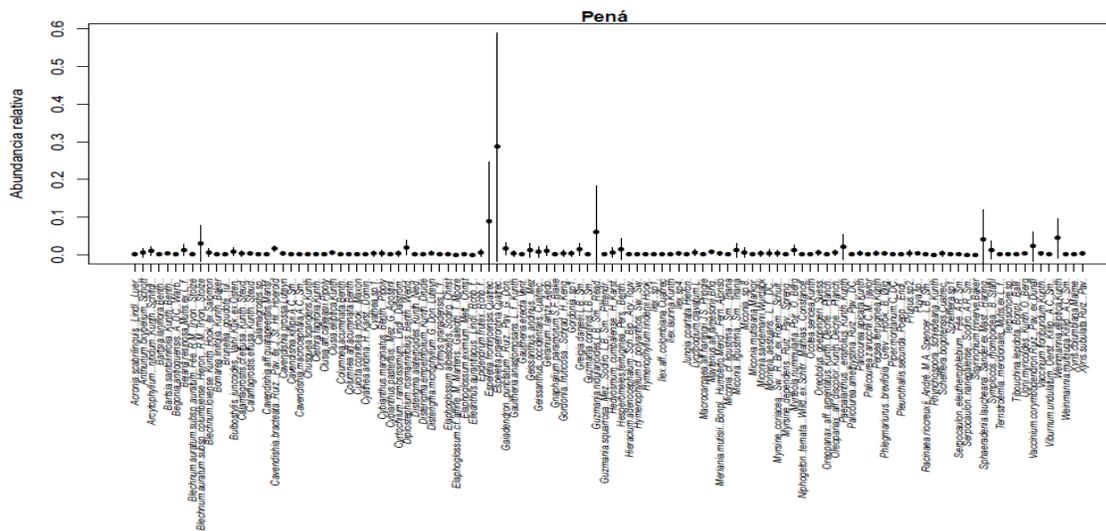


Figura 10 Abundancia relativa de las especies del páramo Pená.

La especie con mayor valor de abundancia relativa fue *Espeletia praefrontina* (Figura 10) con un valor promedio de 0.3, seguida de *Espeletia frontinoensis*, *Guzmania nidularoides* y *Sphaeradenia laucheana* con valores promedio de 0.05 a 0.1. Las especies de *Espeletia* se encuentran en las estaciones 1 y 2, mientras las otras dos hierbas siguientes forman parte de la cobertura boscosa.

La mayoría de las especies presentan escaso rango de variación en su abundancia, característica que se dio también en El Junco y El Sol.

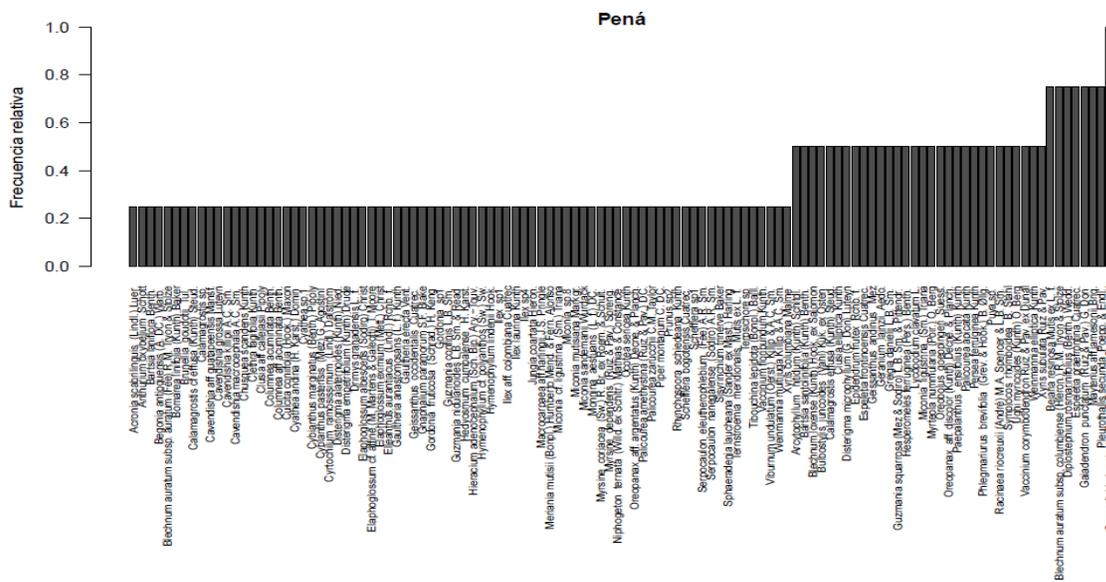


Figura 11 Frecuencia relativa de las especies del páramo Pená.

La especie *Cavendishia bracteata* fue la única que se registró en todas las estaciones (Figura 11), mientras un alto número de especies se registraron solo en una estación.

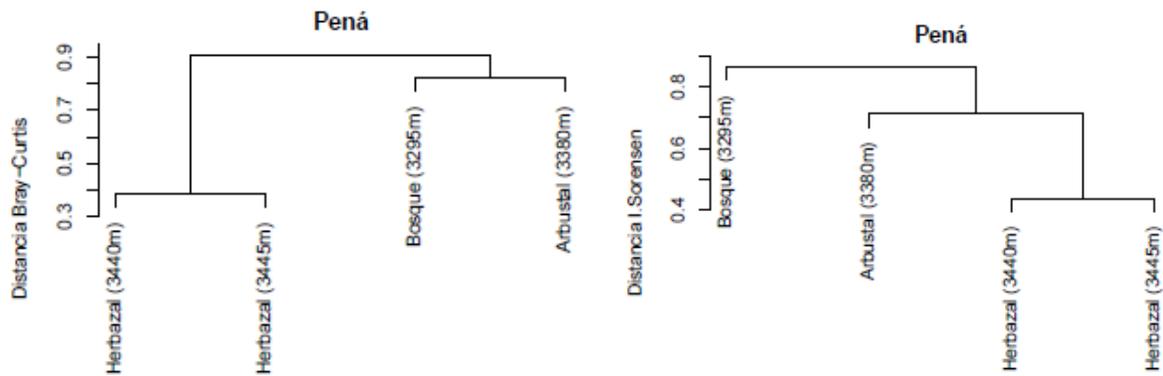


Figura 12 Dendrogramas construidos a partir del índice de similitud de Bray-Curtis y Sorensen, agrupando las estaciones del páramo Pená.

Ambos dendrogramas de similitud (Figura 12) agrupan las estaciones 1 y 2 de herbazal. Con Bray-Curtis se agrupan las estaciones de las coberturas arbustal y bosque en un mismo nivel, mientras con Sorensen el arbustal se ubica entre las otras dos coberturas, lo que evidencia en este lugar la mayor similitud del arbustal con el bosque.

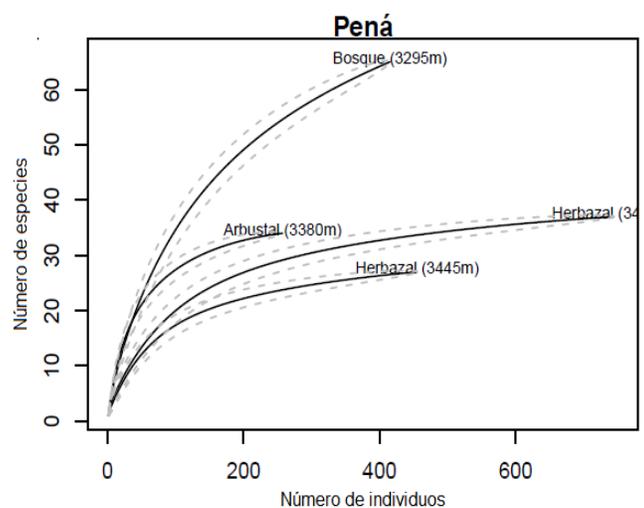


Figura 13 Curvas de rarefacción por estación del páramo Pená.

Las curvas de rarefacción (Figura 13) evidencian que el esfuerzo de muestreo realizado en las tres primeras estaciones fue representativo, mientras que la estación 4 presenta una pendiente muy alta atribuible a la riqueza del bosque.

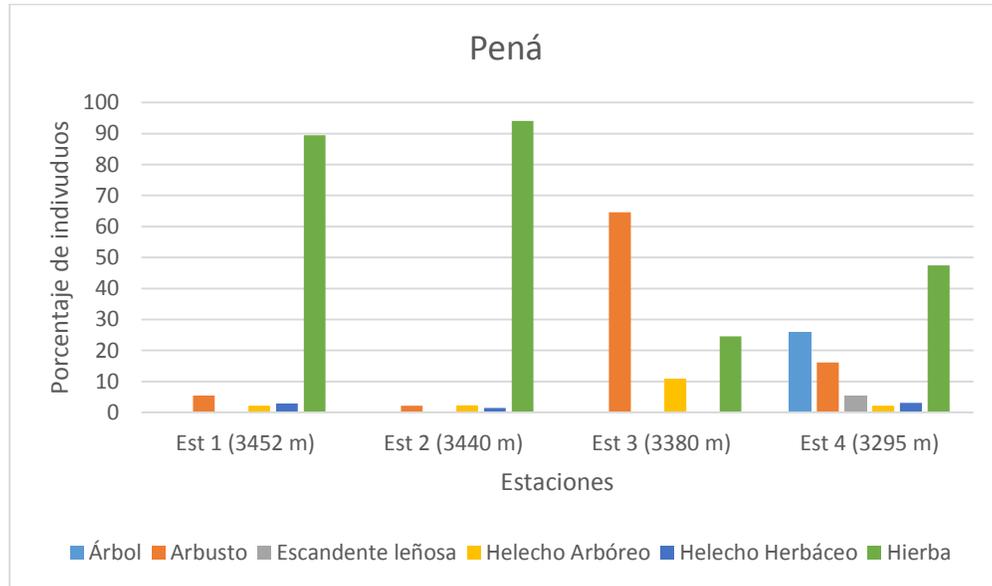


Figura 14 Distribución de los individuos según formas de crecimiento por estación en el páramo Pená.

A lo largo del transecto, la presencia de elementos herbáceos fue muy importante, principalmente en las estaciones de herbazal y bosque (Figura 14), mientras que los arbustos dominaron la zona transicional entre el bosque y el herbazal en la estación 3 a 3380 msnm, acompañados de una alta presencia de hierbas. Por otra parte, los árboles solo se registraron en la zona de bosque, mientras la presencia de los helechos fue apenas notoria.

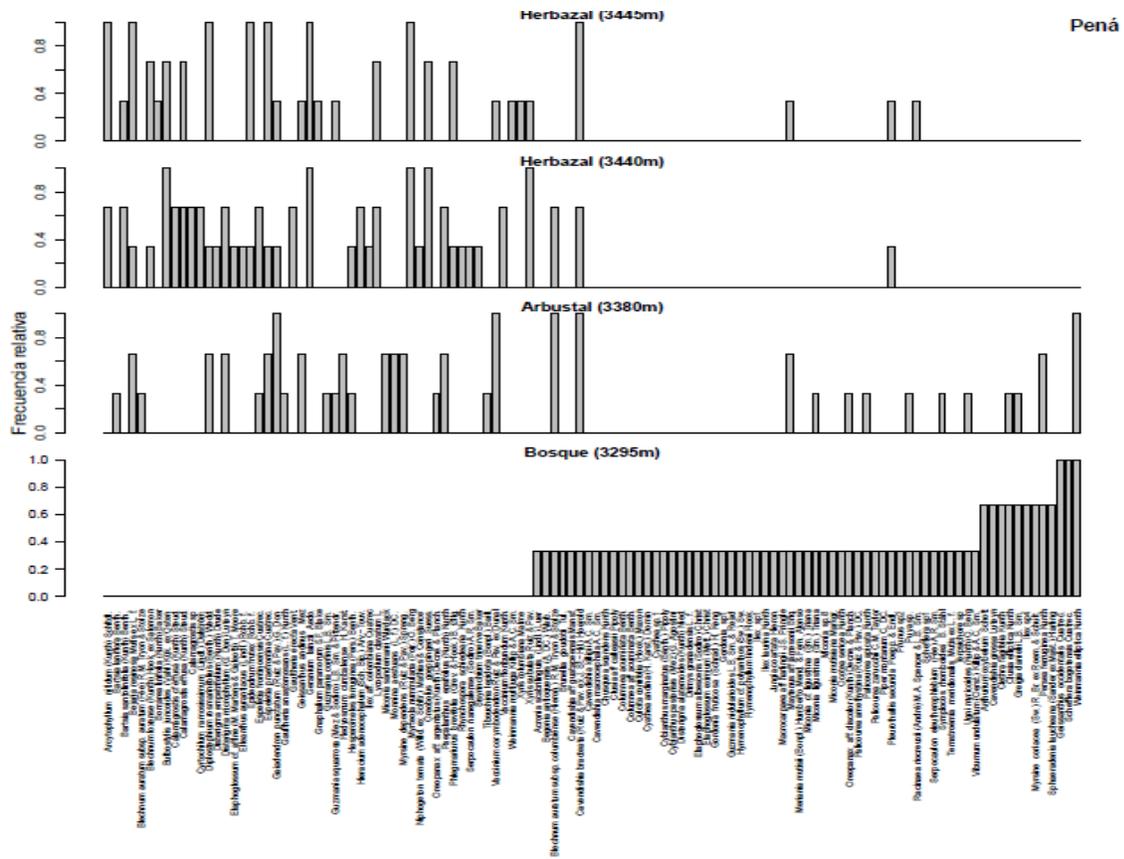


Figura 16 Frecuencia relativa por estación de las especies del páramo Peña.

En las estaciones de herbazal y arbustal la distribución de las frecuencias fue muy heterogénea, mientras el bosque tiende a presentar menor cantidad de especies con alta frecuencia relativa (Figura 16).

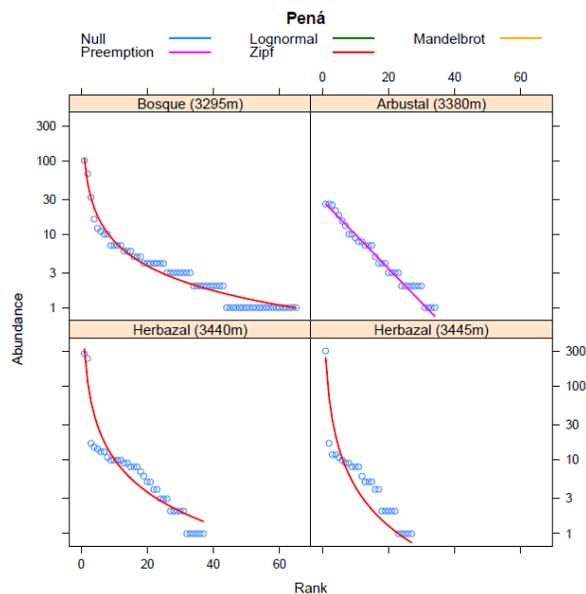


Figura 17 Distribución de abundancias por estación del páramo Peña.

Las curvas de distribución de abundancias (Figura 17), muestran pendientes muy altas en las dos primeras estaciones, evidenciando la presencia de pocas especies muy dominantes (con valores cercanos a 300), mientras la estación 3 de arbustales presenta una mayor heterogeneidad de las especies, con una pendiente muy baja. La estación 4 de bosque presenta una pendiente similar a las estaciones de herbazal, aunque con una mayor riqueza de especies.

1.5.1.1 ESTACIÓN 1 (3445 m):

En esta estación se obtuvo un alto número de registros, con bajos niveles de riqueza y los más altos niveles de abundancia del transecto. Las formas de crecimiento por estación (Figura 14), muestran la amplia dominancia de las hierbas y la carencia de árboles y escandentes herbáceas.

La especie de mayor abundancia relativa (Figura 15) fue *Espeletia praefrontina*, quien domina ampliamente. En cuanto a frecuencia relativa (Figura 16) los mayores valores los obtuvieron *Arcytophyllum nitidum*, *Bejaria resinosa*, *Diplostephium rosmarinifolium*, *Epidendrum frutex*, *Espeletia praefrontina*, *Geranium lainzii*, *Myrteola nummularia* y *Cavendishia bracteata*, registrados en todas las réplicas.

Los valores más altos de IVI para las especies de la estación uno del páramo Peña los registraron *Espeletia praefrontina* la cual fue ampliamente superior entre las especies medidas por áreas basales con un valor de 225 (Figura 18), mientras con las especies que se registraron en porcentaje de cobertura, *Bulbostylis juncooides*, *Arcytophyllum nitidum* y *Diplostephium rosmarinifolius* fueron los de mayor valor con valores de 42, 35 y 25 respectivamente (Figura 19).

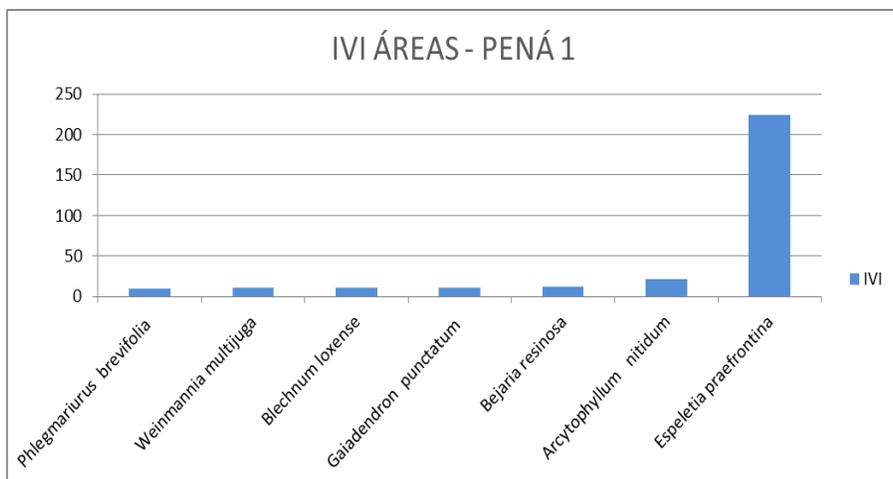


Figura 18 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 1 de Pená.

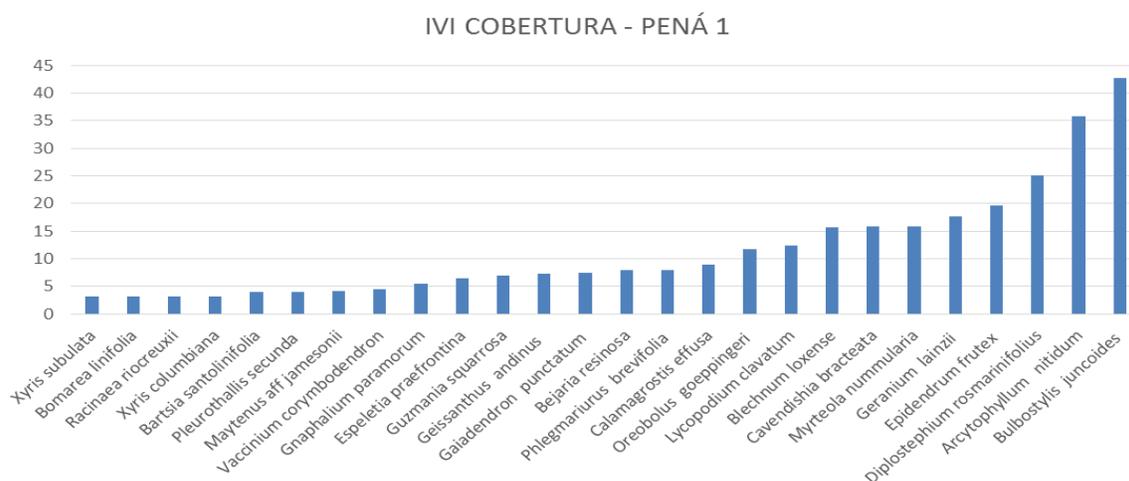


Figura 19 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 1 de Pená.

1.5.1.2 ESTACIÓN 2 (3440 m):

Al igual que la primera estación, esta también presentó un alto número de registros pero con bajos niveles de riqueza y medianos niveles de dominancia, encontrándose una amplia abundancia de hierbas y carencia de árboles y escandentes herbáceas (Figura 14). *Espeletia praefrontina* y *E. frontinoensis* presentaron en esta estación, valores altos de abundancia relativa (Figura 15), muy por encima al resto de las especies.

La estación dos comparte con la primera en la frecuencia relativa (Figura 16), a las especies *Myrteola nummularia* y *Geranium lainzii*, más *Bulbostylis juncoides*, *Niphogeton ternata* y *Xyris subulata* como las más frecuentes.

En la estación dos los mayores valores de IVI entre las especies medidas por áreas basales fueron muy altos para los frailejones, con un valor de 121 para *Espeletia frontinoensis* y de 104 para *E. praefrontina* (Figura 20); mientras *B. juncoides* nuevamente fue la especie más importante en las que se midieron con porcentaje de cobertura (Figura 21).

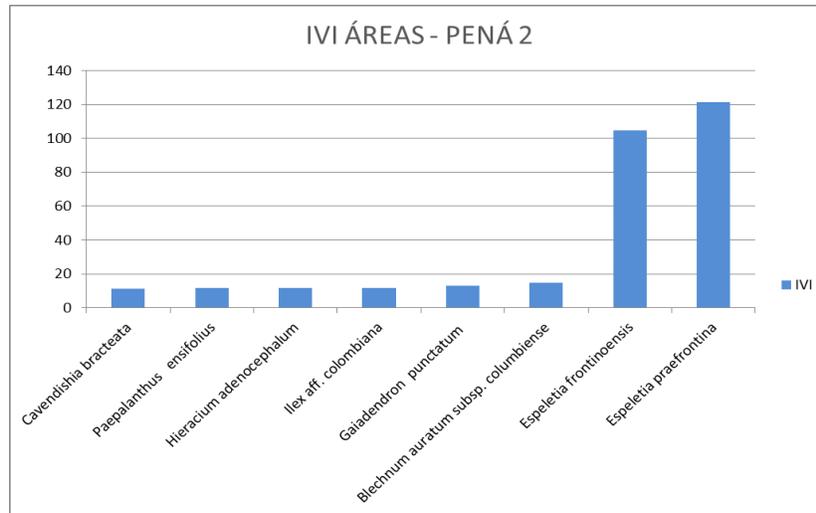


Figura 20 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 2 de Pená.

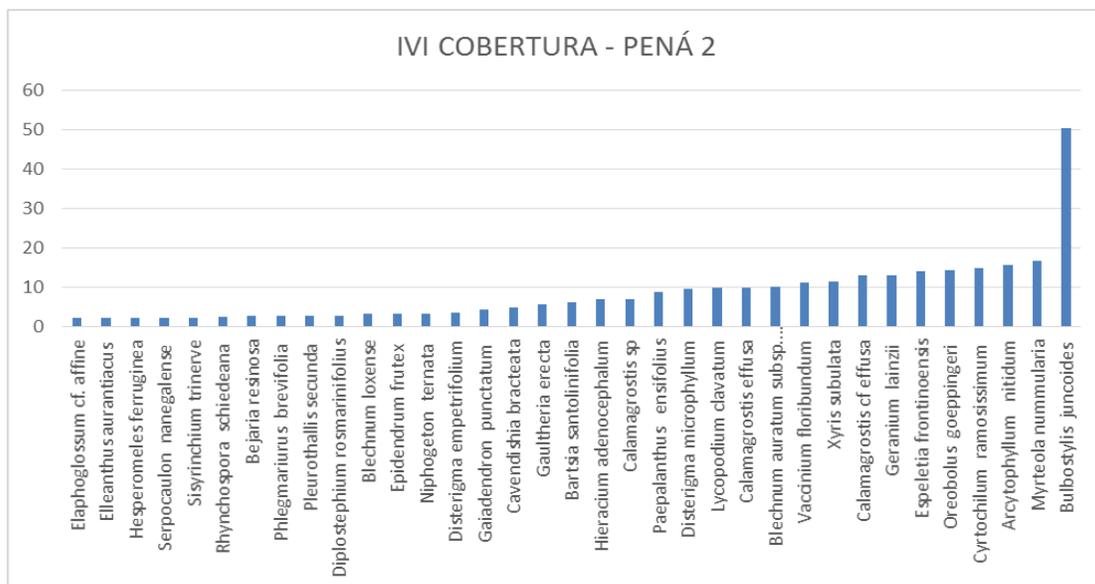


Figura 21 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 2 de Pená.

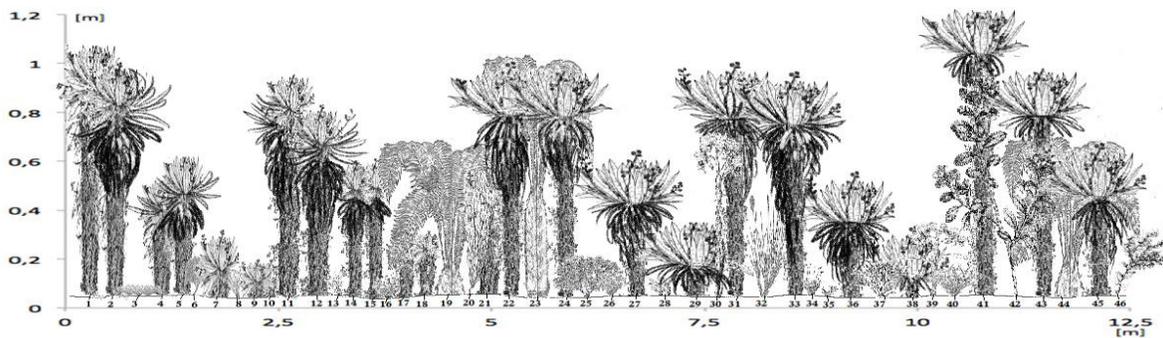


Figura 22. Perfil de la vegetación de herbazal en el páramo Pená.

Tabla 7 Datos de las especies del perfil de herbazal en el páramo Pená

N.º Planta	Código	Especie
1	AJ86	Espeletia frontinoensis
2	AJ84	Espeletia frontinoensis
3	AJ113	Oreobolus goeppingeri
4	AJ75	Espeletia frontinoensis
5	AJ76	Espeletia frontinoensis
6	AJ115	Vaccinium floribundum
7	AJ112	Espeletia frontinoensis
8	AJ121	Bulbostylis juncoides
9	AJ108	Espeletia frontinoensis
10	AJ91	Espeletia frontinoensis
11	AJ137	Espeletia frontinoensis
12	AJ151	Espeletia frontinoensis
13	AJ128	Bulbostylis juncoides
14	AJ154	Espeletia frontinoensis
15	AJ145	Espeletia frontinoensis
16	AJ122	Oreobolus goeppingeri
17	AJ148	Espeletia frontinoensis
18	AJ158	Espeletia frontinoensis
19	AJ130	Blechnum auratum subsp. columbiense
20	AJ127	Calamagrostis cf effusa
21	AJ166	Espeletia frontinoensis
22	AJ193	Espeletia frontinoensis
23	AJ178	Blechnum auratum subsp. columbiense
24	AJ180	Espeletia frontinoensis
25	AJ169	Vaccinium floribundum
26	AJ168	Oreobolus goeppingeri
27	AJ199	Espeletia frontinoensis
28	AJ175	Bulbostylis juncoides
29	AJ200	Espeletia frontinoensis
30	AJ210	Cyrtochilum ramosissimum
31	AJ245	Espeletia frontinoensis
32	AJ211	Calamagrostis effusa
33	AJ244	Espeletia frontinoensis
34	AJ208	Xyris subulata
35	AJ215	Myrteola nummularia
36	AJ238	Espeletia frontinoensis
37	AJ218	Paepalanthus ensifolius
38	AJ235	Espeletia frontinoensis
39	AJ248	Cyrtochilum ramosissimum
40	AJ256	Oreobolus goeppingeri
41	AJ276	Espeletia frontinoensis
42	AJ267	Ilex aff. colombiana
43	AJ280	Espeletia frontinoensis
44	AJ253	Blechnum auratum subsp. columbiense
45	AJ277	Espeletia frontinoensis
46	AJ257	Gaultheria erecta

1.5.1.3 ESTACIÓN 3 (3380 m):

La estación 3 se encuentra dominada por elementos arbustivos, con un alto porcentaje de hierbas y helechos arbóreos y sin la presencia de árboles (Figura 14). Sobresale como la segunda estación más diversa y de menor dominancia.

En esta estación no se observa una abundancia relativa muy grande (Figura 15), como si ocurrió en el herbazal, y se advierte una amplia distribución en las abundancias, con varias especies de alto valor de abundancia relativa: *Blechnum*

auratum subsp. *columbiense*, *Weinmannia elliptica*, *Vaccinium corymbodendron*, *E. praefrontina* y *Paepalanthus ensifolius*.

Gaiadendron punctatum, *Vaccinium corymbodendron*, *Blechnum auratum* subsp. *columbiense*, *Cavendishia bracteata* y *Weinmannia elliptica* fueron las especies de mayor frecuencia relativa (Figura 16).

En esta estación se registraron con el mayor porcentaje de cobertura las especies *Diplostephium rosmarinifolius*, *Myrsine dependens* y *Bartsia lanifolia*, que además obtuvieron altos valores de IVI, con 130, 98 y 70 respectivamente (Figura 24). Entre las especies que se midieron con áreas basales, la de mayor IVI fue *Blechnum auratum* subsp. *columbiense* con un valor cercano a 60 (Figura 23).

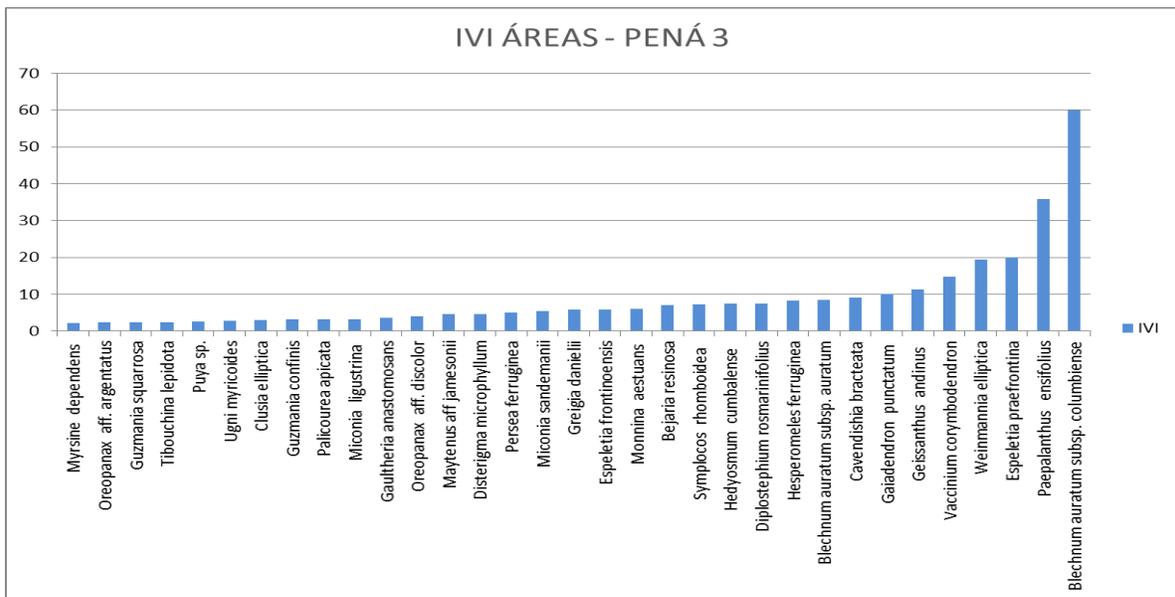


Figura 23 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 3 de Pená.

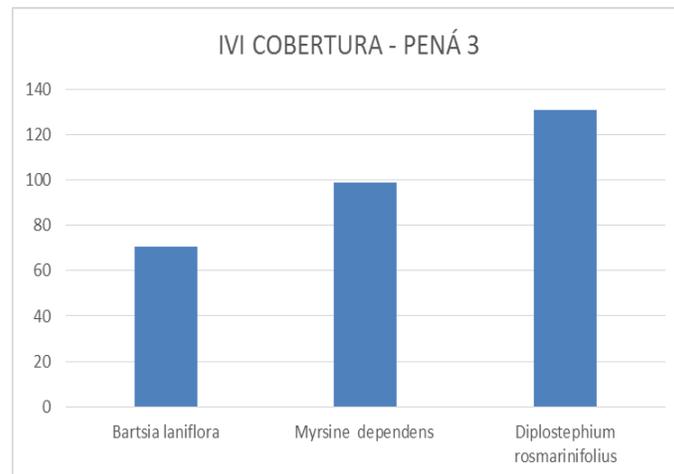


Figura 24 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 3 de Pená.

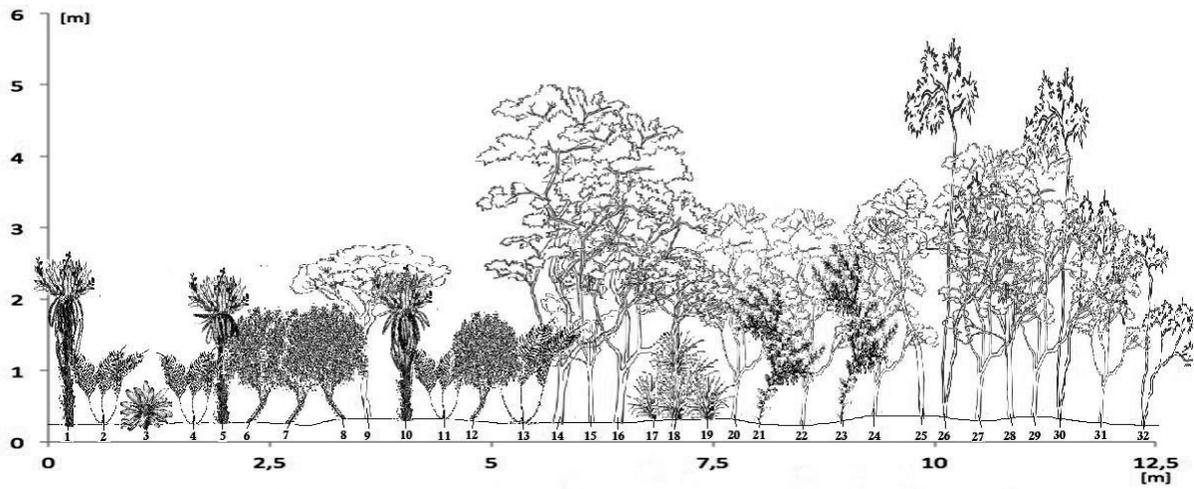


Figura 25. Perfil de la vegetación de arbustal en el páramo Pená.

Tabla 8 Datos de las especies del perfil de arbustal en el páramo Pená

N.º Planta	Código	Especie
1	AJ14	Espeletia frontinoensis
2	AJ4	Blechnum auratum subsp. auratum
3	AJ17	Guzmania confinis
4	AJ2	Blechnum auratum subsp. columbiense
5	AJ13	Espeletia frontinoensis
6	AJ15	Vaccinium corymbodendron
7	AJ25E	Vaccinium corymbodendron
8	AJ21E	Vaccinium corymbodendron
9	AJ20E	Monnina aestuans
10	AJ19E	Espeletia frontinoensis
11	AJ18E	Blechnum auratum subsp. columbiense
12	AJ26E	Vaccinium corymbodendron
13	AJ23	Blechnum auratum subsp. columbiense
14	AJ41	Weinmannia elliptica
15	AJ35	Hedyosmum cumbalense
16	AJ40	Weinmannia elliptica
17	AJ21	Greigia danielii
18	AJ32	Geissanthus andinus
19	AJ22	Greigia danielii
20	AJ56	Weinmannia elliptica
21	AJ53	Gaultheria anastomosans
22	AJ47	Weinmannia elliptica
23	AJ58	Gaultheria anastomosans
24	AJ55	Weinmannia elliptica
25	AJ44	Palicourea apicata
26	AJ70	Oreopanax aff. discolor
27	AJ72	Weinmannia elliptica
28	AJ67	Hedyosmum cumbalense
29	AJ69	Weinmannia elliptica
30	AJ65	Oreopanax aff. discolor
31	AJ61	Weinmannia elliptica
32	AJ66	Oreopanax aff. discolor

1.5.1.4 ESTACIÓN 4 (3295 m):

La estación 4 obtuvo la mayor riqueza (65 spp) y la máxima diversidad de Shannon, habiendo obtenido un muy bajo número de registros (Tabla 6). Presenta un alto porcentaje de hierbas, representado en la abundancia de *Guzmania nidularoides* y *Sphaeradenia laucheana*, y sumado a otras especies de bromelias del sotobosque (Figura 14).

En el bosque altoandino los mayores valores de abundancia relativa (Figura 15) los obtuvieron *Guzmania nidularoides* y *Sphaeradenia laucheana*, aunque sin una dominancia considerable. Además solo tres especies presentan la mayor frecuencia relativa (Figura 16): *Weinmannia elliptica*, *Schefflera bogotensis* y *Geissanthus occidentalis*, siendo la primera especie compartida con los arbustales.

En el caso de la estación de bosque la especie más importante registrada con área basal fue *Guzmania nidularoides* con valor de 121 (Figura 26), mientras que con porcentaje de cobertura los valores de IVI estuvieron más distribuidos entre los

registros, presentando a *Puya sp.*, *Anthurium oxybelium* e *Hymenophyllum cf. polyanthos* como las tres primeras especies en orden de importancia con valores de 44, 40 y 32 respectivamente (Figura 27).

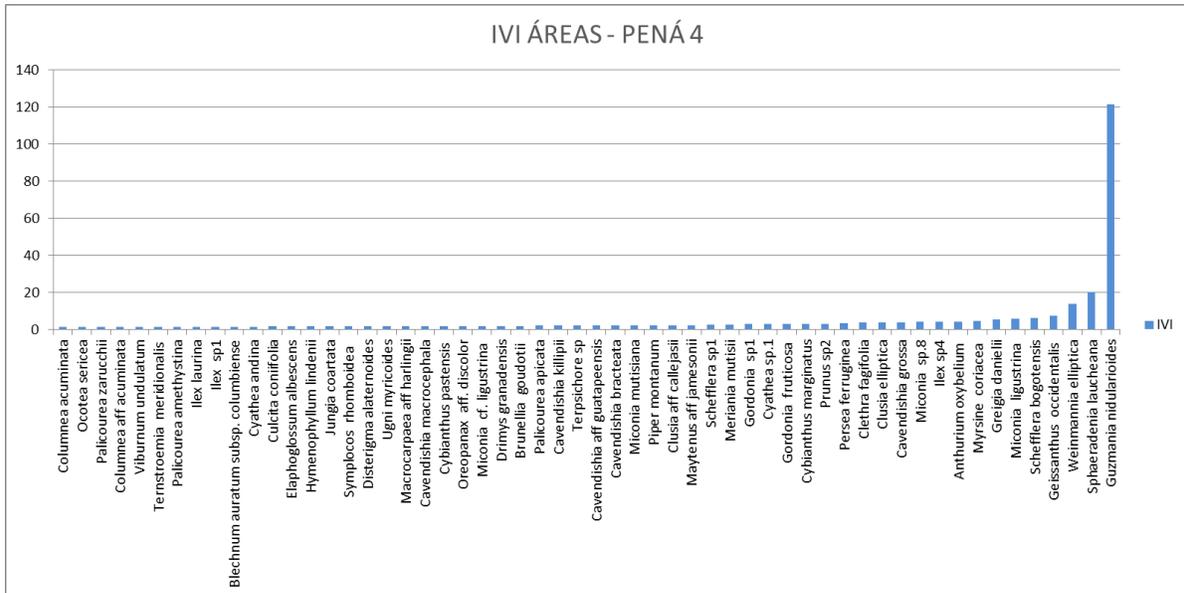


Figura 26 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 4 de Pená.

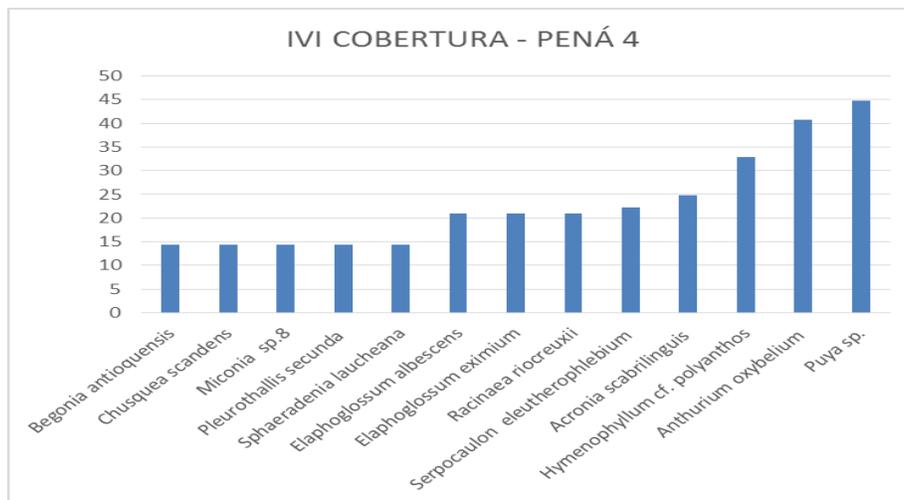


Figura 27 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 4 de Pená.

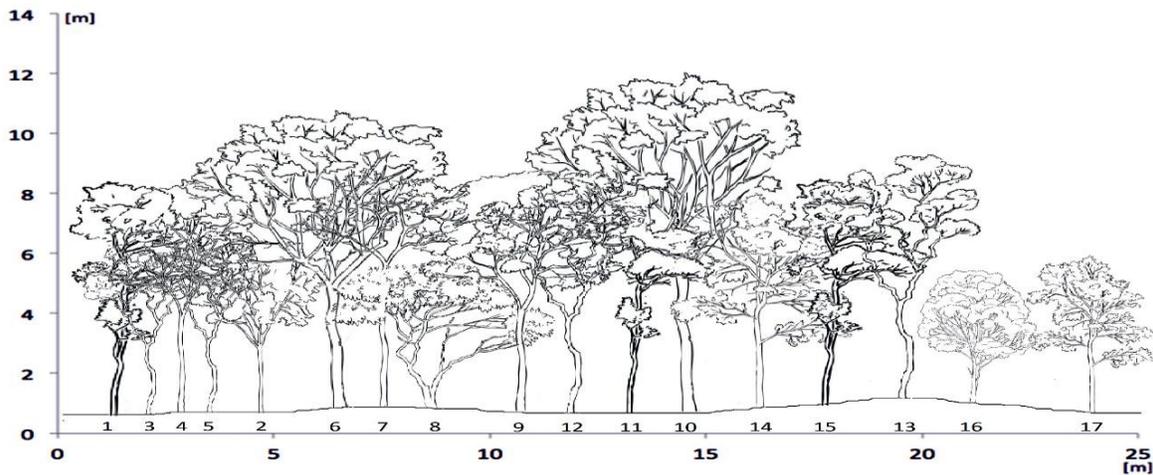


Figura 28. Perfil de la vegetación de bosque en el páramo Pená.

Tabla 9 Datos de las especies del perfil de bosque en el páramo Pená

N.º Planta	Código	Especie
1	UJ2928	Gordonia sp1
2	UJ2939	Ocotea sericea
3	UJ2935	Weinmannia rollottii
4	UJ2931	Meriania acostae
5	UJ2934	Weinmannia rollottii
6	UJ2950	Brunellia goudotii
7	UJ2944	Weinmannia rollottii
8	UJ2945	Munnozia jussieui
9	UJ2957	Meriania acostae
10	UJ2955	Brunellia goudotii
11	UJ2958	Weinmannia multijuga
12	UJ2966	Weinmannia rollottii
13	UJ2969	Weinmannia rollottii
14	UJ2971	Gaiadendron punctatum
15	UJ2980	Weinmannia multijuga
16	UJ2986	Miconia sp.7
17	UJ2982	Weinmannia rollottii

- 1.5.2 PÁRAMO EL JUNCO

En el páramo El Junco se registraron 98 especies pertenecientes a 65 géneros y 38 familias, representados en 1272 registros biológicos (Tabla 10). Las familias más diversas fueron Ericaceae con 12 spp, Asteraceae con 9 y Melastomataceae con 6. La especie *Meriania brachycera* encontrada en este transecto representa un nuevo registro para la flora de Antioquia.

Tabla 10. Listado de especies presentes en el páramo El Junco, presentando el número de registros y los totales por especie por estación, y la riqueza por estación y total.

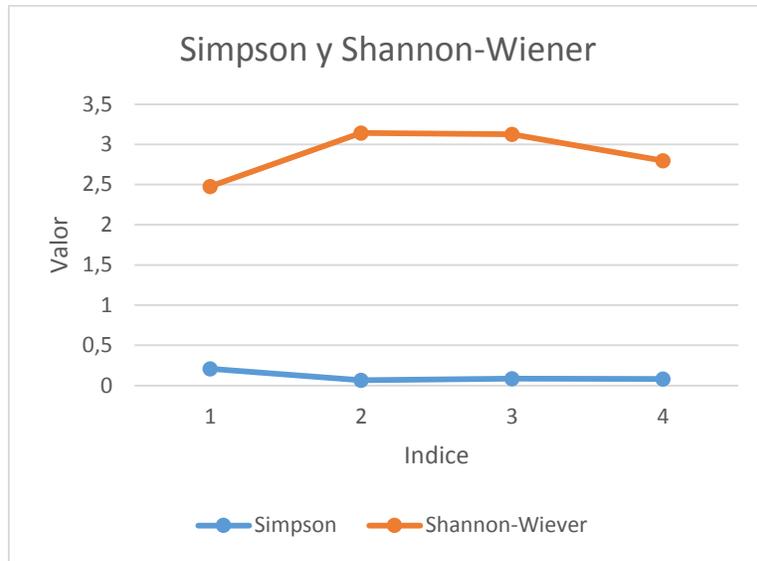
PÁRAMO EL JUNCO					
ESPECIE	ESTACIÓN				Total
	1 (Her) (3413 m)	2 (Arb) (3368 m)	3 (Arb) (3255 m)	4 (BA) (3168 m)	
<i>Anthurium salgarensense</i>		8	3	3	14
<i>Arcytophyllum nitidum</i>	9	2			11
<i>Axinaea cf merianiae</i>			5		5
<i>Baccharis brachylaenoides</i>				1	1
<i>Bejaria resinosa</i>	7				7
<i>Blechnum auratum subsp. auratum</i>	13		2		15
<i>Blechnum auratum subsp. columbiense</i>	3	1			4
<i>Blechnum lechleri</i>		2			2
<i>Brunellia aff. goudotii</i>			1		1
<i>Brunellia goudotii</i>		1	1		2
<i>Cavendishia aff. guatapeensis</i>		6			6
<i>Cavendishia bracteata</i>	1	3	5		9
<i>Cavendishia grossa</i>		12	6		18
<i>Cavendishia tarapotana</i>			1	1	2
<i>Centropogon glaucotomentosus</i>				1	1
<i>Clusia elliptica</i>	5	8	6		19
<i>Cortaderia cf nitida</i>	2				2
<i>Cortaderia hapalotricha</i>	4				4
<i>Cortaderia nitida</i>	1		3		4
<i>Culcita coniifolia</i>			1		1
<i>Cyathea pauciflora</i>		9	9		18
<i>Cyathea sp. 1</i>				3	3
<i>Cybianthus laurifolius</i>			7		7
<i>Cybianthus pastensis</i>		9	2	8	19
<i>Cyrtochilum ramosissimum</i>	7				7
<i>Diplostephium bicolor</i>		3			3
<i>Diplostephium cinerascens</i>		2			2
<i>Diplostephium frontinense</i>	1	4			5
<i>Diplostephium rosmarinifolius</i>	24		1		25
<i>Disterigma alaternoides</i>	2				2
<i>Disterigma empetrifolium</i>	14				14
<i>Drimys granadensis</i>				2	2
<i>Elaphoglossum paramicola</i>	1				1
<i>Elleanthus aurantiacus</i>	2				2
<i>Elleanthus maculatus</i>	1				1

<i>Espeletia frontinoensis</i>	74				74
<i>Espeletia praefrontina</i>	246				246
<i>Eugenia</i> sp			4		4
<i>Freziera</i> aff. <i>candicans</i>	1				1
<i>Gaiadendron punctatum</i>	16	2			18
<i>Gaultheria erecta</i>	6	3			9
<i>Geissanthus andinus</i>		1	13		14
<i>Geissanthus occidentalis</i>			4	3	7
<i>Geissanthus</i> sp 2		1			1
<i>Geranium lainzii</i>	7				7
<i>Gordonia fruticosa</i>				11	11
<i>Gordonia</i> sp1		9			9
<i>Greigia danielii</i>		44	64		108
<i>Guzmania coriostachya</i>				4	4
<i>Hedyosmum cumbalense</i>	2	8	16		26
<i>Hedyosmum goudotianum</i>			2	2	4
<i>Hesperomeles ferruginea</i>		2	6	19	27
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	5				5
<i>Ilex colombiana</i>	1	1	2		4
<i>Ilex</i> sp4		11	3		14
<i>Indet.</i> sp1		4			4
<i>Ladenbergia macrocarpa</i>				1	1
<i>Lycopodium clavatum</i>	1				1
<i>Lycopodium jussiaei</i>	4				4
<i>Macleania</i> aff. <i>rupestris</i>		1			1
<i>Macrocarpaea</i> aff. <i>harlingii</i>		1		1	2
<i>Maytenus</i> aff. <i>jamesonii</i>	9		3		12
<i>Maytenus verticillata</i>		4			4
<i>Meriania</i> aff. <i>mutissi</i>		4			4
<i>Meriania brachycera</i>				8	8
<i>Miconia ligustrina</i>		4	4	1	9
<i>Miconia</i> sp.8		25	10		35
<i>Miconia tinifolia</i>	16		4	19	39
<i>Monnina aestuans</i>	7				7
<i>Monnina fastigiata</i>			2		2
<i>Munnozia jussieui</i>	1				1
<i>Myrsine dependens</i>	3		3		6
<i>Myrteola nummularia</i>	1				1
<i>Niphogeton ternata</i>	10				10
<i>Ocotea sericea</i>		8	7		15
<i>Oreobolus goeppingeri</i>	9				9
<i>Oreopanax</i> aff. <i>discolor</i>		1	3		4

<i>Paepalanthus ensifolius</i>	14				14
<i>Palicourea apicata</i>		19			19
<i>Palicourea garciae</i>				1	1
<i>Palicourea zarucchii</i>				2	2
<i>Persea aff mutissi</i>	3		10	1	14
<i>Persea sp3</i>				1	1
<i>Prunus sp2</i>	1				1
<i>Schefflera bogotensis</i>		7			7
<i>Schefflera trianae</i>				17	17
<i>Sphaeradenia laucheana</i>				9	9
<i>Sticherus rubiginosus</i>	3				3
<i>Ternstroemia meridionalis</i>		17	4		21
<i>Thibaudia floribunda</i>				10	10
<i>Tibouchina lepidota</i>	6	5	9	2	22
<i>Ugni myricoides</i>	3				3
<i>Vaccinium corymbodendron</i>	20	3	7		30
<i>Vaccinium floribundum</i>	1				1
<i>Viburnum antioquiense</i>			1		1
<i>Weinmannia elliptica</i>		39	14	1	54
<i>Weinmannia multijuga</i>	5	4	6	11	26
<i>Weinmannia pubescens</i>	1		4		5
Riqueza	46	40	40	27	98
Abundancia	573	298	258	143	1272
Índice de Simpson	0,2096	0,06493	0,08407	0,07976	0,05795
Índice de Shannon-Wiever	2,476	3,141	3,125	2,796	3,676

La estación 1 de herbazal ubicada a 3413 msnm, se destaca por su alta riqueza y número de registros, a pesar de presentarse en escasos fragmentos. Las estaciones 2 y 3 de arbustales continuaron en valor de riqueza al herbazal, mientras el bosque presenta pocas especies y registros.

Figura 29 Índice de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson por estación en el páramo El Junco.



El Junco es uno de los páramos mas diversos del complejo (Simpson: 3,676), mientras los arbustales fueron los de mayor diversidad entre sus estaciones (Figura 29).

La variación altitudinal del sitio es de 245 m, con un rango entre 45 y 113 m entre estaciones. La mayor variación altitudinal se presenta entre las estaciones 2 y 3 con cobertura de arbustal, la cual fue muy escasa y ubicadas entre los 3368 y 3255 msnm respectivamente.

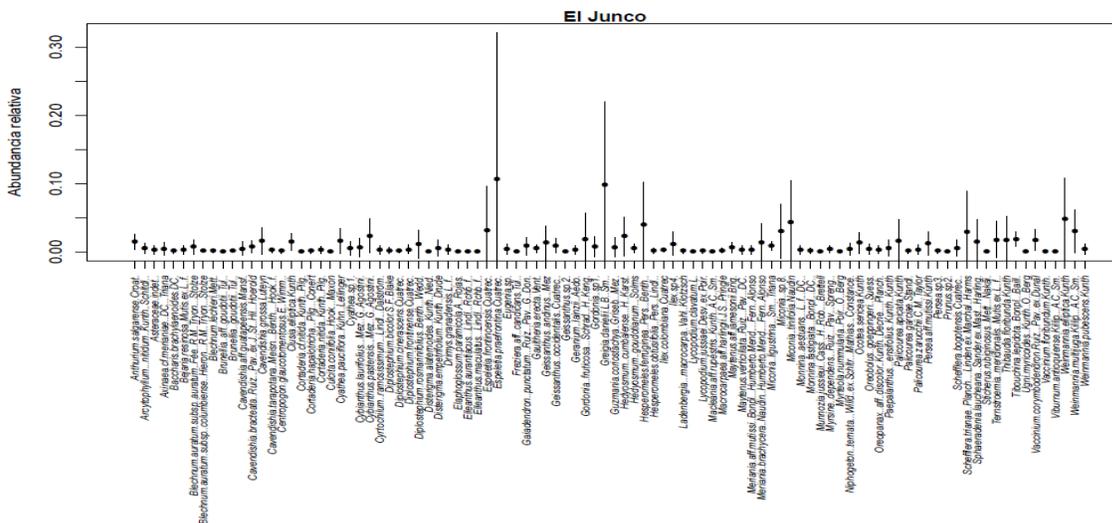


Figura 30. Abundancia relativa de las especies del páramo El Junco

Espeletia praefrontina y *Greigia danielii* presentaron los mayores valores (0.1) de abundancia relativa en el sitio (Figura 30);, especies unicas de herbazal y arbustal

respectivamente (estaciones 2 y 3). Con menores valores se destacan *E. frontinoensis*, *Hesperomeles ferruginea*, *Miconia tinifolia*, *Miconia sp8*, *Schefflera trianae* y *Weinmannia elliptica*.

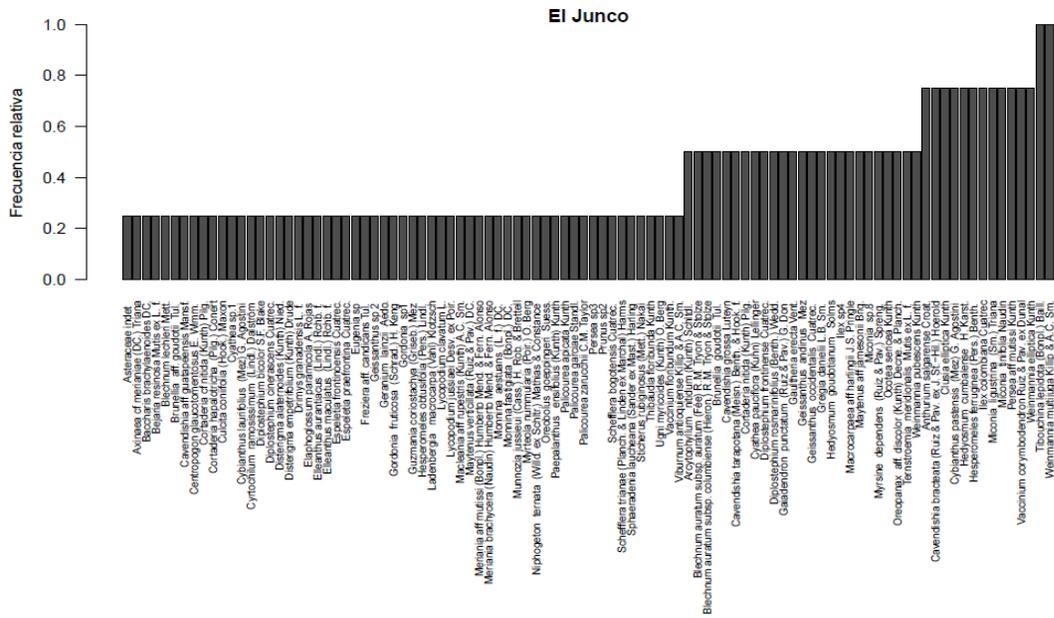


Figura 31. Frecuencia relativa de las especies del páramo El Junco.

Las especies *Weinmannia multijuga* y *Tibouchina lepidota* se registraron en todas las estaciones del transecto (Figura 31), como árboles en la estación más baja y en forma de arbusto en las más altas.

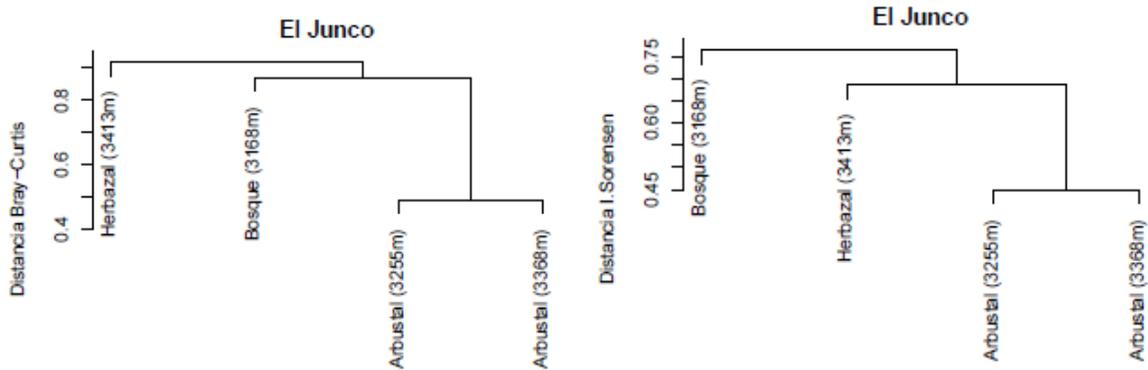


Figura 32 Dendrogramas construidos a partir del índice de similitud de Bray-Curtis y Sorensen, agrupando las estaciones del páramo El Junco.

Los dendrogramas de similitud elaborados (Figura 32) agrupan muy bien las estaciones 2 y 3 de arbustales en un mismo nivel, sin embargo con el índice de Bray-Curtis, el arbustal se asemeja más al bosque, que a su vez es mas símil con el herbazal, mientras que con el índice de Sorensen el arbustal esta más cercano del herbazal y este a su vez del bosque. El agrupamiento poco convencional arrojado, puede deberse a que algunas especies presentes en herbazal y bosque eran ligeramente más abundantes, .

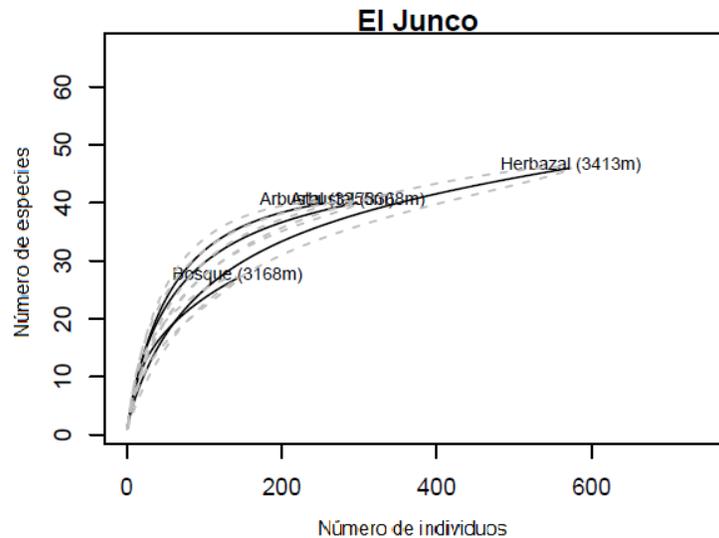


Figura 33 Curvas de rarefacción por estación del páramo El Junco.

Las curvas de rarefacción (Figura 33) muestran que en general se logró un adecuado muestreo en las tres primeras estaciones, mientras que el bosque presenta un bajo número de registros y bajo número de especies pero una curva similar. La estación uno fue la de mayor riqueza con 46 especies y la de bosque la de menor con 27.

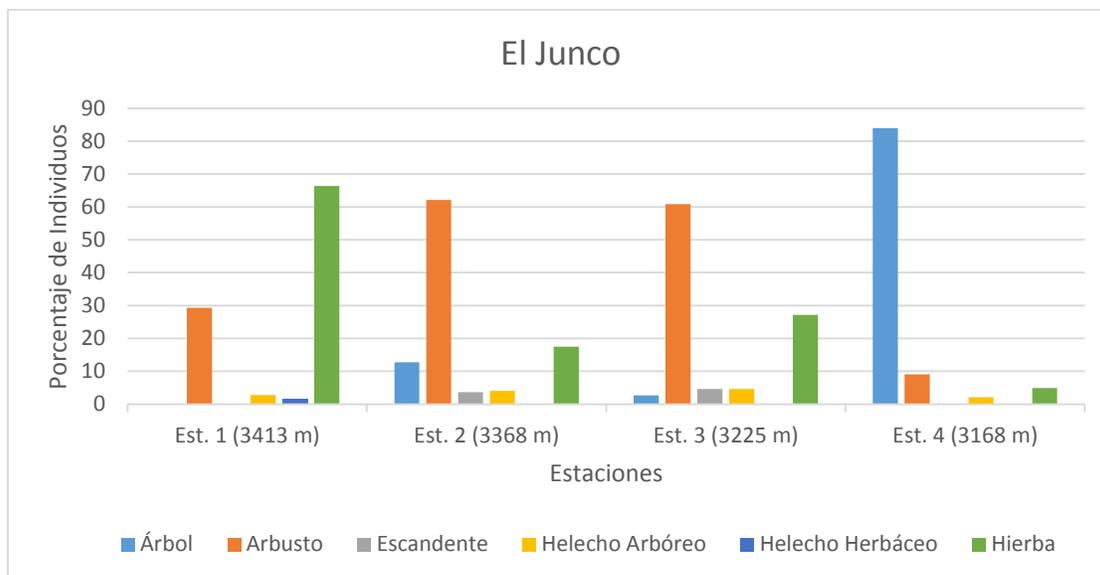


Figura 34 Distribución de los individuos según formas de crecimiento por estación en el páramo EL Junco.

Las formas de crecimiento más comunes encontradas a lo largo del páramo fueron los arbustos y las hierbas (Figura 34), presentes en todas las estaciones; los helechos arbóreos también se encuentran representadas en todas las estaciones, aunque no son abundantes en ninguna de ellas. Los escandentes solo se registraron en las estaciones dominadas por arbustos y los árboles fueron marcadamente dominantes en la última estación.

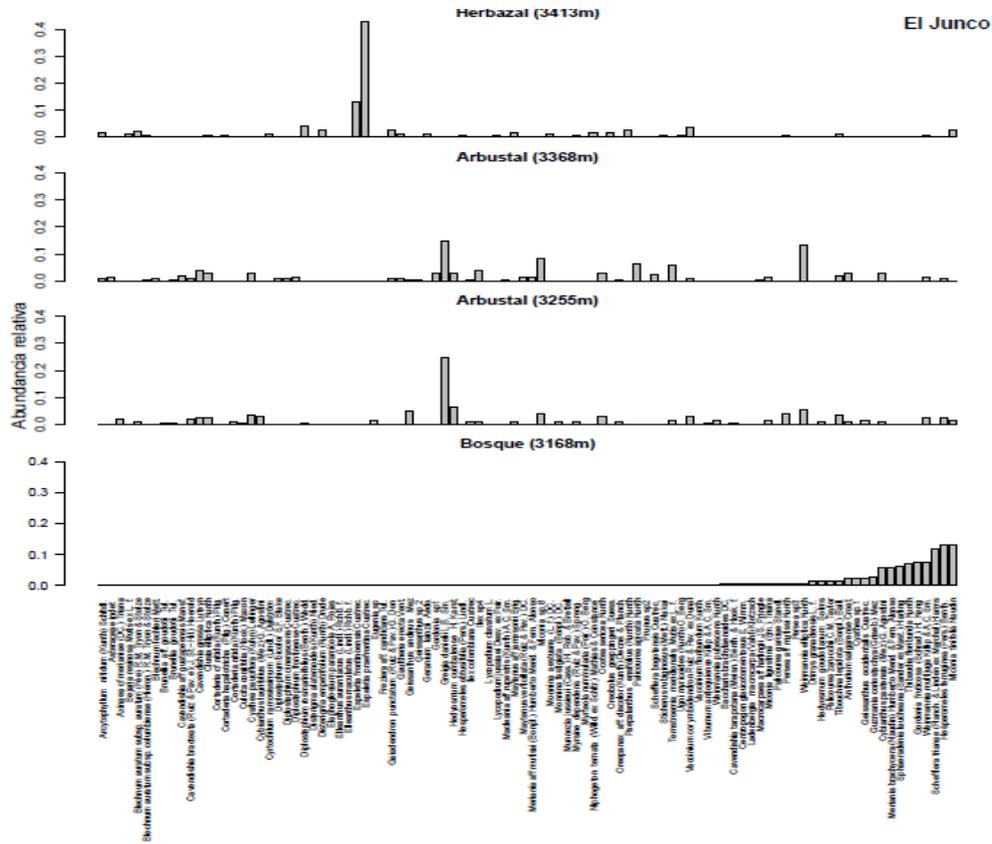


Figura 35. Abundancia relativa por estación de las especies del páramo El Junco.

La primera estación presenta pocas especies con altos valores de abundancia relativa (Figura 35), mientras en las restantes tres estaciones la distribución de las abundancias es mucho más heterogénea.

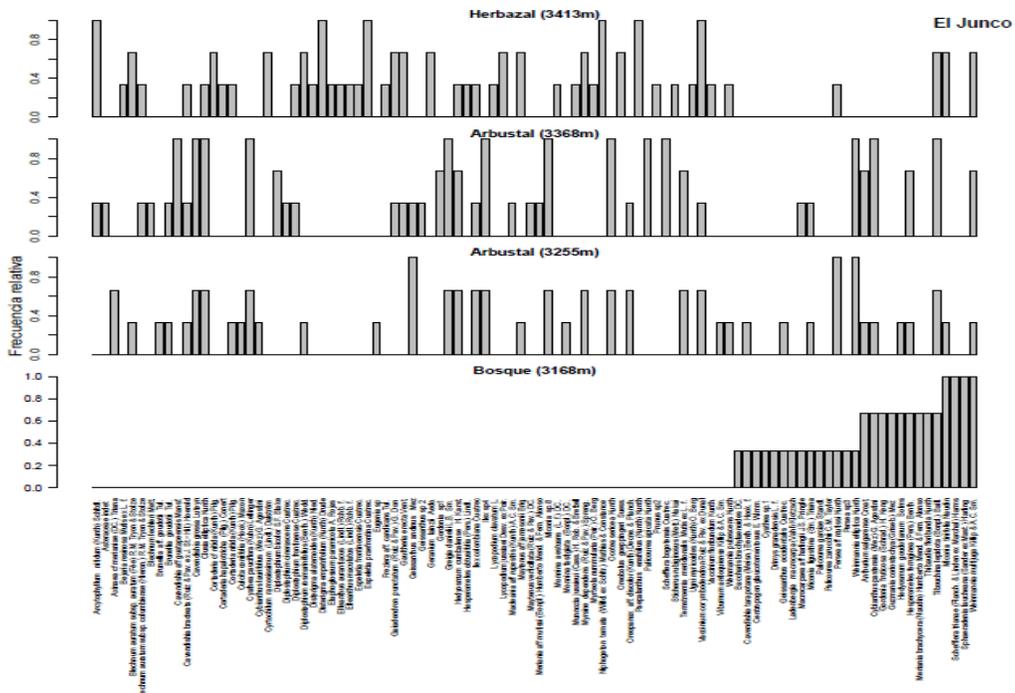


Figura 36 Frecuencia relativa por estación de las especies del páramo El Junco.

Las dos primeras estaciones presentaron el mayor número de especies con el máximo valor de frecuencia relativa, mientras en la tercera y la cuarta el número de especies con alto valor en la frecuencia relativa fue mucho más bajo (Figura 36).

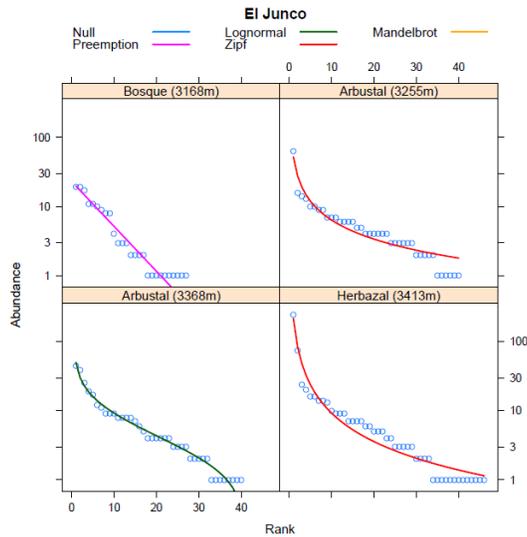


Figura 37 Distribución de abundancias por estación del páramo El Junco.

Las curvas de distribución de abundancias por estación del páramo El Junco (Figura 37), muestran una mayor abundancia de pocas especies en las estaciones 1 y 3, mientras las estaciones 2 y 4 presentan mayor heterogeneidad y sin especies tan particularmente abundantes.

1.5.2.1 ESTACIÓN 1 (3413 m)

Los mayores valores de abundancia relativa (Figura 35) de esta estación fueron para *Espeletia praefrontina* y *E. frontinoensis* respectivamente, mientras los máximos valores de frecuencia relativa (Figura 36) los obtuvieron *Arcytophyllum nitidum*, *Disterigma empetrifolium*, *E. praefrontina*, *Niphogeton ternata*, *Paepalanthus ensifolius* y *Vaccinium corymbodendron*.

Esta fue la estación de menor diversidad del transecto (Figura 29), con un valor de Shannon de 2,476 y caracterizada por la alta representación del hábito herbáceo (65%) (Figura 34) y arbustivo (30%).

El mayor valor de IVI en las especies de la estación que fueron medidas por áreas basales lo presentó *Espeletia praefrontina* siendo muy superior a las demás, con un valor aproximado de 126 (Figura 38), mientras entre las especies que se registraron por porcentaje de cobertura fueron *Paepalanthus ensifolius*, *E. praefrontina*, *Oreobolus goeppingeri*, *Disterigma empetrifolium* y *Arcytophyllum nitidum* las de mayor valor de IVI con valores entre 25 y 20 (Figura 39), y mucho más homogéneo entre estas especies.

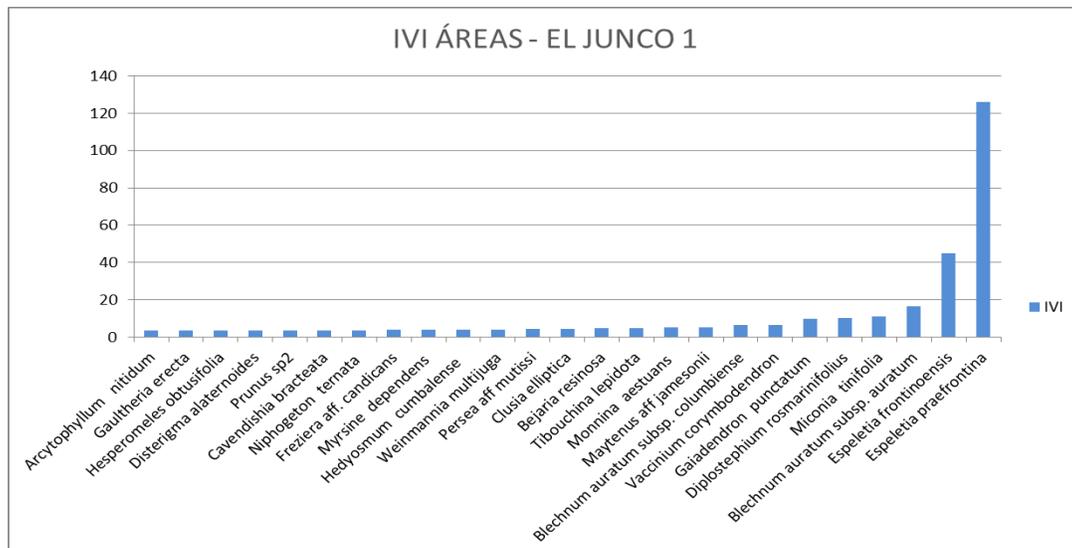


Figura 38 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 1 de El Junco.

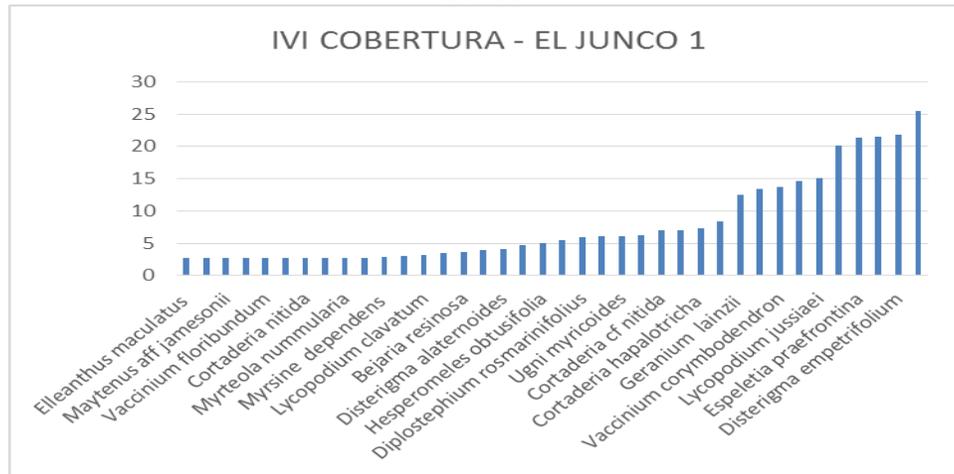


Figura 39 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 1 de El Junco.

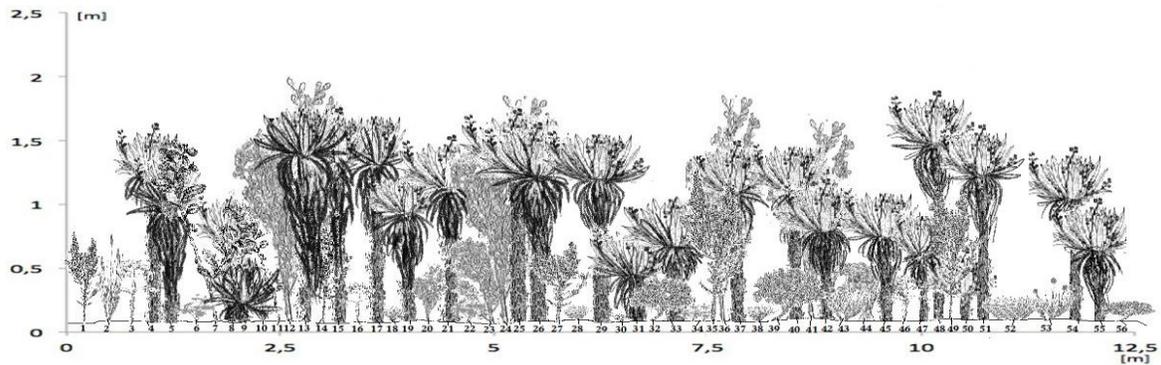


Figura 40. Perfil de la vegetación de herbazal en el páramo El Junco

Tabla 11 Datos de las especies del perfil de herbazal en el páramo El Junco

N.º Planta	Código	Especie
1	CJ746	Arcytophyllum nitidum
2	CJ760	Cortaderia hapalotricha
3	CJ750	Cyrtochilum ramosissimum
4	CJ786	Espeletia praefrontina
5	CJ783	Espeletia frontinoensis
6	CJ748	Geranium lainzii
7	CJ764	Gaiadendron punctatum
8	CJ782	Espeletia frontinoensis
9	CJ789	Espeletia praefrontina
10	CJ761	Oreobolus goeppingeri
11	CJ765	Gaiadendron punctatum
12	CJ794	Gaiadendron punctatum
13	CJ815	Espeletia frontinoensis
14	CJ790	Arcytophyllum nitidum
15	CJ814	Espeletia frontinoensis
16	CJ796	Cyrtochilum ramosissimum
17	CJ806	Espeletia frontinoensis
18	CJ781E	Oreobolus goeppingeri
19	CJ805	Espeletia frontinoensis
20	CJ798	Gaiadendron punctatum
21	CJ797E	Espeletia frontinoensis
22	CJ797	Geranium lainzii
23	CJ792	Hesperomeles obtusifolia
24	CJ825	Gaiadendron punctatum
25	CJ851	Espeletia frontinoensis
26	CJ852	Espeletia frontinoensis
27	CJ817	Arcytophyllum nitidum
28	CJ818	Oreobolus goeppingeri
29	CJ848	Espeletia praefrontina
30	CJ821	Paepalanthus ensifolius
31	CJ843	Espeletia frontinoensis
32	CJ822	Vaccinium corymbodendron
33	CJ831	Espeletia praefrontina
34	CJ820	Geranium lainzii
35	CJ856	Arcytophyllum nitidum
36	CJ859	Gaiadendron punctatum
37	CJ894	Espeletia praefrontina
38	CJ862	Oreobolus goeppingeri
39	CJ867	Vaccinium corymbodendron
40	CJ899	Espeletia frontinoensis
41	CJ860	Gaiadendron punctatum
42	CJ885	Espeletia frontinoensis
43	CJ861	Cortaderia hapalotricha
44	CJ866	Blechnum auratum subsp. columbiense
45	CJ881	Espeletia praefrontina
46	CJ863	Cyrtochilum ramosissimum
47	CJ869	Espeletia praefrontina
48	CJ919	Espeletia praefrontina
49	CJ906	Arcytophyllum nitidum
50	CJ940	Espeletia frontinoensis
51	CJ937	Espeletia frontinoensis
52	CJ907	Oreobolus goeppingeri
53	CJ909	Cortaderia hapalotricha
54	CJ918	Espeletia praefrontina
55	CJ922	Espeletia praefrontina
56	CJ912	Vaccinium corymbodendron

1.5.2.2 ESTACIÓN 2 (3368 m)

Se destaca como la estación más diversa del transecto (Figura 29), con dominancia de arbustos (Figura 34), y menor presencia de árboles, escandentes, helechos herbáceos y hierbas.

En la estación 2, los mayores valores de abundancia relativa (Figura 35) fueron para *Greigia danielli*, *Weinmannia elliptica* y *Miconia sp8*, mientras los mayores valores de frecuencia relativa (Figura 36) lo obtuvieron las especies *Cavendishia aff. guatapeensis*, *Cavendishia grossa*, *Clusia elliptica*, *Cyathea pauciflora*, *Greigia danielii*, *Ilex sp4*, *Miconia sp8*, *Ocotea sericea*, *Palicourea apicata*, *Schefflera bogotensis*, *Cybianthus pastensis*, *Weinmannia elliptica* y *Tibouchina lepidota*.

En esta estación solo se registraron dos especies medidas en porcentaje de cobertura, las cuales fueron *Greigia danielii* y *Blechnum lechleri*, ambas con un alto valor de importancia (150) (Figura 42 Figura 41), y para las especies medidas en áreas basales la más importante fue *Weinmannia elliptica* con un valor cercano a 43 (Figura 41), la cual fue muy superior a las demás especies.

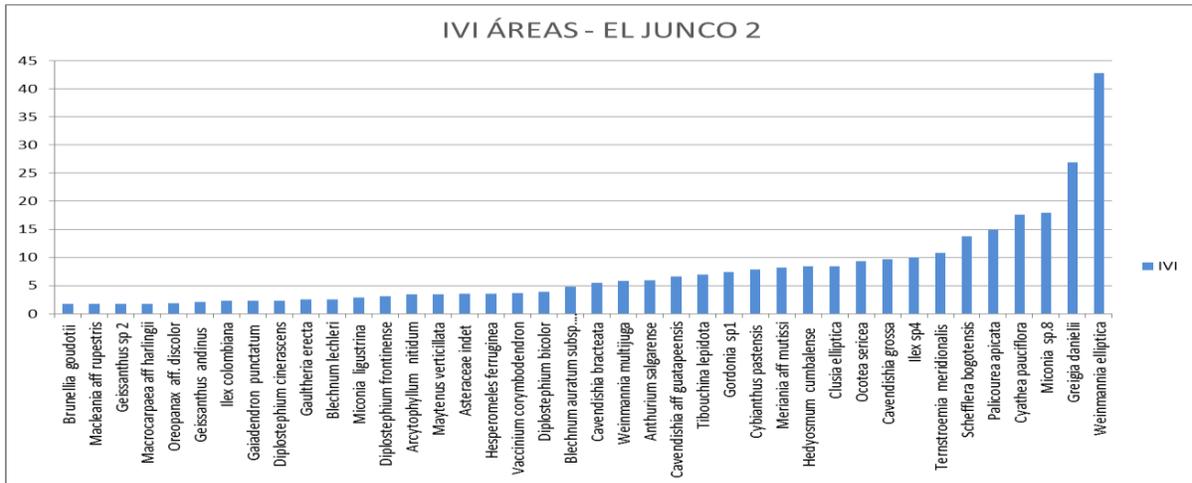


Figura 41 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 2 de El Junco.

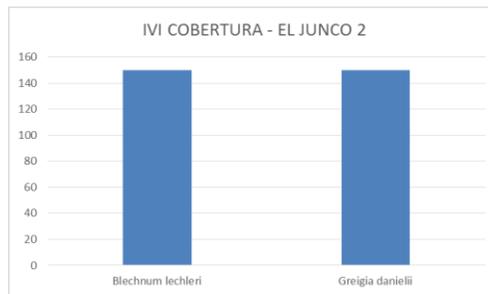


Figura 42 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 2 de El Junco.

1.5.2.3 ESTACIÓN 3 (3255 m)

Es la segunda estación más diversa del transecto (Figura 29) después de la 2, y de forma similar presenta una gran variedad de hábitos, encontrándose que los arbustos son las formas de crecimiento más abundantes (Figura 34).

En esta estación la especie de mayor abundancia relativa (Figura 35) fue *G. danielii*. En el valor de la frecuencia relativa (Figura 36), la segunda estación de arbustal solo

comparte con la primera a *Weinmannia elliptica*, más *Persea aff. mutisii* y *Geissanthus andinus*.

En la estación 3 de El Junco se reportaron dos especies medidas en porcentaje de cobertura, las cuales fueron *Cortaderia nitida* y *Blechnum auratum subsp. auratum* con valores de IVI de 193 y 106 respectivamente (Figura 44). En los registros realizados en áreas basales, el mayor valor fue para *Greigia danielii* con 36, seguida por tres especies con valores cercanos a 18 (Figura 43), dos de ellos arbustos y un helecho arbóreo.

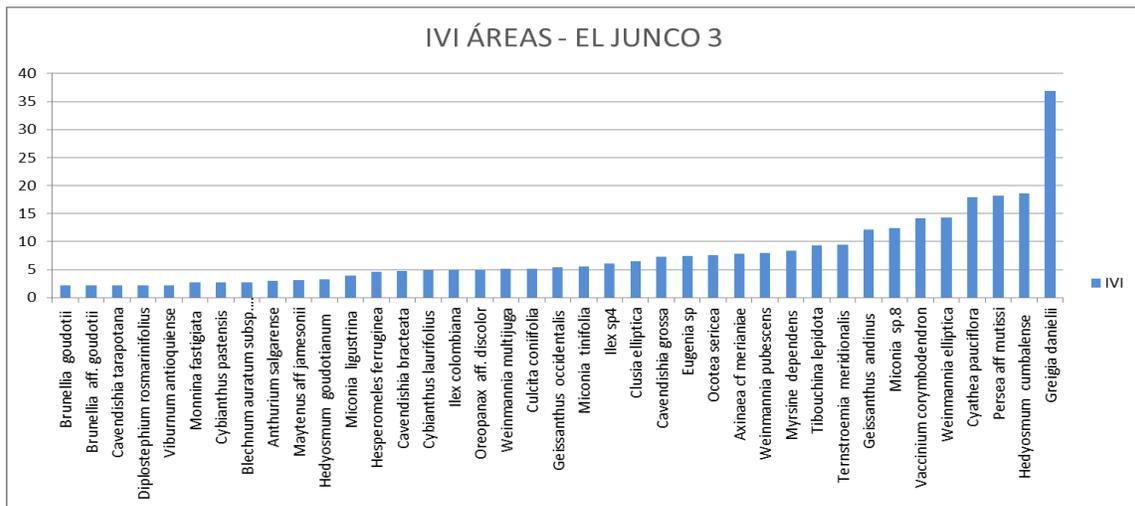


Figura 43 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 3 de El Junco.

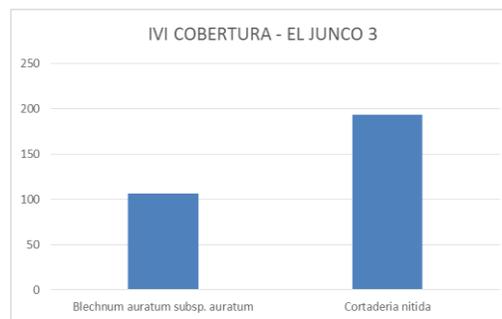


Figura 44 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 3 de El Junco.

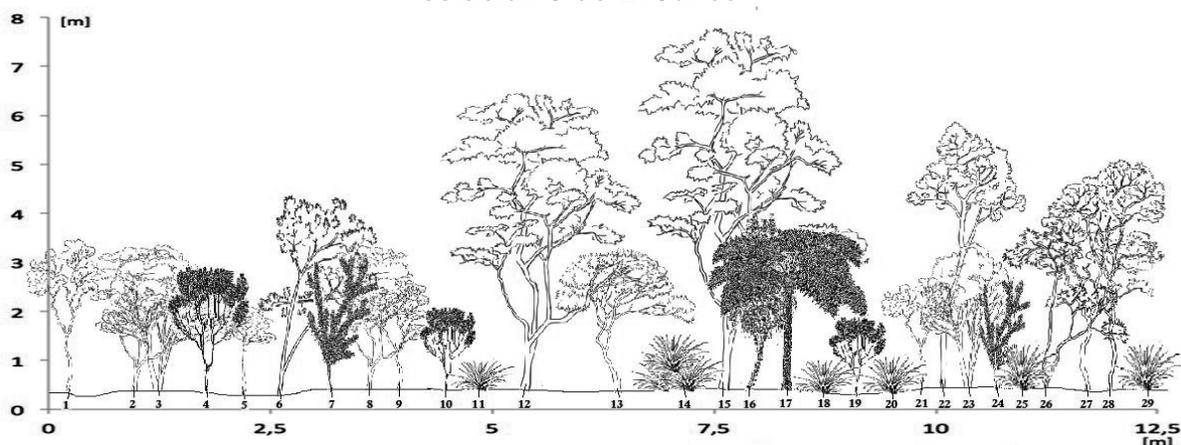


Figura 45. Perfil de la vegetación de arbustal en el páramo El Junco

Tabla 12 Datos de las especies del perfil de arbustal en el páramo El Junco

N.º Planta	Código	Especie
1	CJ949	Ternstroemia meridionalis
2	CJ957	Weinmannia multijuga
3	CJ955	Miconia ligustrina
4	CJ945	Diplostegium cinerascens
5	CJ953	Cybianthus pastensis
6	CJ965	Maytenus verticillata
7	CJ967	Cavendishia aff guatapeensis
8	CJ963	Weinmannia elliptica
9	CJ979	Ternstroemia meridionalis
10	CJ972	Diplostegium frontinense
11	CJ976	Greigia danielii
12	CJ991	Weinmannia elliptica
13	CJ989	Tibouchina lepidota
14	CJ994	Greigia danielii
15	CJ1021	Weinmannia elliptica
16	CJ999	Vaccinium corymbodendron
17	CJ1023	Cyathea pauciflora
18	CJ1008	Greigia danielii
19	CJ1012	Diplostegium frontinense
20	CJ1016	Greigia danielii
21	CJ1004	Ternstroemia meridionalis
22	CJ1034	Palicourea apicata
23	CJ1025	Miconia sp.8
24	CJ1041	Cavendishia grossa
25	CJ1028	Greigia danielii
26	CJ1040	Schefflera bogotensis
27	CJ1033	Ternstroemia meridionalis
28	CJ1045	Ocotea sericea
29	CJ1050	Greigia danielii

1.5.2.4 ESTACIÓN 4 (3168 m)

En Bosque fueron *Miconia tinifolia*, *Schefflera trianae* y *Hesperomeles ferruginea* las de mayor valor de abundancia relativa (Figura 35), mientras que las especies con mayor frecuencia relativa (Figura 36) fueron diferentes a las encontradas en otras estaciones: *Miconia tinifolia*, *Schefflera trianae*, *Sphaeradenia laucheana* y *Weinmannia multijuga*.

Esta estación presenta niveles medios de diversidad y bajos de dominancia (Figura 29), se encuentra ampliamente dominada por elementos arbóreos y con una escasa presencia de arbustos, hierbas y helechos arbóreos (Figura 34).

Para la estación cuatro la especie *Sphaeradenia laucheana* obtuvo un IVI ampliamente superior con valor cercano a 75 entre las que se registraron en porcentaje de cobertura (Figura 47), y para las especies que se registraron por áreas basales los valores fueron mas homogéneos, con *Miconia tinifolia*, *Schefflera trianae* y *Hesperomeles ferruginea* como las especies con mas altos valores (Figura 46).

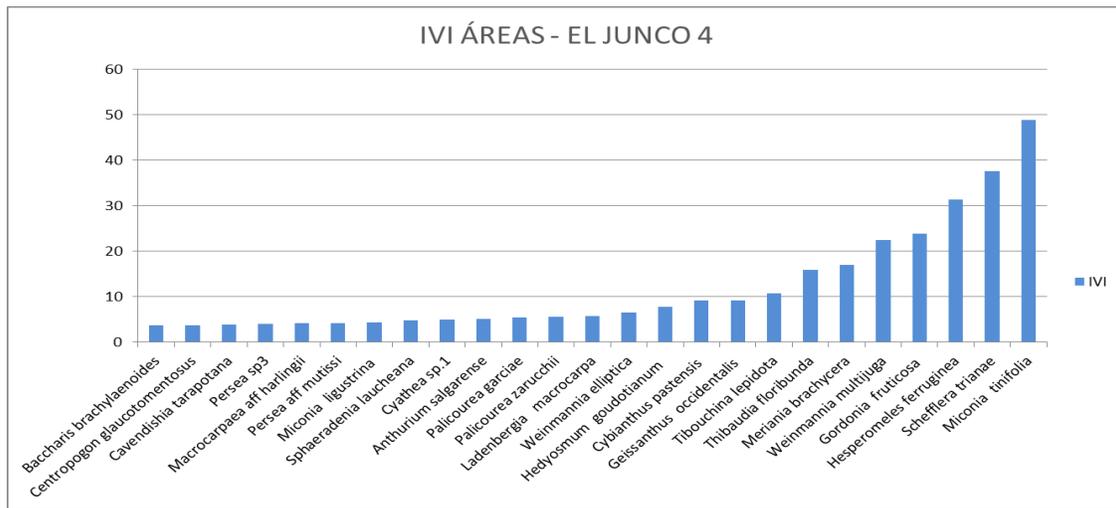


Figura 46 IVI de las especies registradas con áreas basales de la estación 4 de El Junco.

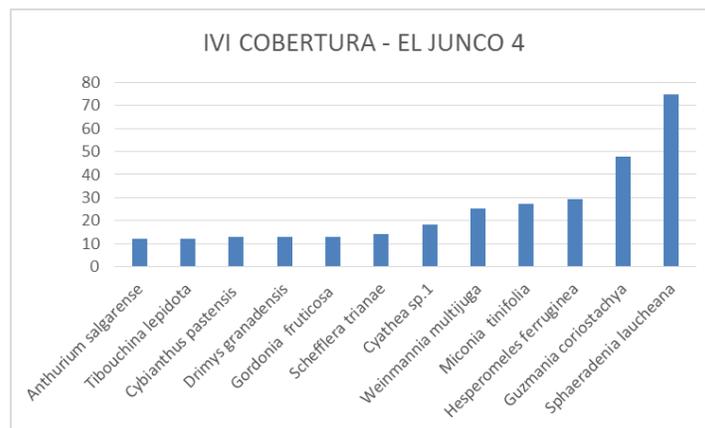


Figura 47 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura de la estación 4 de El Junco.

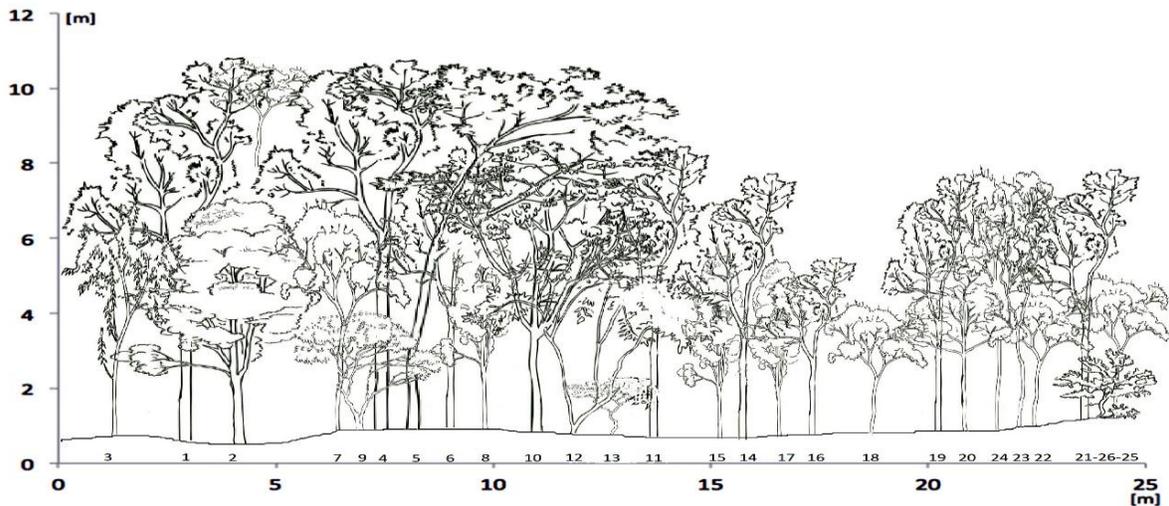


Figura 48. Perfil de la vegetación de bosque en el páramo El Junco

Tabla 13 Datos de las especies del perfil de bosque en el páramo El Junco

N.º Planta	Código	Especie
1	AJ474	Weinmannia elliptica
2	AJ475	Persea ferruginea
3	AJ476	Clethra fagifolia
4	AJ489	Weinmannia elliptica
5	AJ494	Gordonia sp1
6	AJ487	Weinmannia elliptica
7	AJ486	Cybianthus marginatus
8	AJ493	Gordonia sp1
9	AJ482	Miconia sp.8
10	AJ500	Schefflera bogotensis
11	AJ508	Weinmannia elliptica
12	AJ507	Cavendishia grossa
13	AJ501	Weinmannia elliptica
14	AJ517	Weinmannia elliptica
15	AJ518	Miconia sp.8
16	AJ515	Weinmannia elliptica
17	AJ514	Miconia sp.8
18	AJ511	Weinmannia elliptica
19	AJ523	Weinmannia elliptica
20	AJ543	Miconia sp.8
21	AJ538	Weinmannia elliptica
22	AJ540	Myrsine coriacea
23	AJ534	Weinmannia elliptica
24	AJ545	Cybianthus marginatus
25	AJ539	Persea ferruginea
26	AJ544	Cavendishia macrocephala

- 1.5.3 PÁRAMO EL SOL

En el páramo El Sol se registraron en total 88 especies pertenecientes a 68 géneros de 41 familias, representados en 1334 registros biológicos (Tabla 14). Las familias mejor representadas fueron Asteraceae con 13 spp, Ericaceae con 10 y Melastomataceae con 7 spp, y además las especies *Diplostephium schultzii* y *Meriania acostae* son registros únicos de este sitio y nuevos para Antioquia

Tabla 14. Listado de especies presentes en el páramo El Sol, presentando el número de registros y los totales por especie por estación, y la riqueza por estación y total.

PÁRAMO EL SOL						
ESPECIES	ESTACION					Total
	1 (Her) (3770 m)	2 (Her) (3660 m)	3 (Arb) (3578 m)	4 (Arb) (3518 m)	5 (BA) (3469 m)	
<i>Anthurium oxybelium</i>					17	17
<i>Aragoa occidentalis</i>	2	15	6	2		25
<i>Arcytophyllum muticum</i>	2	3				5
<i>Arcytophyllum nitidum</i>	6	7	3	4		20
<i>Baccharis antioquensis</i>			1	2		3
<i>Baccharis tricuneata</i>	10					10
<i>Bejaria resinosa</i>			4	8		12
<i>Berberis psilipoda</i>			1			1
<i>Blechnum auratum</i> subsp. <i>auratum</i>			44	36		80
<i>Blechnum loxense</i>	15	2				17
<i>Bomarea linifolia</i>	4					4
<i>Brunellia goudotii</i>					5	5
<i>Calamagrostis effusa</i>	14	15				29
<i>Calamagrostis planifolia</i>		4				4
<i>Castilleja integrifolia</i>	1					1
<i>Cavendishia bracteata</i>			4	3	3	10
<i>Cavendishia macrocephala</i>					2	2
<i>Clusia elliptica</i>					1	1
<i>Cyathea pauciflora</i>					2	2
<i>Cyathea rufa</i>					3	3
<i>Diplostephium alveolatum</i>	21	1			1	23
<i>Diplostephium cinerascens</i>				7		7
<i>Diplostephium frontinense</i>	5					5
<i>Diplostephium schultzii</i>	1					1
<i>Disterigma empetrifolium</i>				3		3
<i>Disterigma microphyllum</i>	15	3	4	5		27
<i>Elaphoglossum engelii</i>	3					3
<i>Epidendrum frutex</i>	4					4

<i>Escallonia aff. myrtilloides</i>	3					3
<i>Espeletia frontinoensis</i>	210	293				503
<i>Espeletia praefrontina</i>			4	33		37
<i>Freziera sp1</i>			2		1	3
<i>Gaiadendron punctatum</i>				9	5	14
<i>Galium hypocarpium</i>		1				1
<i>Gaultheria anastomosans</i>			5			5
<i>Gaultheria erecta</i>	8		2			10
<i>Geranium lainzii</i>	15	1		1		17
<i>Gordonia sp1</i>					10	10
<i>Greigia danielii</i>					9	9
<i>Gynoxys tolimensis</i>	1					1
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>				1		1
<i>Hieracium adenocephalum</i>		4				4
<i>Holcus lanatus</i>	1	1				2
<i>Hypericum costaricense</i>	3	6				9
<i>Ilex pernervata</i>			2			2
<i>Ilex aff. colombiana</i>		1				1
<i>Jamesonia imbricata</i>	11					11
<i>Lachemilla hispidula</i>	2					2
<i>Lycopodium clavatum</i>	15	15				30
<i>Maytenus aff jamesonii</i>				1		1
<i>Melpomene flabelliformis</i>	3					3
<i>Melpomene moniliformis</i>		1				1
<i>Meriania acostae</i>					17	17
<i>Miconia cf. resima</i>					18	18
<i>Miconia ligustrina</i>			5	2		7
<i>Miconia sp.7</i>					2	2
<i>Miconia tinifolia</i>			14	5		19
<i>Miconia salicifolia</i>	1				2	3
<i>Miconia sandemanii</i>				1		1
<i>Monnina aestuans</i>				2		2
<i>Munnozia jussieui</i>					4	4
<i>Myrsine dependens</i>	1		2	4	1	8
<i>Myrteola nummularia</i>	3					3
<i>Nertera granadensis</i>		3				3
<i>Niphogeton ternata</i>	1	1				2
<i>Ocotea sericea</i>					3	3
<i>Oreobolus goeppingeri</i>	7	6				13
<i>Oreopanax aff. discolor</i>					7	7
<i>Oritrophium peruvianum</i>		4				4
<i>Paepalanthus ensifolius</i>	6					6

<i>Palicourea garciae</i>					2	2
<i>Pentacalia vaccinioides</i>	1	12				13
<i>Pernettya prostrata</i>	7	11				18
<i>Persea ferruginea</i>			7	9		16
<i>Phlegmariurus ocananus</i>	7	1				8
<i>Prunus sp2</i>					6	6
<i>Puya trianae</i>		2				2
<i>Rhynchospora ruiziana</i>	14	5				19
<i>Schefflera ramosissima</i>			6		1	7
<i>Sisyrinchium palmifolium</i>	3	7				10
<i>Symplocos rhomboidea</i>			2	1		3
<i>Thelypteris retrorsa</i>					1	1
<i>Vaccinium corymbodendron</i>		1	7	11		19
<i>Vaccinium floribundum</i>	11	14				25
<i>Weinmannia elliptica</i>			4	10	1	15
<i>Weinmannia fagaroides</i>			7	4		11
<i>Weinmannia multijuga</i>			1	1	3	5
<i>Weinmannia rollottii</i>	1		1		26	28
Riqueza	38	29	24	25	27	88
Abundancia	438	440	138	165	153	1334
Índice de Simpson	0,2429	0,4508	0,132	0,1109	0,08428	0,1528
Índice de Shannon-Wiever	2,381	1,62	2,609	2,63	2,795	3,137

El sitio presento la menor diversidad y la mayor dominancia del complejo, además de ser el segundo sitio menos rico en especies, aunque en general continua siendo un sitio diverso (Shannon: 3,137). A medida que asciende la riqueza aumento levemente y la diversidad disminuyó un poco, pero los valores de estos índices son muy similares a lo largo del gradiente.

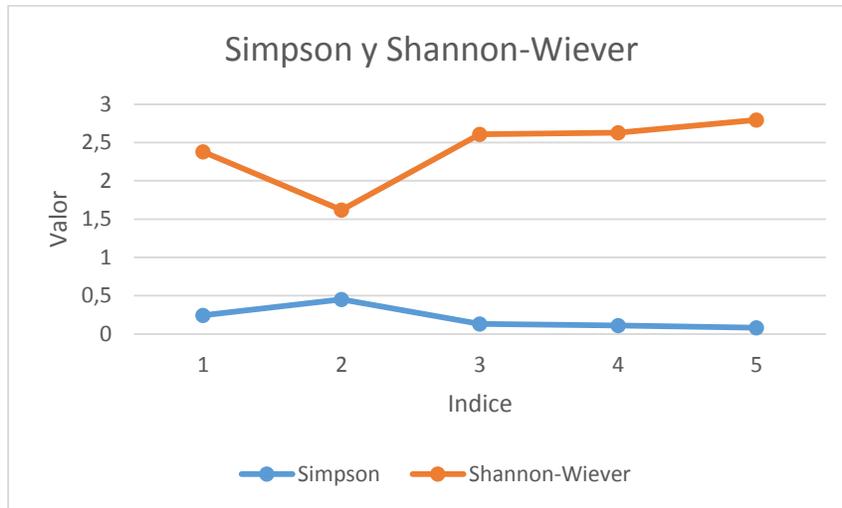


Figura 49 Índice de diversidad de Shannon-Wiever y dominancia de Simpson por estación en el páramo El Sol.

El sitio se montaron las estaciones entre los 3770 a 3469 msnm, con variaciones entre ellas de 50 a 110 m altitudinales. Las estaciones 3 y 4 establecidas en los arbustales, se distanciaron 60 m, ya que el rango de variación altitudinal de esta cobertura en el sitio así lo permitía.

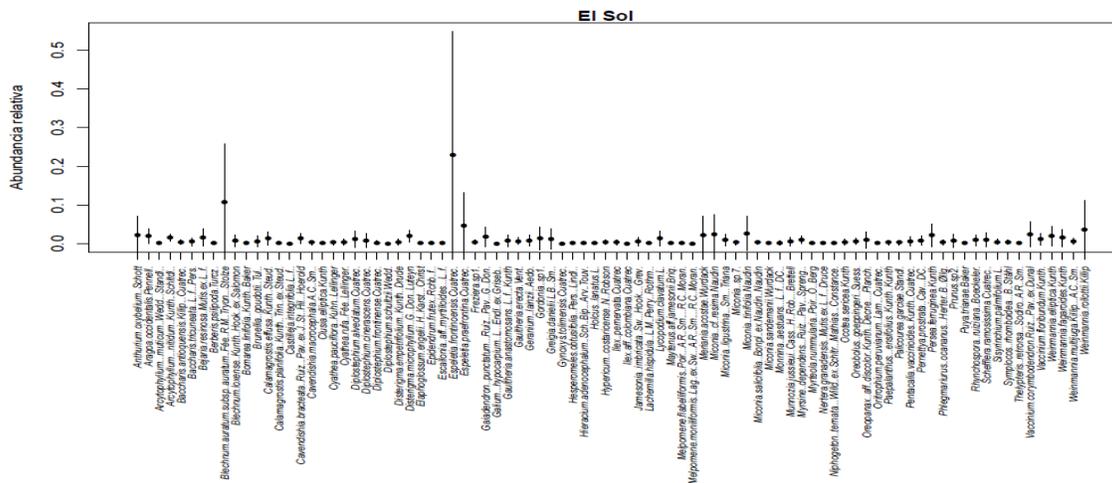


Figura 50. Abundancia relativa de las especies del páramo El Sol.

El mayor valor de abundancia relativa (Figura 50) obtenido fue para *E. frontinoensis* con 0.2, mientras que *Blechnum auratum subsp. auratum* también presentó un valor considerable.

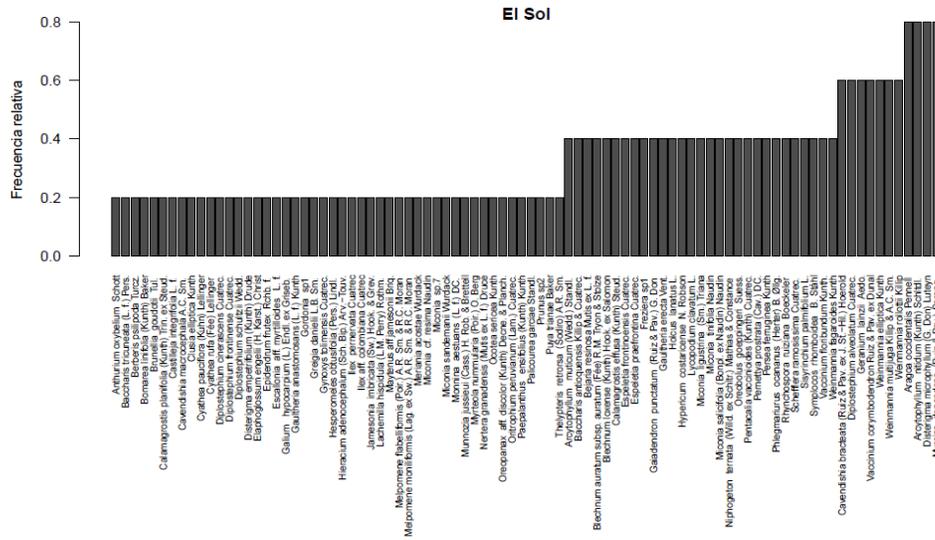


Figura 51. Frecuencia relativa de las especies del páramo El Sol.

En cuanto a la frecuencia relativa (

Figura 51), las especies que obtuvieron el mayor valor fueron *Aragoa occidentalis*, *Myrsine dependens*, *Arctophyllum nitidum* y *Disterigma microphyllum*.

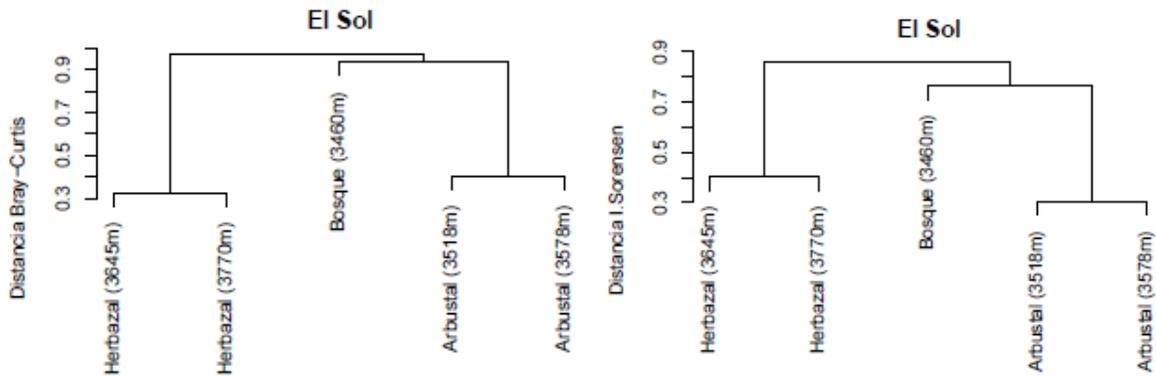


Figura 52 Dendrogramas construidos a partir del índice de similitud de Bray-Curtis y Sorensen, agrupando las estaciones del páramo El Sol.

Los dendrogramas de similitud (Figura 52) agrupan muy bien a las estaciones 1-2 y 3-4, las cuales presentan la misma cobertura vegetal, mientras la estación de bosque aparece más relacionada a las estaciones 2 y 3, las cuales son zona transicional entre bosque y herbazal.

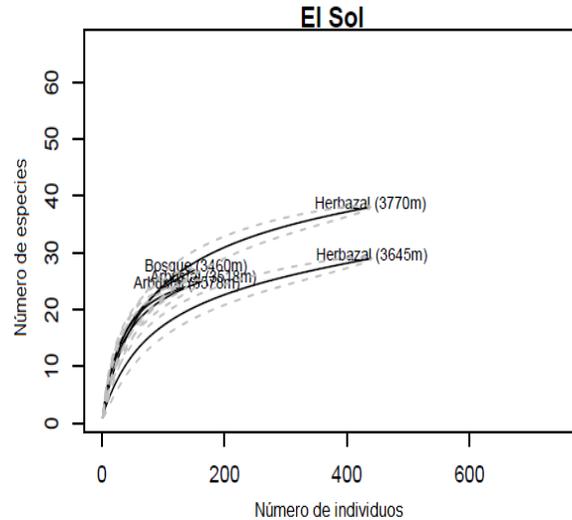


Figura 53 Curvas de rarefacción por estación del páramo El Sol.

Las estaciones que presentaron los mayores esfuerzos de muestreo fueron la 1 y 2, mientras las estaciones 3, 4 y 5 no presentaron un esfuerzo de muestreo representativo.

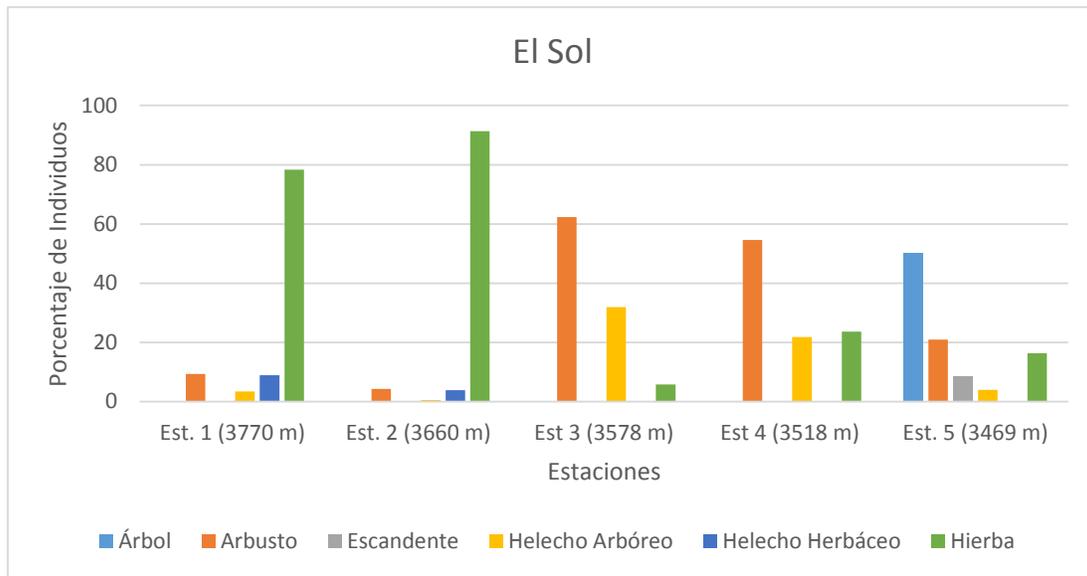


Figura 54 Distribución de los individuos según formas de crecimiento por estación en el páramo El Sol.

Las formas de crecimiento herbáceas y arbustivas estuvieron presentes en todas las estaciones (Figura 54), aunque sus abundancias se distribuyeron de diferentes maneras a lo largo del gradiente altitudinal. Los helechos arbóreos estuvieron muy bien representados en las estaciones 2, 3 y 4, mientras que los helechos herbáceos

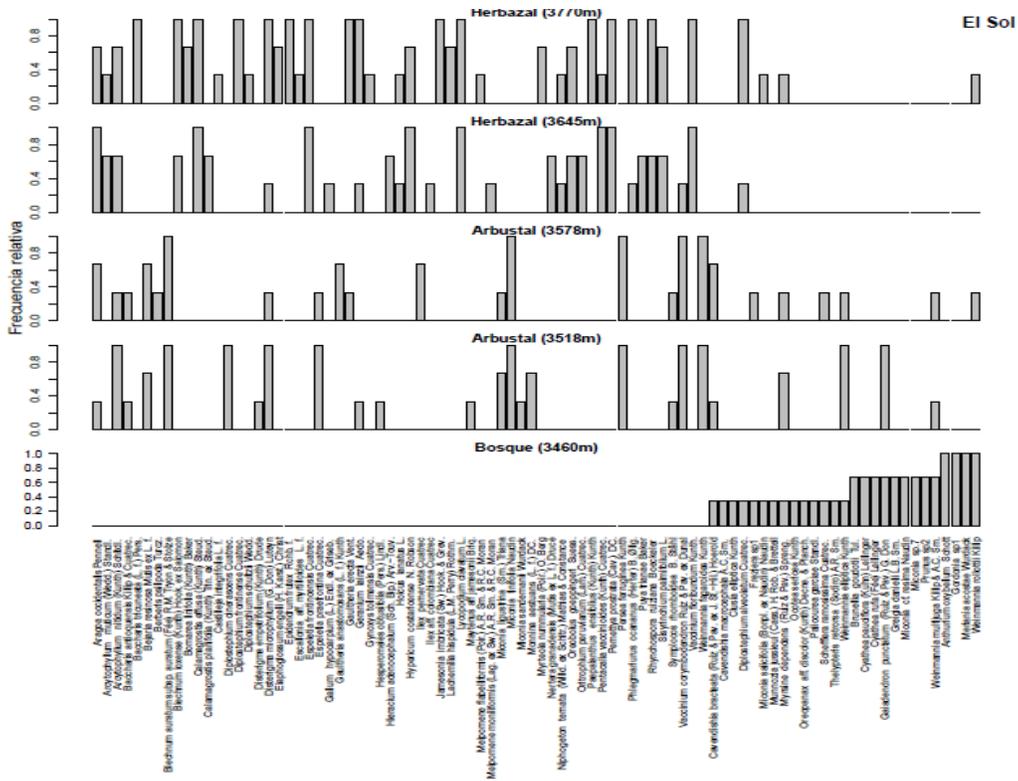


Figura 56. Frecuencia relativa por estación de las especies del páramo El Sol.

A lo largo del gradiente altitudinal se puede ver que se presenta un alto número de especies frecuentes (Figura 56), más aún en las estaciones de páramo y en especial en la número 1.

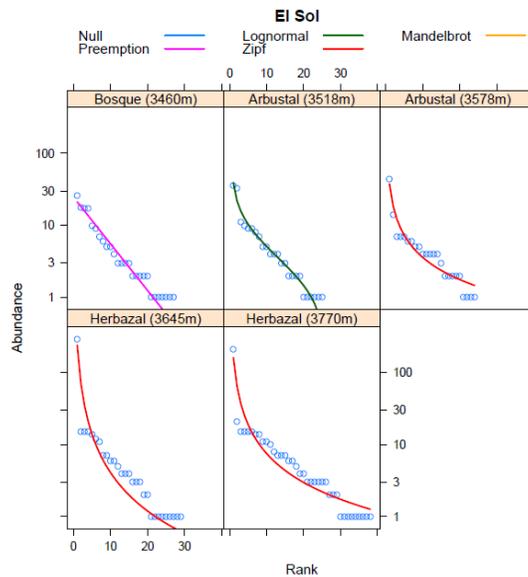


Figura 57 Distribución de abundancias por estación del páramo El Sol.

Las curvas de acumulación de especies por estación del páramo El Sol (Figura 57), muestran que las estaciones realizadas en herbazal y la primera del arbustal presentan altas pendientes, lo cual indica que contienen pocas especies muy abundantes, mientras que las estaciones 4 y 5 no presentan esta particular abundancia por parte de pocas especies.

1.5.3.1 ESTACIÓN 1 (3770 m)

La estación 1 es un sitio poco diverso (Figura 49) aunque con el mayor valor de riqueza (38 spp) del transecto. La especie *E. frontinoensis* se encuentra como la de mayor abundancia relativa (Figura 55) y de mayor IVI entre las especies que fueron medidas por áreas basales (Figura 58), con un valor muy superior cercano a 260. Se presentaron 17 especies con valor de 1.0 en la frecuencia relativa (Figura 56), principalmente hierbas y algunos arbustos o sufrútices.

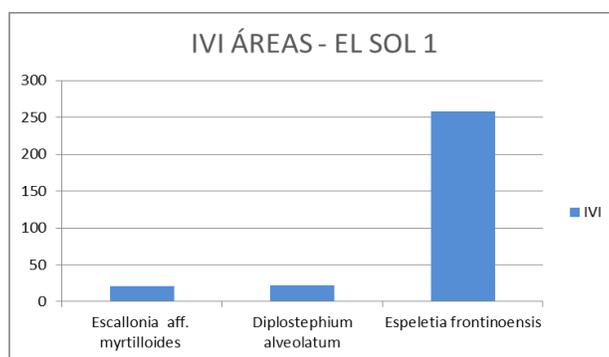


Figura 58 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 1 de El Sol

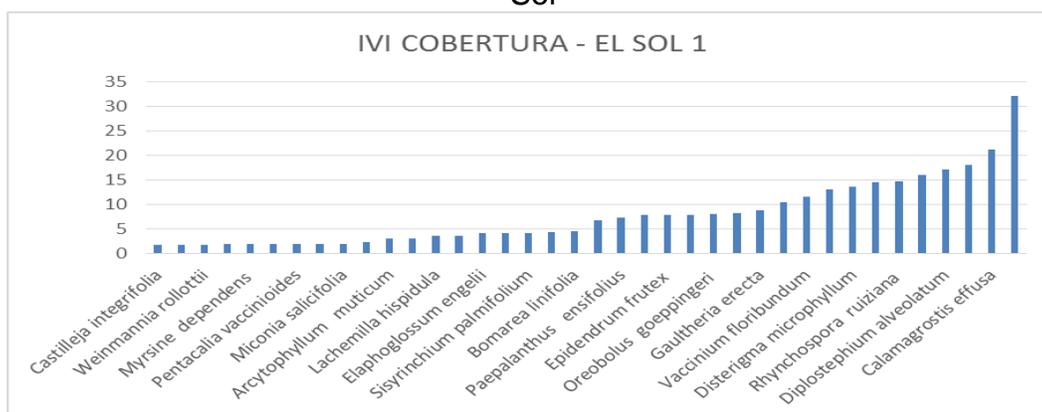


Figura 59 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 1 de El Sol.

Se presentó más homogeneidad entre las especies medidas en porcentaje de cobertura (Figura 59), con *Calamagrostis effusa* presentando un valor significativamente mayor al resto de las especies, seguido por otras especies herbáceas y arbustivas.

1.5.3.2 ESTACIÓN 2 (3645 m)

Esta estación se presenta como la de menor diversidad del sitio (Figura 49) y del complejo, aunque con una riqueza un poco superior a las 3 estaciones siguientes. Al igual que la estación 1, aquí también se presenta una alta abundancia de *E. frontinoensis* (Figura 55) que a su vez se destaca como la especie de mayor IVI entre las registradas con áreas basales (Figura 60), presentando un valor muy superior a las demás cercano a 260. 8 especies se registraron con el máximo valor de frecuencia relativa (Figura 56).

Entre las especies registradas en porcentaje de cobertura, *Vaccinium floribundum*, *E. frontinoensis* y *Calamagrostis effusa* fueron las que presentaron los valores más altos, entre 30 y 31 (Figura 61).

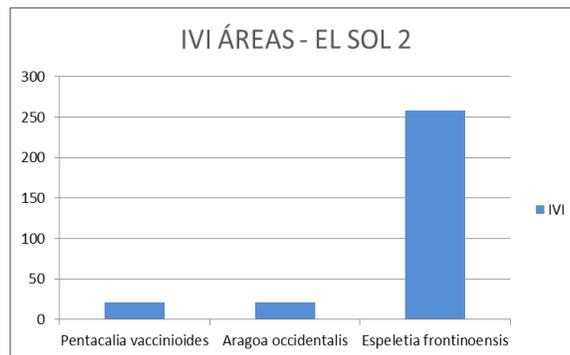


Figura 60 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 2 de El Sol

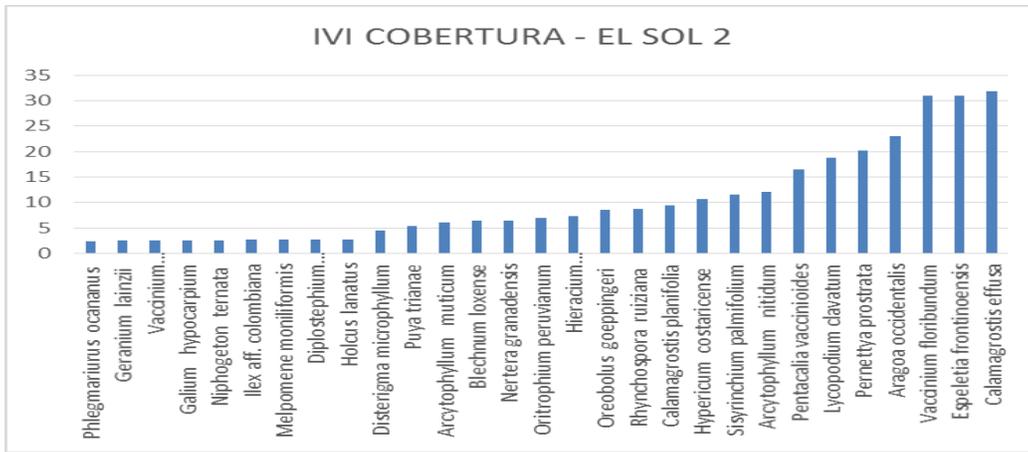


Figura 61 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 2 de El Sol

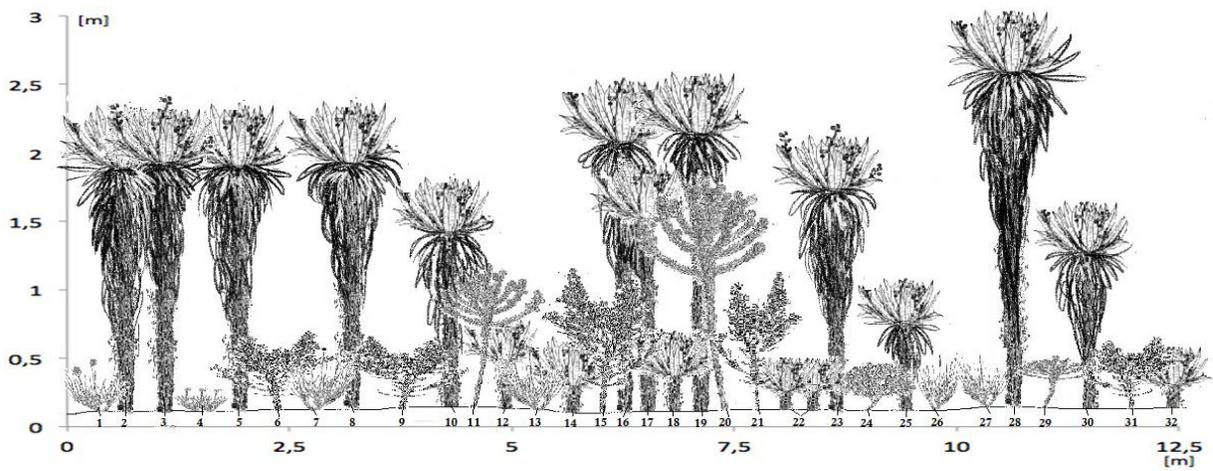


Figura 62. Perfil de la vegetación de herbazal en el páramo El Sol.

Tabla 15 Datos de las especies del perfil de herbazal en el páramo El Sol

N.º Planta	Código	Especie
1	UJ2083	Calamagrostis effusa
2	UJ2074	Espeletia frontinoensis
3	UJ2069	Espeletia frontinoensis
4	UJ2082	Sisyrinchium palmifolium
5	UJ2071	Espeletia frontinoensis
6	UJ2080	Arcytophyllum nitidum
7	UJ2106	Calamagrostis effusa
8	UJ2089	Espeletia frontinoensis
9	UJ2108	Arcytophyllum nitidum
10	UJ2098	Espeletia frontinoensis
11	UJ2109	Aragoa occidentalis
12	UJ2104	Espeletia frontinoensis
13	UJ2138	Calamagrostis effusa
14	UJ2134	Espeletia frontinoensis
15	UJ2135	Arcytophyllum nitidum
16	UJ2115	Espeletia frontinoensis
17	UJ2120	Espeletia frontinoensis
18	UJ2132	Espeletia frontinoensis
19	UJ2118	Espeletia frontinoensis
20	UJ2136	Aragoa occidentalis
21	UJ2161	Arcytophyllum nitidum
22	UJ2158	Espeletia frontinoensis
23	UJ2156	Espeletia frontinoensis
24	UJ2165	Vaccinium floribundum
25	UJ2151	Espeletia frontinoensis
26	UJ2159	Calamagrostis effusa
27	UJ2184	Calamagrostis effusa
28	UJ2181	Espeletia frontinoensis
29	UJ2185	Aragoa occidentalis
30	UJ2175	Espeletia frontinoensis
31	UJ2183	Arcytophyllum nitidum
32	UJ2182	Espeletia frontinoensis

1.5.3.3 ESTACIÓN 3 (3578 m)

Esta estación es la de menor riqueza en el transecto (24 spp), y con un valor relativamente bajo de diversidad (Figura 49). En la estación 3, *Blechnum auratum subsp. auratum* presenta la mayor abundancia relativa (Figura 55) y también se presenta entre las especies de mayores valores de frecuencia relativa junto a *Miconia tinifolia*, *Persea ferruginea*, *Vaccinium corymbodendron* y *Weinmannia fagaroides* (Figura 56).

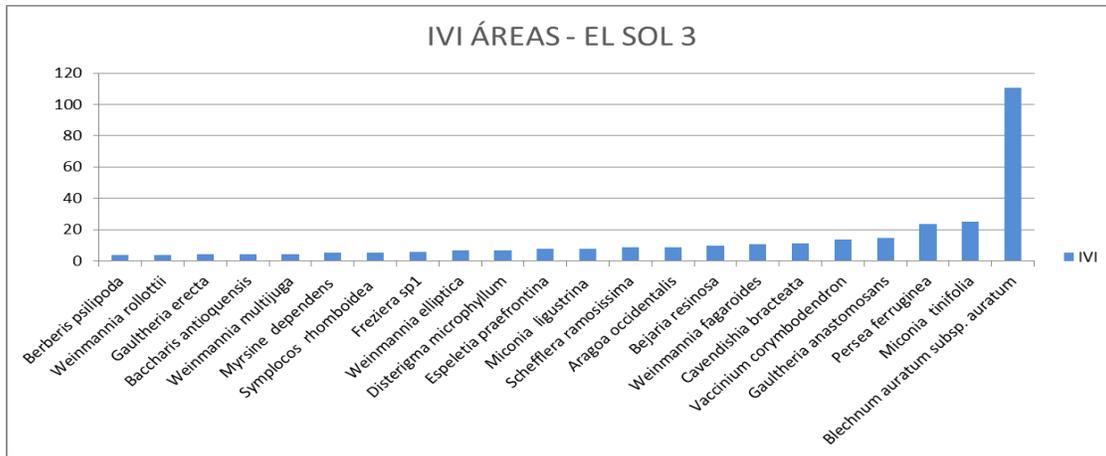


Figura 63 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 3 de El Sol

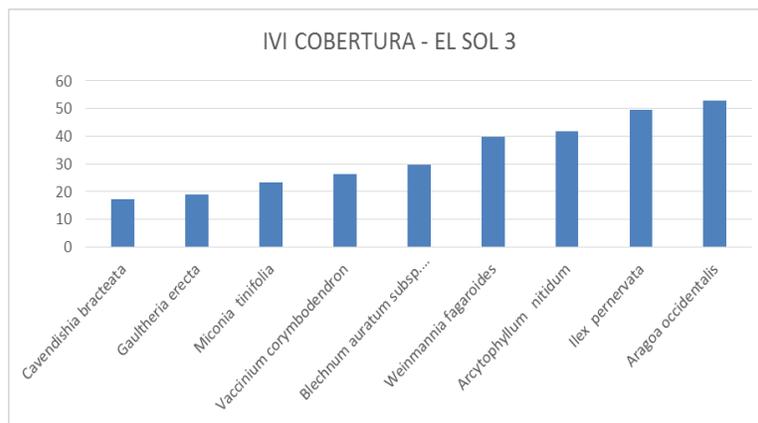


Figura 64 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 3 de El Sol.

En esta estación los IVI de las especies registradas por porcentaje de cobertura (Figura 64) fueron más homogéneos que los medidos con áreas basales, presentando a *Aragoa occidentalis*, *Ilex pernervata* y *Arcytophyllum nitidum* con valores medianamente superiores. La especie de mayor IVI (Figura 63) fue *Blechnum auratum subsp. auratum*, obtenido entre 110 especies.

1.5.3.4 ESTACIÓN 4 (3518 m)

Es una estación con un bajo nivel de riqueza (En el páramo El Sol se registraron en total 88 especies pertenecientes a 68 géneros de 41 familias, representados en 1334 registros biológicos (Tabla 14). Las familias mejor representadas fueron Asteraceae con 13 spp, Ericaceae con 10 y Melastomataceae con 7 spp, y además las especies *Diplostephium schultzii* y *Meriania acostae* son registros únicos de este sitio y nuevos para Antioquia

Tabla 14) y de diversidad (Figura 49). Los mayores valores de abundancia relativa en la estación 4 (Figura 55) fueron registrados para *Blechnum auratum subsp auratum* junto a *Espeletia praefrontina*. Aquí se tiene notoriamente mayor número de especies con alto valor de frecuencia relativa (Figura 56), pues presenta a las 5 especies de la estación anterior más *Arcytophyllum nitidum*, *Diplostephium cinerascens*, *Disterigma empetrifolium*, *E. praefrontina*, *Weinmannia elliptica* y *Gaiadendron punctatum*.

Blechnum auratum subsp. auratum presenta un valor muy alto (65) de IVI entre las especies medidas por áreas basales, seguida por *Espeletia praefrontina* y *Diplostephium cinerascens* (Figura 65). Entre las especies medidas por porcentaje de cobertura, *Arcytophyllum nitidum* y *Gaiadendron punctatum* se presentan como los de mayor valor de IVI (Figura 66) junto a otras 4 especies de valores similares.

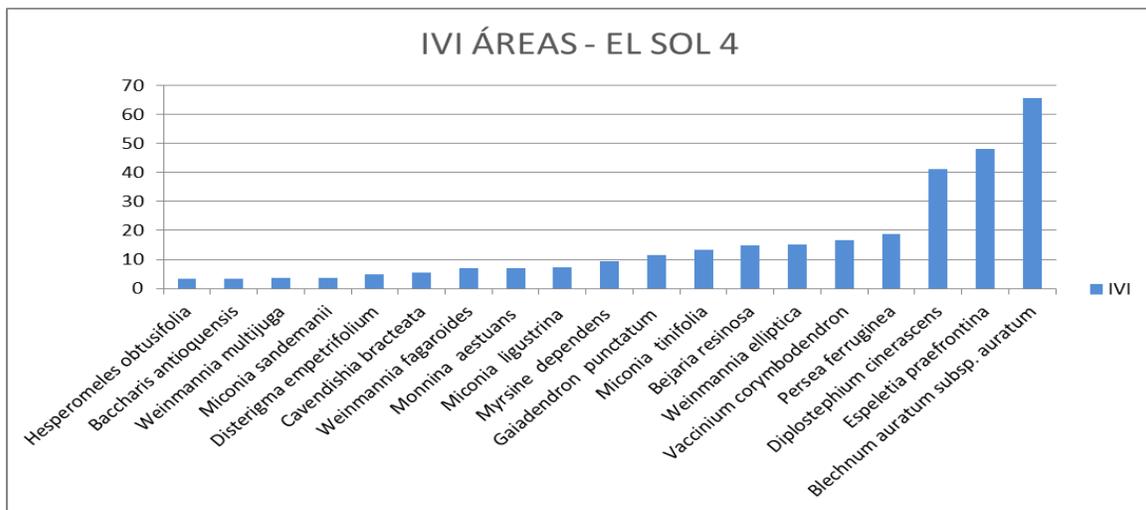


Figura 65 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 4 de El Sol

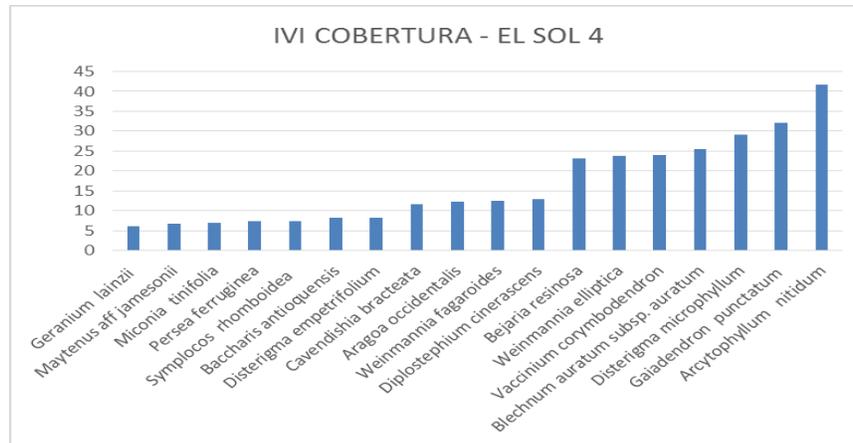


Figura 66 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 4 de El Sol

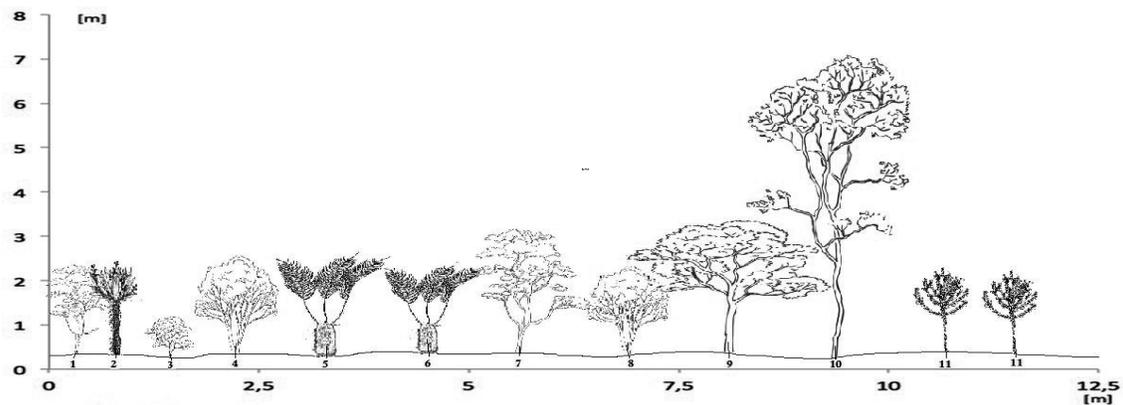


Figura 67. Perfil de la vegetación de arbustal en el páramo El Sol.

Tabla 16 Datos de las especies del perfil de arbustal en el páramo El Sol

N.º Planta	Código	Especie
1	UH186	Weinmannia fagaroides
2	UH182	Espeletia praefrontina
3	UH176	Ilex pernervata
4	UH187	Miconia ligustrina
5	UH193	Blechnum auratum subsp. auratum
6	UH196	Blechnum auratum subsp. auratum
7	UH200	Weinmannia multijuga
8	UH204	Miconia tinifolia
9	UH213	Myrsine dependens
10	UH210	Persea ferruginea
11	UH214	Aragoa occidentalis

1.5.3.5 ESTACIÓN 5 (3460 m)

El bosque presenta el mayor valor de diversidad del transecto, aunque sigue siendo bajo respecto al complejo. Los mayores valores de abundancia relativa (Figura 55)

lo obtuvieron *Weinmannia rollottii*, *Miconia cf. resima*, *Meriania acostae* y *Anthurium oxybelium*, y solo cuatro especies se registraron en todas las réplicas siendo las más frecuentes (Figura 56), todas ellas diferentes a las halladas en las otras coberturas: *Anthurium oxybelium*, *Gordonia sp1*, *Meriania acostae* y *Weinmannia rollottii*.

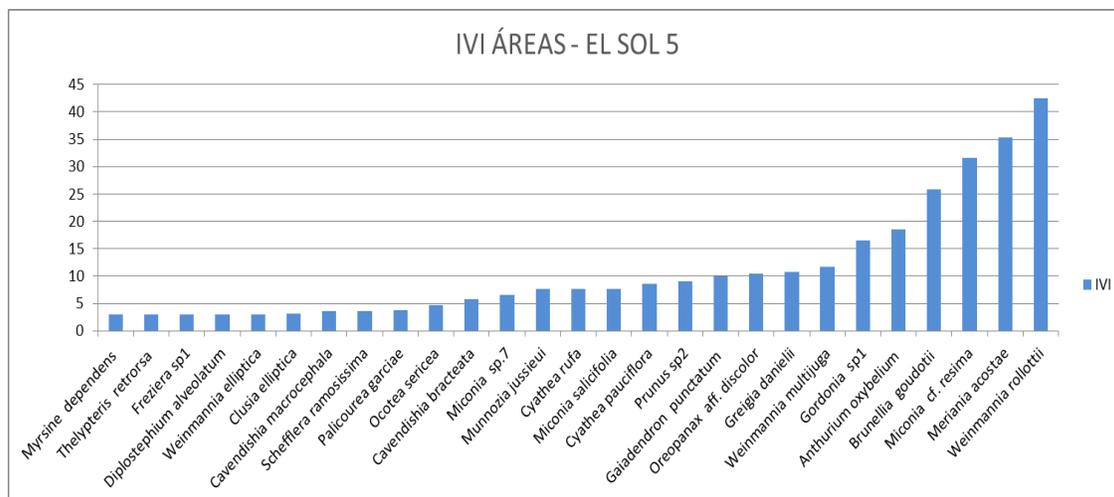


Figura 68 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 5 de El Sol

Los mayores valores de IVI para las especies medidas por áreas basales de esta estación fueron para *Weinmannia rollottii*, *Meriania acostae* y *Miconia cf. resima* (Figura 68).

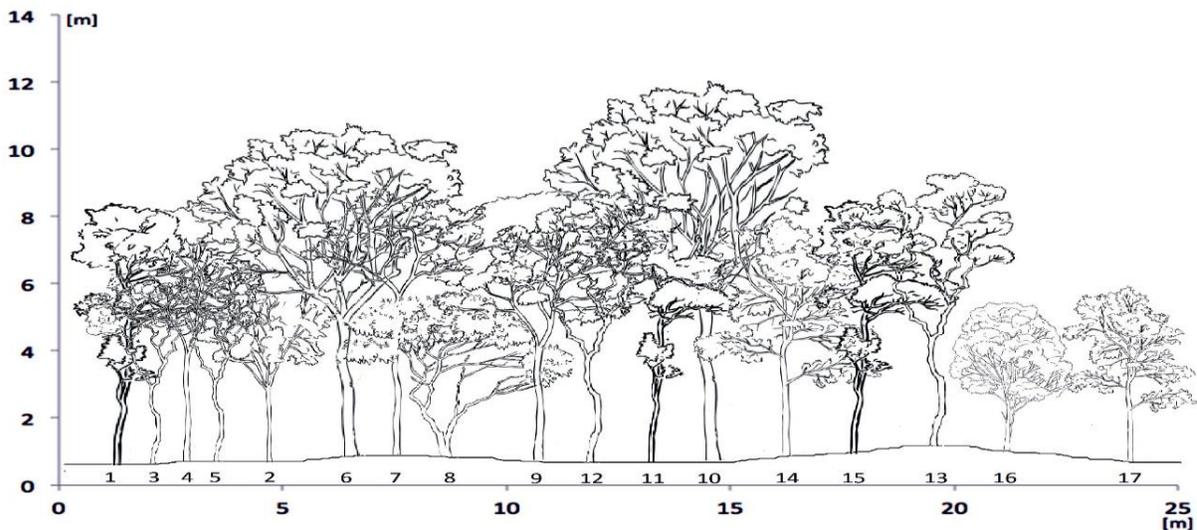


Figura 69. Perfil de la vegetación de bosque en el páramo El Sol.

Tabla 17 Datos de las especies del perfil de bosque en el páramo El Sol

N.º Planta	Código	Especie
1	UJ2928	Gordonia sp1
2	UJ2939	Ocotea sericea
3	UJ2935	Weinmannia rollottii
4	UJ2931	Meriania acostae
5	UJ2934	Weinmannia rollottii
6	UJ2950	Brunellia goudotii
7	UJ2944	Weinmannia rollottii
8	UJ2945	Munnozia jussieui
9	UJ2957	Meriania acostae
10	UJ2955	Brunellia goudotii
11	UJ2958	Weinmannia multijuga
12	UJ2966	Weinmannia rollottii
13	UJ2969	Weinmannia rollottii
14	UJ2971	Gaiadendron punctatum
15	UJ2980	Weinmannia multijuga
16	UJ2986	Miconia sp.7
17	UJ2982	Weinmannia rollottii

- 1.5.4 PÁRAMO CERRO PLATEADO

En el páramo Cerro Plateado se registraron un total de 82 especies pertenecientes a 64 géneros y 37 familias, representados en 1201 registros biológicos (Tabla 18). Las familias más representadas fueron Asteraceae con 10 spp, Ericaceae con 9 y Poaceae con 6. Las especies *Critoniopsis bogotana* y *Mikania cordifolia*, encontradas en este transecto, son nuevos registros para la flora de Antioquia.

Tabla 18. Listado de especies presentes en el páramo Cerro Plateado, presentando el número de registros y los totales por especie por estación, y la riqueza por estación y total.

PÁRAMO CERRO PLATEADO

ESPECIES	ESTACIONES					Total
	1 (Her) (3700 m)	2 (Her) (3613 m)	3 (Arb) (3558 m)	4 (Arb) (3500 m)	5 (BA) (3400 m)	
<i>Ageratina glyptophlebia</i>	4	4		2		10
<i>Aragoa occidentalis</i>		9	3	9		21
<i>Badilloa sonsonensis</i>		4				4
<i>Blechnum auratum subsp. auratum</i>			11	19		30
<i>Blechnum auratum subsp. columbiense</i>	70	107				177
<i>Bomarea lehmannii</i>		2				2
<i>Bomarea linifolia</i>	4	1				5
<i>Calamagrostis effusa</i>	3					3
<i>Cavendishia pubescens</i>			12	6	1	19
<i>Chusquea latifolia</i>			14	4	1	19
<i>Chusquea tessellata</i>	4					4
<i>Cortaderia nitida</i>	11					11
<i>Cortaderia sp.1</i>		2				2
<i>Critoniopsis bogotana</i>		1				1
<i>Cyathea rufa</i>					9	9
<i>Cyathea sp.2</i>				2	23	25
<i>Cybianthus humilis</i>					1	1
<i>Cyrtochilum ramosissimum</i>		3				3
<i>Dendrophthora densifolia</i>			1			1
<i>Desfontainia steyermarkii</i>			11			11
<i>Diplostegium antioquense</i>	2	10				12
<i>Diplostegium bicolor</i>			8	5		13
<i>Disterigma empetrifolium</i>	15	13	9	14		51
<i>Disterigma microphyllum</i>		1	14	10		25
<i>Drimys granadensis</i>					1	1
<i>Elaphoglossum sp.1</i>		1				1
<i>Epidendrum frutex</i>		2				2
<i>Espeletia frontinense</i>	63	109		5		177
<i>Gaiadendron punctatum</i>		4	8	9	5	26
<i>Gaultheria erecta</i>			3	2		5
<i>Gomphichis caucana</i>		4				4
<i>Guzmania confinis</i>	15	15				30
<i>Guzmania squarrosa</i>			3	2		5
<i>Gynoxys tolimensis</i>				1		1
<i>Hesperomeles ferruginea</i>		1		4		5
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	10	8	1	3		22
<i>Hieracium adenocephalum</i>	5	1				6
<i>Hypericum jaramilloi</i>	12	7				19
<i>Hypericum juniperinum</i>	17					17

<i>Ilex pernervata</i>		2				2
<i>Ilex sp.1</i>		1				1
<i>Ilex aff. obtusata</i>			15	1	1	17
<i>Jamesonia imbricata</i>		4				4
<i>Lycopodium clavatum</i>	2					2
<i>Manettia recurva</i>		1				1
<i>Maytenus aff novograntensis</i>	1					1
<i>Maytenus novograntensis</i>	1		4	12		17
<i>Melpomene moniliformis</i>	10	12				22
<i>Miconia tinifolia</i>		6	7	12	7	32
<i>Miconia jahnii</i>					23	23
<i>Mikania aschersonii</i>			1			1
<i>Mikania cordifolia</i>			1			1
<i>Monnina aff. reticulata</i>		5	5			10
<i>Myrsine dependens</i>			3	5		8
<i>Myrteola nummularia</i>	7	3				10
<i>Neurolepis aperta</i>				1		1
<i>Niphogeton ternata</i>	8	11				19
<i>Oreopanax aff. argentatus</i>				3		3
<i>Paepalanthus ensifolius</i>	14	15				29
<i>Palicourea garciae</i>					4	4
<i>Pernettya prostrata</i>			4	4		8
<i>Persea aff ferruginea</i>		1				1
<i>Persea ferruginea</i>		2	6	6		14
<i>Prunus sp2</i>				1		1
<i>Rhynchospora cf. locuples</i>				1		1
<i>Rhynchospora schiedeana</i>	3	2				5
<i>Ruagea hirsuta</i>					1	1
<i>Stelis alba</i>		2				2
<i>Symplocos mucronata</i>					6	6
<i>Symplocos rhomboidea</i>			8	5		13
<i>Themistoclesia epiphytica</i>		9	12	11		32
<i>Themistoclesia pennellii</i>		4				4
<i>Thibaudia floribunda</i>					2	2
<i>Tibouchina grossa</i>	11	13	5	7		36
<i>Ugni myricoides</i>	8	22				30
<i>Vaccinium corymbodendron</i>	14	8		2		24
<i>Valeriana aff laurifolia</i>		1				1
<i>Vallea stipularis</i>				2	4	6
<i>Viburnum pichinchense</i>					9	9
<i>Weinmannia elliptica</i>		2				2
<i>Weinmannia multijuga</i>					3	3

<i>Weinmannia rollottii</i>		5	1		6	12
Riqueza	25	44	26	31	18	82
Abundancia	314	440	170	170	107	1201
Índice de Simpson	0,1102	0,132	0,05633	0,05343	0,1238	0,05613
Índice de Shannon-Wiever	2,656	2,744	3,01	3,134	2,404	3,562

Este es el sitio de menor riqueza registrada del complejo, presentando un alto número de especies en la estación 2 y menor número de especies únicas de bosque. Aún así, este páramo se presenta con un alto valor de diversidad de Shannon (En el páramo Cerro Plateado se registraron un total de 82 especies pertenecientes a 64 géneros y 37 familias, representados en 1201 registros biológicos (Tabla 18). Las familias más representadas fueron Asteraceae con 10 spp, Ericaceae con 9 y Poaceae con 6. Las especies *Critoniopsis bogotana* y *Mikania cordifolia*, encontradas en este transecto, son nuevos registros para la flora de Antioquia.

Tabla 18), siendo las estaciones herbazal y bosque las menos diversas (Figura 70).

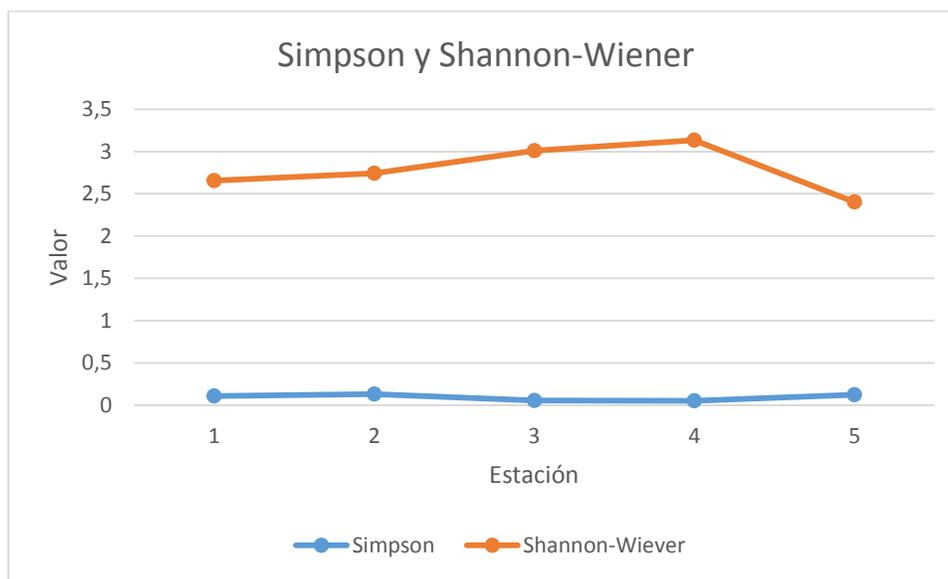


Figura 70 Índice de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson por estación en el páramo Cerro Plateado.

El rango altitudinal del transecto varió 300 m, desde los 3400 a los 3700 msnm, con variación entre 100 y 55 m entre estaciones. Los rangos más estrechos de variación se presentaron entre las estaciones 2 a la 4, ya que la cobertura de arbustales es escasa altitudinalmente.

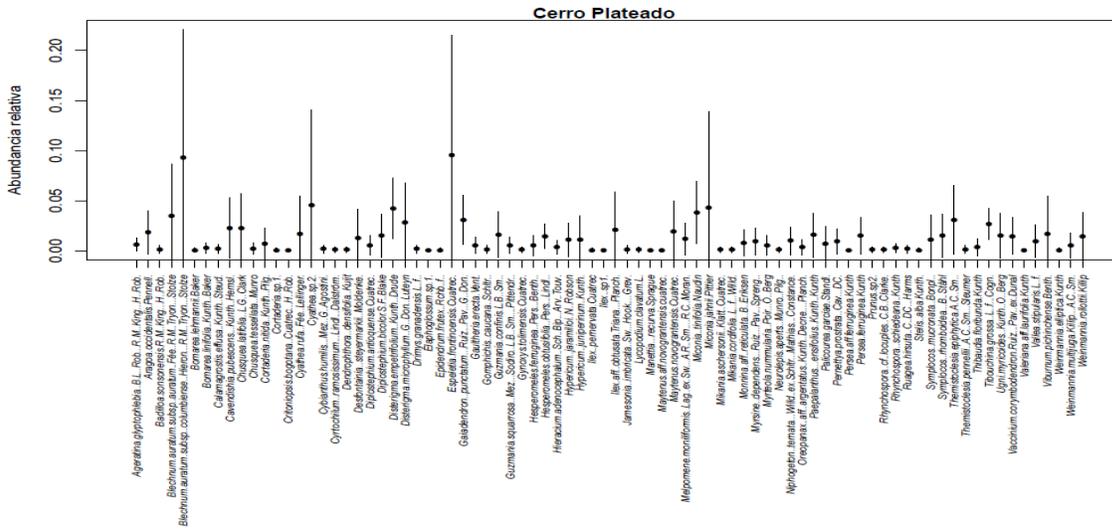


Figura 71. Abundancia relativa de las especies del páramo Cerro Plateado.

En éste cerro la mayor abundancia relativa (Figura 71) la presentaron *Blechnum auratum subsp. columbiense* y *Espeletia frontinoensis* con valores promedios de 0.1, y con valores menores *B. auratum subsp. auratum*, *Disterigma microphyllum*, *Disterigma empetrifolium*, *Cyathea sp2*, *Gaidendron punctatum*, *M. tinifolia* y *Miconia jahnii*. En la cobertura de herbazal y bosque (Figura 76) se observa que las mayores frecuencias las presentan dos especies por estación, mientras en Arbustales se hace una distribución más homogénea entre todas las especies.

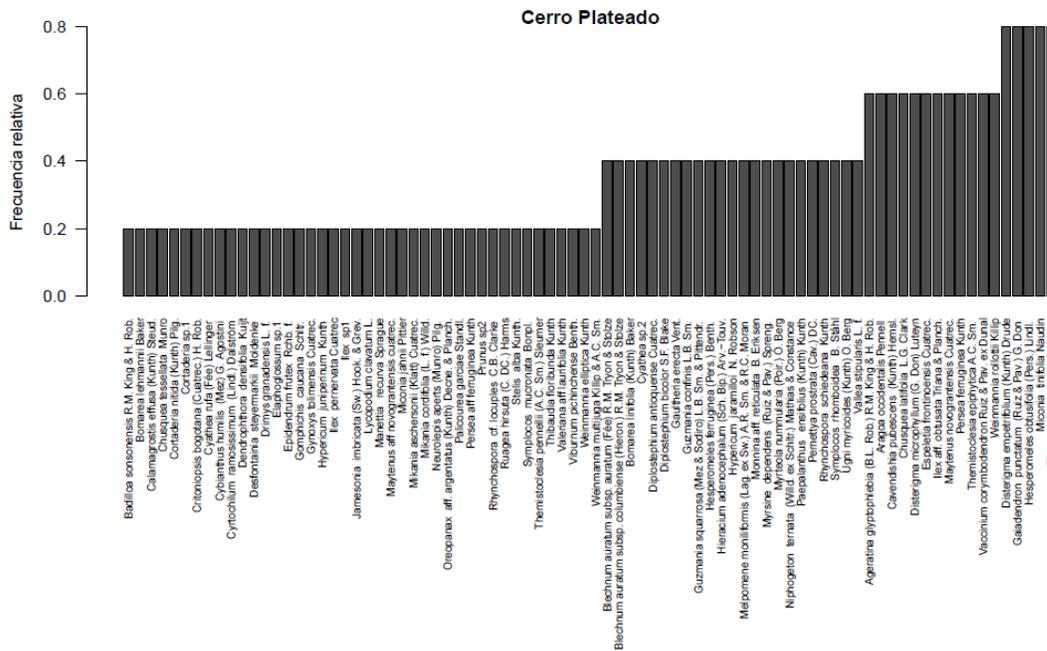


Figura 72. Frecuencia relativa de las especies del páramo Cerro Plateado

Se registraron cuatro especies con un valor de 0.8 en cuanto a frecuencia relativa (Figura 72), las cuales fueron: *Disterigma empetrifolium*, *Gaiadendron punctatum*, *Hesperomeles obtusifolia*, *Miconia tinifolia* y *Tibouchina grossa*. En los registros por estaciones (

Figura 77), todas presentaron un alto número de especies.

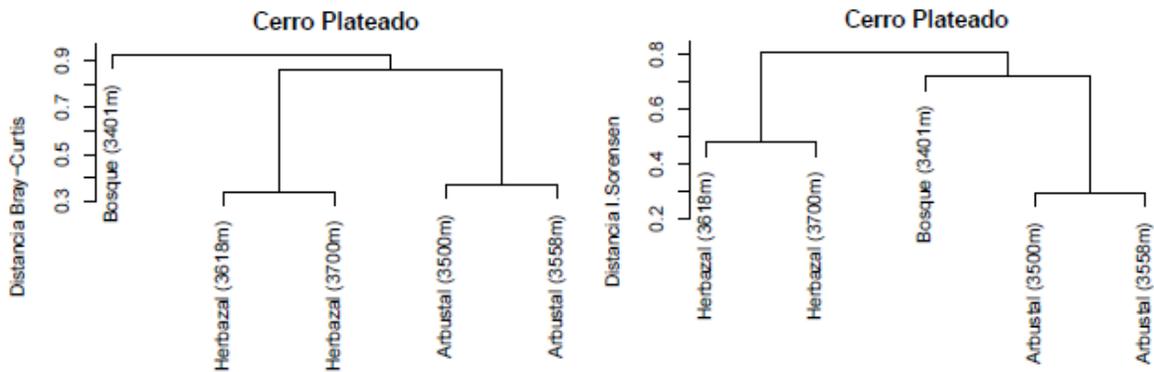


Figura 73 Dendrogramas contruidos a partir del indice de similitud de Bray-Curtis y Sorensen, agrupando las estaciones del páramo Cerro Plateado.

Los dendrogramas de similitud estimados agrupan las estaciones de acuerdo a sus coberturas de arbustal y herbazal, aunque con Sorensen el bosque se relaciona más a los arbustales y con Bray-Curtis se asemejan más las dos coberturas superiores que se diferencian más del bosque.

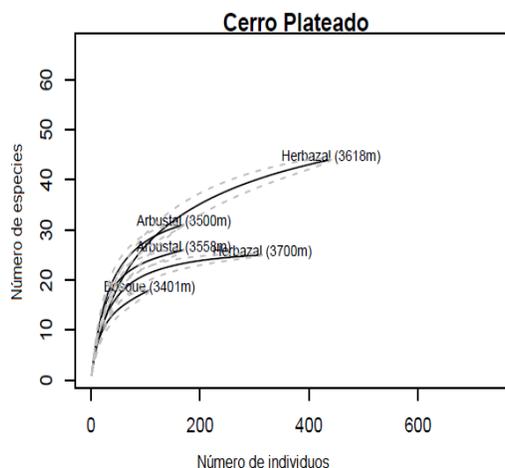


Figura 74 Curvas de rarefacción por estación del páramo Cerro Plateado.

Las dos primeras estaciones fueron las que según las curvas de rarefacción (Figura 74) mostraron tener el muestreo más representativo, especialmente la primera que

presento un alto número de registros y un relativamente bajo número de especies, mientras que la segunda presentó el mayor número de especies por estación con 44. Para las estaciones 3, 4 y 5 se estiman un número mayor de especies.

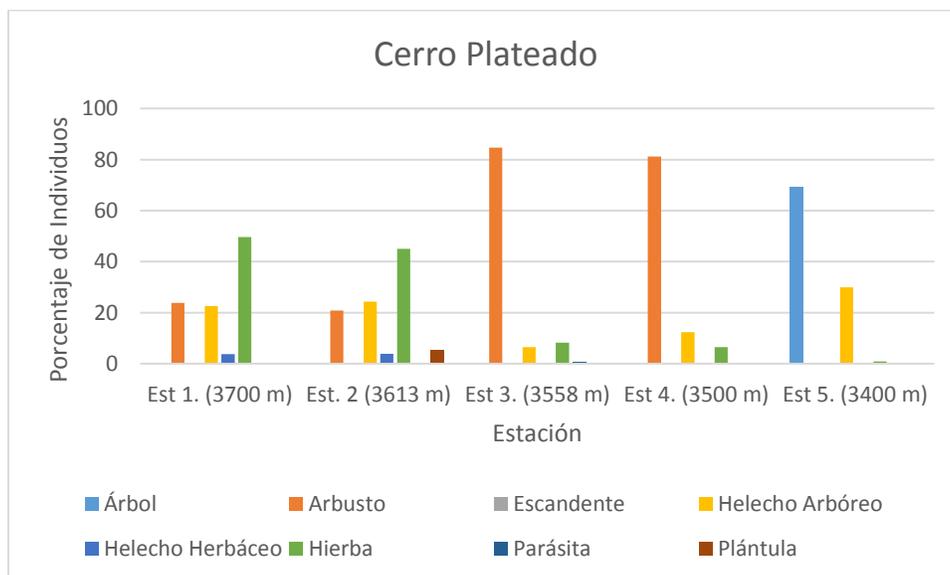


Figura 75 Distribución de los individuos según formas de crecimiento por estación en el páramo Cerro Plateado.

Las estaciones 1 y 2 de herbazal, muestran mayor variación en las formas de crecimiento (Figura 75), mientras que en las demás estaciones se advierte la dominancia de hábitos arbustivos y arbóreos. Solo las hierbas se encuentran presentes en todas las estaciones de la parcela.

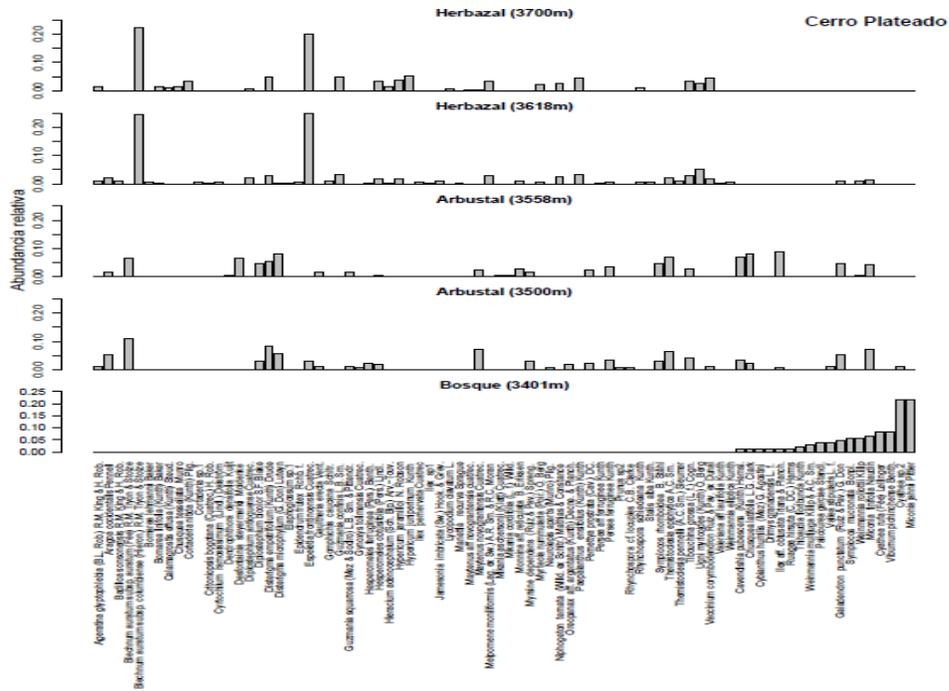


Figura 76. Abundancia relativa por estación de las especies del páramo Cerro Plateado.

En este localidad los valores de abundancia relativa (Figura 76) presentan dos especies con altos valores en la estación 1 y 2, mientras en la 3 y 4 no se observan especies muy abundantes.

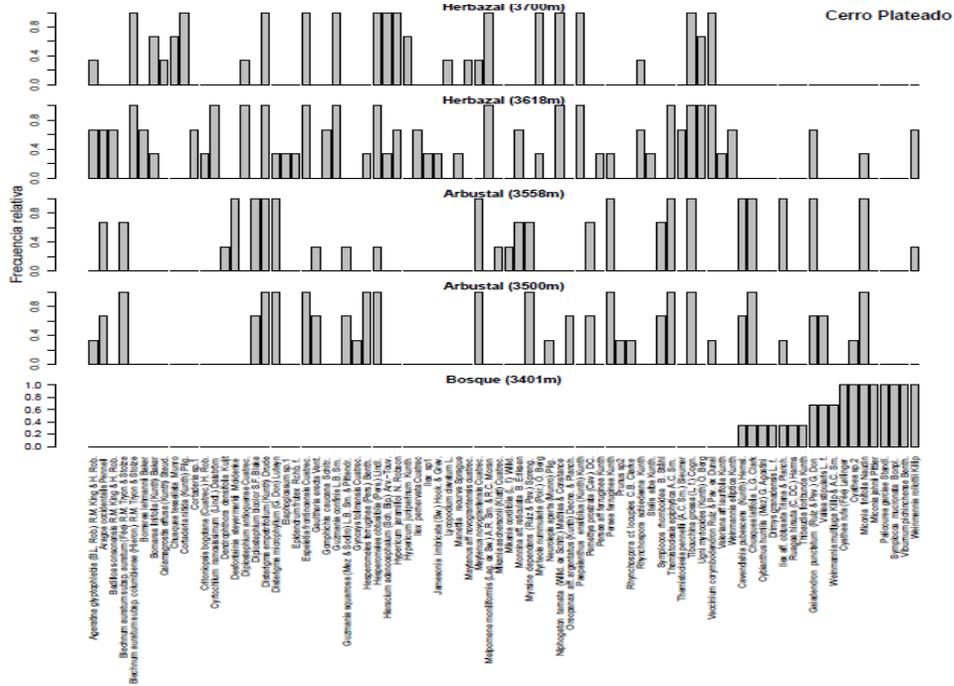


Figura 77. Frecuencia relativa por estación de las especies del páramo Cerro Plateado

En todas las estaciones del sitio se registraron muchas especies compartidas en 3 réplicas (

Figura 77).

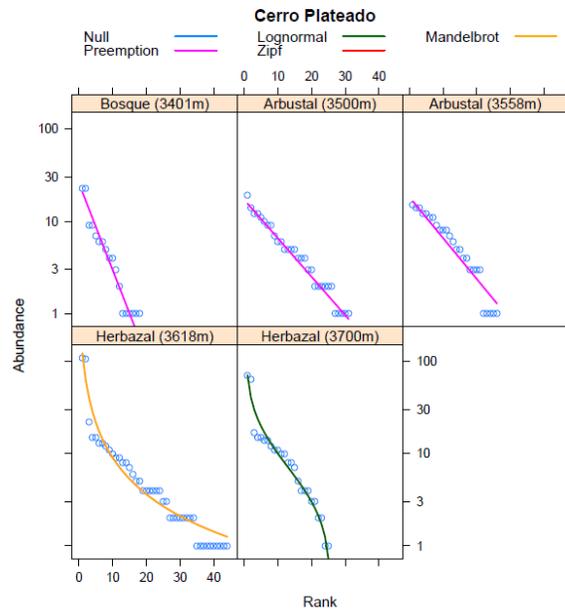


Figura 78 Distribución de abundancias por estación del páramo Cerro Plateado.

Las curvas de distribución de abundancias por estación del páramo Cerro Plateado (Figura 78), muestran que aunque las estaciones 1 y 2 de páramo presentan pendientes muy altas y con pocas especies muy abundantes, lo cual se presentó también en la primera estación.

1.5.4.1 ESTACIÓN 1 (3700 m)

La estación 1 se presenta como la menos diversa de esta localidad (Figura 70), al igual que con un bajo valor de riqueza. El hábito herbáceo dominó esta estación (Figura 75), aunque están bien representados los arbustos, helechos arbóreos, helechos herbáceos y plántulas.

Dos especies presentaron los mayores valores de abundancia relativa (Figura 76) e IVI entre las especies medidas por áreas basales (Figura 79): *Blechnum auratum subsp. columbiense* y *Espeletia frontinoensis*, mientras que 13 especies compartieron el máximo valor de frecuencia relativa (

Figura 77) entre las que se encuentran las más abundantes.

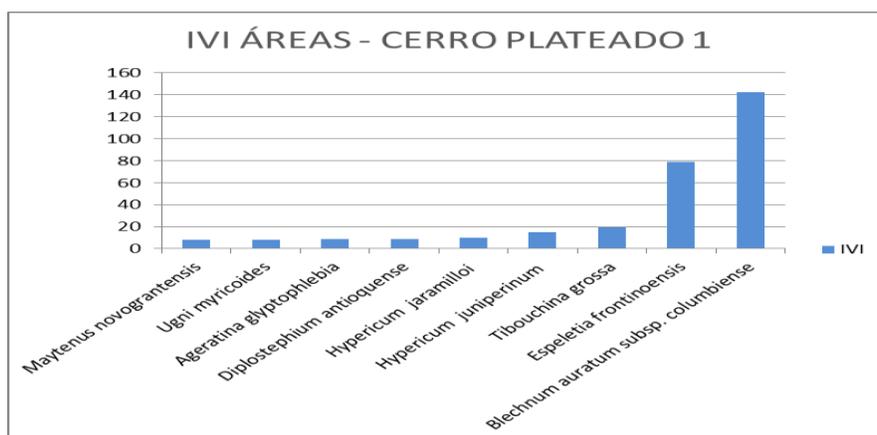


Figura 79 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 1 del Cerro Plateado

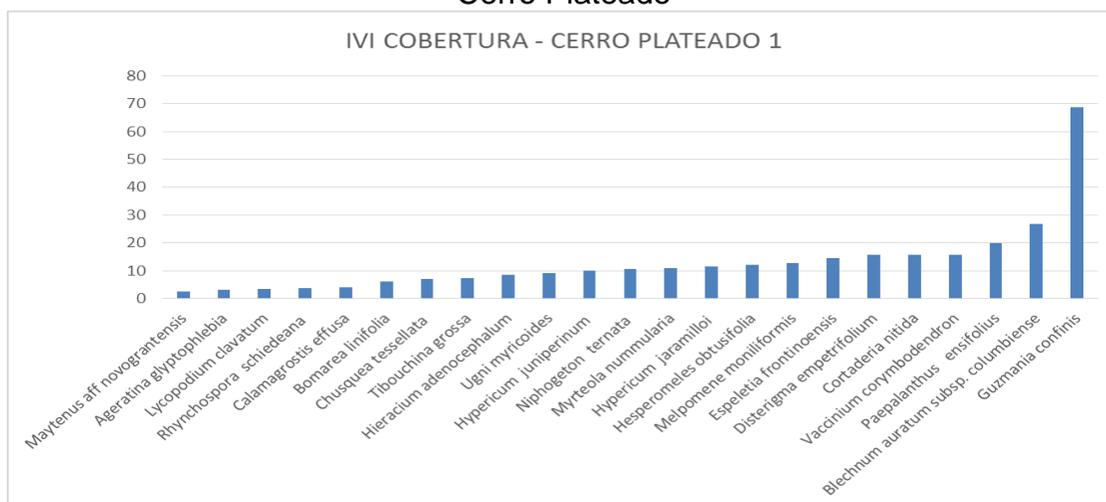


Figura 80 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 1 del Cerro Plateado

Los valores más altos de IVI en la estación los obtuvieron *Guzmania confinis* entre las especies medidas en porcentaje de cobertura con un valor cercano a 70, siendo muy superior a las demás especies (Figura 80).

1.5.4.2 ESTACIÓN 2 (3613 m)

La diversidad en esta estación arrojó un valor mediano (2,744) (Figura 70), aunque con el mayor valor de riqueza del sitio. Al igual que en la primera estación *auratum subsp. columbiense* y *Espeletia frontinoensis* registraron los más altos valores de abundancia relativa (Figura 76), mientras que 14 especies fueron frecuentes en todas las réplicas (

Figura 77) incluyendo las más abundantes. El dominio del hábito herbáceo se evidencio (Figura 75), aunque bien representados los arbustos y helechos arbóreos y con la presencia de helechos herbáceos y plántulas.

Para la estación 2 se presentaron las mismas especies de la estación 1 con mayor valor de IVI en las medidas por áreas basales, con valores de 146 y 90 respectivamente (Figura 81), mientras en las registradas por porcentaje de cobertura fue *Guzmania confinis* la especie que registró el mayor valor (Figura 82).

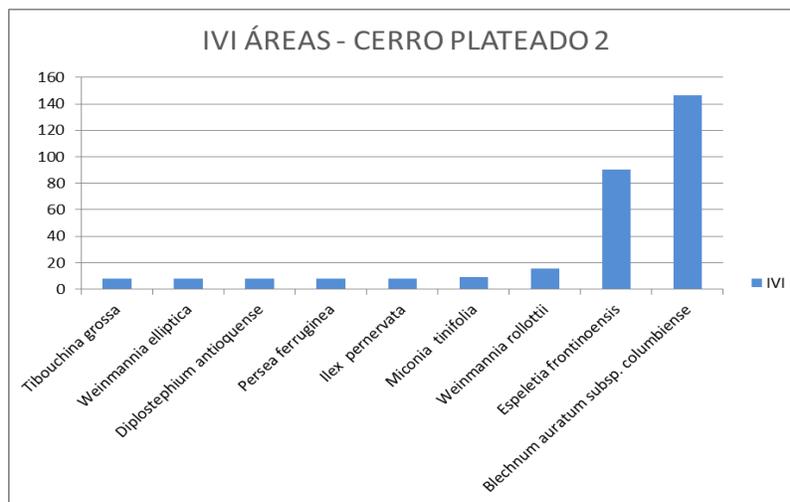


Figura 81 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 2 del Cerro Plateado

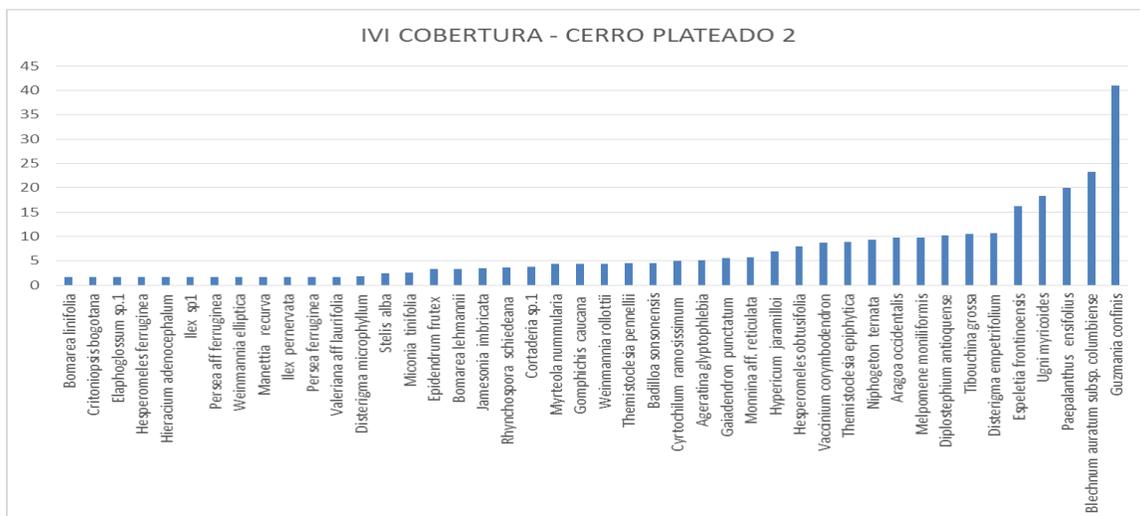


Figura 82 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 2 del Cerro Plateado

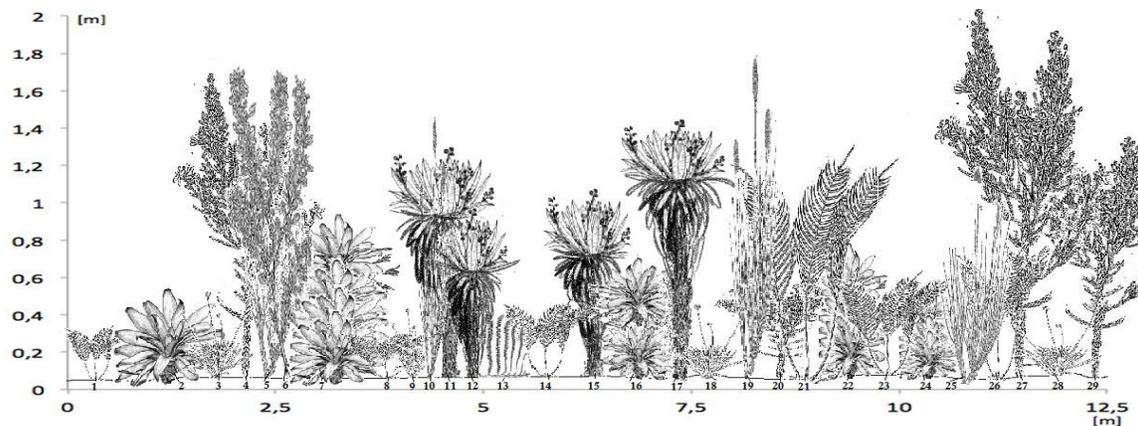


Figura 83. Perfil de la vegetación de herbazal en el páramo Cerro Plateado.

Tabla 19 Datos de las especies del perfil de herbazal en el páramo Cerro Plateado

N.º Planta	Código	Especie
1	PJ4189	<i>Blechnum auratum</i> subsp. columbiense
2	PJ4182	<i>Guzmania confinis</i>
3	PJ4183	<i>Paepalanthus ensifolius</i>
4	PJ4190	<i>Hypericum juniperinum</i>
5	PJ4197	<i>Cortaderia nitida</i>
6	PJ4218	<i>Ageratina glyptophlebia</i>
7	PJ4203	<i>Guzmania confinis</i>
8	PJ4212	<i>Blechnum auratum</i> subsp. columbiense
9	PJ4202	<i>Paepalanthus ensifolius</i>
10	PJ4221	<i>Cortaderia nitida</i>
11	PJ4225	<i>Espeletia frontinoensis</i>
12	PJ4226	<i>Espeletia frontinoensis</i>
13	PJ4231	<i>Melpomene moniliformis</i>
14	PJ4241	<i>Blechnum auratum</i> subsp. columbiense
15	PJ4244	<i>Espeletia frontinoensis</i>
16	PJ4228	<i>Guzmania confinis</i>
17	PJ4242	<i>Espeletia frontinoensis</i>
18	PJ4249	<i>Paepalanthus ensifolius</i>
19	PJ4261	<i>Cortaderia nitida</i>
20	PJ4260	<i>Hypericum juniperinum</i>
21	PJ4256	<i>Blechnum auratum</i> subsp. columbiense
22	PJ4250	<i>Guzmania confinis</i>
23	PJ4257	<i>Blechnum auratum</i> subsp. columbiense
24	PJ4271	<i>Guzmania confinis</i>
25	PJ4272	<i>Cortaderia nitida</i>
26	PJ4277	<i>Blechnum auratum</i> subsp. columbiense
27	PJ4279	<i>Hypericum juniperinum</i>
28	PJ4270	<i>Paepalanthus ensifolius</i>
29	PJ4281	<i>Hypericum juniperinum</i>

1.5.4.3 ESTACIÓN 3 (3558 m)

Es una de las estaciones de mayor valor de diversidad del transecto y de menor dominancia, presentando pocos registros y poca riqueza. Esta estación de arbustales presenta muchos de los elementos vegetales que son comunes en los herbazales del páramo.

Aquí las abundancias relativas estuvieron más distribuidas y no presentaron una especie sobresaliente (Figura 76), al igual que la frecuencia relativa donde 13 especies obtuvieron el máximo valor (

Figura 77). *Disterigma microphyllum*, *Ilex aff. obtusata*, *Chusquea latifolia*, *Cavendishia pubescens*, *Temistoclesia epiphytica* y *Desfontainia steyermarkii* fueron muy abundantes y frecuentes.

En esta estación dominan con un valor cercano al 85% los arbustos, acompañados de una escasa presencia de helechos arbóreos y hierbas (Figura 75).

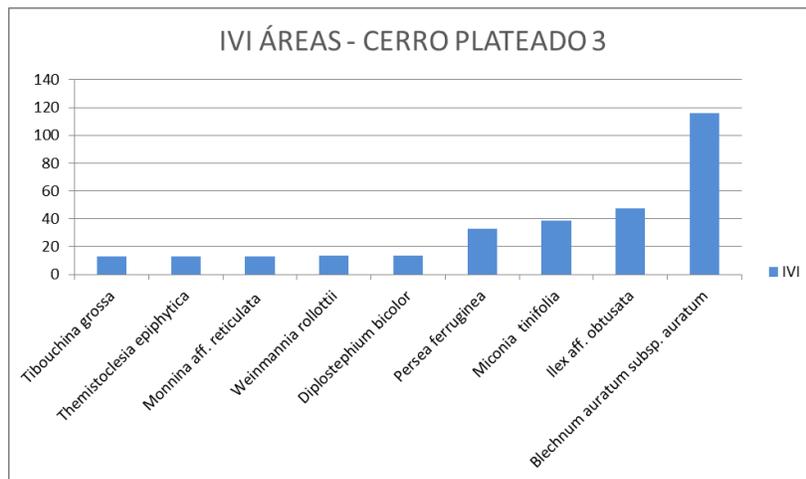


Figura 84 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 3 del Cerro Plateado

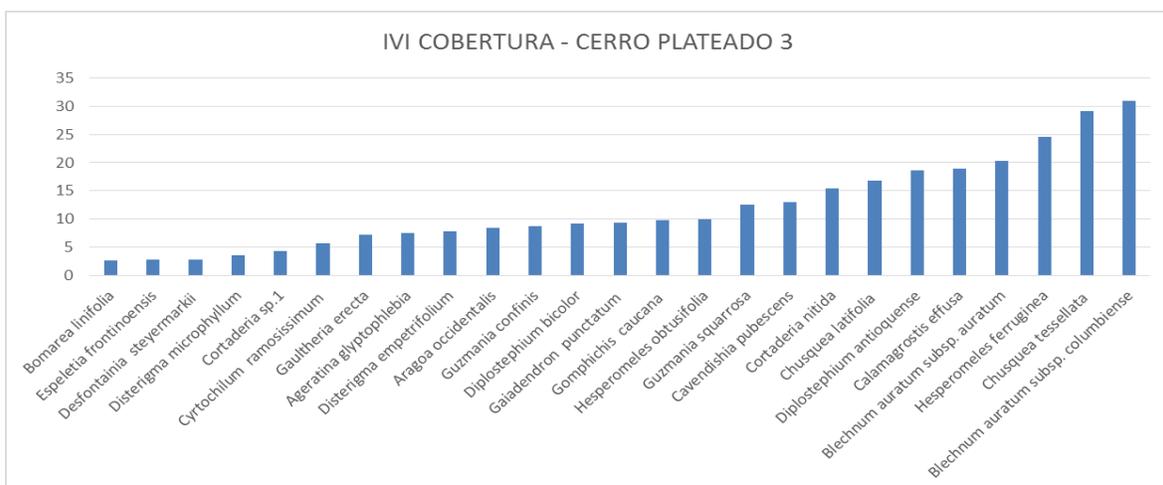


Figura 85 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 3 del Cerro Plateado

EL valor máximo de IVI en la estación tres del páramo Cerro Plateado lo obtuvo *Blechnum auratum subsp. auratum* siendo muy superior a los demás con un valor cercano a 115 (Figura 84). En las especies registradas por porcentaje de cobertura los valores fueron muy similares, con *Blechnum auratum subsp. columbiense* y *Chusquea tessellata* como las especies que obtuvieron los valores máximos de IVI con 30 y 29 respectivamente (Figura 85).

1.5.4.4 ESTACIÓN 4 (3500 m)

En esta estación se presenta el mayor valor de diversidad del transecto (Figura 70) y la menor dominancia. Los arbustos dominan en esta estación con un valor cercano al 80%, evidenciándose escasa presencia de helechos arbóreos y hierbas (Figura 75). Al igual que la estación 3, contiene muchos elementos del herbazal, no se presentan especies con altos valores de abundancia relativa (Figura 76), y en la frecuencia relativa presenta 13 especies con el máximo valor (

Figura 77). *Themistoclesia epiphytica*, *Disterigma empetrifolium*, *Maytenus novogranatensis* y *Miconia tinifolia* fueron abundantes y frecuentes en esta estación.

Blechnum auratum subsp. auratum fue la especie más importante de la estación cuatro, entre las especies medidas con áreas basales (Figura 86), mientras entre las especies registradas en porcentaje de cobertura los valores de IVI fueron mucho más homogéneos, con *Themistoclesia epiphytica*, *Disterigma empetrifolium* y *Blechnum auratum subsp. auratum* como las más importantes con valores de 27, 27 y 25 respectivamente (Figura 87).

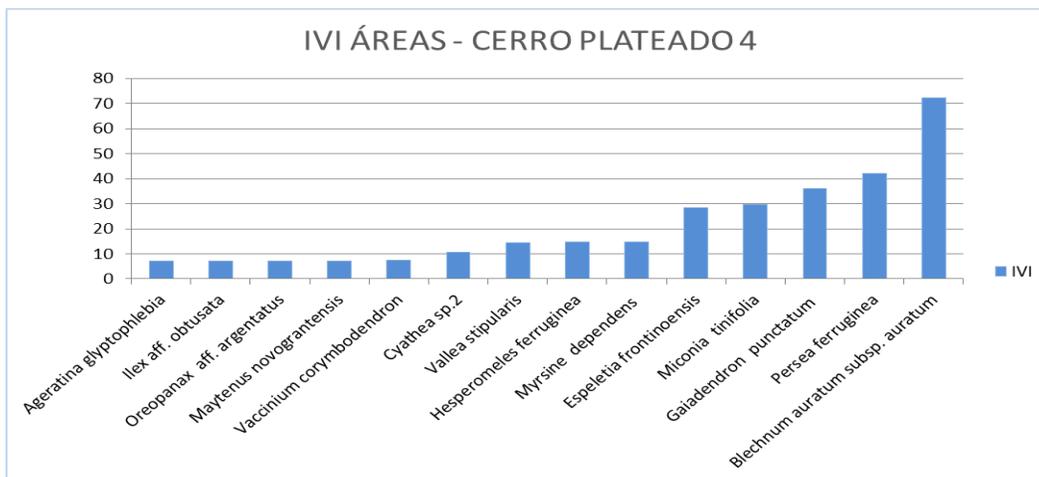


Figura 86 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 4 del Cerro Plateado

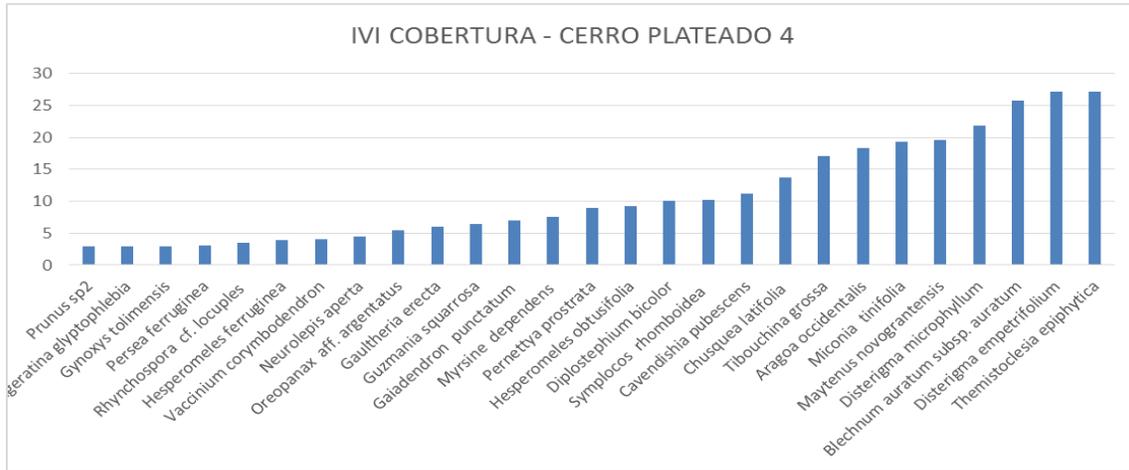


Figura 87 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 4 del Cerro Plateado



Figura 88. Perfil de la vegetación de arbustal en el páramo Cerro Plateado.

Tabla 20 Datos de las especies del perfil de arbustal en el páramo Cerro Plateado

N.º Planta	Código	Especie
1	PH5	Gaiadendron punctatum
2	PH11	Disterigma microphyllum
3	PH6	Cavendishia pubescens
4	PH7	Desfontainia steyermarkii
5	PH17	Chusquea latifolia
6	PH18	Disterigma empetrifolium
7	PH25	Chusquea latifolia
8	PH21	Themistoclesia epiphytica
9	PH27	Disterigma microphyllum
10	PH38	Chusquea latifolia
11	PH36	Themistoclesia epiphytica
12	PH44	Pernettya prostrata
13	PH47	Chusquea latifolia
14	PH45	Disterigma microphyllum

1.5.4.5 ESTACIÓN 5 (3400 m)

La estación de Bosque se presenta como la de menor diversidad del transecto (Figura 70) y la de menor riqueza (En el páramo Cerro Plateado se registraron un total de 82 especies pertenecientes a 64 géneros y 37 familias, representados en 1201 registros biológicos (Tabla 18). Las familias más representadas fueron Asteraceae con 10 spp, Ericaceae con 9 y Poaceae con 6. Las especies *Critoniopsis bogotana* y *Mikania cordifolia*, encontradas en este transecto, son nuevos registros para la flora de Antioquia.

Tabla 18) del complejo. *Miconia jahnii* y *Cyathea sp2* fueron las especies que obtuvieron los mayores valores de abundancia relativa (Figura 76) y junto a *Cyathea rufa*, *Cyathea sp2*, *Miconia tinifolia*, *Miconia jahnii*, *Palicourea garciae*, *Symplocos mucronata*, *Viburnum pichinchense* y *Weinmannia rollottii* fueron las más frecuentes (

Figura 77). En esta estación la forma arbórea presenta una amplia dominancia con cerca del 80% de la estación (Figura 75).

En la estación cinco solo se presentó *Chusquea latifolia* registrada por cobertura y los mayores valores presentados en áreas basales fueron para *Cyathea sp2*, *Symplocos mucronata* y *Miconia jahnii* con valores de 50, 44 y 37 respectivamente (Figura 89).

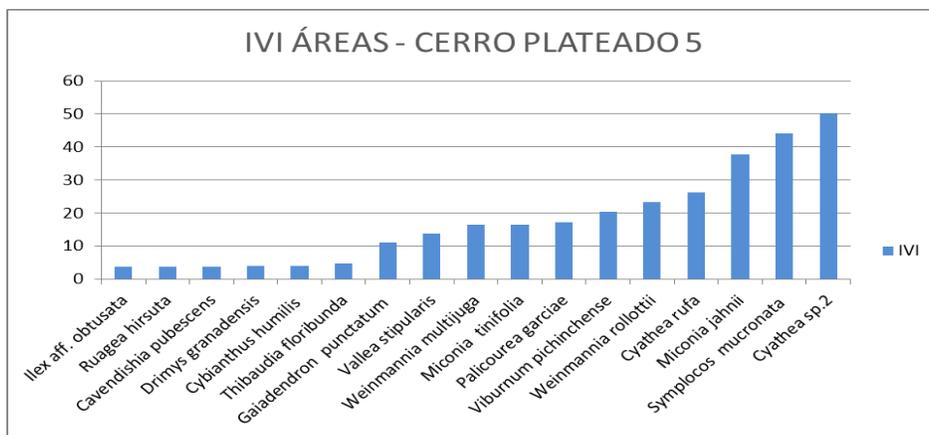


Figura 89 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 5 del Cerro Plateado

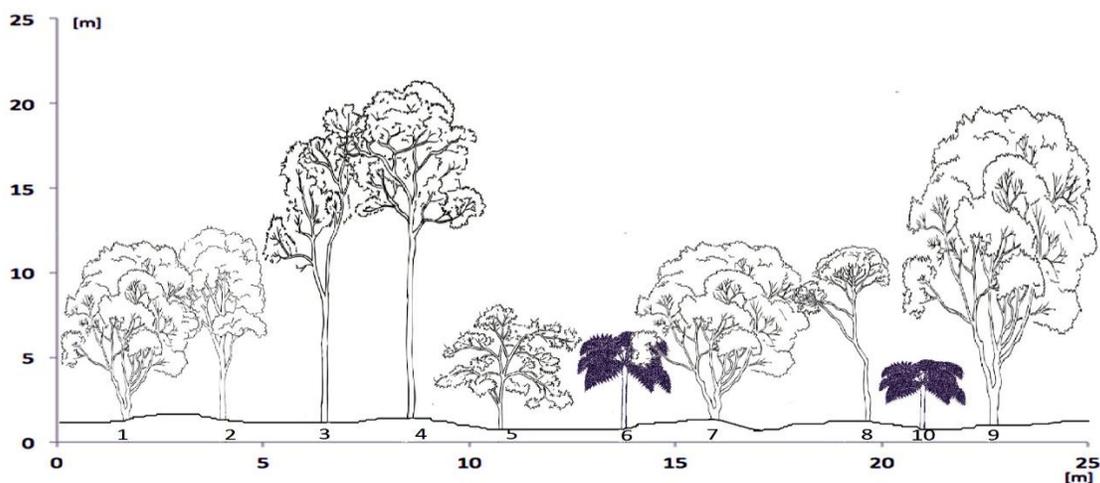


Figura 90. Perfil de la vegetación de bosque en el páramo Cerro Plateado.

Tabla 21 Datos de las especies del perfil de bosque en el páramo Cerro Plateado

N.º Planta	Código	Especie
1	PH339	<i>Miconia jahnii</i>
2	PH340	<i>Viburnum pichinchense</i>
3	PH347	<i>Weinmannia multijuga</i>
4	PH353	<i>Palicourea garciae</i>
5	PH357	<i>Cybianthus humilis</i>
6	PH358	<i>Cyathea rufa</i>
7	PH362	<i>Miconia jahnii</i>
8	PH364	<i>Weinmannia rollottii</i>
9	PH374	<i>Miconia jahnii</i>
10	PH372	<i>Cyathea sp.2</i>

- 1.5.5 PÁRAMO LA HORQUETA

En el páramo La Horqueta se hicieron 1104 registros biológicos pertenecientes a 99 especies, 79 géneros y 46 familias (Tabla 22). Las familias mejor representadas fueron Ericaceae con 14 spp, Asteraceae con 9 y Poaceae con 7. Las especies *Pentacalia andicola*, *Gaultheria oreogena* y *G. aff amoena* son nuevos registros para la flora de Antioquia.

Tabla 22. Listado de especies presentes en el páramo La Horqueta, presentando el número de registros y los totales por especie por estación, y la riqueza por estación y total.

PÁRAMO LA HORQUETA						
ESPECIE	ESTACIONES					Total
	1 (Her) (3574 m)	2 (Her) (3540 m)	3 (Arb) (3520 m)	4 (Arb) (3485 m)	5 (BA) (3400 m)	
<i>Ageratina glyptophlebia</i>	1		8			9
<i>Aragoa occidentalis</i>		9				9
<i>Arcytophyllum nitidum</i>	16	15				31
<i>Axinaea cf pennellii</i>					2	2
<i>Bartsia santolinifolia</i>	6	9				15
<i>Blechnum auratum subsp. auratum</i>	23	5	8			36
<i>Bomarea linifolia</i>	4					4
<i>Bromus sp</i>	1					1
<i>Brunellia goudotii</i>					1	1
<i>Bulbostylis juncoides</i>	1					1
<i>Calamagrostis planifolia</i>	11	15				26
<i>Calamagrostis sp</i>	2					2
<i>Cavendishia bracteata</i>				2	2	4
<i>Cavendishia macrocephala</i>					15	15
<i>Centropogon glaucotomentosus</i>					2	2
<i>Cestrum ochraceum</i>					1	1
<i>Chusquea tessellata</i>	4	1				5
<i>Clusia elliptica</i>					3	3
<i>Clusia thurifera</i>					18	18
<i>Cortaderia hapalotricha</i>	14	5				19
<i>Cybianthus magnus</i>					3	3
<i>Cyrtochilum ramosissimum</i>	5	10				15
<i>Desfontainia steyermarkii</i>			6	8		14
<i>Diplostephium frontinense</i>	13	3				16
<i>Diplostephium rosmarinifolius</i>			12	8		20
<i>Disterigma empetrifolium</i>	11	10				21
<i>Disterigma microphyllum</i>			15	12		27
<i>Drimys granadensis</i>			1	10	4	15

<i>Epidendrum frutex</i>	7					7
<i>Espeletia occidentalis</i>	69	89				158
<i>Freziera sp1</i>					2	2
<i>Gaiadendron punctatum</i>	5	6	2	2	1	16
<i>Gaultheria aff amoena</i>	1					1
<i>Gaultheria erecta</i>			4	3		7
<i>Gaultheria oreogena</i>	2	12				14
<i>Geranium lainzii</i>	12	15				27
<i>Gomphichis traceyae</i>	1	1				2
<i>Gordonia fruticosa</i>					21	21
<i>Gordonia sp1</i>					3	3
<i>Guzmania squarrosa</i>	10		10	2		22
<i>Halenia foliosa</i>	5	14				19
<i>Hedyosmum cumbalense</i>			3	2		5
<i>Hedyosmum goudotianum</i>					4	4
<i>Hesperomeles ferruginea</i>			4	4	3	11
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	2		3			5
<i>Hieracium adenocephalum</i>	1	2				3
<i>Hypericum jaramilloi</i>	6	9				15
<i>Ilex pernervata</i>			2			2
<i>Ilex colombiana</i>			1			1
<i>Ilex sp4</i>					3	3
<i>Jamesonia imbricata</i>	1	6				7
<i>Killipia sp.</i>	2	3				5
<i>Lachemilla hispidula</i>	1	3				4
<i>Loricaria complanata</i>	1					1
<i>Lycopodium clavatum</i>	9	12				21
<i>Macleania rupestris</i>				4		4
<i>Macrocarpaea ovalis</i>			2	12		14
<i>Maytenus aff jamesonii</i>			6	5		11
<i>Melpomene moniliformis</i>	1					1
<i>Miconia cladonia</i>				4	8	12
<i>Miconia sp.12</i>	8					8
<i>Miconia tinifolia</i>			8	11		19
<i>Miconia sandemanii</i>			9	7	12	28
<i>Monnina aestuans</i>			5	2		7
<i>Myrsine dependens</i>	3		7	20	2	32
<i>Myrteola nummularia</i>	4	3				7
<i>Niphogeton ternata</i>	3	2				5
<i>Ocotea sericea</i>					6	6
<i>Oreobolus goeppingeri</i>	6	13				19
<i>Oreopanax aff. trianae</i>					2	2

<i>Oritrophium aff peruvianum</i>	1	1				2
<i>Paepalanthus ensifolius</i>	14	16	2			32
<i>Palicourea garciae</i>					1	1
<i>Pentacalia andicola</i>			3			3
<i>Pentacalia vaccinioides</i>		6				6
<i>Pernettya prostrata</i>	5	1				6
<i>Persea ferruginea</i>				2		2
<i>Piper montanum</i>					4	4
<i>Pernettya prostrata</i>			2			2
<i>Prunus sp2</i>					3	3
<i>Pterichis galeata</i>		1				1
<i>Puya trianae</i>	1	5				6
<i>Rhynchospora schiedeana</i>	1	3				4
<i>Schefflera ramosissima</i>				5	6	11
<i>Sisyrinchium convolutum</i>	1	1				2
<i>Sisyrinchium trinerve</i>	1					1
<i>Symplocos rhomboidea</i>		1	4	3		8
<i>Themistoclesia epiphytica</i>			13	13	2	28
<i>Themistoclesia pennellii</i>	3					3
<i>Ugni myricoides</i>	1		2	2	2	7
<i>Vaccinium corymbodendron</i>			5	6		11
<i>Vaccinium floribundum</i>	7	12				19
<i>Vaccinium sp1</i>			3	3		6
<i>Valeriana bracteata</i>	1					1
<i>Valeriana stenophylla</i>	1	1				2
<i>Viburnum tinoides</i>					1	1
<i>Weinmannia elliptica</i>			4	4	17	25
<i>Weinmannia fagaroides</i>			2	6		8
<i>Weinmannia rollottii</i>			1	1		2
Riqueza	49	36	31	28	31	99
Abundancia	309	320	157	163	155	1104
Índice de Simpson	0,07492	0,1009	0,04921	0,05634	0,07072	0,03447
Índice de Shannon-Wiever	3,204	2,936	3,191	3,078	2,978	3,991

La primera estación presentó una riqueza de 49 especies, lo cual equivale a casi la mitad de las especies encontradas en el transecto, seguida de la segunda estación. *Gaiadendron punctatum* se encontró en todas las estaciones.

Figura 92. Abundancia relativa de las especies del páramo La Horqueta

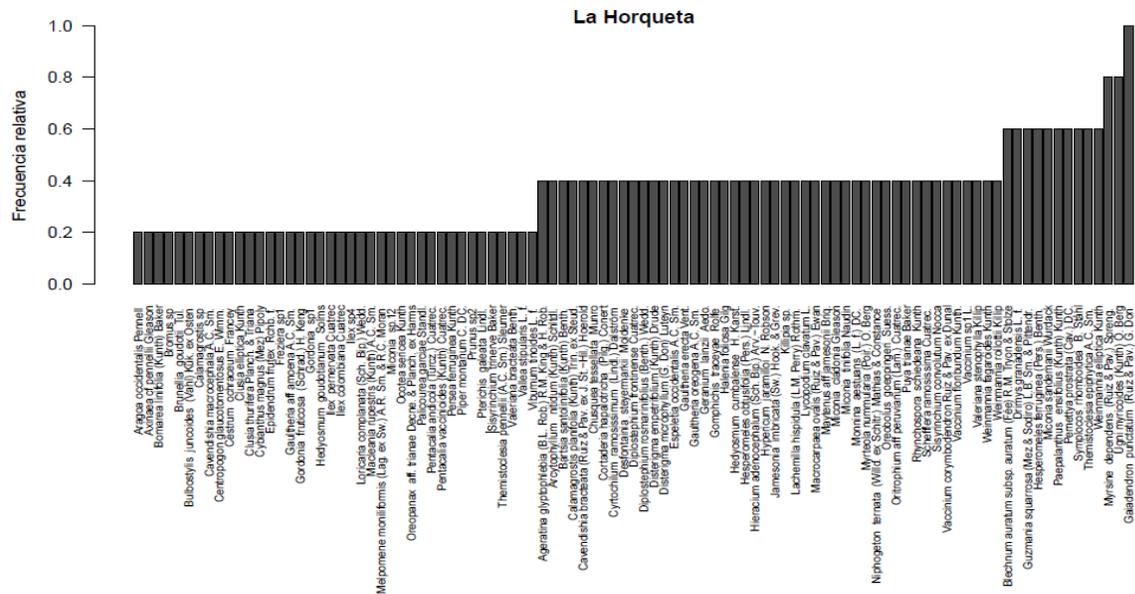


Figura 93 Frecuencia relativa de las especies del páramo La Horqueta

En este cerro el valor máximo de abundancia relativa (Figura 92) lo presentó *Espeletia occidentalis* con 0.1. Otros valores menos importantes los presentaron *D. microphyllum*, *Miconia sandemanii*, *Myrsine dependens*, *Themistoclesia epiphytica* y *Weinmannia elliptica*. La variación de las abundancias relativas es mayor en esta localidad y en Cerro Plateado comparativamente con los demás páramos evaluados.

La distribución de frecuencias relativas (Figura 93) en este transecto muestra a *Gaidendron punctatum* como una especie presente en todas las estaciones. Mientras que cada estación de La Horqueta muestra ser muy equitativa con un gran número de especies registradas en todas las réplicas (Figura 98).

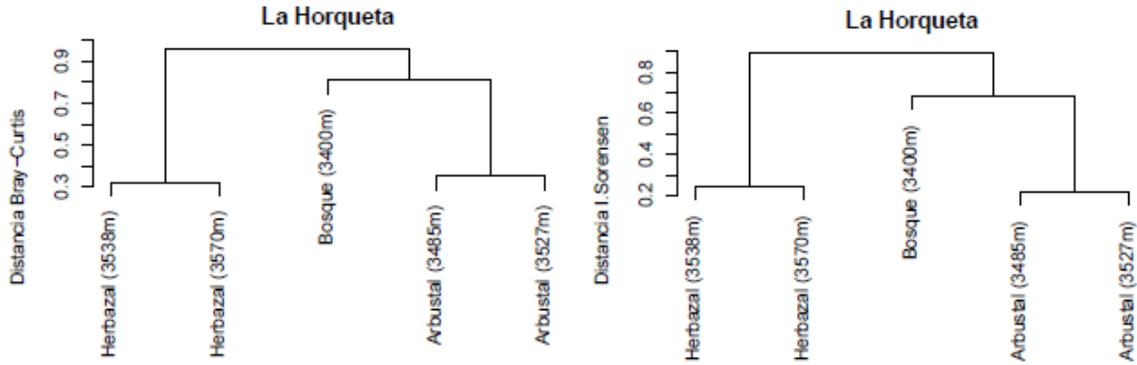


Figura 94 Dendrogramas construidos a partir del indice de similitud de Bray-Curtis y Sorensen, agrupando las estaciones del páramo La Horqueta.

Los diagramas de similitud estimados, agrupan claramente las estaciones de acuerdo a su cobertura y asemeja mas al bosque con relación a los arbustales, como se esperaba.

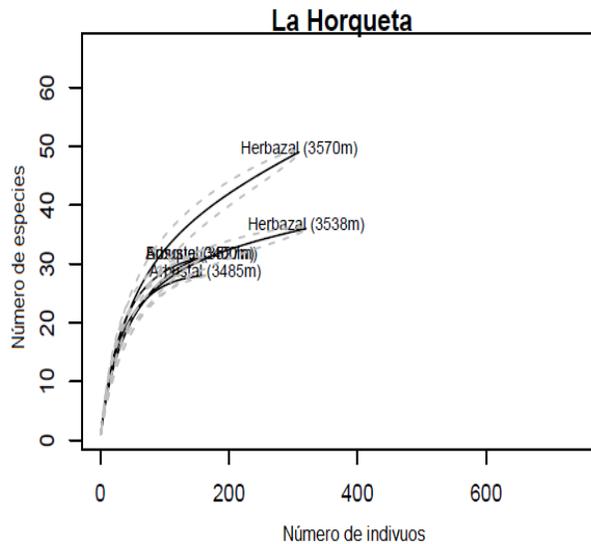


Figura 95 Curvas de rarefacción por estación del páramo La Horqueta.

En general en este transecto se requiere mayor esfuerzo de muestreo, pues las curvas de rarefacción se encuentran lejos de llegar a la asíntota. Las estaciones 1 y 2 obtuvieron los muestreos más representativos

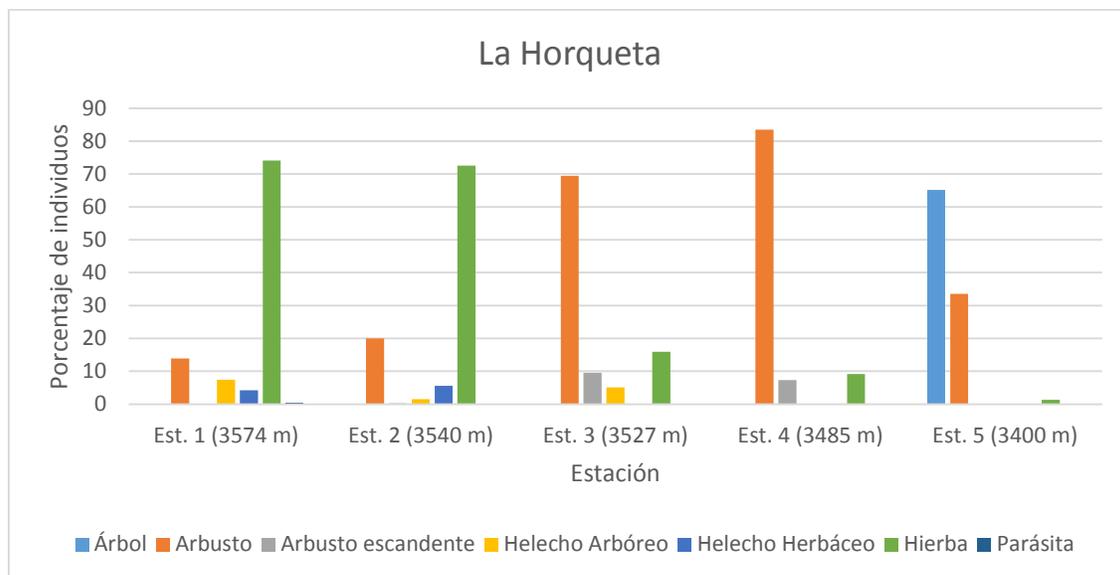


Figura 96 Distribución de los individuos según formas de crecimiento por estación en el páramo La Horqueta.

Las dos primeras estaciones presentan una mayor variedad y distribución de los porcentajes de formas de crecimiento, siendo los únicos con presencia de especies formadoras de cojines. En las restantes estaciones se presentó dominancia por parte de elementos arbustivos y arbóreos.

En las dos primeras estaciones fue *Espeletia occidentalis* la especie más abundante, mientras en las estaciones 3, 4 y 5 se distribuyen mas equitativamente estos valores.

Figura 98. Frecuencia relativa por estación de las especies del páramo La Horqueta. La distribución de las frecuencias relativas a lo largo del transecto presentó un alto número de especies presentes en todas las réplicas de cada una de las estaciones.

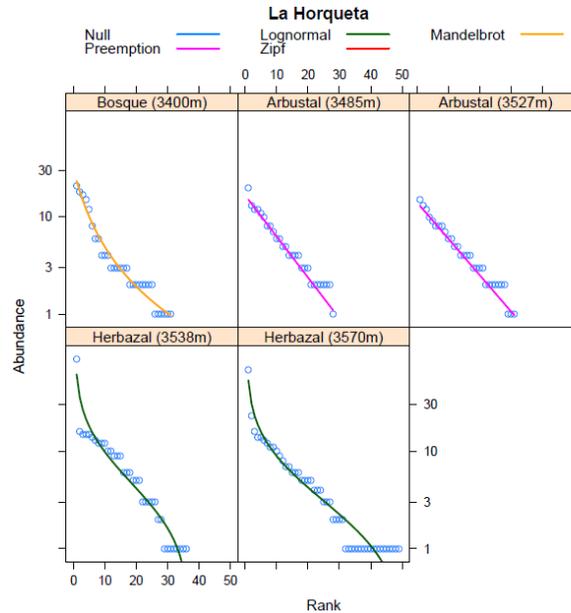


Figura 99 Distribución de abundancias por estación del páramo La Horqueta.

Según la curva de acumulación de especies por estación del páramo La Horqueta (Figura 99), las primeras dos estaciones de páramo presentan pocas especies muy abundantes, mientras las restantes 3 presentan una mayor distribución de las abundancias.

1.5.5.1 ESTACIÓN 1 (3574 m)

Esta estación fue la más diversa (Figura 91) y de mayor riqueza (En el páramo La Horqueta se hicieron 1104 registros biológicos pertenecientes a 99 especies, 79 géneros y 46 familias (Tabla 22). Las familias mejor representadas fueron Ericaceae con 14 spp, Asteraceae con 9 y Poaceae con 7. Las especies *Pentacalia andicola*, *Gaultheria oreogena* y *G. aff amoena* son nuevos registros para la flora de Antioquia.

Tabla 22) del transecto. En ella se encontró una considerable abundancia de *Espeletia occidentalis* (Figura 97) con un IVI de 145 (Figura 100), y otras especies de importancia ecológica evidenciadas en los muestreos (Figura 98). Las formas de crecimiento fueron variadas, aunque con la parcial dominancia de hierbas y rosetas acompañadas de arbustos.

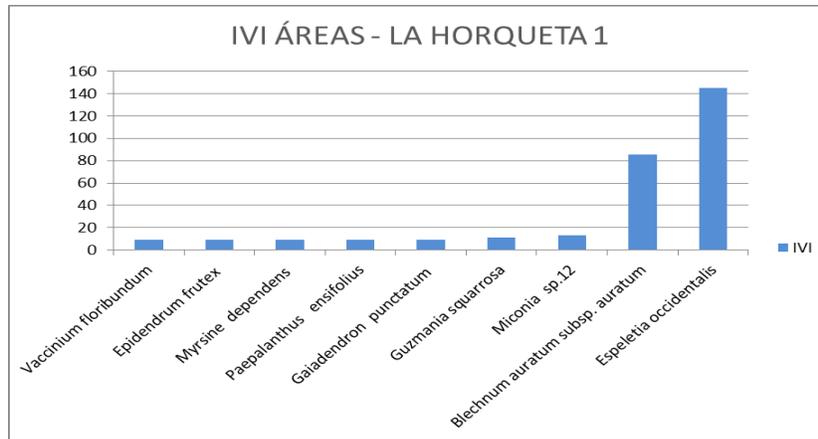


Figura 100 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 1 del cerro La Horqueta

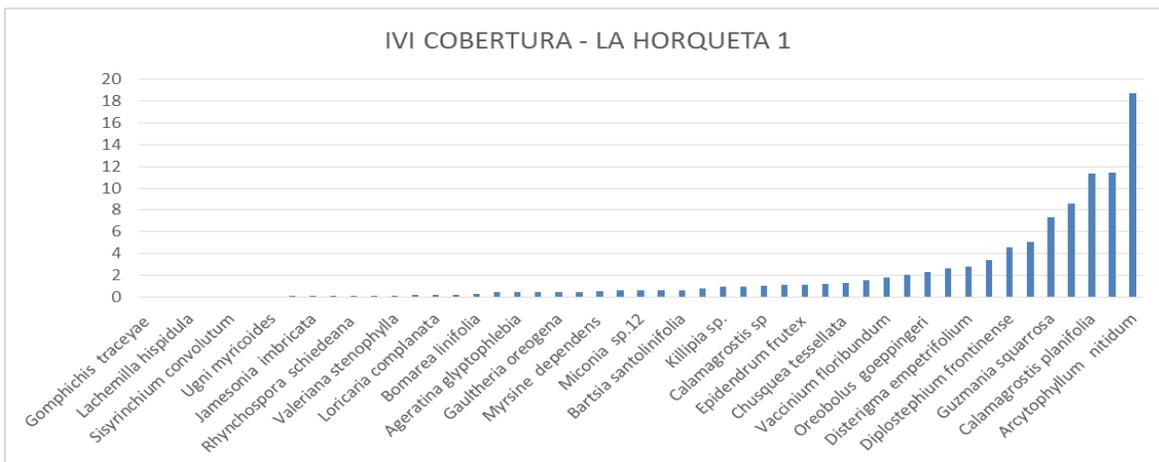


Figura 101 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 1 del cerro La Horqueta

Blechnum auratum subsp. auratum también tuvo un alto valor de IVI entre las especies medidas en áreas basales (Figura 100), mientras en porcentaje de cobertura fue *Arcytophyllum nitidum* la especie de mayor IVI (Figura 101) aunque alcanzando solo un valor de 18.

1.5.5.2 ESTACIÓN 2 (3540 m)

En esta estación se presenta un valor cercano a 3 en el índice de diversidad (Figura 70) con el segundo mayor valor de riqueza del transecto. Al igual que en la estación 1, *E. occidentalis* representó el mayor valor de IVI (Figura 102) y de abundancia relativa (Figura 97). Se presentaron 17 especies con el máximo valor de frecuencia relativa (Figura 98) entre las que se encuentra *E. occidentalis*.

Similar a lo observado en la estación 1, las formas de crecimiento fueron muy variadas, aunque con igual dominancia de elementos herbáceos y rosetas.

La especie medida en porcentaje de cobertura que presentó el más alto valor de IVI fue *Calamagrostis effusa* (Figura 103) con un valor de 34.

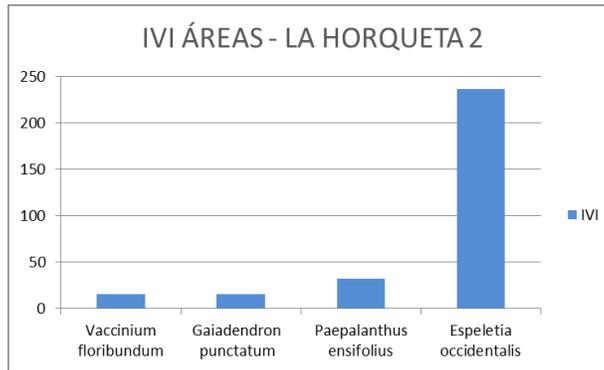


Figura 102 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 2 del cerro La Horqueta

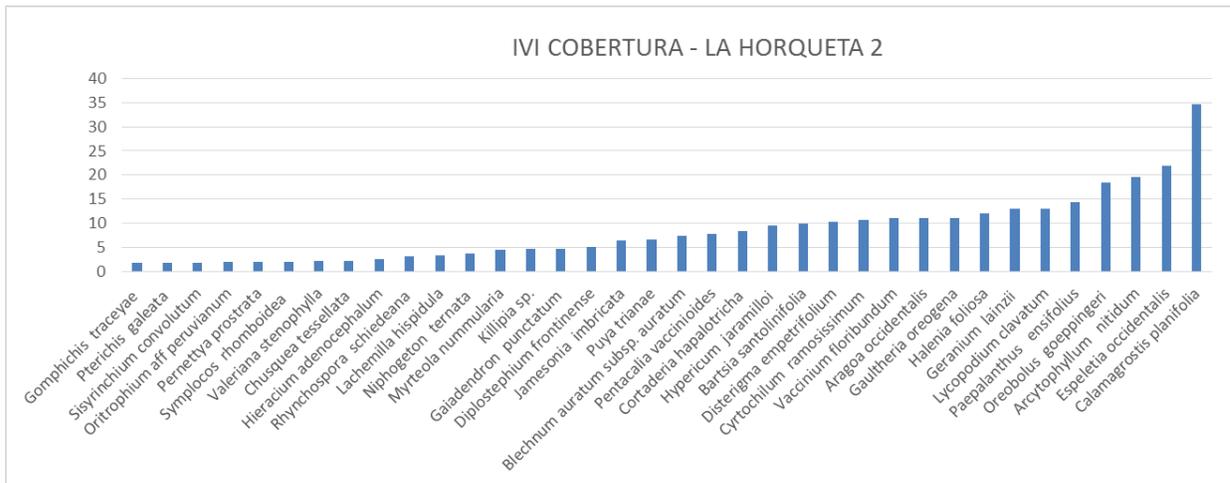


Figura 103 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 2 del cerro La Horqueta

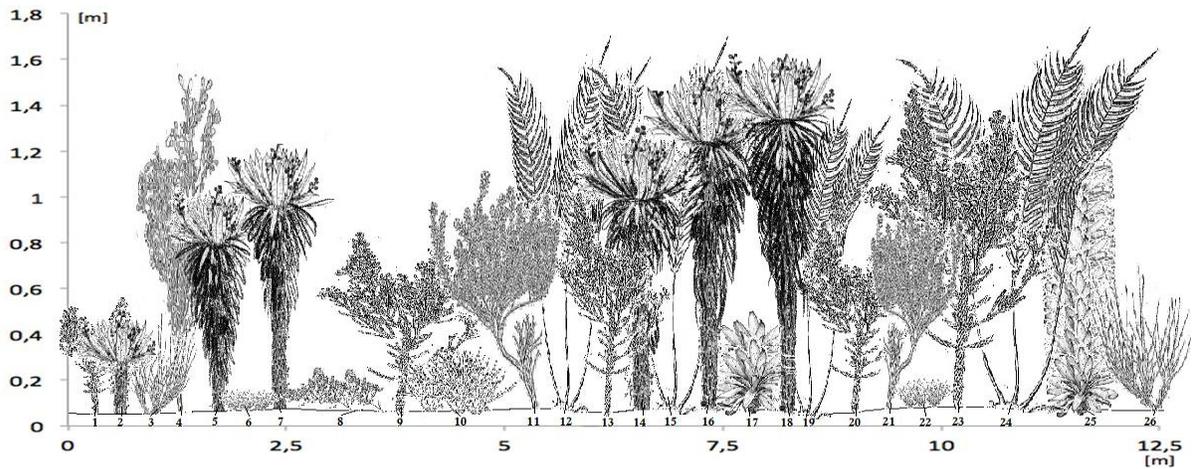


Figura 104 Perfil de la vegetación de herbazal en el páramo La Horqueta.

Tabla 23 Datos de las especies del perfil de herbazal en el páramo La Horqueta

N.º Planta	Código	Especie
1	OJ4493	<i>Arcytophyllum nitidum</i>
2	OJ4517	<i>Espeletia occidentalis</i>
3	OJ4494	<i>Calamagrostis</i> sp
4	OJ4505	<i>Gaiadendron punctatum</i>
5	OJ4509	<i>Espeletia occidentalis</i>
6	OJ4497	<i>Oreobolus goeppingeri</i>
7	OJ4514	<i>Espeletia occidentalis</i>
8	OJ4525	<i>Disterigma empetrifolium</i>
9	OJ4519	<i>Arcytophyllum nitidum</i>
10	OJ4521	<i>Paepalanthus ensifolius</i>
11	OJ4534	<i>Diplostephium frontinoensis</i>
12	OJ4537	<i>Blechnum auratum</i> subsp. <i>auratum</i>
13	OJ4559	<i>Arcytophyllum nitidum</i>
14	OJ4542	<i>Espeletia occidentalis</i>
15	OJ4538	<i>Blechnum auratum</i> subsp. <i>auratum</i>
16	OJ4543	<i>Espeletia occidentalis</i>
17	OJ4564	<i>Guzmania squarrosa</i>
18	OJ4584	<i>Espeletia occidentalis</i>
19	OJ4581	<i>Blechnum auratum</i> subsp. <i>auratum</i>
20	OJ4560	<i>Arcytophyllum nitidum</i>
21	OJ4561	<i>Diplostephium frontinoensis</i>
22	OJ4572	<i>Oreobolus goeppingeri</i>
23	OJ4588	<i>Arcytophyllum nitidum</i>
24	OJ4586	<i>Blechnum auratum</i> subsp. <i>auratum</i>
25	OJ4585	<i>Guzmania squarrosa</i>
26	OJ4600	<i>Cortaderia hapalotricha</i>

1.5.5.3 ESTACIÓN 3 (3527 m)

La estación 3 se presenta como la segunda estación más diversa del sitio (Figura 70). Los mayores valores de abundancia relativa (Figura 97) fueron para *Disterigma microphyllum*, *Diplostephium rosmarinifolius* y *Themistoclesia epiphytica*, mientras 15 especies fueron comunes en todas las réplicas (Figura 98) entre las que se incluyen las más abundantes. *Disterigma microphyllum* también obtuvo un importante valor de IVI en las especies medidas con porcentaje de cobertura (Figura 106).

Esta estación estuvo dominada por elementos arbustivos y junto a la estación 4 fueron las únicas que presentaron escandentes leñosas.

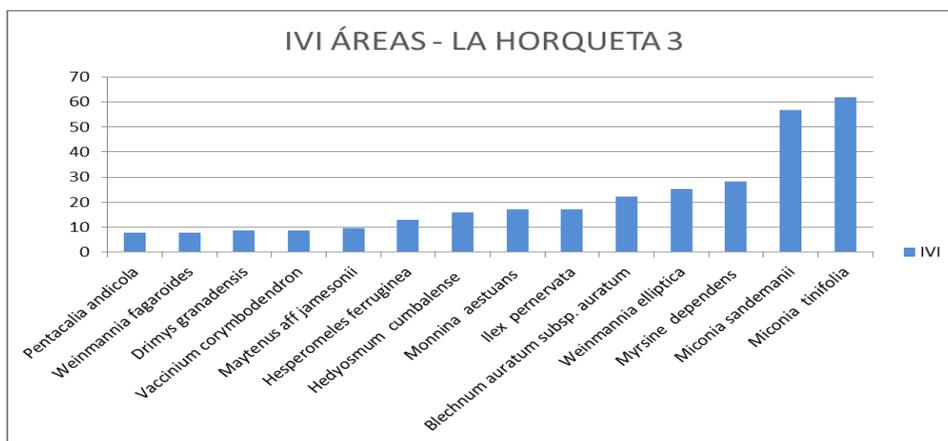


Figura 105 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 3 del cerro La Horqueta

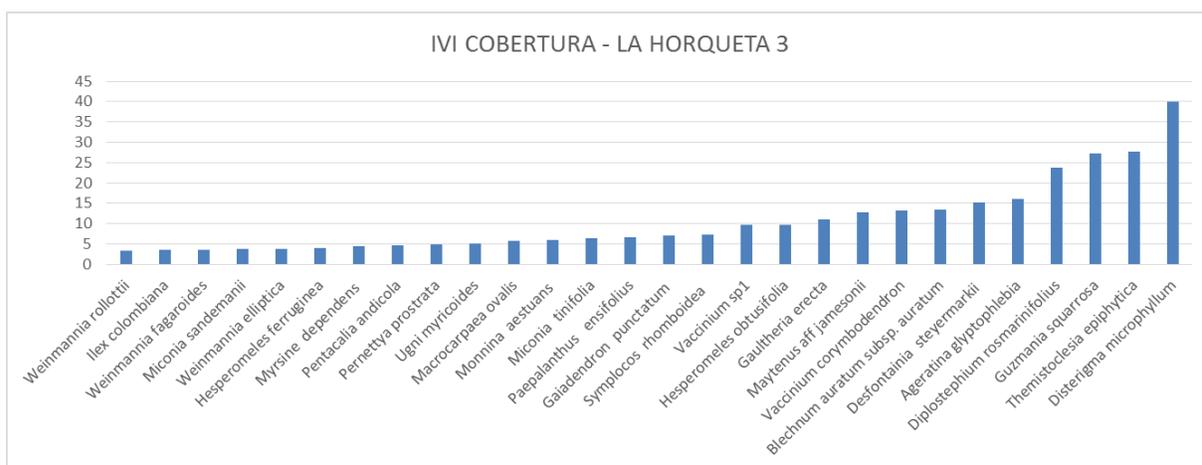


Figura 106 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 3 del cerro La Horqueta

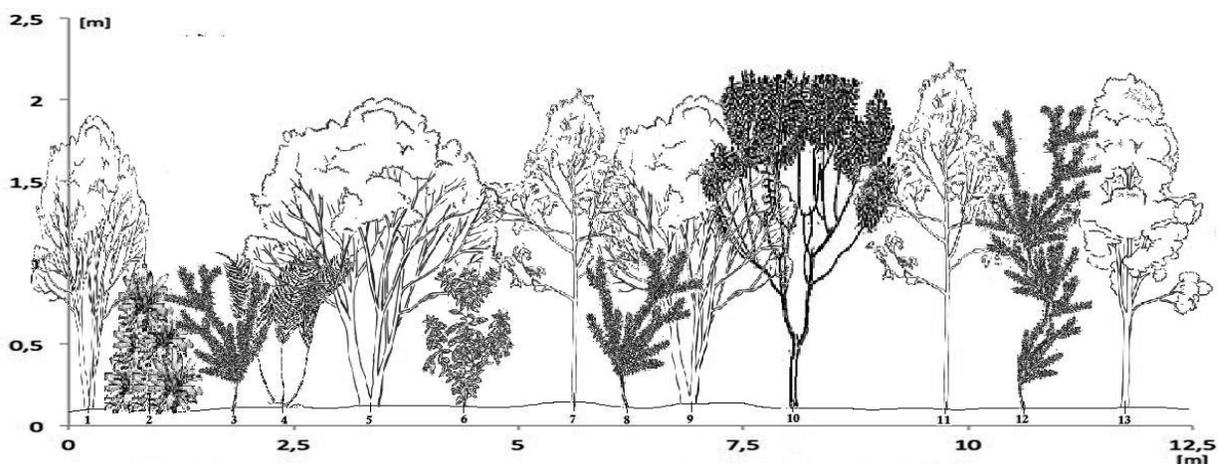


Figura 107 Perfil de la vegetación de arbustal en el páramo La Horqueta.

Tabla 24 Datos de las especies del perfil de arbustal en el páramo La Horqueta

N.º Planta	Código	Especie
1	OH9	<i>Miconia tinifolia</i>
2	OH1	<i>Guzmania squarrosa</i>
3	OH8	<i>Disterigma microphyllum</i>
4	OH3	<i>Blechnum auratum</i> subsp. <i>auratum</i>
5	OH18	<i>Miconia sandemanii</i>
6	OH23	<i>Desfontainia steyermarkii</i>
7	OH33	<i>Themistoclesia epiphytica</i>
8	OH28	<i>Miconia sandemanii</i>
9	OH43	<i>Diplostegium rosmarinifolius</i>
10	OH40	<i>Disterigma microphyllum</i>
11	OH44	<i>Themistoclesia epiphytica</i>
12	OH47	<i>Disterigma microphyllum</i>
13	OH51	<i>Drimys granadensis</i>

En la estación tres las especies registradas por áreas basales con mayor IVI fueron *Miconia tinifolia* y *Miconia sandemanii* (Figura 105), con valores de 61 y 56 respectivamente.

1.5.5.4 ESTACIÓN 4 (3485 m)

La estación 4 presenta un alto valor de diversidad (Figura 70). *Myrsine dependens*, *Themistoclesia epiphytica*, *Miconia tinifolia*, *Macrocarpea ovalis*, *Disterigma microphyllum* y *Drimys granadensis* fueron las especies de mayor valor de abundancia relativa (Figura 97), mientras que 17 especies fueron frecuentes en todas las réplicas (Figura 98).

Al igual que la estación anterior, esta se encuentra dominada por arbustos con más del 80%, con presencia de escandentes leñosas.

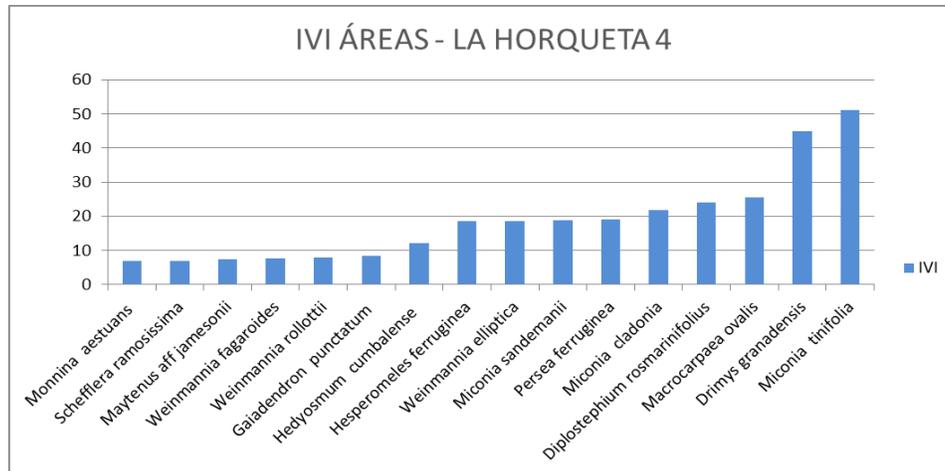


Figura 108 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 4 del cerro La Horqueta

Para la estación cuatro el mayor IVI de las especies medidas por áreas basales fue nuevamente (al igual que la estación anterior) para *M. tinifolia* (Figura 108) con un valor de 51, junto a *Drimys granadensis* con un valor de 44; entre las especies registradas en porcentaje de cobertura el máximo IVI lo obtuvo *Myrsine dependens* (Figura 109) con un valor superior a 61.

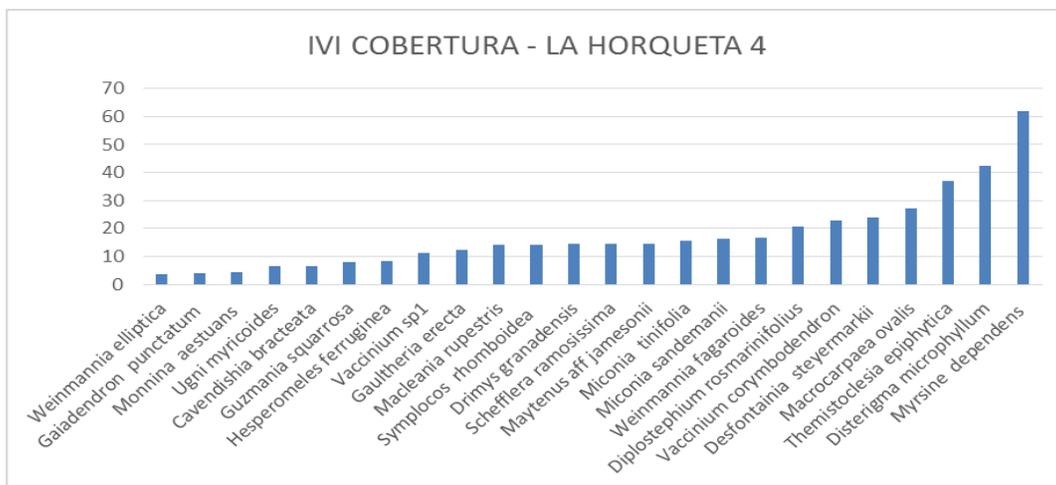


Figura 109 IVI de las especies registradas con porcentaje de cobertura en la estación 4 del cerro La Horqueta

1.5.5.5 ESTACIÓN 5 (3400 m)

Esta estación presentó un valor de diversidad cercano a 3 (Figura 70) y un relativo alto valor de riqueza. Las especies *Gordonia fruticosa* y *Clusia thurifera* tuvieron los máximos valores de IVI (Figura 110), abundancia y frecuencia. Otras especies

abundantes fueron *Weinmannia elliptica* y *Cavendishia macrocephala* (Figura 97) y frecuentes fueron *Cavendishia macrocephala*, *Miconia sandemanii*, *Ocotea sericea* y *Prunus* sp2.

La estación de bosque estuvo dominada por elementos arbóreos con cerca del 65% de representatividad.

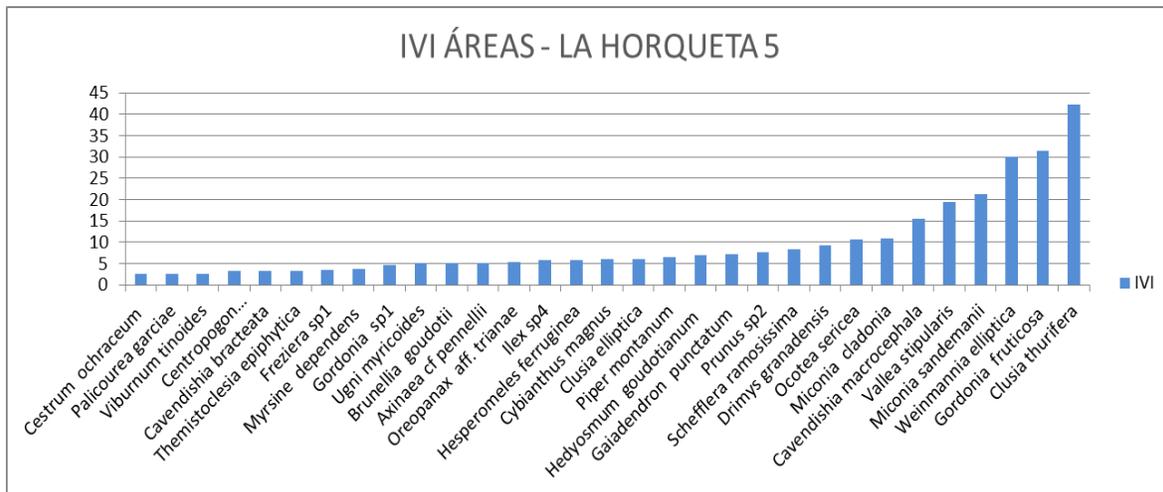


Figura 110 IVI de las especies registradas con áreas basales en la estación 5 del cerro La Horqueta

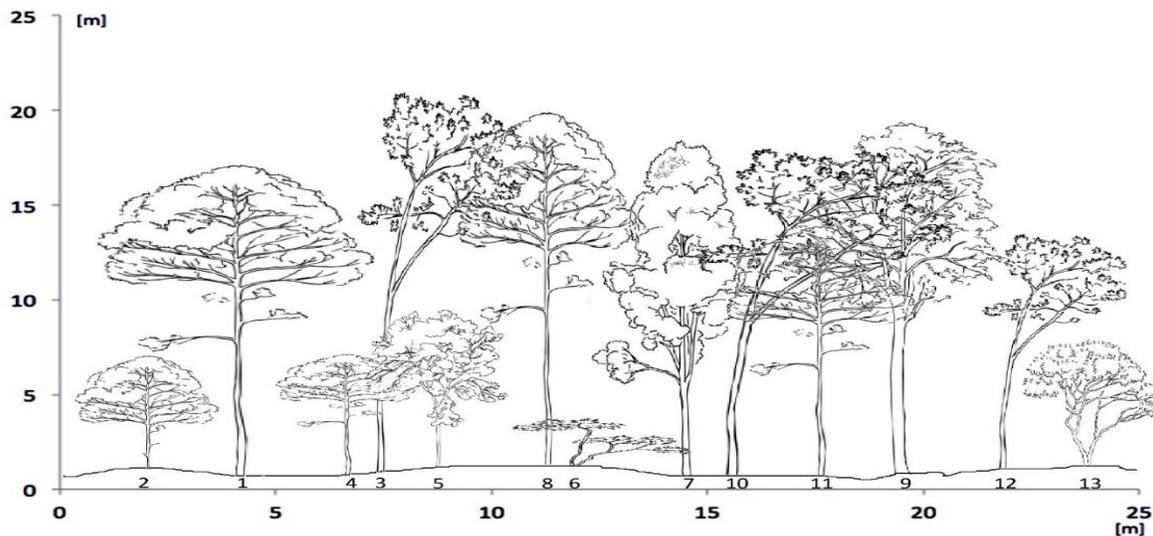


Figura 111 Perfil de la vegetación de bosque en el páramo La Horqueta.

Tabla 25 Datos de las especies del perfil de bosque en el páramo La Horqueta

N.º Planta	Código	Especie
1	OH329	Clusia thurifera
2	OH332	Clusia thurifera
3	OH345	Gordonia fruticosa
4	OH338	Clusia thurifera
5	OH343	Myrsine dependens
6	OH358	Drimys granadensis
7	OH359	Clusia thurifera
8	OH357	Cavendishia macrocephala
9	OH363	Myrsine dependens
10	OH362	Clusia thurifera
11	OH365	Gordonia fruticosa
12	OH375	Gordonia fruticosa
13	OH376	Cestrum ochraceum

- 1.5.5 ANÁLISIS DEL COMPLEJO

En total se elaboraron 23 estaciones de las cuales 9 pertenecieron al herbazal, igual número para el arbustal y 5 a bosque (una por sitio). Estos números se corresponden con un total de 69 réplicas, 27 en herbazales, 27 en arbustales y 15 en bosque. En Pená y El Junco se hicieron 4 estaciones en cada uno, debido al escaso rango altitudinal encontrado.

Tabla 26 Ubicación y caracterización de las estaciones en los páramos visitados del complejo de Urrao.

Páramo	Municipio	Departamento	Estación	Cobertura	Latitud	Longitud	Elevación
Pená	Abriaquí	Antioquia	1	Herbazal	6°30'14,12''	-76°2'20,81''	3460
			2	Herbazal	6°30'28''	-76°2'8''	3440
			3	Arbustal	6°30'38''	-76°2'11''	3380
			4	Bosque Altoandino	6°31'12''	-76°2'6''	3295
El Junco	Caicedo	Antioquia	1	Herbazal	6°30'18,33''	-76°3'29,8''	3413
			2	Arbustal	6°30'15,31''	-76°3'32,8''	3368
			3	Arbustal	6°29'54''	-76°3'32,7''	3255
			4	Bosque Altoandino	6°29'39,96''	-76°3'29,88''	3168
El Sol	Urrao	Antioquia	1	Herbazal	6°27'40,6''	-76°6'6,9''	3770
			2	Herbazal	6°28'52,1''	-76°6'30,4''	3660
			3	Arbustal	6°29'6,8''	-76°6'53,2''	3578
			4	Arbustal	6°29'11,4''	-76°6'34,1''	3518
			5	Bosque Altoandino	6°29'16''	-76°6'39''	3469
Cerro Plateado	Salgar	Antioquia	1	Herbazal	6°0'12,14''	-76°5'43,9''	3700
			2	Herbazal	6°0'18,15''	-76°5'53,7''	3613

			3	Arbustal	6°0'32,26''	-76°5'59,47''	3558
			4	Arbustal	6°0'36,9''	-76°5'53,2''	3500
			5	Bosque Altoandino	6°0'40,9''	-76°5'49,52''	3400
La Horqueta	Abriaquí	Antioquia	1	Herbazal	6°34'9,51''	-76°7'57,1''	3574
			2	Herbazal	6°34'4,51''	-76°7'54,4''	3540
			3	Arbustal	6°34'3,5''	-76°7'53,2''	3520
			4	Arbustal	6°34'8,67''	-76°7'52,15''	3485
			5	Bosque Altoandino	6°34'2,7''	-76°7'47,19''	3400

El rango altitudinal de los sitios muestreados se extendió desde los 3168 m en el páramo El Junco, hasta los 3770 m en El Sol, siendo estos los sitios de menor y mayor areal de páramo del complejo. Los de mayor gradiente altitudinal entre las estaciones fueron EL Sol y Cerro Plateado con 301 y 300 m respectivamente, mientras los menores gradientes se encontraron en Pená y La Horqueta con 165 y 174 m respectivamente.

Se muestra cierto orden entre las variables de área y altura máxima de páramo, y el ascenso de la vegetación, ya que en los sitios de mayor área y altura, las coberturas vegetales también ascienden más y visceversa. En los sitios de menor altura también tiende a presentarse franjas de arbustales y herbazales muy estrechas altitudinalmente.

Las coberturas de arbustal se registraron entre los 3255 m como nivel inferior en el páramo El Junco, y con un valor superior de 3578 m en el páramo El Sol, mientras que los herbazales se registraron desde los 3413 m hasta 3770, ubicados en los mismos sitios anteriores. En el caso de los páramos El Pená y El Junco, la franja de vegetación arbustiva y herbácea presentaba escasos gradientes altitudinales, por lo que no fue posible elaborar las estaciones establecidas en la metodología, en el caso de El Pená solo se elaboró una de arbustal y ubicada sobre los 3380 m, mientras en el El Junco solo una de herbazal a los 3413 m.

Las diferencias altitudinales entre estaciones demuestran la escasez de la zona transicional entre el bosque altoandino y el páramo en el complejo de Frontino-Urrao. En general el nivel altitudinal de la franja transicional varía de acuerdo a otras características como la exposición a los vientos y condiciones orográficas.



Figura 112 Izquierda: fragmento de vegetación paramuna inmersa en bosque (Cerro Plateado). Derecha: arbustales por encima del páramo (El Sol).

La zona de páramo generalmente presenta grandes poblaciones de *Espeletia frontinoensis* y *E. praefrontina* junto a una alta abundancia de gramíneas y plantas formadoras de cojines. Es común encontrar fragmentos boscosos de arbustales inmersos en la vegetación paramuna (Figura 112), principalmente en cañadas y zonas menos expuestas a los vientos. Aunque menos común, también se observaron fragmentos de vegetación paramuna inmersos en el bosque (Figura 112) aproximadamente a 3000 m, e individuos de *E. frontinoensis* que alcanzaban cerca de 5 metros de altura en la transición.

La cobertura de bosque esta bien conservada en gran la mayoría de los sitios visitados, debido principalmente a las fuertes pendientes, la lejanía de los sitios y el conflicto armado que afecto esta zona.

Tabla 27 Especies registradas en el complejo de Urrao ordenadas por familias, mostrando el número de registros por transecto, con la categoría de amenaza en Colombia y su nombre común.

FAMILIA / Especie	A	C	O	P	U	Total general	Amenaza	Nombre Común
ADOXACEAE	1	1	1	9		12		
Viburnum antioquiense		1				1		Sauco
Viburnum pichinchense				9		9		Doblador
Viburnum tinoides			1			1		Garrocho pita
Viburnum undulatum	1					1		
ALSTROEMERIACEAE	1		4	7	4	16		
Bomarea lehmannii				2		2		
Bomarea linifolia	1		4	5	4	14		Cortapicos

APIACEAE	4	10	5	19	2	40		
Niphogeton ternata	4	10	5	19	2	40		
AQUIFOLIACEAE	9	18	6	20	3	56		
Ilex pernervata			2	2	2	6		
Ilex sp1	1			1		2		
Ilex aff. colombiana	2				1	3		
Ilex aff. obtusata				17		17		
Ilex colombiana		4	1			5		Cardenillo
Ilex laurina	1					1		Cardenillo, Algodón
Ilex sp4	5	14	3			22		
ARACEAE	10	14			17	41		
Anthurium oxybelium	10				17	27		Anturio
Anthurium salgarensis		14				14		Anturio
ARALIACEAE	17	28	13	3	14	75		
Oreopanax aff. argentatus	1			3		4		Cincodedos
Oreopanax aff. discolor	6	4			7	17		Cincodedos
Oreopanax aff. trianae			2			2		Cincodedos
Schefflera bogotensis	6	7				13		Chaflera
Schefflera ramosissima			11		7	18		Chaflera
Schefflera sp1	4					4		Chaflera
Schefflera trianae		17				17		Pategallina, Pata de gallina, Candelabro
ASTERACEAE	900	357	218	226	615	2316		
Ageratina glyptophlebia			9	10		19		
Asteraceae indet								
Baccharis antioquensis					3	3		Chilco
Baccharis brachylaenoides		1				1		Chilco
Baccharis tricuneata					10	10		Mosquito
Badilloa sonsonensis				4		4		
Critoniopsis bogotana				1		1		
Diplostegium alveolatum					23	23		

<i>Diplostephium antioquense</i>				12		12		
<i>Diplostephium bicolor</i>		3		13		16		
<i>Diplostephium cinerascens</i>		2			7	9		
<i>Diplostephium frontinense</i>		5	16		5	26		
<i>Diplostephium rosmarinifolius</i>	29	25	20			74		Romero de páramo
<i>Diplostephium schultzei</i>					1	1		
<i>Espeletia frontinoensis</i>	250	74		177	503	1004	LC	Frailejón
<i>Espeletia occidentalis</i>			158			158	NT	Frailejón
<i>Espeletia praefrontina</i>	612	246			37	895	DD	Frailejón
<i>Gnaphalium paramorum</i>	2					2		
<i>Gynoxys tolimensis</i>				1	1	2		
<i>Hieracium adenocephalum</i>	6		3	6	4	19		
<i>Jungia coartata</i>	1					1		
<i>Loricaria complanata</i>			1			1		
<i>Mikania aschersonii</i>				1		1		
<i>Mikania cordifolia</i>				1		1		
<i>Munnozia jussieui</i>		1			4	5		
<i>Oritrophium aff peruvianum</i>			2			2		
<i>Oritrophium peruvianum</i>					4	4		
<i>Pentacalia andicola</i>			3			3		
<i>Pentacalia vaccinioides</i>			6		13	19		
BEGONIACEAE	1					1		
<i>Begonia antioquensis</i>	1					1		Begonia
BERBERIDACEAE					1	1		
<i>Berberis psilipoda</i>					1	1		
BLECHNACEAE	56	21	36	207	97	417		
<i>Blechnum auratum</i> subsp. <i>auratum</i>	2	15	36	30	80	163		
<i>Blechnum auratum</i> subsp. <i>columbiense</i>	41	4		177		222		
<i>Blechnum lechleri</i>		2				2		
<i>Blechnum loxense</i>	13				17	30		

BROMELIACEAE	134	112	28	35	11	320		
<i>Greigia danielii</i>	18	108			9	135	NT	Piñuela de monte
<i>Guzmania confinis</i>	2			30		32	LC	Cardo
<i>Guzmania coriostachya</i>		4				4	LC	Cardo
<i>Guzmania nidularioides</i>	102					102	NT	
<i>Guzmania squarrosa</i>	3		22	5		30	LC	Cardo
<i>Puya</i> sp.	6					6		Puya
<i>Puya trianae</i>			6		2	8	LC	Puya
<i>Racinaea riocreuxii</i>	3					3	LC	Cardo
BRUNELLIACEAE	2	3	1		5	11		
<i>Brunellia</i> aff. <i>goudotii</i>		1				1		Balzo
<i>Brunellia goudotii</i>	2	2	1		5	10		Balzo
CAMPANULACEAE		1	2			3		
<i>Centropogon glaucotomentosus</i>		1	2			3		Lechero
CAPRIFOLIACEAE			3	1		4		
<i>Valeriana</i> aff. <i>laurifolia</i>				1		1		Valeriana
<i>Valeriana bracteata</i>			1			1		Valeriana
<i>Valeriana stenophylla</i>			2			2		Valeriana
CELASTRACEAE	11	16	11	18	1	57		
<i>Maytenus</i> aff. <i>jamesonii</i>	11	12	11		1	35	EN	
<i>Maytenus</i> aff. <i>novograntensis</i>				1		1		
<i>Maytenus novograntensis</i>				17		17		
<i>Maytenus verticillata</i>		4				4		
CHLORANTHACEAE	7	30	9			46		
<i>Hedyosmum cumbalense</i>	7	26	5			38		Silbo silbo
<i>Hedyosmum goudotianum</i>		4	4			8		Silbo silbo
CLETHRACEAE	4					4		
<i>Clethra fagifolia</i>	4					4		Chiriguaco, Cargagua
CLUSIACEAE	11	19	21		1	52		
<i>Clusia</i> aff. <i>callejasii</i>	4					4		Chagualo
<i>Clusia elliptica</i>	7	19	3		1	30		Chagualo

Clusia thurifera			18			18		Cucharo
COLUMELLIACEAE			14	11		25		
Desfontainia steyermarkii			14	11		25		
CULCITACEAE	1	1				2		
Culcita conifolia	1	1				2		
CUNNONIACEAE	59	85	35	17	59	255		
Weinmannia elliptica	58	54	25	2	15	154		Encenillo
Weinmannia fagaroides			8		11	19		Encenillo
Weinmannia multijuga	1	26		3	5	35		Encenillo
Weinmannia pubescens		5				5		Encenillo, Encenillo crespo, Carbonero
Weinmannia rollottii			2	12	28	42		Encenillo
CYATHEACEAE	7	21		34	5	67		
Cyathea andina	1					1	CITES II	Zarro
Cyathea pauciflora		18			2	20	CITES II	Zarro
Cyathea rufa				9	3	12	CITES II	Zarro
Cyathea sp.1	6	3				9	CITES II	
Cyathea sp.2				25		25	CITES II	
CYCLANTHACEAE	67	9				76		
Sphaeradenia lauchiana	67	9				76		
CYPERACEAE	36	9	24	6	32	107		
Bulbostylis juncooides	21		1			22		
Oreobolus goeppingeri	14	9	19		13	55		
Rhynchospora cf. locuples				1		1		
Rhynchospora ruiziana					19	19		
Rhynchospora schiedeana	1		4	5		10		
DRYOPTERIDACEAE	6	1		1	3	11		
Elaphoglossum albescens	3					3		
Elaphoglossum cf. affine	1					1		
Elaphoglossum engelii					3	3		
Elaphoglossum eximium	2					2		

Elaphoglossum paramicola		1				1		
Elaphoglossum sp.1				1		1		
ELAEOCARPACEAE			1	6		7		
Vallea stipularis			1	6		7		Raque, Campano, Sanjuanito
ERICACEAE	117	109	168	170	131	695		
Bejaria resinosa	19	7			12	38		Carbonero
Cavendishia aff guatapeensis	3	6				9		Uvito
Cavendishia bracteata	29	9	4		10	52		Uvito
Cavendishia grossa	5	18				23		
Cavendishia killipii	3					3		
Cavendishia macrocephala	2		15		2	19		
Cavendishia pubescens				19		19		
Cavendishia tarapotana		2				2		
Disterigma alaternoides	1	2				3		
Disterigma empetrifolium	2	14	21	51	3	91		
Disterigma microphyllum	10		27	25	27	89		
Gaultheria aff amoena			1			1		
Gaultheria anastomosans	4				5	9		Mortiño
Gaultheria erecta	5	9	7	5	10	36		Mortiño, Uva
Gaultheria oreogena			14			14		
Macleania aff rupestris		1				1		Uva de perro
Macleania rupestris			4			4		
Pernettya prostrata			8	8	18	34		Borrachero, Mortiño venenoso, Uvito de monte
Themistoclesia epiphytica			28	32		60		
Themistoclesia pennellii			3	4		7		
Thibaudia floribunda		10		2		12		
Vaccinium corymbodendron	25	30	11	24	19	109		Mortiño
Vaccinium floribundum	9	1	19		25	54		Mortiño
Vaccinium sp1			6			6		Mortiño

ERIOCAULACEAE	28	14	32	29	6	109		
Paepalanthus ensifolius	28	14	32	29	6	109		
ESCALLONIACEAE					3	3		
Escallonia aff. myrtilloides					3	3		Chilco
GENTIANACEAE	2	2	33			37		
Halenia foliosa			19			19		
Macrocarpaea aff harlingii	2	2				4	VU	Tabaquillo
Macrocarpaea ovalis			14			14		Tabaquillo
GERANIACEAE	25	7	27		17	76		
Geranium lainzii	25	7	27		17	76		
GESNERIACEAE	2					2		
Columnea acuminata	1					1		Sangre
Columnea aff acuminata	1					1		Sangre
GLEICHENIACEAE		3				3		
Sticherus rubiginosus		3				3		Pategallina
HYMENOPHYLLACEAE	4					4		
Hymenophyllum cf. polyanthos	3					3		
Hymenophyllum lindenii	1					1		
HYPERICACEAE			15	36	9	60		
Hypericum costaricense					9	9		Pino de paramo
Hypericum jaramilloi			15	19		34		Pino de paramo
Hypericum juniperinum				17		17		Chite
IRIDACEAE	1		3		10	14		
Sisyrinchium convolutum			2			2		Espadilla
Sisyrinchium palmifolium					10	10		Espadilla
Sisyrinchium trinerve	1		1			2		Espadilla
LAURACEAE	7	30	8	15	19	79		
Ocotea sericea	1	15	6		3	25		
Persea aff ferruginea				1		1		Laurel
Persea aff mutissi		14				14		Laurel
Persea ferruginea	6		2	14	16	38		Laurel
Persea sp3		1				1		

LORANTHACEAE	29	18	16	26	14	103		
Gaiadendron punctatum	29	18	16	26	14	103		Platero, Tagua
LYCOPODIACEAE	23	5	21	2	38	89		
Lycopodium clavatum	16	1	21	2	30	70		Colchón de pobre
Lycopodium jussiaei		4				4		Colchón de pobre
Phlegmariurus brevifolia	7					7		
Phlegmariurus ocananus					8	8		
MELASTOMATACEAE	43	122	74	91	67	397		
Axinaea cf merianiae		5				5	LC	
Axinaea cf pennellii			2			2	CR	
Killipia sp.			5			5		
Meriania acostae					17	17	EN	Miona
Meriania aff mutissi		4				4		
Meriania brachycera		8				8		
Meriania mutisii	5					5		Nigüito
Miconia cf. ligustrina	2					2		
Miconia cf. resima					18	18		
Miconia cladonia			12			12		
Miconia ligustrina	19	9			7	35		
Miconia sp.12			8			8		
Miconia sp.7					2	2		
Miconia sp.8	11	35				46		
Miconia tinifolia		39	19	32	19	109		Nigüito
Miconia jahnii				23		23		Nigüito
Miconia mutisiana	1					1		Nigüito
Miconia salicifolia					3	3		
Miconia sandemanii	4		28		1	33		
Tibouchina grossa				36		36		Sietecueros rojo
Tibouchina lepidota	1	22				23		Sietecueros
MELIACEAE				1		1		

Ruagea hirsuta				1		1		
MYRTACEAE	32	8	14	40	3	97		
Eugenia sp		4				4		
Myrteola nummularia	28	1	7	10	3	49		
Ugni myricoides	4	3	7	30		44		
ORCHIDACEAE	29	10	25	11	4	79		
Acronia scabrilinguis	1					1	CITES II	
Cyrtochilum ramosissimum	10	7	15	3		35	CITES II	
Elleanthus aurantiacus	1	2				3	CITES II	
Elleanthus maculatus		1				1	CITES II	
Epidendrum frutex	12		7	2	4	25	CITES II	
Gomphichis caucana				4		4	CITES II	
Gomphichis traceyae			2			2	CITES II	
Pleurothallis secunda	5					5	CITES II	
Pterichis galeata			1			1	CITES II	
Stelis alba				2		2	CITES II	
OROBANCHACEAE	8		15		1	24		
Bartsia laniflora	1					1		
Bartsia santolinifolia	7		15			22		
Castilleja integrifolia					1	1		
PENTAPHYLACACEAE	1	22	2		3	28		
Freziera aff. candicans		1				1		Cerezo
Freziera sp1			2		3	5		Cerezo
Ternstroemia meridionalis	1	21				22		Carrumio, Trompo
PIPERACEAE	4		4			8		
Piper montanum	4		4			8		Cordoncillo
PLANTAGINACEAE			9	21	25	55		
Aragoa occidentalis			9	21	25	55		
POACEAE	24	10	53	40	35	162		
Bromus sp			1			1		
Calamagrostis cf effusa	10					10		

Calamagrostis effusa	9			3	29	41		
Calamagrostis planifolia			26		4	30		
Calamagrostis sp	4		2			6		
Chusquea latifolia				19		19		Chusco
Chusquea scandens	1					1		
Chusquea tessellata			5	4		9		
Cortaderia cf nitida		2				2		Cortadera
Cortaderia hapalotricha		4	19			23		
Cortaderia nitida		4		11		15		Cortadera
Cortaderia sp.1				2		2		
Holcus lanatus					2	2		Falsa poa
Neurolepis aperta				1		1		Sorbetana
POLYGALACEAE	5	9	7	10	2	33		
Monnina aestuans	5	7	7		2	21		Rustico
Monnina aff. reticulata				10		10	LC	
Monnina fastigiata		2				2		Bodoquera
POLYPODIACEAE	5		1	22	4	32		
Melpomene flabelliformis					3	3		
Melpomene moniliformis			1	22	1	24		
Serpocaulon eleutherophlebium	1					1		
Serpocaulon nanegalense	1					1		
Terpsichore sp	3					3		
PRIMULACEAE	45	54	35	9	8	151		
Cybianthus humilis				1		1		
Cybianthus laurifolius		7				7		Espadero
Cybianthus magnus			3			3		
Cybianthus marginatus	7					7		
Cybianthus pastensis	2	19				21		
Geissanthus andinus	15	14				29		
Geissanthus occidentalis	12	7				19		Huesito, Cacho de venado
Geissanthus sp 2		1				1		

<i>Myrsine coriacea</i>	7					7		Espadero, Chagualo
<i>Myrsine dependens</i>	2	6	32	8	8	56		Espadero
PTERIDACEAE			7	4	11	22		
<i>Jamesonia imbricata</i>			7	4	11	22		
ROSACEAE	23	33	23	28	9	116		
<i>Hesperomeles ferruginea</i>	16	27	11	5		59		Mote
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>		5	5	22	1	33		Mortiño, Mote
<i>Lachemilla hispidula</i>			4		2	6		
<i>Prunus sp2</i>	7	1	3	1	6	18		
RUBIACEAE	30	34	32	5	31	132		
<i>Arcytophyllum muticum</i>					5	5		
<i>Arcytophyllum nitidum</i>	22	11	31		20	84		
<i>Galium hypocarpium</i>					1	1		Brujita negra, Brujo
<i>Ladenbergia macrocarpa</i>		1				1		Quina, Quina blanca, Azuceno
<i>Manettia recurva</i>				1		1		
<i>Nertera granadensis</i>					3	3		
<i>Palicourea amethystina</i>	1					1		
<i>Palicourea apicata</i>	6	19				25		Aguadulce
<i>Palicourea garciae</i>		1	1	4	2	8		Aguadulce
<i>Palicourea zarucchii</i>	1	2				3		
SANTALACEAE				1		1		
<i>Dendrophthora densifolia</i>				1		1		
SOLANACEAE			1			1		
<i>Cestrum ochraceum</i>			1			1		
SYMPLOCACEAE	14		8	19	3	44		
<i>Symplocos mucronata</i>				6		6		
<i>Symplocos rhomboidea</i>	14		8	13	3	38		
THEACEAE	13	20	24		10	67		
<i>Gordonia fruticosa</i>	7	11	21			39		Quimulá

Gordonia sp1	6	9	3		10	28		
THELYPTERIDACEAE					1	1		
Thelypteris retrorsa					1	1		
WINTERACEAE	2	2	15	1		20		
Drimys granadensis	2	2	15	1		20		Canelo de páramo, Canelo, Ají
XYRIDACEAE	11					11		
Xyris columbiana	1					1		
Xyris subulata	10					10		

A: Pená, C: Juncos, U: El Sol, P: Plateado, O: Horqueta

En el complejo de Urrao se encontraron en total 258 especies (Tabla 27), pertenecientes a 129 géneros de 61 familias, con un total de 6782 registros. Las familias más diversas en cuanto a número de especies fueron Asteraceae (29 spp), Ericaceae (24 spp), Melastomataceae (21 spp) y Poaceae (13 spp), seguidas por Primulaceae, Rubiaceae y Orchidaceae con 10 spp cada una. Los géneros más diversos fueron *Miconia* (12 spp), *Cavendishia* (7 spp), *Diplostegium* (7 spp), *Ilex* (7 spp) y *Elaphoglossum* (6 spp). De las especies censadas, 32 se encuentran categorizadas en algún grado de amenaza por la IUCN o en el apéndice CITES II (Tabla 27).

Tabla 28 Abundancia, Riqueza e Índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson en el complejo de Frontino-Urrao.

	TRANSECTO				
	PENA	EL JUNCO	EL SOL	CERRO PLATEADO	LA HORQUETA
Riqueza	116	98	88	82	99
Abundancia	1871	1272	1334	1201	1104
Simpson	0,1337	0,05795	0,1528	0,05613	0,03447
Shannon-Wiener	3,139	3,676	3,137	3,562	3,991
Simpson_1-D	0,8663	0,9421	0,8472	0,9439	0,9655

Según el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Tabla 28), se encontró alta diversidad en todos los sitios, con valores para este índice entre 3 y 4, siendo el páramo más diverso La Horqueta, seguido por El Junco y Cerro Plateado. Además se presenta una alta heterogeneidad, lo cual es congruente con el valor de Simpson. Estos resultados evidencian una comunidad muy diversa y con baja dominancia de especies.

El estudio presenta resultados similares a los obtenidos por Rangel et al (2005), donde se registraron 271 especies pertenecientes a 156 géneros de 57 familias. Alzate et al. (Datos aún no publicados) encontró en el complejo Frontino-Urrao, a la familia Asteraceae como la más diversa, sin embargo la familia Orchidaceae que continuó en orden de importancia en los resultados obtenidos por el autor, no fue tan abundante ni diversa en los resultados de este muestreo. Este resultado puede atribuirse a los métodos de muestreo empleados.

Las familias (Figura 113) Asteraceae, Ericaceae y Melastomataceae son las más abundantes, siendo Asteraceae mucho mas dominante con respecto a las demás. Otras familias abundantes aunque no muy diversas, en este complejo, fueron Blechnaceae, Bromeliaceae y Cunnoniaceae.



Figura 113 Abundancia por familia en el Complejo Frontino-Urrao

El gráfico de abundancia por género (Figura 114) muestra que *Espeletia* es marcadamente más abundante que los demás géneros. Se puede resaltar también que los dos géneros más abundantes son propios de las coberturas de herbazales, mientras los cinco géneros siguientes eran comunes en diferentes coberturas y particularmente más dominantes en unas de ellas.

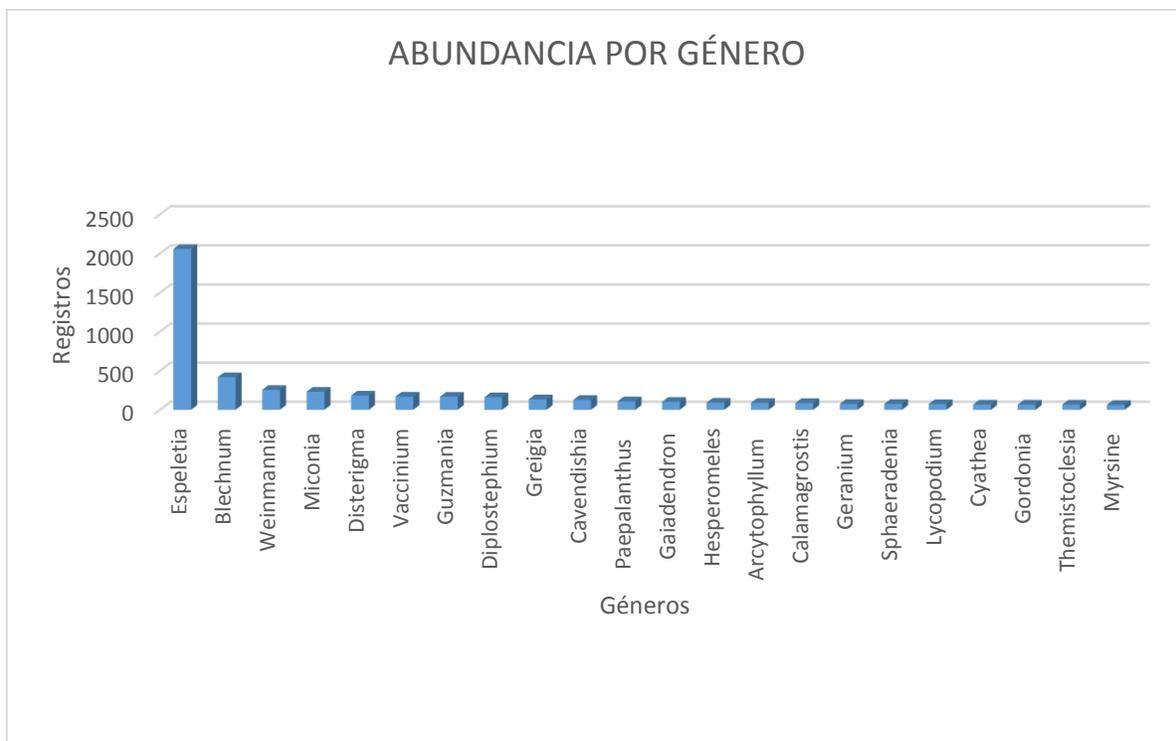


Figura 114 Abundancia por género en el Complejo Frontino-Urrao.

Alzate et al (datos aún no publicados) registraron 444 especies de Angiospermas para este complejo, durante el inventario de la flora angiosperma de los páramos de Antioquia, aunque su metodología incluyó colecta de material vegetal e inclusión de registros de los herbarios, lo que puede explicar la gran diferencia con los resultados aquí consignados. Comparando ambos datos obtenidos, el complejo continúa siendo uno de los más diversos en el departamento.

Se encontraron 14 nuevos registros para la flora de Antioquia en los muestreos del complejo: *Critoniopsis bogotana*, *Diplostephium bicolor*, *D. cinerascens*, *D. schultzii*, *Gaultheria oreogena*, *G. aff amoena*, *Gnaphalium paramorum*, *Ilex colombiana*, *Meriania acostae*, *M. brachycera*, *M. mutisii*, *Miconia mutisiana*, *Mikania cordifolia* y *Pentacalia andicola*.



Figura 115 Algunas especies comunes observadas en el complejo de Urao. De izquierda a derecha arriba: *Epidendrum frutex*, *Cyrtochilum ramosissimum*, *Espeletia frontinoensis*. Abajo: *Paepalanthus ensifolius*, *Aragoa occidentalis*, *Blechnum auratum*.

Doce especies fueron comunes en todos los transectos: *Blechnum auratum* subsp. *auratum*, *Disterigma empetrifolium*, *Gaiadendron punctatum*, *Gaultheria erecta*, *Lycopodium clavatum*, *Myrsine dependens*, *Myrteola nummularia*, *Niphogeton ternata*, *Paepalanthus ensifolius*, *Prunus* sp2, *Vaccinium corymbodendron* y *Weinmannia elliptica*. Otras 25 especies también fueron comunes, registrándose en 4 de los 5 sitios: *Arcytophyllum nitidum*, *Bomarea linifolia*, *Brunellia goudotii*, *Cavendishia bracteata*, *Clusia elliptica*, *Cyrtochilum ramosissimum*, *Disterigma microphyllum*, *Drimys granadensis*, *Epidendrum frutex*, *Espeletia frontinoensis*, *Geranium lainzii*, *Gordonia* sp1, *Hesperomeles ferruginea*, *Hesperomeles obtusifolia*, *Hieracium adenocephalum*, *Maytenus* aff *jamesonii*, *Miconia tinifolia*, *Monnina aestuans*, *Oreobolus goeppingeri*, *Palicourea garciae*, *Persea ferruginea*,

Symplocos rhomboidea, *Ugni myricoides*, *Vaccinium floribundum* y *Weinmannia multijuga*.

Tabla 29 Especies registradas en las coberturas de arbustal y herbazal en el complejo de Urrao.

Especie	Herbazal	Arbustal
<i>Ageratina glyptophlebia</i>	9	10
<i>Aragoa occidentalis</i>	35	20
<i>Arcytophyllum muticum</i>	5	
<i>Arcytophyllum nitidum</i>	75	9
<i>Asteraceae indet</i>		4
<i>Axinaea cf merianiae</i>		5
<i>Baccharis antioquiensis</i>		3
<i>Baccharis tricuneata</i>	10	
<i>Badilloa sonsonensis</i>	4	
<i>Bartsia laniflora</i>		1
<i>Bartsia santolinifolia</i>	22	
<i>Bejaria resinosa</i>	18	20
<i>Berberis psilipoda</i>		1
<i>Blechnum auratum subsp. auratum</i>	41	122
<i>Blechnum lechleri</i>		2
<i>Blechnum loxense</i>	30	
<i>Bomarea lehmannii</i>	2	
<i>Bomarea linifolia</i>	14	
<i>Bromus sp</i>	1	
<i>Brunellia aff. goudotii</i>		1
<i>Bulbostylis juncoides</i>	22	
<i>Calamagrostis cf effusa</i>	10	
<i>Calamagrostis effusa</i>	41	
<i>Calamagrostis planifolia</i>	30	
<i>Calamagrostis sp</i>	6	
<i>Castilleja integrifolia</i>	1	
<i>Chusquea tessellata</i>	9	
<i>Cortaderia cf nitida</i>	2	
<i>Cortaderia hapalotricha</i>	23	
<i>Cortaderia nitida</i>	12	3
<i>Cortaderia sp.1</i>	2	
<i>Critoniopsis bogotana</i>	1	
<i>Cybianthus laurifolius</i>		7
<i>Cyrtochilum ramosissimum</i>	35	
<i>Dendrophthora densifolia</i>		1
<i>Desfontainia steyermarkii</i>		25

<i>Diplostegium antioquense</i>	12	
<i>Diplostegium bicolor</i>		16
<i>Diplostegium cinerascens</i>		9
<i>Diplostegium frontinense</i>	22	4
<i>Diplostegium rosmarinifolius</i>	44	30
<i>Diplostegium schultzii</i>	1	
<i>Disterigma empetrifolium</i>	65	26
<i>Disterigma microphyllum</i>	27	62
<i>Elaphoglossum cf. affine</i>	1	
<i>Elaphoglossum engelii</i>	3	
<i>Elaphoglossum paramicola</i>	1	
<i>Elaphoglossum sp.1</i>	1	
<i>Elleanthus aurantiacus</i>	3	
<i>Elleanthus maculatus</i>	1	
<i>Epidendrum frutex</i>	25	
<i>Escallonia aff. myrtilloides</i>	3	
<i>Espeletia frontinoensis</i>	992	12
<i>Espeletia occidentalis</i>	158	
<i>Eugenia sp</i>		4
<i>Freziera aff. candicans</i>	1	
<i>Galium hypocarpium</i>	1	
<i>Gaultheria aff amoena</i>	1	
<i>Gaultheria anastomosans</i>		9
<i>Gaultheria erecta</i>	19	17
<i>Gaultheria oreogena</i>	14	
<i>Geissanthus andinus</i>	5	24
<i>Geissanthus sp 2</i>		1
<i>Geranium lainzii</i>	75	1
<i>Gnaphalium paramorum</i>	2	
<i>Gomphichis caucana</i>	4	
<i>Gomphichis traceyae</i>	2	
<i>Guzmania confinis</i>	30	2
<i>Guzmania squarrosa</i>	12	18
<i>Gynoxys tolimensis</i>	1	1
<i>Halenia foliosa</i>	19	
<i>Hedyosmum cumbalense</i>	2	36
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	25	8
<i>Hieracium adenocephalum</i>	19	
<i>Holcus lanatus</i>	2	
<i>Hypericum costaricense</i>	9	
<i>Hypericum jaramilloi</i>	34	
<i>Hypericum juniperinum</i>	17	

<i>Ilex pernervata</i>	2	4
<i>Ilex aff. colombiana</i>	3	
<i>Ilex colombiana</i>	1	4
<i>Jamesonia imbricata</i>	22	
<i>Killipia sp.</i>	5	
<i>Lachemilla hispidula</i>	6	
<i>Loricaria complanata</i>	1	
<i>Lycopodium clavatum</i>	70	
<i>Lycopodium jussiaei</i>	4	
<i>Macleania aff rupestris</i>		1
<i>Macleania rupestris</i>		4
<i>Macroparpaea ovalis</i>		14
<i>Manettia recurva</i>	1	
<i>Maytenus aff novograntensis</i>	1	
<i>Maytenus novograntensis</i>	1	16
<i>Maytenus verticillata</i>		4
<i>Melpomene flabelliformis</i>	3	
<i>Melpomene moniliformis</i>	24	
<i>Meriania aff mutissi</i>		4
<i>Miconia sp.12</i>	8	
<i>Mikania aschersonii</i>		1
<i>Mikania cordifolia</i>		1
<i>Monnina aestuans</i>	7	14
<i>Monnina aff. reticulata</i>	5	5
<i>Monnina fastigiata</i>		2
<i>Myrteola nummularia</i>	49	
<i>Nertera granadensis</i>	3	
<i>Neurolepis aperta</i>		1
<i>Niphogeton ternata</i>	40	
<i>Oreobolus goeppingeri</i>	55	
<i>Oreopanax aff. argentatus</i>		4
<i>Oritrophium aff peruvianum</i>	2	
<i>Oritrophium peruvianum</i>	4	
<i>Paepalanthus ensifolius</i>	89	20
<i>Pentacalia andicola</i>		3
<i>Pentacalia vaccinioides</i>	19	
<i>Pernettya prostrata</i>	24	10
<i>Persea aff ferruginea</i>	1	
<i>Phlegmariurus brevifolia</i>	7	
<i>Phlegmariurus ocananus</i>	8	
<i>Pterichis galeata</i>	1	
<i>Puya trianae</i>	8	

<i>Rhynchospora cf. locuples</i>		1
<i>Rhynchospora ruiziana</i>	19	
<i>Rhynchospora schiedeana</i>	10	
<i>Serpocaulon nanegalense</i>	1	
<i>Sisyrinchium convolutum</i>	2	
<i>Sisyrinchium palmifolium</i>	10	
<i>Sisyrinchium trinerve</i>	2	
<i>Stelis alba</i>	2	
<i>Sticherus rubiginosus</i>	3	
<i>Themistoclesia pennellii</i>	7	
<i>Tibouchina grossa</i>	24	12
<i>Vaccinium corymbodendron</i>	47	62
<i>Vaccinium floribundum</i>	54	
<i>Vaccinium sp1</i>		6
<i>Valeriana aff laurifolia</i>	1	
<i>Valeriana bracteata</i>	1	
<i>Valeriana stenophylla</i>	2	
<i>Viburnum antioquiense</i>		1
<i>Weinmannia fagaroides</i>		19
<i>Weinmannia pubescens</i>	1	4
<i>Xyris columbiana</i>	1	
<i>Xyris subulata</i>	10	

La cobertura herbazal presentó el mayor número de especies con 138, seguida de bosque con 116 y arbustales con 110 (Tabla 27). Se encontraron un total de 142 especies que pueden ser consideradas como indicadoras de páramo (Tabla 29), al menos en el complejo de Frontino-Urrao, ya que solo se encuentran en las coberturas por encima del bosque altoandino de esta región. 83 de estas especies pertenecientes solo al herbazal, 30 solo registradas en arbustales y 29 especies se compartieron entre ambas coberturas. La gran mayoría de ellas son hierbas, con muchos representantes arbustivos, sufrútices y helechos.



Figura 116. Algunas especies solo registradas en herbazal. De izquierda a derecha arriba: *Niphogeton ternata*, *Gaultheria oreogena*, *Hypericum jaramilloi*, abajo: *Myrteola nummularia*, *Loricaria complanata*.

Tabla 30 Número de familias, géneros y especies únicas y totales por sitio, y especies únicas por cobertura por sitio en el complejo de Urrao.

PÁRAMOS	TOTALES			UNICAS			SPP ÚNICAS / COBERTURA		
	Familias	Géneros	Spp	Familias	Géneros	Spp	Herbazal	Arbustal	Bosque
Pená	47	81	116	4	10	36	36	10	50
El Junco	38	65	98	1	5	28	28	29	14
El Sol	41	68	88	3	7	23	23	18	17
Cerro Plateado	37	64	82	2	9	29	29	16	10
La Horqueta	46	79	100	1	6	25	25	18	20

La Tabla 30 enumera las familias, géneros y especies que se encontraron en total por cada sitio y los taxa que fueron registrados únicamente en uno de los sitios. Por ejemplo en Pená se registraron en total 47 familias con 81 géneros y 116 especies, de las cuales 4 familias, 10 géneros y 36 especies fueron únicas del lugar, y 50 especies fueron únicas de su cobertura boscosa.

El páramo Pená se resalta por poseer el mayor número de familias, géneros y especies en total y únicas por sitio (Tabla 30), lo que se explica por el alto número de especies únicas de bosque, aunque en el herbazal también se encontró un alto número de especies de la cobertura. En el páramo El Junco se advierte un elevado

número de especies únicas de la transición, a pesar del escaso areal de esta cobertura y del estrecho gradiente altitudinal. Sorprende el bajo número de especies y únicas para el páramo El Sol, ya que es el sitio de mayor área de páramo y es considerado como uno de los más diversos, aunque se debe tener en cuenta que la extensión de este páramo requeriría de mucho más esfuerzo de muestreo, lo que se evidencia en la Figura 117.

En general los herbazales representan los mayores promedios de especies únicas registradas a lo largo del complejo, lo que demuestra su particular composición, mientras los arbustales tienen los menores registros, lo cual puede atribuirse al importante recambio de especies que presenta esta cobertura.

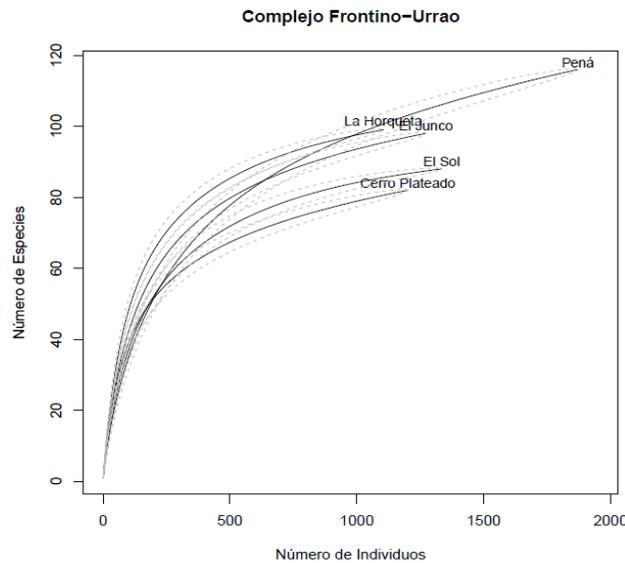


Figura 117 Curvas de rarefacción de especies en los páramos del complejo de Urrao

La curva de acumulación de especies del complejo de Urrao (Figura 117), muestra que la riqueza de los sitios puede incrementarse sustancialmente con un mayor esfuerzo de muestreo, ya que no se logra la asíntota, aunque para los fines de este estudio el muestreo realizado fue representativo, especialmente para las coberturas priorizadas que fueron herbazal y arbustal. El mayor número de especies y de registros se tuvo en el páramo Peña con 116 y 1871 respectivamente, mientras la menor riqueza la presentó el páramo Cerro Plateado con 82 especies y 1201 registros.

Las curvas de rarefacción por estación de los páramos de Urrao, muestran que en algunos de los herbazales como en Cerro Plateado, El Sol y Peña se logró obtener

un muestreo representativo, mientras que en general los bosques y arbustales son los que requieren un esfuerzo adicional de muestreo.

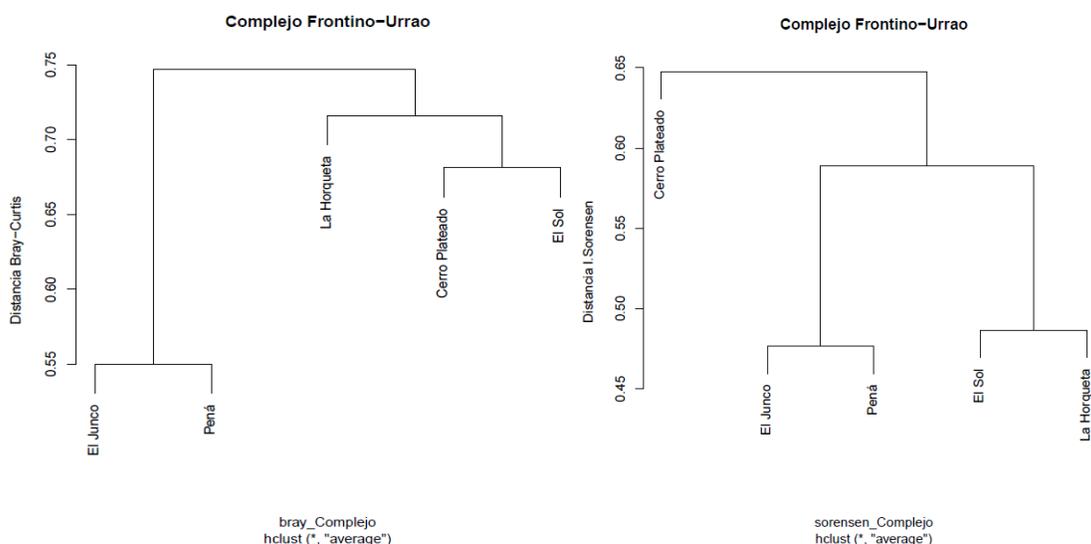


Figura 118 Dendrogramas que agrupan los páramos del complejo de Urrao contruidos a partir del índice de similitud de Bray-Curtis y Sorensen.

Las agrupaciones por similitud de los páramos del complejo (Figura 118), muestran mayor afinidad entre los sitios Pená y El Junco, lo cual podría ser explicado por su cercanía geográfica. Con el índice de Bray-Curtis estos dos sitios se distancian bastante los tres restantes, mientras con Sorensen se agrupan con El Sol y La Horqueta, diferenciandosen del Cerro Plateado. La Horqueta y el Cerro Plateado muestran mayor afinidad con el páramo El Sol en ambos índices, pero con Sorensen el primer sitio se diferencia de los demás.

Los diagramas de similitud por estación en el complejo de Urrao (Figura 119), muestran que las estaciones que presentan la misma cobertura por sitio, siempre se agrupan en el nivel inferior, y las que no tienen estación homóloga por sitio se agrupan mas o menos bien entre coberturas. Todas las estaciones de herbazales se agruparon con cada índice empleado, mientras que con el índice de Sorensen el arbustal de El Junco se agrupó con las coberturas de bosque del resto de los sitios, y con el índice de Bray-Curtis se asemejó más al bosque de Pená, El Junco y Cerro Horqueta, esto quizá debido a la poca y difusa cobertura de arbustal altamente colonizada por árboles del bosque que se encontró en ese transecto. Se resalta además que esta estación presentó el mayor número de especies únicas entre los arbustales, un aspecto importante.

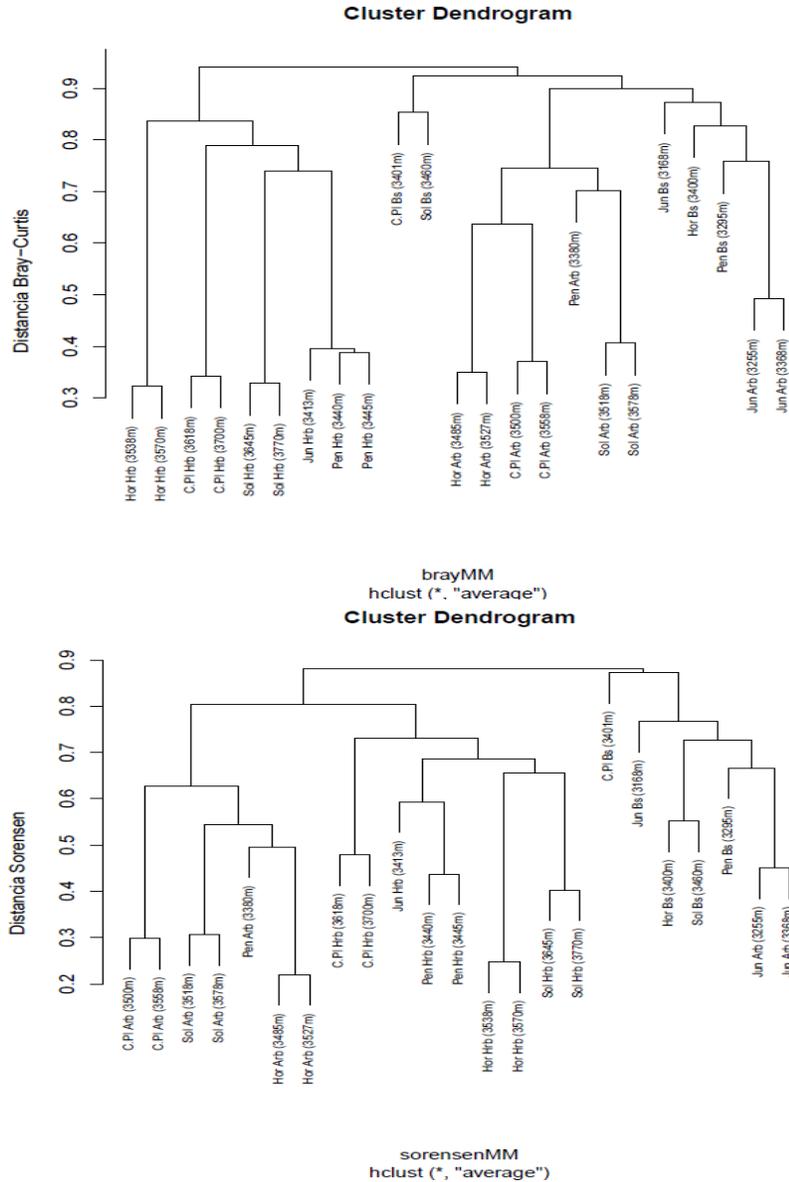


Figura 119 Dendrogramas contruidos a partir de los indices de similitud de Bray-Curtis y Sorensen. La agrupación se hace entre las estaciones del complejo de Urao.

En general el índice de Sorensen rescata tres clusters bien diferenciados de acuerdo a la cobertura, exceptuando la estación de arbustales de El Junco, que se agrupa mejor con las de bosque. Con Bray-Curtis solo los herbazales se agrupan bien entre ellos, mientras los arbustales y el bosque altoandino se entremezclan formando tres clusters, uno con arbustales excepto El Junco, otro con los Bosques de Cerro Plateado y El Sol, y el último con los tres bosques faltantes y arbustales de Pená.

Los diagramas de similitud entre las estaciones por páramo, muestran que aquellas que presentan la misma cobertura siempre se agrupan entre si. Según el diagrama de similitud de Sorensen en los páramos El Sol, Cerro Plateado y La Horqueta, la cobertura de arbustal se asemeja más al bosque, mientras en El Junco y Pená el arbustal forma un cluster con el herbazal, y el bosque se diferencia mejor de las otras coberturas.

Con el índice de Bray-Curtis los agrupamientos son iguales para El Sol y La Horqueta, donde los arbustales se relacionan más al bosque, al igual que ocurre para El Junco. En el caso de El Pená, se agrupan las coberturas de arbustal y bosque, mientras que en el Cerro Plateado se asemejan más las coberturas de arbustal y herbazal y se distancian más del bosque.

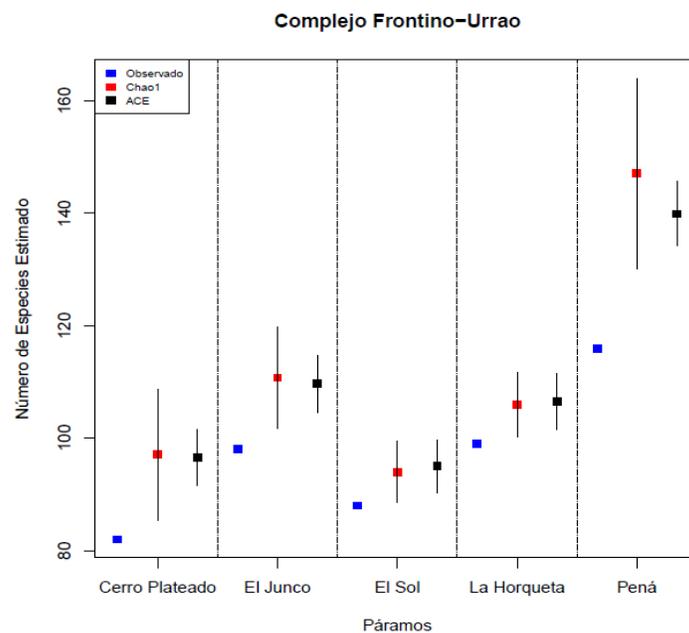


Figura 120 Riqueza observada y estimadores de riqueza Chao 1 y ACE para cada uno de los páramos de Urrao.

Los estimadores de riqueza Chao 1 y ACE (Figura 120) muestran que el número de especies observadas están por debajo de los estimados. En general los observados son muy cercanos a los estimados, lo cual indica que el muestreo fue representativo aunque en Pená los estimados se distancian bastante, alcanzando más de 140 spp, lo cual es congruente con el mayor número de especies registradas y especies raras presentes en este páramo.

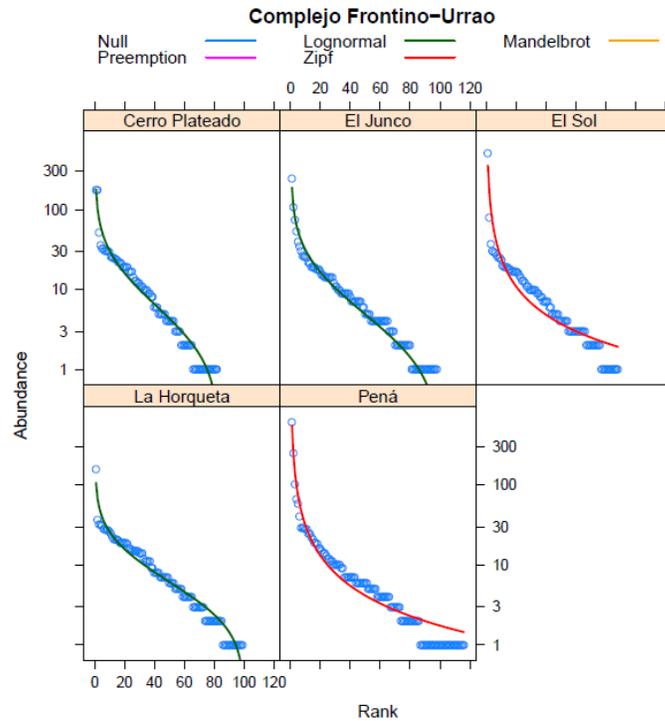


Figura 121 Distribución de abundancias por páramo del complejo de Urrao.

Las gráficas de distribución de abundancias por transecto (Figura 121) muestran pendientes muy altas como se esperaba, demostrando que existe una mayor dominancia por parte de pocas especies a medida que se asciende altitudinalmente hasta llegar al herbazal. El Peña presenta los mayores valores en la gráfica, mostrando los estimados más altos de abundancia y riqueza en herbazal y bosque respectivamente.

Las gráficas de distribución de abundancias realizadas por estación y por sitio también muestran valores congruentes con los esperados, pues se presentan mayores pendientes y mayor abundancia de pocas especies en las estaciones más altas de herbazal, mientras en el bosque los valores de las pendientes fueron menores, ya que no se presentaron especies tan abundantes.

En los arbustales normalmente las pendientes se asemejaron más a las de bosque, aunque en El Junco y El Sol se presentan valores más altos de dominancia que el bosque del mismo sitio.

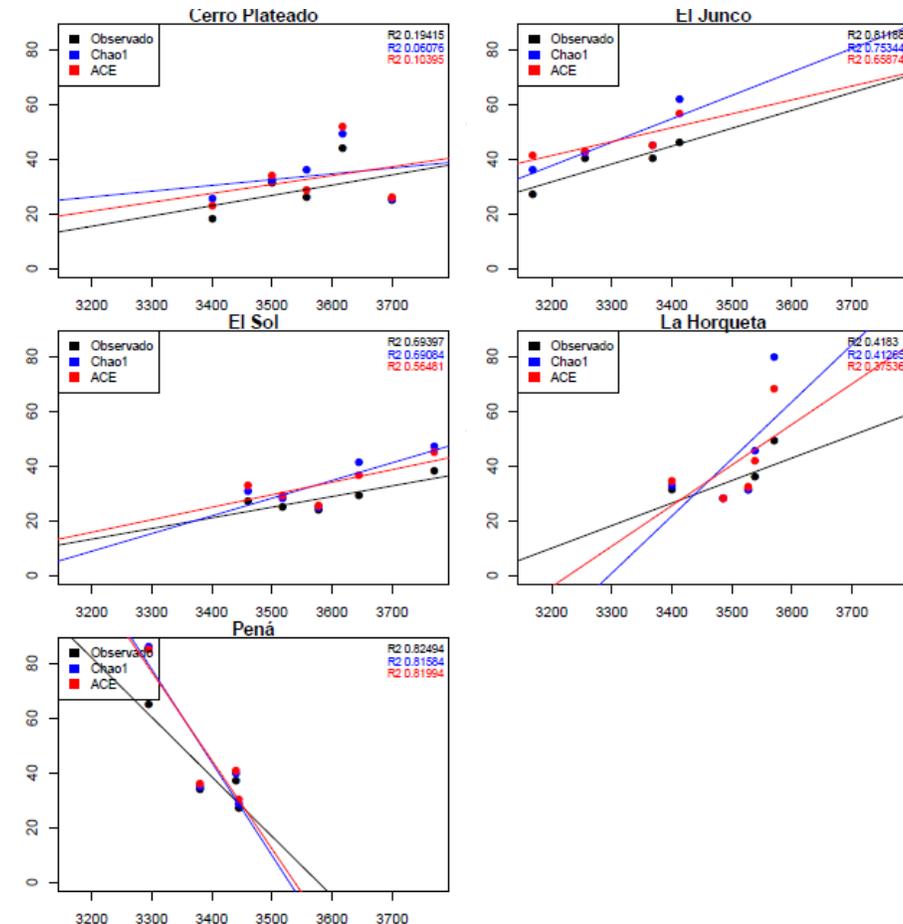


Figura 122 Relación entre la elevación y riqueza observada y esperada según los índices Chao 1 y ACE.

En general las pendientes que muestran la relación entre elevación y las riquezas (Figura 122) son positivas, exceptuando Pená donde es muy negativa, un caso particular pues indica que en la mayoría de los sitios la riqueza aumenta a medida que se asciende altitudinalmente.

Esto puede deberse a que las coberturas de bosque fueron proporcionalmente menos muestreadas y presentan además las mayores pendientes en las curvas de rarefacción por estación. Esto indica que se requiere un mayor muestreo particularmente en esta cobertura, para poder corroborar si en verdad la riqueza observada y estimada aumenta o disminuyen a medida que se asciende. El caso de Pená es particular pues fue el sitio donde se registro mayor número de especies para el bosque.

Los sitios donde mejor se ajusta la línea a los puntos fueron El Junco y El Sol. Los valores de R² que mejor sustentan estas relaciones son para Pená, El Junco y El Sol con valores entre 0.8, 0.6-0.8, y 0.5-0.6 respectivamente.

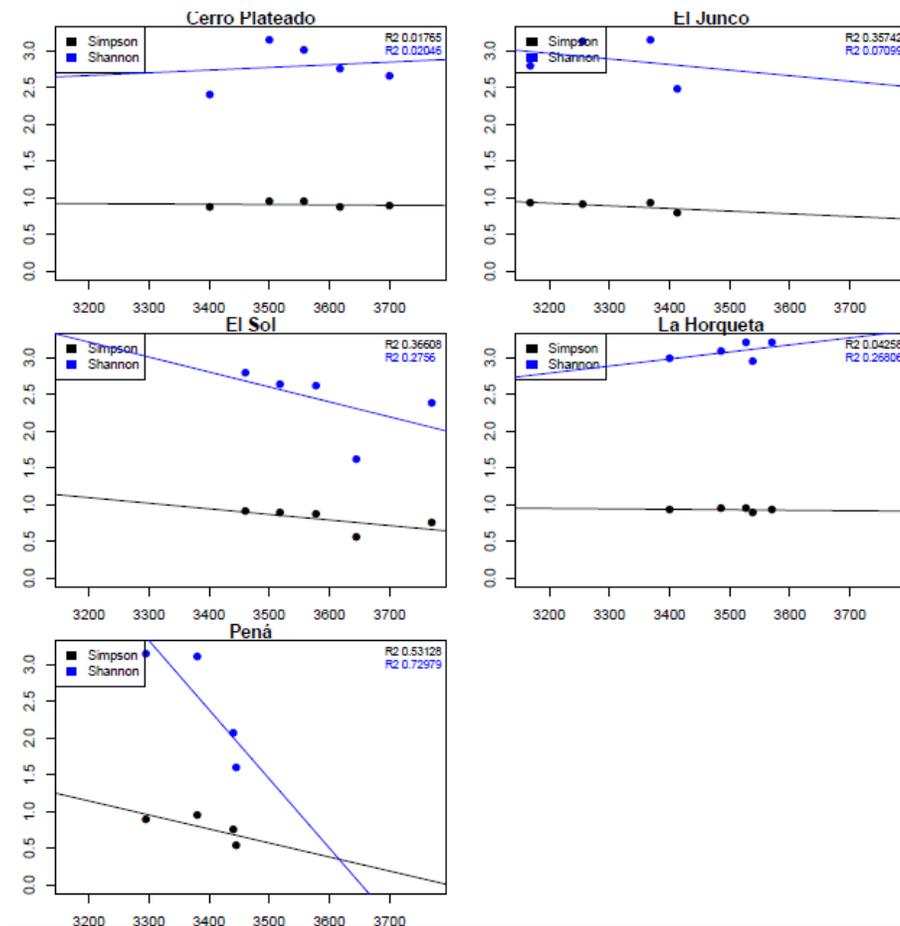


Figura 123 Distribución de los índices de Simpson y Shannon en el gradiente altitudinal.

La distribución de los índices de Shannon y Simpson en un gradiente altitudinal (Figura 123), muestra pendientes positivas y negativas, aunque generalmente más tendientes a cero, excepto Pená en el cual las líneas son muy negativas. En general con el índice de Simpson las líneas presentan pendientes negativas aunque tendientes a cero excepto Pená, mientras con Shannon en el Cerro Plateado y la Horqueta las pendientes son positivas. Estos resultados evidencian la necesidad de realizar un muestreo más intensivo en la mayoría de los sitios y en especial en las coberturas más bajas.

1.6 DISCUSIÓN

El estudio de la vegetación muestra ser una variable muy eficiente para la identificación y delimitación de los páramos. En el complejo de Frontino-Urrao la composición, abundancia y estructura de la vegetación, muestra importantes cambios que agrupan diferentes coberturas vegetales, las cuales se corresponden a los herbazales, arbustales y bosque. El herbazal y el bosque son las coberturas que presentan una mayor diferencia en composición y estructura, el arbustal por su parte presenta características principalmete estructurales que lo diferencian muy bien, mientras que la composición lo relaciona mejor a las otras coberturas, lo cual indica un recambio y colonización de especies en esta zona por elementos de herbazal como de bosque. Mientras el herbazal presenta 83 especies únicas equivalente al 32% de la riqueza total, en el bosque se registraron 57 especies únicas, y en el arbustal se registraron solo 29 únicas, aunque se registraron en ella un importante número de especies total.

Las coberturas de herbazal en el complejo Frontino-Urrao, se encuentran ubicadas minimamente por encima de los 3400 msnm, una mayor altitud que los páramos de la cordillera Central en Antioquia. La franja de vegetación arbustiva se ubica entre los 3255 y 3578 msnm, variando mucho su altitud a lo largo del complejo o en un mismo páramo, y generalmente con entre 20 y 80 m de rango altitudinal. Las variables topográficas y factores climáticos pueden incidir en la ocurrencia de esta particularidad, ya que esta cordillera presenta una topografía muy brusca, con mayores alturas y pendientes mas marcadas.

Basado en lo anteriormente dicho, las coberturas de páramo en este complejo se ubican por encima de los 3250 msnm, y a pesar de algunas azonalidades y excepciones, se considera este límite como una cota de elevación adecuada para la conservación de este complejo, ya que contiene todas las áreas del complejo que presentan cobertura vegetal relacionada al páramo.

Las formas de crecimiento muestran diferencias importantes a lo largo del gradiente altitudinal, con una amplia dominancia de elementos herbáceos en las estaciones establecidas en herbazal y de elementos arbustivos en las estaciones de arbustales, aunque ambos hábitos son comunes a lo largo del gradiente altitudinal. Los elementos arbóreos por su parte, son los principales constituyentes en las estaciones del bosque altoandino y no se encuentran representados por encima de la franja de transición al páramo, aunque algunas de estas especies se encuentran en forma de arbustos en los páramos.

Los altos valores obtenidos para los índices de diversidad de Shannon y de equidad de Simpson, evidencian que el complejo de Urrao presenta una comunidad vegetal muy heterogénea, con alta diversidad y baja dominancia de especies.

En general los valores de abundancia y frecuencia relativa de la vegetación por sitio muestran la dominancia de pocas especies, a medida que se asciende altitudinalmente se presenta una mayor abundancia relativa de pocas especies, mientras que en arbustales y bosque la distribución de abundancias se hace un poco más heterogénea. Algunos arbustales presentaron una mayor pendiente de distribución de abundancias que el bosque, sin embargo esta no fue tan marcada.

El páramo Pená se destacó por ser el sitio de mayor riqueza del complejo con 116 spp, de las cuales 36 son propias de los herbazales y 50 del bosque, lo cual ubica esta última cobertura como el sitio de mayor riqueza y diversidad de especies vegetales en este transecto. Este sitio presentó una cobertura arbustiva muy escasa que no superaba los 20 m altitudinales, ubicada alrededor de los 3380 msnm, y continuada por herbazales de páramo alrededor de los 3440 msnm en adelante, hasta su mayor altitud cerca de los 3500 m. En campo se pudieron observar algunas cañadas compuesta de herbazales, que por su dificultad de acceso no pudieron ser muestreadas, pero que indudablemente presentaban menores altitudes a la registradas en los transectos, ubicándose alrededor de los 3300 msnm

El páramo el Junco se destacó por su alto valor de diversidad de Shannon, y su mayor número de especies únicas del arbustal, en el cual se encontraron muchos elementos compartidos con las otras estaciones. Presentaba una escasa cobertura de herbazales y arbustales entremezcladas entre el bosque, distribuidos a lo largo del filo de la cordillera a diferentes altitudes, oscilantes entre los 3253 y los 3390 msnm para los arbustales, y entre 3378 y 3413 msnm para herbazales.

El páramo La Horqueta se caracteriza como el sitio de mayor diversidad y de menor dominancia del complejo. Las estaciones de herbazales ubicadas por encima de los 3540 msnm fueron las de mayor riqueza, mientras las siguientes tres estaciones no presentaron una abundancia tan marcada por alguna especie, y presentaron una composición más similar entre ellas. Las estaciones 3 y 4 de arbustales establecidas entre los 3520 y 3485 msnm respectivamente, representan sitios muy diversos, a pesar de consistir de una franja de vegetación muy escasa altitudinalmente.

El páramo El Sol fue el transecto con baja riqueza general y aunque el valor arrojado por el índice de diversidad de Shannon de este páramo fue alto, este representó el menor valor registrado en los transectos del complejo. Las estaciones de herbazal se ubicaron por encima de los 3660 msnm, mientras las de arbustales fueron eubicadas entre los 3518 y 3578 msnm, aunque en campo fueron registradas algunas zonas de arbustalos que se registraban entre los 3450 y 3600 msnm (generalmente de difícil acceso). Los hábitos herbáceos y arbustivos estuvieron presentes en todas las estaciones aunque con diferentes grados de representatividad. El bosque de El

Sol se caracteriza por tener la mayor diversidad, siendo el único en poseer especies arbóreas, que a su vez dominan ampliamente los hábitos de la estación y se presentan como las especies más abundantes, frecuentes y de mayor IVI.

El Cerro Plateado es un sitio diverso que presenta el menor valor de riqueza del complejo, además de un incremento en su riqueza a medida que se asciende altitudinalmente, posiblemente representado por un error de muestreo. Las coberturas de herbazal se ubicaron por encima de los 3613 msnm y se diferenciaron muy bien del resto de las coberturas. Por su parte los arbustales se ubicaron en una escasa franja altitudinal entre los 3500 y 3558 msnm, pero a pesar de esto registra los mayores valores de diversidad del sitio y comparte diferentes especies con las otras coberturas. El bosque con tan solo 18 especies registradas, mostró una composición diferente a las demás coberturas, compartiendo pocas especies con los arbustales, y alta abundancia de especies de hábito arbóreo.

1.6 BIBLIOGRAFÍA

- Alzate, F., Idárraga, A., Díaz, O., Rodríguez, W. 2013. Flora de los Bosques Montanos de Medellín. Programa Expedición Antioquia 2103. Series Biodiversidad y Recursos Naturales. Editorial Señal Gráfica Impresión, Medellín, Colombia.
- Alzate, et al. Inédito. Flora Angiosperma de los Páramos de Antioquia. Universidad de Antioquia.
- Bray, J.R., Curtis, J. T. 1957. An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27:325-349
- Cabrera, M. y W, Ramírez (Eds). 2014. Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C. Colombia. 296 pp.
- Chao, A. Lee, S.M. 1992. Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of American Statistical Association* 87: 210-217.
- Colwell, R.K., Mao, C.X., Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85: 2717-2727.
- Gómez H.N., et al. 1999. Páramos del departamento del Valle del Cauca, Colombia. Santiago de Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, 60 p.
- Heck, K.L., van Belle, G., Simberloff, D. 1975. Explicit calculation of the rarefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. *Ecology* 56: 1459–1461.

- IAvH, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2006. Mapa de ecosistemas de los Andes colombianos para el año 2000, escala 1:250.000. Información cartográfica digital en formato shapefile. Coordenadas planas origen Bogotá. Bogotá, D. C., Colombia.
- Idárraga A, Ortiz R, Callejas R & Merello M (eds). Flora de Antioquia: Catálogo de plantas vasculares. Vol 2. Listado de plantas vasculares del departamento de Antioquia. Programa Expedición Antioquia- 2103. Series Biodiversidad y Recursos Naturales. Universidad de Antioquia, Missouri Botanical Garden & Oficina de planeación departamental de la Gobernación de Antioquia. Editorial D'Vinni, Bogotá, Colombia.
- Lozada, D.J. 2010. Consideraciones metodológicas sobre los estudios de comunidades forestales. *Revista Forestal Venezolana*, Volumen 54 (1) enero-junio, pp. 77-88.
- Marín, C. 2013. Propuesta metodológica para caracterizar las coberturas vegetales en los páramos de Santurbán y Rabanal. Proyecto Páramos y Sistemas de Vida. Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Documento interno.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, Vol1, Zaragoza (España). 84 pp.
- Morales M., Otero J., Van der Hammen T., Torres A., Cadena C., Pedraza C., Rodríguez N., Franco C., Betancourth J.C., Olaya E., Posada E. y Cárdenas L. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p.
- Pinto-Zárate J. H. 2009. La vegetación de la región de vida paramuna colombiana: Con especial referencia a la Cordillera Occidental y los páramos del norte de Colombia. Tesis para optar al título de Magister. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
- Rangel-Ch., J. O. y D. Sánchez. 2005. La flora del páramo de Frontino. Pp: 833-858. En: Van der Hammen, T., J. O. Rangel-Ch. y A. M. Cleef (eds.). 2005. La cordillera Occidental colombiana, transecto Tatamá. Berlín-Stuttgart. 972 p.
- Rangel Ch., J. O. 2000. La región paramuna y franja aledaña en Colombia. Colombia diversidad biótica III. La región de vida paramuna. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales ICN, p. 1-23.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- Sklenár P, Luteyn J., Ulloa U. C., Jorgensen P y Dillon M. 2005. Flora Genérica de los Páramos. Guía Ilustrada de las Plantas vasculares. *Memoirs of The New York Botanical Garden*. Volume 92. Editorial Board.
- Sørensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses

of the vegetation on Danish commons. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab 5 (4): 1–34.

- Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in plant communities. Science 147: 250–260.

3. COMPONENTE EDAFOFAUNA

COMPLEJO DE PÁRAMOS FRONTINO - URRAO



Elaborado por:

Investigador

Marta Isabel Wolff Echeverri

Profesionales

Andrés Humberto Vélez Bravo

Carolina Rivera Álvarez

Anderson Alexis Cardona Ruiz

Asistentes de campo

Juan David Álvarez Restrepo

Diego Alejandro Cardona Mesa

Grupo de Entomología de la Universidad de Antioquia

GEUA



CONTENIDO

3.1.	RESUMEN	4
3.2.	METODOLOGÍA	4
3.2.1.	Caracterización de las comunidades de insectos del suelo.....	5
3.2.2.	Métodos de captura.	7
3.2.3.	Preparación y depósito de especímenes.....	9
3.2.4.	Análisis de resultados	11
3.2.5.	Abreviaturas utilizadas en el texto.....	12
3.3.	RESULTADOS.....	12
3.3.1.	El Junco	13
3.3.2.	Cerro Plateado.....	25
3.3.3.	El Sol	36
3.3.4.	La Horqueta	47
3.3.5.	Péna	57
3.3.6.	Similitud entre transectos	69
3.3.7.	Gremios tróficos.....	70
3.4.	ESPECIES ENDÉMICAS O EN AMENAZA.	72
3.5.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	73
3.6.	REFERENCIAS	77

3.1. RESUMEN

Entre los meses de marzo y julio del 2014 se visitaron cinco áreas de páramo pertenecientes al complejo de páramos Frontino – Urrao, entre los municipios de Abriaquí, Caicedo y Urrao (Antioquia). En cada área visitada se realizó un transecto altitudinal sobre el cual se establecieron entre tres y cuatro estaciones separadas altitudinalmente entre 60 y 100 m. El número de estaciones a instalar y la variación entre sus distancias, dependieron del tamaño del área y del gradiente altitudinal hallado en cada área. En total se instalaron 19 estaciones ubicadas entre 2.960 y 3.741 m.s.n.m; las cuales fueron ubicadas en relación a los tipos de coberturas vegetales presente en el área (Páramo, Arbustal y Bosque alto andino). En cada estación se realizó la caracterización de la edafofauna, durante un periodo de 48 horas; seleccionándose los insectos de los órdenes Coleoptera (Staphylinidae), Dictyoptera, Diptera (Phoridae y Sphaeroceridae) e Hymenoptera (Formicidae). Los especímenes fueron separados, curados y determinados taxonómicamente a nivel de familia, género y especie (cuando fue posible). Aquellas especies en las que no se logró determinar su identidad a nivel genérico, ni específico, fueron nombradas con la palabra “morfo”. Los datos obtenidos fueron tabulados y analizados utilizando Microsoft Excel. Se estimó la abundancia relativa y la riqueza específica, se calcularon curvas de acumulación de especies (por estación y por transecto), curvas de diversidad-dominancia, números de Hill (Número efectivo de spp), número efectivo de gremios y betadiversidad - Complementariedad (Sorensen - entre estaciones de un mismo transecto y entre transectos).

3.2. METODOLOGÍA

Entre los meses de marzo y julio del 2014 se visitaron cinco áreas de páramo pertenecientes al complejo de páramos Frontino – Urrao, localizados entre los municipios de Abriaquí, Caicedo y Urrao (Antioquia) (Tabla 3.1). En cada área visitada, se realizó un transecto altitudinal sobre el cual se establecieron entre tres y cuatro estaciones de muestreo, separadas altitudinalmente entre 60 y 100 m. El número de estaciones y la variación entre sus distancias, dependieron del tamaño y del gradiente altitudinal de cada área. En total se instalaron 19 estaciones ubicadas entre 2.960 y 3.741 m.s.n.m; para lo cual se tuvo en cuenta los tipos de coberturas vegetales presentes en el área (Páramo, Arbustal y Bosque alto andino).

Tabla 3.1. Sitos de muestreo de edafofauna en el complejo Frontino - Urrao.

Departamento	Municipio	Páramo	Estación	Longitud	Latitud	Elevación (m)	Hábitat
Antioquia	Abriaquí	Pená	3	-76.038611	6.504639	3.494	Páramo
			2	-76.036278	6.507083	3.456	Páramo
			1	-76.036417	6.511583	3.387	Arbustal
		La Horqueta	4	-76.132621	6.568965	3.622	Páramo
			3	-76.131986	6.566649	3.559	Páramo
			2	-76.130428	6.567550	3.499	Bosque
	Caicedo	El Junco	1	-76.129688	6.567424	3.439	Bosque
			4	-76.058511	6.504648	3.260	Páramo
			3	-76.060557	6.500813	3.160	Arbustal
			2	-76.059044	6.496006	3.060	Arbustal
	Urrao	El Sol	1	-76.058306	6.494001	2.960	Bosque
			4	-76.107809	6.481680	3.682	Páramo
			3	-76.109090	6.485441	3.605	Arbustal
			2	-76.109209	6.487136	3.530	Arbustal
		Cerro Plateado	1	-76.110554	6.487742	3.479	Bosque
			4	-76.095173	6.003435	3.741	Páramo
			3	-76.098471	6.005319	3.679	Páramo
			2	-76.099699	6.007875	3.618	Arbustal
		1	-76.100045	6.010121	3.550	Bosque	

3.2.1. Caracterización de las comunidades de insectos del suelo.

En cada estación, durante un periodo de 48 horas se realizó la caracterización de la edafofauna. El termino edafofauna abarca todas aquellas formas animales que habitan en el suelo, este estudio se limitó a insectos de los órdenes Coleoptera, Dictyoptera, Diptera e Hymenoptera. Los especímenes coelctados, fueron separados, curados y identificados taxonomicamente a nivel de familia, género y especie (cuando fue posible). Aquellas especies en las que no fue posible determinar su identidad a nivel genérico, ni específico, fueron nombradas con la palabra “morfo”.

De los órdenes previamente mencionados se seleccionaron algunas de las familias más abundantes y ricas en ecosistemas de alta montaña como los son las moscas Esferocéridos (Sphaeroceridae), los escarabajos Estafilínidos (Staphylinidae) y las moscas Fóridas (Phoridae); adicionalmente, se incluyeron otros grupos menos diversos pero igual de importantes, para los que su identificación taxonómica es relativamente fácil como los son las cucarachas (Blattidae, Blaberidae, Ectobiidae) y las hormigas (Formicidae). A continuación se describe brevemente cada grupo:

Coleoptera

Es el orden dentro del reino animal que presenta mayor diversidad, con aproximadamente 375.000 especies descritas a nivel mundial. Dentro del orden, se encuentran los escarabajos estafilínidos (Staphylinidae), grupo de escarabajos polívoros con unas 50.000 especies descritas. Los adultos de la mayoría de las especies son nocturnos o permanecen ocultos durante las horas del día y están confinados principalmente a hábitats húmedos como: hojarasca, turba, hongos, cuevas y corteza de árboles, o a otros lugares como carcasas de animales muertos, madrigueras de mamíferos, nidos de aves, nidos de insectos sociales (hormigas, avispas, abejas, termitas), vegetación y flores. Las larvas y adultos de la mayoría de las especies presentan hábitos depredadores facultativos, sin embargo, se encuentran algunas especies depredadoras especialistas, saprófagas (materia vegetal en descomposición) y fitófagas (polen, flores, algas, etc.). Los estafilínidos tienen un importante papel en los ecosistemas tanto actuando como presas y manteniendo el equilibrio de poblaciones de otros invertebrados a los que depredan (escarabajos, larvas de dípteros, caracoles entre otros) (Frank, 1997).

Dictyoptera

Los dictiópteros (Dictyoptera) son un orden de insectos constituido por alrededor de 6.000 especies, agrupados en los subórdenes Blattodea (cucarachas + termitas) y Mantodea (mantis). De cucarachas se han descrito aproximadamente 4.000 especies a nivel mundial y para Colombia se han reportado 133 especies (Vélez, 2008). Estos insectos son de origen tropical donde ocupan gran variedad de hábitats tales como la hojarasca del bosque, troncos descompuestos, nidos de vertebrados e invertebrados, bromelias entre otros. La mayoría de las especies son nocturnas y solitarias, aunque algunas son gregarias y hasta casi subsociales. Son insectos omnívoros, alimentándose principalmente de materia vegetal en descomposición, incluyendo madera (Grandcolas & Deleporte, 1996).

Diptera

Los dípteros, con más de 150.000 especies conocidas, se sitúan entre los cuatro órdenes con mayor número de especies dentro de todos los seres vivos. Los esfrocéridos (Sphaeroceridae) o "moscas de los excrementos", son pequeñas de 0.9 a 5.0 mm de longitud, con aproximadamente 1.344 especies a nivel mundial, descritas en 124 géneros (Rohaček et al., 2001). Algunas especies son especialistas y otras son polisaprófagas (Bartak, 1998), encontrándose en abundancia en sustratos como heces, troncos descompuestos, desechos orgánicos, hongos, algas, aguas residuales, cuevas y carroña de vertebrados e invertebrados (Marshall & Buck, 2010; Marshall y Richards, 1987), en los cuales las larvas se desarrollan alimentándose de

microorganismos. Por otro lado los fíridos o "moscas jorobadas" (Phoridae), son pequeños de 1 a 8 mm, comunes y diversos en la mayoría de los hábitats en el Neotrópico. Alrededor de 3.000 especies han sido descritas en el mundo (Brown, 1992), con casi la mitad descritas dentro del grande y difícil género *Megaselia*. Muchos fíridos son parasitoides, otros atacan insectos sociales como hormigas y abejas; también los hay micofágos, herbívoros, predadores y carroñeros (Disney, 1994; Brown, 2010).

Hymenoptera

Comprende a las hormigas, abejorros, abejas y avispas. Es uno de los órdenes megadiversos con aproximadamente 200.000 especies de distribución mundial. Las hormigas (Formicidae) son frecuentemente utilizadas como indicadoras por su alta diversidad; gran abundancia en casi todo tipo de ambientes; variedad de funciones dentro de los ecosistemas; respuesta rápida a cambios ambientales; facilidad de muestreo y resolución taxonómica relativamente buena (Andersen 1990; Peck et al. 1998; Alonso y Agosti 2000). Para Colombia se han registrado alrededor de 900 especies (SiB Colombia, 2014).

3.2.2. Métodos de captura.

En cada una de las estaciones establecidas dentro de los sitios de muestreo mencionados anteriormente se realizó, en una sola época climática, la captura de insectos del suelo bajo protocolos estandarizados que proporcionaron datos comparables. Se utilizaron tres tipos de métodos: Búsqueda y captura activa, trampas con atrayente y trampas sin atrayente.

Búsqueda y captura activa.

Método de búsqueda y captura activa mediante la utilización pinzas entomológicas (Figura 3.1) para la captura en este caso de cucarachas, estafilínidos y hormigas que viven bajo piedras, cortezas o simplemente en el suelo. Este tipo de muestreo se realizó por dos días con una intensidad de dos horas diarias (una en la mañana y otra tarde) sobre dos transectos de 100 m en cada estación. El tiempo de búsqueda y la longitud del transecto fueron estandarizados según las condiciones del terreno. Los ejemplares capturados fueron almacenados en viales con alcohol al 70%. Los viales fueron marcados en campo teniendo en cuenta datos como: lugar, coordenadas geográficas, tipo de cobertura vegetal, método y fecha de captura.



Figura 3.1. Métodos de captura. Búsqueda y captura activa.

Captura con trampas con atrayente (cebo).

La efectividad de las trampas dependen de la localización, temperatura, hora del día y tipo de cebo utilizado; todo lo anterior con un conocimiento básico y preciso de los hábitos de los insectos que se quieren capturar.

Sobres con atún y salchichón

Los sobres con atún y salchichón (Figura 3.2) fueron utilizados para atraer hormigas. En cada una de las estaciones se trazaron dos transectos de 90 m y sobre cada uno se instalaron durante el día cinco sobres con cebo atún y cinco sobres con cebo salchichón todos sobre la hojarasca, espaciados cada 10 m, para un total de 20 sobres por estación. Los sobres se dejaron por un periodo de ocho horas en campo, instalados en la mañana y retirados en la tarde. Las hormigas atraídas fueron capturadas con pinzas entomológicas y fijada en alcohol al 70%. Los viales fueron marcados en campo teniendo en cuenta datos como: lugar, coordenadas geográficas, tipo de cobertura vegetal, método y fecha de captura.



Figura 3.2. Métodos de captura. Trampas con atrayente. Izq.: Sobre con atún.
Der.: Sobre con salchichón.

Captura con trampas sin atrayente.

Trampa de caída

La trampa de caída (Figura 3.3) no es específica y no se emplea ningún tipo de atrayente. Se utiliza para capturar artrópodos que viven en la hojarasca del bosque, en este caso cucarachas, estafilínidos, hormigas y moscas. En cada estación se trazaron dos transectos de 140 m sobre los cuales se instalaron 15 (5) trampas (recipiente plástico de 10 - 15 cm de diámetro y de 1/3 litro de capacidad con alcohol al 70%) espaciadas cada 10 m, para un total de 30 trampas por estación. Las trampas se dejaron instaladas por dos días. Los ejemplares atrapados en cada trampa se recuperaron cada 24 horas para evitar su pérdida o deterioro y se almacenaron en viales con alcohol al 70%. Los viales fueron marcados en campo teniendo en cuenta datos como: lugar, coordenadas geográficas, tipo de cobertura vegetal, método y fecha de captura.

Saco Winkler

El saco Winkler (Figura 3.3) no es específico y no emplea ningún tipo de atrayente. Se utiliza para capturar artrópodos que viven en la hojarasca del bosque, en este caso cucarachas, estafilínidos, hormigas y moscas. Se trazaron tres cuadrantes de 10 x 10 cm de lado sobre tres transectos de 100 m; se tomó de cada área demarcada una muestra de hojarasca de hasta 10 cm de profundidad para obtener en total nueve muestras de 1.000 cm³ aprox. por estación. Cada muestra de hojarasca fue puesta en una bolsa plástica con cierre para su transporte al campamento para luego ser transferida al saco Winkler (muestra/saco) y ser tratada con luz solar por 24 horas en campo. Los ejemplares capturados fueron fijados en alcohol al 70%. Los viales fueron marcados en campo teniendo en cuenta datos como: lugar, coordenadas geográficas, tipo de cobertura vegetal, método y fecha de captura.

3.2.3. Preparación y depósito de especímenes.

Todos los especímenes capturados fueron transportados al laboratorio de entomología de la Universidad de Antioquia, Medellín. Allí, las muestras obtenidas de las trampas de caída, sobres de atún y Saco Winkler fueron observadas utilizando un estero microscopio Olympus SZ40, para realizar la separación de las cucarachas, esferocéridos, estafilínidos y fóridos por morfoespecié para su posterior identificación taxonómica.



Figura 3.3. Métodos de captura. Trampas sin atrayente. Izq.: Trampa de caída. Der.: Saco Winkler.

Para la identificación taxonómica de las hormigas se siguió a Bolton (1995) y Palacio y Fernández (2003); para los estafilínidos se siguió a Navarrete-Heredia et. al. (2002); para los esferocéridos y fóridos a Brown et. al. (2010) y para las cucarachas a Roth (2003).

Todos los individuos capturados se registraron en una base de datos elaborada en Microsoft Excel para su posterior análisis. Se asignó a cada espécimen un código de entrada único y se relacionó a este código en la base datos los siguientes atributos:

- Fecha de captura.
- Ubicación: Localidad, georreferenciación en coordenadas planas, altitud, número de transecto y número de trampa.
- Hábitat: Fisonomía de la vegetación (p.e. bosque, selva; sabana, palmar, pastizal, agroecosistema); estado de conservación (p.e. primario, secundario, rastrojo); tipo de bosque (p.e. mixto, dominado por una sola especie); zona de vida; ubicación de los muestreos dentro del hábitat (p.e. interior de bosque, borde de bosque, borde de camino, cercas vivas, ecotono).
- Técnica de captura.
- Hora de captura.
- Colector.
- Determinación taxonómica: como mínimo a nivel de género y/o especie/morfo-especie.
- Otra información complementaria: casta (hormigas), sexo y gremio trófico.

Los especímenes fueron depositados en la Colección entomológica de la Universidad de Antioquia (CEUA) con registró Humboldt de colecciones biológicas número 036 y en el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Claustro de San Agustín.

Para definir las especies de insectos catalogados como amenazadas se siguió a Amat-G et. al. (2007) y adicionalmente se utilizaron los listado de especies publicados en la Resolución 0192/10 febrero 2014 - Declaración de especies silvestres amenazadas en el territorio nacional y CITES 2014 (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).

3.2.4. Análisis de resultados

Análisis estadístico

Para el análisis de datos y elaboración de gráficos se utilizó el programa estadístico Past 3.x (Hammer et al., 2001) y el programa R. Se estimó la abundancia relativa, la riqueza específica (S) y la frecuencia relativa para cada grupo de insectos o especies en el caso que aplicase. Aunque la función Shannon-Wiener expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra o entropía de la comunidad de especies, por si misma no es una expresión de diversidad de una comunidad. Por lo tanto se optó por calcular el número efectivo de especies (Números de Hill) para comparar la diversidad entre estaciones. Adicionalmente se calculó la Betadiversidad - Complemetariedad mediante el índice de Sorensen para conocer la similitud entre estaciones y transectos según las comunidades de insectos del suelo encontradas y a partir de datos de ausencia-presencia.

Se realizaron curvas de acumulación de especies utilizando el programa libre EstimateS Win8.2.0 (Colwell, 2011), ilustrando la riqueza y la efectividad del muestreo. A partir de matrices de abundancia se aplicaron los estimadores no paramétricos Ace y Chao1 para estimar el número de especies posibles en el transectos y en cada estación.

Grupos tróficos

Para el registros de los grupos tróficos se elaboró una tabla de proporciones de especies por grupo para cada una de las estaciones altitudinales, adicionalmente se empleó de forma equivalente el número efectivo de especies pero aplicado como número efectivo de grupos por estación, calculando el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'_{gr}) con la abundancia proporcional del grupo i en vez de la especie i y calculando el número efectivo de grupos como $H_{gr} = \exp(H'_{gr})$, para comparar los valores entre estaciones.

3.2.5. Abreviaturas utilizadas en el texto

- msp = morfo-especie
- CP (1, 2, 3, 4) = estaciones Cerro Plateado (1, 2, 3, 4).
- H (1, 2, 3, 4) = estaciones La Horqueta (1, 2, 3, 4).
- J (1, 2, 3, 4) = estaciones El Junco (1, 2, 3, 4).
- P (1, 2, 3).= estaciones Péna (1, 2, 3).
- S (1, 2, 3, 4).= estaciones El Sol (1, 2, 3, 4).

3.3. RESULTADOS

En este complejo de paramos se capturaron en total 1.693 individuos y 157 especies/morfo-especies (morfo-especie = msp) de insectos del suelo como cucarachas (Dictyoptera: Blattodea), escarabajos (Coleoptera: Staphylinidae), hormigas (Hymenoptera: Formicidae) y moscas (Diptera: Phoridae y Sphaeroceridae). El grupo de insectos con mayor abundancia relativa fueron las moscas (0.47), seguido por escarabajos y hormigas con 0.34 y 0.17 respectivamente, mientras las cucarachas fueron las menos abundantes (0.02). En cuanto a riqueza específica las moscas nuevamente ocuparon el primer lugar ($S = 76$), seguidos por escarabajos y cucarachas ($S = 70$ y 8 respectivamente), mientras la hormigas ocuparon el último lugar ($S = 3$). Por otra parte, el sitio de muestro con mayor abundancia y mayor número de especies/msp de insectos del suelo reportados fue El Junco (744 ind.; 76 especies/msp), mientras en Péna solo se capturaron 109 individuos y se reportaron 24 especies/msp (Figura 3.4).

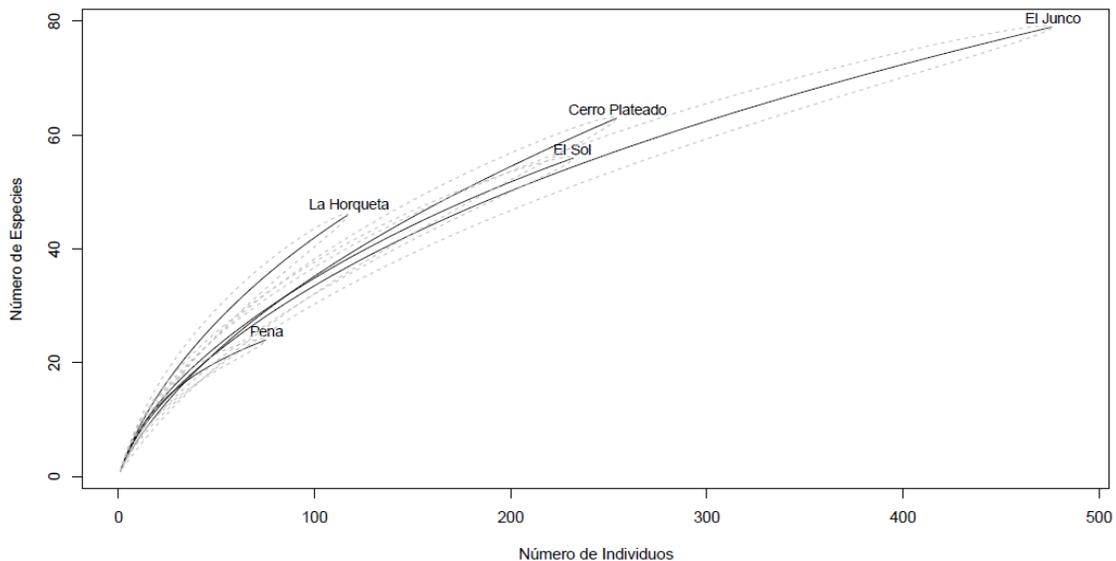


Figura 3.4. Número de individuos capturados y de especies/morfo-especies reportadas para todos los transectos del complejo Frontino - Urrao

A continuación se muestran los resultados de la caracterización de la edafofauna (cucarachas + escarabajos + hormigas + moscas) presente en cada uno de los transectos, analizando su abundancia relativa y riqueza específica para todo el transecto así como para cada una de las estaciones altitudinales.

3.3.1. El Junco

En este transecto se capturaron en total 744 insectos entre cucarachas, escarabajos (Staphylinidae), hormigas y moscas (Phoridae y Sphaeroceridae), distribuidos en cinco familias y 76 especies/msp (Tabla 3.2). El grupo de insectos con mayor abundancia relativa en toda el área de estudio fue el de las moscas (0.45), seguido por los escarabajos con 0.33. Por el contrario la mayor riqueza específica la presentaron los escarabajos con $S = 37$ msp, seguido por las moscas con $S = 35$. Las cucarachas presentaron la menor abundancia relativa (0.003) y en conjunto con las hormigas la menor riqueza específica (ambas $S = 2$). Las msp con mayor abundancia relativa fueron *Pheidole* sp. 1 (Formicidae) (Figura 3.44), morfo 7 (Phoridae) (Figura 3.43) y morfo 5 (Staphylinidae) (Figura 3.5). Por otra parte *Megaselia* sp. 1, *Megaselia* sp. 14 (Figura 3.43), morfo 7, 10 (Phoridae), *Aleodorus* sp. 1 (Figura 3.41) y morfo 5 (Staphylinidae) (Figura 3.41) fueron las msp con una frecuencia relativa de 1 (Figura 3.6), estando presentes en las cuatro estaciones altitudinales establecidas en este transecto.

Tabla 3.2. Listas de ordenes, familias y especies/morfo-especies de cucarachas (Dictyoptera), escarabajos (Coleoptera), hormigas (Hymenoptera: Formicidae) y moscas (Diptera) presentes en el transecto El Junco. Se indica el número de individuos capturados de cada especie/morfo-especie por estación altitudinal. (-) indica ausencia.

Orden	Familia	Especie/morfo-especie	Estación/Altura (m.s.n.m)				Total
			J1	J2	J3	J4	
			2.960	3.060	3.160	3.260	
Coleoptera	Staphylinidae	<i>Aleodorus</i> sp. 1	2	1	3	26	32
		<i>Arthmius</i> sp. 1	4	-	1	1	6
		<i>Atheta</i> sp. 1	5	9	2	-	16
		<i>Hamotus</i> sp. 1	-	-	2	-	2
		<i>Hoplandria</i> sp. 2	1	4	2	-	7
		<i>Parademosoma</i> sp. 1	-	5	1	-	6
		morfo 2	-	3	1	4	8

Orden	Familia	Especie/morfo-especie	Estación/Altura (m.s.n.m)				Total
			J1	J2	J3	J4	
			2.960	3.060	3.160	3.260	
		morfo 23	-	3	1	1	5
		morfo 24	1	-	1	-	2
		morfo 35	1	-	-	-	1
		morfo 37	-	2	2	-	4
		morfo 39	1	-	-	-	1
		morfo 40	1	-	-	1	2
		morfo 41	-	-	-	1	1
		morfo 43	1	-	-	-	1
		morfo 47	2	-	-	-	2
		morfo 5	4	30	17	8	59
		morfo 65	-	1	2	-	3
		morfo 66	1	1	-	-	2
		morfo 67	-	1	-	-	1
		morfo 68	-	-	1	-	1
		morfo 69	-	-	1	-	1
		morfo 70	1	-	-	-	1
		morfo 73	5	-	-	-	5
		morfo 75	-	-	-	3	3
		morfo 76	2	-	-	-	2
		morfo 78	-	-	-	4	4
		morfo 79	-	-	-	1	1
		morfo 81	1	-	-	1	2
		morfo 82	-	1	-	-	1
		morfo 83	-	-	-	1	1
		morfo 84	-	-	-	1	1
		morfo 86	-	-	-	1	1
		morfo 87	-	-	1	-	1
		morfo 88	-	-	1	-	1
		morfo 89	-	-	-	1	1
		morfo 90	-	-	-	58	58
Dicyoptera	Ectobiidae	<i>Euphyllodromia</i> sp. 1	1	-	-	-	1
		morfo 28	-	1	-	-	1
Diptera	Phoridae	<i>Abaristophora</i> sp. 1	-	1	-	1	2
		<i>Conicera</i> sp. 1	1	-	2	8	11
		<i>Megaselia</i> sp. 1	21	15	11	2	49
		<i>Megaselia</i> sp. 14	11	6	14	3	34
		<i>Megaselia</i> sp. 2	2	-	1	4	7

Orden	Familia	Especie/morfo-especie	Estación/Altura (m.s.n.m)				Total
			J1	J2	J3	J4	
			2.960	3.060	3.160	3.260	
		<i>Megaselia</i> sp. 3	-	-	-	1	1
		<i>Megaselia</i> sp. 4	1	-	-	-	1
		morfo 10	5	5	1	2	13
		morfo 16	-	2	-	1	3
		morfo 17	-	-	-	1	1
		morfo 18	-	-	-	1	1
		morfo 21	-	4	-	-	4
		morfo 27	-	6	1	-	7
		morfo 34	-	-	-	3	3
		morfo 51	1	-	-	-	1
		morfo 52	-	-	1	-	1
		morfo 53	-	-	1	-	1
		morfo 54	1	-	2	-	3
		morfo 55	-	1	-	-	1
		morfo 62	-	-	-	1	1
		morfo 63	-	-	3	-	3
		morfo 7	12	21	45	55	133
	Sphaeroceridae	<i>Aptilotus</i> sp. 1	1	2	2	-	5
		<i>Aptilotus</i> sp. 2	-	1	4	-	5
		<i>Aptilotus</i> sp. 3	-	-	1	-	1
		morfo 15	1	-	-	5	6
		morfo 26	-	6	-	-	6
		morfo 30	2	2	-	1	5
		morfo 32	1	1	-	-	2
		morfo 33	-	2	-	-	2
		morfo 49	-	-	1	-	1
		morfo 57	-	-	-	2	2
		morfo 58	1	-	-	-	1
		morfo 8	2	9	-	3	14
		morfo 9	2	-	-	2	4
Hymenoptera		Formicidae	<i>Pheidole</i> sp. 1	-	20	27	103
	<i>Labidus spininodis</i> (Emery, 1890)		10	-	1	-	11
Total individuos			109	166	157	312	744
Total especies/morfo-especies			34	30	33	35	76

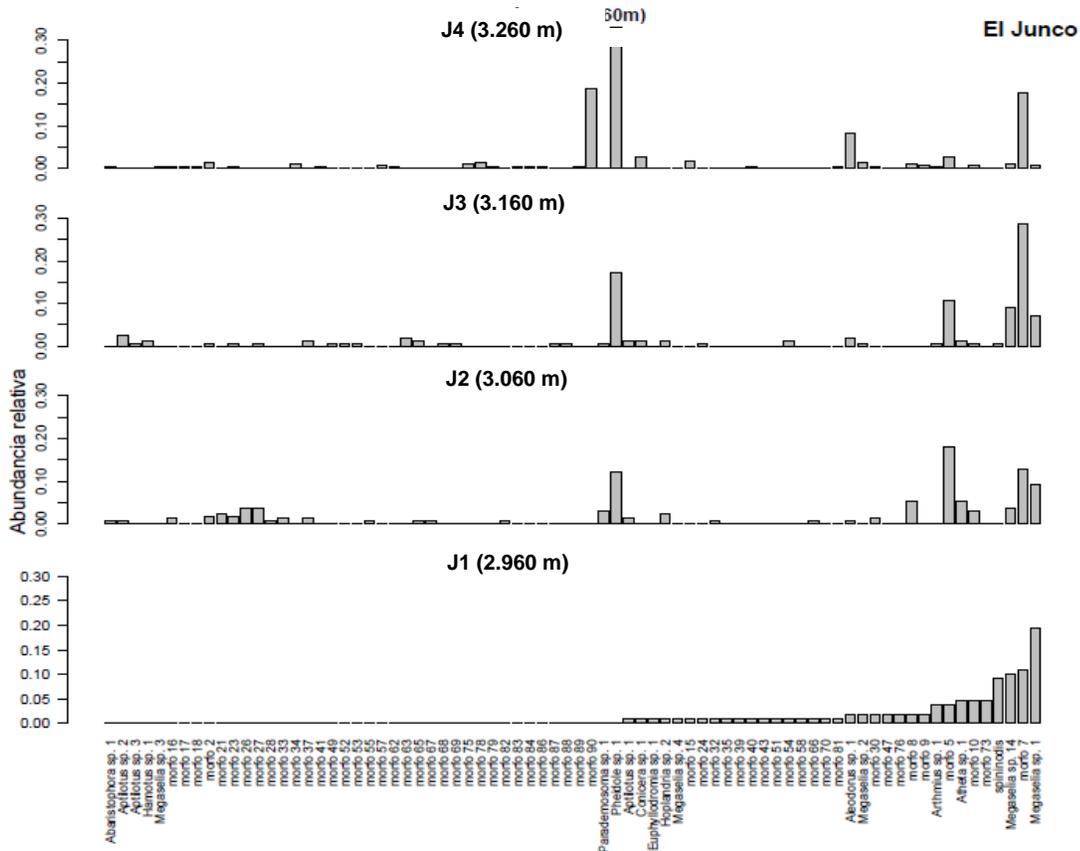
J1: Bosque alto andino. J2 y J3: Arbustal. J4: Páramo.

Para el orden Dictyoptera (cucarachas) solo se registró la familia Ectobiidae con sus dos únicas msp para el área *Euphyllodromia* sp. 1 y morfo 28. Ambas msp solo presentaron un individuo.

Para el caso de los escarabajos de la familia Staphylinidae (Coleoptera) las msp morfo 5 y 90 (Figura 3.41) presentaron la mayor abundancia relativa (0.24), seguidas por *Aleodorus* sp. 1 (Figura 3.41) y *Atheta* sp. 1 con 0.13 y 0.01 respectivamente. El 43% de las msp reportadas para el todo transecto estuvieron representadas por solo un individuo (Tabla 3.2).

Dentro del orden Diptera (moscas) la familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica con 0.84 y $S = 22$. En Phoridae la msp morfo 7 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa (0.47), mientras morfo 8 (Figura 3.42) lo fue en Sphaeroceridae con 0.26. El 34% de las msp del orden reportadas para el todo el transecto estuvieron representadas por solo un individuo (Tabla 3.2).

Para el caso de Formicidae (hormigas) se capturaron ejemplares de los géneros *Labidus* Jurine, 1807 y *Pheidole* Westwood, 1839, ambos representados por solo una especie/msp (*Labidus spininodis* (Emery, 1890) y *Pheidole* sp. 1 (Figura 3.44)). *Pheidole* sp. 1 fue la msp con mayor abundancia relativa (0.93).



(Figura 3.8). *Labidus spininodis*, *Pheidole* sp. 1 (Formicidae) (Figura 3.44), *Megaselia* sp. 1, *Megaselia* sp. 14, morfo 7 (Phoridae), *Aleodorus* sp. 1 (Figura 3.41), morfo 5 y 90 (Staphylinidae) (Figura 3.41) fueron las especies/msp dominantes a lo largo del transecto, siendo *Megaselia* sp. 1 (Figura 3.43), morfo 5 (Figura 3.41), morfo 7 (Figura 3.43) y *Pheidole* sp. 1 (Figura 3.44) las msp dominantes en J1, J2, J3 y J4 respectivamente (Tabla 3.2). J1 y J2 fueron las únicas estaciones en la que se capturaron cucarachas. El resto de grupos estuvo presente en todas las estaciones simultáneamente (Tabla 3.2).

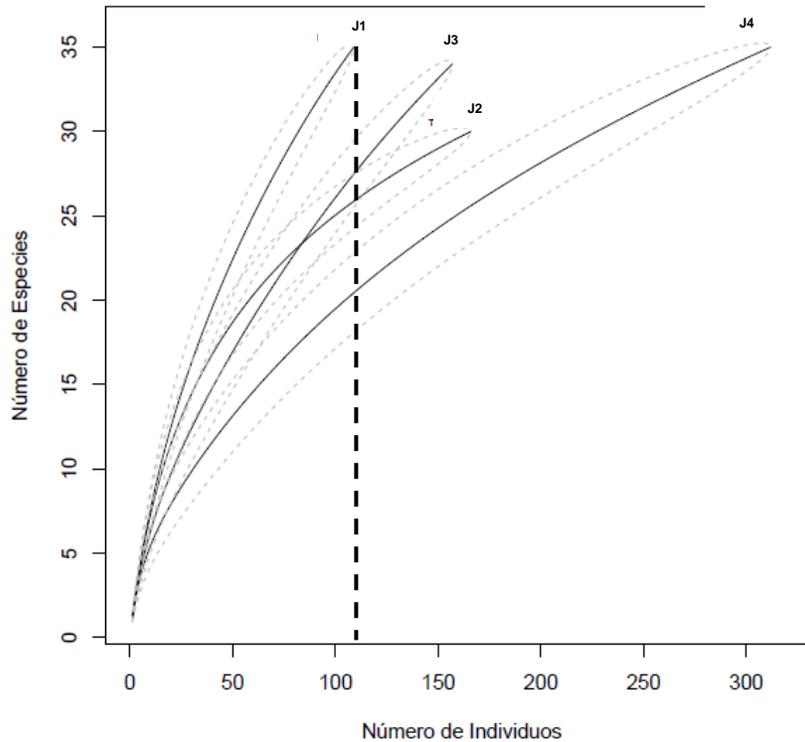


Figura 3.7. Curvas de rarefacción para los insectos de suelo para todas las estaciones del transecto El Junco. Estación 1 (J1, Bosque alto andino). Estación 2 y Estación 3 (J2 y J3, Arbustal). Estación 4 (J4, Páramo).

Estación 1 (J1) (Bosque alto andino; 2.960 m)

Estación con la mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para los escarabajos ($1H = 12.8$ especies efectivas), pero segunda estación más diversa según las moscas ($1H = 8.3$ especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de moscas en J1 tiene el 80% de la diversidad que tiene J2 (estación que presentó la mayor diversidad).

Con relación a las cucarachas en J1 solo se capturo un ejemplar de la msp *Euphyllodromia* sp. 1, perteneciente a la familia Ectobiidae.

Esta estación presentó la menor abundancia relativa y en conjunto con J3 y J4, la mayor riqueza específica de escarabajos (0.13; $S = 16$). Las msp *Atheta* sp. 1 y morfo 73 presentaron la mayor abundancia relativa ambas con 0.15, seguidas por *Arthmius* sp. 1 y morfo 5 (Figura 3.41) ambas con 0.12. Las msp morfo 35, 39, 43, 47, 70, 73 y 76 solo fueron capturadas en J1, equivalente al 19% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.2).

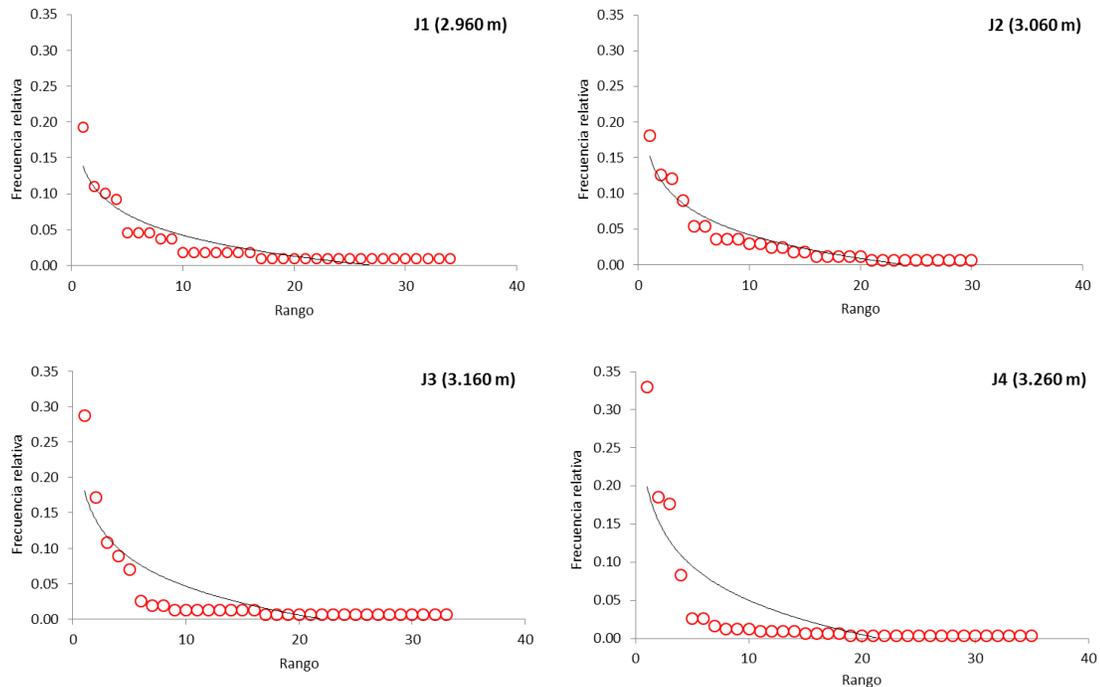


Figura 3.8. Curvas de rango-abundancia de especies de insectos del suelo para cada estación altitudinal para el transecto El Junco. Estación 1 (J1, Bosque alto andino). Estación 2 y Estación 3 (J2 y J3, Arbustal). Estación 4 (J4, Páramo).

Al igual a lo ocurrido con los escarabajos, las moscas también presentaron la menor abundancia relativa (0.19) y en conjunto con J2, el segundo mayor número de msp reportadas ($S = 16$) en J1. La familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.85; $S: 9$), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores (0.15; $S: 7$). Dentro de Phoridae la msp *Megaselia* sp. 1 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa (0.38), seguida por morfo 7 (Figura 3.43) con 0.22; mientras que en Sphaeroceridae lo fueron las msp morfo 8, 9 (Figura 3.42) y 30 todas con 0.20. Las msp *Megaselia* sp. 4, morfo 51 (Phoridae) y morfo 58 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en J1, equivalente al 19% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.2).

Para J1 solo se reportaron 10 individuos de la hormiga *Labidus spininodis* (Figura 3.44), siendo esta la estación con la menor abundancia relativa de hormigas (0.06) (Tabla 3.2).

Estación 2 (J2) (Arbustal; 3.060m)

Estación con la mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para las moscas (1H = 10.4 especies efectivas), pero la segunda con mayor diversidad de acuerdo a la comunidad de escarabajos (1H = 5.8 especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de escarabajos en J2 tiene el 46% de la diversidad que tiene J1 (estación que presentó la mayor diversidad).

Con relación a las cucarachas, y al igual a lo ocurrido en J1, en J2 solo se capturo un ejemplar de la msp morfo 28, perteneciente a la familia Ectobiidae.

Esta estación presentó la segunda mayor abundancia relativa y la menor riqueza específica de escarabajos (0.25; S = 12). La msp morfo 5 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa (0.49), seguida por *Atheta* sp. 1 con 0.15. Las msp morfo 67 y 82 solo fueron capturadas en J2, equivalente al 17% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.2).

En J2 las moscas presentaron la tercera mayor abundancia relativa (0.25) y, al igual que J1, la segunda mayor riqueza específica (S = 16). Al igual que en J1, la familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.73; S = 9), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores (0.27; S = 7). Dentro de Phoridae la msp morfo 7 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa (0.34), seguida por *Megaselia* sp. 1 (Figura 3.43) con 0.25. Por otro lado en Sphaeroceridae la msp morfo 8 (Figura 3.42) presentó la mayor abundancia relativa (0.39), seguida por morfo 26 con 0.26. Las msp morfo 21, 55 (Phoridae), morfo 26 y 33 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en J2, equivalente al 25% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.2).

Para J2 solo se reportaron 20 individuos de la hormiga *Pheidole* sp. 1 (Figura 3.44), siendo esta la estación con la tercera mayor abundancia relativa de hormigas (0.12) (Tabla 3.2).

Estación 3 (J3) (Arbustal; 3.160m)

Estación con la tercera mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para los escarabajos (1H = 5.3 especies efectivas) y la menor diversa de acuerdo a la comunidad de moscas (1H = 5.7 especies efectivas). Por lo tanto J3 tiene el 41% de la diversidad de escarabajos con relación a J1 (estación que presentó la mayor diversidad) y el 55% de la diversidad de moscas con respecto a J2 (estación que presentó la mayor diversidad).

Esta estación presentó la tercera mayor abundancia relativa y, al igual que J1 y J4, la mayor riqueza específica de escarabajos (0.16; S = 16). Nuevamente, y al igual que en J2, la msp morfo 5 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa, en este caso con 0.44, seguida por *Aleodorus* sp. 1 (Figura 3.41) con 0.08. Las msp *Hamotus* sp. 1, morfo 68, 69, 87 y 88 solo fueron capturadas en J3, equivalente al 31% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.2).

En J3 las moscas presentaron la segunda mayor abundancia relativa (0.27) y el menor número de msp reportadas (S = 15). A igual que en J1 y J2, la familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.91; S = 11), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores (0.09; S = 4). Dentro de Phoridae nuevamente y al igual que en J2, la msp morfo 7 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa, pero en este caso con 0.55, seguida por *Megaselia* sp. 14 (Figura 3.43) con 0.17. Por otro lado en Sphaeroceridae *Aptilotus* sp. 2 presentó la mayor abundancia relativa (0.50), seguida por *Aptilotus* sp. 1 con 0.25. Las msp morfo 52, 53, 63 (Phoridae), *Aptilotus* sp. 3 y morfo 49 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en J3, equivalente al 33% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.2).

J3 fue la única estación en la que se capturaron simultáneamente las dos especies de hormigas reportadas para este transecto. *Pheidole* sp. 1 (Figura 3.44) fue la msp con mayor abundancia relativa (0.96), mientras *Labidus spininodis* (Figura 3.44) solo estuvo representada por solo un individuo.

Estación 4 (J4) (Páramo; 3.260m)

Estación con la menor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para los escarabajos (1H = 5.0 especies efectivas) y la tercera menor diversidad de acuerdo a la comunidad de moscas (1H = 6.0 especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de escarabajos en J4 tiene el 40% de la diversidad que tiene J1 (estación que presentó la mayor diversidad) y en el caso de las moscas el 58% de la diversidad que tiene J2 (estación que presentó la mayor diversidad).

Esta estación presentó la mayor abundancia relativa y, al igual que J1 y J3, la mayor riqueza específica de escarabajos (0.46; S = 16). La msp morfo 90 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa (0.51), seguida por *Aleodorus* sp. 1 (Figura 3.41) con 0.23. Las msp morfo 41, 75, 78, 79, 83, 84, 86, 89 y 90 solo fueron capturadas en J4, equivalente al 56% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.2).

En J4 las moscas presentaron la mayor abundancia relativa y el mayor número de msp reportadas (0.29; S = 18). A igual que en el resto de estaciones, la familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.86; S = 15), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores

(0.14; S = 5). Dentro de Phoridae nuevamente y al igual que en J2 y J3, la msp morfo 7 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa, pero en este caso con 0.66, seguida por *Conicera* sp. 1 con 0.10. Por otro lado en Sphaeroceridae morfo 15 presentó la mayor abundancia relativa (0.38), seguida por morfo 8 (Figura 3.42) con 0.23. Las msp *Megaselia* sp. 3, morfo 17, 18, 34, 62 (Phoridae) y morfo 57 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en J4, equivalente al 33% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.2).

Para J4 solo se reportó la hormigas *Pheidole* sp. 1 (Figura 3.44), presentando aquí la mayor abundancia para este grupo en todo el transecto (0.64) (Tabla 3.2).

Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies calculadas para el transecto tienden a alcanzar la asíntota (Figura 3.9). Según los estimadores no paramétrico ACE y Chao1 el esfuerzo de muestreo invertido en este estudio permitió capturar entre el 86 y 87% de las posibles especies de insectos del suelo (Ectobiidae, Formicidae, Phoridae, Sphaeroceridae y Staphylinidae) en el área de estudio. En el caso de las curvas obtenidas para cada estación se observó que con el esfuerzo invertido (16 trampas pitfall/48 horas) se obtienen observan curvas con tendencia hacia el crecimiento (Figura 3.10). De acuerdo a lo anterior en J1 se capturaron entre el 73 y 80 % de las posibles especies de insectos del suelo, en J2 el 91%, en J3 entre el 62 y 76% y en J4 entre el 83 y 95%.

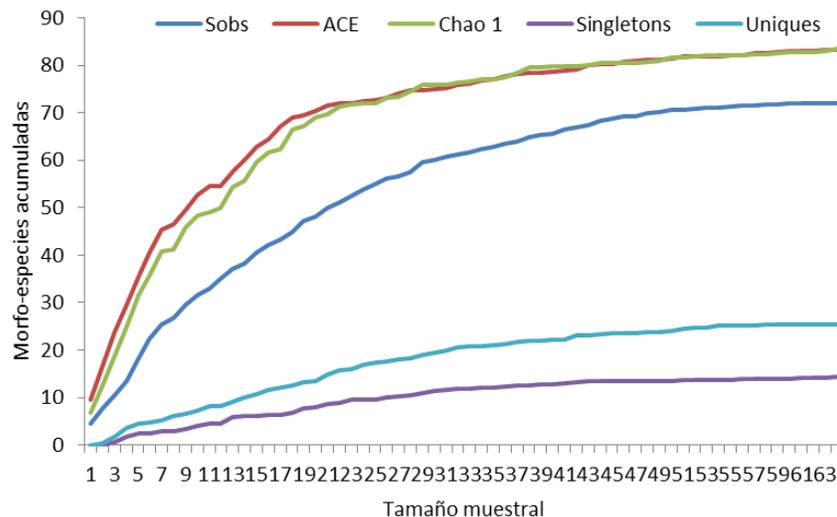


Figura 3.9. Curva de acumulación de especies para el transecto El Junco según los estimadores no paramétrico ACE y Chao 1.

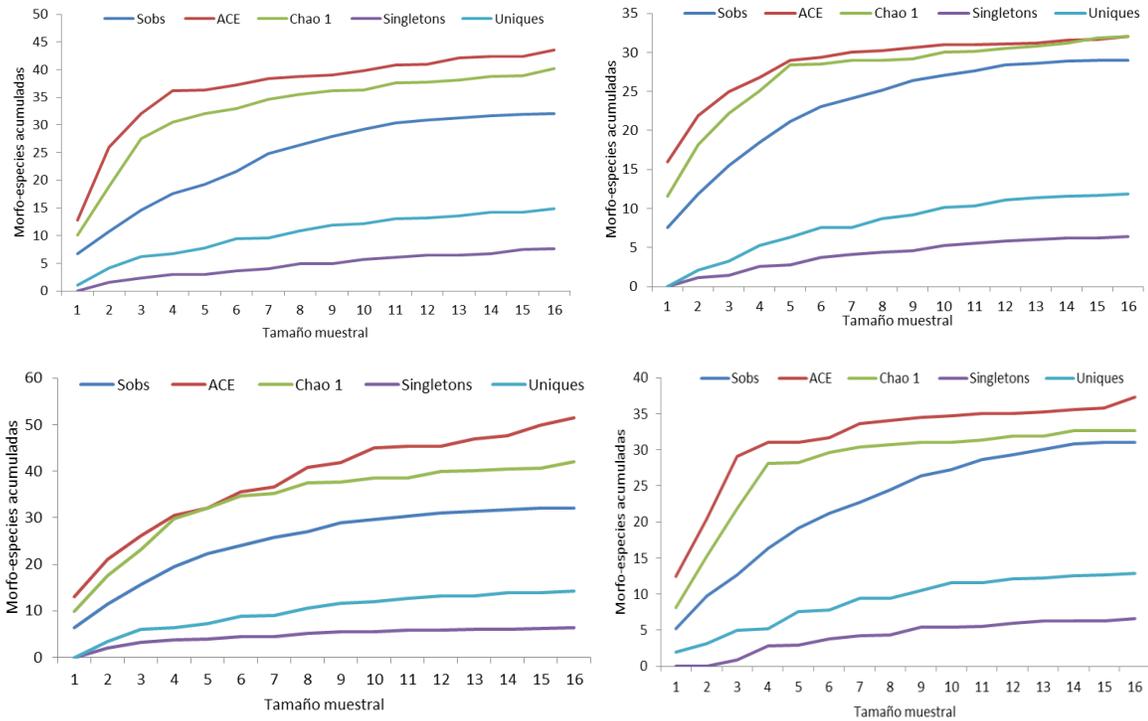


Figura 3.10. Curva de acumulación de especies para cada estación del transecto El Junco según los estimadores no paramétrico ACE y Chao 1. Izq. arriba: Estación 1 (J1). Der. arriba: Estación 2 (J2). Izq. abajo: Estación 3 (J3). Der. abajo: Estación 4 (J4).

Diversidad β .

El valor mayor de complementariedad se presentó entre las estaciones J3 y J4 (79%), mientras el valor menor entre J2 y J3 (63%). Por lo tanto según la composición de especies de insectos del suelo (cucarachas, hormigas, escarabajos (Estafilínidos) y moscas (Fóridos y Esferocéridos)) hay mayor similitud entre las dos estaciones ubicadas en el Arbustal (J2 y J3), que la hallada entre las estación de los extremos (J1 (Bosque alto andino) y J4 (Páramo) (Tabla 3.3). De igual forma los análisis de similitud (Sorensen) soportan los hallazgos antes mencionados. Al emplear un punto de corte de 0.48 se obtienen tres grupos, donde las estaciones J2 y J3 son más similares entre ellas (Figura 3.11). La comunidad de insectos de suelo encontrada en la estación 4 (3.260 m) presentó una alta singularidad en su composición con respecto al resto de estaciones, lo que permite inferir que los insectos allí encontrados podrían ser utilizados como elementos indicadores de la presencia de Páramo. Así mismo la comunidad de insectos presentes en las estaciones 2

(3.060 m) y 3 (3.160m) (Arbustales) parece ser diferentes a las encontradas en páramo (J4) y en bosque alto andino (J1), pero con más similitud al bosque que al páramo. No obstante los elementos encontrados dentro de las comunidades del arbustal podría estar indicando el límite entre ecosistemas como bosque alto andino y páramo. Debido a lo anterior es posible que la cota entre los 3.060 y 3.160 m sea la franja de transición entre el bosque y el páramo en el transecto El Junco.

Tabla 3.3. Complementariedad de especies entre pares de estaciones en el transecto El Junco. Diagonal y en negrilla, número de especies únicas en cada estación; parte superior de la diagonal número de especies compartidas; parte inferior de la diagonal valores de complementariedad.

Estaciones	J1	J2	J3	J4
J1	11	13	14	14
J2	0.75	7	17	13
J3	0.74	0.63	10	12
J4	0.75	0.75	0.79	16

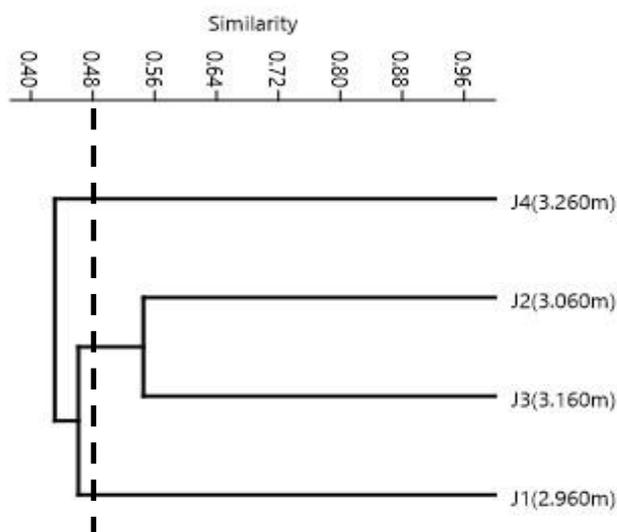


Figura 3.11. Análisis de agrupamiento por estaciones altitudinales de acuerdo a la similitud (Sorensen) entre las comunidades de insectos del suelo (cucarachas, esferoceridos, estafilínidos, fóridos y hormigas). Bosque alto andino (J1). Arbustal (J2 y J3). Páramo (J4). Coeficiente de correlación cofenética: 0.92.

3.3.2. Cerro Plateado

En este transecto se capturaron en total 358 insectos entre cucarachas, escarabajos (Staphylinidae), hormigas y moscas (Phoridae y Sphaeroceridae), distribuidos en seis familias y 63 especies/msp (Tabla 3.4). El grupo de insectos con mayor abundancia relativa en toda el área de estudio fue el de las hormigas (0.36), seguido por las moscas con 0.35, mientras escarabajos y moscas presentaron ambos la mayor riqueza específica $S = 29$ msp. Las cucarachas presentaron la menor abundancia relativa (0.07) y en conjunto con las hormigas, los menores valores de riqueza específica ($S = 3$ y 2 respectivamente). Las msp con mayor abundancia relativa fueron *Pheidole* sp. 1 (Formicidae) (Figura 3.44), morfo 63 y 140 (Phoridae) (Figura 3.12). Por otra parte *Megaselia* sp. 7, morfo 55, 63, 140 (Phoridae) y morfo 249 (Staphylinidae) fueron las msp con una frecuencia relativa de 1 (Figura 3.13), estando presentes en las cuatro estaciones altitudinales establecidas en este transecto.

Tabla 3.4. Listas de ordenes, familias y especies/morfo-especies de cucarachas (Dictyoptera), escarabajos (Coleoptera), hormigas (Hymenoptera: Formicidae) y moscas (Diptera) presentes en el transecto Cerro Plateado. Se indica el número de individuos capturados de cada especie/morfo-especie por estación altitudinal. (-) indica ausencia.

Orden	Familia	Especie/morfo-especie	Estación/Altura (m.s.n.m)				Total
			CP1	CP2	CP3	CP4	
			3.550	3.618	3.679	3.741	
Coleoptera	Staphylinidae	<i>Hoplandria</i> sp. 1	-	1	-	1	2
		<i>Hoplandria</i> sp. 2	1	3	-	-	4
		morfo 123	1	-	-	-	1
		morfo 2	3	7	-	7	17
		morfo 228	-	-	-	1	1
		morfo 24	1	-	-	-	1
		morfo 249	3	1	5	2	11
		morfo 250	2	-	-	-	2
		morfo 251	1	-	-	-	1
		morfo 252	1	-	-	-	1
		morfo 253	-	-	1	-	1
		morfo 254	3	-	1	-	4
		morfo 257	1	-	-	-	1
		morfo 258	1	-	-	-	1
		morfo 259	1	-	-	-	1
		morfo 260	1	-	-	-	1
		morfo 261	1	-	-	-	1

Orden	Familia	Especie/morfo-especie	Estación/Altura (m.s.n.m)				Total
			CP1	CP2	CP3	CP4	
			3.550	3.618	3.679	3.741	
		morfo 262	1	-	-	-	1
		morfo 263	1	-	-	-	1
		morfo 37	-	1	-	-	1
		morfo 47	1	-	-	-	1
		morfo 5	6	1	1	-	8
		morfo 66	1	-	-	-	1
		morfo 75	-	1	1	3	5
		morfo 84	1	-	-	-	1
		morfo 88	5	-	1	-	6
		morfo 90	-	-	1	-	1
		<i>Phloeopora</i> sp. 1	-	-	1	-	1
		<i>Rhexinia</i> sp. 1	-	-	1	-	1
		Diptoptera	Blaberidae	morfo 273	-	2	2
Ectobiidae	morfo 275		-	3	8	3	14
	<i>Plectoptera</i> sp. 1		-	1	-	-	1
Diptera	Phoridae	<i>Abaristophora</i> sp. 1	-	-	-	1	1
		<i>Megaselia</i> sp. 1	3	2	2	-	7
		<i>Megaselia</i> sp. 10	2	-	-	-	2
		<i>Megaselia</i> sp. 11	2	-	2	-	4
		<i>Megaselia</i> sp. 13	-	-	1	-	1
		<i>Megaselia</i> sp. 15	3	2	-	4	9
		<i>Megaselia</i> sp. 2	1	1	-	-	2
		<i>Megaselia</i> sp. 4	1	-	-	-	1
		<i>Megaselia</i> sp. 7	1	2	1	1	5
		morfo 140	3	5	17	3	28
		morfo 157	1	-	-	2	3
		morfo 20	-	1	10	-	11
		morfo 215	3	-	1	-	4
		morfo 243	-	-	-	1	1
		morfo 244	1	-	-	-	1
		morfo 264	-	1	-	-	1
		morfo 265	-	-	1	-	1
		morfo 267	-	-	1	-	1
		morfo 55	1	2	1	2	6
	morfo 63	1	14	3	2	20	
morfo 7	1	-	2	-	3		
	Sphaeroceridae	<i>Aptilotus</i> sp. 1	-	-	1	-	1

Orden	Familia	Especie/morfo-especie	Estación/Altura (m.s.n.m)				Total
			CP1	CP2	CP3	CP4	
			3.550	3.618	3.679	3.741	
		<i>Aptilotus</i> sp. 2	1	-	-	-	1
		<i>Aptilotus</i> sp. 4	2	1	-	-	3
		morfo 245	-	1	-	-	1
		morfo 246	3	-	-	-	3
		morfo 247	-	-	1	-	1
		morfo 8	1	-	-	-	1
		morfo 9	1	1	1	-	3
Hymenoptera	Formicidae	<i>Pheidole</i> sp. 1	-	101	22	5	128
		<i>Pheidole</i> sp. 2	-	1	-	-	1
Total general			69	156	90	43	358
Total especies/morfo-especies			40	24	27	16	63

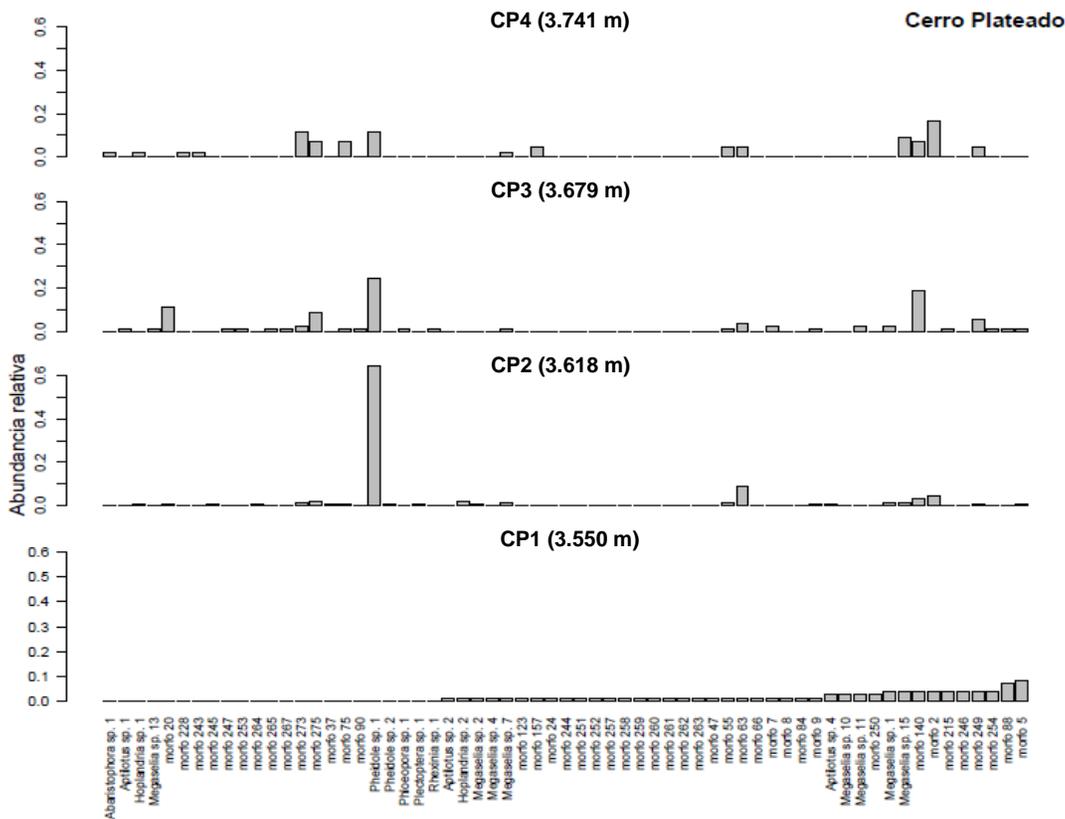
CP1: Bosque alto andino. CP2: Arbustal. CP3 y CP4: Páramo.

Para el orden Dictyoptera (cucarachas) se registraron las familias Blaberidae y Ectobiidae. La msp morfo 275 (Figura 3.40) presentó la mayor abundancia relativa (0.58), seguida por morfo 273 (Figura 3.40) con 0.38. *Plectoptera* sp. 1 estuvo representada por solo un individuo.

Para el caso de los escarabajos de la familia Staphylinidae (Coleoptera) la msp morfo 2 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa (0.22), seguida por morfo 149 y 5 con 0.14 y 0.10 respectivamente. El 69% de las msp reportadas para el todo transecto estuvieron representadas por solo un individuo (Tabla 3.4).

Dentro del orden Diptera (moscas) la familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica con 0.89 y $S = 21$. En Phoridae la msp morfo 140 presentó la mayor abundancia relativa (0.25), mientras *Aptilotus* sp. 4, morfo 9 (Figura 3.42) y 246 lo fueron en Sphaeroceridae, todas con 0.21. El 45% de las msp del orden reportadas para el todo el transecto estuvieron representadas por solo un individuo (Tabla 3.4).

Para el caso de Formicidae (hormigas) solo se capturaron ejemplares del género *Pheidole*, representado por solo una msp *Pheidole* sp. 1 (Figura 3.44).



3.12. Abundancia relativa de las especies/morfo-especies reportadas para el transecto Cerro Plateado.

Análisis por estaciones altitudinales

En el transecto Cerro Plateado se instalaron cuatro estaciones altitudinales las cuales correspondieron con las coberturas vegetales presentes en la zona así: Estación 1 (CP1, 3.550 m) Bosque alto andino, Estación 2 (CP2, 3.618 m) Arbustal, Estación 3 (CP3, 3.679 m) y Estación 4 (CP4, 3.741 m) Páramo. CP2 fue la estación en la que se capturó el mayor número de individuos (156 ind.) y CP1 la estación en la que se reportó el mayor número de especies/msp (40 especies/msp) (Figura 3.14). Según las curvas de rarefacción para una muestra estándar de 43 individuos (valor en el que todas las muestras se igualan) existen diferencias significativas entre la riqueza encontrada para todas las estaciones (Figura 3.14), excepto entre CP3 y CP4 ya que sus intervalos de confianza se sobrepone. Ambas estaciones correspondieron a Páramo.

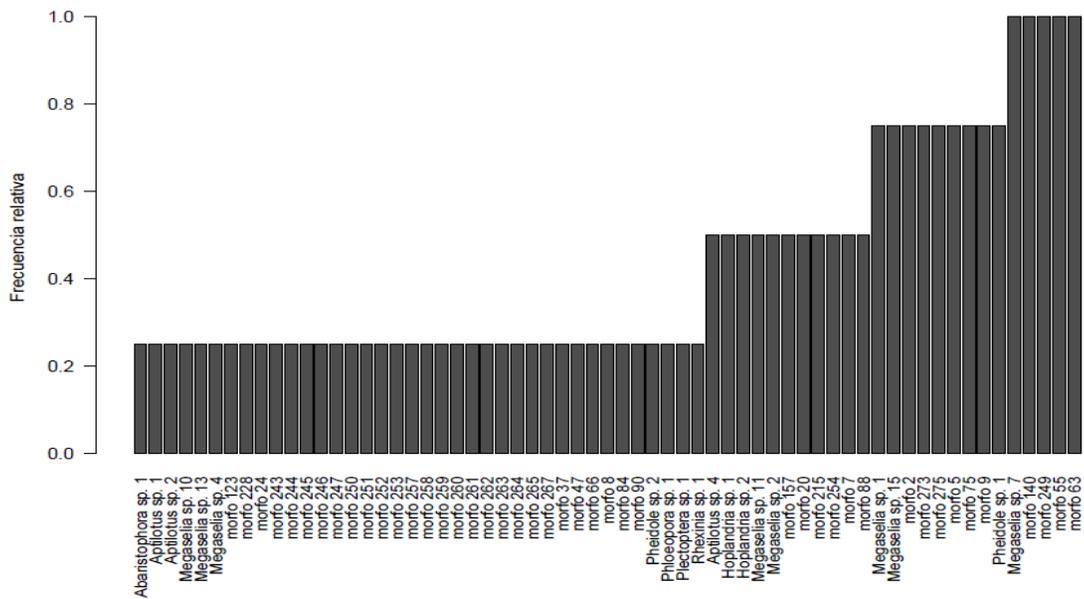


Figura 3.13. Frecuencia relativa de las especies/morfo-especies reportadas para el transecto Cerro Plateado. La frecuencia mayor (1) indica la presencia de la morfo-especie en las cuatro estaciones altitudinales establecidas para este transecto.

En general la comunidad de insectos de suelo en cada estación presentó baja equitabilidad, con pocas especies abundantes o dominantes y muchas especies raras con abundancias bajas, a excepción de CP4 en donde la equitabilidad fue mayor, presentado se una distribución de la abundancia de una forma más equitativa entre las especies (Figura 3.15). *Pheidole* sp. 1 (Formicidae) (Figura 3.44), morfo 20, 63, 140 (Phoridae), morfo 2 y 5 (Staphylinidae) (Figura 3.41) fueron las msp dominantes a lo largo del transecto, siendo morfo 5 (Figura 3.41), *Pheidole* sp. 1, *Pheidole* sp. 1 y morfo 2 las msp dominantes en CP1, CP2, CP3 y CP4 respectivamente (Tabla 3.4). CP1 fue la única estación en la que no se capturaron cucarachas ni hormigas. El resto de grupos estuvo presente en todas las estaciones simultáneamente (Tabla 3.4).

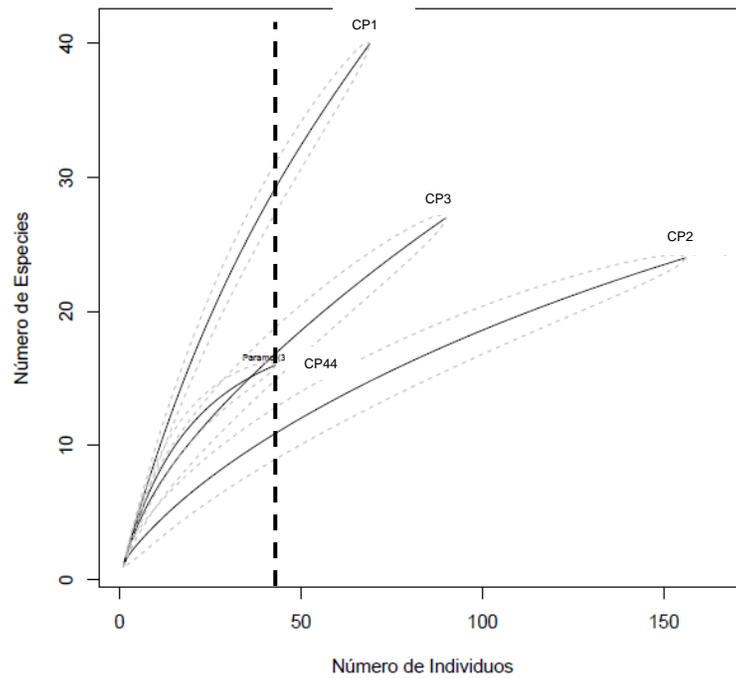


Figura 3.14. Curvas de rarefacción para los insectos de suelo para todas las estaciones del transecto Cerro Plateado. Estación 1 (CP1, Bosque alto andino). Estación 2 (CP2) (Arbustal). Estación 3 y Estación 4 (CP3 y CP4, Páramo).

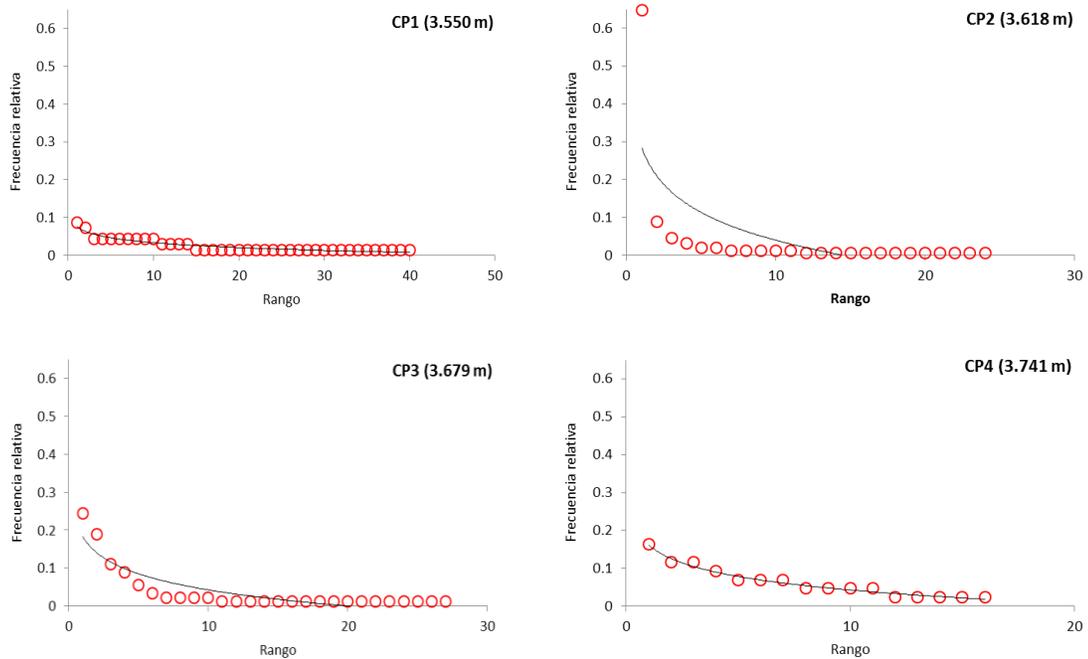


Figura 3.15. Curvas de rango-abundancia de especies de insectos del suelo para cada estación altitudinal para el transecto Cerro Plateado. Estación 1 (CP1, Bosque alto andino). Estación 2 (CP2, Arbustal). Estación 3 y Estación 4 (CP3 y CP4, Páramo).

Estación 1 (CP1) (Bosque alto andino; 3.550 m)

Estación con la mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para los escarabajos (1H = 16.4 especies efectivas) y para las moscas (1H = 16.8 especies efectivas).

Esta estación presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica de escarabajos (0.47; S = 21). La msp morfo 5 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa (0.16), seguida por morfo 88 y 5 con 0.14 y 0.08 respectivamente. Las msp morfo 24, 47, 66, 84, 123, 250, 251, 252, 257, 258, 259, 260, 261, 262 y 263 solo fueron capturadas en CP1, equivalente al 71% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.4).

Las moscas presentaron la tercera mayor abundancia relativa (0.25) pero la mayor riqueza específica en esta estación (S = 19). La familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.75; S: 4), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores (0.25; S: 5). Dentro de Phoridae las msp *Megaselia* sp. 1 (Figura 3.43), *Megaselia* sp. 15, morfo 140 y 215 presentaron la mayor abundancia relativa todas con 0.13, seguidas por *Megaselia* sp. 10 y *Megaselia* sp. 11, ambas con 0.08; mientras que en Sphaeroceridae lo fue la msp morfo 246 (0.38), seguida por *Aptilotus* sp. 4 con 0.25. Las msp *Megaselia* sp. 4, *Megaselia* sp. 10, morfo 244 (Phoridae) *Aptilotus* sp. 2, morfo 8 (Figura 3.42) y 246 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en CP1, equivalente al 32% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.4).

Estación 2 (CP2) (Arbustal; 3.618m)

Estación con la tercera mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para los escarabajos (1H = 4.9 especies efectivas) y en conjunto con CP4, con la menor diversidad de acuerdo a la comunidad de moscas (1H = 7.1 especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de escarabajos en CP2 tiene el 30% de la diversidad que tiene CP1 (estación que presentó la mayor diversidad) y el 42% en el caso de las moscas con referencia a CP1.

Con relación a las cucarachas en CP2 se capturaron ejemplar de las familias Blaberidae y Ectobiidae. La msp morfo 275 (Figura 3.40) presentó la mayor abundancia relativa (0.50). *Plectoptera* sp. 1, quien solo se reportó para esta estación, estuvo representada por un individuo.

Esta estación presentó la segunda mayor abundancia relativa y el tercer mayor valor de riqueza específica de escarabajos (0.19; S = 7). La msp morfo 2 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa (0.47), seguida por *Hoplandria* sp. 2 con 0.20. La msp morfo 37 solo fue capturada en CP2, equivalente al 14% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.4).

En CP2 las moscas presentaron la segunda mayor abundancia relativa (0.26) y, la tercera mayor riqueza específica (S = 12). Al igual que en CP1, la familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.91; S = 9). En esta estación Sphaeroceridae estuvo representada por *Aptilotus* sp. 4, morfo 9 (Figura 3.42) y 245, todas con solo un individuo. Dentro de Phoridae la msp morfo 63 presentó la mayor abundancia relativa (0.47), seguida por morfo 140 con 0.17. Las msp morfo 264 (Phoridae) y morfo 245 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en CP2, equivalente al 17% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.4).

Esta estación presentó la mayor abundancia relativa y el valor mayor de riqueza específica de hormigas (0.79; S = 2). Solo se reportó el género *Pheidole*, donde *Pheidole* sp. 1 (Figura 3.44) presentó una abundancia relativa de 0.99.

Estación 3 (CP3) (Páramo; 3.679m)

Estación con la segunda mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para los escarabajos (1H = 7.0 especies efectivas) y para las moscas (1H = 7.8 especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de escarabajos en CP3 tiene el 43% de la diversidad que tiene CP1 (estación que presentó la mayor diversidad) y en el caso de las moscas el 47% de la diversidad que tiene CP1.

Con relación a las cucarachas en CP3 se capturaron ejemplar de las familias Blaberidae y Ectobiidae. Al igual a lo observado en CP2, la msp morfo 275 (Figura 3.40) presentó la mayor abundancia relativa, en esta caso con 0.80.

Esta estación presentó la menor abundancia relativa y la segunda mayor riqueza específica de escarabajos (0.16; S = 9). La msp morfo 249 presentó la mayor abundancia relativa con 0.38. Las ocho especies restantes estuvieron representadas por solo un individuo. Las msp *Phloeopora* sp. 1, *Rhexinia* sp. 1, morfo 90 (Figura 3.41) y 253 solo fueron capturadas en CP3, equivalente al 44% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.4).

En CP3 las moscas presentaron la mayor abundancia relativa y el segundo mayor número de msp reportadas (0.36; S = 15). A igual que en CP1 y CP2, la familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.93; S = 12). Igual a lo observado en CP2, Sphaeroceridae estuvo representada por tres msp (*Aptilotus* sp. 1, morfo 9 y 247), todas con solo un individuo. Dentro de Phoridae la msp morfo 140 presentó la mayor abundancia

relativa (0.40), seguida por morfo 20 con 0.24. Las msp *Megaselia* sp. 13, morfo 265, 267 (Phoridae), *Aptilotus* sp. 1 y morfo 247 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en CP3, equivalente al 33% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.4).

Pheidole sp. 1 (Figura 3.44) fue la única msp reportada para esta estación, con una abundancia relativa de 0.17 con respecto al transecto.

Estación 4 (CP4) (Páramo; 3.741m)

Estación con la menor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para los escarabajos ($1H = 3.8$ especies efectivas) y en conjunto con CP2, la menor diversidad de acuerdo a la comunidad de moscas ($1H = 7.1$ especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de escarabajos en CP4 tiene el 23% de la diversidad que tiene CP1 (estación que presentó la mayor diversidad) y en el caso de las moscas el 42% de la diversidad que tiene CP1.

Con relación a las cucarachas en CP4 se capturaron ejemplar de las familias Blaberidae y Ectobiidae. La msp morfo 273 (Figura 3.40) presentó la mayor abundancia relativa con 0.63.

Esta estación presentó la tercera mayor abundancia relativa (0.18) y la mayor riqueza específica de escarabajos ($S = 5$). Al igual como se observó en CP2, la msp morfo 2 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa, en este caso con 0.50, seguida por morfo 75 con 0.21. La msp morfo 228 solo fue capturada en CP4, equivalente al 20% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.4).

En CP4 las moscas presentaron la menor abundancia relativa y el menor número de msp reportadas (0.13; $S = 8$). Para esta estación solo se reportaron moscas de la familia Phoridae. La msp *Megaselia* sp. 15 presentó la mayor abundancia relativa (0.55), seguida por morfo 140 con 0.19. Las msp *Abaristophora* sp. 1 y morfo 243 solo fueron capturadas en CP4, equivalente al 25% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.4).

Para CP4 solo se reportó la hormiga *Pheidole* sp. 1 (Figura 3.44), con una abundancia de cinco individuos.

Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies calculadas para el transecto tienden a alcanzar la asíntota (Figura 3.16). Según los estimadores no paramétrico ACE y Chao1 el esfuerzo de muestreo invertido en este estudio permitió capturar entre el 80 y 86% de las posibles especies de insectos del suelo (Blaberidae, Ectobiidae, Formicidae, Phoridae, Sphaeroceridae y Staphylinidae) en el área de estudio. En el caso de las curvas obtenidas para cada estación se observó que con el esfuerzo de muestreo invertido (30 trampas pitfall/48 horas) las

curvas tienden a alcanzar la asíntota (Figura 3.17). De acuerdo a lo anterior en CP1 se capturaron entre el 68 y 77 % de las posibles especies de insectos del suelo, en CP2 entre el 69 y 72%, en CP3 entre el 63 y 71% y en CP4 entre el 72 y 85%.

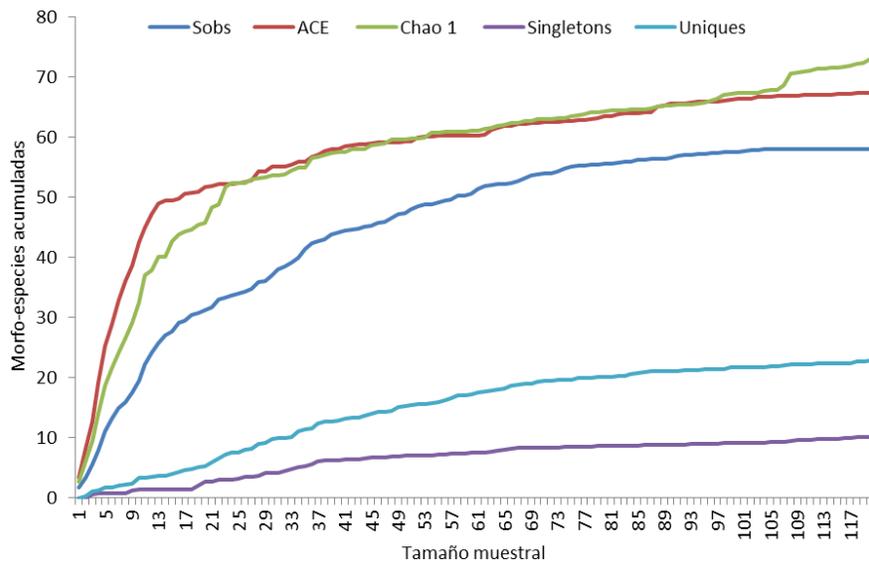
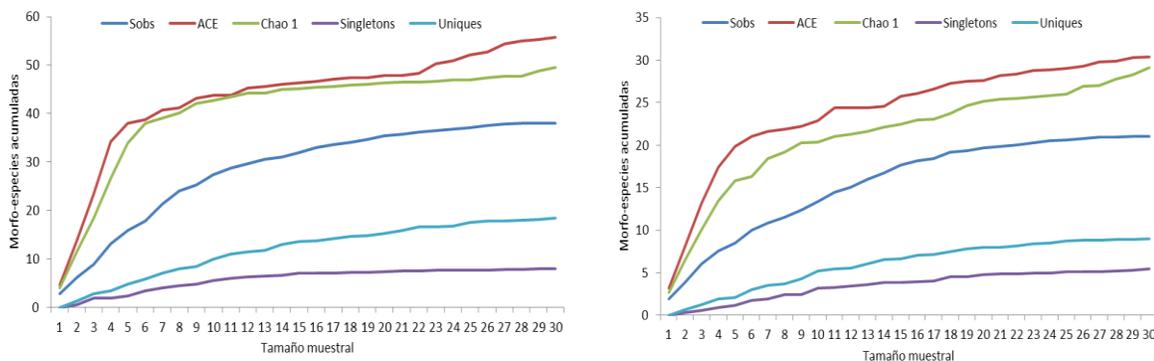


Figura 3.16. Curva de acumulación de especies para el transecto Cerro Plateado según los estimadores no paramétrico ACE y Chao 1.



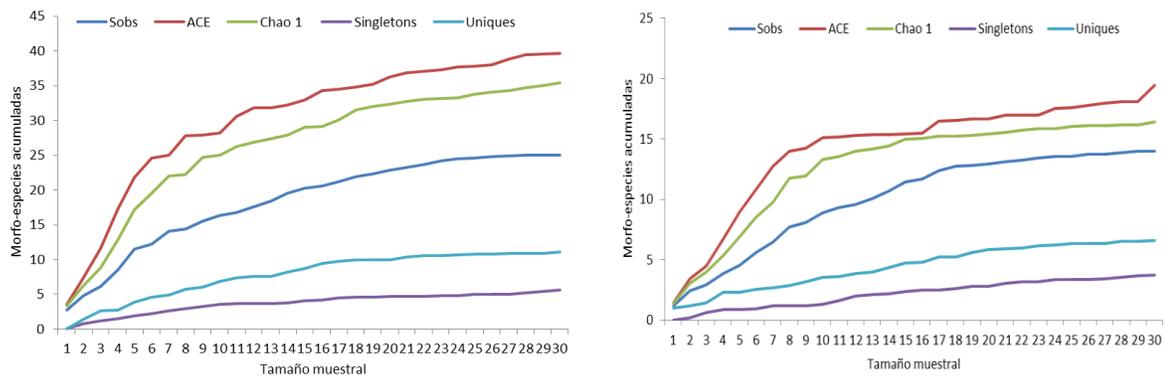


Figura 3.17. Curva de acumulación de especies para cada estación del transecto Cerro Plateado según los estimadores no paramétrico ACE y Chao 1. Izq. arriba: Estación 1 (CP1). Der. arriba: Estación 2 (CP2). Izq. abajo: Estación 3 (CP3). Der. abajo: Estación 4 (CP4).

Diversidad β .

El valor mayor de complementariedad se presentó entre las estaciones CP1 y CP4 (84%), mientras el valor menor entre CP2 y CP4 (57%). Por lo tanto según la composición de especies de insectos del suelo (cucarachas, hormigas, escarabajos (Estafilínidos) y moscas (Fóridos y Esferocéridos)) hay mayor similitud entre la estación ubicada en arbustal (3.618m) con una de las estaciones del páramo (3.741m), que la hallada entre la estación de arbustal con su estación más próxima CP3 (3.679 m) (Tabla 3.5). De igual forma los análisis de agrupamiento soportan los hallazgos antes mencionados. Al emplear un punto de corte de 0.48 se obtienen tres grupos, donde las estaciones CP2 y CP3 son más similares entre ellas (Figura 3.18). El anidamiento de la estación 2 (3.618 m), ubicada en arbustal entre las estaciones de páramo CP3 (3.679 m) y CP4 (3.741 m), indica que la comunidad de insectos de suelo encontrada en CP2 (arbustal) realmente presenta elementos muy similares a los hallados en comunidades de insectos de suelo presentes en el páramo. Por lo tanto los insectos allí encontrados podrían ser utilizados como elementos indicares de la presencia de páramo, mas no como elementos de una franja de transición entre bosque alto andino y páramo para este transecto. Debido a lo anterior, y dado a que la comunidad de insectos de suelo reportada para CP3 posee poca similitud con las comunidades de estaciones a mayor altura (Páramo) y con la de menor altura (Bosque), es posible que en la cota 3.679 m se presente una franja de transición entre el bosque y el páramo en el transecto Las Palomas.

Tabla 3.5. Complementariedad de especies entre pares de estaciones en el transecto Cerro Plateado. Diagonal y en negrilla, número de especies únicas en cada estación; parte superior de la diagonal número de especies compartidas; parte inferior de la diagonal valores de complementariedad.

Estaciones	CP1	CP2	CP3	CP4
CP1	21	13	13	8
CP2	0.75	5	13	12
CP3	0.76	0.66	9	9
CP4	0.83	0.57	0.74	3

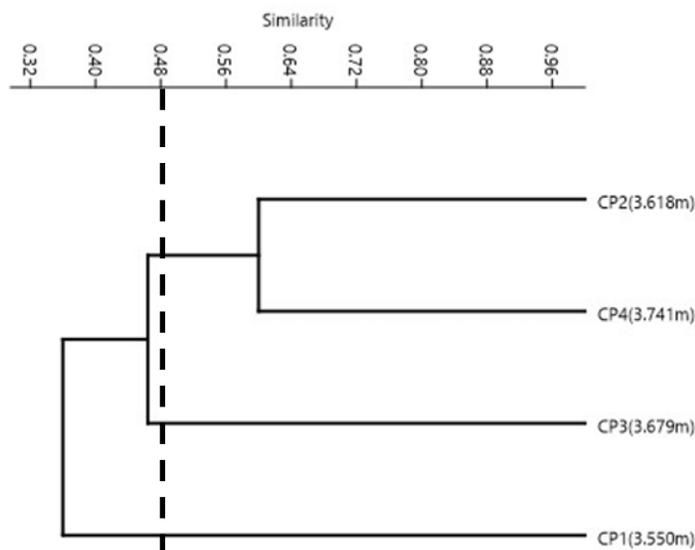


Figura 3.18. Análisis de agrupamiento por estaciones altitudinales de acuerdo a la similitud (Sorensen) entre las comunidades de insectos del suelo (cucarachas, esferoceridos, estafilínidos, fóridos y hormigas). Bosque alto andino (CP1). Arbustal (CP2). Páramo (CP3 y CP4). Coeficiente de correlación cofenética: 0.88.

3.3.3. El Sol

En este transecto se capturaron en total 292 insectos entre cucarachas, escarabajos (Staphylinidae) y moscas (Phoridae y Sphaeroceridae), distribuidos en cuatro familias y 56 especies/msp (Tabla 3.6). El grupo de insectos con mayor abundancia relativa y mayor riqueza específica en toda el área de estudio fue el de las moscas (0.53; S = 36), seguido por los escarabajos con 0.45 y S = 17. Las cucarachas presentaron la menor abundancia relativa (0.01) y la menor riqueza específica (S = 3). Las msp con mayor abundancia relativa fueron morfo 79, 84 (Staphylinidae) y morfo 169 (Figura 3.42) (Sphaeroceridae) (Figura 3.19). Por otra parte morfo 9 (Sphaeroceridae) (Figura 3.42) y 10 (Phoridae) fueron las únicas msp con una frecuencia relativa de 1 (Figura 3.20), estando presentes en las cuatro estaciones altitudinales establecidas en este transecto.

Tabla 3.6. Listas de ordenes, familias y especies/morfo-especies de cucarachas (Dictyoptera), escarabajos (Coleoptera) y moscas (Diptera) presentes en el transecto El Sol. Se indica el número de individuos capturados de cada especie/morfo-especie por estación altitudinal. (-) indica ausencia.

Orden	Familia	Especie/morfo-especie	Estación/Altura (m.s.n.m)				Total
			S1	S2	S3	S4	
			3.479	3.530	3.605	3.682	
Coleoptera	Staphylinidae	<i>Aleodorus</i> sp. 1	9	1	1	-	11
		morfo 13	-	-	2	1	3
		morfo 152	1	-	-	-	1
		morfo 185	-	1	-	--	1
		morfo 186	1	-	-	-	1
		morfo 187	-	1	-	-	1
		morfo 188	1	-	-	-	1
		morfo 2	2	-	2	18	22
		morfo 5	4	3	1	-	8
		morfo 65	3	-	-	-	3
		morfo 66	2	-	1	-	3
		morfo 78	2	-	-	-	2
		morfo 79	35	1	-	-	36
		morfo 83	5	3	1	-	9
		morfo 84	25	2	-	-	27
		morfo 88	1	-	-	-	1
			<i>Phloeonomus</i> sp. 1	-	-	1	1
Dictyoptera	Ectobiidae	morfo 19	-	1	-	-	1
		morfo 211	1	-	-	-	1
		morfo 94	2	-	-	-	2
Diptera	Phoridae	<i>Abaristophora</i> sp. 1	-	-	1	-	1
		<i>Megaselia</i> sp. 1	2	1	-	-	3
		<i>Megaselia</i> sp. 2	3	-	-	-	3
		<i>Megaselia</i> sp. 4	6	5	1	-	12
		<i>Megaselia</i> sp. 7	-	1	-	-	1
		<i>Megaselia</i> sp. 8	2	-	-	-	2
		<i>Megaselia</i> sp. 9	-	-	-	1	1
		<i>Metopina</i> sp. 1	1	-	-	-	1
		morfo 10	3	1	2	2	8
		morfo 136	1	-	-	-	1
		morfo 140	-	1	-	-	1
		morfo 17	1	-	-	-	1
		morfo 182	2	-	-	-	2

Orden	Familia	Especie/morfo-especie	Estación/Altura (m.s.n.m)				Total	
			S1	S2	S3	S4		
			3.479	3.530	3.605	3.682		
		morfo 183	1	-	-	-	1	
		morfo 20	1	-	7	-	8	
		morfo 27	1	-	-	-	1	
		morfo 54	2	-	1	-	3	
		morfo 55	-	1	1	-	2	
		morfo 63	-	3	1	1	5	
		morfo 7	14	7	-	1	22	
	Sphaeroceridae	<i>Aptilotus</i> sp. 2	2	-	-	-	2	
		<i>Aptilotus</i> sp. 4	2	-	-	-	2	
		<i>Aptilotus</i> sp. 5	1	-	-	-	1	
		morfo 135	-	-	-	1	1	
		morfo 169	-	-	3	32	35	
		morfo 170	1	-	1	-	2	
		morfo 171	-	-	1	-	1	
		morfo 177	-	-	-	1	1	
		morfo 178	-	-	-	4	4	
		morfo 179	-	-	-	1	1	
		morfo 180	1	-	-	-	1	
		morfo 184	-	-	-	1	1	
		morfo 33	1	1	1	-	3	
		morfo 49	1	-	-	-	1	
		morfo 8	5	10	-	-	15	
		morfo 9	2	2	1	1	6	
Total individuos			150	46	30	66	292	
Total especies/morfo-especies			38	19	19	14	56	

S1: Bosque alto andino. S2 y S3: Arbustal. S4: Páramo.

Para el orden Dictyoptera (cucarachas) solo se registró la familia Ectobiidae con sus tres únicas msp para el área morfo 19, 94 y 211. Todas estas msp estuvieron representadas por dos o menos individuos (Tabla 3.6).

Para el caso de los escarabajos de la familia Staphylinidae (Coleoptera) la msp morfo 79 presentó la mayor abundancia relativa (0.27), seguida por morfo 2 (Figura 3.41) y 84 con 0.20 y 0.17 respectivamente. El 35% de las msp reportadas para el todo transecto estuvieron representadas por solo un individuo (Tabla 3.6).

Dentro del orden Diptera (moscas) la familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica con 0.51 y $S = 20$. En Phoridae la msp morfo 7 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa (0.28), mientras morfo 169 (Figura 3.42) lo fue en Sphaeroceridae con 0.45. El 47% de las msp del orden reportadas para el todo el transecto estuvieron representadas por solo un individuo (Tabla 3.6).

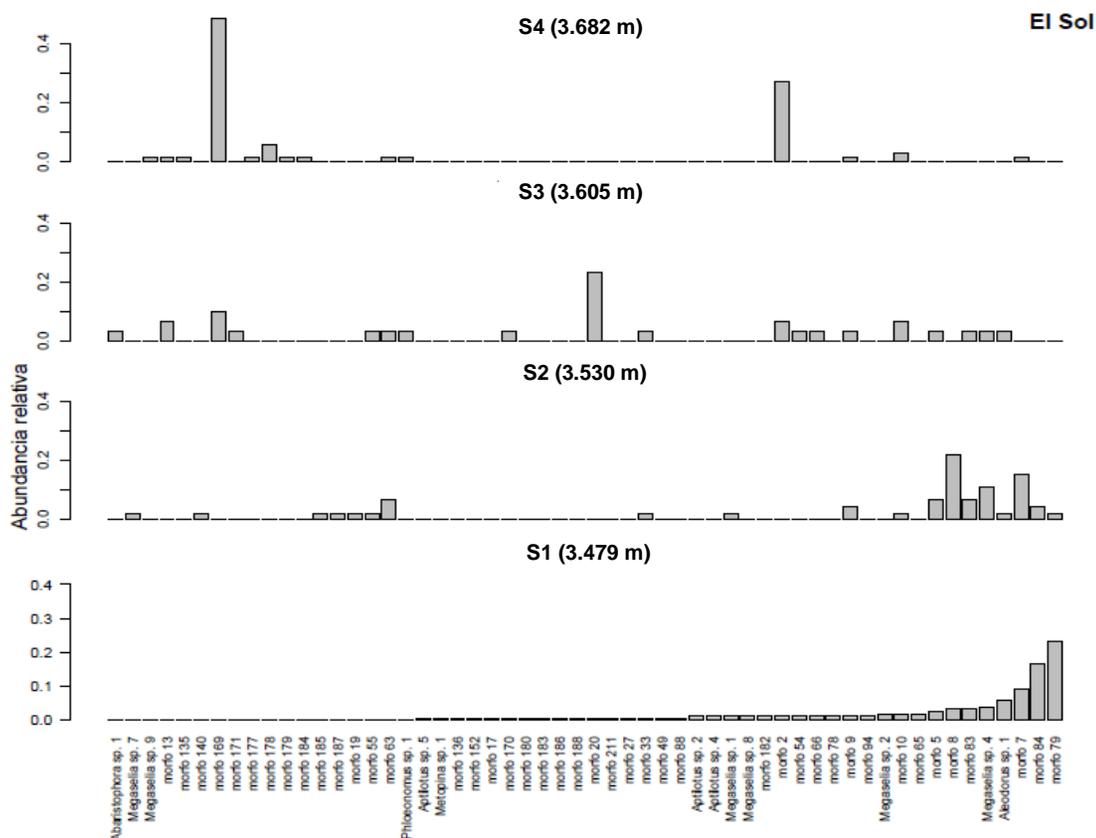


Figura 3.19. Abundancia relativa de las especies/morfo-especies reportadas para el transecto El Sol.

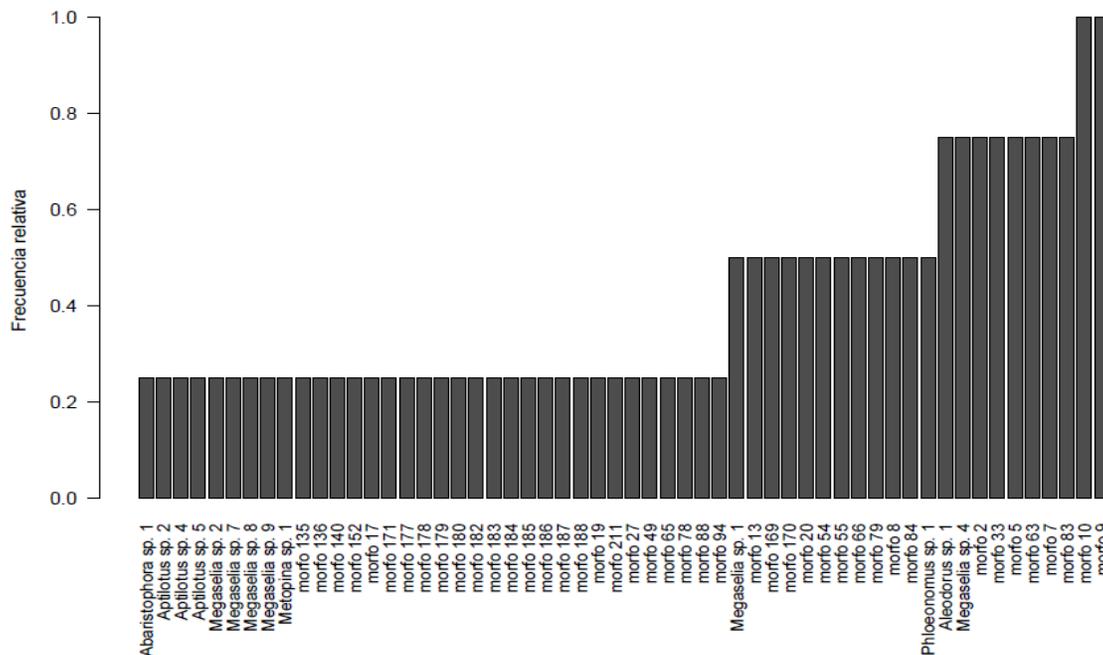


Figura 3.20. Frecuencia relativa de las especies/morfo-especies reportadas para el transecto El Sol. La frecuencia mayor (1) indica la presencia de la morfo-especie en las cuatro estaciones altitudinales establecidas para este transecto.

Análisis por estaciones altitudinales

En el transecto El Sol se instalaron cuatro estaciones altitudinales las cuales correspondieron con las coberturas vegetales presentes en la zona así: Estación 1 (S1, 3.479 m) Bosque alto andino, Estación 2 (S2, 3.530 m) y Estación 3 (S3, 3.605 m) Arbustal y Estación 4 (S4, 3.682 m) Páramo. S1 fue la estación en la que se capturó el mayor número de individuos (150 ind.) y en la que se reportó el mayor número de especies/msp (38 especies/msp) (Figura 3.21). Según las curvas de rarefacción para una muestra estándar de 30 individuos (valor en el que todas las muestras se igualan) existen diferencias significativas entre la riqueza encontrada para S3 y S4 (Figura 3.21). Para el caso de S1 y S2 no existen diferencias significativas con respecto a su riqueza debido a que sus intervalos de confianza se sobreponen. En general la comunidad de insectos de suelo en cada estación presentó baja equitabilidad, con pocas especies abundantes o dominantes y muchas especies raras con abundancias bajas, particularmente en S4 en donde la especie más abundante se ubicó sobre la curva muy distante del resto de especies (Figura 3.22). Morfo 7, 20 (Phoridae), morfo 8 (Figura 3.42), 169 (Sphaeroceridae) (Figura 3.42), morfo 2, 79 y 84 (Staphylinidae) fueron las especies/msp dominantes a lo largo del transecto, siendo morfo 79, 8, 20 y 169 las msp dominantes en S1, S2, S3 y S4 respectivamente (Tabla 3.6). S1 y S2 fueron las únicas estaciones en la que

solo se capturaron cucarachas. El resto de grupos estuvo presente en todas las estaciones simultáneamente (Tabla 3.6).

Estación 1 (S1) (Bosque alto andino; 3.479 m)

Estación con la mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para las moscas ($1H = 15.5$ especies efectivas), pero tercera estación más diversa según los escarabajos ($1H = 6.1$ especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de escarabajos en S1 tiene el 92% de la diversidad que tiene S3 (estación que presentó la mayor diversidad).

Con relación a las cucarachas en S1 se capturaron tres individuos de las msp morfo 94 y 211, ambos pertenecientes a la familia Ectobiidae. Adicionalmente ambas msp solo fueron capturadas en esta estación.

Esta estación presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica de escarabajos (0.69; $S = 13$). La msp morfo 79 presentó la mayor abundancia relativa (0.38), seguida por morfo 84 con 0.27. Las msp morfo 65, 78, 88, 152, 186 y 188 solo fueron capturadas en S1, equivalente al 46% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.6).

Al igual a lo ocurrido con los escarabajos, las moscas también presentaron la mayor abundancia relativa y el mayor número de msp reportadas (0.36; $S = 23$) en S1. La familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.71; $S: 14$), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores (0.29; $S: 9$). Dentro de Phoridae la msp morfo 7 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa (0.35), seguida por *Megaselia* sp. 4 con 0.15; mientras que en Sphaeroceridae lo fue la msp morfo 8 (Figura 3.42) con 0.31. Las msp *Aptilotus* sp. 2, *Megaselia* sp. 2, *Megaselia* sp. 8, *Metopina* sp. 1, morfo 17, 27, 136, 182 y 183 (Phoridae), *Aptilotus* sp. 4, *Aptilotus* sp. 5 (Figura 3.42), morfo 49, 58 y 180 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en S1, equivalente al 57% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.6).

Estación 2 (S2) (Arbustal; 3.530 m)

Estación con la segunda mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para los escarabajos ($1H = 6.2$ especies efectivas) y tercera estación más diversa según las moscas ($1H = 7.4$ especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de escarabajos en S2 tiene el 93% de la diversidad que tiene S3 (estación que presentó la mayor diversidad) y un 48% de la diversidad de moscas con respecto a S1 (estación que presentó la mayor diversidad).

Con relación a las cucarachas en S2 se capturo un individuo de la msp morfo 19, perteneciente a la familia Ectobiidae. Adicionalmente esta msp solo fue capturada en esta estación.

Esta estación presentó la tercera mayor abundancia relativa (0.09) y al igual que S3, la segunda mayor riqueza específica de escarabajos ($S = 7$). Las msp morfo 5 (Figura 3.41) y 83 presentaron la mayor abundancia relativa, ambas con 0.25, seguidas por morfo 84 con 0.17. Las msp morfo 185 y 187 solo fueron capturadas en S2, equivalente al 29% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.6).

Las moscas presentaron la tercera mayor abundancia relativa (0.19) y en conjunto con S4, el menor número de msp reportadas ($S = 11$). La familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.61; $S = 8$), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores (0.39; $S = 3$). Dentro de Phoridae, y al igual a lo observado en S1, la msp morfo 7 (Figura 3.43) presentó nuevamente la mayor abundancia relativa, en esta caso con (0.35), seguida por *Megaselia* sp. 4 con 0.25; mientras que en Sphaeroceridae nuevamente lo fue la msp morfo 8 (Figura 3.42) con 0.77. Las msp *Megaselia* sp. 7 y morfo 140 (Phoridae) solo fueron capturadas en S2, equivalente al 18% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.6).

Estación 3 (S3) (Arbustal; 3.605 m)

Estación con la mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para los escarabajos ($1H = 6.6$ especies efectivas) y segunda estación más diversa según las moscas ($1H = 8.8$ especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de moscas en S3 tiene el 57% de la diversidad que tiene S1 (estación que presentó la mayor diversidad).

Esta estación presentó la menor abundancia relativa (0.07) y al igual que S2, la segunda mayor riqueza específica de escarabajos ($S = 7$). Las msp morfo 2 (Figura 3.41) y 13 presentaron la mayor abundancia relativa ambas con 0.22.

Las moscas presentaron la menor abundancia relativa (0.13) y el segundo mayor número de msp reportadas ($S = 12$) en S3. La familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.67; $S = 7$), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores (0.33; $S = 5$). Dentro de Phoridae la msp morfo 20 presentó la mayor abundancia relativa (0.50), seguida por morfo 10 con 0.14; mientras que en Sphaeroceridae lo fue la msp morfo 169 (Figura 3.42) con 0.43. Las msp *Abaristophora* sp. 1 (Phoridae) y morfo 171 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en S3, equivalente al 17% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.6).

Estación 4 (S4) (Páramo; 3.682 m)

Estación con la menor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado tanto para los escarabajos ($1H = 1.5$ especies efectivas), como para las moscas ($1H = 3.6$ especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de escarabajos en S4 tiene el 22% de la diversidad que tiene S3 (estación que

presentó la mayor diversidad) y un 23% de la diversidad de moscas con respecto a S1 (estación que presentó la mayor diversidad).

Esta estación presentó la segunda mayor abundancia relativa y la menor riqueza específica de escarabajos (0.15; S = 3). La msp morfo 2 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa con 0.90. Las otras dos msp (*Phloeonomus* sp. 1 y morfo 13) estuvieron representadas por un individuo.

Al igual a lo ocurrido con los escarabajos, las moscas también presentaron la segunda mayor abundancia relativa (0.29) en S4 y en conjunto con S2, el menor número de msp reportadas (S = 11). A diferencia del resto de estaciones la familia Sphaeroceridae presentó aquí la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.89; S: 7), mientras Phoridae presentó valores inferiores (0.11; S: 4). Dentro de Sphaeroceridae la msp morfo 169 (Figura 3.42) presentó la mayor abundancia relativa (0.78), seguida por morfo 178 con 0.10; mientras que en Phoridae lo fue la msp morfo 10 con 0.40. Las msp *Megaselia* sp. 9 (Phoridae), morfo 135, 177, 178, 179 y 184 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en S4, equivalente al 55% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.6).

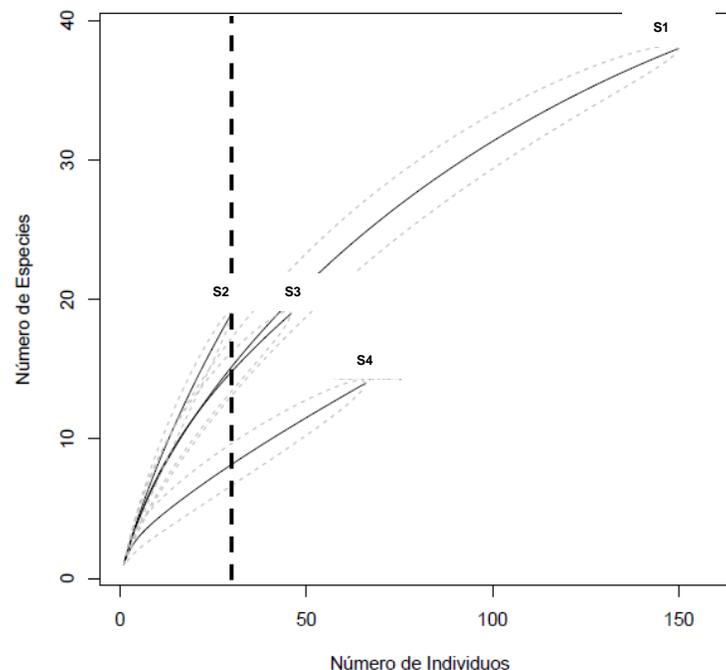
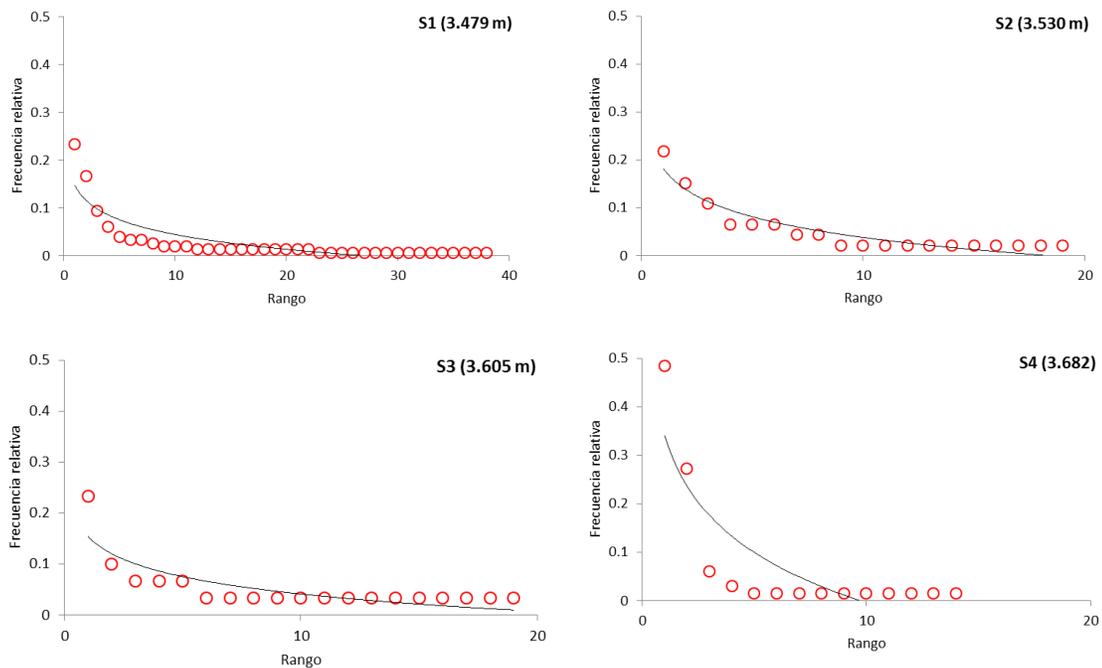


Figura 3.21. Curvas de rarefacción para los insectos de suelo para todas las estaciones del transecto El Sol. Estación 1 (S1, Bosque alto andino). Estación 2 y Estación 3 (S2 y S3, Arbustal). Estación 4 (S4, Páramo).



3.22. Curvas de rango-abundancia de especies de insectos del suelo para cada estación altitudinal para el transecto El Sol. Estación 1 (S1, Bosque alto andino). Estación 2 y Estación 3 (S2 y S3, Arbustal). Estación 4 (S4, Páramo).

Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies calculadas para el transecto tienden a alcanzar la asíntota (Figura 3.23). Según los estimadores no paramétrico ACE y Chao1 el esfuerzo de muestreo invertido en este estudio permitió capturar entre el 87 y 90% de las posibles especies de insectos del suelo (Ectobiidae, Phoridae, Sphaeroceridae y Staphylinidae) en el área de estudio. En el caso de las curvas obtenidas para cada estación se observó que con el esfuerzo invertido (30 trampas pitfall/48 horas) se obtienen curvas con tendencia hacia el crecimiento (Figura 3.24). De acuerdo a lo anterior en S1 se capturaron entre el 83 y 90 % de las posibles especies de insectos del suelo, en S2 entre el 72 y 83%, en S3 entre el 61 y 75% y en S4 entre el 48 y 62%.

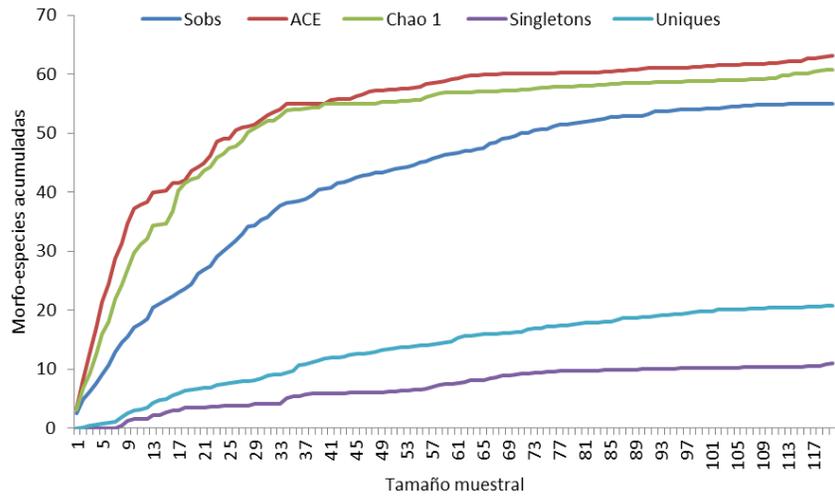


Figura 3.23. Curva de acumulación de especies para el transecto El Sol según los estimadores no paramétrico ACE y Chao 1.

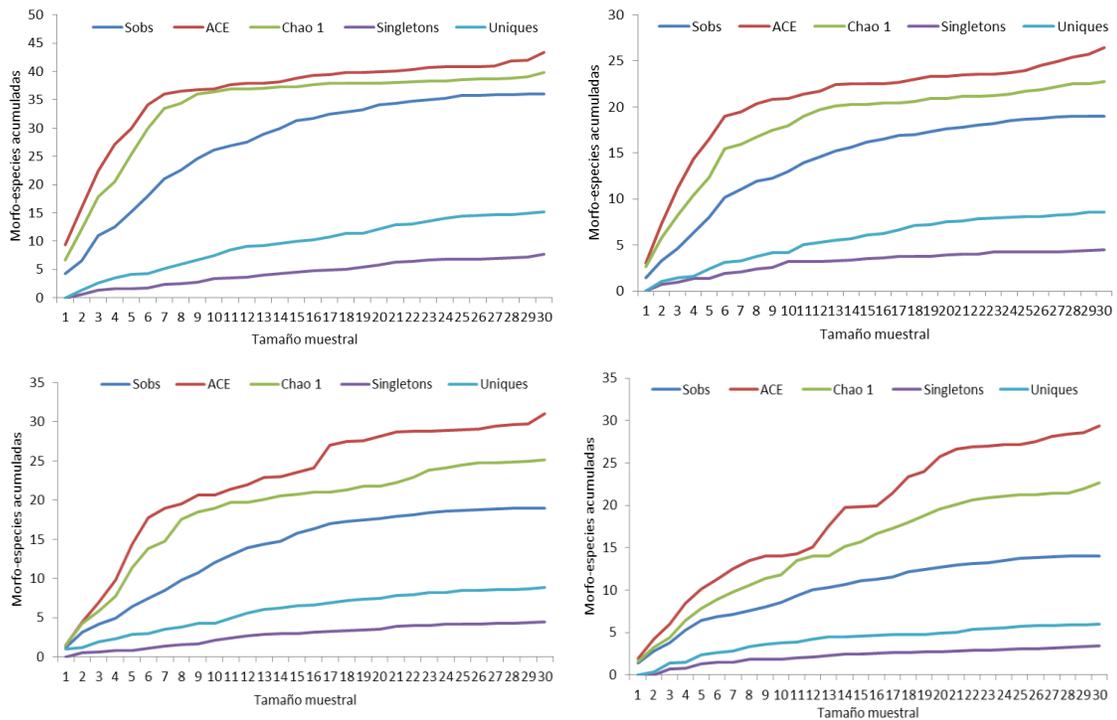


Figura 3.24. Curva de acumulación de especies para cada estación del transecto El Sol según los estimadores no paramétrico ACE y Chao 1. Izq. arriba: Estación 1 (S1). Der. arriba: Estación 2 (S2). Izq. abajo: Estación 3 (S3). Der. abajo: Estación 4 (S4).

Diversidad β .

El valor mayor de complementariedad se presentó entre las estaciones S1 y S4 (92%), mientras el valor menor entre S2 y S3 (69%). Por lo tanto según la composición de especies de insectos del suelo (cucarachas, escarabajos (Estafilínidos) y moscas (Fóridos y Esferocéridos)) hay mayor similitud entre las dos estaciones ubicadas en los arbustales (S2 y S3), que la hallada entre las estaciones de los extremos (S1 (Bosque alto andino) y S4 (Páramo) (Tabla 3.7). De igual forma los análisis de agrupamiento soportan los hallazgos antes mencionados. Al emplear un punto de corte de 0.40 se obtienen dos grupos, donde las estaciones S2 y S3 son más similares entre ellas, y esta pareja es a su vez es muy similar a S1 (Figura 3.25). La comunidad de insectos de suelo encontrada en la estación 4 (3.682 m) presentó un alta singularidad en su composición con respecto al resto de estaciones, lo que permite pensar que los insectos allí encontrados podrían ser utilizados como elementos indicadores de la presencia de Páramo. Así mismo la comunidad de insectos presentes en las estaciones 2 (3.530 m) y 3 (3.605 m) (Arbustal) parece ser diferentes a las encontradas en páramo y en bosque alto andino, pero con más similitud al bosque que al páramo. No obstante los elementos encontrados dentro de las comunidades del arbustal entre la cota 3.530 y 3.605 m podría estar indicando el límite entre ecosistemas como bosque alto andino y páramo.

Tabla 3.7. Complementariedad de especies entre pares de estaciones en el transecto El Sol. Diagonal y en negrilla, número de especies únicas en cada estación; parte superior de la diagonal número de especies compartidas; parte inferior de la diagonal valores de complementariedad.

Estaciones	S1	S2	S3	S4
S1	21	12	12	4
S2	0.73	5	9	4
S3	0.73	0.69	2	7
S4	0.92	0.86	0.73	6

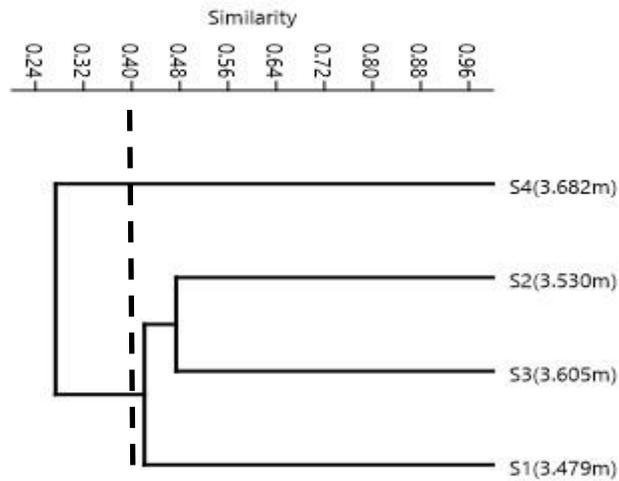


Figura 3.25. Análisis de agrupamiento por estaciones altitudinales de acuerdo a la similitud (Sorensen) entre las comunidades de insectos del suelo (cucarachas, esferoceridos, estafilínidos y fóridos). Bosque alto andino (S1). Arbustal (S2 y S3). Páramo (S4). Coeficiente de correlación cofenética: 0.73.

3.3.4. La Horqueta

En este transecto se capturaron en total 190 insectos entre escarabajos (Staphylinidae) y moscas (Phoridae y Sphaeroceridae), distribuidos en tres familias y 46 especies/msp (Tabla 3.8). El grupo de insectos con mayor abundancia relativa y mayor riqueza específica en toda el área de estudio fue el de las moscas (0.61; S = 26). Las msp con mayor abundancia relativa fueron *Megaselia* sp. 1 (Figura 3.43), morfo 271 (Phoridae) (Figura 3.43), *Aptilotus* sp. 5 (Sphaeroceridae) (Figura 3.42), morfo 2 y 254 (Staphylinidae) (Figura 3.26). Por otra parte morfo 271, morfo 2 (Figura 3.41) y 249 (Staphylinidae) fueron las msp con una frecuencia relativa de 1 (Figura 3.27), estando presentes en las cuatro estaciones altitudinales establecidas en este transecto.

Tabla 3.8. Listas de ordenes, familias y especies/morfo-especies de escarabajos (Coleoptera) y moscas (Diptera) presentes en el transecto La Horqueta. Se indica el número de individuos capturados de cada especie/morfo-especie por estación altitudinal. (-) indica ausencia.

Orden	Familia	Especie/morfo-especie	Estación/Altura (m.s.n.m)				Total
			H1	H2	H3	H4	
			3.439	3.499	3.559	3.622	
Coleoptera	Staphylinidae	<i>Aleodorus</i> sp. 1	2	1	-	-	3
		morfo 2	3	3	3	6	15
		morfo 219	-	-	-	1	1

Orden	Familia	Especie/morfo-especie	Estación/Altura (m.s.n.m)				Total		
			H1	H2	H3	H4			
			3.439	3.499	3.559	3.622			
		morfo 223	1	-	-	-	1		
		morfo 249	1	1	2	3	7		
		morfo 250	2	-	-	-	2		
		morfo 254	15	5	-	-	20		
		morfo 277	1	-	-	-	1		
		morfo 278	2	1	-	-	3		
		morfo 279	-	1	-	-	1		
		morfo 280	-	1	-	-	1		
		morfo 281	1	-	-	-	1		
		morfo 37	-	-	-	1	1		
		morfo 5	1	1	-	-	2		
		morfo 65	-	1	-	-	1		
		morfo 73	2	-	-	-	2		
		morfo 75	-	-	-	2	2		
		morfo 83	1	6	-	-	7		
		morfo 88	-	2	-	-	2		
		<i>Parademosoma</i> sp. 1	1	-	-	-	1		
		Diptera	Phoridae	<i>Abaristophora</i> sp. 1	-	-	-	1	1
				<i>Conicera</i> sp. 1	1	-	-	-	1
				<i>Megaselia</i> sp. 1	5	5	-	-	10
<i>Megaselia</i> sp. 10	-			1	-	1	2		
<i>Megaselia</i> sp. 11	-			-	-	1	1		
<i>Megaselia</i> sp. 12	1			-	-	-	1		
<i>Megaselia</i> sp. 14	2			-	-	-	2		
<i>Megaselia</i> sp. 15	1			-	-	-	1		
<i>Megaselia</i> sp. 2	2			1	1	-	4		
<i>Megaselia</i> sp. 4	1			-	-	-	1		
<i>Megaselia</i> sp. 7	-			2	-	-	2		
morfo 140	-			-	-	4	4		
morfo 215	3			-	1	1	5		
morfo 271	11			16	7	13	47		
morfo 272	-			1	-	-	1		
morfo 7	-			2	2	4	8		
Sphaeroceridae	<i>Aptilotus</i> sp. 2			1	1	-	-	2	
	<i>Aptilotus</i> sp. 4		1	1	-	-	2		
	<i>Aptilotus</i> sp. 5		9	3	-	1	13		
	morfo 135		-	-	-	1	1		

Orden	Familia	Especie/morfo-especie	Estación/Altura (m.s.n.m)				Total
			H1	H2	H3	H4	
			3.439	3.499	3.559	3.622	
		morfo 180	-	-	-	2	2
		morfo 189	-	-	1	-	1
		morfo 270	1	-	-	-	1
		morfo 32	-	1	-	-	1
		morfo 49	-	1	-	-	1
		morfo 9	-	-	-	1	1
Total individuos			72	58	17	43	190
Total especies/morfo-especies			26	23	7	16	46

H1 y H2: Bosque alto andino. H3 y H4: Páramo.

Para el caso de los escarabajos de la familia Staphylinidae (Coleoptera) la msp morfo 254 presentó la mayor abundancia relativa (0.27), seguida por morfo 2 (Figura 3.41) y 249 con 0.20 y 0.09 respectivamente. El 45% de las msp reportadas para el todo transecto estuvieron representadas por solo un individuo (Tabla 3.8).

Dentro del orden Diptera (moscas) la familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica con 0.78 y $S = 16$. En Phoridae la msp morfo 271 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa (0.52), mientras *Aptilotus* sp. 5 (Figura 3.42) lo fue en Sphaeroceridae, con 0.52. El 50% de las msp del orden reportadas para el todo el transecto estuvieron representadas por solo un individuo (Tabla 3.8).

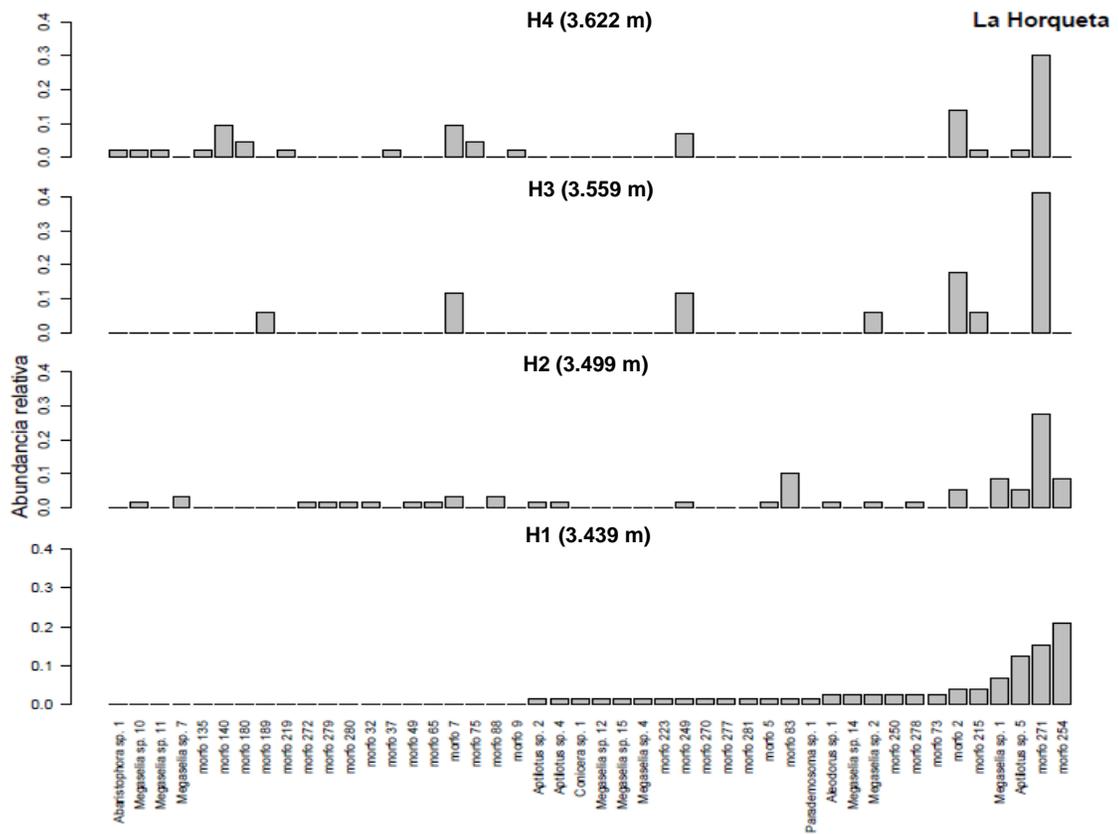


Figura 3.26. Abundancia relativa de las especies/morfo-especies reportadas para el transecto La Horqueta.

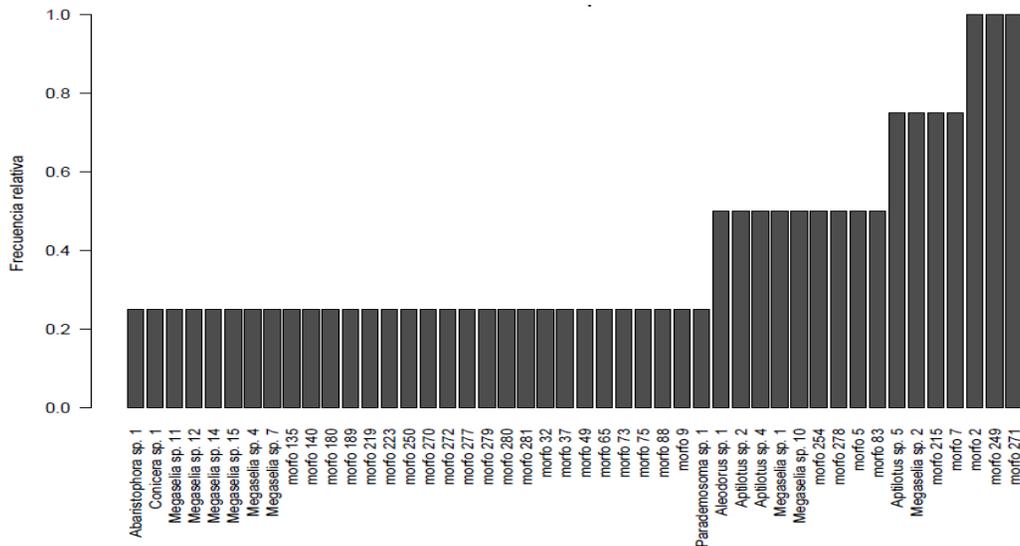


Figura 3.27. Frecuencia relativa de las especies/morfo-especies reportadas para el transecto La Horqueta. La frecuencia mayor (1) indica la presencia de la

morfo-especie en las cuatro estaciones altitudinales establecidas para este transecto.

Análisis por estaciones altitudinales

En el transecto La Horqueta se instalaron cuatro estaciones altitudinales las cuales correspondieron con las coberturas vegetales presentes en la zona así: Estación 1 (H1, 3.439 m) y Estación 2 (H2, 3.499 m) Bosque alto andino, Estación 3 (H3, 3.559 m) y Estación 4 (H4, 3.622 m) Páramo. H1 fue la estación en la que se capturó el mayor número de individuos (72 ind.) y en la que se reportó el mayor número de especies/msp (26 especies/msp) (Figura 3.28). Según las curvas de rarefacción para una muestra estándar de 43 individuos (valor en el que la mayoría de las muestras se igualan) existen diferencias significativas entre la riqueza encontrada para las estaciones a mayor altura (H3 y H4) con respecto a las de menor altura (H1 y H2) (Figura 3.28). H1 y H2 (ambas en bosque alto andino) no presentaron diferencias significativas en cuanto a su riqueza ya que sus intervalos de confianza se sobreponen. En general la comunidad de insectos de suelo en cada estación presentó baja equitabilidad, con pocas especies abundantes o dominantes y muchas especies raras con abundancias bajas, a excepción de H3 en donde la equitabilidad fue mayor, presentándose una distribución de la abundancia de una forma más equitativa entre las especies (Figura 3.29). Morfo 271 (Phoridae) (Figura 3.43), *Aptilotus* sp. 5 (Sphaeroceridae) (Figura 3.42), morfo 2, 83 y 254 (Staphylinidae) fueron las msp dominantes a lo largo del transecto, siendo morfo 254 y 271 las msp dominantes en H1 y H2, H3 y H4 respectivamente (Tabla 3.8).

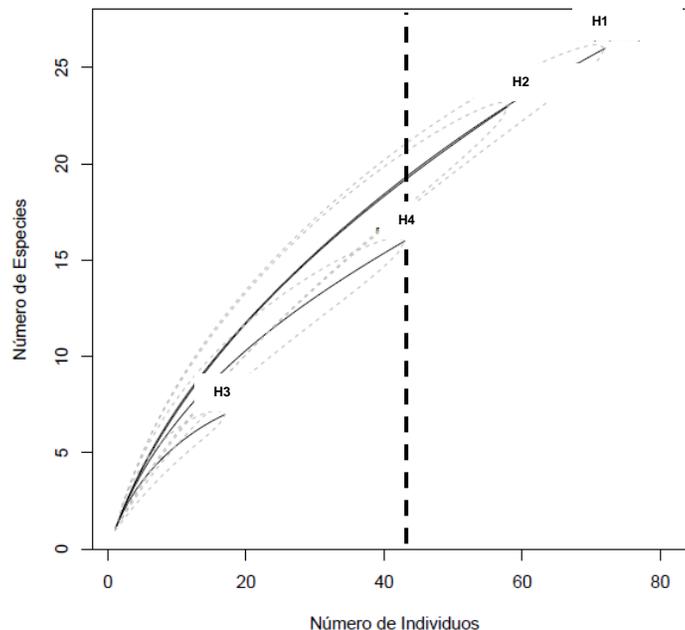


Figura 3. 28. Curvas de rarefacción para los insectos de suelo para todas las estaciones del transecto La Horqueta. Estación 1 y Estación 2 (H1 y H2, Bosque alto andino). Estación 3 y Estación 4 (H3 y H4, Páramo).

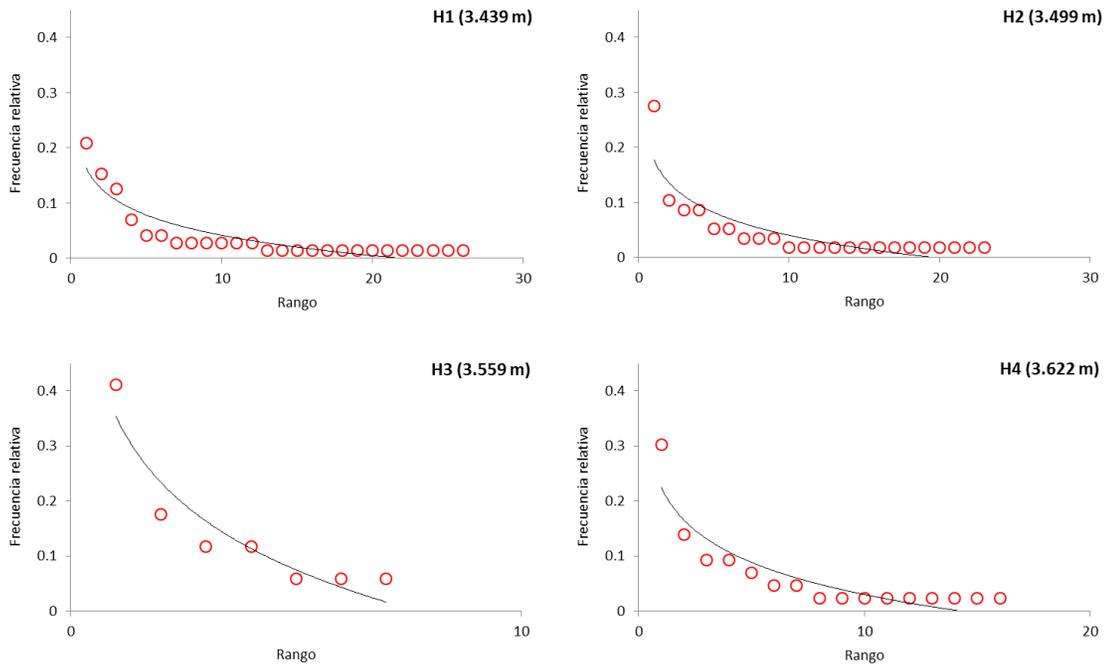


Figura 3.29. Curvas de rango-abundancia de especies de insectos del suelo para cada estación altitudinal para el transecto La Horqueta. Estación 1 y Estación 2 (H1 y H2, Bosque alto andino). Estación 3 y Estación 4 (H3 y H4, Páramo).

Estación 1 (H1) (Bosque alto andino; 3.439 m)

Estación con la mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para las moscas (1H = 8.3 especies efectivas) y segunda estación con mayor diversidad según los escarabajos (1H = 7.4 especies efectivas). Por lo tanto H1 posee el 89% de la diversidad de escarabajos con relación a H2 (estación que presentó la mayor diversidad).

Esta estación presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica de escarabajos (0.45; S = 13). La msp morfo 254 presentó la mayor abundancia relativa (0.45), seguida por morfo 2 (Figura 3.41) con 0.09. Las msp *Parademosoma* sp. 1, morfo 73, 223, 250, 277 y 281 solo fueron capturadas en H1, equivalente al 46% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.8).

Las moscas presentaron la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica en esta estación (0.34; S = 13). La familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.69; S = 9), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores (0.31; S = 4). Dentro de Phoridae la msp morfo 271 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa (0.41), seguida por *Megaselia* sp. 1 (Figura 3.43) con 0.19; mientras que en Sphaeroceridae lo fue la msp *Aptilotus* sp. 5 (Figura 3.42) con 0.75, mientras las tres msp restantes (*Aptilotus* sp. 2, *Aptilotus* sp. 4 y morfo 270) estuvieron representadas por solo un individuo. Las msp *Conicera* sp. 1, *Megaselia* sp. 4, *Megaselia* sp. 12, *Megaselia* sp. 14 (Figura 3.43), *Megaselia* sp. 15 (Phoridae) y morfo 270 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en H1, equivalente al 46% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.8).

Estación 2 (H2) (Bosque alto andino; 3.499 m)

Estación con la mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para los escarabajos (1H = 8.3 especies efectivas) y segunda estación con mayor diversidad según las moscas (1H = 6.6 especies efectivas). Por lo tanto H2 posee el 79% de la diversidad de moscas con relación a H1 (estación que presentó la mayor diversidad).

Esta estación presentó la segunda mayor abundancia relativa y la segunda mayor riqueza específica de escarabajos (0.31; S = 11). La msp morfo 83 presentó la mayor abundancia relativa (0.26), seguida por morfo 254 con 0.22. Las msp morfo 65, 88, 279 y 280 solo fueron capturadas en H2, equivalente al 36% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.8).

Al igual que los escarabajos, las moscas también presentaron la segunda mayor abundancia relativa y la segunda mayor riqueza específica en esta estación (0.30; S = 12). La familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.80; S = 7), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores (0.20; S = 5). Dentro de Phoridae, y al igual a lo observado en H1, la msp morfo 271 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa, en este caso con 0.57, seguida por *Megaselia* sp. 1 con 0.18; mientras que en Sphaeroceridae lo fue nuevamente la msp *Aptilotus* sp. 5 (Figura 3.42) (0.43), mientras las cuatro msp restantes (*Aptilotus* sp. 2, *Aptilotus* sp. 4, morfo 32 y 49) estuvieron representadas por solo un individuo. Las msp *Megaselia* sp. 7, morfo 272 (Phoridae), morfo 32 y 49 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en H2, equivalente al 33% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.8).

Estación 3 (H3) (Páramo; 3.559 m)

Estación con la menor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado tanto para los escarabajos (1H = 2.0 especies efectivas) como para

las moscas (1H = 3.4 especies efectivas). Por lo tanto H3 posee el 24% de la diversidad de escarabajos con relación a H2 (estación que presentó la mayor diversidad) y el 41% de la diversidad de moscas con respecto a H1 (estación que presentó la mayor diversidad).

Esta estación presentó la menor abundancia relativa y la menor riqueza específica de escarabajos (0.07; S = 2). La msp morfo 2 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa (0.60).

Al igual que los escarabajos, las moscas también presentaron la menor abundancia relativa y la menor riqueza específica en esta estación (0.10; S = 5). La familia Phoridae estuvo representada por 11 individuos pertenecientes a cuatro msp, mientras Sphaeroceridae solo estuvo representada por un individuo de la msp morfo 189. Dentro de Phoridae, y al igual a lo observado en H1 y H2, la msp morfo 271 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa, en este caso con 0.64, seguida por morfo 7 (Figura 3.43) con 0.18. La msp morfo 189 (Sphaeroceridae) solo fue capturada en H3, equivalente al 20% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.8).

Estación 4 (H4) (Páramo; 3.622 m)

Estación con la tercera mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado tanto para los escarabajos (1H = 4.0 especies efectivas) como para las moscas (1H = 6.5 especies efectivas). Por lo tanto H4 posee el 48% de la diversidad de escarabajos con relación a H2 (estación que presentó la mayor diversidad) y el 78% de la diversidad de moscas con respecto a H1 (estación que presentó la mayor diversidad).

Esta estación presentó la tercera mayor abundancia relativa y la tercera mayor riqueza específica de escarabajos (0.18; S = 5). La msp morfo 2 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa (0.46), seguida por morfo 249 con 0.23. Las msp morfo 37, 75 y 219 solo fueron capturadas en H4, equivalente al 60% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.8).

Al igual que los escarabajos, las moscas también presentaron la tercera mayor abundancia relativa y la tercera mayor riqueza específica en esta estación (0.26; S = 11). La familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.83; S = 7), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores (0.17; S = 4). Dentro de Phoridae, y al igual a lo observado en el resto de estaciones, la msp morfo 271 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa, en este caso con 0.52, seguida por morfo 7 (Figura 3.43) y 140, ambas con 0.16; mientras que en Sphaeroceridae lo fue la msp morfo 180 (0.40), mientras las tres msp restantes (*Aptilotus* sp. 5, morfo 9 y 135) estuvieron representadas por solo un individuo. Las msp *Abaristophora* sp. 1, *Megaselia* sp. 11, morfo 140 (Phoridae), morfo 9 (Figura 3.42), 135 y 180 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en H4, equivalente al 55% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.8).

Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies calculadas para el transecto tienden a alcanzar la asíntota (Figura 3.30). Según los estimadores no paramétrico ACE y Chao1 el esfuerzo de muestreo invertido en este estudio permitió capturar entre el 73 y 77% de las posibles especies de insectos del suelo (Phoridae, Sphaeroceridae y Staphylinidae) en el área de estudio. En el caso de las curvas obtenidas para cada estación se observó que con el esfuerzo de muestreo invertido (30 trampas pitfall/48 horas) las curvas tienden a alcanzar la asíntota (Figura 3.31). De acuerdo a lo anterior en H1 se capturaron entre el 67 y 76 % de las posibles especies de insectos del suelo, en H2 entre el 78 y 89%, en H3 entre el 69 y 86% y en H4 entre el 81 y 83%.

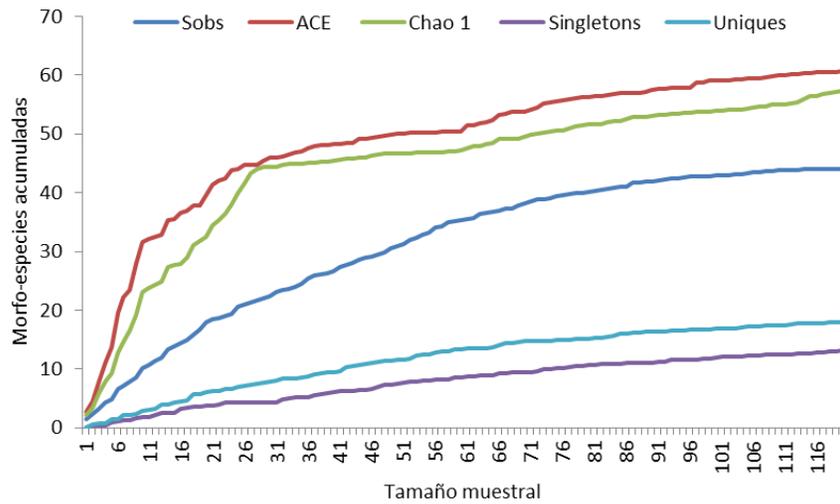
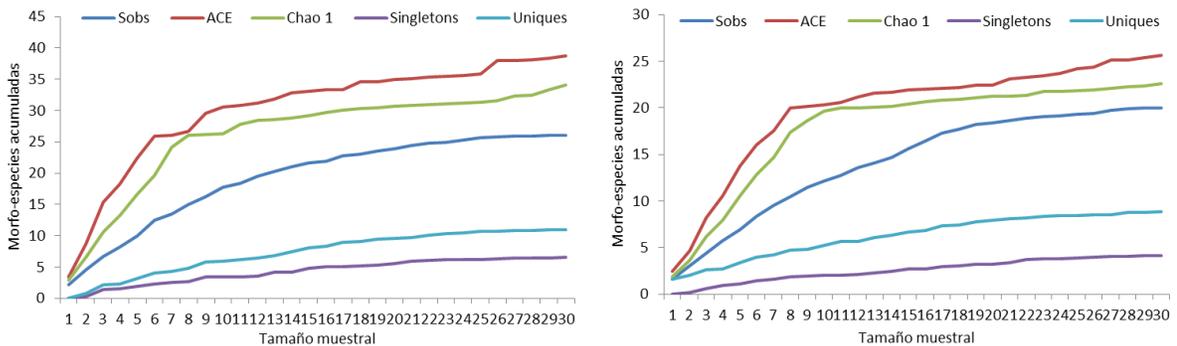


Figura 3.30. Curva de acumulación de especies para el transecto La Horqueta según los estimadores no paramétrico ACE y Chao 1.



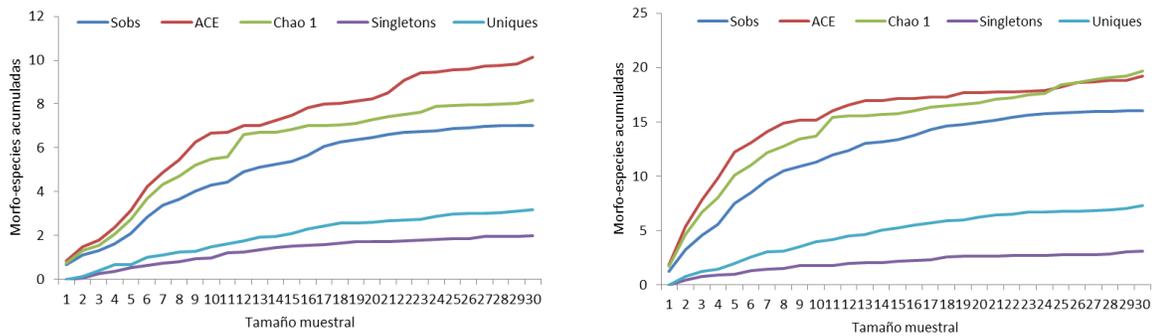


Figura 3.31. Curva de acumulación de especies para cada estación del transecto La Horqueta según los estimadores no paramétrico ACE y Chao 1. Izq. arriba: Estación 1 (H1). Der. arriba: Estación 2 (H2). Izq. abajo: Estación 3 (H3). Der. abajo: Estación 4 (H4).

Diversidad β .

El valor mayor de complementariedad se presentó entre las estaciones H1 y H4 (86%), mientras el valor menor entre H1 y H2 (64%). Por lo tanto según la composición de especies de insectos del suelo (escarabajos (Estafilínidos) y moscas (Fóridos y Esferocéridos)) hay mayor similitud entre las dos estaciones contiguas ubicadas en bosque alto andino (3.439 y 3.499 m), que entre las estaciones de los extremos H1 (3.439 m) y H4 (3.622 m) (Tabla 3.9). De igual forma los análisis de agrupamiento soportan los hallazgos antes mencionados. Al emplear un punto de corte de 0.40 se obtienen dos grupos, donde las estaciones H1 y H2 son más similares, mientras H3 y H4 lo son entre ellas (Figura 3.32). La formación de dos grupos en el análisis de similitud indica que las comunidades de insectos de suelo presentes en H1 (3.439 m) y H2 (3.499 m) son muy diferentes a las encontradas en H3 (3.559 m) y H4 (3.622 m), por lo que las especies allí encontradas podrían ser utilizadas como elementos marcadores de bosque alto andino para el caso de H1 y H2 y para páramo en el caso de H3 y H4. La no instalación de estaciones de muestreo en arbustal no permito la identificación de comunidades de insectos entre los dos ambientes muestreados, pero puede existir un franja transicional entre bosque y páramo entre la cota 3.499 y 3.559 m en el transecto La Horqueta.

Tabla 3.9. Complementariedad de especies entre pares de estaciones en el transecto La Horqueta. Diagonal y en negrilla, número de especies únicas en cada estación; parte superior de la diagonal número de especies compartidas; parte inferior de la diagonal valores de complementariedad.

Estaciones	H1	H2	H3	H4
H1	12	13	5	5
H2	0.64	8	5	6

H3	0.82	0.80	1	5
H4	0.86	0.82	0.72	9

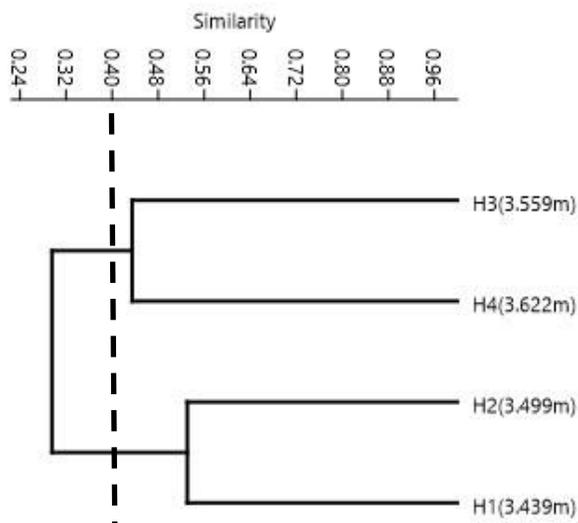


Figura 3.32. Análisis de agrupamiento por estaciones altitudinales de acuerdo a la similitud (Sorensen) entre las comunidades de insectos del suelo (esferoceridos, estafilínidos y fóridos). Bosque alto andino (H1 y H2). Páramo (H3 y H4). Coeficiente de correlación cofenética: 0.95.

3.3.5. Péna

En este transecto se capturaron en total 109 insectos entre cucarachas, escarabajos (Staphylinidae), hormigas y moscas (Phoridae y Sphaeroceridae), distribuidos en cinco familias y 24 especies/msp (Tabla 3.10). El grupo de insectos con mayor abundancia relativa y mayor riqueza específica en toda el área de estudio fue el de las moscas (0.56; $S = 15$), seguido por los escarabajos con 0.40 y $S = 7$. Las cucarachas presentaron la menor abundancia relativa (0.01) y en conjunto con las hormigas, presentaron la menor riqueza específica (ambas $S = 1$). Las msp con mayor abundancia relativa fueron *Megaselia* sp. 1, morfo 7 (Phoridae) (Figura 3.43), *Aleodorus* sp. 1 (Figura 3.41) y morfo 2 (Staphylinidae) (Figura 3.33). Por otra parte *Aleodorus* sp. 1 (Figura 3.41), morfo 2 (Figura 3.41) y 7 fueron las msp con una frecuencia relativa de 1 (Figura 3.34), estando presentes en las tres estaciones altitudinales establecidas en este transecto.

Tabla 3.10. Listas de ordenes, familias y especies/morfo-especies de cucarachas (Dictyoptera), escarabajos (Coleoptera), hormigas (Hymenoptera: Formicidae) y moscas (Diptera) presentes en el transecto Péna. Se indica el

número de individuos capturados de cada especie/morfo-especie por estación altitudinal. (-) indica ausencia.

Orden	Familia	Especie/morfo-especie	Estación/Altura (m.s.n.m)			Total
			P1	P2	P3	
			3.387	3.456	3.494	
Coleoptera	Staphylinidae	<i>Aleodorus</i> sp. 1	7	10	6	23
		<i>Hoplandria</i> sp. 2	1	-	-	1
		morfo 13	-	1	-	1
		morfo 2	2	6	3	11
		morfo 24	2	-	-	2
		morfo 5	2	3	-	5
		<i>Palaminus</i> sp. 1	1	-	-	1
Dictyoptera	Ectobiidae	morfo 19	1	-	-	1
Diptera	Phoridae	morfo 10	-	4	5	9
		morfo 16	-	2	-	2
		morfo 17	-	2	-	2
		morfo 18	-	1	-	1
		morfo 20	1	-	-	1
		morfo 21	1	-	-	1
		morfo 22	1	-	-	1
		morfo 7	9	3	5	17
		<i>Abaristophora</i> sp. 1	-	3	1	4
		<i>Megaselia</i> sp. 1	10	-	-	10
	Sphaeroceridae	morfo 12	1	-	1	2
		morfo 15	-	2	-	2
		morfo 26	-	1	-	1
		morfo 8	4	-	-	4
morfo 9		4	-	-	4	
Hymenoptera	Formicidae	<i>Pheidole</i> sp. 1	-	3	-	3
Total individuos			47	41	21	109
Total especies/morfo-especies			15	13	6	24

P1: Arbustal. P2 y P3: Páramo.

Para el orden Dictyoptera (cucarachas) solo se registró la familia Ectobiidae con su única msp para el área morfo 19, msp representada por un solo individuo.

Para el caso de los escarabajos de la familia Staphylinidae (Coleoptera) la msp *Aleodorus* sp. 1 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa (0.52), seguida por morfo 2 (Figura 3.41) y 5 con 0.25 y 0.11 respectivamente. El 43% de las msp reportadas para el todo transecto estuvieron representadas por solo un individuo (Tabla 3.10).

Dentro del orden Diptera (moscas) la familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica con 0.79 y $S = 10$. En Phoridae la msp morfo 7 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa (0.35), mientras morfo 8 y 9 (Figura 3.42) lo fueron en Sphaeroceridae con 0.31. El 33% de las msp del orden reportadas para el todo el transecto estuvieron representadas por solo un individuo (Tabla 3.10).

Para el caso de Formicidae (hormigas) solo se capturaron ejemplares del género *Pheidole*, representado por solo una msp *Pheidole* sp. 1 (Figura 3.44).

Análisis por estaciones altitudinales

En el transecto Péna se instalaron tres estaciones altitudinales las cuales correspondieron con las coberturas vegetales presentes en la zona así: Estación 1 (P1, 3.387 m) Arbustal, Estación 2 (P2, 3.456 m) y Estación 3 (P3, 3.494 m) Páramo. P1 fue la estación en la que se capturó el mayor número de individuos (47 ind.) y en la que se reportó el mayor número de especies/msp (15 especies/msp) (Figura 3.35). Según las curvas de rarefacción para una muestra estándar de 21 individuos (valor en el que todas las muestras se igualan) existen diferencias significativas entre la riqueza encontrada para P3 con el resto de estaciones (Figura 3.35). Para el caso de P1 y P2 no existen diferencias significativas con respecto a su riqueza debido a que sus intervalos de confianza se superponen. En general la comunidad de insectos de suelo en

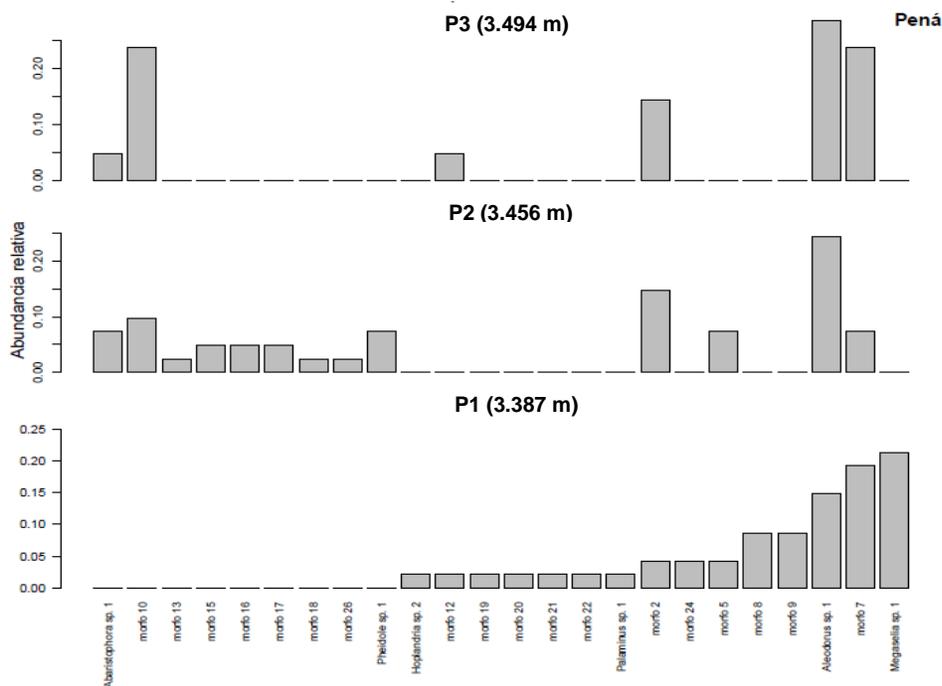


Figura 3.33. Abundancia relativa de las especies/morfo-especies reportadas para el transecto Péna.

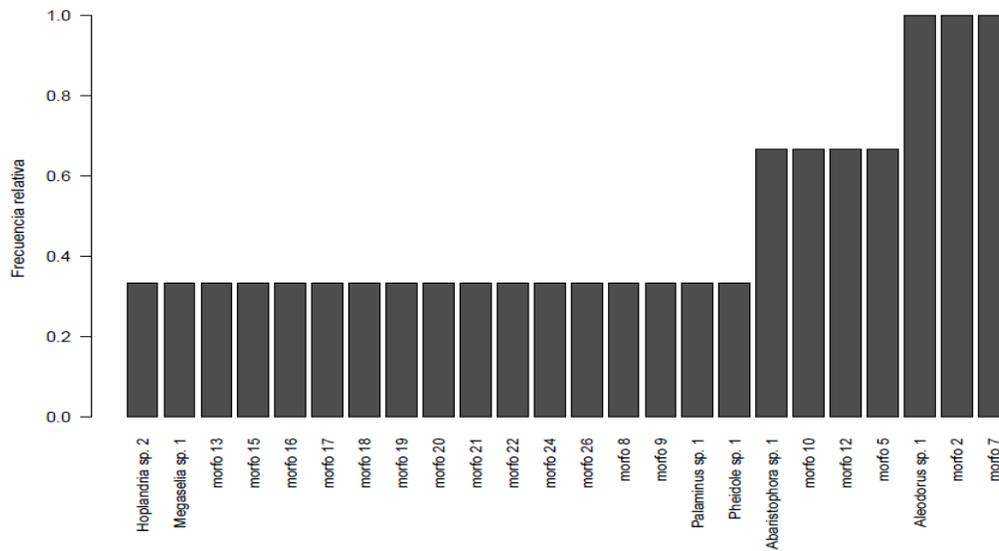


Figura 3.34. Frecuencia relativa de las especies/morfo-especies reportadas para el transecto Pénas. La frecuencia mayor (1) indica la presencia de la morfo-especie en las tres estaciones altitudinales establecidas para este transecto.

cada estación presentó alta equitabilidad, donde la abundancia se reparte de forma casi equitativa entre las especies de las comunidades (Figura 3.36). *Megaselia* sp. 1, morfo 7 (Figura 3.43), 10 (Phoridae), *Aleodorus* sp. 1 y morfo 2 (Staphylinidae) fueron las msp dominantes a lo largo del transecto, siendo *Megaselia* sp. 1 (Figura 3.43) y *Aleodorus* sp. 1 (Figura 3.41) las msp dominantes en P1 y P2 y P3 respectivamente (Tabla 3.10). P1 fue la única estación en la que se capturaron cucarachas, mientras las hormigas solo en P2 fueron capturadas. El resto de grupos estuvo presente en todas las estaciones simultáneamente (Tabla 3.10).

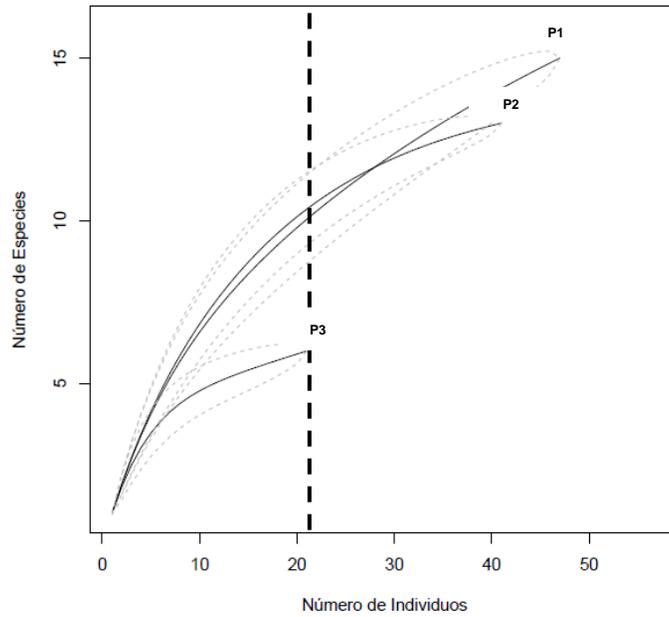


Figura 3.35. Curvas de rarefacción para los insectos de suelo para todas las estaciones del transecto Péna. Estación 1 (P1, Arbustal). Estación 2 y Estación 3 (P2 y P3, Páramo).

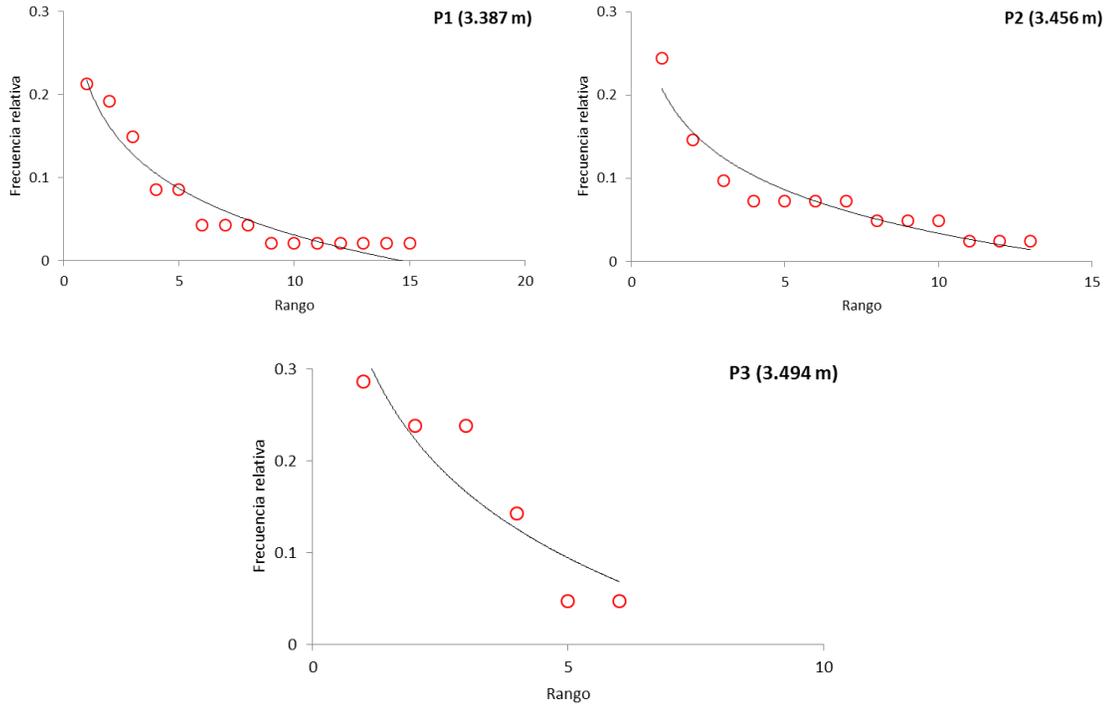


Figura 3.36. Curvas de rango-abundancia de especies de insectos del suelo para cada estación altitudinal para el transecto Péna. Estación 1 (P1, Arbustal). Estación 2 y Estación 3 (P2 y P3, Páramo).

Estación 1 (P1) (Arbustal; 3.387 m)

Estación con la mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para los escarabajos ($1H = 4.6$ especies efectivas), pero segunda estación más diversa según las moscas ($1H = 5.5$ especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de moscas en P1 tiene el 75% de la diversidad que tiene P2 (estación que presentó la mayor diversidad).

Con relación a las cucarachas en P1 solo se capturo un ejemplar de la msp morfo 19, perteneciente a la familia Ectobiidae.

Esta estación presentó la segunda mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica de escarabajos (0.34; $S = 6$). La msp *Aleodorus* sp. 1 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa con 0.47, seguidas por morfo 2, 5 y 24 todas con 0.13. Las msp *Hoplandria* sp. 2, *Palaminus* sp. 1 y morfo 24 solo fueron capturadas en P1, equivalente al 43% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.10).

Al igual a lo ocurrido con los escarabajos, las moscas también presentaron la menor abundancia relativa (0.51) y en conjunto con P2, el mayor número de msp reportadas ($S = 8$) en P1. La familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.71; $S = 5$), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores (0.29; $S = 3$). Dentro de Phoridae la msp *Megaselia* sp. 1 (Figura 3.43) presentó la mayor abundancia relativa (0.45), seguida por morfo 7 (Figura 3.43) con 0.41; mientras que en Sphaeroceridae lo fueron las msp morfo 8 y 9 (Figura 3.42), ambas con 0.44. Las msp *Megaselia* sp. 1, morfo 20, 21, 22 (Phoridae), morfo 8 y 9 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en P1, equivalente al 40% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.10).

Estación 2 (P2) (Páramo; 3.456 m)

Estación con la mayor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para las moscas ($1H = 7.3$ especies efectivas), pero segunda estación más diversa según los escarabajos ($1H = 3.1$ especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de escarabajos en P2 tiene el 68% de la diversidad que tiene P1 (estación que presentó la mayor diversidad).

Esta estación presentó la mayor abundancia relativa (0.45), pero la segunda mayor riqueza específica de escarabajos ($S = 4$). La msp *Aleodorus* sp. 1 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa con 0.50, seguida por morfo 2 (Figura 3.41) con 0.30. La msp morfo 13 solo fue capturada en P2,

equivalente al 25% de las msp de escarabajos reportados para esta estación (Tabla 3.10).

Las moscas presentaron la segunda mayor abundancia relativa (0.30) y en conjunto con P1, el mayor número de msp reportadas ($S = 8$) en P2. La familia Phoridae presentó la mayor abundancia relativa y la mayor riqueza específica (0.83; $S = 6$), mientras Sphaeroceridae presentó valores inferiores (0.17; $S = 2$). Dentro de Phoridae la msp morfo 10 presentó la mayor abundancia relativa (0.27), seguida por *Abaristophora* sp. 1 y morfo 7 (Figura 3.43), ambas con 0.20; mientras que en Sphaeroceridae lo fueron las msp morfo 15 con 0.67. Las msp morfo 16, 17, 18 (Phoridae), morfo 15 y 26 (Sphaeroceridae) solo fueron capturadas en P2, equivalente al 63% de las msp de moscas reportadas para esta estación (Tabla 3.10).

Para P2 solo se reportó la hormiga *Pheidole* sp. 1 (Figura 3.44), representada por tres individuos (Tabla 3.10).

Estación 3 (P3) (Páramo; 3.494 m)

Estación con la menor diversidad de acuerdo al número efectivo de especies calculado para los escarabajos ($1H = 1.9$ especies efectivas) y para las moscas ($1H = 3.1$ especies efectivas). Por lo tanto la comunidad de escarabajos en P3 tiene el 41% de la diversidad que tiene P1 (estación que presentó la mayor diversidad) y un 43% de la diversidad de moscas con respecto a P2 (estación que presentó la mayor diversidad).

Esta estación presentó la menor abundancia relativa y la menor riqueza específica de escarabajos (0.20, $S = 2$). Las msp *Aleodorus* sp. 1 (Figura 3.41) presentó la mayor abundancia relativa con 0.67.

Las moscas presentaron la menor abundancia relativa y el menor número de msp reportadas (0.20; $S = 4$) en P3. La familia Phoridae presentó una abundancia relativa de 0.98 y una riqueza específica $S = 3$, mientras Sphaeroceridae estuvo representada por la msp morfo 12 con un solo individuos. Dentro de Phoridae las msp morfo 10 y 7 presentaron la mayor abundancia relativa, ambas con 0.45.

Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies calculadas para el transecto tienden a alcanzar la asíntota (Figura 3.37). Según los estimadores no paramétrico ACE y Chao1 el esfuerzo de muestreo invertido en este estudio permitió capturar entre el 91 y 93% de las posibles especies de insectos del suelo (Ectobiidae, Formicidae, Phoridae, Sphaeroceridae y Staphylinidae) en el área de estudio. En el caso de las curvas obtenidas para cada estación se observó que con el esfuerzo invertido (16 trampas pitfall/48 horas) se obtienen curvas con

tendencia hacia el crecimiento (Figura 3.38). De acuerdo a lo anterior en P1 se capturaron entre el 76 y 80% de las posibles especies de insectos del suelo, en P2 ente el 70 y 90% y en P3 entre el 89 y 98%.

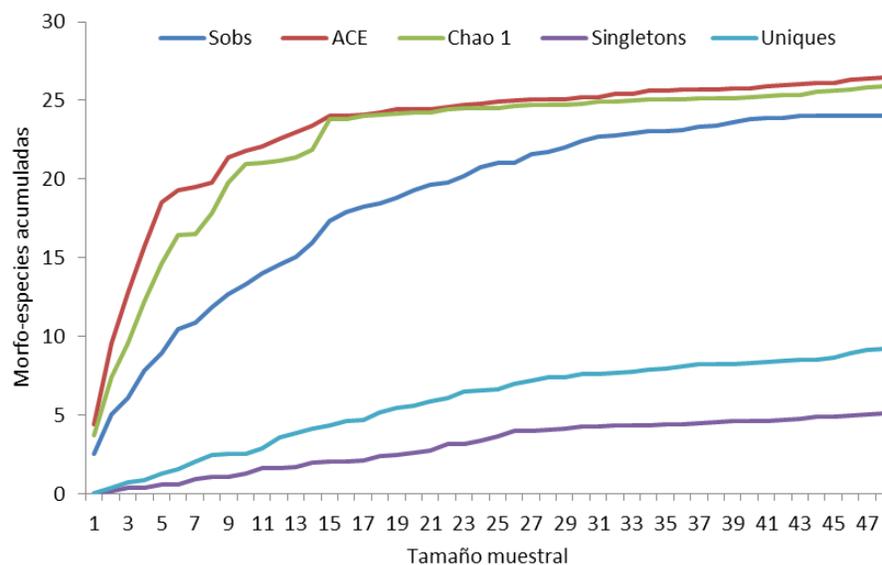


Figura 3.37. Curva de acumulación de especies para el transecto Péna según los estimadores no paramétrico ACE y Chao 1.

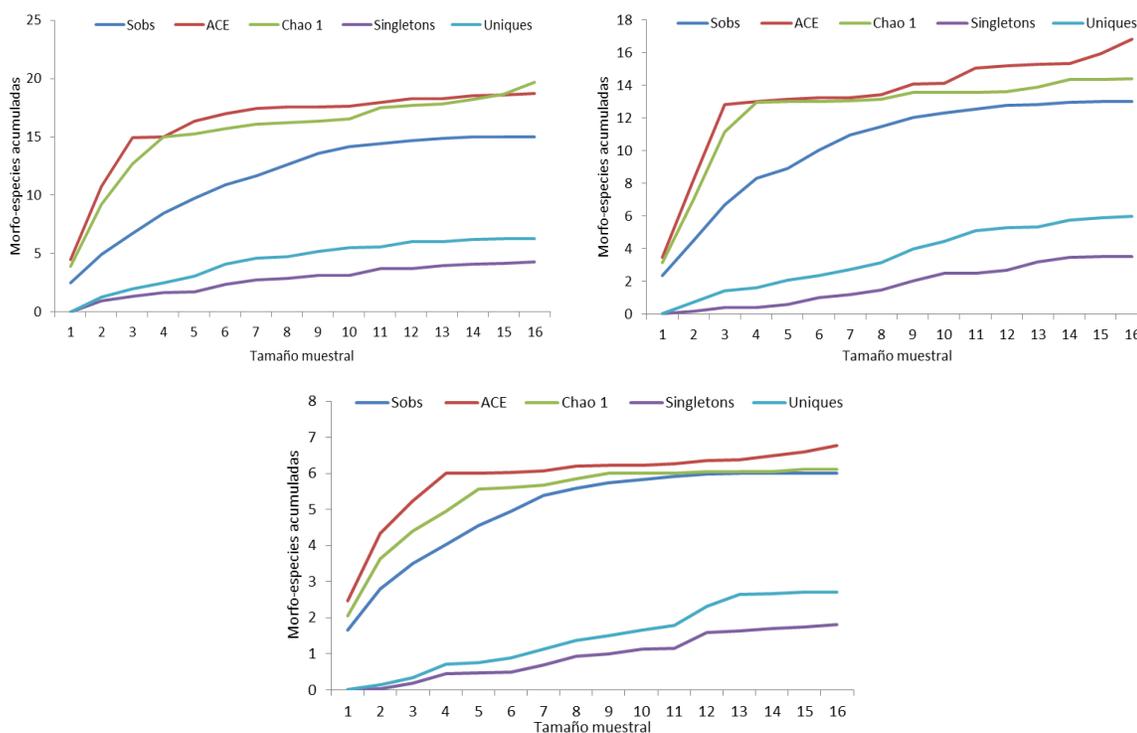


Figura 3.38. Curva de acumulación de especies para cada estación del transecto Péna según los estimadores no paramétrico ACE y Chao 1. Izq. arriba: Estación 1 (P1). Der. arriba: Estación 2 (P2). abajo: Estación 3 (P3).

Diversidad β .

El valor mayor de complementariedad se presentó entre las estaciones P1 y P2 (95%), mientras el valor menor entre P2 y P3 (91%). Por lo tanto según la composición de especies de insectos del suelo (cucarachas, hormigas, escarabajos (Estafilínidos) y moscas (Fóridos y Esferocéridos)) hay mayor similitud entre las dos estaciones ubicadas en el Páramo (P2 y P3), que la hallada entre las estación ubicas en coberturas vegetales diferentes (P1 (Arbustal) y P2 (Páramo) (Tabla 3.11). De igual forma los análisis de agrupamiento soportan los hallazgos antes mencionados. Al emplear un punto de corte de 0.40 se obtienen dos grupos, donde las estaciones P2 y P3 son más similares entre ellas (Figura 3.39). La comunidad de insectos de suelo encontrada en las estaciones 2 y 3 (3.456 y 3.494m) presentó un alta singularidad en su composición con respecto al resto de estaciones a menor altura, lo que permite pensar que los insectos allí encontrados podrían ser utilizados como elementos indicares de la presencia de Páramo. La no ubicación de estaciones de muestreo en bosque alto andino no nos permite reconocer una franja de transición entre esta cobertura y el páramo. No obstante la comunidad de insectos hallada en la estación del arbustal presentó una marcada diferencia en su conformación con respecto al resto de estaciones por lo que se podría pensar que a 3.387 m la comunidad de insectos ya no es una comunidad típica de ecosistemas de páramo.

Tabla 3.11. Complementariedad de especies entre pares de estaciones en el transecto Péna. Diagonal y en negrilla, número de especies únicas en cada estación; parte superior de la diagonal número de especies compartidas; parte inferior de la diagonal valores de complementariedad.

Estaciones	P1	P2	P3
P1	10	4	4
P2	0.95	7	5
P3	0.94	0.91	0

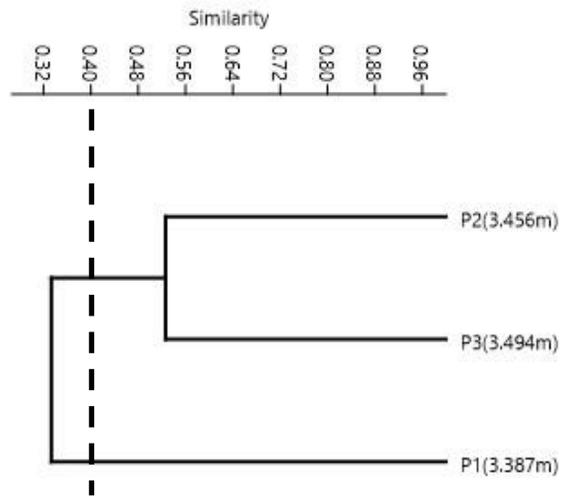


Figura 3.39. Análisis de agrupamiento por estaciones altitudinales de acuerdo a la similitud (Sorensen) entre las comunidades de insectos del suelo (cucarachas, esferoceridos, estafilínidos, fóridos y hormigas). Arbustal (P1). Páramo (P2 y P3). Coeficiente de correlación cofenética: 0.92.



Figura 3.40. Algunas especies de cucarachas (Dictyoptera) presentes en el complejo Frontino - Urrao. Izq.: Morfo 273. Der.: Morfo 275.



Figura 3.41. Algunas especies de escarabajos (Coleoptera: Staphylinidae) presentes en el complejo Frontino - Urrao. Arriba izq.: *Aleodorus* sp. 1. Arriba izq.: Morfo 2. Abajo izq.: Morfo 5. Abajo der.: Morfo 90.

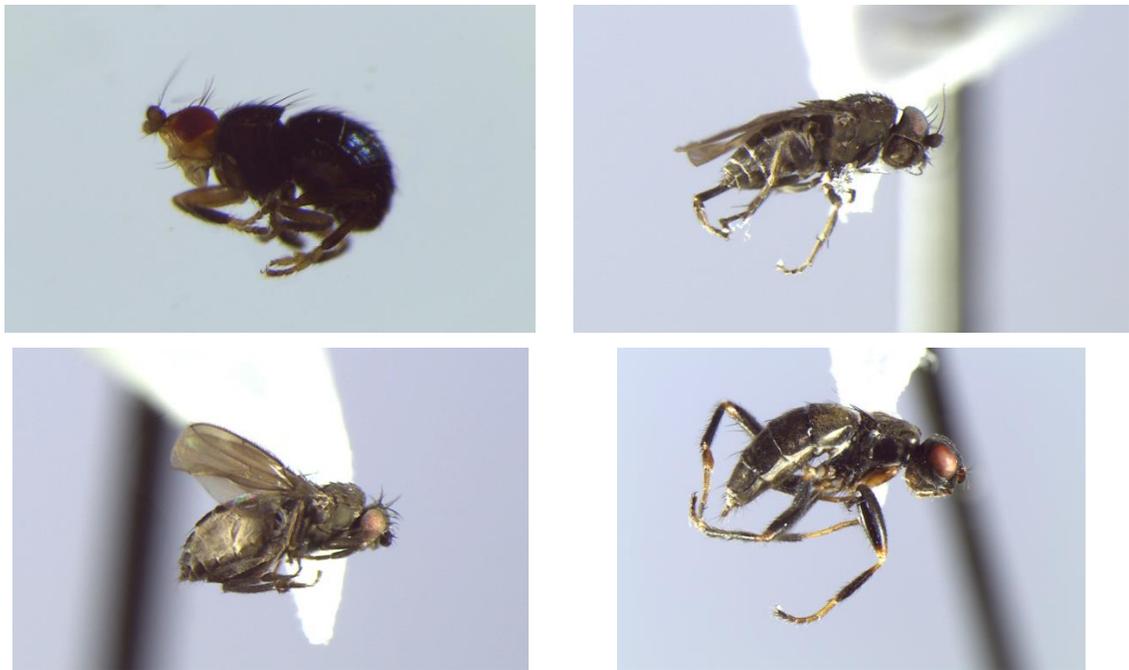


Figura 3.42. Algunas especies de moscas (Diptera: Sphaeroceridae) presentes en el complejo Frontino - Urrao. Arriba izq.: Morfo 8. Arriba der.: Morfo 9. Abajo izq.: Morfo 169. Abajo der.: *Aptilotus* sp. 5.



Figura 3.43. Algunas especies de moscas (Diptera: Phoridae) presentes en el complejo Frontino - Urrao. Arriba izq.: Morfo 7. Arriba der.: Morfo 271. Abajo izq.: *Megaselia* sp. 1. Abajo der.: *Megaselia* sp. 14.



Figura 3.44. Algunas especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) presentes en el complejo Frontino - Urrao. Izq.: *Pheidole* sp. 1. Der.: *Labidus spininodis* (Emery, 1890)

3.3.6. Similitud entre transectos

Según los análisis de similitud (Sorensen) y estableciendo como punto de corte 0.32, se obtienen dos grupos (Figura 3.45). El primer grupo alberga cuatro de los cinco transectos, donde según sus comunidad de insectos hay mayor similitud entre Cerro plateado y la Horqueta, los transectos más distantes geográficamente pero que están ubicados más cerca del flanco occidental de la cordillera occidental; mientras los transectos El Junco y El Sol, transectos ubicados en el centro de la cordillera occidental, presentaron una mayor similitud entre ellos. El transecto Péna, ubicado más cerca del flanco oriental de la cordillera occidental, al parecer posee una comunidad de insectos de suelo muy diferente a la hallada en el resto de transectos ya que este se ubicó solo en el segundo grupo (Figura 3.45).

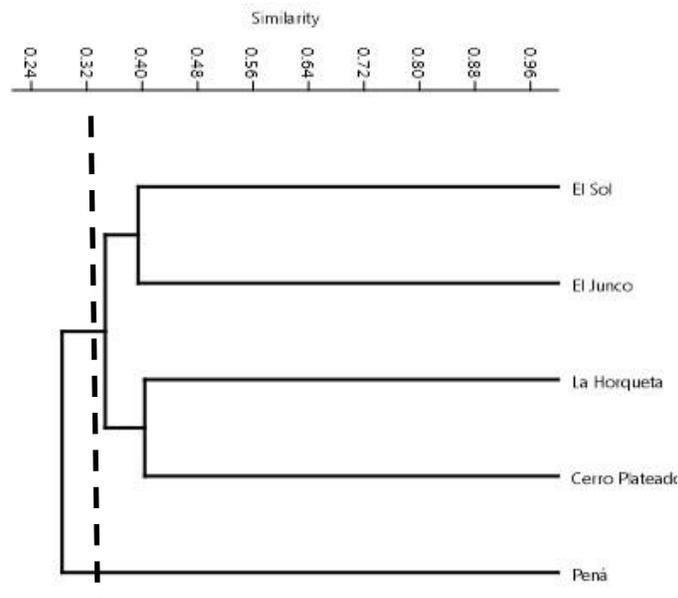


Figura 3.45. Análisis de agrupamiento por transectos de acuerdo a la similitud (Sorensen) entre las comunidades de insectos del suelo (cucarachas, esferoceridos, estafilínidos, fóridos y hormigas). Coeficiente de correlación cofenética: 0.71.

Abaristophora sp. 1, *Megaselia* sp. 1, morfo 7 (Phoridae), morfo 9 (Sphaeroceridae), morfo 2 y 5 (Staphylinidae) fueron las msp con una amplia distribución geográfica dentro del complejo Urrao, ya que fueron reportadas en todos los transectos.

Por el contrario el 46% de las especies/msp reportadas para el transecto Cerro Plateado no se reportaron en ningún otro transecto dentro del complejo Urrao (Morfo 273 (Blaberidae), *Plectoptera* sp. 1, morfo 275 (Ectobiidae), *Pheidole* sp.

2 (Formicidae), *Megaselia* sp. 13, morfo 157, 243, 244, 264, 265, 267 (Phoridae), morfo 245, 246, 247 (Sphaeroceridae), *Hoplandria* sp. 1, *Phloeopora* sp. 1, *Rhexinia* sp. 1, morfo 123, 228, 251, 252, 253, 257, 258, 259, 260, 261, 262 y 263 (Staphylinidae)). Así mismo el 41% de las especies/msp reportadas para el transecto El Junco fueron únicas para este transecto (*Euphyllodromia* sp. 1, morfo 28 (Ectobiidae), *Labidus spininodis* (Formicidae), *Megaselia* sp. 3, morfo 34, 51, 52, 53, 62 (Phoridae), *Aptilotus* sp. 3, 30, 57, 58 (Sphaeroceridae), *Arthmius* sp. 1, *Atheta* sp. 1, *Hamotus* sp. 1, morfo 35, 39, 40, 41, 43, 67, 68, 69, 70, 76, 81, 82, 86, 87 y 89 (Staphylinidae)); el 38% de las especies/msp reportadas para El Sol fueron únicas para este transecto (Morfo 94, 211 (Ectobiidae), *Megaselia* sp. 8, *Megaselia* sp. 9, *Metopina* sp. 1, morfo 136, 182, 183 (Phoridae), morfo 169, 170, 171, 177, 178, 179, 184 (Sphaeroceridae), *Phloeonomus* sp. 1, morfo 152, 185, 186, 187 y 188 (Staphylinidae)); el 26% de las especies/msp reportadas para La Horqueta fueron únicas para este transecto (*Megaselia* sp. 12, morfo 271, 272 (Phoridae), morfo 189, 270 (Sphaeroceridae), morfo 219, 223, 277, 278, 279, 280 y 281 (Staphylinidae)) y el 17% de las especies/msp reportadas para Péna fueron únicas para este transecto (Morfo 22 (Phoridae), morfo 12 (Sphaeroceridae), *Palaminus* sp. 1 y morfo 23 (Staphylinidae)).

3.3.7. Gremios tróficos

Las especies de insectos de suelo reportadas en el complejo Frontino - Urrao, pertenecientes a los grupos de interés Coleoptera (Staphylinidae), Dictyoptera, Diptera (Phoridae y Sphaeroceridae) e Hymenoptera (Formicidae), están representando los gremios tróficos: Depredador, Herbívoro, Omnívoras dominantes de suelo y Saprófago. El 54% de las especies se clasificó como Saprófaga y el 43% depredadora (Tabla 3.12). Adicionalmente en el 89% de las estaciones de muestreo el gremio de especies saprófagas fue superior en proporción de especies con respecto al resto de gremios.

Tabla 3.12. Porcentaje de especies de cada gremio trófico en cada estación altitudinal de cada transecto en el complejo Frontino - Urrao.

Gremios tróficos	Estaciones											
	CP1	CP2	CP3	CP4	H1	H2	H3	H4	J1	J2	J3	J4
Depredador	0.53	0.29	0.33	0.31	0.46	0.48	0.29	0.31	0.47	0.37	0.52	0.46
Herbívoro		0.04							0.03			
Omnívoras dominantes de suelo		0.08	0.04	0.06						0.03	0.03	0.03
Saprófago	0.48	0.58	0.63	0.63	0.54	0.52	0.71	0.69	0.50	0.60	0.45	0.51

Gremios tróficos	Estaciones							Total
	P1	P2	P3	S1	S2	S3	S4	
Depredador	0.40	0.31	0.33	0.34	0.37	0.37	0.21	0.43
Herbívoro								0.01
Omnívoras dominantes de suelo		0.08						0.01
Saprófago	0.60	0.62	0.67	0.66	0.63	0.63	0.79	0.54

Cerro Plateado: CP1-4. La Horqueta: H1-4. El Junco: J1-4. Péna: P1-3. El sol: S1-4.

En tres de los cinco transectos el número efectivo de gremios calculado fue mayor en las estaciones a menor altura tanto para el gremio depredador (Cerro Plateado, El Junco y Péna) como para saprófago (Cerro Plateado, La Horqueta y El Sol) (Tabla 3.13). La única estación a mayor altura con el mayor valor de número efectivo para un gremio (depredadores) fue la estación tres del transecto El Sol ubicada en la cota 3.605 m. Por otra parte solo tres estaciones intermedias presentaron valores mayores para el número efectivo de gremios, tanto para depredadores (La Horqueta 2) como saprófagos (El Junco 2 y Péna 2) (Tabla 3.13). Debido a lo anterior no se encontraron patrones de mayor afinidad del gremio depredador ni del gremio saprófago por alturas similares entre los transectos, por lo tanto estos dos gremios no siempre estuvieron dominando en el bosque alto andino o en el arbustal, lugares que corresponden con las alturas donde generalmente se reportó su mayor número efectivo. No obstante las estaciones a menor altura, lugares que correspondieron a bosque alto andino, presentaron con mayor frecuencia los mayores valores de número efectivo de gremios para depredadores o saprófagos; tal mayor incidencia se pueden explicar por el hecho de que el bosque alto andino es un ecosistema con mayor cantidad de materia orgánica en descomposición a nivel del suelo en comparación con los otros ecosistemas muestreados y por ende fomenta la presencia de comunidades más ricas en organismo saprófagos que a su vez sirven de alimento para los depredadores, fortaleciendo así la riqueza de insectos de suelo perteneciente a este último gremio.

Un fenómeno que si se observo es que en cuatro de los cinco transectos la dominancia de saprófagos o depredadores no se dio a la misma altura dentro del mismo transecto. Por ejemplo en el transecto La Horqueta los saprófagos dominaron en H1 mientras los depredadores lo hicieron en H2. Cerro plateado fue el único transecto en donde tanto depredadores como saprófagos presentaron los valores más altos en el numero efectivo de gremios en la misma estación (CP1 a 3.550 m) (Tabla 3.13).

Tabla 3.13. Numero efectivo de gremios calculado para los principales gremios tróficos identificados en cada estación altitudinal de cada transecto en el complejo Frontino - Urrao.

Estaciones CP		CP1. 3.550 m	CP2. 3.618 m	CP3. 3.679 m	CP4. 3.741 m
Depredador	H'gr	2.79	1.58	1.94	1.33
	Hgr	16.4	4.9	7.0	3.8
Saprófago	H'gr	2.82	2.18	2.25	2.16
	Hgr	16.8	8.9	9.5	8.7
Estaciones H		H1. 3.439 m	H2. 3.499 m	H3. 3.559 m	H4. 3.622 m
Depredador	H'gr	1.92	2.11	0.67	1.37
	Hgr	6.8	8.2	2.0	3.9
Saprófago	H'gr	2.18	1.88	1.23	1.87
	Hgr	8.9	6.6	3.4	6.5
Estaciones J		J1. 2.960 m	J2. 3.060 m	J3. 3.160 m	J4. 3.260 m
Depredador	H'gr	2.44	1.70	2.22	1.61
	Hgr	11.5	5.5	9.3	5.0
Saprófago	H'gr	2.16	2.41	1.74	1.79
	Hgr	8.7	11.1	5.7	6.0
Estaciones P		P1. 3.387 m	P2. 3.456 m	P3. 3.494 m	
Depredador	H'gr	1.52	1.14	.63	
	Hgr	4.6	3.1	1.9	
Saprófago	H'gr	1.78	1.98	1.14	
	Hgr	5.9	7.3	3.1	
Estaciones S		S1. 3.479 m	S2. 3.530	S3. 3.605 m	S4. 3.682 m
Depredador	H'gr	1.81	1.82	1.88	.39
	Hgr	6.1	6.2	6.6	1.5
Saprófago	H'gr	2.83	2.07	2.17	1.26
	Hgr	17.0	7.9	8.8	3.5

Cerro Plateado: CP1-4. La Horqueta: H1-4. El Junco: J1-J4. Péna: P1-3. El sol: S1-S4

3.4. ESPECIES ENDÉMICAS O EN AMENAZA.

De solo el 24% de las especies/msp reportadas en este trabajo se conoce su identidad taxonómica a nivel genérico o específico. Ninguna de esta especies/msp se encuentra catalogada como una especie endémica o se encuentra listada en catálogos de especies amenazadas (Amat-G et. al. (2007), Resolución 0192/10 febrero 2014, CITES 2014). Debido a que la mayoría de grupos de organismos que hacen parte de la edafofauna, particularmente insectos presentes en ecosistemas de alta montaña, han sido poco estudiados. Por lo tanto es necesario continuar con la identificación taxonómica de aquellas

especies de las que no se conoce su identidad para de esta forma identificar aquellas especies endémicas, en peligro o nuevas para la ciencia.

3.5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para el complejo Frontino - Urrao se reportaron menos especies que las reportadas para el complejo Sonsón (Frontino - Urrao S = 157; Sonsón S = 203). Factores como áreas de muestreo de menor tamaño, ubicación de estaciones de muestreo a mayor altura (2.960 - 3.741 m.) y arquitectura vegetal pueden estar influyendo en la abundancia y número de especies de insectos de suelo presentes en los transectos establecidos.

En total se registraron ocho msp de cucarachas (Ectobiidae, Blaberidae), 30 msp de esferoceridos (Sphaeroceridae), 46 msp de foridos (Phoridae), 70 msp de estafilínidos (Staphylinidae) y tres especies/msp de hormigas (Formicidae). Según este estudio familias como Phoridae, Sphaeroceridae y Staphylinidae presentaron en ecosistemas de alta montaña (p.e. Bosque alto andino, Arbustales y Páramo) comunidades ricas en especies y poblaciones abundantes, lo que las convierte en un potencial modelo para el estudio de la variación de la riqueza en grupos de insectos del suelo a lo largo de un gradiente altitudinal. Una ventaja es la fácil consecución de especímenes mediante trampas Pitfall, pero una limitante importante es la falta de estudios taxonómicos de estos grupos para la fauna de Colombia, en especial de las especies de alta montaña. Por lo tanto la identificación taxonómica en estos grupos puede ser dispendiosa. Otros estudios también han demostrado que los coleópteros (incluyendo Staphylinidae) y los dípteros (incluyendo Phoridae) figuran entre los grupos de artrópodos más abundantes en el horizonte orgánico del suelo (Chamorro 1989; García y Chamorro 1995; Salamanca y Chamorro 1995) después de grupos como ácaros y colémbolos; incluso en estratos no orgánicos donde sus larvas son muy abundantes siendo considerados también organismos geófilos (10-40 cm de profundidad) (García y Chamorro 1995; Salamanca y Chamorro 1995).

La variación de la riqueza de los grupos potenciales como Coleoptera (Staphylinidae) y Diptera (Phoridae, Sphaeroceridae) se dio de la siguiente forma en este estudio:

1. Algunos de los dos grupos de insectos siempre presentó su mayor número efectivo de especies en la estación de menor altura dentro de cada transecto. Por ejemplo los dípteros presentaron el mayor número efectivo en transectos como Cerro plateado (CP1), La Horqueta (H1) y El Sol (S1), mientras los coleópteros en Cerro Plateado (CP1), El Junco (J1) y Péna (P1).
2. En cuatro de los cinco transectos la dominancia de coleópteros o dípteros no se dio a la misma altura dentro del mismo transecto. Por ejemplo mientras los dípteros presentaron sus mayores valores del número efectivo de especies en las estaciones La Hoequeta (H1) y El Sol (S1), los escarabajos los hacían en La

Horqueta (H2) y El Sol (S3). Así mismo mientras los coleópteros eran dominantes en El Junco (J1) y Péna (P1), los dípteros lo eran en El Junco (J2) y Péna (P2). Solo en el transecto Cerro plateado ambos grupos presentaron el mayor valor en una misma estación (CP1).

Como era de esperarse la riqueza de hormigas a estas elevaciones fue muy baja, debido a que en este grupo se ha demostrado que su riqueza disminuye al aumentar la elevación sobre el nivel del mar (Longino y Hanson 1995; Fagua 1999). La msp *Pheidole* sp. 1 presentó las colonias más abundantes, principalmente en arbustales y páramo, siendo entonces la hormiga más frecuente en estos ambientes. Las hormigas del género *Labidus* suelen ser más abundantes en tierras medias y altas generalmente entre los 2.000 y los 3.000 m, donde el género *Eciton* Latreille, 1804, género también considerado como legionaria y que generalmente domina sobre *Labidus*, no está presente (Palacio 2004). Para el complejo frontino – Urrao solo se reportó para este género *L. spininodis* a una elevación máxima de 3.160m, siendo más abundante en la estación a menor altura (2.960 m). En comparación con el complejo Sonson, donde también se reportó esta especie a 2.862 m, Frontino Urrao - presento poblaciones más pequeñas.

Aunque para cucarachas no existen estudios sobre sus patrones de distribución altitudinal, al parecer ocurre lo mismo que en las hormigas, presentando comunidades con poca riqueza a grandes alturas. Pocos géneros de cucarachas han sido reportados en ecosistemas de alta montaña como lo son los páramos (p.e. *Eurycotis* y *Epilampra*. Vélez et. al. 2006). Las morfo-especies aquí reportadas pertenecen entonces a nuevos registros de distribución altitudinal para estos géneros aun no identificados, ya que ninguno de los registros perteneció a los géneros previamente registrados por Vélez et. al. (2006) para estas alturas. En general las cucarachas presentes en estos ecosistemas están asociadas con las hojas muertas del frailejón, donde posiblemente encuentran humedad y abrigo de las condiciones ambientales extremas (Sturm 1990). Igual como ocurre en otros ecosistemas, estos insectos detritívoros favorecen la fragmentación del remanente vegetal acelerando la descomposición que los microorganismos realizaran sobre este (Bell et. al. 2007).

El conocimiento de la diversidad de estafilínidos en Colombia es aún escaso, y lo es aún más en ecosistemas de alta montaña (Méndez-Rojas et al. 2012). Tal fenómeno se extiende sobre otros grupos de invertebrados del suelo, por lo que es difícil hoy día estandarizar especies que habitan el suelo como marcadores de los ecosistemas de alta montaña. No obstante, y como paso inicial hacia el reconocimiento de elementos marcadores de ecosistemas, para todo el complejo se identificó un grupo de especies/msp propias de cada ecosistema muestreado. Estas fueron:

Bosque alto andino: *Euphyllodromia* sp. 1, morfo 94, 211 (Ectobiidae), *Megaselia* sp. 8, *Megaselia* sp. 12, *Metopina* sp. 1, morfo 51, 136, 182, 183,

244, 272 (Phoridae), morfo 58, 246, 270 (Sphaeroceridae), morfo 35, 39, 43, 47, 70, 73, 76, 123, 152, 186, 188, 223, 250, 251, 252, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 277, 278, 279, 280 y 281 (Staphylinidae).

Arbustal: *Plectoptera* sp. 1, morfo 19, 28 (Ectobiidae), *Pheidole* sp. 2 (Formicidae), morfo 21, 22, 52, 53, 264 (Phoridae), *Aptilotus* sp. 3, morfo 171, 245 (Sphaeroceridae), *Hamotus* sp. 1, *Palaminus* sp. 1, morfo 67, 68, 69, 82, 87, 185 y 187 (Staphylinidae).

Páramo: *Megaselia* sp. 3, *Megaselia* sp. 9, *Megaselia* sp. 13, 18, 34, 62, 243, 265, 267 (Phoridae), morfo 57, 135, 177, 178, 179, 184, 189, 247 (Sphaeroceridae), *Phloeopora* sp. 1, *Rhexinia* sp. 1, morfo 41, 86, 89, 90, 219, 228 y 253 (Staphylinidae).

Es necesario desarrollar nuevos muestreo en una época climática diferente a la trabajada en este muestreo (época de lluvias) para de esta forma 1) Conocer las dinámicas poblacionales de cada una de estas especies/msp según la época climática y 2) Corroborar su verdadera función como organismos indicadores de ecosistemas de alta montaña.

Varios estudios muestran la estrecha asociación entre cambios altitudinales y cambios en la composición y diversidad de especies en un área. Al respecto, se han planteado varias hipótesis entre las que se destacan el efecto Rapoport, en donde la riqueza y los rangos de distribución de especies están inversamente ligados a la altitud, presentándose mayor riqueza en altitudes bajas (Fleishman et al. 1998; Stevens 1992; Sanders 2002) y la hipótesis de dominio medio donde la mayor riqueza se presenta en altitudes medias (MacArthur 1969; McCoy 1990). En casi todos los transectos establecidos en este estudio la mayor riqueza específica y la mayor abundancia relativa fue reportada para el ecosistema bosque alto andino y se observó que en ecosistemas ubicados a mayor altura estos valores disminuyeron, a excepción de El Junco en donde el páramo presentó los valores mayores. Grupos como escarabajos y moscas presentaron generalmente su mayor diversidad en estaciones a menor altura las cuales coinciden con bosque alto andino (2.960 - 3.550 m) y arbustal (3060 – 3605), a excepción de P2 (Páramo, 3.456m) donde las moscas fueron más diversas. Solo en el Junco la familia Phoridae mostro un patrón inverso en el que la riqueza de especies aumento con la elevacion, fenómeno que se ha observado en otros grupos de insectos (p.e. mariposas de la tribu Pronophilina (Pyrzcz y Wojtusiak, 2002)).

En el complejo Frontino - Urrao se observó que la ubicación de los ecosistemas de páramo fluctuó entre la cota 3.260 m (J4) y 3.741 m (CP4). Por lo tanto la ubicación altitudinal de la franja transicional entre los ecosistemas bosque alto andino y páramo en la cordillera occidental vario enormemente entre los transectos establecidos. A continuación se presentan las posibles franjas transicionales establecidas para cada transecto. En los transectos El Junco, El Sol y Péna se pueden determinar que existen comunidades de insectos de suelo

que posee poca similitud con las comunidades halladas en el bosque alto andino y el páramo, lo que permite pensar que dichas comunidades pertenece a la franja transicional entre estos dos ecosistemas. Es así que para El Junco la franja transicional puede estar presente entre la cota 3.060 - 3.160 m, en El Sol entre la cota 3.530 – 3.605 m y en Péna en la cota 3.387 m. En el transecto La Horqueta, en el cual no se instalaron estaciones en arbustales por la no detección de estas en el terreno, es posible que la franja transicional hipotéticamente este presente entre las cotas 3.499 m (Bosque alto andino) y 3.559 m (páramo). Así mismo, para Cerro Plateado, donde la comunidad de insectos encontrada en la estación ubicada en arbustal (CP2) fue más similar a las comunidades de insectos halladas en el páramo, a 3.618 m aun no aparece la transición sino más bien los límites inferiores del páramo. Para este caso podríamos decir que hipotéticamente la franja de transición está ubicada entre las cotas 3.550 y 3.618 m. Dado a que la mayoría de los estudios sobre la edafofauna presente en ambientes alto andinos en Colombia se han desarrollado en la cordillera oriental (Chamorro 1989; Sturm 1990; Amat y Vargas 1991; García y Chamorro 1995; Salamanca y Chamorro 1995; Sturm y Rangel 1995) y en general se conoce poco sobre la distribución altitudinal de mucha de la fauna invertebrada para muchas de la regiones altas de Sur América (Sturm, 1995), los resultados aquí obtenidos son un avance significativo en el conocimiento de las comunidades de insectos del suelo a través de un gradiente altitudinal para la cordillera occidental y así mismo en la implementación de este conocimiento para el reconocimiento de ecosistemas claves a nivel altitudinal, en este caso transiciones entre bosque alto andino y páramo.

El transecto Péna posee una comunidad de insectos de suelo muy diferente a la hallada en el resto de transectos, ya que este transecto presentó la menor similitud con relación a los demás. Una posible explicación para este hallazgo puede ser la ubicación del transecto, ya que fue el único ubicado más cerca del flanco oriental de la cordillera occidental. Aquí la flora y la fauna podrían estar siendo influenciadas por las condiciones ambientales presentes en el valle del río Cauca, zona que influencia las montañas de este flanco de la cordillera occidental.

Una de las funciones reconocidas de la edafofauna como parte fundamental de las redes tróficas del suelo es la descomposición del material vegetal (Parisi 1979), estando involucrada directamente en la formación del suelo y en el incremento de su fertilidad (García y Chamorro 1995). Adicionalmente se generan vías tróficas paralelas (p.e. depredación) que, generalmente, cumplen funciones de control de la densidad y estructura espacio-temporal de estas poblaciones de organismos saprófagos (García y Chamorro 1995). De los gremios alimenticios trabajados, depredador y saprófago estuvieron mejor representados en número de especies/msp. Esta tendencia también fue observada por Hernández y Murcia (1995) y Salamanca y Chamorro (1995) en áreas de páramo en Colombia. En las estaciones a menor altura estos dos gremios estuvieron mejor representados en comparación con las estaciones a

mayor altura. Bosque alto andino, ecosistema con mayor cantidad de materia orgánica en descomposición y por ende con la presencia de otros grupos que sirven de alimento a los depredadores, puede estar favoreciendo la dominancia de estos gremios en las estaciones a menor altura. Aunque en el páramo no existe una capa extensa de hojarasca, el abrigo de hojas muertas producido por los frailejones hace las veces de la hojarasca del bosque (Sturm 1995). Es así que tanto las gramíneas en macolla como los frailejones presentes en el páramo desarrollan un sistema de hendiduras o “escondites” con gran contenido de humedad y un porcentaje alto de material vegetal muerto en el cual entran muchos representantes de la edafofauna (Sturm 1995). Por el contrario a nivel de páramo grupos de organismo herbívoros son menos abundantes que los saprófagos o depredadores (Sturm 1995). Lo cual podría estar relacionado según Sturm (1995) con la escasez de especialistas, tal vez, a que el espacio de tiempo ha sido demasiado corto para la evolución de tales especialistas en un ecosistema bastante joven.

Aunque los microorganismos han sido reconocidos como los principales organismos descomponedores a grandes alturas, también es claro que la acción conjunta de estos con los insectos hace que el proceso de descomposición y reciclaje de nutrientes sea más eficiente (Hernández y Murcia 1995, Sturm 1995). Debido a que 1) A medida que se aumenta en la altura sobre el nivel del mar la tasa de descomposición vegetal decrece y se produce acumulación de hojas en el sotobosque del bosque (Arenas 1995) y 2) A que la acidez del suelo (valores inferiores a 5.0) propia de ecosistemas alto andinos (Sturm y Rangel 1985; Jaimes y Rivera 1991; Díaz y Mendoza 1995) afecta la actividad de las comunidades de microorganismos (Arenas 1995), los insectos saprófagos toman entonces un protagonismo importante en el reciclaje de nutrientes.

3.6. REFERENCIAS

Alonso LE, Agosti D. 2000. Biodiversity studies, monitoring, and ants: An Overview. En: Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR, editores. *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press. Washington. p. 1-8.

Amat-G G, Vargas RO. 1991. Caracterización de microhábitats de la artropofauna en páramos del Parque Nacional Natural Chingaza, Cundinamarca, Colombia. *Caldasia*, 16 (79): 539–550.

Amat-G G, Andrade-C MG, Amat EC. 2007. Libro Rojo de los Invertebrados Terrestres de Colombia. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia, Conservación Internacional Colombia, Instituto Alexander von Humboldt, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. p. 216.

- Andersen AN. 1990. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: a review and a recipe. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, 16: 347-357.
- Arenas SH. 1995. Dinámica de la hojarasca en un bosque nativo altoandino y un bosque de eucaliptos en la región de Monserrate. En: Mora-Osejo LE, Sturm H, editores. *Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino Cordillera Oriental de Colombia*. Tomo 2. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. p. 457-484.
- Bartak, M. (1998) Diptera of the Bavarian forest. *Silva Gabreta* 2: 239–258
- Bell WJ, Roth LM, Nalepa CA. 2007. *Cockroaches: Ecology, Behavior, and Natural History*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD. p. 230.
- Bolton B. 1995. *A new general catalogue of the ants of the world*. Harvard University Press, Cambridge, MA. p. 504.
- Brown BV. 1992. Generic revision of Phoridae of the Nearctic Region and phylogenetic classification of Phoridae, Sciadoceridae and Ironomyiidae (Diptera: Phoridae). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 164: 1-144.
- Brown BV, Borkent A, Cumming JM, Wood DM, Woodley NE, Zumbado MA. 2010. *Manual of Central American Diptera, Volume 2*. NRC Research Press, Ottawa. p. 728.
- Chamorro C. 1989. Efecto del uso del suelo sobre la composición edafofaunística de los páramos que circundan la ciudad de Bogotá. *Suelos Ecuatoriales*, 19 (1): 48-62.
- Colwell RK. 2011. *EstimateS, Version 8.2: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide)*.
- Díaz L, Mendoza M. 1989. Flujo de biogeoelementos en un ecosistema de bosque altoandino, Cundinamarca, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de biología. Bogotá D.C. p. 265.
- Disney RHL. 1994. *Scuttle Flies: The Phoridae*. Chapman & Hall. London. p. 467.
- Fagua G. 1999. Variación de las mariposas y hormigas de un gradiente altitudinal de la Cordillera Oriental (Colombia). En: Amat G, Andrade M, Fernández F, editores. *Insectos de Colombia Vol. II*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Física y Naturales, Santafé de Bogotá. p. 317-362.
- Fleishman E, Austin G, Weiss A. 1998. An empirical test of Rapoport's rule: elevational gradients in montane butterfly communities. *Ecology*, 79: 2472-2483.
- Frank JH. 1997. Staphylinidae. En: Solís A, editor. *Las Familias de insectos de Costa Rica*. INBio. <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto54.html>.

- García M, Chamorro C. 1995. Contribución al Conocimiento de la Dinámica Temporal de la Edafofauna en un Bosque Altoandino de la región de Monserrate. En: Mora-Osejo LE, Sturm H, editores. Estudios Ecológicos del Páramo y del Bosque Altoandino, Cordillera Oriental de Colombia. Tomo 2. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. p. 619-630.
- Grandcolas P, Deleporte P. 1996. The origin of Protistan symbionts in termites and cockroaches: a phylogenetic analysis. *Cladistics*, 12: 93-98.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Hernández M, Murcia MA. 1995. Estimación de la productividad primaria de *Espeletia grandiflora* H & B y *Pinus patula* Schl & Cham en el páramo "El Granizo" Cundinamarca, Colombia. En: Mora-Osejo LE, Sturm H, editores. Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera oriental de Colombia. Tomo 2. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. p. 503-520.
- Jaimes V, Rivera D. 1991. Banco de semillas y tendencias en la regeneración natural de un bosque altoandino en la región de Monserrate (Cundinamarca, Colombia). *Pérez-Arbelaezia*, 3: 3-35.
- Longino J, Hanson P. 1995. The ants (Formicidae). En: Hanson P, Gauld I, editores. *The Hymenoptera of Costa Rica*. Oxford University Press, N.Y., EEUU. p. 588-620.
- MacArthur R. 1969. Patterns of Communities in the Tropics. *Biological Journal of the Linnean Society*, 1: 19-30.
- McCoy E. 1990. The Distribution of Insects along Elevational Gradients. *Oikos*, 58: 313-322.
- Marshall SA, Richards OW. 1987. 93. Sphaeroceridae. En: McAlpine JF, Peterson BV, Shewell GE, Teskey HJ, Vockeroth JR, Wood DM, editores. *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 2. Research Branch Agriculture Canada, Ottawa, ON, Canada. p. 993-1006.
- Marshall, S.A. & Buck, M. (2010) Sphaeroceridae (small dung flies). In B.V. Brown, Borkent, A., Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. E. & Zumbado, M. (eds.), *Manual of Central America Diptera*. NRC Research Press, v.2., 1165-1187.
- Méndez-Rojas DM, López-García MM, García-Cárdenas R. 2012. Diversidad de escarabajos (Coleoptera, Staphylinidae) en bosques altoandinos restaurados de los Andes centrales de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 38 (1): 141-147.
- Navarrete-Heredia JL, Newton AF, Thayer MK, Ashe JS, Chandler DS. 2002. Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de

México/Illustrated guide to the genera of Staphylinidae (Coleoptera) of Mexico. Universidad de Guadalajara y Conabio, México, D.F. p. 401.

Palacio EE. 2003. Capítulo 18 Subfamilia Ecitoninae. En: Fernández F, editor. Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. p. 398.

Palacio EE, Fernández F. 2003. Clave para las subfamilias y géneros. En: Fernández F, editor. Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. p. 398.

Parisi V. 1979. Biología y ecología del suelo. Editorial Blume, Barcelona. p. 170

Peck SI, Mcquaid B, Campbell CL. 1998. Using ant species as a Biological Indicator of Agroecosystem condition. *Environmental Entomology*, 27(5): 1102-1110.

Pyrz T, Wojtusiak J. 2002. The vertical distribution of pronophiline butterflies (Nymphalidae, Satyrinae) along an elevational transect in Monte Zerpa (Cordillera de Mérida, Venezuela) with remarks on their diversity and parapatric distribution. *Global Ecology & Biogeography*, 11: 211–221.

Roháček J, Marshall SA, Norrbom AL, Buck M, Quiros DI, Smith I. 2001. World catalog of Sphaeroceridae (Diptera). Slezské zemské muzeum, Opava. p. 414.

Roth LM. 2003. Systematics and phylogeny of cockroaches (Dictyoptera: Blattaria). *Oriental Insects*, 37: 1–186.

Salamanca N, Chamorro C. 1995. La edafofauna del páramo de Monserrate – Sector Hacienda “Santa Barbara” – (Cundinamarca, Colombia). En: Mora-Osejo LE, Sturm H, editores. Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino. Cordillera Oriental de Colombia. Tomo I. Academia Colombiana de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales. p. 631 – 648.

Sanders N. 2002. Elevational Gradients in Ant Species Richness: Area, Geometry, and Rapoport's rule. *Ecography*, 25: 25-32.

Sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia – SiB Colombia [Internet]. 2014. [Acceso: septiembre, 2014]. Disponible en: <http://www.sibcolombia.net/web/sib/>

Stevens G. 1992. The Elevational Gradient in Altitudinal Range: an Extension of Rapoport's Latitudinal rule to altitude. *American Naturalist*, 140: 893-911.

Sturm H. 1990. Contribución al conocimiento de las relaciones entre los frailejones (Espeletiinae, Asteraceae) y los animales en la región del páramo Andino. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales*, XVII (67): 668-683.

Sturm H. 1995. Fauna. En: Mora-Osejo LE, Sturm H, editores. Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino. Cordillera Oriental de Colombia.

Tomo I. Academia Colombiana de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales. p. 71 - 88.

Sturm H, Rangel JO. 1985. Ecología de los páramos andinos: Una visión preliminar integrada. Biblioteca J. Jerónimo Triana. Instituto de Ciencias Naturales–MHN., 9. Bogotá.

Sturm H, Rangel JO. 1995. Consideraciones sobre la vegetación, la productividad primaria neta y la artropofauna asociada en regiones paramunas de la Cordillera Oriental. En: Mora-Osejo LE, Sturm H, editores. Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino. Cordillera Oriental de Colombia. Tomo I. Academia Colombiana de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales. p. 47 – 70.

Vélez A, Wolff M, Gutiérrez E. 2006. Blattaria of Colombia: List and distribution of genera. Zootaxa, 1210: 39–52.

Vélez A. 2008. Checklist of colombian cockroaches (Dictyoptera: Blattaria). Biota Colombiana, 9(1): 21-38.

CAPITULO 4

COMPONENTE HERPETOFAUNA

(COMPLEJO PARAMOS DE FRONTINO-URRAO)



Coordinador general:

Juan M. Daza, Ph.D.

Coordinador Campo:

Carlos A. Jiménez, Biólogo

Taxonomía:

Juan M. Daza, Ph.D.

Mauricio Rivera, Ph.D.

Carlos A. Jiménez, Biólogo

Auxiliares de Campo

Estefany Cano, Santiago Cuartas, Natalí Duque, Esteban García, Maria Isabel Gómez, Jose M. Fang, Juan David Loaiza, Carlos M. Marín, Carlos A. Muñoz, Juan David Murillo, Laura Pinto, Adriana Restrepo, David Taborda, Laura Vargas

Textos:

Carlos A. Jiménez, Biólogo

Juan M. Daza, Ph.D.

Fotografías:

Santiago Cuartas

Carlos Jiménez

Juan M. Daza

Carlos Muñoz

4.1 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.1 Área de estudio

Entre marzo y agosto de 2014 se realizaron cinco transectos en cinco páramos pertenecientes al Complejo Frontino-Urrao en la Cordillera Occidental con el objetivo de determinar la composición herpetológica en estos complejos y emplear esta información para evaluar la existencia de un recambio en la composición y estructura del ensamble de anfibios a lo largo de un gradiente altitudinal.

El complejo de Páramos Frontino-Urrao se localiza al norte de la Cordillera Occidental, entre los 3400 a 3930 m. Está conformado por los páramos de El Junco, PEI Pená, El Sol, Cerro de la Horqueta y Cerro Plateado. Este complejo se encuentra entre los municipios de Urrao, Abriaquí, Caicedo y Salgar en el departamento de Antioquia y Carmen de Atrato en el departamento de Chocó.

Tabla 4.1. Ubicación de las estaciones y páramos visitados dentro del Complejo Frontino-Urrao en el Departamento de Antioquia.

Páramo	Municipio	Longitud	Latitud	Elevación (m)
Pená	Abriaquí	-76.03951	6.50435	3489
		-76.03558	6.50731	3423
		-76.03574	6.51223	3376
		-76.03416	6.52154	3271
		-76.03397	6.52514	3207
Junco	Caicedo	-76.05774	6.50670	3444
		-76.05978	6.50269	3390
		-76.06026	6.49857	3313
		-76.05945	6.49686	3272
		-76.05849	6.49447	3205
Sol	Urrao	-76.08624	6.44925	3674
		-76.08872	6.45419	3581
		-76.08432	6.44493	3556
		-76.08215	6.44124	3428
		-76.07944	6.43682	3279
Cerro Plateado	Urrao	-76.09811	6.00433	3716
		-76.10052	6.00959	3583

4.1.1.1. Páramo de Pená

Este páramo se encuentra ubicado sobre la Cordillera Occidental en el municipio de Abriaquí. Los muestreos en este sitio tuvieron lugar desde los 2300 hasta los 3500 m. Para la selección de las estaciones de muestreo se consideró el tipo de cobertura que se podía observar en el transecto. Las estaciones de páramo tienen paisajes con pendientes bajas y completamente cubiertos por frailejón y fueron escogidos considerando la línea de bosque desde los 3400 m hasta los 3500 m. El ambiente que se seleccionó como punto de partida para establecer las estaciones se encuentra entre los 3270 m y los 3370 m, donde se observan los primeros frailejones, presentando un gran número de plantas trepadoras que dificulta el acceso, además de arbustos con una altura no superior a los tres metros de altura. El bosque se encuentra por debajo de los 3250 msnm. Este transecto cuenta con abundante cobertura vegetal, lo cual indica aparentemente poca intervención humana, presenta arboles con una altura superior a cuatro metros, además de abundantes musgos en los troncos y una alta humedad.

4.1.1.2 Páramo del Junco

Este páramo se encuentra ubicado en el municipio de Caicedo. Los muestreos en este sitio tuvieron lugar desde los 3154 m hasta los 3458 m. Este lugar presenta un mayor grado de impacto antrópico, ya que es parte de un camino que comunica a los municipios de Caicedo y Abriaquí, y por donde continuamente transitan tanto personas como ganado vacuno. Por este motivo la selección de las estaciones de muestreo fue hecha a partir de las diferencias en altura. La estación de páramo se ubicó entre los 3400 hasta los 3450 m, presenta frailejones de porte bajo y abundantes bromelias. La estación de transición se encuentra entre 3320 a 3340 m, presenta un dosel no mayor de cuatro metros de altura. La estación en bosque se encuentra entre 3200 a 3300 m, presenta arboles con una altura mayor a cuatro metros, abundante hojarasca en el suelo y abundantes epifitas en los troncos de los árboles.

4.1.1.3 Páramo del Sol

Este páramo se encuentra ubicado entre los municipios de Urrao y Frontino. Es el páramo más extenso de todo el complejo. El muestreo tuvo lugar desde 3270 a 3700 m. En este sitio las estaciones de muestreo fueron designadas por altura con una separación de aproximadamente 100 metros altitudinales de diferencia. La estación de páramo se encuentra entre 3540 a 3670 m. Este sitio se caracteriza por paisajes poco pendientes y completamente cubiertos por frailejón. La estación en transición se ubicó entre 3418 a 3428 m. Este sitio se caracteriza por la presencia de arbustos de tamaño medio, entre uno a dos metros de altura, presencia de roca desnuda. La estación de bosque se ubicó entre 3270 a 3335 m, presenta un dosel de más siete metros de altura, con abundantes helechos, bromelias y chusque.

4.1.1.4 Páramo de Cerro Plateado

Este sitio se encuentra ubicado entre el municipio de Urrao en el departamento de Antioquia y el municipio de Carmen de Atrato en el departamento del Chocó. Es uno de los lugares con menor grado de intervención antrópica de todos los sitios muestreados. El muestreo en este transecto tuvo lugar entre 3526 a 3716 m. La estación de páramo se ubicó entre 3628 a 3716 m. Este sitio se caracteriza por fuertes pendientes y abundantes afloramientos rocosos con alto grado de metamorfismo. Se encuentra completamente cubierto por frailejones y bromelias pequeñas. La estación de transición se encuentra ubicada entre 3526 y 3533 m. Presenta una fuerte pendiente, completamente cubierto por plantas trepadoras, chusque y bromelias que dificultaban el acceso. El dosel en esta estación no sobrepasaba los tres metros de altura. La estación de bosque no se pudo trabajar, ya que presentaba difíciles condiciones de acceso por su fuerte pendiente, afloramientos rocosos y alto grado de metamorfismo, se encuentra cubierta completamente de chusque en el sotobosque, presenta arboles con una altura mayor a cuatro metros de altura.

4.1.2 Colecta y análisis de datos

Se realizaron cinco periodos de muestreo, uno por transecto. El esfuerzo de muestreo por transecto fue de cuatro personas durante 4-5 días efectivos de muestreo. Debido a las condiciones del terreno, el número y distancia entre estaciones fue variable. En general, se establecieron cinco estaciones de muestreo en cada transecto, a excepción del páramo de Cerro Plateado donde solo fue posible establecer dos estaciones de muestreo debido a la dificultad del terreno y a que el área de páramo y arbustales era muy reducida.

En todas las estaciones se utilizó un esfuerzo de muestreo de 4-6 horas efectivas por cuatro personas por estación. Iniciando los muestreos a las 18:00 horas y finalizando a las 23:00 horas. El muestreo se efectuó bajo la metodología de relevamiento por encuentros visuales (REV), se trabajó cada hora en cada estación, por los cuatro días. Alternando la hora de inicio a diario entre las estaciones, iniciando el día 1 a las 18:00 horas en la estación 1 y finalizando a las 22:00 horas en la estación 5, mientras que el día 2 se iniciaba a las 18:00 horas en la estación 5 y finalizando a las 22:00 horas en la estación 1. Igualmente se alternaban los días siguientes de duración de la salida de campo. Así se garantizaba cubrir las cuatro horas efectivas de muestreo en cada una de las estaciones.

Los especímenes encontrados se capturaban en bolsas plásticas individuales, asignándoles un código de identificación único. Se tomaron los siguientes datos correspondientes a cada individuo capturado: hora de captura, latitud y longitud, temperatura ambiente, humedad relativa, hábitat y microhábitat. Una vez se terminaba el muestreo a los individuos se les asignaba un número de colecta correspondiente a la serie de campo del colector. Posterior a esto los individuos se fotografiaron y sacrificaban por medio de inyección intratorácica de Roxicaína sin epinefrina al 2%. Fueron fijados en etanol al 96% y se almacenaron el etanol al 70% en el Museo de Herpetología Universidad de Antioquia (Colección #80 en el Registro Nacional de Colecciones Biológicas).

Con la información obtenida durante los muestreos en campo, se estimaron medidas de diversidad alfa y beta para cada transecto y para cada estación. La diversidad

alfa se analizó a través del cálculo de estimadores de riqueza, índices de diversidad y curvas de rarefacción. Se usaron dos estimadores de riqueza no paramétricos basados en abundancia: Chao 1 y ACE (Chao 1984, Chao & Lee 1992). Para evaluar la diversidad de cada estación y cada páramo se usó el índice de Simpson y el índice de Shannon-Wiener (Magurran 1988).

Se construyeron curvas de rarefacción basadas en individuos, las cuales estiman el número de especies que se observaría para cualquier número menor de individuos, bajo el supuesto de mezcla aleatorio de individuos (Colwell et al. 2004).

Para analizar la estructura de la comunidad se calculó la frecuencia relativa por estación y abundancia relativa. Adicionalmente, se construyeron curvas de rango-abundancia o diagramas de Whittaker (Whittaker 1965), las cuales describen la distribución de las abundancias relativas de las especies, evaluando el ajuste a cinco modelos estadísticos de distribución de abundancia (modelo de vara partida "Null" (MacArthur 1957), modelo de serie geométrica "Preemption" (May 1975), modelo de distribución Log-Normal "LogNormal" (Preston 1948), y "Zipf model" y "Zipf – Mandelbrot" (Wilson 1991).

Para analizar el recambio de especies (diversidad beta, Whittaker 1972) se hicieron comparaciones pareadas entre páramos y entre las estaciones del complejo, calculando los índices de similitud de Sorensen y Bray-Curtis y se visualizaron por medio de dendrogramas utilizando el algoritmo UPGMA (Magurran 1988).

4.2 RESULTADOS

Para todo el complejo Frontino-Urrao se registraron un total de cuatro especies nominales, además de registros de dos morfoespecies (Tabla 4.2), la cual se encontró en todos los páramos. También se registraron una gran variedad de individuos los cuales presentan una alta incertidumbre acerca de su identidad taxonómica, todas estas pertenecientes al género *Pristimantis*.

Tabla 4.2. Especies registradas en cada uno de los páramos visitados en el complejo Frontino – Urrao.

	Páramo				
	Pená	El Junco	El Sol	Cerro Plateado	La Horqueta
AMPHIBIA					
Centrolenidae					
<i>Centrolene aff. buckleyi</i>	X				
Craugastoridae					
<i>Pristimantis lasalleorum</i>	X	X		X	X
<i>Pristimantis satagius</i>	X	X	X		X
<i>Pristimantis</i> “ojosrojos”	X	X	X		X
<i>Pristimantis</i> spp.	X	X	X	X	
Plethodontidae					
<i>Bolitoglossa hypacra</i>	X	X	X	X	X

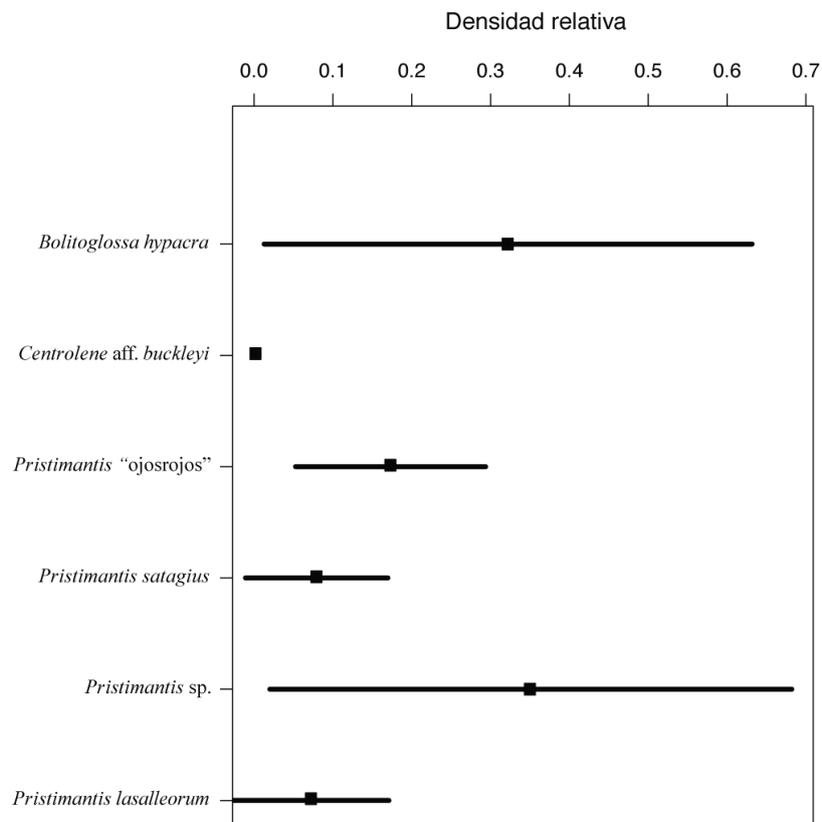


Figura 4.1. Densidad relativa de cada una de las especies y morfo especies observadas durante los muestreos de anfibios en el complejo de páramos Frontino-Urrao.

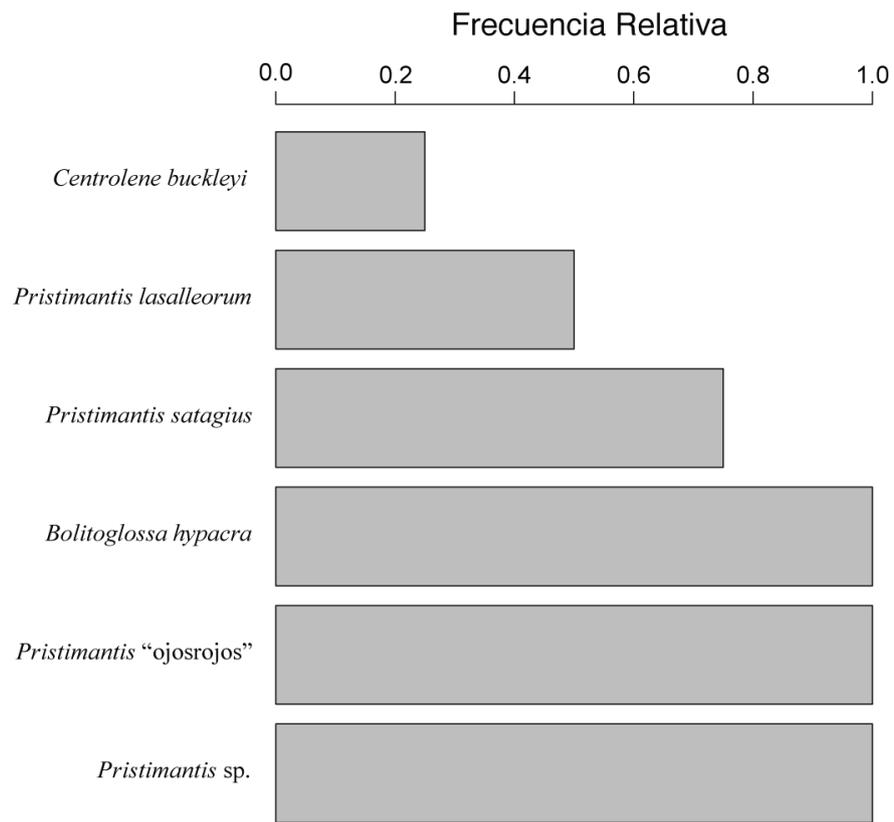


Figura 4.2. Frecuencia relativa de cada una de las especies y morfo especies observadas durante los muestreos de anfibios en el complejo de páramos Frontino-Urrao.

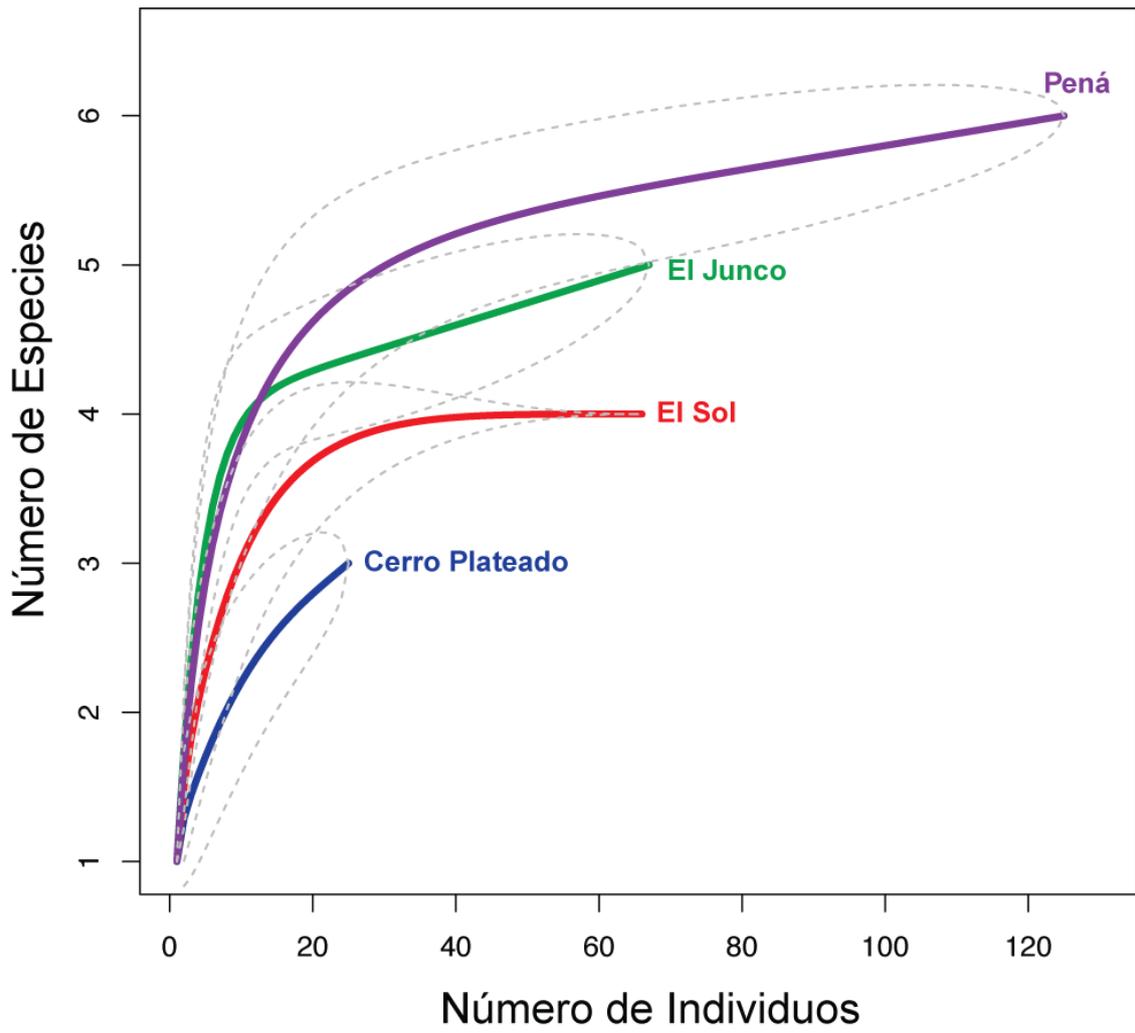


Figura 4.3. Curvas de acumulación de especies para los diferentes páramos pertenecientes al complejo Frontino-Urrao.

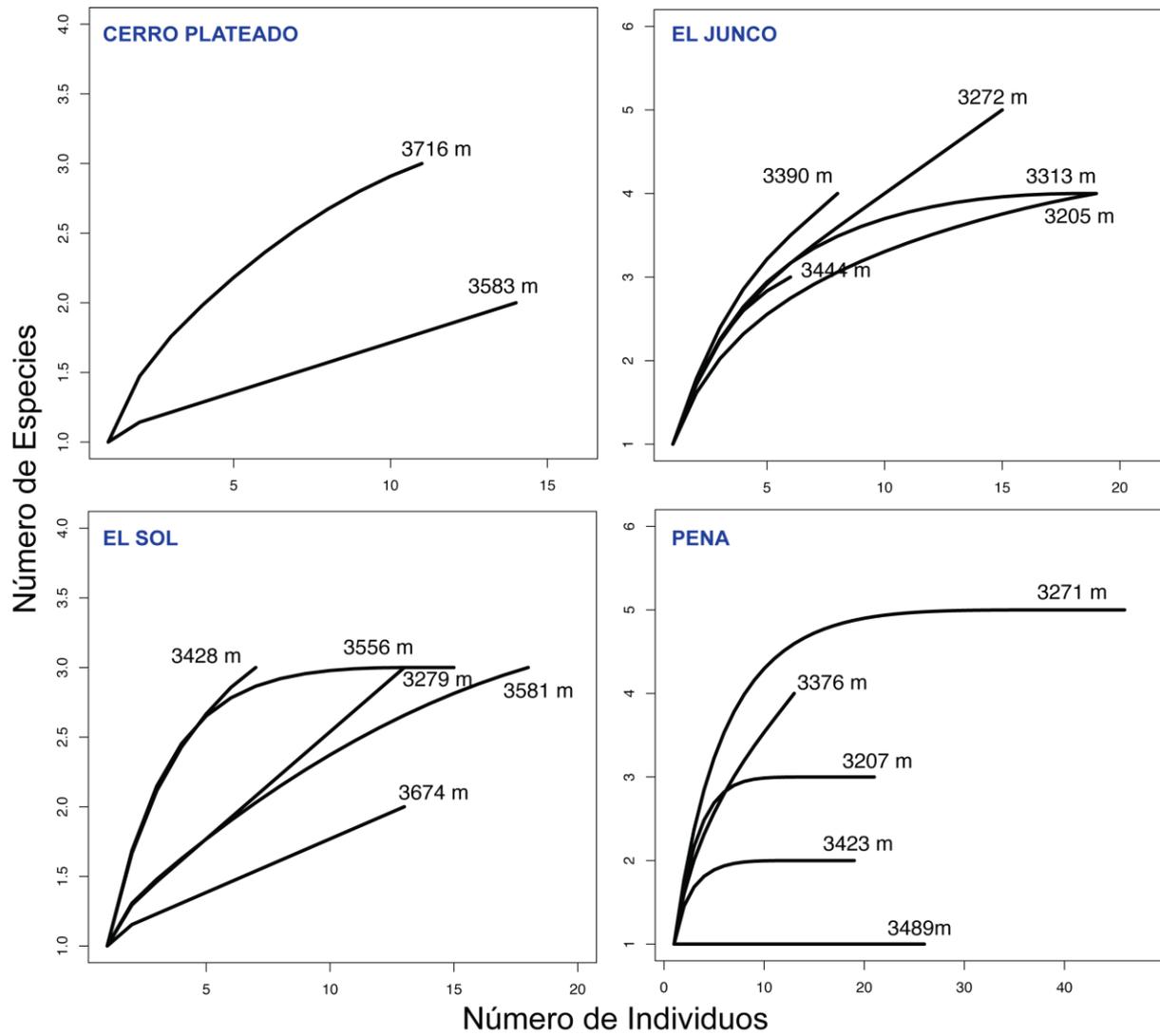


Figura 4.4. Curvas de acumulación de especies para cada estación en cuatro transectos en los páramos del complejo Frontino-Urrao.

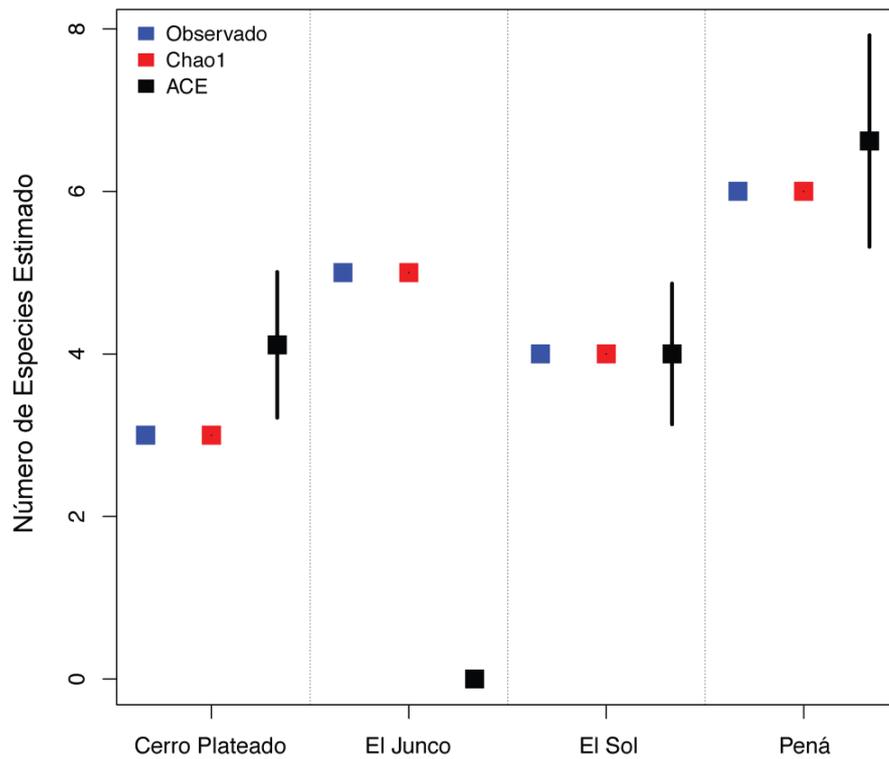


Figura 4.5. Riqueza observada y estimadores de riqueza (Chao 1 y ACE) basados en abundancia, para cada uno de los páramos muestreados en el Complejo Frontino-Urrao.

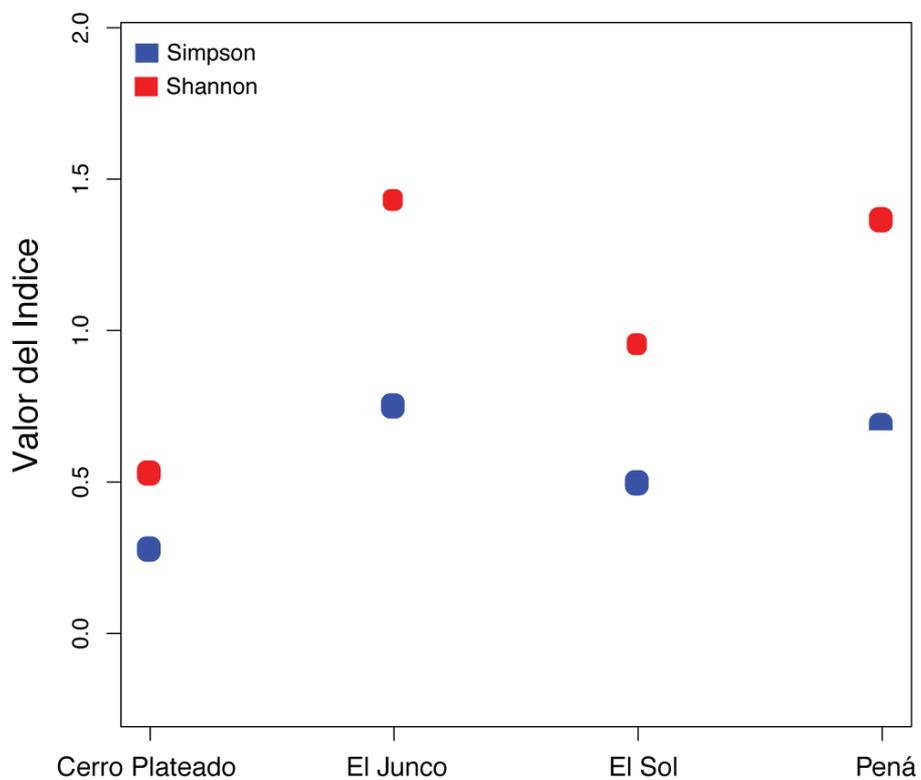


Figura 4.6. Índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson, calculados para los páramos muestreados en el Complejo Frontino-Urrao.

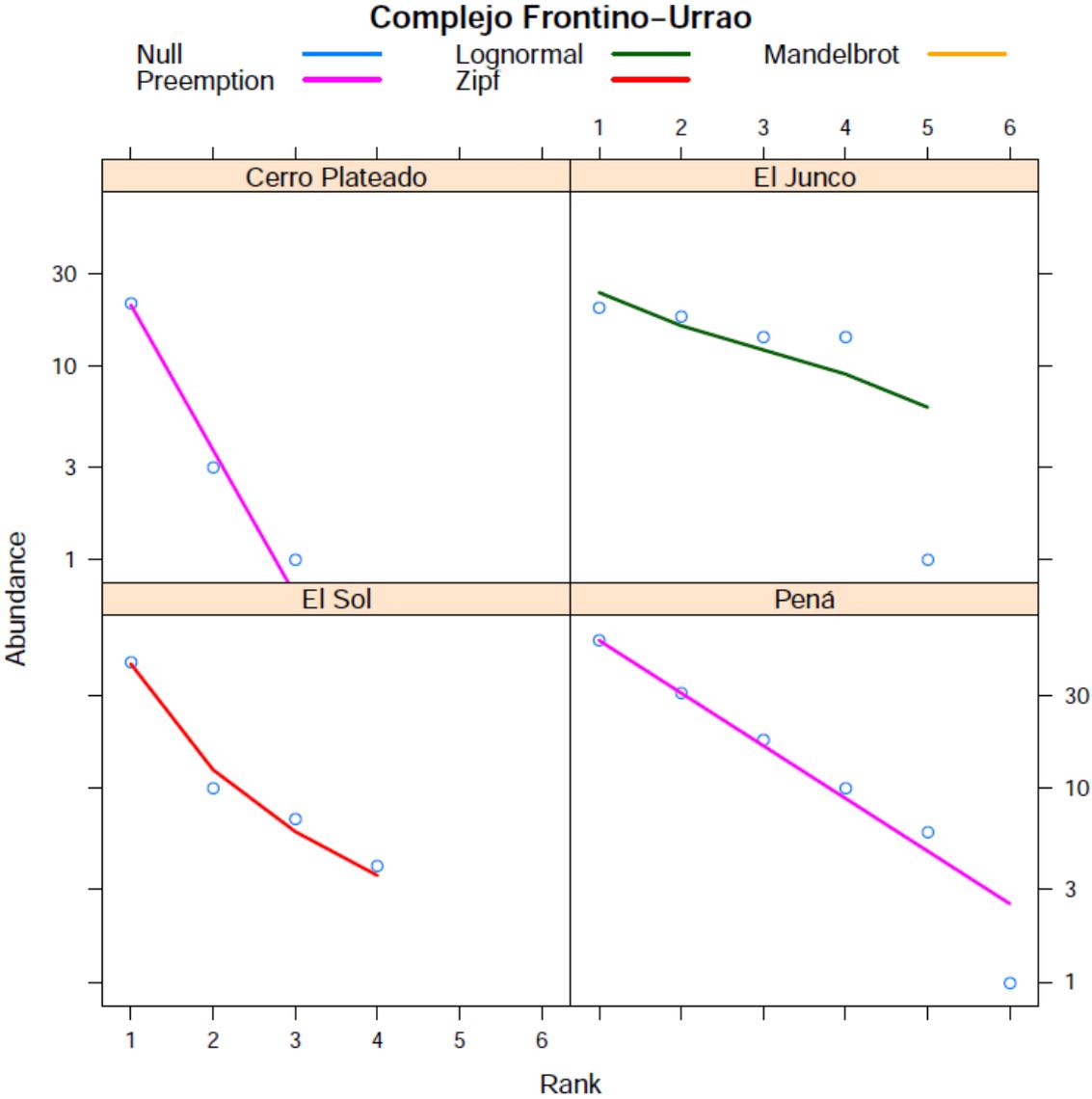


Figura 4.7. Curvas de diversidad-dominancia para los diferentes páramos muestreados del complejo Frontino-Urrao.

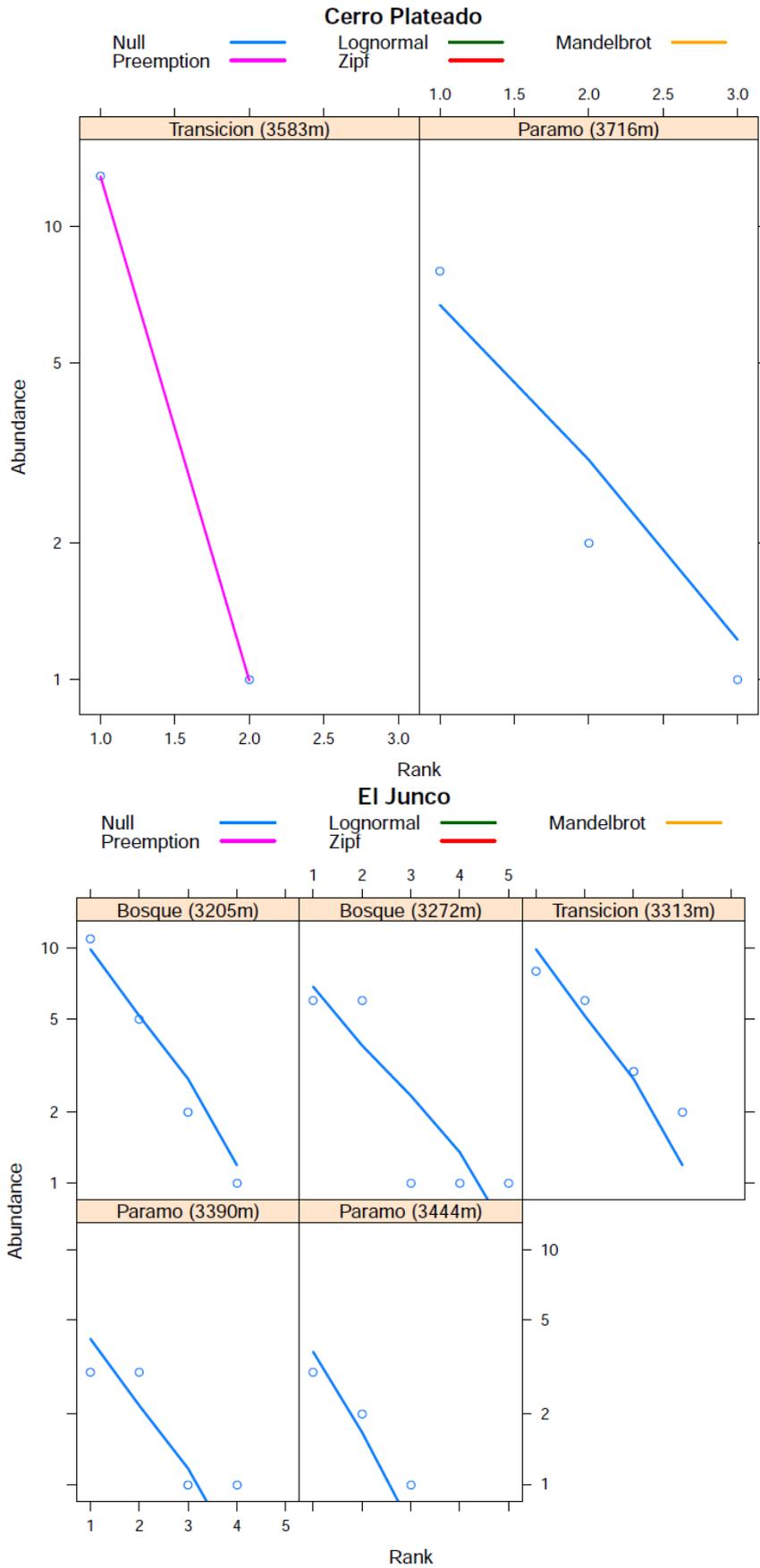


Figura 4.8. Curvas diversidad-dominancia para los diferentes páramos del complejo Frontino-Urrao.

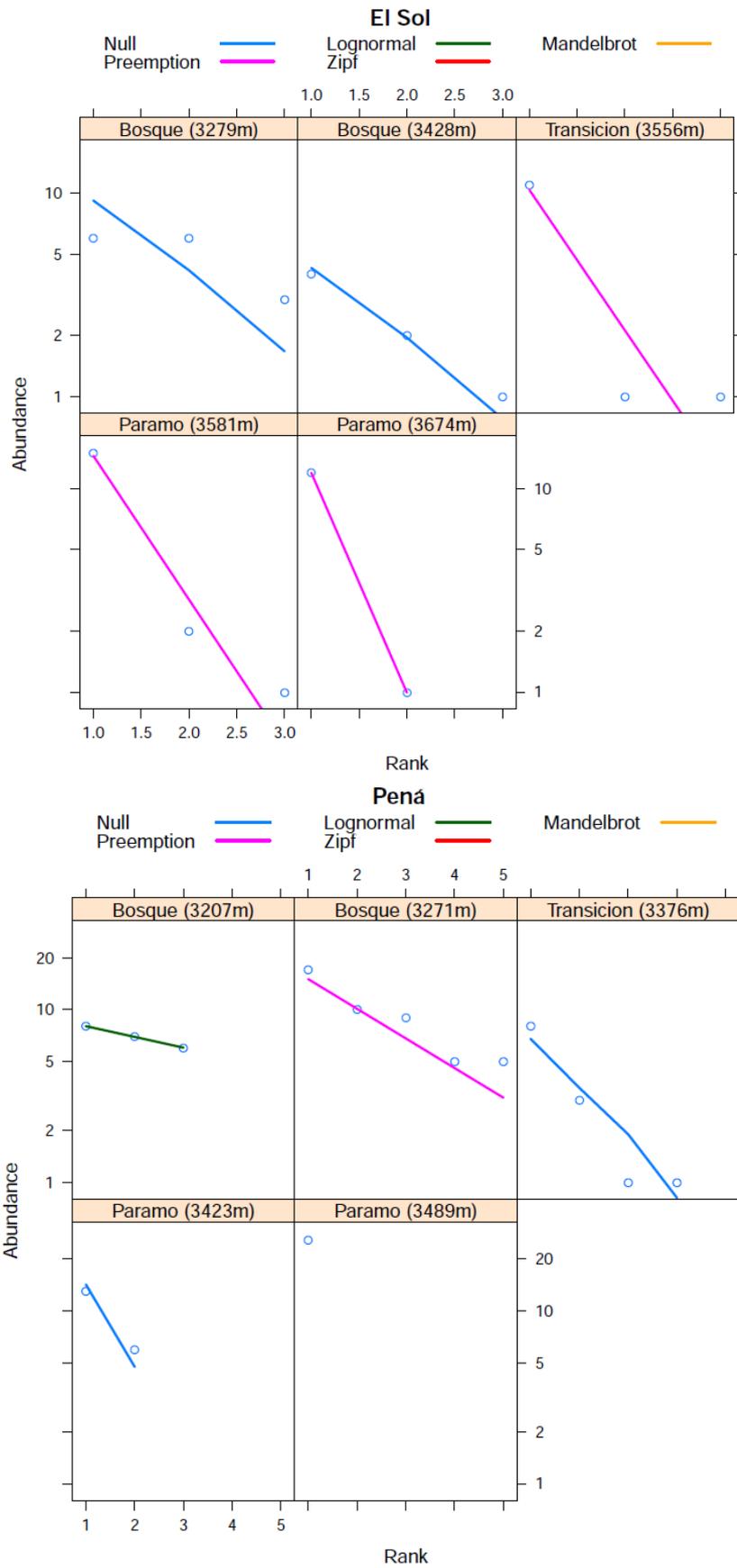


Figura 4.8. Continuación.

4.2.1 Composición y estructura

En las figuras 4.1 y 4.2 se grafican los valores de frecuencia y densidad relativa, para el complejo Frontino-Urrao. Se puede observar que las especies que presentaron mayor densidad durante el muestreo son *Bolitoglossa hypacra* y *Pristimantis satagius* al igual que la morfo especie *Pristimantis* sp. “ojosrojos”. Las cuales también fueron encontradas en la mayoría de los transectos muestreados. En cuanto a la frecuencia relativa se observa que las especies comparten el mismo patrón obtenido, a excepción de *Pristimantis satagius* quien presenta una mayor frecuencia relativa en los transectos del páramo del Sol y Pená, mientras presenta una menor densidad en estos mismos lugares, lo que quiere decir que la especie, aunque es frecuente, no se encontró durante todas las horas de muestreo.

La figura 4.3 muestra las diferencias en el número de especie encontradas entre los diferentes transectos. Aunque no se alcanza totalmente la asíntota, las curvas empiezan a declinar mostrando que el número de especies presentes se estimó de manera significativa. El transecto en el páramo cerro plateado presentó el menor número de especies, la curva no alcanza la asíntota y esto se debe a que el esfuerzo de muestreo no fue suficiente dado sus condiciones adversas y la gran cantidad de lluvia en el periodo de muestreo.

La figura 4.4 muestra la representatividad del muestreo por estación en cada transecto. Esta figura es importante al momento de realizar las comparaciones entre estaciones a lo largo del gradiente altitudinal. Por ejemplo, en el transecto del páramo de Pená, las curvas alcanzan la asíntota lo que hace adecuado comparar las diversidades a lo largo del gradiente altitudinal. En contraste, en el transecto del páramo el Sol, solo el muestreo realizado en la estación a 3556 metros de altitud alcanzó la asíntota y las otras estaciones quedaron submuestreadas.

En términos generales, las curvas de acumulación por estación en cada transecto muestran que el número de especie varía a lo largo del gradiente altitudinal y el esfuerzo de muestreo en la mayoría de transectos y estaciones fue significativo. Sin embargo, se observa que en transectos como Cerro Plateado, estaciones donde se

encuentra el frailejón en El Junco, bosque y arbustal en El Sol y en Pená, las curvas no alcanzaron la asíntota, lo que metodológicamente quiere decir que el muestreo no fue lo suficientemente significativo (en estas estaciones) para obtener un estimado más ajustado de la riqueza de especies de cada lugar, por lo que es muy probable que al aumentar las unidades de muestreo se encuentren más especies de las registradas en este estudio.

En cuanto a los estimadores (Chao1 y ACE) en la figura 4.5 se observa un patrón general el cual es congruente con los resultados obtenidos con las curvas de acumulación de especies. Estos dos análisis indican lo mismo en términos del esfuerzo de muestreo, ya que los valores obtenidos fueron congruentes con los valores de riqueza observados, por lo tanto el muestreo en los diferentes transectos y estaciones del complejo Frontino-Urrao fue estadísticamente significativo para obtener un estimado de la riqueza de especies de estos lugares.

El valor de los índices de diversidad de Shannon y dominancia de Simpson para el complejo Frontino-Urrao (Figura 4.6) muestra un patrón general en todos los transectos muestreados, donde se puede ver que la diversidad es mayor a la dominancia, por lo que se puede concluir que las comunidades de anfibios en estos lugares se encuentran distribuidos equitativamente en el transecto en general. En el caso del páramo de Cerro Plateado la diferencia entre estos dos valores es menos evidente gráficamente, debido en parte al muestreo en el sitio, el cual según la curva de acumulación de especies no se alcanzó completamente la asíntota para este páramo ni para las estaciones muestreadas, por lo que los resultados obtenidos de este análisis para este páramo pueden considerarse no significativos estadísticamente debido al aparente sub-muestreo del lugar. Al observar los valores de estos dos índices particularmente para cada estación muestreada, se observa que se mantiene el mismo patrón, la diversidad de Shannon es mayor a la dominancia de Simpson, pero el umbral de diferencia entre estos dos índices es variable, presentándose una menor diferencia entre el valor mayor y el menor, el caso del páramo del Pená y Cerro Plateado y la estación de páramo en el Pená presentaron una menor separación en los valores de estos índices, por lo que se puede concluir que las comunidades de anfibios en estos sitios son menos equitativas que las demás estaciones muestreadas.

En la figura 4.7 se observa el análisis de diversidad-dominancia para cada páramo del complejo Frontino-Urrao. Esta figura muestra que en el páramo del Junco la curva tiene una tendencia log normal, lo cual indica una alta uniformidad, esto está relacionado con los resultados de los índices de diversidad para este páramo (figura 4.6) donde los valores del índice de Simpson son significativamente menores en comparación con la diversidad de Shannon, la cual tiene un valor muy alto. Para el páramo del Sol la curva indica una tendencia de serie logarítmica, esto significa que el ensamblaje en este páramo presenta una alta dominancia, pero esto no se refleja en el valor del índice de dominancia de Simpson, el cual es menor que la diversidad de Shannon (figura 4.6) pero la diferencia entre estos dos valores es reducida a comparación de otros sitios donde la diferencia entre estos índices es amplia. En el caso de los páramos de Cerro Plateado y Pená, la curva de diversidad-dominancia presenta una tendencia similar, siguiendo el modelo “preemption” la cual se asemeja a una curva tipo log normal, pero en este caso se observa que la dominancia en estos sitios es mayor que en la curva log normal pero menor que una curva de serie logarítmica.

En la figura 4.8 se observa el análisis de diversidad-dominancia para las diferentes estaciones en cada uno de los páramos muestreados. Se puede ver que en la mayoría de estaciones las curvas presentan una tendencia a modelo nulo, lo que quiere decir que la relación entre diversidad y dominancia se encuentra en un equilibrio estadístico, en otras palabras, el ensamblaje de especies según este análisis presenta una tendencia a la equitatividad, pero esta no está bien consolidada (páramo del Junco, estación bosque del Sol, estaciones transición y páramo de Pená). Pero por otro lado en algunas estaciones como transición en Cerro Plateado y el Sol y bosque en Pená, la curva tiene una tendencia semejante a Log normal, lo cual indica que la dominancia en estos sitios es significativa, pero no es el patrón general como en una curva tipo serie logarítmica.

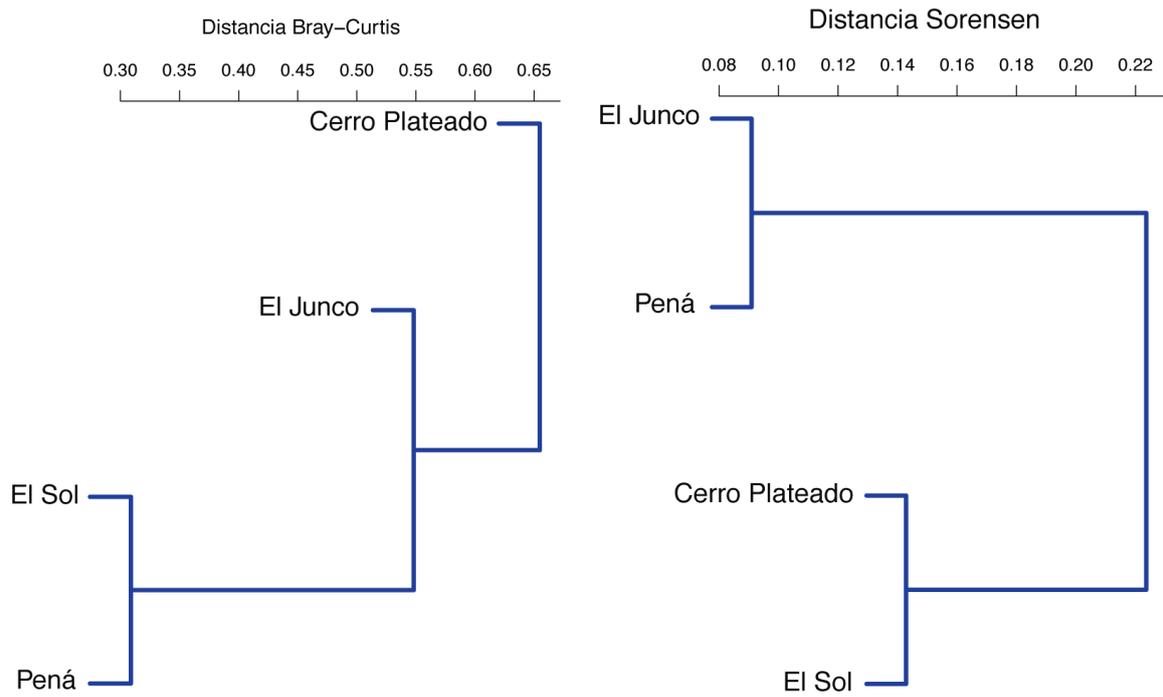
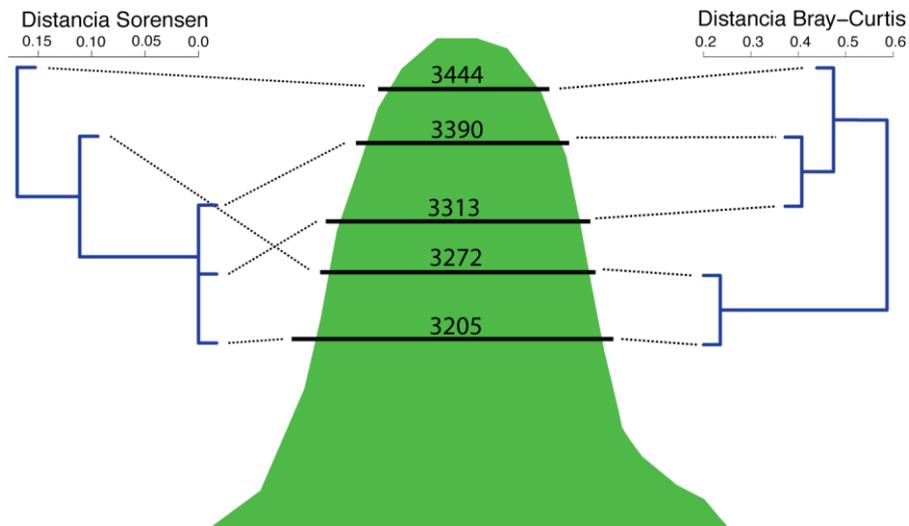
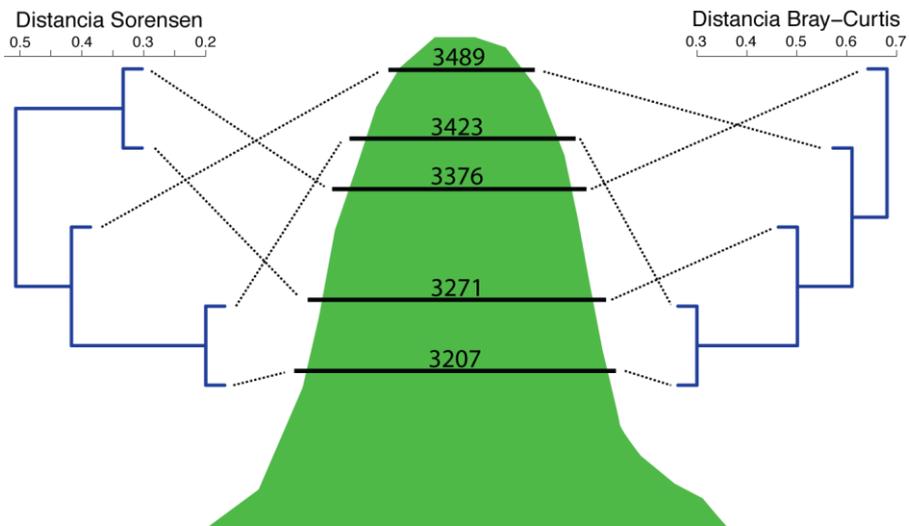


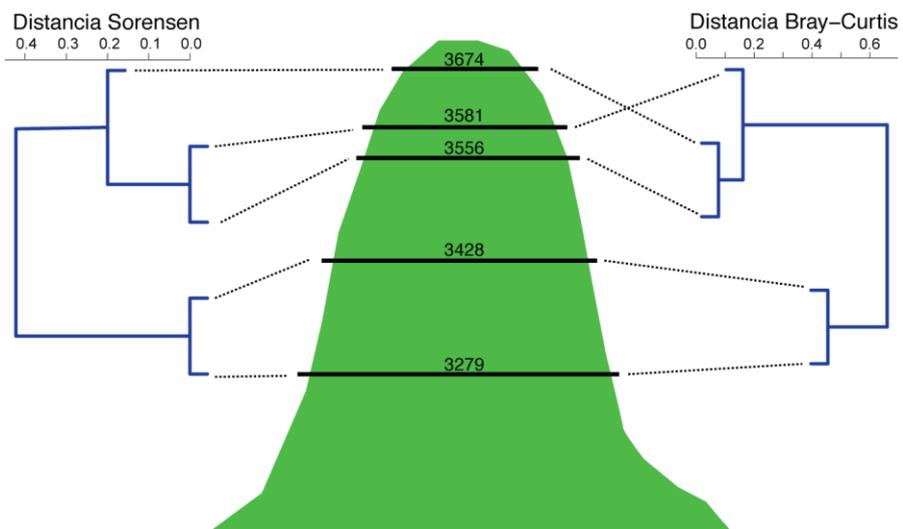
Figura 4.9. Similitud en la composición biótica basada en dos índices entre los paramos del complejo Frontino-Urrao.



El Junco



Pená



El Sol

Figura 4.10. Dendrogramas de similitud coinstruidos con el indice de Bray-Curtis y Sorensen para las diferentes estaciones muestreadas en tres páramos del complejo Frontino-Urrao.

4.2.1. Recambio de especies entre páramos y estaciones

La figura 4.9 muestra la similitud entre los páramos del complejo Frontino-Urrao. Las medidas de disimilitud utilizando los índices de Bray-Curtis o Sorensen dan resultados incongruentes. En particular, con el índice de Bray-Curtis se observa que los páramos del Sol y Pená forman un grupo que presenta una alta similitud en la composición biótica, este grupo presenta mayor afinidad con el páramo del Junco, y finalmente se encuentra Cerro Plateado, el sitio con menor similitud dentro del complejo de páramo de Frontino-Urrao. Estos resultados no coinciden con los obtenidos con el índice de Sorensen donde se forman dos grupos, uno de Cerro Plateado con el Sol y otro el Junco y Pená. Es posible que la diferencia observada entre los índices sea un efecto del bajo número de especies encontrado en cada páramo (menos de cinco especies). Aunque el objetivo de este estudio no es examinar el recambio de especies entre transectos, es importante desde el punto de vista biogeográfico determinar la diversidad beta a lo largo de un gradiente horizontal (geográfico) con el fin de priorizar áreas de conservación.

En la figura 4.10 se observan los dendrogramas de similitud obtenidos con los índices de Bray-Curtis y Sorensen respectivamente, para cada una de las estaciones muestreadas a lo largo de cada transecto. En general, las medidas con ambos índices muestran patrones similares. El transecto en el páramo de Pená no muestra un recambio altitudinal de especies y se observa una composición aleatoria a lo largo del gradiente. Sin embargo en los páramos de El Junco y El Sol se observa claramente un recambio altitudinal donde las estaciones más bajas están relacionadas entre sí. Así mismo sucede con las estaciones ubicadas en alturas mayores. Por ejemplo, en el transecto del páramo El Junco, las estaciones por debajo de los 3272 m son altamente similares en su composición biótica. Consecuentemente, las estaciones entre 3313 y 3444 m de altura comparten más especies que con las estaciones bajas. Igualmente en el transecto del páramo el Sol, ambos índices muestran un recambio altitudinal del ensamble de anfibios. Las estaciones entre 3279 y 3428 m son más similares entre si, diferenciándose de las estaciones por encima de los 3500 m sobre el nivel del mar.

4.3 DISCUSIÓN

Los páramos del complejo Frontino-Urrao son pequeños en extensión comparados con la región central de la Cordillera Central y los páramos de la Cordillera Oriental de Colombia. Esta pequeña extensión predice también bajo número de especies. Sin embargo, al igual que otros páramos, el alto endemismo de anfibios también se presenta en estos páramos. Tres de las especies encontradas se encuentran solo en este complejo de páramos: *Bolitoglossa hypacra*, *Pristimantis satagius* y *P. lasalleorum* (Lynch & Suarez-Mayorga 2002).

Tradicionalmente, la ubicación del límite del páramo y el bosque alto andino se ha basado en clasificaciones fitogeográficas, como la presencia de frailejones y vegetación característica de páramo (Madriñán et al. 2013, Londoño et al. 2014). Van der Hammen (1989), basado en el gradiente altitudinal, estableció tres categorías que se dividen en áreas de sub-páramo, páramo y súper páramo, localizadas entre los 3200 a los 3900 m, antes del inicio de las nieves perpetuas (>4800/5000 m). Sin embargo, esta delimitación es arbitraria pues la biota varía significativamente entre cordilleras y flancos de ellas.

Según Navas (1999) la distribución de las especies a lo largo de un gradiente altitudinal sigue un patrón ecológico que ha sido observado reiteradamente y consiste en la disminución de la diversidad en ambientes cuyas condiciones físico-climáticas son particularmente severas, como es el caso de los páramos. Los Andes han sido colonizados por gran diversidad de anfibios, principalmente de los órdenes Anura y Caudata. Varios de los distintos géneros de estas categorías pueden considerarse netamente andinos, y dentro de estos han sido varios los grupos que han llegado a alturas iguales o superiores a las caracterizadas por el bosque de niebla.

La herpetofauna no ha sido utilizada para delimitar ecosistemas y mucho menos el páramo. En 2002 se planteó una propuesta para definir las especies de anfibios propias de páramo. En ella, se mencionan 39 especies de las cuales tres se

encuentran en el complejo Frontino-Urrao: *P. satagius*, *P. lasalleorum* y *Bolitoglossa hypacra*. En nuestro estudio, estas tres especies también se encontraron en el hábitat de bosque andino con dosel alto y cerrado. Sin embargo, es indiscutible que especies como *Pristimantis satagius* y *Bolitoglossa hypacra* son más abundantes en los frailejones y su abundancia disminuye a medida que se desciende en el gradiente altitudinal (los encuentros de las dos especies en bosque fueron pocos).

La detectabilidad de anfibios andinos es en general baja, y los páramos colombianos han sido poco explorados. Entonces, una delimitación de páramos basado en anfibios es bastante incierta dado los pocos datos en comparación con estudios de vegetación. No obstante, el alto grado de endemismo y la predilección por el ecosistema andino podría en principio dar luces de cómo las especies son propias de páramo. Por ejemplo, la disminución gradual de la abundancia de *Bolitoglossa hypacra* con la disminución en altura es un indicativo de esta especie que es propia de páramo. La desventaja es que esta posible tendencia en abundancia solo se podría examinar en especies abundantes y fáciles de detectar, algo que como se menciono anteriormente no es fácil con anfibios de alta montaña. El estudio de Lynch & Suarez-Mayorga (2002) está basado solo en registro de colecciones y no en inferencias demográficas por lo que definir el limite de la distribución de las especies paramunas es altamente incierto en regiones submuestreadas como los páramos del complejo Frontino-Urrao.

En conclusión, la fauna anfibia del complejo de paramos Frontino-Urrao es pobre en número de especies por lo que oscurece los intentos de delimitar los paramos basado en recambio de especies. Sin embargo se evidencia, basado en medidas de abundancia relativa, que algunas especies prefieren regiones mas altas con vegetación abierta como frailejones. Dado la baja detectabilidad de los anfibios y su posible fluctuación poblacional a lo largo del año, es necesario plantear muestreos mas exhaustivos enfocados a estimar parámetros demográficos en especies focales con el fin de establecer los requerimientos ecológicos y fisiológicos que hace que determinadas especies sean propias de páramo y así definir los limites distribucionales asociados al cambio de hábitat.

Literatura Citada

Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* 11: 256-270

Chao, A. Lee, S.M. 1992. Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of American Statistical Association* 87: 210-217

Colwell, R.K., Mao, C.X., Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85: 2717-2727.

Londoño C, Cleef A, Madriñan S. 2014. Angiosperm flora and biogeography of the páramo region of Colombia, Northern Andes. *Flora* 209: 81-87.

Lynch, J.D., Suárez-Mayorga, A.M. 2002. Análisis biogeográfico de los anfibios paramunos. *Caldasia*, 24, 471-480.

Madriñan S, Cortes A, Richardson J.E. 2013. Páramo is the world's fastest evolving and coolest biodiversity hotspot. *Frontiers in genetics* 4: 1-7.

Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey (EU). 179 pp.

Mac Arthur, R.H. 1957. On the relative abundance of bird species. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 43: 293-295.

Navas C.A. 1999. Biodiversidad de anfibios y reptiles en el páramo: una visión eco-fisiológica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23: 465-474.

Preston, F. 1948. The commonness, and rarity, of species. *Ecology* 29: 254-283.

Van der Hammen T. 1989. History of the montane forest of the Andes. *Plant Systematics and Evolution* 162: 109-114.

Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in plant communities. *Science* 147: 250–260.

Whittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251

Wilson, J.B. 1991. Methods for fitting dominance/diversity curves. *Journal of Vegetation Science* 2: 35–46.

APENDICE 1. Representantes de las especies de anfibios y reptiles encontradas en cada transecto de los páramos del Complejo Frontino-Urrao.

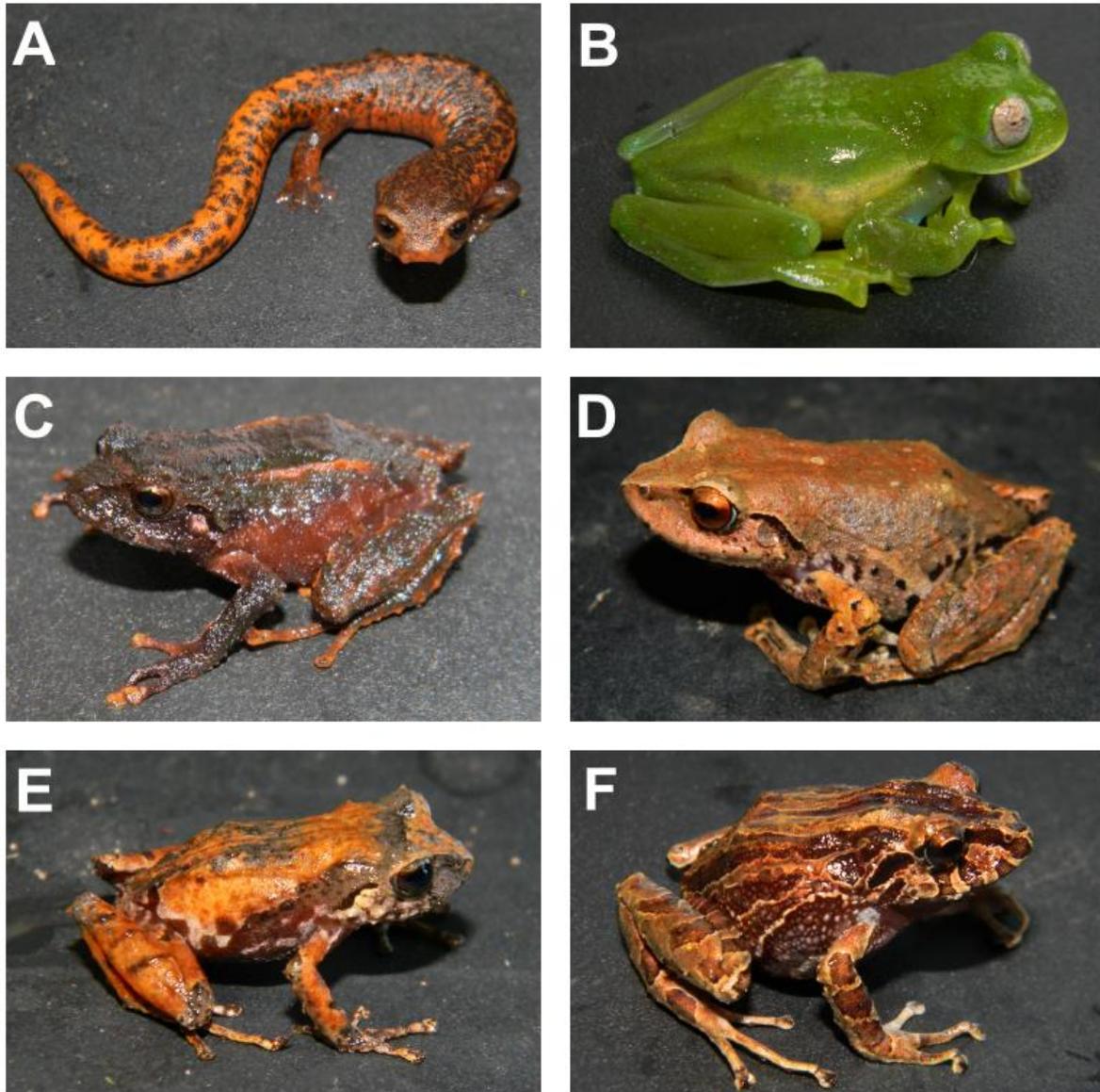


Figura A1. Especies presentes en el páramo de Pená. A) *Bolitoglossa hypacra*, B) *Centrolene* aff. *buckleyi*, C) *Pristimantis lasalleorum*, D) *Pristimantis* "ojosrojos", E) *Pristimantis* sp., F) *Pristimantis satagius*.

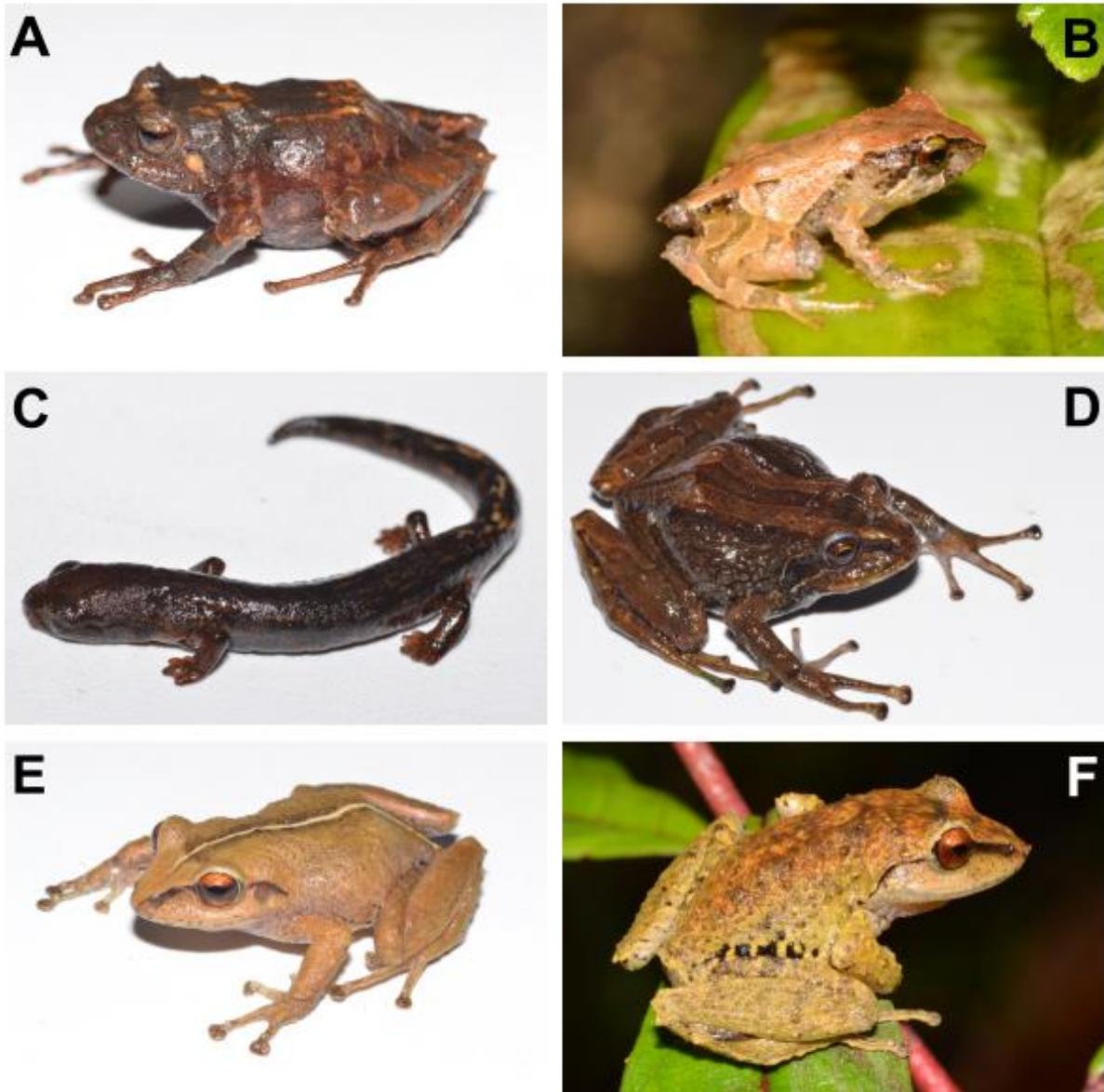


Figura A2. Especies presentes en el páramo de El Junco. A) *Pristimantis lasalleorum*, B) *Pristimantis lasalleorum*, C) *Bolitoglossa hypacra*, D) *Pristimantis satagi*, E) *Pristimantis* "ojosrojos", F) *Pristimantis* "ojosrojos".



Figura A3. Especies presentes en el páramo de El Sol. A) *Bolitoglossa hypacra*, B) *Bolitoglossa hypacra*, C) *Pristimantis* "ojosrojos", D) *Pristimantis satagius*, E) *Pristimantis* sp., F) *Pristimantis* sp.



Figura A4. Especies presentes en el páramo de Cerro Plateado. A) *Bolitoglossa hypacra*, B) *Bolitoglossa hypacra*, C) *Pristimantis* "ojosrojos", D) *Pristimantis* sp., E) *Pristimantis lasalleorum*, F) *Pristimantis* sp.

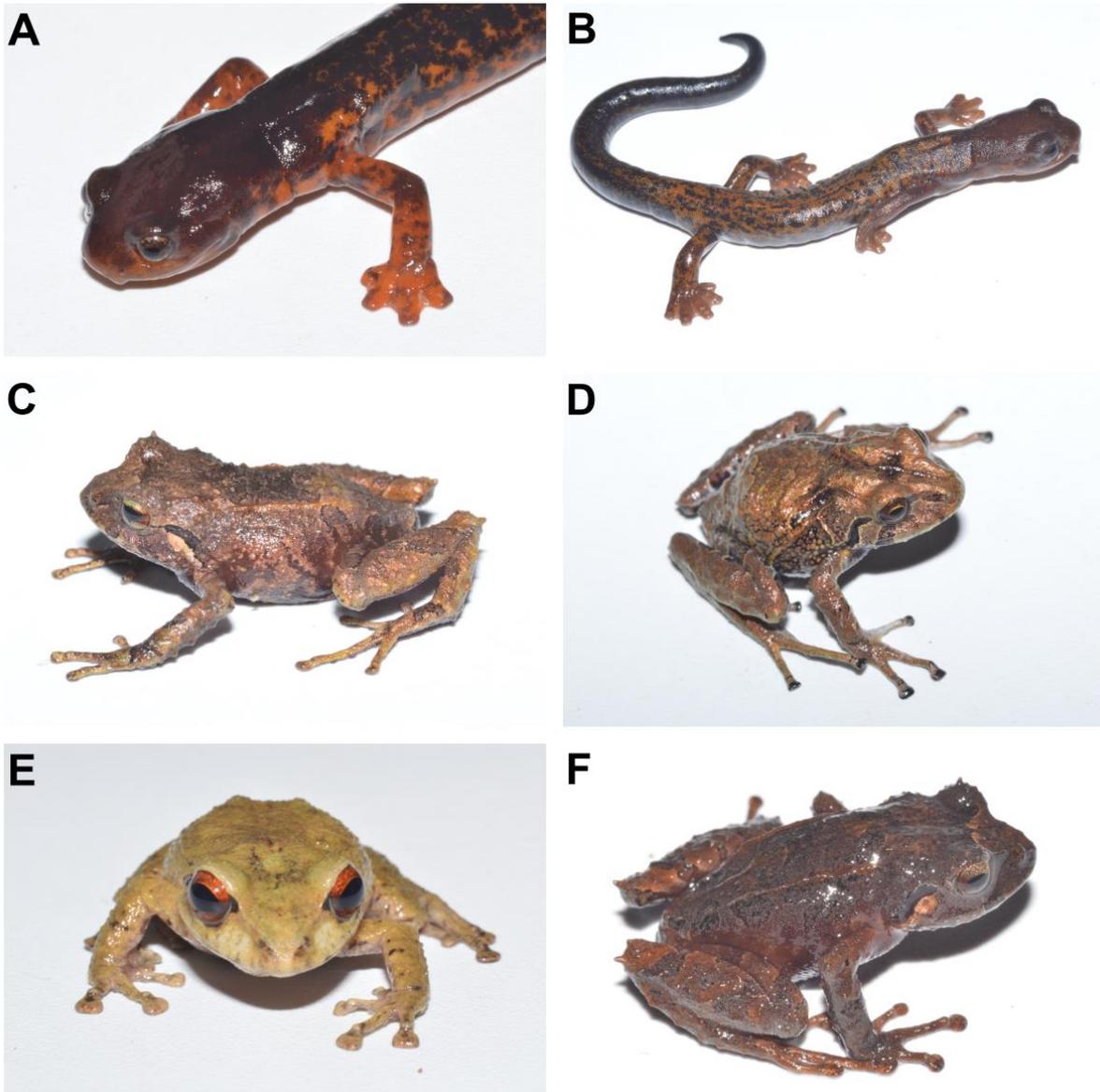


Figura A5. Especies presentes en el páramo de La Horqueta. A) *Bolitoglossa hypacra*, B) *Bolitoglossa hypacra*, C) *Pristimantis lasalleorum*, D) *Pristimantis satagius*, E) *Pristimantis* “ojosrojos”, F) *Pristimantis lasalleorum*.

2. AVES

Investigadores

Juan Luis Parra Vergara
Héctor Fabio Rivera Gutiérrez

Profesionales

Paola Montoya Valencia
Sergio Chaparro Herrera

Asistentes de campo

Andrea Lopera Salazar
Ana María Gutiérrez Zuluaga
Dariel Andrés Martínez Alvarado
Jefry Stifen Betancur Ortiz
Héctor Manuel Arango Martínez
Laura Franco Espinosa
Michael Castaño Díaz
Edwin Alejandro Hurtado Pimienta
Sergio Andrés Montoya Arango



CONTENIDO

2.1 MÉTODOS	3
2.1.1 Censos en puntos de conteo.....	3
2.1.2 Redes de niebla	5
2.1.3. Análisis de datos.	7
2.1.3.1 Diversidad alfa	8
2.1.3.2 Estructura de la comunidad.....	11
2.1.3.3. Diversidad beta	12
2.2. RESULTADOS.....	13
2.2.1. Diversidad alfa	15
2.2.2. Estructura de la comunidad.....	23
2.2.3. Diversidad beta	42
2.3. DISCUSIÓN	51
2.4 CONCLUSIONES	58

2.1 MÉTODOS

Con el fin de determinar la composición de la avifauna presente en cinco Páramos (para evitar confusiones, cuando hablemos sobre un lugar visitado, utilizaremos Páramo con mayúscula y cuando hablemos de páramo como una formación vegetal, utilizaremos minúscula) pertenecientes al Complejo Frontino-Urrao en la cordillera Occidental de Colombia (figura 2.1, figura 2.2), se hicieron observaciones directas y captura con redes de niebla entre marzo y agosto del 2014.



Figura 2.1. Panorama de los Páramos visitados en el Complejo Frontino-Urrao. De izquierda a derecha en la parte superior, La Horqueta y Cerro Plateado y en la parte inferior, El Sol, El Junco y Pená.

2.1.1 Censos en puntos de conteo

En cada Páramo se definieron cinco estaciones de muestreo separadas por un mínimo de 50 metros en elevación para cubrir de manera representativa el gradiente altitudinal donde ocurre la transición de bosques andinos a páramos. En

varios páramos esto no fue posible dado que algunas de las coberturas cubrían un rango de elevación menor a 50 m. En esos casos las estaciones fueron ubicadas lo más alejadas horizontalmente. El objetivo del trabajo fue a partir de los cambios en la diversidad de aves entre estaciones de un transecto, identificar donde podría estar empezando la franja de transición. Con este fin en mente decidimos identificar las coberturas a priori como 'bosque', 'arbustal' y 'herbazal' para referirnos a posibles zonas de bosque, transición y páramo respectivamente. Estas coberturas fueron establecidas de manera subjetiva y cualitativa durante las salidas de reconocimiento a cada uno de los Páramos en presencia de un funcionario del Instituto Alexander von Humboldt. Entonces, las estaciones se ubicaron cubriendo zonas de herbazales, arbustales y bosque como coberturas dominantes (tabla 2.1). En cada estación se estableció un punto de conteo, que fue repetido en lo posible dos veces por día durante cinco días. Cada punto de conteo se realizaba durante 20 minutos haciendo registros visuales y auditivos de las especies. Para cada registro se tomaron aspectos como: especie, número de individuos, sexo y actividad (p. e. forrajeo, vuelo, percha, entre otras) (figura 2.3 A). Los puntos de conteo fueron recorridos por dos observadores en distintas horas en la mañana durante cinco días consecutivos. Los observadores iniciaban en extremos opuestos (por ejemplo, uno inicia en la estación más baja y otro en la estación más alta) alternando los puntos de inicio cada día. De esta manera se realizaban diez censos para cada estación en cada Páramo.

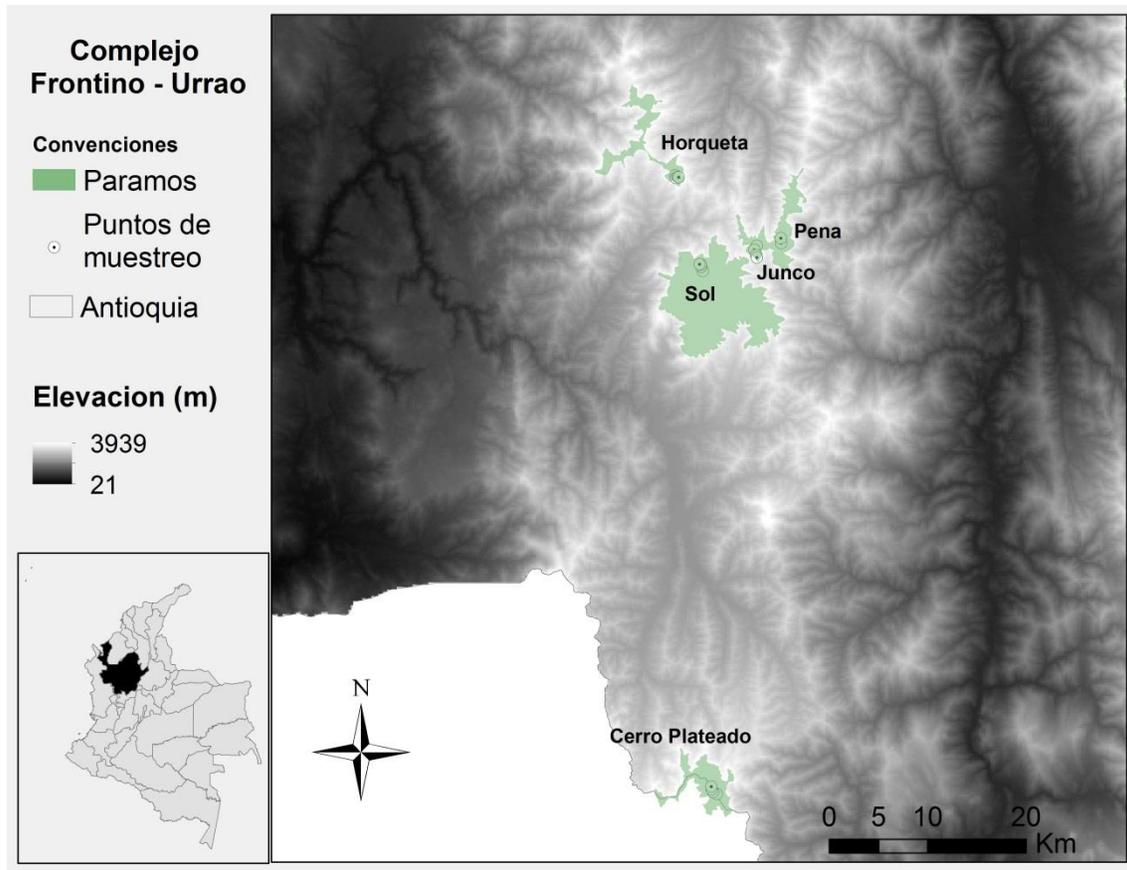


Figura 2.2. Ubicación de los Páramos y puntos de muestreo del complejo Frontino–Urrao, Antioquia.

2.1.2 Redes de niebla

Se instalaron redes de niebla de 12x2 m (30 mm de ojo de malla) en las estaciones donde el terreno era adecuado (figura 2.3 B), con un total de 922 horas-red (Pená: 152; El Junco: 300; El Sol: 183; La Horqueta: 160; Cerro Plateado: 127 horas-red) (tabla 2.1). Dado que no se instalaron redes en todas las estaciones de muestreo, los datos de captura en redes no se incluyeron dentro de los análisis, y sólo se usaron para complementar los datos de riqueza y para obtener datos morfológicos de las aves. El esfuerzo de muestreo se calculó en

horas-red, donde una hora-red equivale a una red de 12x2 metros abierta durante una hora (Villareal *et al.* 2006).



Figura 2.3. Métodos usados para determinar la composición de la avifauna en los Páramos del Complejo Frontino-Urrao: **A)** censos por detección visual y auditiva, **B)** captura por redes de niebla y **C)** toma de medidas morfológicas. Fotos por Paola Montoya (A) y Sergio Chaparro-Herrera (B,C).

Para cada ave capturada se obtuvo el peso (masa corporal) con balanzas digitales con precisión de 0.1 g, y las siguientes medidas morfométricas utilizando un calibrador con precisión de 0.1 mm o reglas con tope perpendicular (en el caso de las rectrices o ala): culmen total, culmen expuesto, alto y ancho del pico, ancho de la comisura, longitud del tarso, hálux, longitud y graduación de las rectrices, longitud del ala, distancia entre primarias y secundarias (figura 2.3 C). Además se dibujó la silueta del ala extendida en libretas milimetradas para posteriormente determinar el área alar. Para diferenciar un individuo capturado con antelación se realizó un corte de la parte terminal de una de las plumas externas de la cola. Se colectaron máximo dos individuos de especies que actualmente contaran con nula o muy poca representatividad (1 individuo) en museos del departamento de Antioquia. Las aves capturadas fueron fotografiadas y liberadas cuando no se cumplió el criterio de colecta.

Tabla 2.1. Ubicación de las estaciones y Páramos visitados dentro del Complejo Frontino-Urrao. La georreferencia fue tomada con datum WGS84.

Páramo	Municipio	Departamento	Estación	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Cobertura dominante
Pená	Abriaquí	Antioquia	5	-76.0358	6.509	3424	Herbazal
			4	-76.0368	6.5099	3400	Arbustal
			3	-76.036	6.5114	3397	Arbustal
			2	-76.0355	6.513	3373	Arbustal
			1	-76.0346	6.514	3358	Bosque
El Junco	Caicedo	Antioquia	5	-76.0601	6.5023	3372	Arbustal
			4	-76.0593	6.5036	3407	Arbustal
			3	-76.0584	6.5047	3432	Arbustal
			2	-76.0575	6.5067	3420	Bosque
			1	-76.0568	6.5079	3374	Bosque
El Sol	Urrao	Antioquia	5	-76.1077	6.4815	3648	Herbazal
			4	-76.1091	6.4854	3608	Arbustal
			3	-76.1102	6.487	3540	Arbustal
			2	-76.1108	6.4881	3490	Bosque
			1	-76.1107	6.4889	3433	Bosque
La Horqueta	Abriaquí	Antioquia	5	-76.1326	6.5689	3604	Herbazal
			4	-76.1312	6.5676	3548	Arbustal
			3	-76.1304	6.5676	3495	Bosque
			2	-76.1296	6.5674	3437	Bosque
			1	-76.1288	6.5673	3382	Bosque
Cerro Plateado	Salgar	Antioquia	5	-76.0963	6.0034	3750	Herbazal
			4	-76.0996	6.0072	3646	Herbazal
			3	-76.1005	6.0096	3590	Arbustal
			2	-76.0999	6.0103	3541	Bosque
			1	-76.0994	6.0112	3493	Bosque

2.1.3. Análisis de datos.

Se usaron en la determinación de los registros visuales las guías de Hilty & Brown (1986) y Restall *et al.* (2007). En el caso de los registros auditivos se utilizó la guía sonora de Álvarez *et al.* (2007) y la base de datos de la Fundación Xeno-canto (www.xeno-canto.org). Se siguió la taxonomía propuesta por Remsen *et al.* (2014).

Los datos fueron analizados por estación para cada uno de los páramos, considerando sólo los datos obtenidos de censos en puntos de conteo. Se

analizaron tres aspectos: diversidad alfa, estructura de la comunidad (distribución de abundancias) y diversidad beta usando las librerías *vegan* y *MASS* en el programa R (R Development Core Team 2012).

2.1.3.1 Diversidad alfa

La diversidad alfa o riqueza de especies de una localidad dada (Whittaker 1972), se analizó a través del cálculo de estimadores de riqueza, índices de diversidad y curvas de rarefacción.

a) *Estimadores de riqueza*

Se usaron dos estimadores de riqueza no paramétricos basados en abundancia: Chao 1 y ACE. Chao 1 es un estimador basado en el número de especies raras en la muestra, es decir, el número de especies representadas por sólo un individuo en la muestra y el número de especies representadas exactamente por dos individuos (Chao 1984, Chao & Lee 1992).

$$Chao\ 1 = S + \frac{F_1^2}{2F_2}$$

Donde S es el número de especies en una muestra, F_1 es el número de especies con un solo individuo y F_2 el número de especies con dos individuos.

Por otra parte, el estimador de riqueza ACE (Abundance Coverage Estimator) (Chao & Lee 1992, Chao *et al.* 1993, Chao & Shen 2003) se basa en la probabilidad de encontrar especies observadas dentro del total de especies presentes pero no observadas (Colwell *et al.* 2004).

$$ACE = S_c + \frac{S_r}{C_{ace}} + \frac{F_1}{C_{ace}} \gamma_{ace}^2$$

ACE usa el número de especies raras y el número de especies con un solo individuo registrado para estimar el número de especies ausentes (no observadas pero que podrían encontrarse), siendo S_c el número de especies comunes que tienen más de 10 individuos en la muestra, S_r el número de especies raras (presentan 10 o menos individuos en la muestra), F_1 es el número de especies con un solo individuo, C_{ace} es el estimador de cobertura de muestreo y γ_{ace} es el coeficiente de variación de la abundancia de las especies (Chao & Lee 1992).

A través de regresiones lineales se evaluó la relación entre la riqueza de especies observada y esperada respecto al gradiente en elevación.

b) Índices de diversidad

Para evaluar la diversidad de cada estación y cada Páramo se usó el índice de Simpson y el índice de Shannon-Wiener.

El índice de Simpson (λ) es un índice de dominancia que se basa en la representatividad de las especies con mayor valor de importancia (mayor número de individuos) siendo fuertemente influenciado por las especies dominantes (Simpson 1949).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde p_i es la abundancia proporcional de la especie i , (individuos de la especie i / número total de individuos en la muestra), representando la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Moreno 2001). Dado que éste es un índice de dominancia, es calculado como $1 - \lambda$, arrojando valores entre 1 (muestras o localidades con menos dominancia, por lo tanto más diversas) y 0 (muestras o localidades con más dominancia, por lo tanto menos diversas).

En contraste, el índice de Shannon-Wiener (H') es considerado un índice de equidad, en donde se toman en cuenta los valores de importancia a través de todas las especies (Magurran 1988, Moreno 2001). Siendo igualmente p_i la abundancia proporcional de la especie i , el índice de Shannon-Wiener es calculado como:

$$H' = - \sum p_i \log_b p_i$$

El índice de Shannon-Wiener asume que todas las especies están representadas en la muestra y que los individuos son muestreados al azar, estimando la incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar (Magurran 1988, Peet 1974). Los valores del índice varían entre 0 y el logaritmo del número de especies, indicando valores cercanos a cero, muestras o comunidades menos equitativas o diversas.

Al igual que con los estimadores de riqueza de especies, se usaron regresiones lineales para evaluar la relación entre los índices de diversidad calculados y la elevación.

c) Curvas de rarefacción

Las curvas de rarefacción calculan el número esperado de especies dado un esfuerzo de muestreo, lo que permite comparar la riqueza de especies entre localidades con diferente tamaño de muestra (Hurlbert 1971, Heck *et al.* 1975). Se construyeron curvas de rarefacción basadas en individuos, las cuales estiman el número de especies que se observaría para cualquier número menor de individuos, bajo el supuesto de mezcla aleatorio de individuos (Colwell *et al.* 2004). El número esperado de especies bajo un tamaño estandarizado de muestra (E) es calculado a partir de:

$$E = \sum 1 - \frac{(N - N_i)/n}{N/n}$$

Siendo N el número de individuos en la muestra, N_i el número de individuos de la especie i y n el tamaño estándar de la muestra.

2.1.3.2 Estructura de la comunidad

Para analizar la estructura de la comunidad se calculó la frecuencia relativa por estación (número de censos en donde fue registrada la especie i / número total de censos realizados en la estación) y abundancia relativa (número de individuos de la especie i / número total de individuos registrados en la estación).

La abundancia de cada especie por estación, fue estimada como el número máximo de individuos registrados en uno de los diez puntos de conteo realizados por estación. Una sumatoria podría sobre-estimar la abundancia de las especies, ya que muchas de las especies observadas son territoriales (Stutchbury & Morton 2001), por lo que diferentes registros de una especie en un mismo punto puede corresponder a un mismo individuo. De igual manera, algunas especies sociales (e.g. loros) pueden desplazarse grandes distancias, por lo que un mismo grupo puede ser registrado en varios puntos.

Se construyeron curvas de rango-abundancia o diagramas de Whittaker (Whittaker 1965), las cuales describen la distribución de las abundancias relativas de las especies, evaluando el ajuste a cinco modelos estadísticos de distribución de abundancia (modelo de vara partida “Null” (MacArthur 1957), modelo de serie geométrica “Preemption” (May 1975), modelo de distribución Log-Normal “LogNormal” (Preston 1948), y “Zipf model” y “Zipf – Mandelbrot” (Wilson 1991)).

También se analizó la estructura de gremios tróficos siguiendo las propuestas de Stiles & Roselli (1998) y Jankowski *et al.* (2013), donde las aves fueron clasificadas en gremios de forrajeo utilizando observaciones, muestras fecales de

aves capturadas con redes de niebla y referencias sobre la dieta de aves tropicales.

2.1.3.3. Diversidad beta

Para analizar el recambio de especies (diversidad beta, Whittaker 1972) se hicieron comparaciones entre las estaciones de cada Páramos y para las estaciones de todo el complejo, calculando los índices de similitud de Sørensen y Bray-Curtis, realizando dendrogramas y ejecutando un análisis lineal discriminante.

a) Índices de similitud

El índice de Sørensen (Sørensen 1948) considera sólo la composición, relacionando el número de especies compartidas con la media aritmética del número de especies en ambos sitios. Siendo a las especies compartidas de un sitio y b y c , las especies únicas de cada sitio:

$$I_{sor} = \frac{b + c}{2a + b + c}$$

En contraste, el índice de Bray-Curtis (Bray & Curtis 1957) considera tanto la composición como la abundancia de la especies, relacionando la abundancia de las especies compartidas con la abundancia total de las dos muestras. Si a es la sumatoria de los valores más bajos de abundancia para cada una de las especies compartidas, y b y c son las abundancias de las especies únicas para cada sitio, el índice de Bray-Curtis es calculado como:

$$I_{BC} = \frac{2a}{b + c}$$

A partir de los valores de similitud calculados se construyeron dendrogramas usando el algoritmo UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Este algoritmo agrupa estaciones de acuerdo a su similitud en un esquema jerárquico.

b) Análisis discriminante

Finalmente para evaluar si es posible asignar una estación a una categoría (por ejemplo, hábitat) con base en la composición y abundancia de aves se realizó un análisis lineal discriminante. Esta técnica estima la probabilidad de que una estación pertenezca a un grupo (el número de grupos es determinado de antemano por el investigador – en nuestro caso tres grupos, uno para cada cobertura) con base en la información de composición y abundancia.

Para ejecutar los análisis discriminantes se usaron el número de individuos detectado para cada especie en todas las estaciones muestreadas en el complejo. Este análisis no fue realizado para cada paramo ya que el objetivo era evaluar si con base en la composición y abundancia de especies, era posible identificar las diferentes coberturas. Posteriormente, la información de las tres coberturas dominantes muestreadas: herbazal, arbustal y bosque se le asignó a cada estación y se cuantificó el desempeño de la clasificación.

2.2. RESULTADOS

En total, fueron capturados 192 individuos pertenecientes a 46 especies y 11 familias (14 especies y 23 individuos colectados). El páramo con mayor éxito de captura fue El Junco con 81 individuos (32 especies), seguido de La Horqueta con 47 individuos (23 especies) (tabla 2.2). Las especies con mayor número de capturas en el complejo fueron *Eriocnemis vestita*, *Diglossa gloriosissima* y *Sporagra spinescens* (figura 2.4) con 62, 10 y 9 individuos respectivamente. Estas

especies se encontraron principalmente asociadas a los hábitats de páramo y de

Tabla 2.2. Resumen de capturas en redes de niebla para cada uno de los páramos del Complejo Frontino-Urrao.

transición.

Se resalta las capturas de *Diglossa gloriosissima* (10 individuos), en todos los páramos del complejo, y *Coeligena orina* (1 individuo) (figura 2.4), capturado en el páramo El Junco, por ser especies endémicas y en peligro de extinción.



Figura 2.4. Especies con mayor número de capturas en el complejo Frontino-Urrao. Superior izquierda: *Eriocnemis vestita*, derecha: *Diglossa gloriosissima*; inferior: *Sporagra spinescens*.

Fotografías: Ana M. Gutiérrez y Sergio Chaparro-Herrera.

Páramo	Estación (m)	Número de especies	Número de individuos	Colectas (Número de individuos)	Esfuerzo de muestreo (horas-red)		
Pená	Herbazal (3424)	1	2	-	32		
	Arbustal (3400)	8	10	<i>Sporagra spinescens</i> (1)	30		
	Arbustal (3397)	4	6	<i>Diglossa caerulescens</i> (1) <i>Sporagra spinescens</i> (1)	30		
	Arbustal (3373)	4	6	-	30		
	Bosque (3358)	2	2	-	30		
El Junco	Arbustal (3373)	12	22	<i>Eriocnemis vestita</i> (1)	60		
	Arbustal (3407)	13	21	-	60		
	Herbazal (3432)	9	20	<i>Diglossa gloriosissima</i> (1)	60		
	Bosque (3420)	7	7	<i>Grallaria nuchalis</i> (1)	90		
	Bosque (3374)	6	11	<i>Iridosornis rufivertex</i> (1)	30		
El Sol	Herbazal (3648)	3	4	-	79		
	Arbustal (3608)	3	7	<i>Diglossa brunneiventris</i> (1)	52		
	Arbustal (3541)	6	12	<i>Diglossa gloriosissima</i> (1)	52		
La Horqueta	Herbazal (3604)	3	11	<i>Eriocnemis vestita</i> (2) <i>Poecilatriccus ruficeps</i> (1) <i>Ochthoeca frontalis</i> (2)	100		
	Bosque (3382)	21	36	<i>Ochthoeca diadema</i> (1) <i>Doryfera ludovicae</i> (1) <i>Hemitriccus granadensis</i> (1)	60		
		Herbazal (3750)	3	8	<i>Eriocnemis vestita</i> (3) <i>Anisognathus lacrymosus</i> (1)	52	
			Bosque (3541)	1	2	-	45
				Bosque (3493)	3	5	<i>Diglossa albilatera</i> (1) <i>Hellmayrea gularis</i> (1)
Cerro Plateado							

2.2.1. Diversidad alfa

Con base en los registros de censos en puntos de conteo, la captura en redes de niebla y observaciones casuales fuera de los muestreos, se registraron en la totalidad del complejo 159 especies, pertenecientes a 36 familias. Los Páramos Cerro Plateado y El Sol presentaron la riqueza más alta con 98 y 93 especies

observadas respectivamente, mientras que el Páramo de Pená obtuvo la más baja con 51 especies (Anexo 2.1, figura 2.5).



Figura 2.5. Algunas especies observadas en los conteos por puntos en el Complejo Frontino-Urrao. Parte superior, de izquierda a derecha: *Ochthoeca fumicolor*, *Patagioenas fasciata*, *Cinnycerthia olivascens*; parte inferior, de izquierda a derecha: *Grallaria nuchalis*, *Anisognathus lacrymosus* y *Eriocnemis vestita*. Fotografías: Sergio Chaparro-Herrera.

Así mismo, a partir de la información obtenida de los censos por estación se registraron en el complejo 85 especies de aves distribuidas en 26 familias, siendo Cerro Plateado el de mayor riqueza con 45 especies y Pená el de menor riqueza con 27 especies (figura 2.6). Se resalta la presencia en los censos por puntos de conteo de *Scytalopus canus* y *Diglossa gloriosissima* por ser especies endémicas y en peligro de extinción y *Hapalopsittaca amazonina* especie Vulnerable (VU) y Casi-endémica (Anexo 2.2).

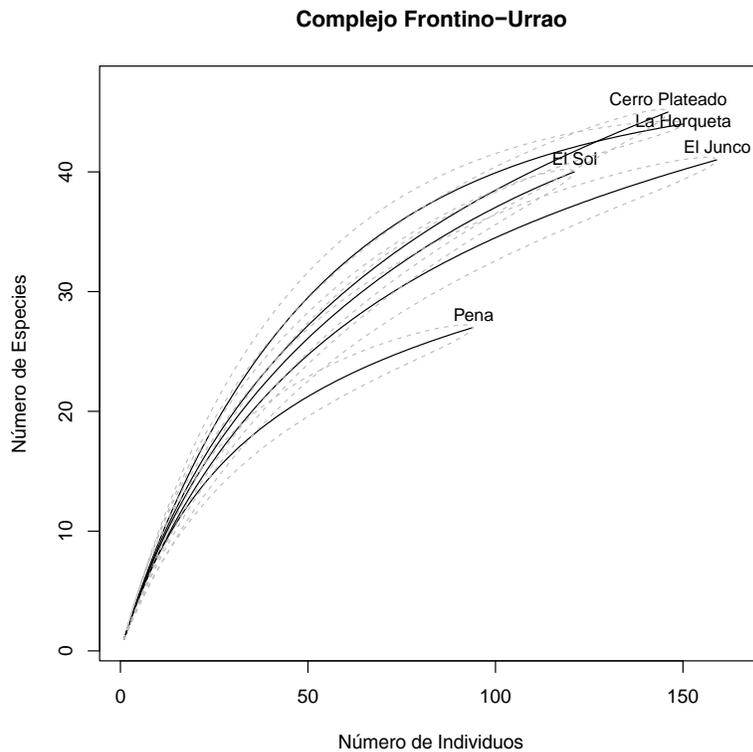


Figura 2.6. Curvas de rarefacción para cada Páramo del Complejo Frontino-Urrao.

Tabla 2.3. Riqueza observada, estimadores de riqueza (Chao 1 y ACE) basados en abundancia, e índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson, calculados para cada uno de los Páramos del Complejo Frontino-Urrao.

Páramo	Observado	Chao1	Error estándar Chao1	ACE	Error estándar ACE	Simpson	Shannon
Cerro Plateado	45	66.8571	17.6210	65.3929	4.2998	0.9576	3.4512
El Junco	41	52.3750	9.8995	52.1708	3.2339	0.9317	3.2208
El Sol	40	48.0769	6.3354	53.6680	3.5028	0.9493	3.3192
La Horqueta	44	47.1111	3.7417	47.0712	2.0920	0.9666	3.5899
Pená	27	33.0000	7.0980	34.4450	2.6768	0.9344	2.9779

La riqueza esperada más alta calculada a partir de los estimadores de riqueza, se encuentra en Cerro Plateado, seguida de El Junco (para Chao1) y el Sol (para

ACE). Según ambos estimadores Pená presenta los valores de riqueza esperada más bajos (tabla 2.3). El Páramo de La Horqueta presentó los mayores índices de diversidad, seguido de Cerro Plateado.

A nivel de hábitat y con base en los datos obtenidos de los censos en puntos de conteo, para los Páramos de El Junco, La Horqueta y Cerro Plateado, la riqueza más alta observada se registró en estaciones ubicadas en bosque alto andino. Aunque para los Páramos de Pená y El Sol la riqueza más alta fue registrada en estaciones ubicadas en arbustal, las estaciones en bosque presentaron valores cercanos. Para todos los Páramos, las estaciones ubicadas en herbazal presentaron la menor riqueza (figura 2.6, tabla 2.4).

Las regresiones entre la riqueza observada y esperada y la elevación, describen en general una relación con pendiente negativa. Con excepción del Páramo de El Sol, se muestra una tendencia a disminuir la riqueza a medida que se asciende en el gradiente (figura 2.7). Por el contrario, en el caso de la relación de los índices de diversidad y la elevación, no se encuentra un patrón claro a través de los cinco Páramos (figura 2.8).

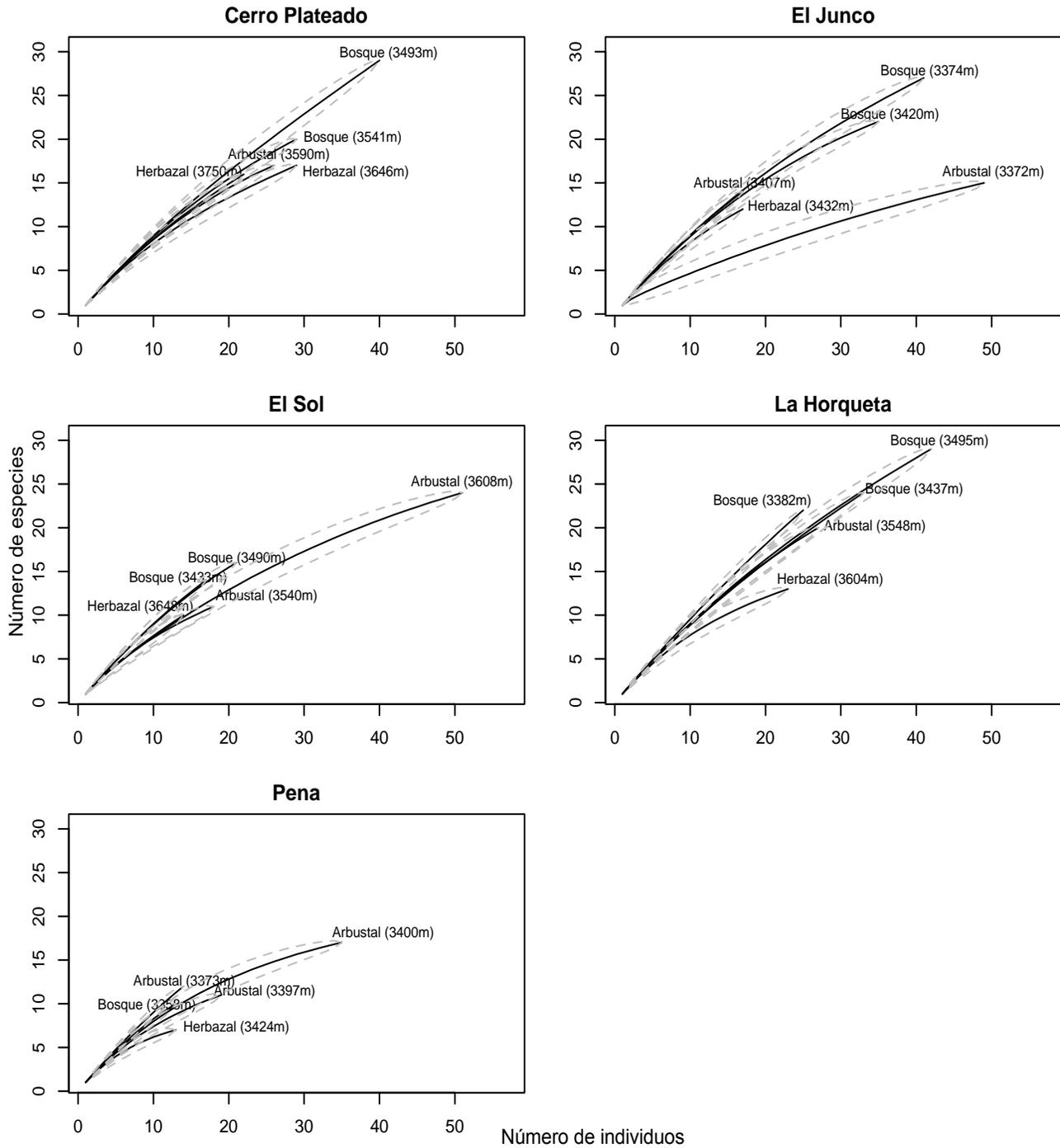


Figura 2.6. Curvas de rarefacción por estación para cada páramo visitado. Las estimaciones fueron obtenidas a partir de los datos de censos en puntos de conteo.

Tabla 2.4. Valores de riqueza esperada a partir de los estimadores Chao 1 y ACE, índices de diversidad Simpson y Shannon-Wiener y modelo de distribución de abundancia con mejor ajuste para cada estación. Los valores resaltados indican la riqueza más alta (observada y esperada), y las comunidades más diversas de acuerdo a los índices de diversidad.

Localidad	Estación	Riqueza Observada	Chao 1	Error estándar Chao 1	ACE	Error estándar ACE	Simpson	Shannon-Wiener	Modelo de distrib. de abundancia	Deviance
Pená	Herbazal (3424m)	7	7.750	2.291	9.295	1.533	0.817	1.818	Null	2.160
	Arbustal (3400m)	17	20.000	4.048	22.188	2.268	0.900	2.677	Preemption	1.655
	Arbustal (3397m)	11	14.750	6.481	17.201	2.067	0.857	2.260	Preemption	1.147
	Arbustal (3373m)	12	27.000	24.238	42.000	1.373	0.900	2.441	Preemption	2.109
	Bosque (3358m)	10	15.250	8.277	21.667	1.609	0.921	2.240	Preemption	1.437
El Junco	Herbazal (3432m)	12	19.000	10.270	22.667	1.995	0.900	2.395	Preemption	1.579
	Bosque (3420m)	22	30.250	7.789	33.478	2.765	0.945	2.996	Preemption	2.457
	Arbustal (3407m)	14	27.750	17.425	39.667	1.662	0.920	2.589	Preemption	2.278
	Bosque (3374m)	27	57.600	28.549	51.827	3.110	0.953	3.176	Preemption	3.640
	Arbustal (3372m)	15	26.250	14.845	31.337	2.098	0.612	1.657	Zipf	10.505
El Sol	Herbazal (3648m)	10	24.000	39.598	38.171	2.267	0.857	2.144	Preemption	2.380
	Arbustal (3608m)	24	33.750	8.816	37.000	2.848	0.887	2.751	Zipf	4.874
	Arbustal (3540m)	11	18.000	13.154	21.369	2.180	0.877	2.245	Preemption	1.432
	Bosque (3490m)	16	25.167	9.727	33.600	2.065	0.930	2.714	Preemption	2.301
	Bosque (3433m)	14	27.750	17.425	39.667	1.662	0.920	2.589	Preemption	2.278
La Horqueta	Herbazal (3604m)	13	18.250	8.277	19.774	2.188	0.900	2.427	Preemption	1.260
	Arbustal (3548m)	20	35.167	14.359	41.538	2.458	0.941	2.917	Zipf	0.692
	Bosque (3495m)	29	64.000	28.346	75.415	3.954	0.952	3.224	Zipf	1.048
	Bosque (3437m)	24	66.750	45.044	88.561	3.848	0.940	3.027	Zipf	1.205
	Bosque (3382m)	22	64.750	45.044	91.667	1.697	0.950	3.053	Zipf	0.600
Cerro Plateado	Herbazal (3750m)	16	38.000	33.407	40.983	2.317	0.921	2.665	Preemption	2.607
	Herbazal (3646m)	17	35.333	28.645	34.773	2.911	0.916	2.653	Preemption	2.625
	Arbustal (3590m)	17	23.429	6.905	27.950	2.622	0.926	2.725	Preemption	2.440
	Bosque (3541m)	20	33.000	12.724	36.250	2.604	0.939	2.901	Preemption	2.567
	Bosque (3493m)	29	121.000	118.186	129.615	4.247	0.949	3.197	Zipf	1.913

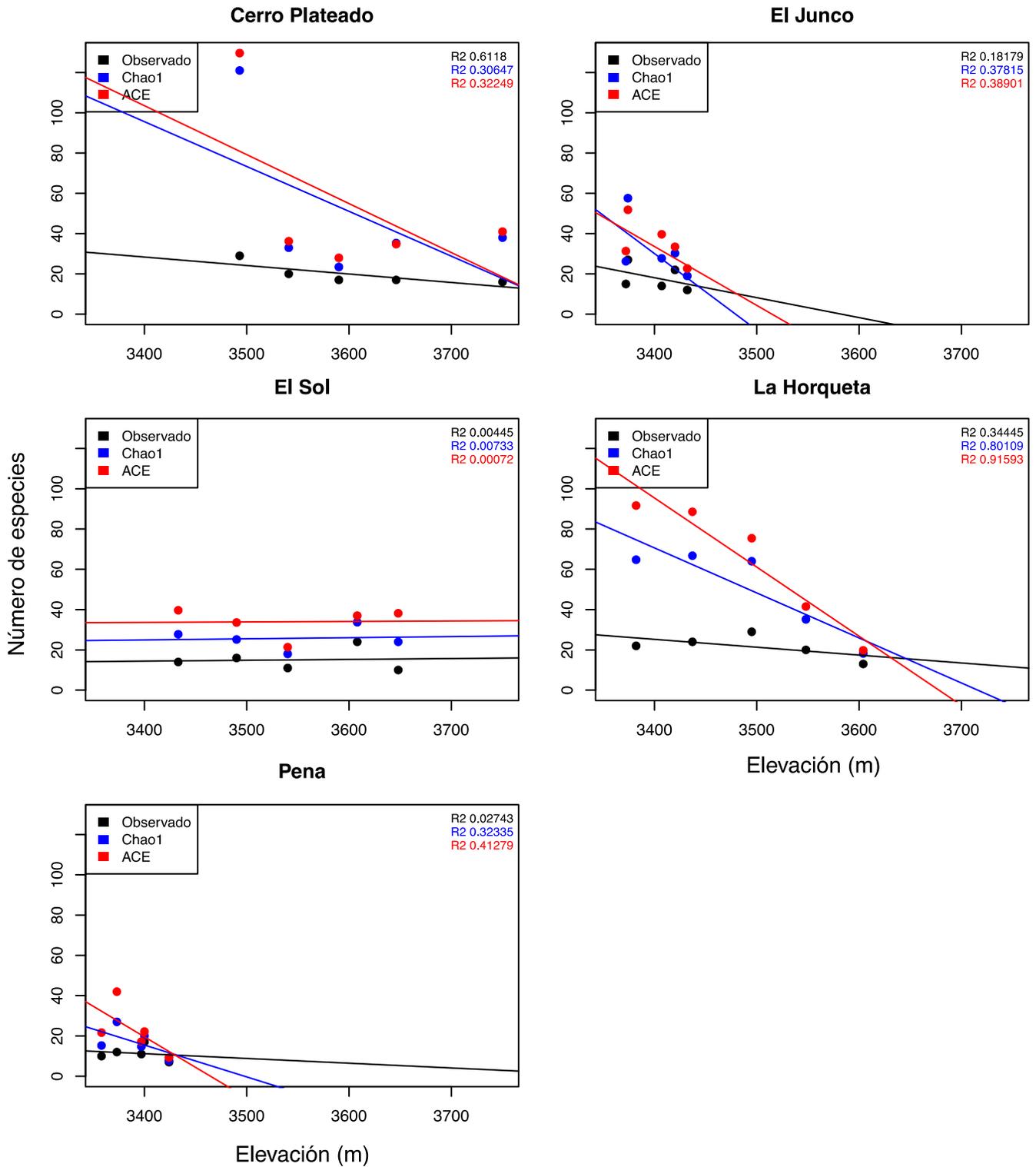


Figura 2.7. Relación entre la riqueza observada, la riqueza esperada a partir de los estimadores Chao1 y ACE, y la elevación. Todos los gráficos tienen el mismo rango en el eje X para permitir comparación directa. En la parte superior derecha de cada gráfica se registra el coeficiente de determinación (R^2) para cada regresión siguiendo el patrón de coloración. Los valores p son registrados en el Anexo 2.3.

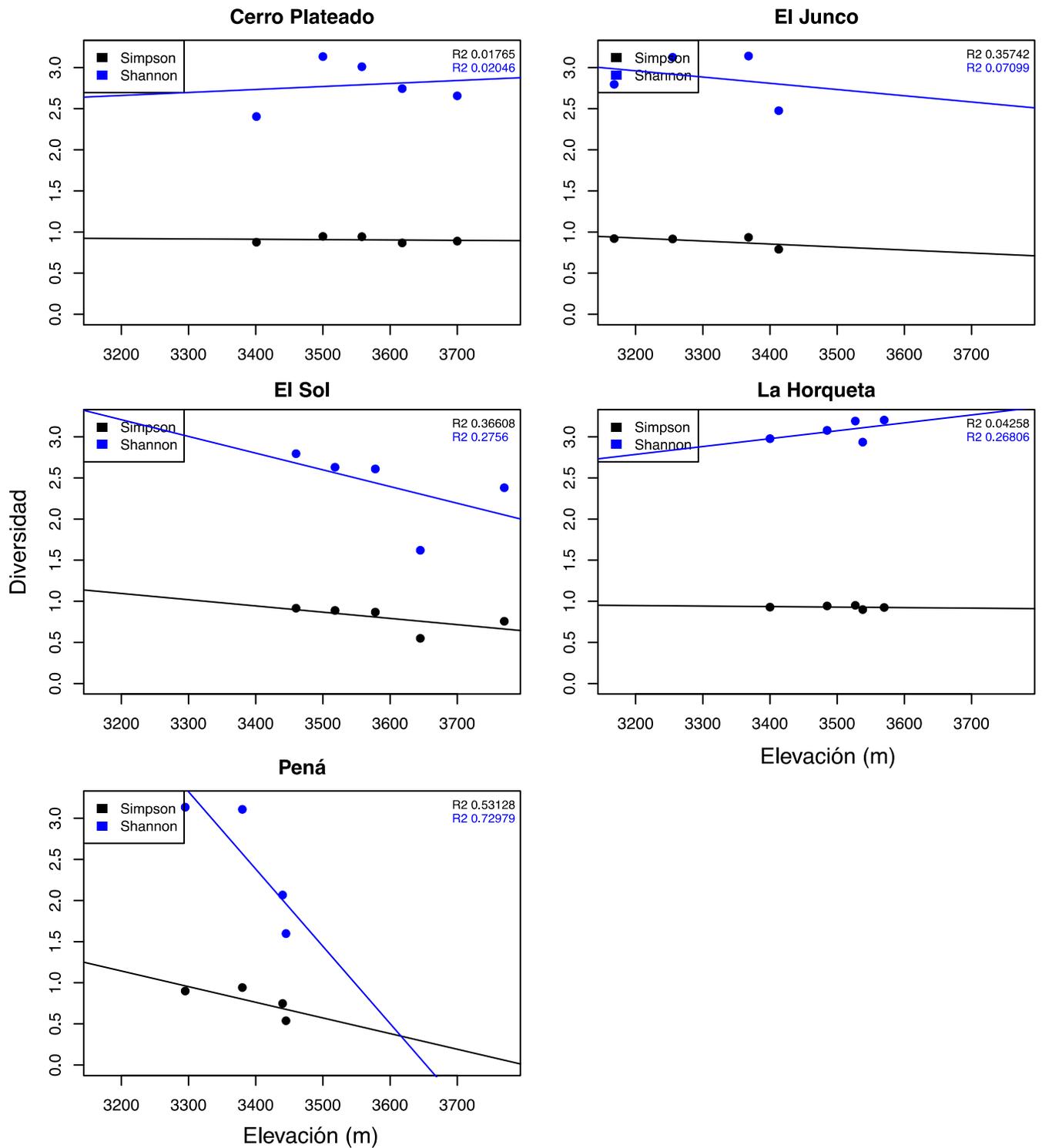


Figura 2.8. Relación entre los índices de diversidad de Simpson y Shannon-Wiener, y la elevación. Todos los gráficos tienen el mismo rango en el eje X para permitir comparación directa. En la parte superior derecha de cada gráfica se registra el coeficiente de determinación (R^2) para cada regresión siguiendo el patrón de coloración. Los valores p son registrados en el Anexo 2.3.

2.2.2. Estructura de la comunidad

En general, los diagramas de abundancia relativa muestran una dominancia por parte de pocas especies como *Patagioenas fasciata* (Columbidae), *Anisognathus lacrymosus* (Thraupidae), *Diglossa gloriosissima* (Thraupidae), *Eriocnemis vestita* (Trochilidae), *Buteo platypterus* (Accipitridae) y *Sporagra spinescens* (Fringilidae), las cuales fueron las especies con mayor abundancia registrada a nivel de complejo (figura 2.9 A). Exceptuando *B. platypterus* y *S. spinescens*, estas especies también fueron las más frecuentes, siendo encontradas en todos los páramos junto a *Turdus fuscater* (Turdidae), *Metallura tyrianthina*, *Diglossa cyanea*, *Ochthoeca fumicolor* (Tyrannidae) y *Grallaria nuchalis* (Grallaridae) (figura 2.9 B).

Al realizar la comparación de la frecuencia relativa de las especies a través de las estaciones se evidencia un recambio en la estructura y composición de la comunidad a través del gradiente en elevación (figura 2.10). En las estaciones ubicadas a menor elevación correspondientes a bosque, se registran especies como *Myiotheretes fumigatus*, *Ochthoeca rufipectoralis*, *Elaenia frantzii*, *Pipreola riefferii*, *Scytalopus latrans*, que muestran disminución en su frecuencia a medida que asciende en el gradiente, desapareciendo en algunos casos. De igual forma, en las estaciones ubicadas a elevaciones mayores, en arbustal y herbazal, se observan otras especies como *Sporagra spinescens*, *Ochthoeca fumicolor*, *Diglossa lafresnayii*, *Pygochelidon cyanoleuca*, *Orochelidon murina* y especies del género *Buteo* (figura 2.10). Cada Páramo presenta peculiaridades pero es complicado sustentarlas con tan poco muestreo.

La abundancia relativa de estas especies observadas en estaciones ubicadas en arbustal y herbazal, es también más alta respecto a otras especies observadas a lo largo de todo el gradiente (figuras 2.11). En contraste, especies que presentan altas abundancias relativas hacia elevaciones menores (bosque) muestran una disminución en el número de individuos en estaciones a mayor elevación, en arbustal y herbazal. Este es el caso de especies como *Ochthoeca frontalis*, *Ochthoeca rufipectoralis*, *Pipreola arcuata*, *Pseudocolaptes boussoneautti*,

Myioborus ornatus, *Margarornis squamiger*, *Hemispingus atropileus*, entre otras (figura 2.11).

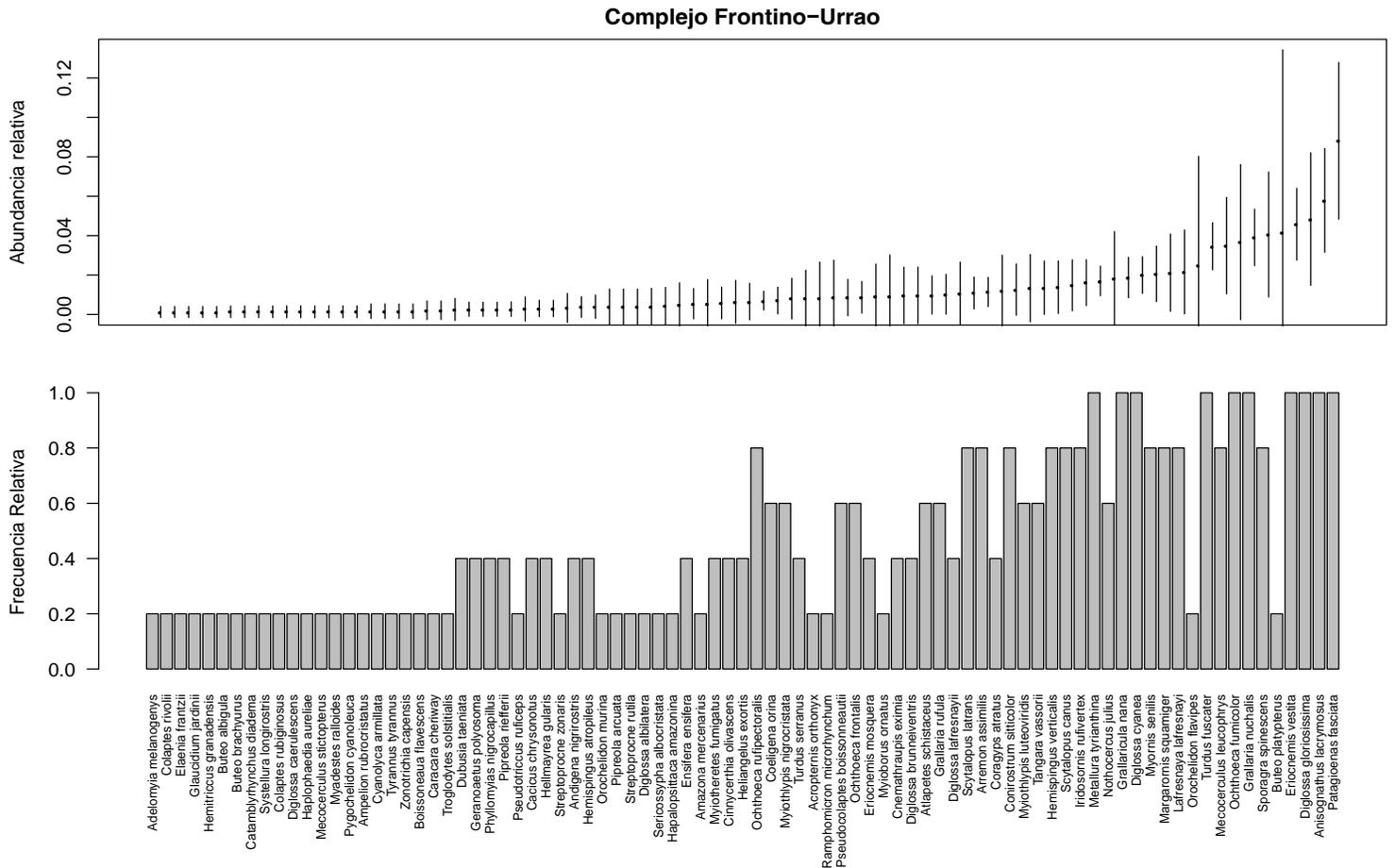


Figura 2.9. A) Abundancias relativas (panel superior) y **B)** frecuencias relativas (panel inferior) para el complejo Frontino-Urrao.

Adicionalmente, tanto en términos de frecuencia relativa como de abundancia relativa, se observa el caso de especies como *Anisognathus lacrymosus* y *Diglossa gloriosissima*, que aunque presenta un aumento en las dos medidas con el gradiente de elevación, en la mayoría de los casos está ausente en estaciones ubicadas en páramo (figura 2.10 y figura 2.11).

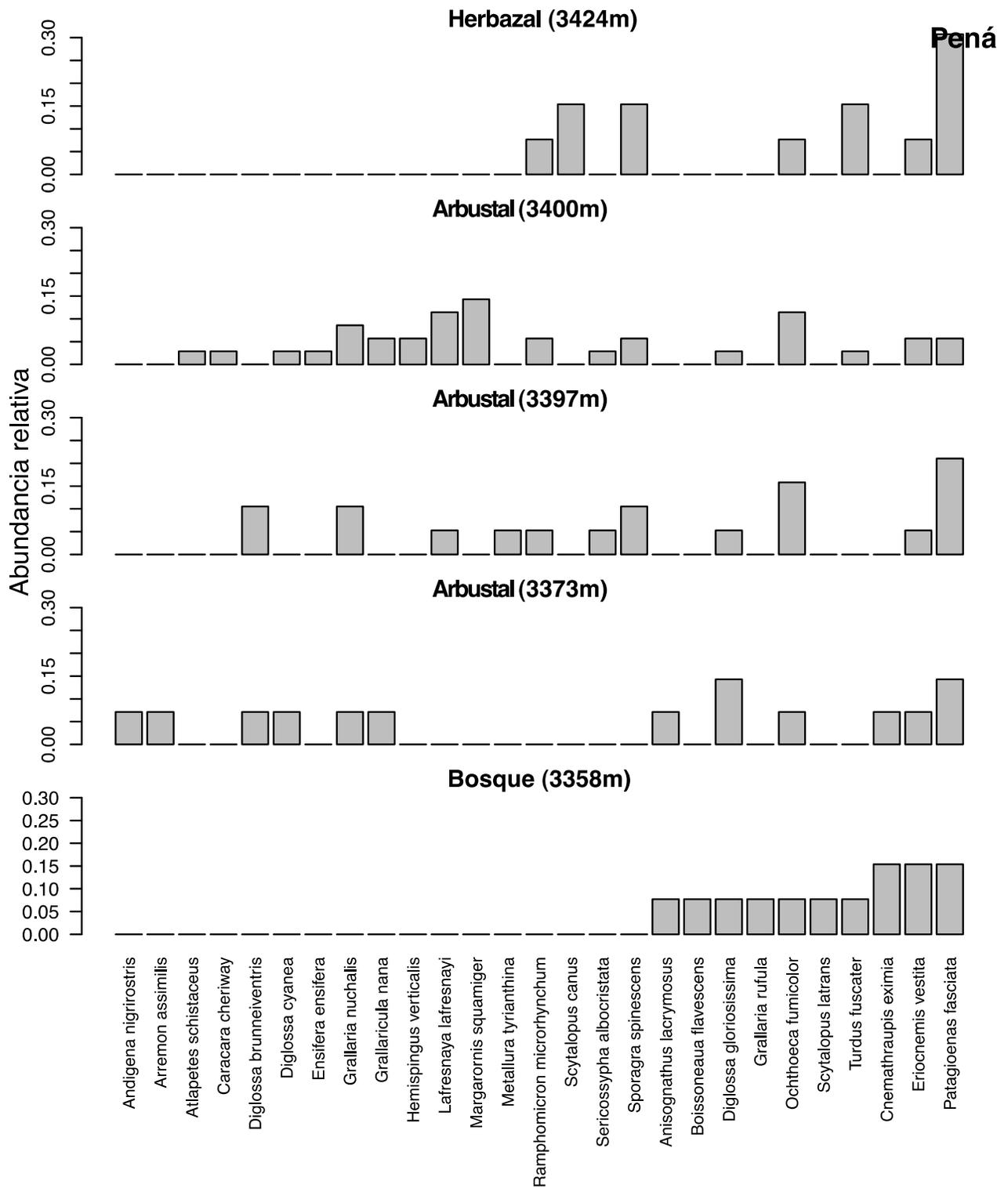


Figura 2.10 A. Frecuencia relativa en cada una de las estaciones del Páramo de Pená

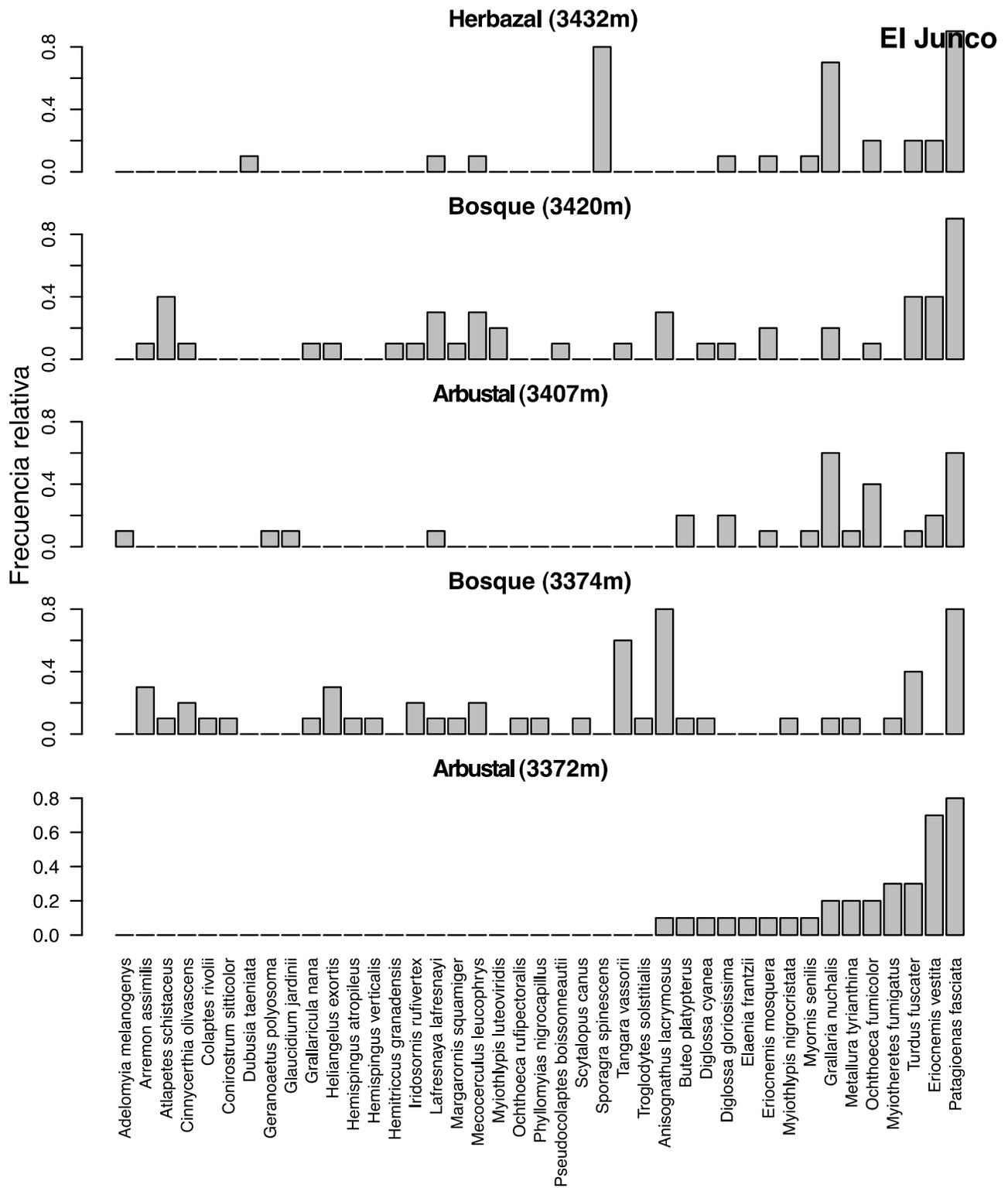


Figura 2.10 B. Frecuencia relativa en cada una de las estaciones del Páramo de El Junco.

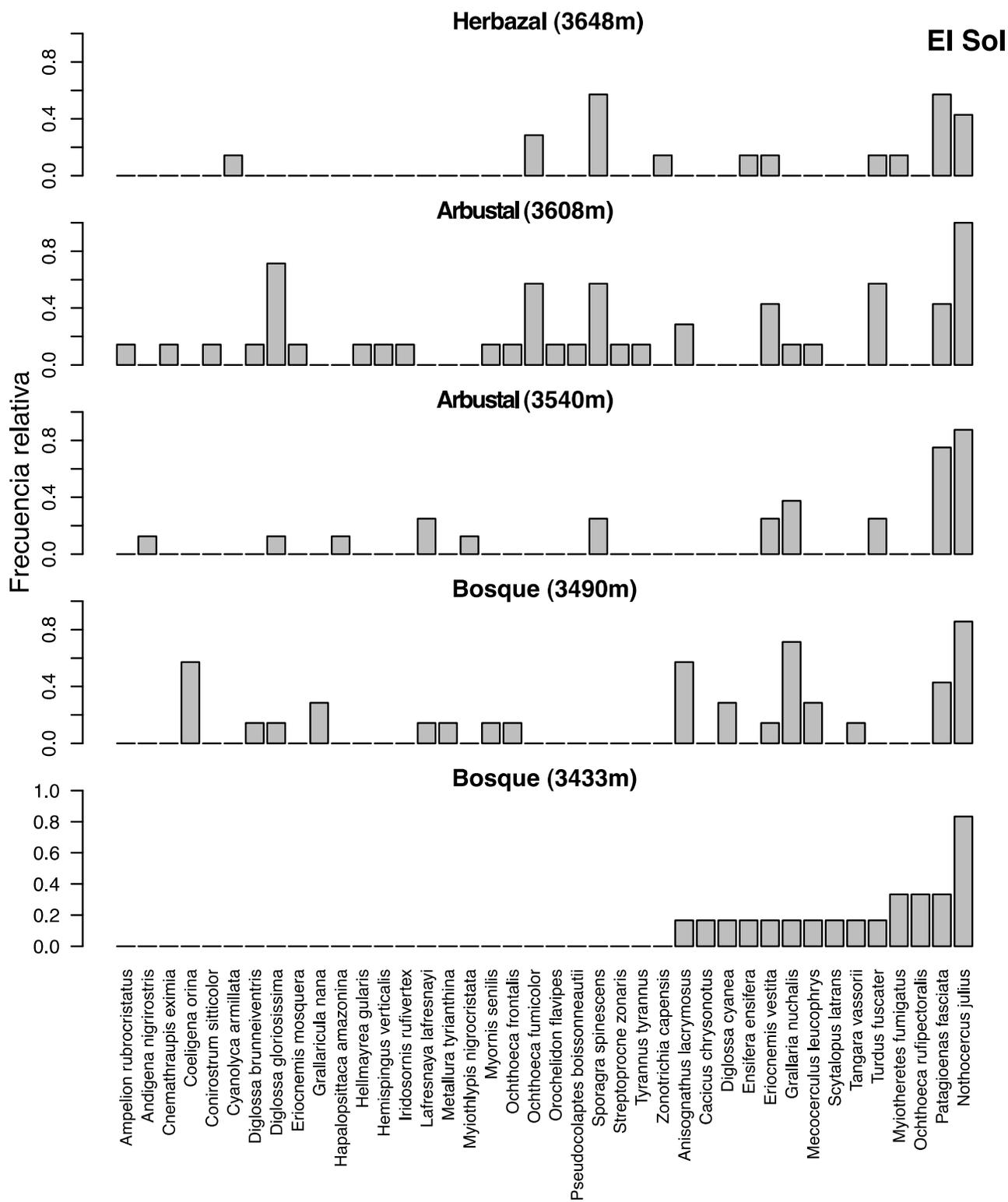


Figura 2.10 C. Frecuencia relativa en cada una de las estaciones del Páramo de El Sol.

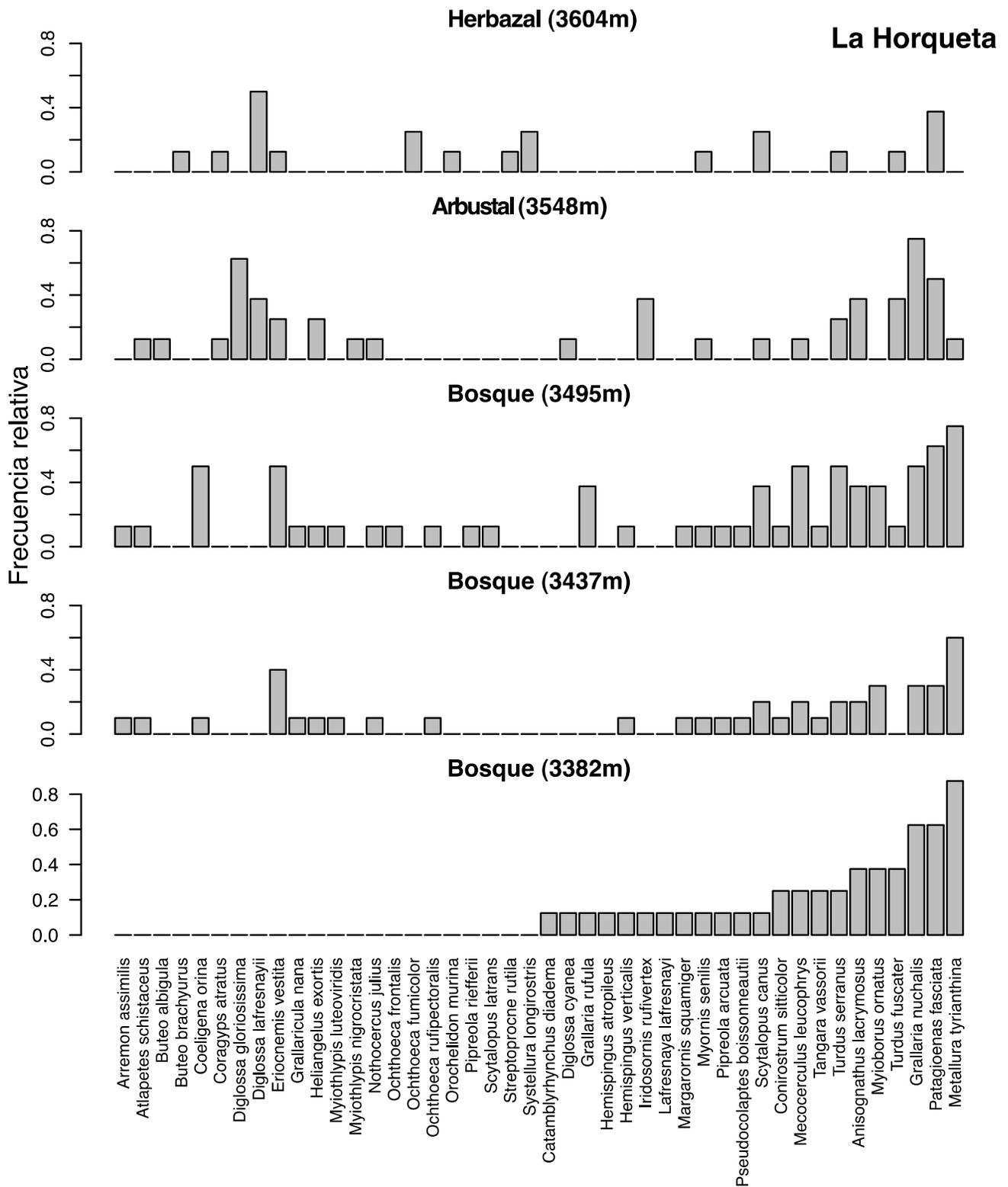


Figura 2.10 D. Frecuencia relativa en cada una de las estaciones del Páramo de La Horqueta.

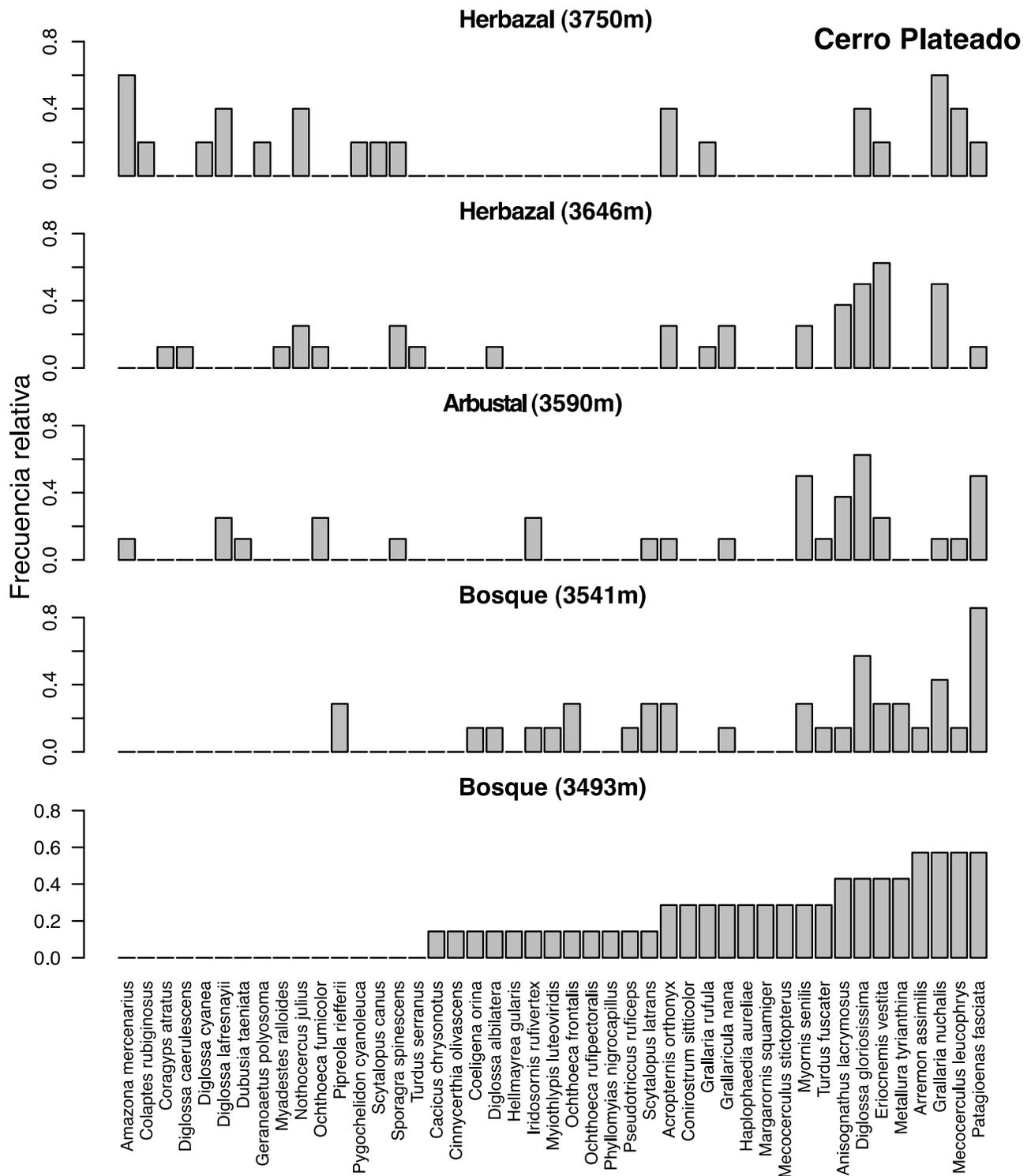


Figura 2.10 E. Frecuencia relativa en cada una de las estaciones del Páramo de Cerro Plateado.

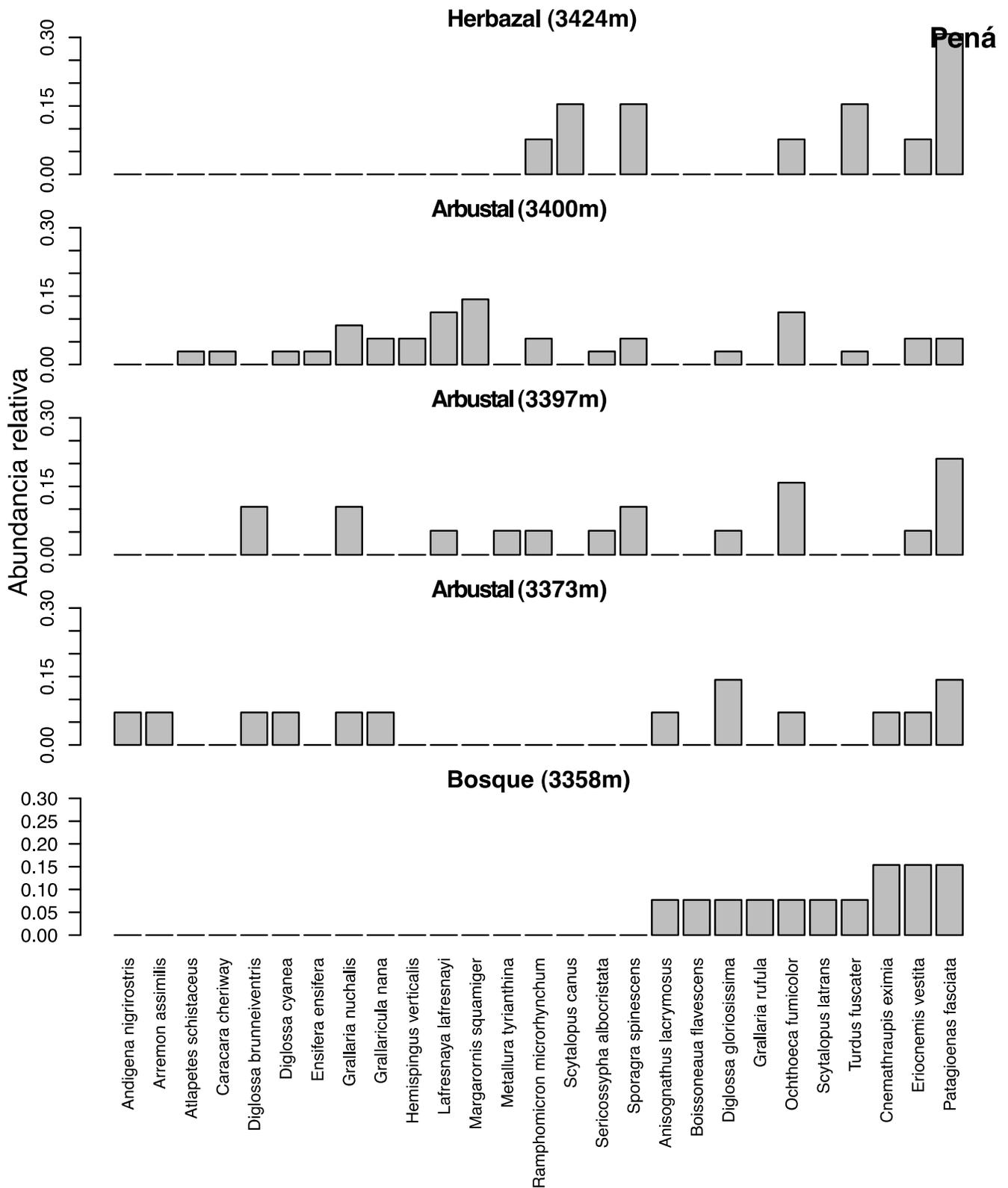


Figura 2.11 A. Abundancia relativa en cada una de las estaciones del Páramo de Pená.

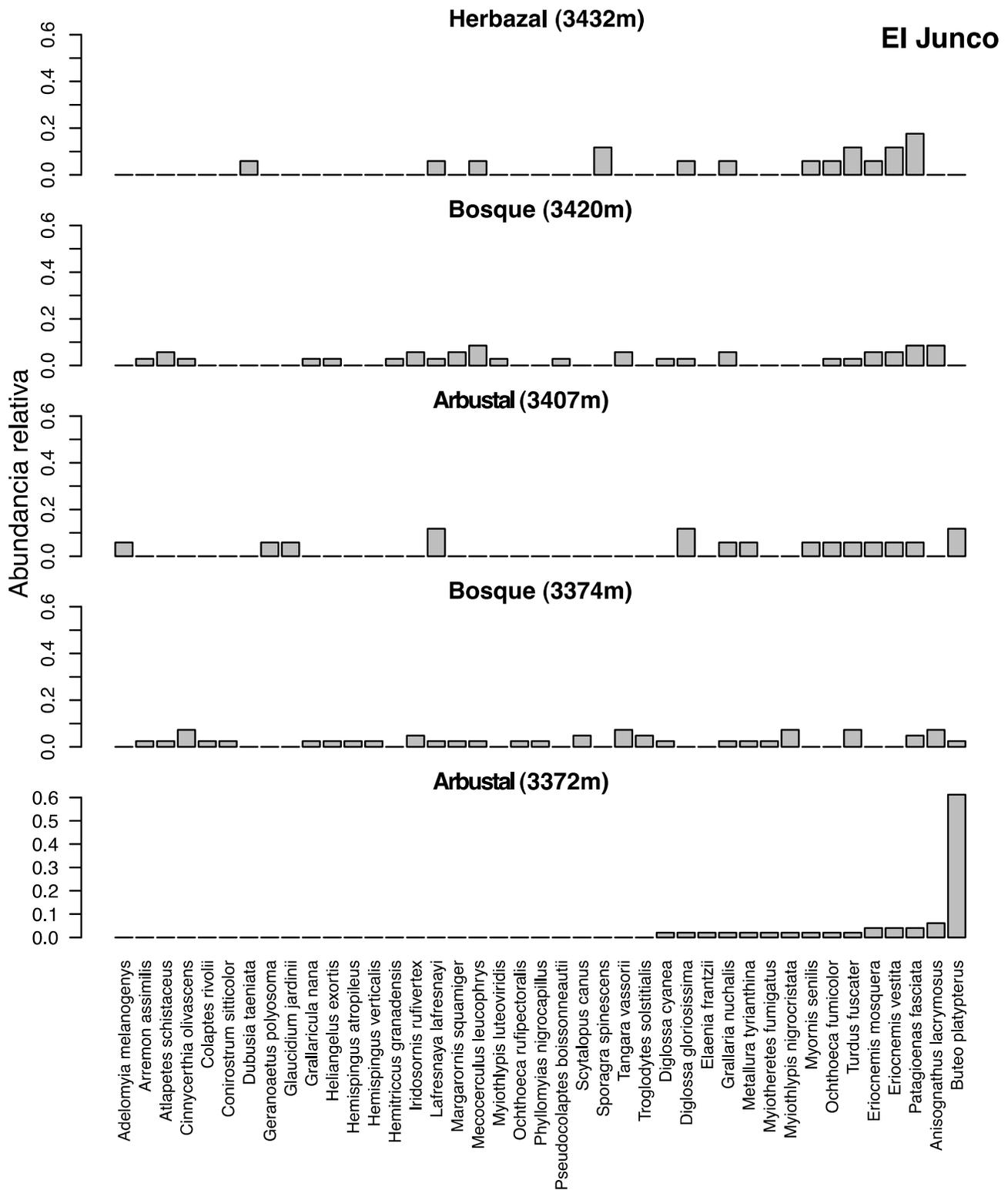


Figura 2.11 B. Abundancia relativa en cada una de las estaciones del Páramo de El Junco.

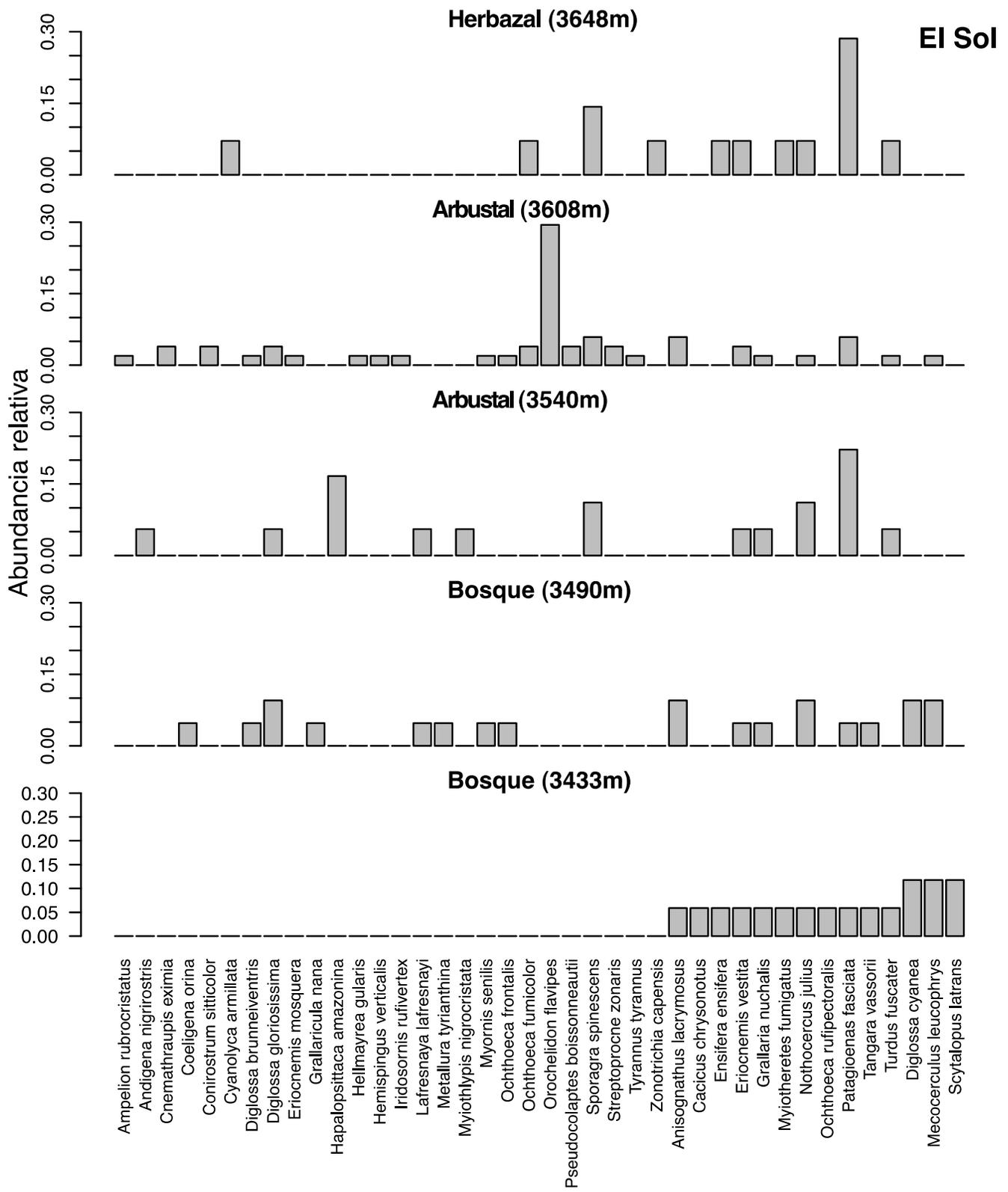


Figura 2.11 C. Abundancia relativa de cada una de las estaciones del Páramo de El Sol.

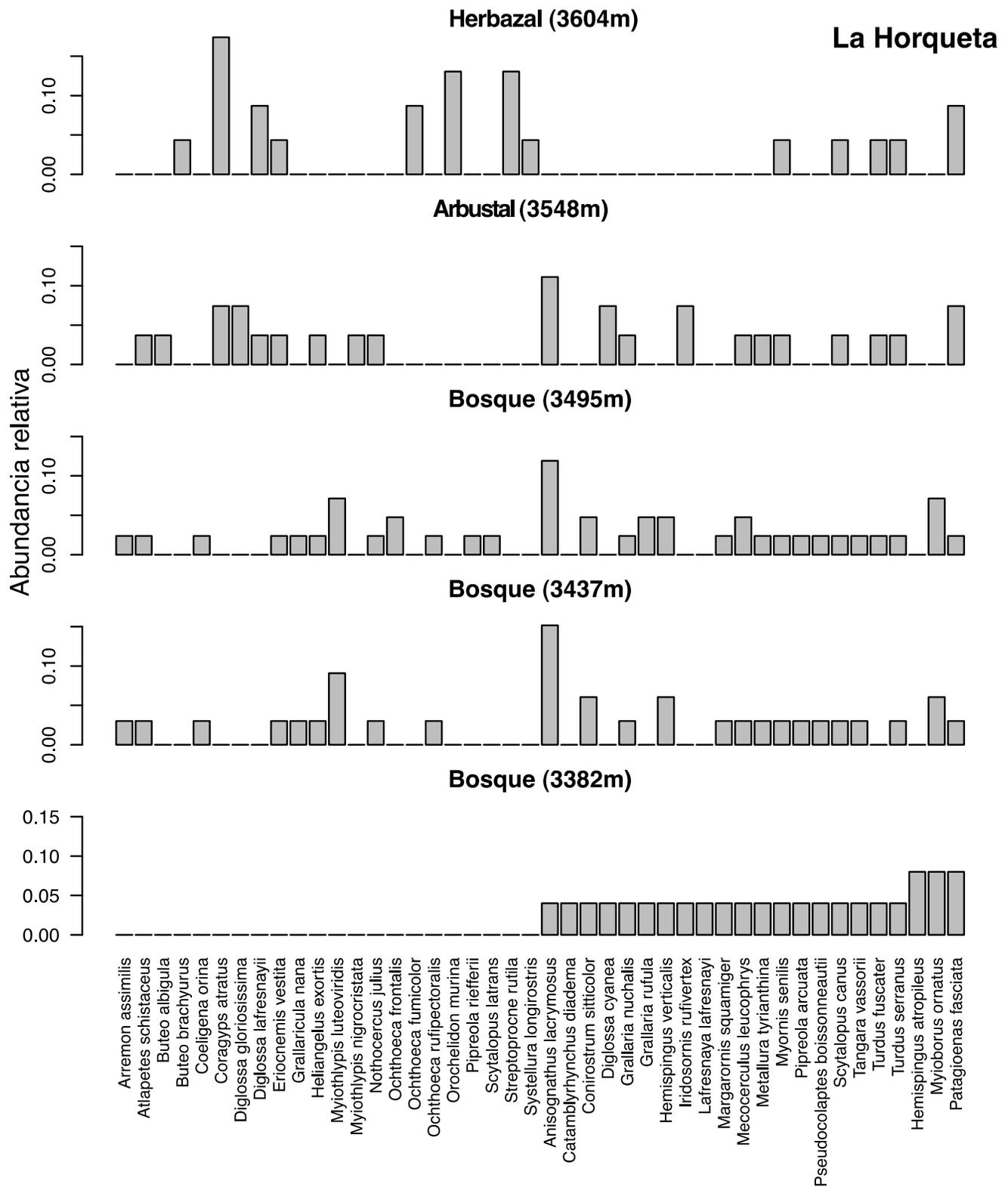


Figura 2.11 D. Abundancia relativa de cada una de las estaciones del Páramo de La Horqueta

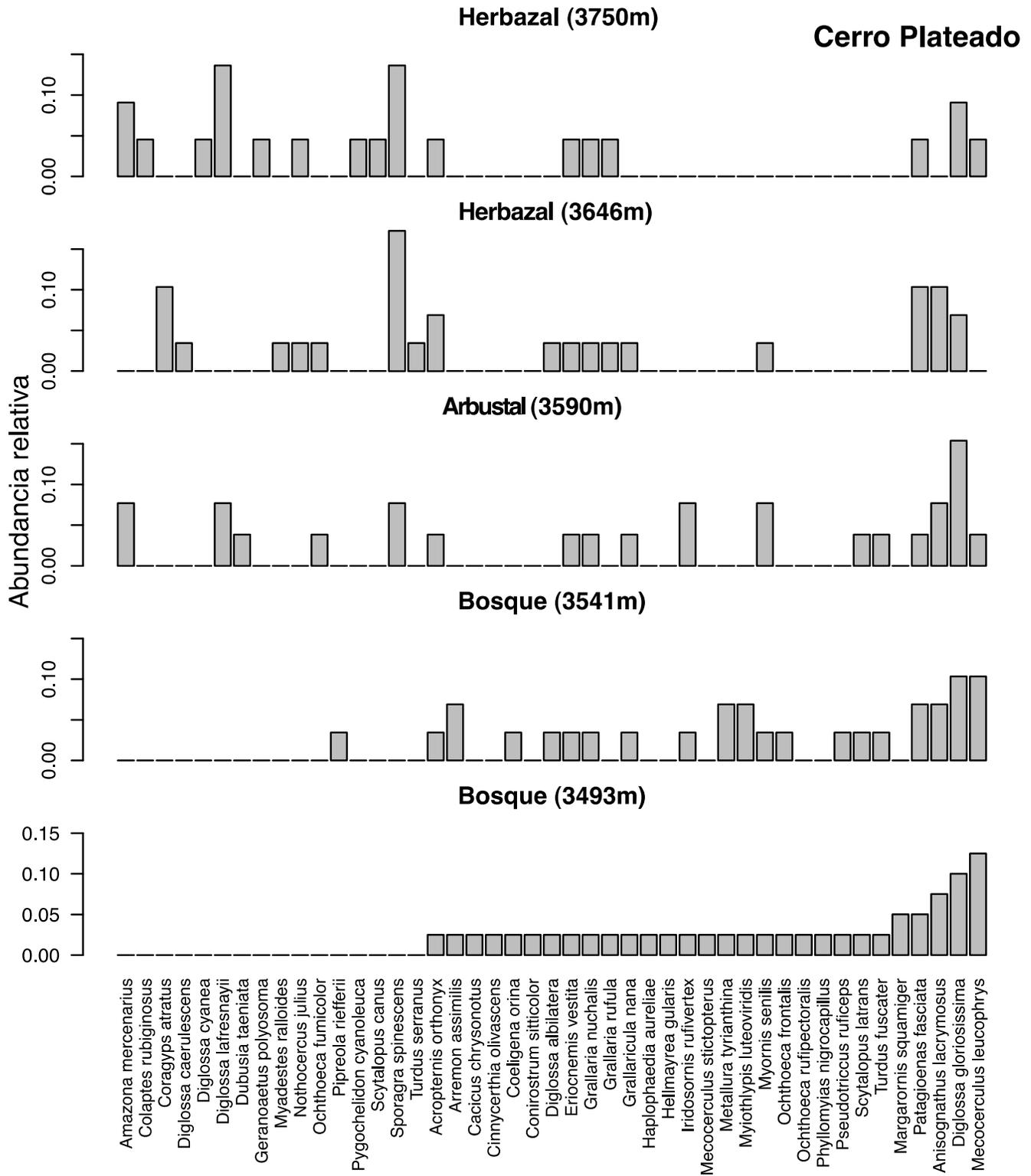


Figura 2.11 E. Abundancia relativa de cada una de las estaciones del Páramo de Cerro Plateado.

Finalmente, especies como *Patagioenas fasciata*, *Turdus fuscater*, *Grallaria nuchalis*, *Metallura tyrianthina* y *Eriocnemis vestita* son frecuentes a lo largo del gradiente en la mayoría de los Páramos, siendo registradas en algunos casos tanto en bosque como en herbazal con diferentes tendencias en las abundancias relativas (figura 2.10 y figura 2.11).

Se resalta el registro de *Gallinago nobilis* (Scolopacidae), especie asociada a hábitat paramunos (Hilty & Brown 1986, Johnson 2011), fuera de censos en puntos de conteo, en zonas de herbazal de las localidades de El Sol y Cerro Plateado (Anexo 2.1).

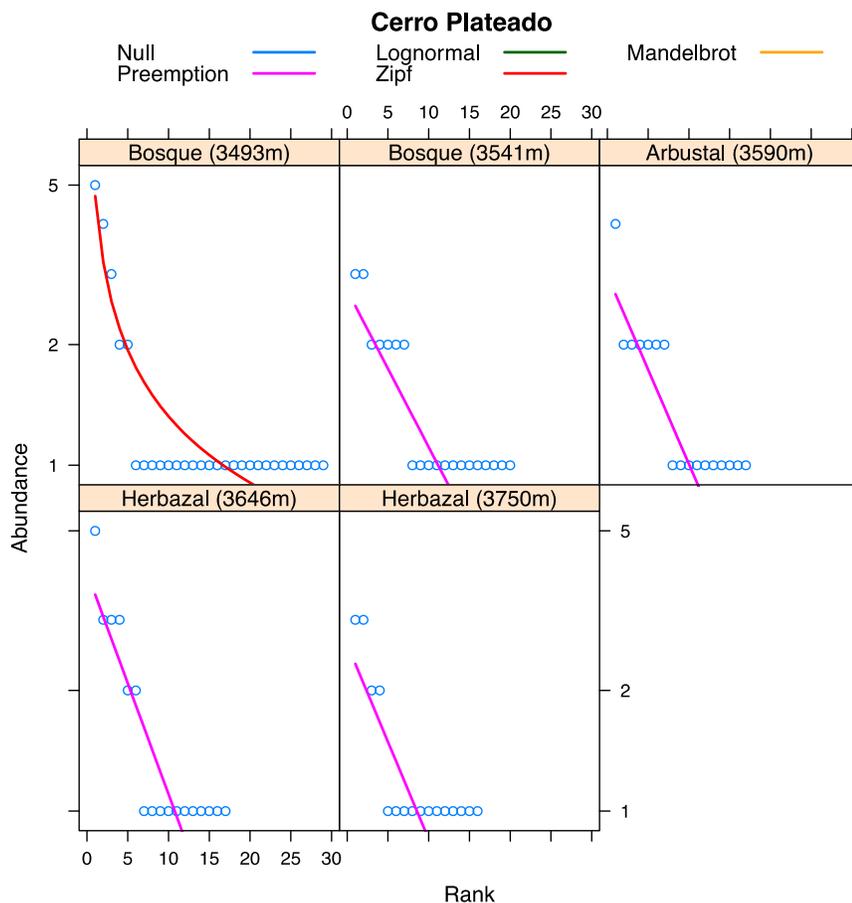


Figura 2.12. Graficas de distribución de abundancias para cada estación del Páramo de Cerro Plateado. En el eje X se ubican cada una de las especies encontradas, organizadas desde la más abundante hacia la menos abundante. El color de la línea indica el modelo de mejor ajuste.

Las gráficas de distribución de abundancias (Anexo 2.4) muestran que en tres Páramos (La Horqueta, El Junco y Cerro Plateado) ocurre un cambio en la distribución de abundancias de las estaciones de menor elevación ubicadas en bosque hacia los herbazales (figura 2.12). El modelo que mejor se ajusta en elevaciones bajas es “Zipf”, mientras que para las demás estaciones el modelo “Preemption” o “Null” es el que presenta mejor ajuste (tabla 2.2.4).

Respecto a la composición de gremios tróficos, se observó un patrón consistente entre Páramos, donde el gremio compuesto por los insectívoros es el más abundante, seguido por el gremio de los nectarívoros y frugívoros respectivamente (aunque estos dos últimos siguen proporciones muy similares). El gremio de los carroñeros es el gremio menos abundante y en algunos casos ausente (figura 2.13).

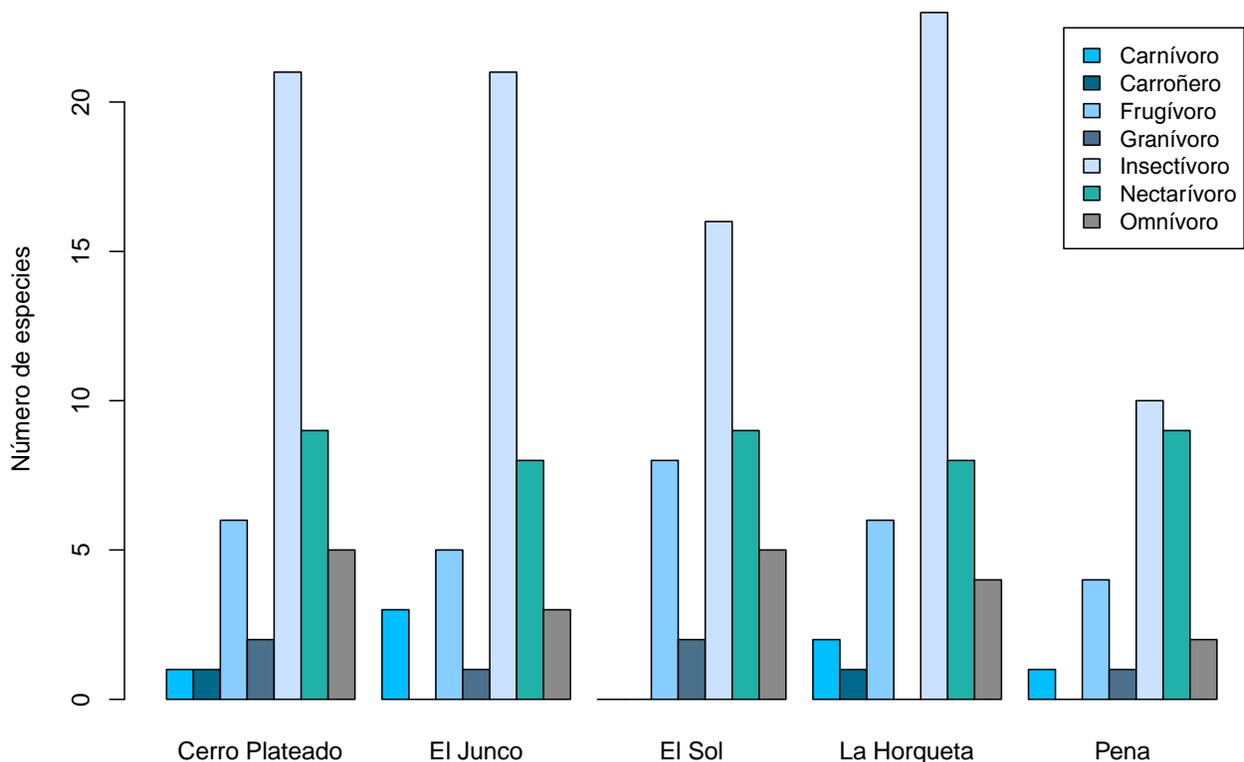


Figura 2.13. Distribución de gremios en los cinco Páramos visitados del complejo Frontino-Urrao.

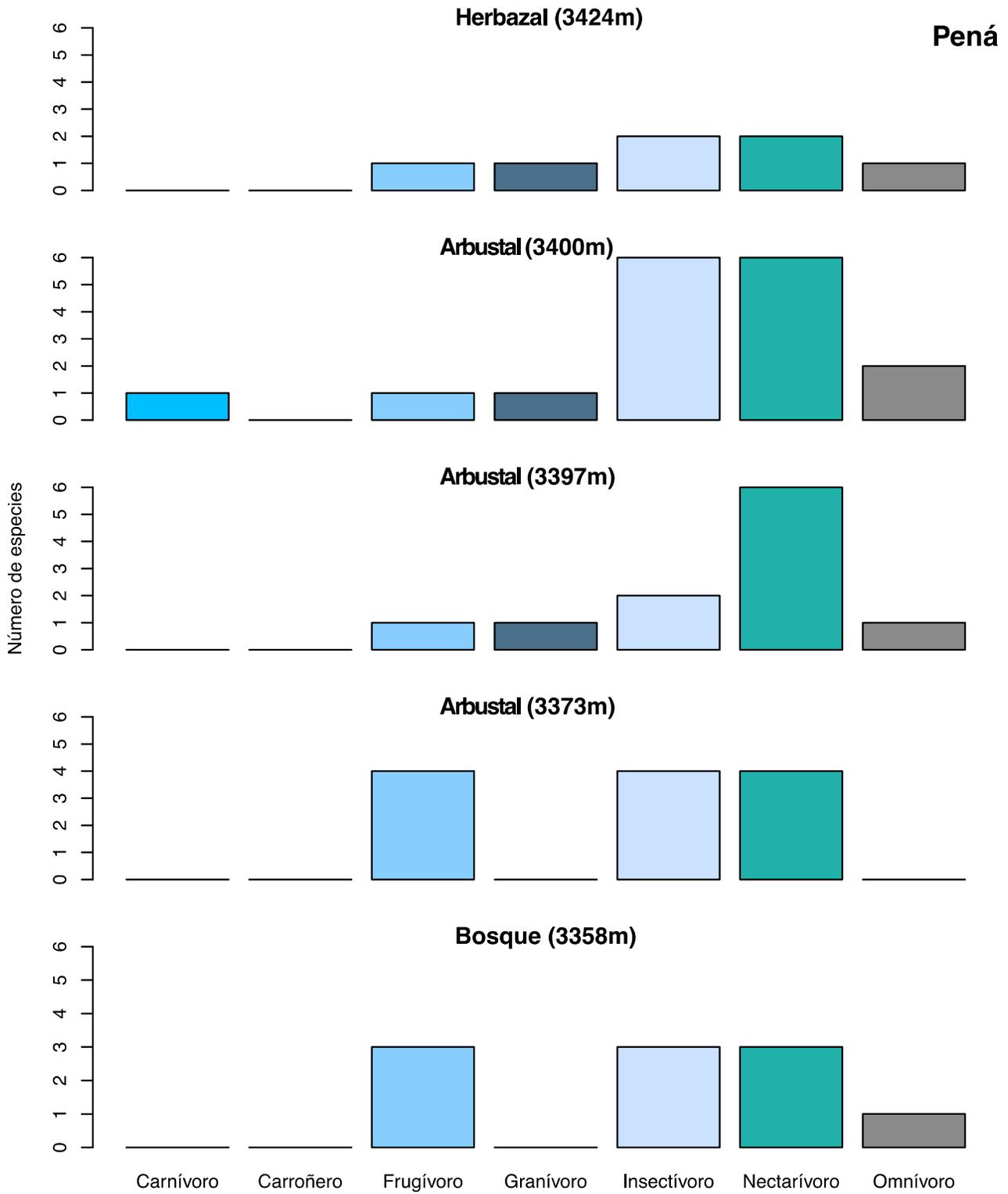


Figura 2.14 A. Composición de gremios tróficos en cada una de las estaciones del Páramo de Pená.

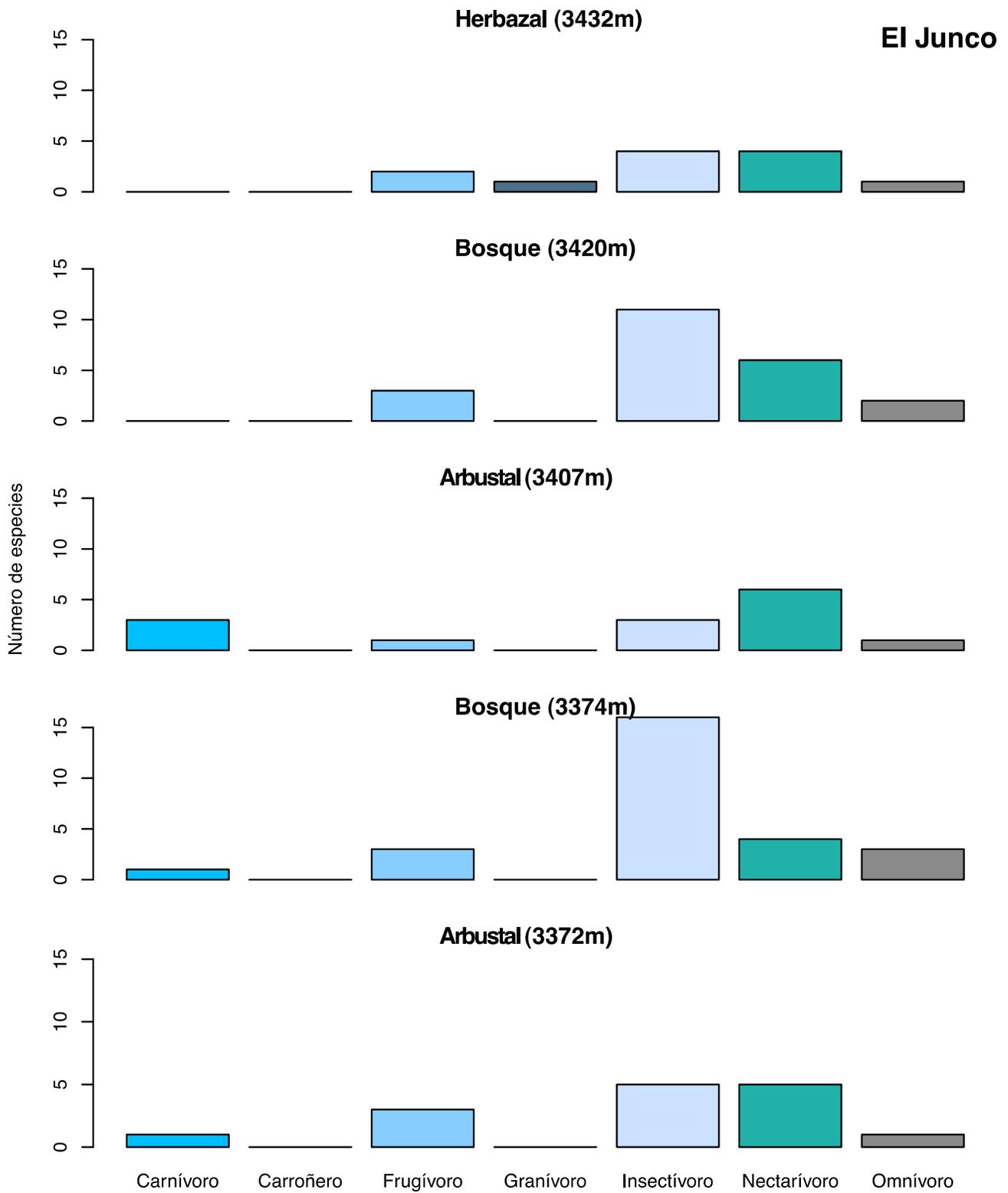


Figura 2.14 B. Composición de gremios tróficos en cada una de las estaciones del Páramo de El Junco.

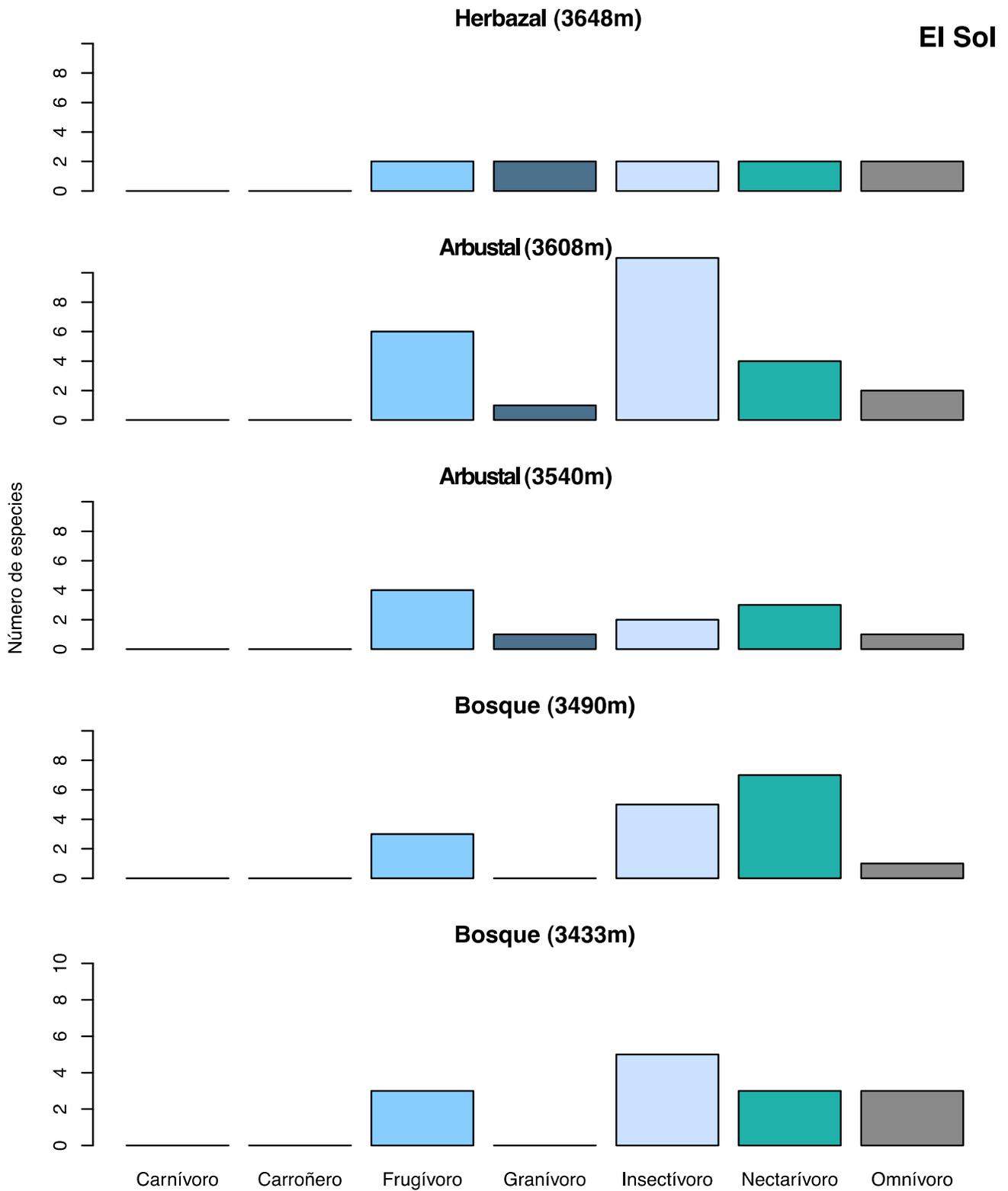


Figura 2.14 C. Composición de gremios tróficos en cada una de las estaciones del Páramo de El Sol.

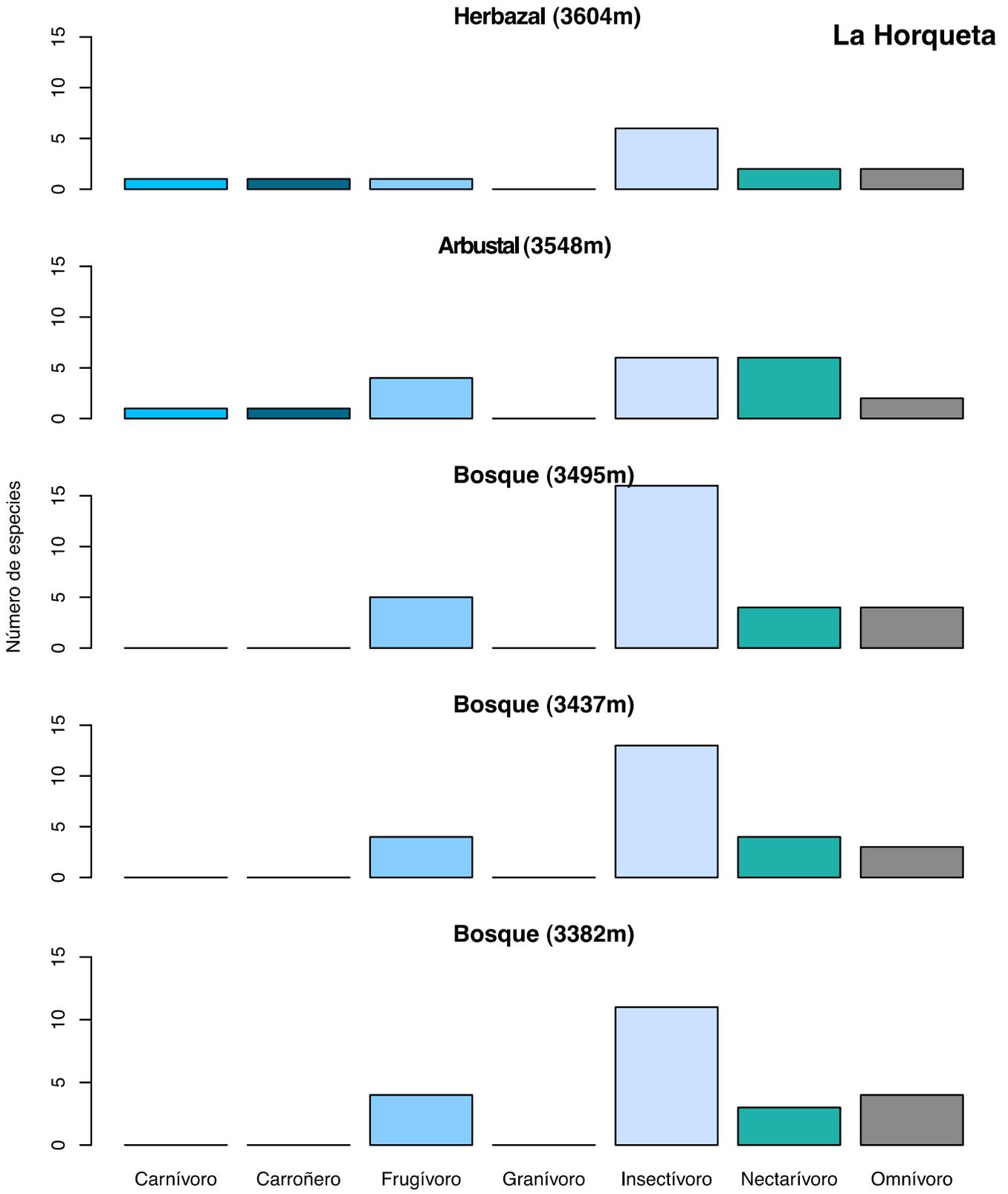


Figura 2.14 D. Composición de gremios tróficos en cada una de las estaciones del Páramo La Horqueta.

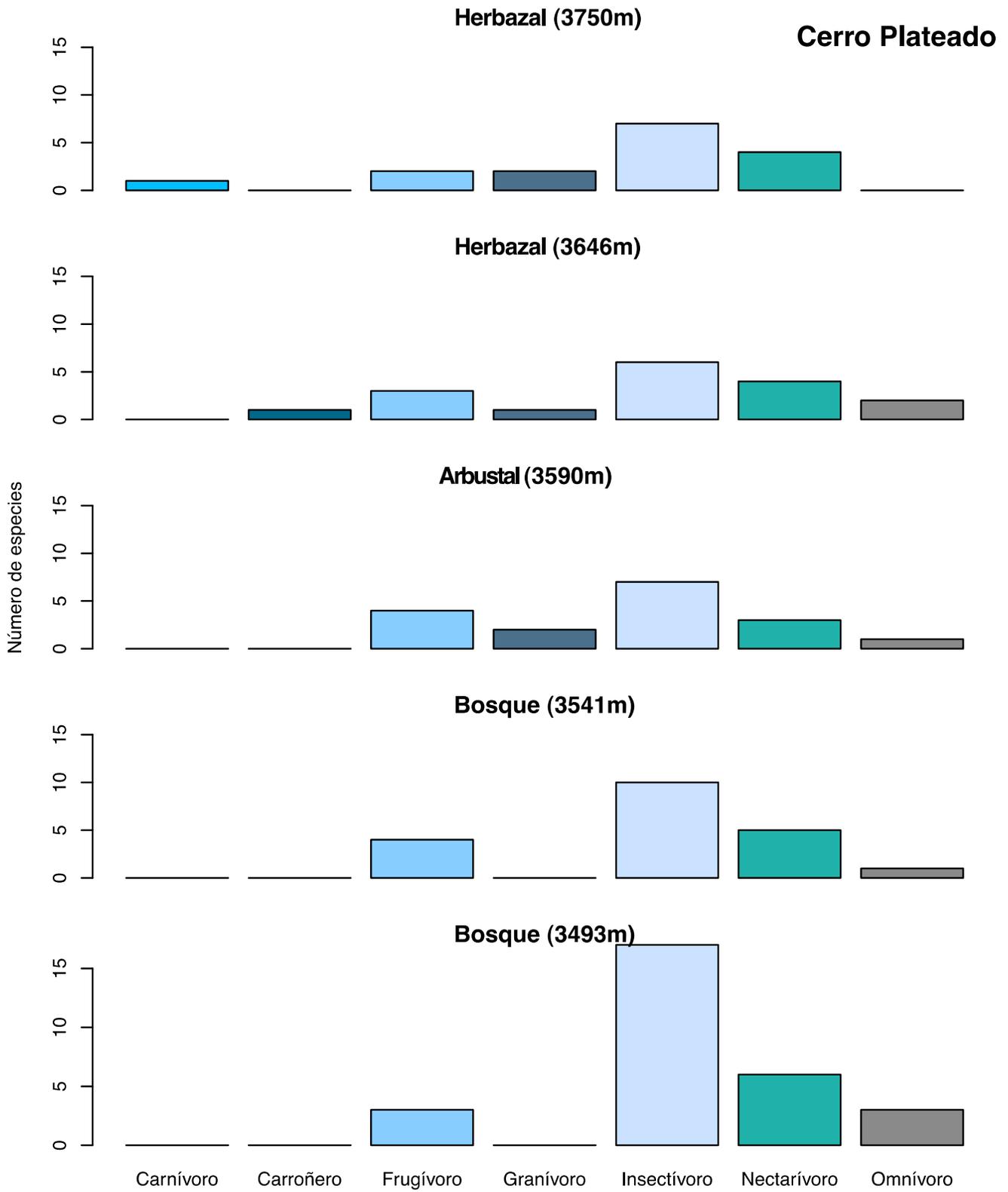


Figura 2.14 E. Composición de gremios tróficos en cada una de las estaciones del Páramo Cerro Plateado.

En la comparación de gremios tróficos entre el gradiente altitudinal muestreado en cada Páramo, se encontró una mayor representación de insectívoros, nectarívoros y los frugívoros independientemente de la elevación, aunque la abundancia relativa entre gremios varían entre Páramos. Aunque no es general a todos los Páramos, se observó la ausencia de granívoros (y en algunos casos de carroñeros y carnívoros) en las zonas de bosque (con excepción de El Junco), en los cuales la avifauna está compuesta principalmente por nectarívoros, frugívoros, insectívoros y omnívoros. Por el contrario, las zonas de herbazal tienden a presentar mayor diversidad de gremios (figura 2.14).

2.2.3. Diversidad beta

Las agrupaciones entre Páramos varían de acuerdo a los índices de similitud utilizados (Sørensen o Bray-Curtis). El índice de Sørensen muestra una mayor similitud entre los Páramos de El Junco y La Horqueta, mientras que el índice de Bray-Curtis agrupa a Cerro Plateado y La Horqueta. En ambos análisis, el Páramo mas diferente es el de Pená. Es probable que la variación en ambos análisis se deba a la influencia de la abundancia de diferentes especies dominantes en cada uno de los Páramos, teniendo en cuenta que el índice de Bray-Curtis usa la información de abundancia, mientras que el de Sørensen usa únicamente la composición (figura 2.15).

Al realizar la comparación por estaciones, incluyendo todos los Páramos, se obtiene una agrupación en su mayoría según la cobertura dominante y no por Páramo, mostrando una diferenciación entre las estaciones de bosque alto andino y herbazal (figuras 2.16 y 2.17). Aunque son pocas las especies registradas solo en una estación, a partir de ambos índices se puede observar la formación de dos grandes clados, uno que agrupa en su mayoría estaciones en herbazal y arbustal, y otro que agrupa en su mayoría las estaciones de bosques y arbustales. Tanto con el índice de Sørensen como con el de Bray-Curtis, para el primer clado mencionado, con ambos índices sólo la estación de bosque del Páramo de Pená es incluida, mientras que para el segundo clado, sólo a partir del índice de

Sørensen se incluyen las estaciones de herbazal de Cerro Plateado. Con los dos índices, la estación de herbazal de La Horqueta es la menos similar al resto de las estaciones (figuras 2.16 y 2.17).

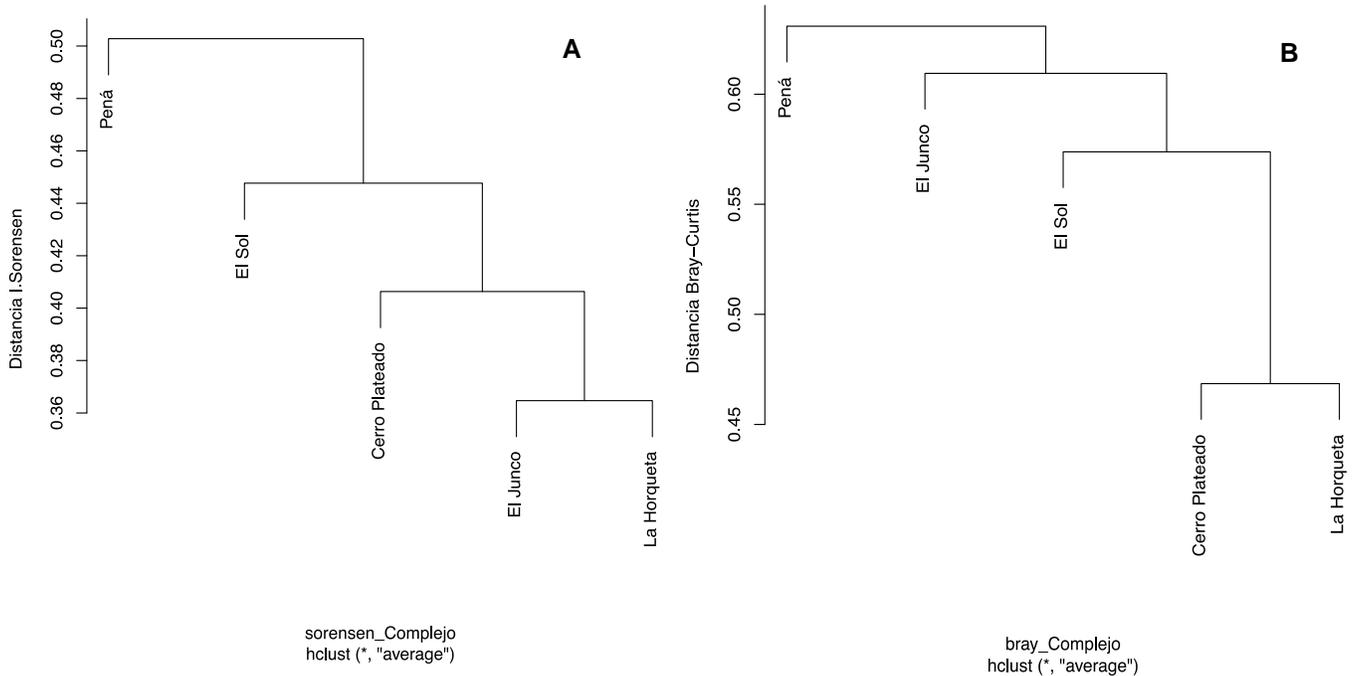


Figura 2.15. Dendrogramas de agrupamiento de los cinco Páramos del complejo, por similitud en **A)** composición y abundancia (Índice de Bray-Curtis) y **B)** sólo composición (Índice de Sørensen).

Finalmente, los resultados de los análisis discriminantes muestran una agrupación similar a lo de los dendrogramas a partir de los índices de similitud. Las estaciones de herbazal son agrupadas y separadas de las de bosque y arbustales. Aunque entre éstas dos la diferenciación no es tan clara, si se evidencia la ligera formación de grupos entre las estaciones correspondientes a cada cobertura (figura 2.18 y 2.19).

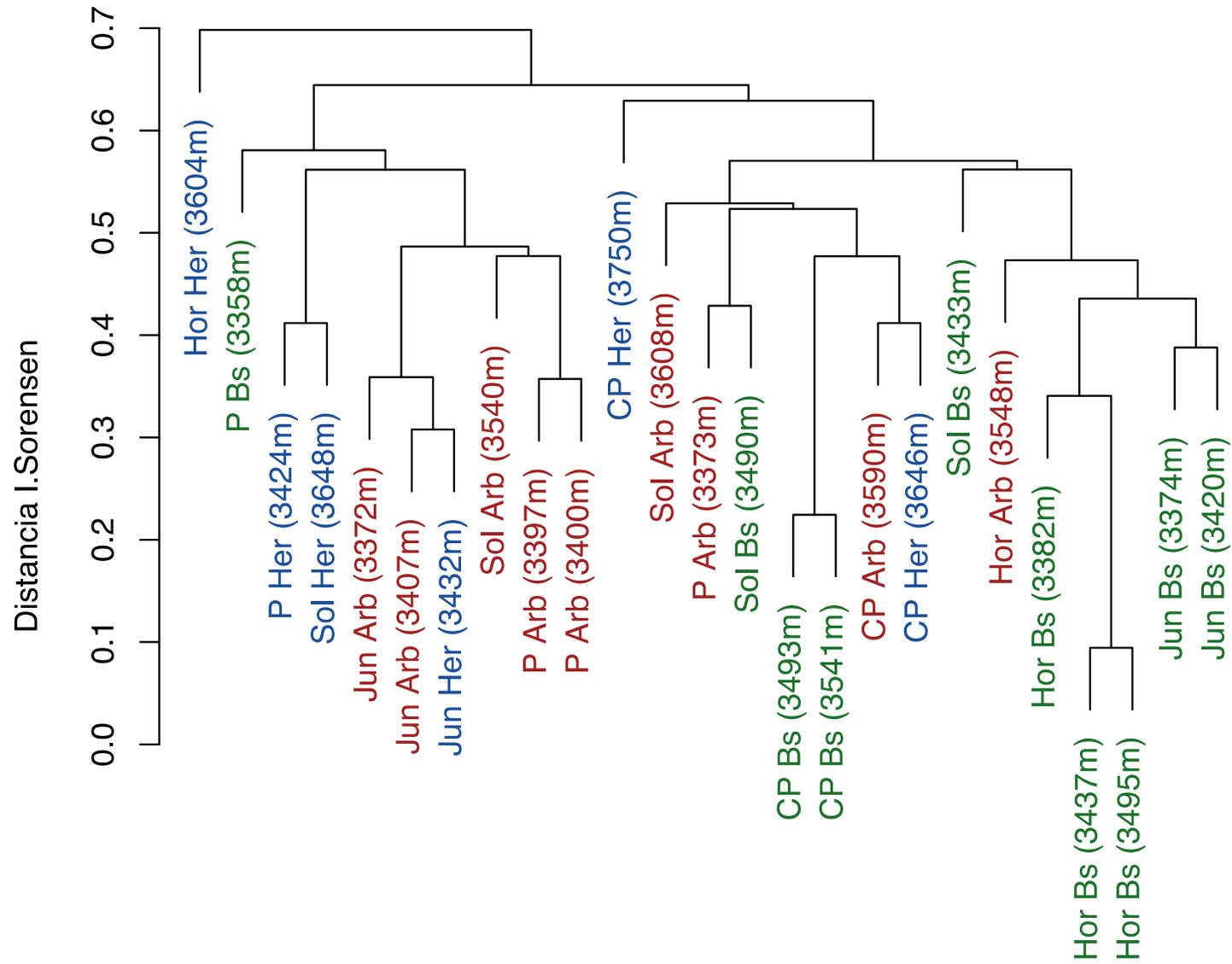


Figura 2.16. Agrupamiento de todas las estaciones muestreadas en el complejo Frontino-Urrao por composición (Sørensen). En las terminales, la primera abreviatura hace referencia al Páramo y la segunda a la cobertura dominante. Her (azul), Arb (rojo) y Bs (verde) son herbazal, arbustal y bosque respectivamente. Los Páramos son denominados como P: Pená. Jun: El Junco. Sol: El Sol. Hor: La Horqueta v CP: Cerro Plateado.

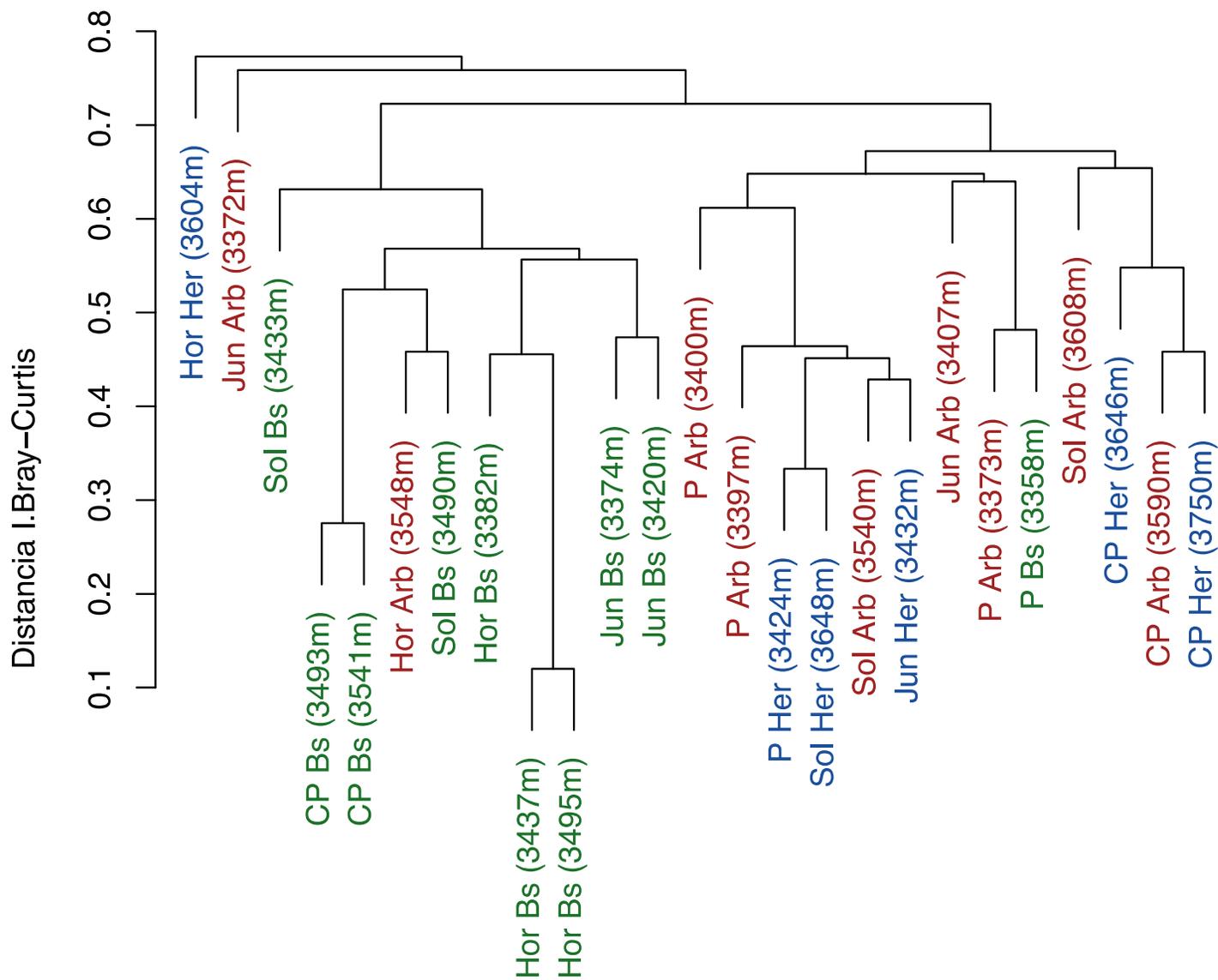


Figura 2.17. Agrupamiento de todas las estaciones muestreadas en el complejo Frontino-Urao por composición y abundancia (Bray-Curtis). En las terminales, la primera abreviatura hace referencia al Páramo y la segunda a la cobertura dominante. Her (azul), Arb (rojo) y Bs (verde) son herbazal, arbustal y bosque respectivamente. Los páramos son denominados como P: Pená. Jun: El Junco. Sol: El Sol. Hor: La Horqueta v CP: Cerro Plateado.

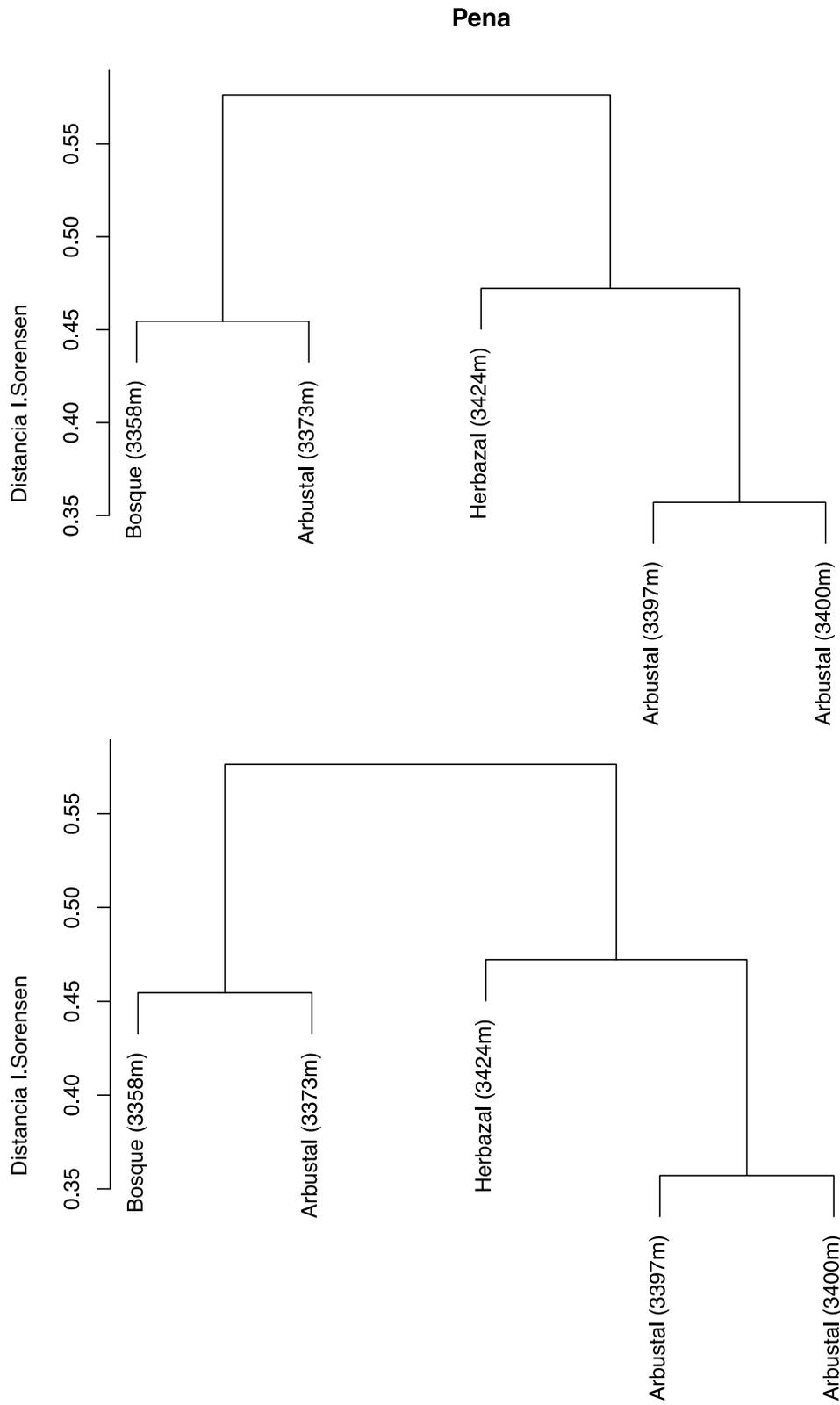


Figura 2.18 A. Agrupaciones de las estaciones del Páramo de Peña por **A)** composición y **B)** composición y abundancia.

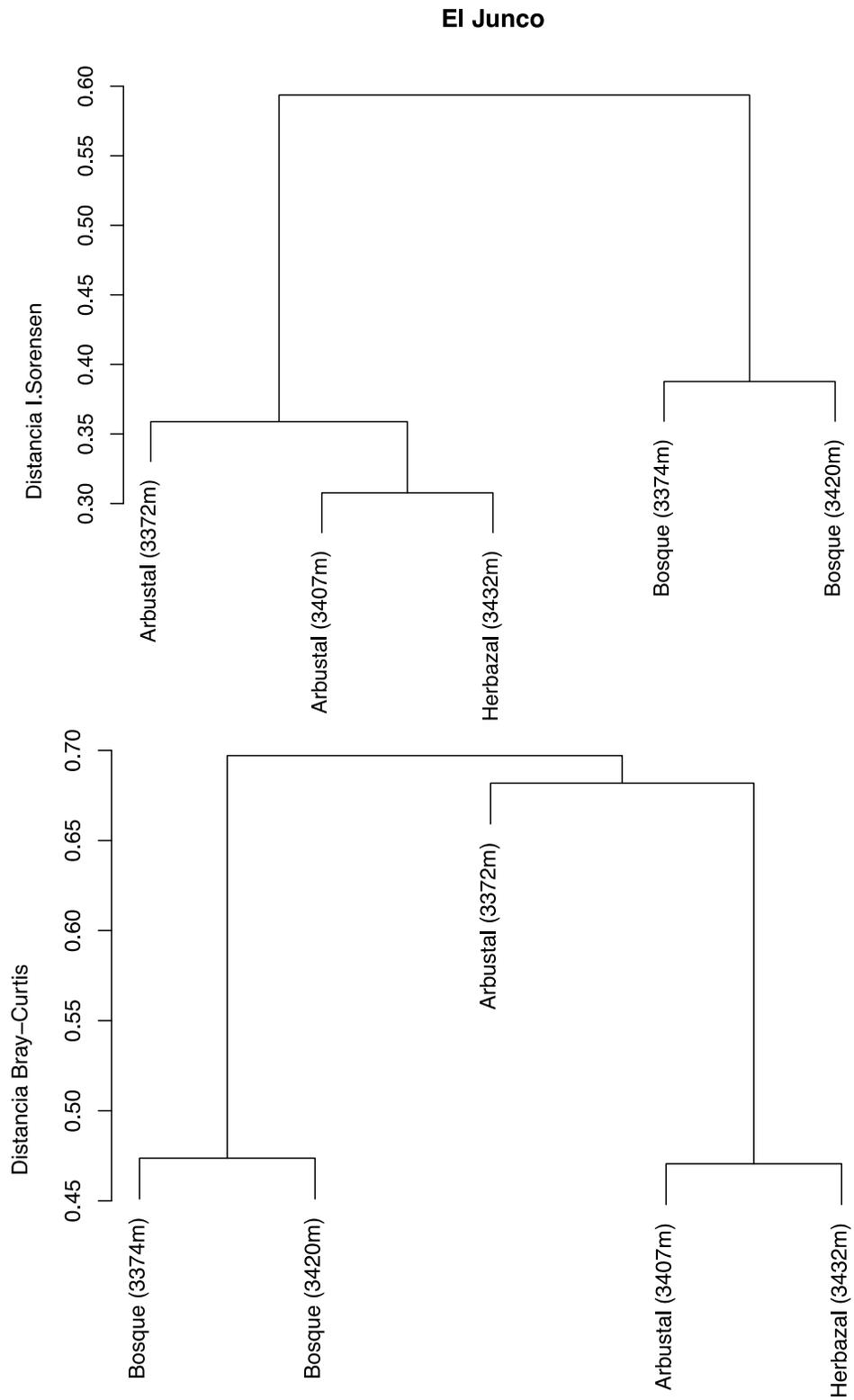


Figura 2.18 B. Agrupaciones de las estaciones del Páramo de El Junco por **A)** composición y **B)** composición y abundancia.

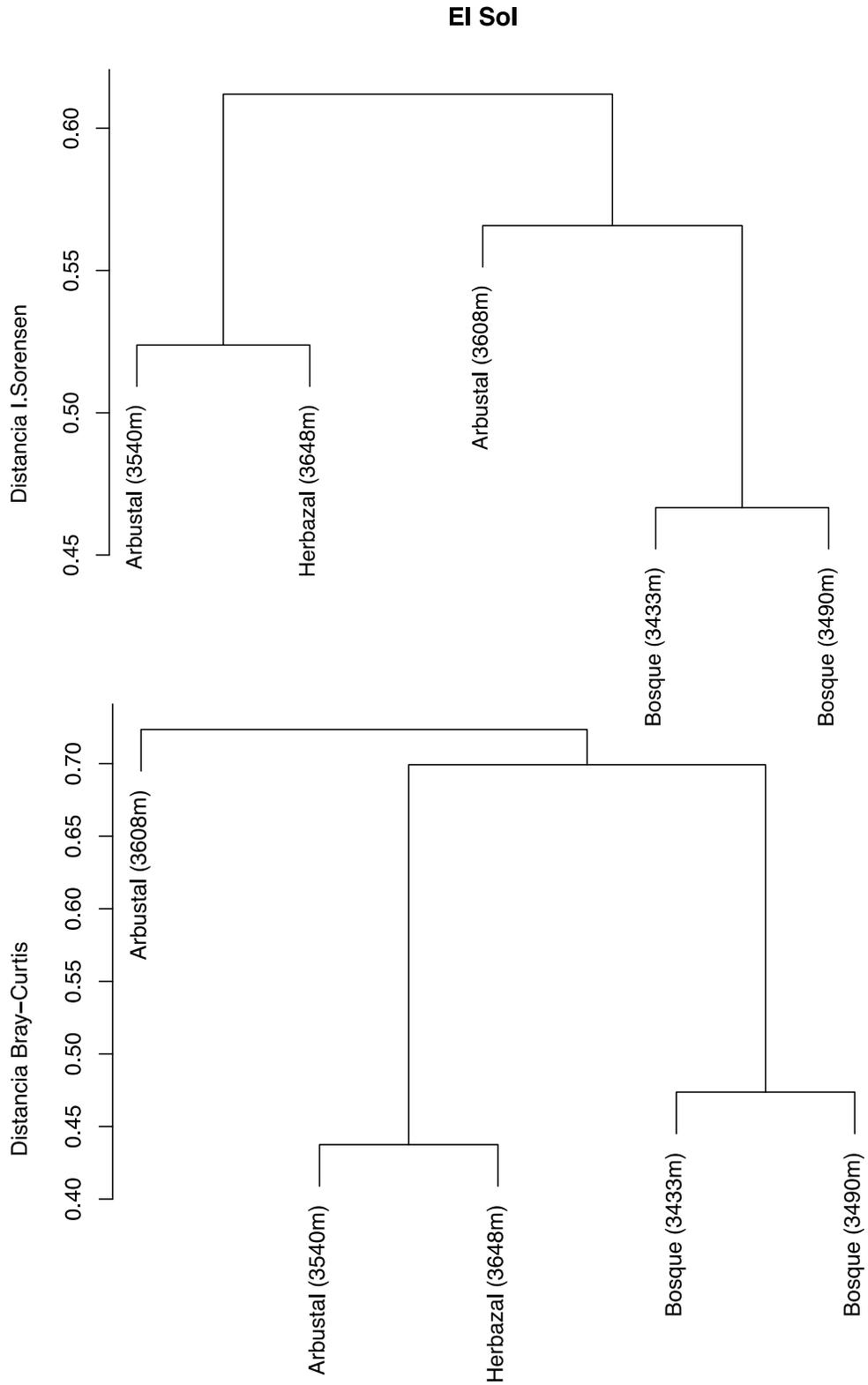


Figura 2.18 C. Agrupaciones de las estaciones del Páramo de El Sol por **A)** composición y **B)** composición y abundancia.

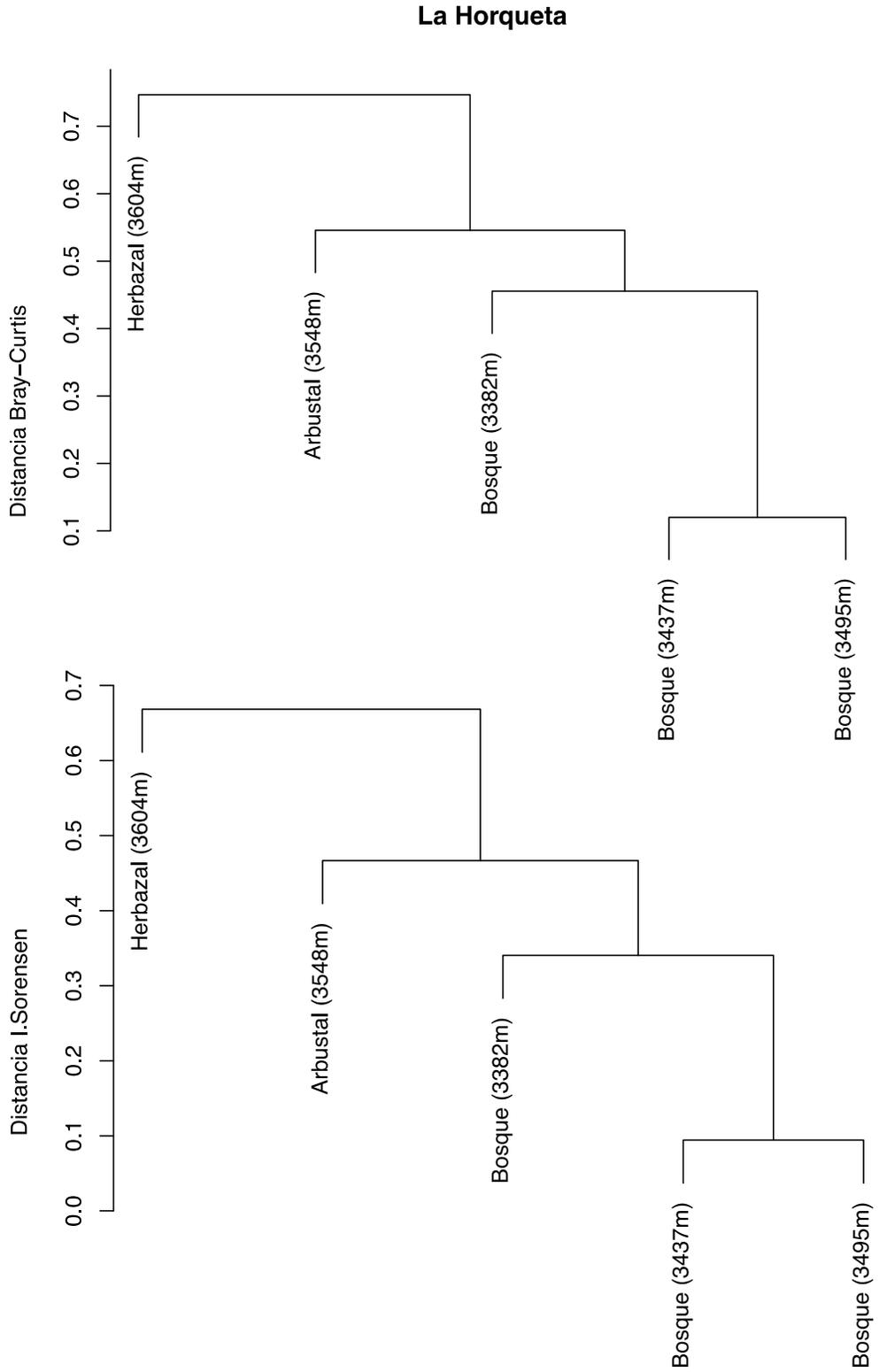


Figura 2.18 D. Agrupaciones de las estaciones del Páramo de La Horqueta por **A)** composición y **B)** composición y abundancia.

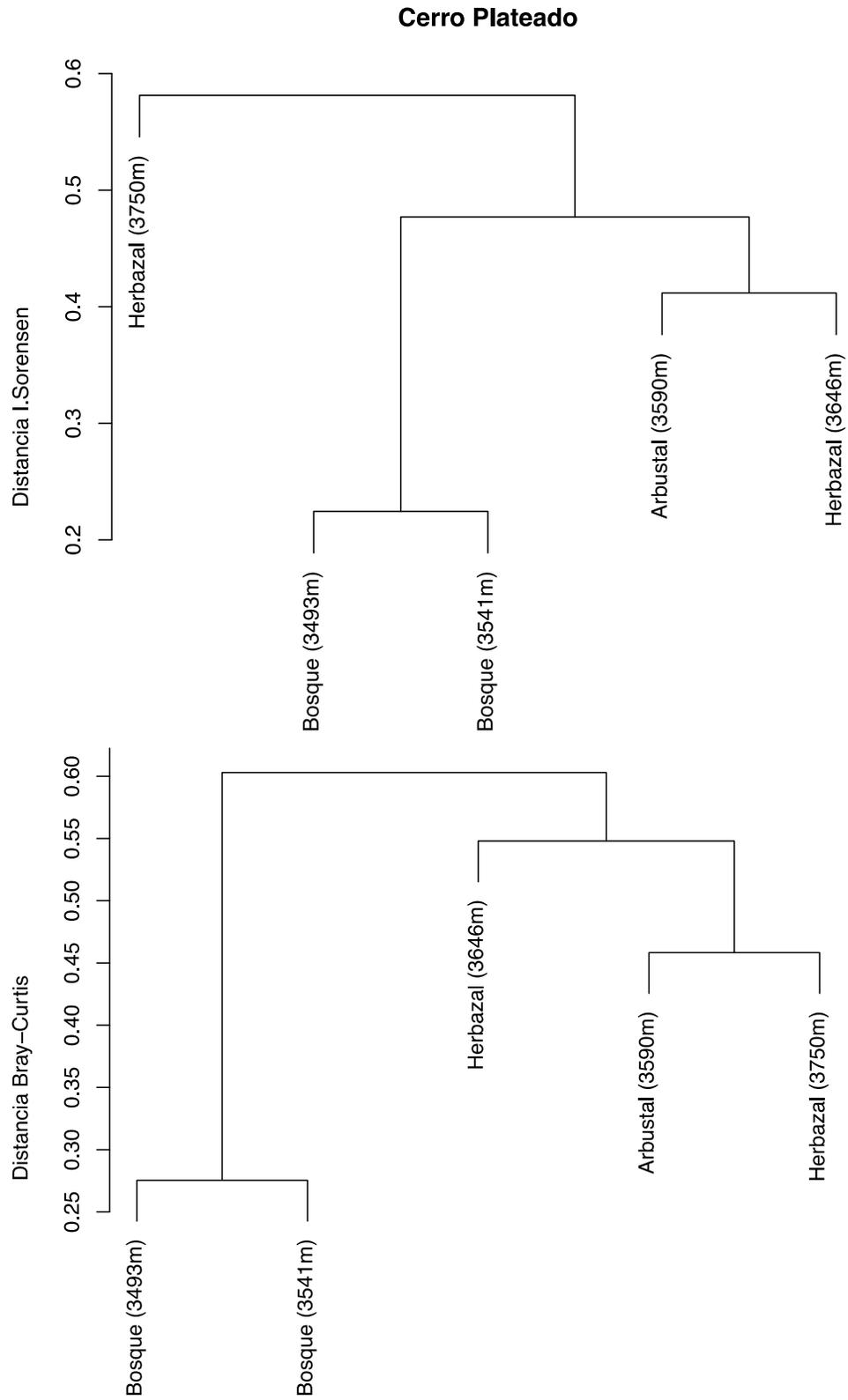


Figura 2.18 E. Agrupaciones de las estaciones del Páramo de Cerro Plateado por **A)** composición y **B)** composición y abundancia.

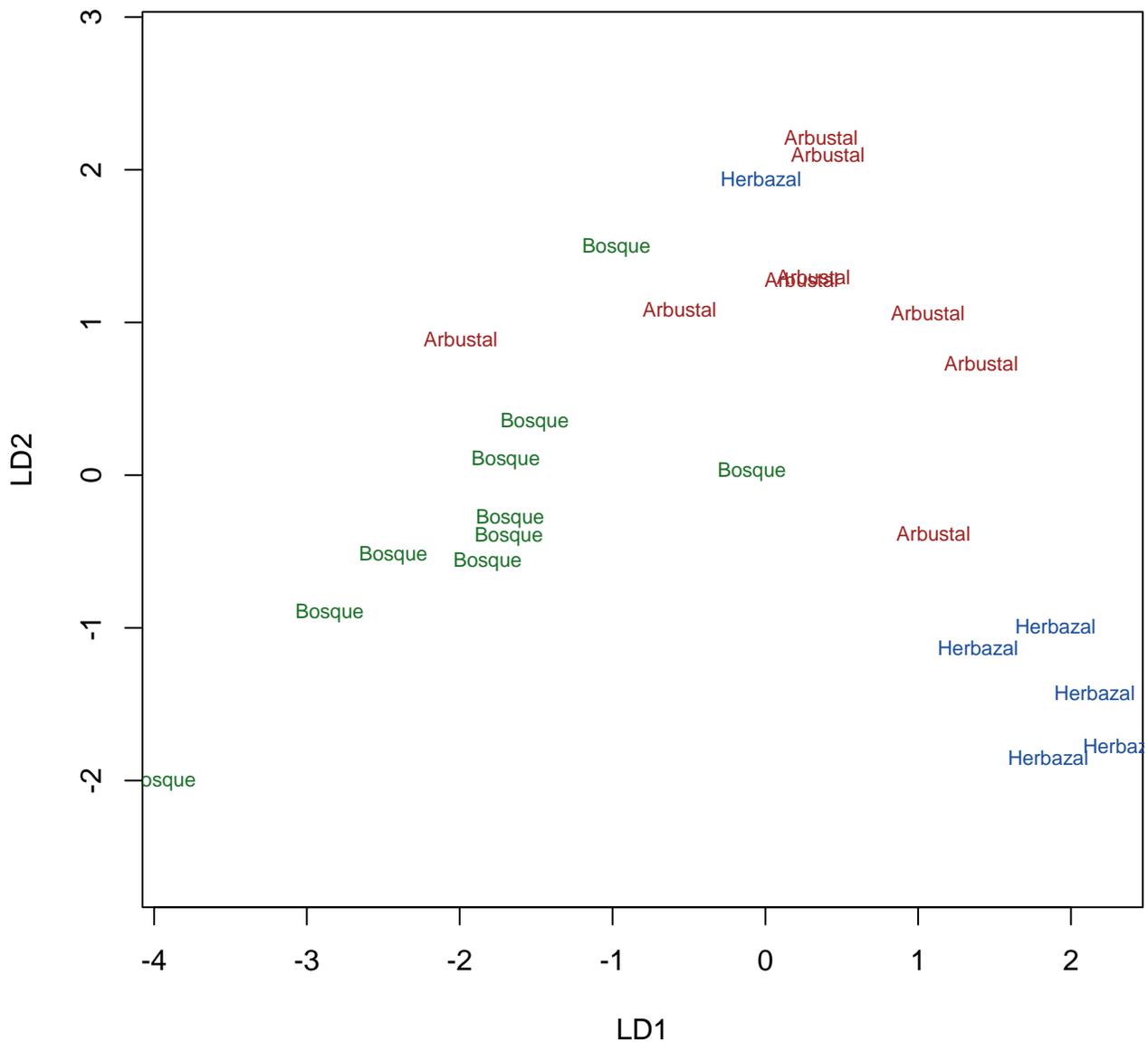


Figura 2.19. Gráfica de análisis discriminante usando todas las estaciones del complejo Frontino-Urrao.

2.3. DISCUSIÓN

Con base en la diferencia entre el número de especies observado y el estimado (Chao 1 y ACE), el número de especies observadas corresponde a alrededor del

79% (respecto a de la riqueza esperada para la zona. Aunque el muestreo puede ser considerado representativo, es recomendable tener una mayor cobertura en términos de las épocas del año muestreadas. La detectabilidad de las especies en algunas coberturas donde las condiciones de visibilidad no eran óptimas por constante neblina propia de estos ambientes (e.g. herbazal), al igual que sotobosques muy densos, disminuyó el número de registros tanto de individuos como de especies. También, posiblemente los días disponibles para muestreo respecto al área total de las coberturas fueron insuficientes. Hasta la fecha sólo es conocida una exploración realizada en el Páramo de El Sol (Krabbe *et al.* 2006) donde se registraron cerca de 155 especies en un gradiente de elevación más amplio (2500 - 3900 m) respecto al analizado en este trabajo, una cifra cercana a la registrada actualmente. Los pocos estudios en estas localidades hacen prioritario el levantamiento de información primaria de estas zonas con alto grado de endemismo (EBA 041-Chocó, e.g. *Coeligena orina*, *Diglossa gloriosissima*), que a su vez permita una comparación más apropiada de la representatividad de la avifauna registrada en este trabajo.

Aunque Krabbe *et al.* (2006) reportan a *Coeligena orina* y a *Diglossa gloriosissima* en el Páramo de El Sol, el registro de éstas en la mayoría de los Páramos visitados dentro del complejo es importante para reconocer a este complejo como una red de Páramos interconectada que puede ser crítica para la persistencia de especies endémicas amenazadas. El Inca del Sol (*Coeligena orina*) es una especie endémica de Colombia (cordillera Occidental) (Chaparro-Herrera *et al.* 2013) y en Peligro de Extinción (EN) (Renjifo *et al.* 2014). Aunque con baja abundancia fue registrada en todos los Páramos excepto en Pená, pero por características de la vegetación al igual que por la cercanía al Páramo de El Junco (donde fue capturado un individuo) se presume se encuentre la especie. Pulgarín-R. & Múnera-P (2006) observaron la especie, y la consideraron como “común”, en los Farallones de Citará, asociada principalmente a bosque enano, hierba paramuna y en la parte media del bosque. Por su lado Flórez *et al.* (2004) reportan la especie en el Páramo de Frontino (denominado en nuestro estudio, Páramo del

Sol) como “poco común” asociada al ecotono entre páramo-bosque enano y bosques húmedo alto entre los 3150 y los 3500 msnm. Todos los registros aquí presentados para la especie fueron realizados en el bosque en alturas que van desde los 3437 (La Horqueta) a los 3541 msnm (Cerro Plateado) evidenciando la importancia de esta cobertura para las localidades muestreadas al igual que en el arbustal (otras localidades), coberturas de importancia para la supervivencia de la especie. Por otra parte, el Pinchaflor Ventrirrufo (*Diglossa gloriosissima*) es una especie endémica de Colombia (cordillera Occidental) (Chaparro-Herrera *et al.* 2013) y en Peligro de Extinción (Renjifo *et al.* 2014). En este estudio *Diglossa gloriosissima* fue una especie común, asociada principalmente a zonas de transición. Flórez *et al.* (2004) en el Páramo de Frontino menciona que la especie es común entre 3100-3600 msnm y se asocia a parches de bosque achaparrado mientras que Pulgarín-R. & Múnera-P. (2006) reportaron en los Farallones de Citará cinco individuos asociados principalmente a bosque enano y vegetación paramuna. Lo anterior evidencia la preferencia hacia hábitats como Páramo y Transición, siendo común en su área reducida de distribución.

Respecto a las relaciones de riqueza-elevación y diversidad-elevación, se observó que la riqueza disminuye a medida que se asciende en elevación, pero no hubo una tendencia en diversidad (figura 2.7 y figura 2.8). La disminución en la riqueza a mayores elevaciones es uno de los patrones geográficos de riqueza de aves con más evidencia (McCain 2009, Kattan & Franco 2004). Sin embargo, aunque se ha registrado menor diversidad con la elevación respecto a zonas bajas circundantes, (Terborgh 1977, Blake & Loiselle 2000, McCain 2009), los resultados de los índices de Simpson y Shannon-Wiener indican que al menos en este pequeño rango de elevación (400 m), no existe una tendencia clara. Es probable que esta tendencia solo sea detectable al comparar con mayores rangos de elevación, o respecto a comunidades de bajas elevaciones.

Los resultados de los análisis de similitud (Bray-Curtis y Sørensen) y el análisis discriminante, sugieren una clara diferenciación entre el bosque y el herbazal de

acuerdo a la composición y abundancia de la avifauna (figura 2.16 y figura 2.17). Es importante resaltar que varias de las especies que ayudan a distinguir el herbazal de las otras coberturas, son especies cuya detección cambia con el cambio de cobertura. Por ejemplo, la aparición de aves de rapiña que son mucho más fáciles de detectar en los arbustales y herbazales que dentro del bosque. Este fenómeno no se presentó en las estaciones de bosque, donde las especies de mayor contribución a la diferenciación del grupo, son especies que habitan y hacen uso de este hábitat.

Aunque no hay estudios similares a lo largo de transectos altitudinales en los Andes de Colombia (aunque ver Suarez 2014), Jankowski *et al.* (2013) en un exhaustivo muestreo a lo largo de un gradiente de elevación en los Andes de Perú, encontraron que uno de los mayores puntos de recambio se ubica en las elevaciones más altas, entre los 2750 y 3300 m, un rango de elevación similar al muestreado en este estudio. Sin embargo, aunque en cada Páramo se muestrearon tres tipos de coberturas (herbazal, arbustal y bosque) cubriendo desde 3358 a los 3750 metros en elevación (< de 500 metros en elevación), la elevación en la cual se encontró cada cobertura fue muy variable entre Páramos (tabla 2.1). Esta ausencia de concordancia entre la elevación y la composición de especies, ha sido reportada en sistemas montañosos en Centro América, donde a elevaciones similares la composición de especies puede variar considerablemente, lo cual dificulta el uso de la elevación como un predictor de la composición de la avifauna a escalas muy finas y sugiere que cambios en la vegetación pueden ser utilizados como un mejor predictor (Jankowski *et al.* 2009). Así también, en un estudio en sistemas montañosos en Perú se reporta que el recambio de avifauna corresponde al mismo punto de recambio en composición de árboles, apoyando esta observación (Jankowski *et al.* 2013). En nuestro caso, a pesar de encontrar diferencias en la composición y abundancia a través del ecotono de bosque a herbazal, estas diferencias no son tan marcadas y al parecer están determinadas por otros factores además de la elevación.

Lo anterior sugiere que el establecimiento de zonas de transición Bosque Alto Andino-Páramo deben ser realizados en conjunto con las observaciones de composición de grupos como plantas, de tal forma que pueda establecerse la existencia de una concordancia como la encontrada por Jankowski *et al.* (2013) en sistemas andinos de Perú.

Pese a la poca consistencia en la elevación a la cual se presentan los herbazales (y de acuerdo con Jankowski *et al.* 2009), en todos los Páramos se presentaron cambios en la estructura y composición de la avifauna a través del gradiente analizado. De acuerdo a los resultados de abundancia y frecuencia relativa (figuras 2.10 y 2.11), se encuentran especies asociadas principalmente a herbazales (su abundancia aumenta en zonas de herbazal) y otras zonas de arbustales o bosque. Las explicaciones de estas distribuciones pueden ser específicas a cada especie, siendo causadas por factores como tolerancias fisiológicas, competencia interespecífica o recursos claves que determinan el establecimiento a uno o múltiples hábitats (Altshuler & Dudley 2006, Terborgh & Weske 1975). En el contexto de la delimitación de páramos, sugerimos a *Ochthoeca fumicolor* y *Sporagra spinescens* como especies asociadas a herbazales, y por lo cual sean consideradas indicadoras de estas coberturas. A pesar de que estas especies no son exclusivas de este hábitat, existe un claro aumento en su abundancia hacia los arbustales y herbazales de alta montaña. Así también, se sugiere a *Anisognathus lacrymosus* y *Diglossa gloriosissima* como especies con asociación a zonas de arbustales visitados. El bosque tiene una gran cantidad de especies exclusivas a diferencia de las otras dos coberturas, lo cual sugiere la existencia de un filtro ambiental para colonizar y persistir en herbazales.

Es de resaltar que características físicas de cada una de las coberturas influyen en los registros de las especies. La altura del dosel en herbazales y arbustales es menor, por lo que la detectabilidad de especies de vuelo a altas elevaciones como catártidos, golondrinas, vencejos y rapaces, aumenta respecto a la detectabilidad de los mismos en bosque (Boulinier *et al.* 1998). Varias especies exclusivamente

registradas en estaciones de herbazal o arbustales corresponden a estas especies, que aunque llegan hasta estas elevaciones pueden no presentar sus sitios de percha, anidamiento o forrajeo. Por esto, pese a la exclusividad de los registros hacia una sola cobertura, no son consideradas especies indicadoras o propias de éstas. Sugerimos que en estudios futuros se considere de manera explícita y cuantitativa la probabilidad de detección de las especies y como esta probabilidad cambia en función de las diferentes coberturas, por ejemplo, con modelos de ocupación (MacKenzie et al. 2006). Esto permitiría el análisis apropiado de la información teniendo en cuenta que existen cambios drásticos en la detección de especies entre las diferentes coberturas.

Con respecto al cambio en la composición de gremios tróficos a lo largo del ecotono (figura 2.13), es de notar dos tendencias. La primera es el aumento en la proporción de granívoros y la segunda, disminución de omnívoros hacia el herbazal. Aunque en general para los todos los Páramos, se observó el aumento del número de gremios hacia mayores elevaciones (aparición de carroñeros y carnívoro) (figura 2.13), este patrón posiblemente se deba al fenómeno descrito anteriormente, sobre el cambio de detectabilidad para algunas especies en los arbustales y herbazales por sus características físicas, y no a que representantes de éstos gremios sean habitantes propios de éstas coberturas. Sugerimos que para el futuro se recolecte más información cuantitativa con el fin de justificar una división más fina entre gremios. (Stiles & Rosselli 1998).

Finalmente, nuestros resultados sugieren que cada uno de los Páramos visitados presenta diferentes patrones en cuanto a la distribución altitudinal de las aves. De los Páramos visitados en este complejo, observamos que los rangos de elevación dentro de los cuales se puede observar un cambio de bosque a herbazal son variables y estrechos, desde 60 (Junco) hasta 257 m (Cerro Plateado). Las elevaciones a las cuales se observan las diferentes coberturas son diferentes para cada Páramo. Mientras que en los Páramos de Pená y El Junco es posible observar herbazales alrededor de los 3400 m de elevación, en los otros tres

Páramos a estas mismas elevaciones se observa bosque. Sin embargo, también es posible realizar ciertas generalizaciones para el complejo Frontino-Urrao. Por ejemplo, la consistencia de patrones en la estructura de la comunidad, la disminución de la riqueza con la elevación, cambios en la composición, abundancia y frecuencia de especies asociadas a zonas de arbustales y herbazales indican un cambio a través del gradiente que no necesariamente puede ser predicho por la elevación pero que permiten diferenciar los herbazales del bosque altoandino. Por esto, se sugieren dos estrategias para determinar cotas de elevación, que de manera conservativa lograrían proteger la mayoría de zonas de páramo, incluyendo la transición, en la totalidad de este complejo: 1. La mínima elevación a la cual se identificaron a simple vista las coberturas vegetales dominantes de arbustales en el complejo – esta estrategia aplicaría un solo criterio conservativo para todos los Páramos de este complejo; y 2. La mínima elevación de una estación cuya composición y abundancia relativa de aves sea diferenciable de otros grupos de estaciones (basados en los dendrogramas y análisis de discriminación lineal) – esta estrategia aplicaría un criterio para cada Páramo. De acuerdo a la primera estrategia sugerimos una cota de 3372 m para el complejo de Frontino-Urrao y según la segunda estrategia sugerimos para los tres Páramos de menor tamaño (Pena, La Horqueta y El Junco) cotas de 3397, 3382 y 3372 m, respectivamente, basados en los resultados de los dendrogramas que consideran tanto composición como abundancia relativa (Figs. 2.18 A, B, D). Para los dos Páramos restantes (El Sol y Cerro Plateado) la cota de elevación estaría ubicada más arriba, a 3540 y 3590 m respectivamente. Por lo tanto, en el complejo de Frontino – Urrao, una cota conservativa de 3300 m de elevación podría ser adecuada para la protección de todos los Páramos en este complejo. Por último, es importante resaltar que estas sugerencias solo están basadas en la información de aves y que una decisión mejor informada tendría en cuenta la información de todos los grupos.

2.4 CONCLUSIONES

1. La similitud en composición de avifauna y los resultados de los índices de similitud por composición (Sørensen) y composición y abundancia (Bray-Curtis), sugieren que todos los páramos analizados pueden ser considerados como un único complejo.
2. Los resultados de los análisis de similitud (Bray-Curtis y Sørensen) y el análisis discriminante sugieren una diferenciación entre el bosque y el herbazal de acuerdo a la composición y abundancia de la avifauna. En ciertas situaciones resulta complicado distinguir el herbazal del arbustal y en ciertas situaciones es difícil separar el arbustal de bosque. Sin embargo, gran parte de este resultado es un artefacto del aumento en la probabilidad de detección de ciertas especies en el herbazal, y no producto de un marcado recambio en la composición a lo largo del gradiente de elevación. Por ejemplo, aves rapaces y golondrinas son más fáciles de detectar en zonas abiertas como herbazales que en zonas con dosel cerrado como el bosque. Por lo anterior, sugerimos que ciertas especies como *Sporagra spinescens* y *Ochthoeca fumicolor*, que mostraron un aumento en la abundancia y frecuencia hacia zonas de arbustales y herbazales, siendo registradas principalmente en este último, sean consideradas indicadoras de transición y páramo. El mismo caso se presenta para *Anisognathus lacrymosus* y *Diglossa gloriosissima* en las zonas de arbustales. El bosque presenta gran cantidad de especies exclusivas a diferencia de las otras dos coberturas, siendo algunas de ellas *Ochthoeca frontalis*, *Ochthoeca rufipectoralis*, *Pipreola riefferii*, *Pipreola arcuata*, *Pseudocolaptes boussoleautti* y *Myioborus ornatus*.
3. La ubicación en el gradiente altitudinal de cada una de las coberturas no fue consistente entre Páramos, encontrando diferentes coberturas a elevaciones similares. A partir de esto y dado que los resultados encuentran una diferenciación clara entre bosque y herbazales pero no entre arbustales y herbazales, se seleccionó la cota de elevación a partir de las zonas de

transición de dos maneras conservativas. En la primera se identificó la elevación mínima entre las estaciones ubicadas en zonas de arbustales (3373 m). En la segunda, se identificó la elevación mínima de la estación cuya composición y abundancia relativa de aves sea diferenciable de otros grupos de estaciones (basados en los dendrogramas). Enfatizamos que éstas solo son sugerencias basadas en los datos de aves y que sería conveniente tomar una decisión mejor informada utilizando la información de todos los grupos de organismos estudiados.

Literatura citada

Altshuler, D. L., Dudley, R. 2006. The physiology and biomechanics of avian flight at high altitude. *Integrative and Comparative Biology* 46: 62–71.

Black, J.B., Loiselle, B.A. 2000. Diversity of birds along an elevational gradient in the Cordillera Central, Costa Rica. *The Auk* 117 (3): 663-686.

Boulinier, T., Nichols, J. D., Sauer, J. R., Hines, J. E. Pollock, K.H. 1998. Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. *Ecology* 79(3): 1018-1028.

Bray, J.R., Curtis, J.T. 1957. An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27:325-349

Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* 11: 256-270

Chao, A. Lee, S.M. 1992. Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of American Statistical Association* 87: 210-217

Chao, A., Ma, M.C., Yang, M.C.K. 1993. Stopping rules and estimation for recapture debugging with unequal failure rates. *Biometrika* 80:193-201

Chao, A., Shen, T.J. 2003. Nonparametric estimation of Shannon's index of diversity when there are unseen species in sample. *Environmental and Ecological Statistics* 10: 429-443

Chaparro-Herrera, S., Echeverry-Galvis M. Á., Córdoba-Córdoba S., Sua-Becerra A. 2013. Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana* 14(2): 235-272.

Colwell, R.K., Mao, C.X., Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85: 2717-2727.

Flórez, P., Krabbe, N., Castaño, J., Suárez, G., Arango, J.D. 2004. Evaluación Avifauna del Páramo de Frontino, Antioquia, Agosto 2004. Colombian EBA Project Report Series No. 6. Fundación ProAves, Colombia. 27 pp.

Heck, K.L., van Belle, G., Simberloff, D. 1975. Explicit calculation of the rarefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. *Ecology* 56: 1459–1461

Hilty, S.L., Brown, W.L. 1986. A guide to the birds of Colombia. Princeton, NJ. Princeton University Press..

Hurlbert, S.H. 1971. The Nonconcept of Species Diversity: A Critique and Alternative Parameters. *Ecology* 52 (4): 577-586

Jankowski, J.E., Merkord, C.L., Farfan, W., García, K., Salinas N., Silman, M. 2013. The relationship of tropical bird communities to tree species composition and

vegetation structure along an Andean elevational gradient. *Journal of Biogeography* (40): 950–962

Jankowski, J.E., Ciecka, A.L., Meyer, N.Y., Rabenold, K.N. 2009. Beta diversity along environmental gradients: implications of habitat specialization in tropical montane landscapes. *Journal of Animal Ecology*, 78(2): 315-327.

Johnson, Andy. 2011. Noble Snipe (*Gallinago nobilis*), Neotropical Birds Online (T.S. Schulenberg, Editor). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; retrieved from Neotropical Birds Online:
http://neotropical.birds.cornell.edu/portal/species/overview?p_p_spp=154901

Kattan, G. H., Franco, P. 2004. Bird diversity along elevational gradients in the Andes of Colombia: area and mass effects. *Global Ecology and Biogeography*, 13(5): 451-458.

Krabbe, N., Flórez, P., Suárez, G., Castaño, J., Arango, J.D., Pulgarín, P.C., Múnera, W., Stiles, F.G. Salaman, P. 2005. Rediscovery of the Dusky Starfrontlet *Coeligena orina*, with a description of the adult plumages and a reassessment of its taxonomic status. *Ornitología Colombiana* (3): 28-35.

Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey (EU). 179 pp.

MacKenzie, D.I., Nichols, J.D., Royle, J.A., Pollock, K.H., Bailey, L.L. Hines, J.E. 2006. *Occupancy Estimation and Modeling: Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence*. New York, US. Academic Press.

Mac Arthur, R.H. 1957. On the relative abundance of bird species. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 43: 293-295.

- May, R.M. 1975. Patterns of species abundance and diversity. In *Ecology and Evolution of Communities*, Cambridge, MA. Harvard University Press.
- McCain, C.M. 2009. Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 18(3): 346-360.
- Moreno, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, Vol1, Zaragoza (España). 84 pp.
- Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 285-307.
- Preston, F. 1948. The commonness, and rarity, of species. *Ecology* 29: 254-283.
- Pulgarín-R., P.C., Múnera-P, W. 2006. New bird records from Farallones del Citará, Colombian Western Cordillera. *SAO* (16): 44-53.
- R Development Core Team. 2012. R: a language and environment for statistical computing. Version 2.14.2. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. EN: <http://www.r-project.org/>.
- Remsen, J.V., Jr., Cadena, C.D., Jaramillo, A., Nores, M., Pacheco, J.F., Perez-Eman, J., Robbins, M.B., Stiles, F.G., Stotz, D.F., Zimmer, K.J. Version October 2014. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. EN: <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>.
- Restall, R., Rodner, C., Lentino, M. 2007. *Birds of Northern South America. An Identification guide*. London, UK. Yale University Press.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.

Sørensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab* 5 (4): 1–34

Stiles, F.G, Rosselli, L. 1998. Inventario de las aves de un bosque altoandino: Comparación de dos métodos. *Caldasia* 20 (1): 29-43.

Suárez, Nubia Lizeth. 2014. Diferencias entre la estructura de la comunidad de aves de alta montaña y comportamiento de los grupos tróficos en las vertientes oriental y occidental de la sierra nevada de el cocuy, Colombia. Tesis o Trabajo de Investigación presentado como requisito parcial para optar por el título de: Magister en Ciencias-Biología. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Stutchbury B.J.M., Morton, E.S. 2001. Behavioral ecology of tropical birds. San Diego, US. Academic Press. .

Terborgh, J., Weske, J.S. 1975. The role of competition in the distribution of Andean birds. *Ecology* 56: 562–576.

Terborgh, J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology* 58 (5): 1007-1019.

Whittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21 (2/3): 213-251

Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in plant communities. *Science* 147: 250–260.

Wilson, J.B. 1991. Methods for fitting dominance/diversity curves. *Journal of Vegetation Science* 2: 35–46.

ANEXOS AVES
COMPLEJO FRONTINO-URRAO

ANEXO 2.1.

Listado total de especies registradas en los puntos de conteo, la captura en redes de niebla y observaciones casuales (*ad libitum*) en cada uno de los páramos visitados en el complejo Frontino – Urrao.

Familia	Especie	Pená	EI Junco	EI Sol	La Horqueta	Cerro Plateado	Categoría Amenaza en Colombia	Info. especie
Tinamidae	<i>Nothocercus julius</i>			1	1	1		CE
Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>			1		1		Lat, Trans, Loc
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Coragyps atratus</i>	1	1	1	1	1		
Accipitridae	<i>Accipiter striatus</i>			1				
	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>			1				
	<i>Geranoaetus polysoma</i>	1	1		1	1		
	<i>Buteo platypterus</i>		1					Lat (MB), Trans
	<i>Buteo brachyurus</i>				1	1		
	<i>Buteo swainsoni</i>		1					Lat (MB), Trans
	<i>Buteo albigula</i>					1		
	<i>Rupornis magnirostris</i>		1					
Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>			1		1		
Scolopacidae	<i>Gallinago nobilis</i>			1		1		CE
Columbidae	<i>Patagioenas fasciata</i>	1	1	1	1	1		Alt, Loc
	<i>Glaucidium jardinii</i>		1	1				
Strigidae	<i>Megascops albogularis</i>		1		1	1		
	<i>Megascops choliba</i>				1			
Nyctibiidae	<i>Nyctibius griseus</i>	1						
Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>				1			
	<i>Uropsalis segmentata</i>	1	1		1			
Apodidae	<i>Streptoprocne rutila</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Streptoprocne zonaris</i>	1	1	1				
Trochilidae	<i>Colibri coruscans</i>	1	1	1		1		
	<i>Colibri thalassinus</i>		1		1	1		Alt, Loc
	<i>Heliangelus exortis</i>	1	1	1	1	1		CE

Familia	Especie	Pená	EI Junco	EI Sol	La Horqueta	Cerro Plateado	Categoría Amenaza en Colombia	Info. especie
	<i>Adelomyia melanogenys</i>		1					
	<i>Aglaiocercus kingi</i>	1						
	<i>Ramphomicron microrhynchum</i>	1	1	1		1		
	<i>Metallura tyrianthina</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Metallura williami</i>	1						EI
	<i>Haplophaedia aureliae</i>					1		CE
	<i>Eriocnemis mosquera</i>	1	1	1				CE
	<i>Eriocnemis vestita</i>	1	1	1		1		
	<i>Coeligena coeligena</i>	1						
	<i>Coeligena orina</i>		1	1	1	1	EN	E
	<i>Coeligena torquata</i>	1		1	1	1		
	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>		1	1		1		
	<i>Ensifera ensifera</i>	1	1	1				
	<i>Boissonneaua flavescens</i>	1		1	1			
Trogonidae	<i>Trogon personatus</i>	1	1		1			
Momotidae	<i>Momotus aequatorialis</i>			1	1			
Ramphastidae	<i>Andigena nigrirostris</i>	1		1		1	NT	CE
	<i>Melanerpes formicivorus</i>		1	1	1			
	<i>Picoides fumigatus</i>					1		
Picidae	<i>Colaptes rubiginosus</i>				1	1		
	<i>Colaptes rivolii</i>		1	1		1		
	<i>Campephilus pollens</i>		1					
Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	1		1		1		
	<i>Falco femoralis</i>					1		
	<i>Bolborhynchus lineola</i>			1				Alt, Loc
Psittacidae	<i>Hapalopsittaca amazonina</i>			1			VU	CE
	<i>Amazona mercenaria</i>					1		
	<i>Grallaria alleni</i>			1			EN	CE
	<i>Grallaria ruficapilla</i>			1		1		
Grallaridae	<i>Grallaria nuchalis</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Grallaria rufula</i>	1			1	1		
	<i>Grallaricula nana</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Acropternis orthonyx</i>					1		
	<i>Scytalopus latrans</i>	1		1		1		
Rhinocryptidae	<i>Scytalopus spillmanni</i>		1		1			CE
	<i>Scytalopus canus</i>	1	1		1	1	EN	E
	<i>Myornis senilis</i>		1	1		1		
Furnariidae	<i>Dendrocincla tyrannina</i>		1					
	<i>Lepidocolaptes lacrymiger</i>			1	1			

Familia	Especie	Pená	El Junco	El Sol	La Horqueta	Cerro Plateado	Categoría Amenaza en Colombia	Info. especie
	<i>Pseudocolaptes boissonneautii</i>		1	1	1	1		
	<i>Thripadectes flammulatus</i>			1				CE
	<i>Thripadectes holostictus</i>	1	1					
	<i>Margarornis squamiger</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Hellmayrea gularis</i>		1	1	1	1		
	<i>Synallaxis azarae</i>		1	1	1	1		
	<i>Synallaxis unirufa</i>	1		1	1			
	<i>Phyllomyias nigrocapillus</i>		1			1		
	<i>Elaenia frantzii</i>		1	1	1	1		Alt, Loc
	<i>Mecocerculus leucophrys</i>		1	1	1	1		
	<i>Mecocerculus stictopterus</i>			1		1		
	<i>Serpophaga cienera</i>				1	1		
	<i>Pseudotriccus ruficeps</i>		1		1	1		
	<i>Mionectes striaticollis</i>				1			
	<i>Leptopogon rufipectus</i>			1		1		CE
	<i>Hemitriccus granadensis</i>		1	1	1			
	<i>Poecilotriccus ruficeps</i>		1		1			
	<i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i>	1	1	1	1	1		
Tyrannidae	<i>Contopus fumigatus</i>					1		
	<i>Sayornis nigricans</i>				1			
	<i>Myiotheretes fumigatus</i>		1	1		1		
	<i>Ochthoeca diadema</i>				1	1		
	<i>Ochthoeca cinnamomeiventris</i>		1			1		
	<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>		1	1				
	<i>Ochthoeca frontalis</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Ochthoeca fucicolor</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Tyrannus melancholicus</i>			1		1		Loc
	<i>Tyrannus savana</i>			1				
	<i>Tyrannus tyrannus</i>			1				
	<i>Myiarchus cephalotes</i>				1			
	<i>Pipreola riefferii</i>	1	1		1	1		
Cotingidae	<i>Pipreola arcuata</i>				1	1		
	<i>Ampelion rufaxilla</i>		1				VU	
	<i>Ampelion rubrocristatus</i>		1	1	1	1		
Vireonidae	<i>Cyclarhis nigrirostris</i>					1		CE
	<i>Vireo leucophrys</i>		1	1				Lat, Trans
Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	1				1		
	<i>Cyanolyca armillata</i>			1	1			CE
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>		1	1		1		

Familia	Especie	Pená	EI Junco	EI Sol	La Horqueta	Cerro Plateado	Categoría Amenaza en Colombia	Info. especie
	<i>Orochelidon murina</i>				1	1		
	<i>Orochelidon flavipes</i>			1				
	<i>Troglodytes aedon</i>				1			
	<i>Troglodytes solstitialis</i>		1					
Troglodytidae	<i>Pheugopedius mystacalis</i>					1		
	<i>Cinnycerthia olivascens</i>		1	1	1	1		CE
	<i>Henicorhina leucophrys</i>		1	1	1	1		
Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>					1		
Cinclidae	<i>Cinclus leucocephalus</i>					1		
	<i>Myiadestes ralloides</i>		1	1		1		
Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Turdus serranus</i>				1	1		
	<i>Sericossypha albocristata</i>	1			1	1		
	<i>Hemispingus atropileus</i>		1		1	1		
	<i>Hemispingus verticalis</i>		1	1	1	1		
	<i>Cnemoscopus rubirostris</i>		1	1	1	1		
	<i>Buthraupis montana</i>	1			1	1		
	<i>Cnemothraupis eximia</i>	1	1	1				
	<i>Chlorornis riefferii</i>				1			
	<i>Anisognatus lacrymosus</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Anisognatus somptuosus</i>			1				
	<i>Dubusia taeniata</i>		1	1	1	1		
	<i>Iridosornis rufivertex</i>		1	1	1	1		
	<i>Thraupis cyanocephala</i>			1	1	1		
	<i>Thraupis episcopus</i>					1		
Thraupidae	<i>Tangara vassorii</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Tangara xantcephala</i>			1	1			
	<i>Tangara heinei</i>				1			
	<i>Conirostrum albifrons</i>					1		
	<i>Conirostrum sitticolor</i>		1	1	1	1		
	<i>Diglossa albilatera</i>		1	1	1	1		
	<i>Diglossa brunneiventris</i>	1		1		1		
	<i>Diglossa caeruleascens</i>	1			1			
	<i>Diglossa cyanea</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Diglossa gloriosissima</i>	1	1	1	1	1	EN	E
	<i>Diglossa humeralis</i>		1					
	<i>Diglossa lafresnayii</i>			1	1			
	<i>Catamblyrhynchus diadema</i>					1		
	<i>Catamenia homochroa</i>			1		1		

Familia	Especie	Pená	EI Junco	EI Sol	La Horqueta	Cerro Plateado	Categoría Amenaza en Colombia	Info. especie
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Arremon assimilis</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Atlapetes schistaceus</i>	1	1	1	1	1		
	<i>Chlorospingus flavopectus</i>			1				
Cardinalidae	<i>Piranga rubriceps</i>			1				EI
	<i>Setophaga fusca</i>		1					Lat, Trans
Parulidae	<i>Myiothlypis luteoviridis</i>	1	1		1			
	<i>Myiothlypis nigrocristata</i>		1	1	1	1		
	<i>Myiothlypis coronata</i>			1		1		
	<i>Basileuterus tristriatus</i>				1			
	<i>Myioborus miniatus</i>			1				
	<i>Myioborus ornatus</i>			1	1	1		CE
	<i>Psarocolius angustifrons</i>				1			
Icteridae	<i>Caccicus chrysonotus</i>			1		1		
	<i>Hypopyrrhus pyrohypogaster</i>				1	1	VU	E
Fringillidae	<i>Sporagra spinescens</i>	1	1	1		1		CE
Total	36 familias, 159 especies	51	80	93	84	98		

Categoría de amenaza en Colombia (Renjifo et al. 2014): EN: En Peligro, VU: Vulnerable, NT: Casi Amenazada.

Info. especie (Chaparro et al. 2013): EN: Endémica, CE: Casi-endémica, EI: Especie de Interes. Migración (Naranjo y Espinel 2009, Naranjo et al. 2012): Lat: Latitudinal, Alt: Altitudinal, Trans: Transfonteriza, Loc: Local.

Taxonomía: Remsen et al. 2014: Remsen, J. V., Jr., C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, J. Pérez-Emán, M. B. Robbins, F. G. Stiles, D. F. Stotz, and K. J. Zimmer. Version [13/09/14]. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>

ANEXO 2.2.

Especies con categoría de amenaza, endemismo o migración, registradas en cada una de las estaciones de los páramos del Complejo Frontino-Urrao entre marzo y agosto de 2014. Categoría de amenaza en Colombia (Renjifo *et al.* 2014): EN (En Peligro), NT (Casi Amenazada). Endemismos (Chaparro-Herrera *et al.* 2013): E (Endémica), CE (Casi endémica), EI (Especie de interés). Tipo de Migración (Naranjo y Espinel 2009, Naranjo *et al.* 2012): Lat (MB) (Migración latitudinal, migrante Boreal), Trans (Migración transfronteriza), Loc (Migración Local).

Páramo	Estación (m)	Especie (Número de individuos Registrados)	Información sobre la especie
Pená	Herbazal (3424)	<i>Scytalopus canus</i> (2)	EN, E
		<i>Sporagra spinescens</i> (6)	CE
	Arbustal (3400)	<i>Diglossa gloriosissima</i> (2)	EN, E
		<i>Sporagra spinescens</i> (11)	CE
	Arbustal (3397)	<i>Diglossa gloriosissima</i> (1)	EN, E
		<i>Sporagra spinescens</i> (6)	CE
Arbustal (3373)	<i>Andigena nigrirostris</i> (1)	NT	
	<i>Diglossa gloriosissima</i> (2)	EN, E	
Bosque (3358)	<i>Diglossa gloriosissima</i> (5)	EN, E	
El Junco	Herbazal (3432)	<i>Diglossa gloriosissima</i> (1)	EN, E
		<i>Eriocnemis mosquera</i> (1)	CE
	Bosque (3420)	<i>Cinnycerthia olivascens</i> (1)	CE
		<i>Diglossa gloriosissima</i> (1)	EN, E
	Arbustal (3407)	<i>Eriocnemis mosquera</i> (3)	CE
		<i>Buteo platypterus</i> (3)	Lat (MB), Trans
Bosque (3374)	<i>Cinnycerthia olivascens</i> (4)	CE	
	<i>Scytalopus canus</i> (2)	EN, E	
Arbustal (3373)	<i>Buteo platypterus</i> (30)	Lat (MB), Trans	
	<i>Diglossa gloriosissima</i> (1)	EN, E	
El Sol	Herbazal (3648)	<i>Eriocnemis mosquera</i> (2)	CE
		<i>Cyanolyca armillata</i> (1)	CE
		<i>Nothocercus julius</i> (3)	CE
		<i>Sporagra spinescens</i> (6)	CE

Páramo	Estación (m)	Especie (Número de individuos Registrados)	Información sobre la especie
	Arbustal (3608)	<i>Diglossa gloriosissima</i> (8)	EN, E
		<i>Eriocnemis mosquera</i> (1)	CE
		<i>Nothocercus julius</i> (9)	CE
		<i>Sporagra spinescens</i> (11)	CE
	Arbustal (3541)	<i>Andigena nigrirostris</i> (1)	NT
		<i>Diglossa gloriosissima</i> (1)	EN, E
		<i>Hapalopsittaca amazonina</i> (3)	VU, CE
		<i>Nothocercus julius</i> (10)	CE
	Bosque (3490)	<i>Sporagra spinescens</i> (3)	CE
		<i>Coeligena orina</i> (4)	EN
		<i>Diglossa gloriosissima</i> (2)	EN, E
	Bosque (3433)	<i>Nothocercus julius</i> (7)	CE
<i>Nothocercus julius</i> (5)		CE	
La Horqueta	Herbazal (3604)	<i>Scytalopus canus</i> (2)	EN, E
	Arbustal (3548)	<i>Diglossa gloriosissima</i> (7)	EN, E
		<i>Nothocercus julius</i> (1)	CE
		<i>Scytalopus canus</i> (2)	EN, E
	Bosque (3495)	<i>Scytalopus canus</i> (4)	EN, E
	Bosque (3437)	<i>Coeligena orina</i> (1)	EN
		<i>Myioborus ornatus</i> (6)	CE
		<i>Nothocercus julius</i> (1)	CE
		<i>Scytalopus canus</i> (2)	EN, E
	Bosque (3382)	<i>Myioborus ornatus</i> (1)	CE
		<i>Scytalopus canus</i> (1)	EN, E
	Cerro Plateado	Herbazal (3750)	<i>Nothocercus julius</i> (2)
<i>Scytalopus canus</i> (1)			EN, E
Herbazal (3646)		<i>Diglossa gloriosissima</i> (7)	EN, E
		<i>Nothocercus julius</i> (2)	CE
		<i>Sporagra spinescens</i> (9)	CE
Arbustal (3590)		<i>Diglossa gloriosissima</i> (14)	EN, E
		<i>Sporagra spinescens</i> (2)	CE
Bosque (3541)		<i>Coeligena orina</i> (1)	EN
		<i>Diglossa gloriosissima</i> (8)	EN, E
		<i>Cinnycerthia olivascens</i> (1)	CE
Bosque (3493)		<i>Coeligena orina</i> (1)	EN
		<i>Diglossa gloriosissima</i> (8)	EN, E
	<i>Haplophaedia aureliae</i> (2)	CE	

ANEXO 2.3.

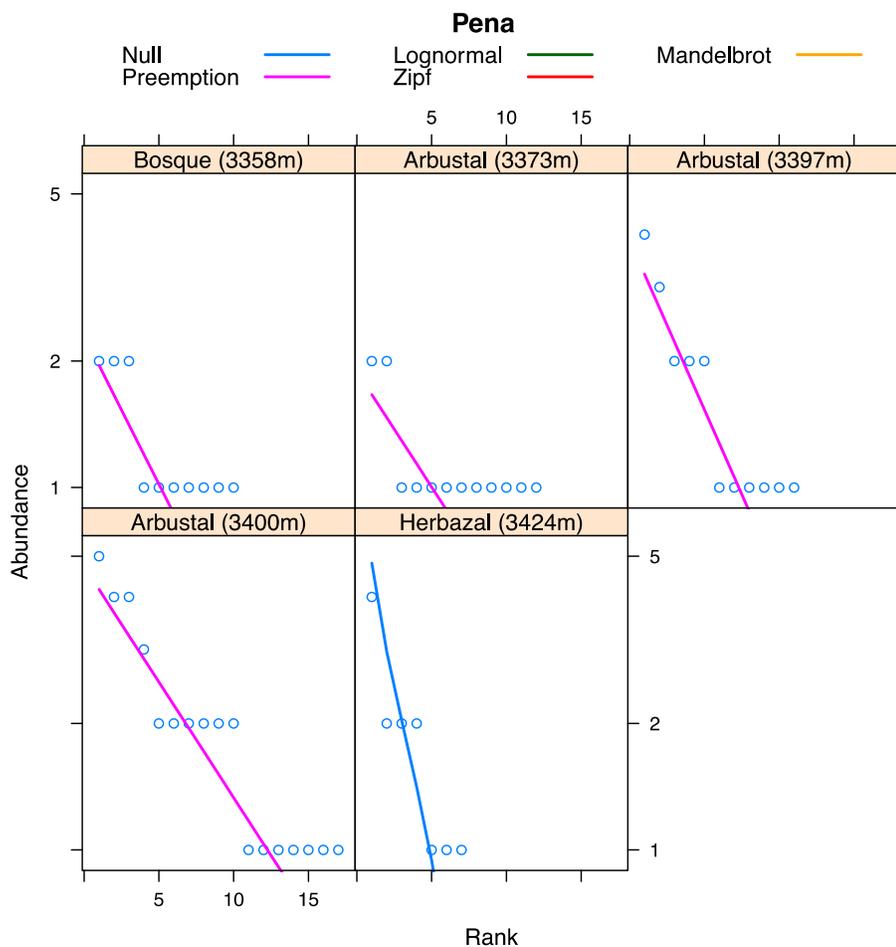
Valores p de cada las regresiones entre la elevación y la riqueza observada, la elevación y la riqueza esperada según los estimadores Chao 1 y ACE, y la elevación y los índices de diversidad Simpson y Shannon-Wiener, para los páramos del complejo Frontino-Urrao. Los valores significativos son resaltados en negrilla ($p < 0.05$).

Páramo	Riqueza Observada	Chao1	ACE	Simpson	Shannon-Wiener
Pená	0.7901	0.3172	0.2424	0.2832	0.4832
El Junco	0.4741	0.2696	0.2609	0.3823	0.7471
El Sol	0.9151	0.8911	0.9658	0.06502	0.471
La Horqueta	0.2982	0.04017	0.01062	0.1529	0.1809
Cerro Plateado	0.118	0.33	0.3179	0.0835	0.08438

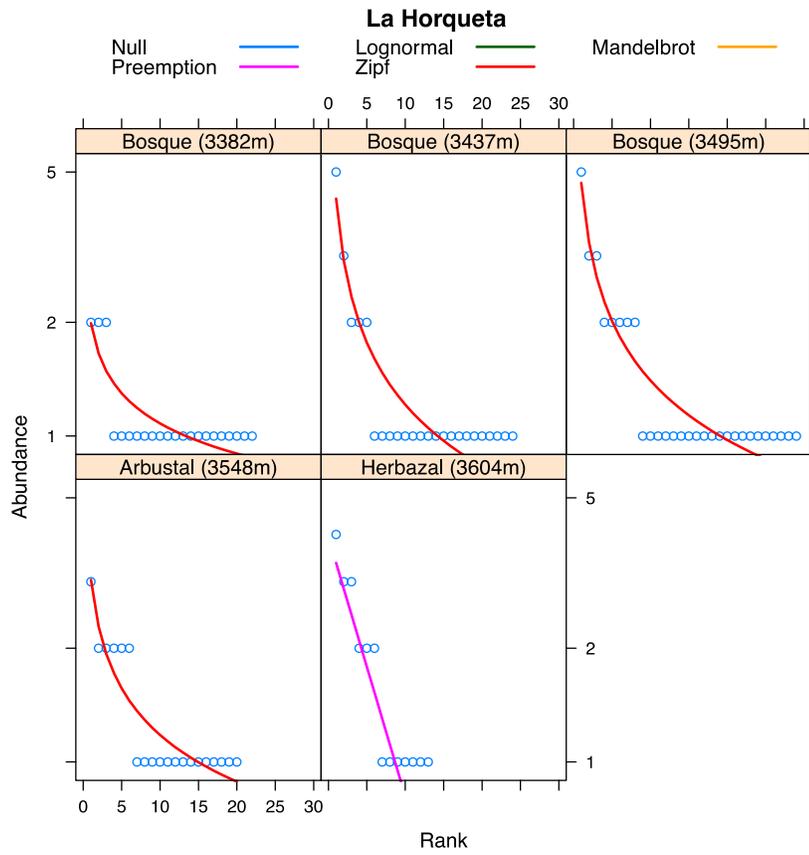
ANEXO 2.4

Gráficas de distribución de abundancias por estación para cada uno de los páramos del complejo Frontino-Urrao: **A)** Pená, **B)** El Junco, **C)** El Sol, **D)** La Horqueta y **E)** Cerro Plateado. En el eje X se ubican cada una de las especies encontradas, organizadas desde la más abundante hacia la menos abundante. El color de la línea indica el modelo de mejor ajuste.

A.



D.



E.

