

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“DINÁMICA ESPACIO TEMPORAL DE LA FLORA DE
BOFEDALES EN AYACUCHO Y HUANCVELICA 2010-2012”**

Presentada por:

Mónica Sofía Maldonado Fonkén

Tesis para Optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO

Lima – Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS

**“DINÁMICA ESPACIO TEMPORAL DE LA FLORA DE
BOFEDALES EN AYACUCHO Y HUANCVELICA 2010-2012”**

Presentada por:

Mónica Sofía Maldonado Fonkén

Tesis para Optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

M.Sc. Aldo Ceroni Stuva
PRESIDENTE

Mg.Sc. Edgar Sánchez Infantas
MIEMBRO

Mg.Sc. Viviana Castro Cepero
MIEMBRO

Mg.Sc. Zulema Quinteros Carlos
ASESORA

DEDICATORIA

A mi madre.

AGRADECIMIENTOS

A Zulema Quinteros, Viviana Castro, Aldo Ceroni y Edgar Sanchez por su orientación, apoyo y valiosos aportes durante la realización de este trabajo.

A Edgardo Enriquez de Knight Piésold Consultores, por su confianza y apoyo especial en la realización de este trabajo. A la empresa “Transportadora de Gas del Perú S.A.” (TGP), por dar la autorización para el uso de los datos de campo.

A Juan Diego del Castillo por su valioso apoyo en las evaluaciones en campo, así como a todo el equipo de trabajo del Monitoreo de Bofedales del Sistema de Transportes de Ductos de GN y LGN, Camisea – Lima Perú (2010-2012) a cargo de Knight Piésold Consultores.

A mi padre el Biólogo Daniel Maldonado Drago, cuyo amor por la ecología de montañas fue una inspiración.

Y finalmente a mi madre la Bióloga Celinda Fonkén Luque, por su constante orientación, apoyo y aliento en todo el período de desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISION DE LITERATURA.....	4
	2.1 BOFEDALES	4
	2.2 COMUNIDADES VEGETALES EN LOS BOFEDALES.....	5
	2.3 ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LOS BOFEDALES	9
	2.4 ÍNDICES DE DIVERSIDAD.....	10
	2.4.1 MEDIDAS DE RIQUEZA	10
	2.4.2 MEDIDAS DE DIVERSIDAD	11
	2.4.3 MEDIDAS DE EQUIDAD	11
	2.5 DIVERSIDAD B - ANÁLISIS DE SIMILITUD.....	12
	2.5.1 ÍNDICE DE MORISITA - HORN	12
	2.6 DIVERSIDAD Y RIQUEZA BOTÁNICA EN LOS BOFEDALES.....	13
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
	3.1 ESTACIONES DE EVALUACIÓN	14
	3.2 EVALUACIÓN DE CAMPO.....	16
	3.3 IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES.....	16
	3.4 EVALUACIÓN BOTÁNICA.....	17
	3.5 ANÁLISIS DE DATOS.....	17

3.5.1	CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES:.....	17
3.5.2	ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)	18
3.5.3	EVALUACIÓN DE LAS DIFERENCIAS DE LAS COMUNIDADES VEGETALES ENTRE ÉPOCAS DE EVALUACIÓN (HÚMEDA, SECA Y TRANSICIÓN).....	18
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES	19
4.1.1	COMUNIDAD MIXTA DE DISTICHIA MUSCOIDES Y PLANTAGO TUBULOSA.....	29
4.1.2	COMUNIDAD DE PLANTAGO TUBULOSA	30
4.1.4	COMUNIDAD DE ACIACHNE ACICULARIS	31
4.1.5	COMUNIDAD DE PHYLLOSCIRPUS DESERTÍCOLA.....	32
4.1.7	PRADERA HÚMEDA	33
4.1.9	COMUNIDAD DE LACHEMILLA PINNATA Y POÁCEAS	34
4.2	SIMILITUD ENTRE COMUNIDADES VEGETALES	35
4.3	ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	36
4.4	DIFERENCIAS DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS ENTRE COMUNIDADES VEGETALES Y ÉPOCAS DE EVALUACIÓN (HÚMEDA, SECA Y TRANSICIÓN).....	39
4.4.1	ABUNDANCIA (COBERTURA) DE ESPECIES	39
4.4.2	ÍNDICES DE DIVERSIDAD.....	40

V.	CONCLUSIONES	46
VI.	RECOMENDACIONES	47
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	48
VIII.	ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Comunidades vegetales en bofedales peruanos	6
Tabla 2:	Ubicación de los bofedales evaluados.....	14
Tabla 3:	Distribución de Transectos por comunidad vegetal	19
Tabla 4:	ANOSIM de las comunidades vegetales identificadas en los sitios de estudio.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Ubicación de los bofedales evaluados.....	15
Figura 2:	NMDS de las comunidades vegetales identificadas empleando el índice de Morisita-Horn.....	20
Figura 3:	Coberturas relativas y número de especies por comunidad vegetal.....	22
Figura 4:	Número de especies (S) y Cobertura total (N)	23
Figura 5:	Equidad de Pielou (J), Riqueza de Margalef e Índice de Shannon (H) por comunidad vegetal.....	25
Figura 6:	Tipos de cobertura del suelo (promedios) por comunidad vegetal.....	26
Figura 7:	Comunidades vegetales	28
Figura 8:	Análisis de Similitud entre Comunidades Vegetales	36
Figura 9:	Análisis de Componentes Principales	38
Figura 10:	Box-plot del número de especies por comunidad vegetal y época de evaluación	42
Figura 11:	Box-plot de la riqueza de Margalef por comunidad vegetal y época de evaluación	43
Figura 12:	Box-plot de la equidad de Pielou por comunidad vegetal y época de evaluación	44

Figura 13: Box-plot del índice de Shannon por comunidad vegetal
y época de evaluación 45

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Análisis de Similitud con el índice de Morisita-Horn.....	56
ANEXO 2: Cobertura porcentual promedio de las especies registradas por comunidad vegetal.....	57
ANEXO 3: ANOSIM Tipos de Cobertura del suelo por comunidad vegetal	63
ANEXO 4: Autovectores del Análisis de Componentes Principales	64
ANEXO 5: ANOSIM por época y entre comunidad vegetal	65
ANEXO 6: Análisis de Varianza y Test de Tukey para el número de especies.....	66
ANEXO 7: Análisis de Varianza y Test de Tukey para la riqueza de Margalef	68
ANEXO 8: Análisis de Varianza y Test de Tukey para la equidad de Pielou.....	70
ANEXO 9: Análisis de Varianza y Test de Tukey para el índice de Shannon.....	72

RESUMEN

Los bofedales son un tipo de humedal altoandino con mayor superficie terrestre que acuática. Reconocidos como ecosistemas frágiles por la Ley General del Ambiente, son muy importantes para la ganadería altoandina, en el almacenamiento de carbono, y como reguladores del flujo hídrico en la parte alta de las cuencas. Con el objetivo de analizar la dinámica espacio temporal de la flora de bofedales, se evaluaron seis lugares en Ayacucho (Oocollo, Churia, Rosaspampa, Licapa) y Huancavelica (Apacheta, San Felipe) en tres épocas: transición (diciembre 2010), seca (agosto 2011) y húmeda (abril 2012). Se empleó la cobertura repetida en transectos de 50 m, usando para los análisis la cobertura porcentual. Se identificaron seis comunidades vegetales (de una a dos por bofedal) en el período evaluado en función a la(s) especies dominantes (22 a 65 por ciento de cobertura): de *Lachemilla pinnata* y Poáceas, de *Aciachne acicularis*, pradera húmeda (dominada por poáceas), de *Phylloscirpus deserticola* y *Distichia muscoides*, de *Plantago tubulosa*, de *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*. Todas fueron significativamente diferentes entre sí a nivel de abundancia de especies (ANOSIM-Morisita-Horn), pero salvo por un caso (riqueza de Margalef entre *Aciachne acicularis* y Pradera húmeda), esto no se observó entre los índices de diversidad evaluados (número de especies, riqueza de Margalef, índice de Shannon, equidad de Pielou) usando el Test de Tukey. Estacionalmente, todos estos índices (salvo por la equidad), junto con la cobertura vegetal y el agua fueron mayores durante la época húmeda. Las comunidades vegetales se distribuyeron en dos grandes grupos (27 por ciento de similitud), el primero compuesto por las comunidades donde dominan las Poáceas, y el segundo donde la dominancia la tienen otras herbáceas (Juncaceae, Plantaginaceae, Cyperaceae). La similitud entre épocas por comunidad vegetal casi siempre fue mayor del 70 por ciento.

Palabras clave: humedal altoandino, comunidades vegetales, índices de diversidad

ABSTRACT

The bofedales are a type of high Andean wetland with greater land surface than water. Recognized as fragile ecosystems by the General Law of the Environment, they are very important for high Andean livestock, in carbon storage, and as regulators of water flow in the upper basins. In order to analyze the dynamic space temporal of bofedal flora, six sites were evaluated in Ayacucho (Occollo, Churia, Rosaspampa, Licapa) and Huancavelica (Apacheta, San Felipe) in three seasons: transition (December 2010), dry (August 2011) and wet (April 2012). The assessment was done in transectes of 50 m with the method of repeated coverage, the percentage of coverage per species was used for the analyses. Six plant communities were identified (from one to two per bofedal) in the evaluated period considering the dominant species (22 to 65 percent of cover): *Lachemilla pinnata* and Poaceae, *Aciachne acicularis*, wet meadow (dominated by Poaceae), *Phylloscirpus deserticola* and *Distichia muscoides*, *Plantago tubulosa*, *Distichia muscoides* and *Plantago tubulosa*. All were significantly different from each other in terms of species abundance (ANOSIM-Morisita-Horn), but except for one case (Margalef's richness between *Aciachne acicularis* and wet meadows), this was not observed among the diversity indices evaluated (number of species, Margalef's wealth, Shannon's index, Pielou's equity). Seasonally, using the Tukey test all these indices (except for equity), together with vegetation and water coverage were greater during the wet season. The vegetal communities were distributed in two large groups (27 percent similarity), the first composed of the communities where the Poaceae dominate, and the second where the dominance is held by other herbaceous plants (Juncaceae, Plantaginaceae, Cyperaceae). The similarity between seasons per plant community was almost always greater than 70 percent.

Key words: High Andean wetland, Plant communities, diversity indexes

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, el término “bofedales” es empleado para describir a varios tipos de comunidades vegetales de humedales altoandinos que incluyen a las turberas de *Distichia*, *Plantago rigida*, *Oxychloe andina*, de musgos y arbustos, el césped de arroyo, praderas húmedas, etc. (Maldonado Fonkén 2014). El Ministerio del Ambiente - MINAM (2015), los considera como ecosistemas hidromórficos.

Los bofedales prestan una serie de servicios ecosistémicos que incluyen la provisión de alimento y agua tanto para el ganado como para la fauna silvestre; son refugio y hábitat de diferentes especies incluyendo aves migratorias (boreales y australes), especies endémicas, etc.; regulan el flujo de agua y están asociadas con el almacenamiento de la misma en la parte alta de las cuencas, además bajo este contexto garantizan la estabilidad de los suelos (Maldonado Fonkén 2014, Flores 2014, Gibbons 2012, CDC 2005). Uno de los servicios más importantes que prestan los bofedales (en especial cuando son turberas) es el almacenamiento de carbono. A nivel mundial las turberas ocupan el 3% de la superficie terrestre, pero almacenan más carbono que todos los bosques del planeta (RAMSAR 2015).

Todas estas características hacen que los bofedales sean un recurso importante para la población, en especial para los usuarios directos. Sin embargo, estos ecosistemas están sometidos a diferentes tipos de presiones antrópicas como: ganadería (llegando al sobrepastoreo), extracción de turba, construcción de infraestructura (e.g. carreteras, represas, etc.), drenajes, actividad minera, entre otros. Adicionalmente, el cambio climático, el retroceso glaciar y los cambios en los patrones de precipitación y temperaturas también afectan a estos ecosistemas.

En los bofedales, la vegetación está directamente relacionada con la formación de turba. Además la composición y abundancia de especies serán influenciadas por las actividades antrópicas que se desarrollan en ellos. La comprensión adecuada del comportamiento de

los parámetros evaluados facilitaría la implementación de medidas adecuadas de manejo productivo (e.g. ganadería, tierra vegetal, etc.), ecológico (e.g. restauración, conservación, etc.), económico (e.g. inversiones), entre otros. Y, como lo señalan Mateucci & Colma (1982), la vegetación es uno de los componentes más importantes del ecosistema; es el resultado de la combinación de factores ambientales (físicos y biológicos) sobre el conjunto de las especies que cohabitan en una determinada área.

Por lo tanto, estudiar la vegetación de los bofedales es importante para comprender estos ecosistemas. Por ejemplo, conocer si se mantienen la composición y abundancia de las diferentes comunidades vegetales de manera estacional y bajo la influencia de actividades antrópicas; o si los diferentes tipos de la cobertura del suelo (suelo desnudo, mantillo, cobertura vegetal total, etc.) y/o parámetros comunitarios como la diversidad, la equidad o la riqueza son indicadores útiles para describir y/o evaluar los cambios en estas comunidades.

Esta investigación permitirá contribuir al conocimiento de estos ecosistemas poco estudiados en nuestro país, que además son considerados como “ecosistemas frágiles” por la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611, artículo 99). Cabe resaltar que de acuerdo al MINAM (2015) en el Perú, tan sólo 0,4% (549,360 ha) de la superficie corresponde a bofedales, mientras que los pajonales altoandinos cubren el 14,2% (18 246,926 ha). Por lo tanto, son un recurso muy importante para la ganadería altoandina, así como para la fauna silvestre.

De igual manera, ante la intensa actividad productiva (minería, hidrocarburos), así como la construcción de infraestructura en la zona altoandina, es importante la caracterización adecuada de las comunidades vegetales de los bofedales, así como identificar índices, parámetros o especies clave que permitan hacer un seguimiento adecuado a estos ecosistemas, y/o elementos que faciliten la implementación de medidas de manejo, monitoreos, planes de compensación, etc.

En ese sentido, el objetivo del presente trabajo es analizar la dinámica espacio temporal de la flora de 6 bofedales de Ayacucho y Huancavelica, evaluados en diciembre de 2010 (transición), agosto de 2011 (época seca) y abril de 2012 (época húmeda) como parte del monitoreo de bofedales del Sistema de Transporte por Ductos del Proyecto CAMISEA a cargo de Transportadora de Gas del Perú S.A. (TGP).

Los objetivos específicos fueron:

- Caracterizar las comunidades vegetales de los bofedales en base a: su composición, abundancia, índices de diversidad (número de especies, índice de Shannon, equidad, riqueza), y diferentes tipos de cobertura del suelo (suelo desnudo, mantillo, cobertura vegetal, agua, roca, etc.).
- Analizar las agrupaciones espaciales y/o temporales que se formen entre las comunidades vegetales de los bofedales evaluados mediante análisis de similitud en base a la composición y la abundancia de especies.
- Analizar la relación entre los diferentes parámetros evaluados en cada una de las comunidades vegetales de los bofedales durante las tres evaluaciones realizadas.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 BOFEDALES

Bofedal es el nombre local empleado en las zonas altoandinas para referirse a diferentes tipos de comunidades vegetales de humedales (Maldonado Fonkén 2014). Como lo indica Daily (1997, en Dangles et al. 2014) los humedales son unos de los sistemas más productivos del planeta, en muchos lugares del mundo permiten el desarrollo de las actividades humanas y constituyen sistemas socio-ecológicos muy complejos.

Los bofedales se desarrollan normalmente en zonas planas, en los alrededores de pequeñas lagunas, y/o bordeando los riachuelos y pequeños manantiales. Se caracterizan por su coloración siempre verde que contrasta con las zonas xerofíticas aledañas, así como por la presencia de suelos orgánicos o turbas. Se considera que pueden ser de origen natural o artificial, así como estacionales o permanentes (Florez 1992, 2005; Salvador y Cano 2002; Ruiz y Tapia 1987; Tovar 1973, en Maldonado Fonkén 2010).

Una de las principales características de estos ecosistemas es la presencia constante de humedad, a diferencia de las formaciones vegetales circundantes. Se convierten en humedales dentro de un ambiente árido, una especie de “oasis en la Puna”, prestando una serie de servicios ambientales como provisión de agua y alimento para el ganado y la fauna silvestre (en especial en la época seca); provisión de hábitat para varias especies, incluyendo especies endémicas, amenazadas y migratorias; regulación de la descomposición de la materia orgánica que influencia al ciclo del carbono a nivel regional; almacenamiento, la filtración y regulación del agua en la parte alta de las cuencas, etc. (Dangles et al., 2014; Maldonado Fonkén 2014; Gibbons 2012; Maldonado & Maldonado 2010; Segnini et al. 2010, Squeo et al. 2006).

Cabe resaltar que los bofedales se encuentran entre los ecosistemas más vulnerables del mundo debido a su ubicación, su fragmentación dentro de una matriz ambiental seca, su

elevada sensibilidad a cambios en la hidrología, clima y a diferentes actividades antrópicas asociadas (pastoreo, quemas, minería, drenaje, etc.) (Dangles et al. 2014, Herzog et al. 2011, Chimner & Karberg 2008, Squeo et al. 2006).

2.2 COMUNIDADES VEGETALES EN LOS BOFEDALES

La composición botánica y la abundancia de las especies en los bofedales varían dependiendo de la altitud, la latitud, la topografía, la humedad, la exposición, la influencia de la ganadería, etc. Estos parámetros determinarían la existencia de ciertos tipos de comunidades vegetales (Maldonado Fonkén 2014, Ruthsatz 2012).

La diferenciación de comunidades vegetales en bofedales usualmente se hace en función a las especies dominantes y a la fisionomía. Si bien no existe una clasificación oficial en el país, algunas comunidades vegetales han sido reportadas por varios autores en diferentes lugares (turbera de *Distichia*, turbera de *Plantago rigida*, césped de arroyo, turberas con musgos y arbustos, etc.), mientras otras son más específicas y reflejan características de dominancia más locales (Polk 2016; Maldonado Fonkén 2014, 2010; Salvador et al. 2014; Ruthsatz 2012; Ramirez 2011; Cooper 2010; Tovar 1973; Weberbauer 1945).

Las diferentes comunidades vegetales de bofedales referidas por diferentes autores en nuestro país se presentan en el Tabla 1. Estas han sido agrupadas considerando la fisionomía, y las especies o grupos dominantes en: comunidades vegetales en cojín, comunidades dominadas por ciperáceas, juncáceas y otras herbáceas; comunidades dominadas por gramíneas; y comunidades dominadas por musgos.

Tabla 1: Comunidades vegetales en bofedales peruanos

	Polk, 2016 ¹	Maldonado, 2014 ²	Ruthsatz, 2012 ³	Ramírez, 2011 ¹	Cooper, 2010 ⁴
N° de sitios evaluados	3	38	7	1	36
Comunidades vegetales	5	6	4	3	20
Comunidades vegetales en cojín	<i>Plantago tubulosa</i> – <i>Oreobolus obtusangulus</i> ; <i>Werneria pygmaea</i> – <i>Pernettya prostrata</i>	Turberas de: <i>Distichia</i> ; musgos y arbustos; <i>Plantago rigida</i> ; <i>Oxychloe</i>	Bofedales de: <i>Distichia</i> ; de <i>Patosia</i> y <i>Distichia</i> ; <i>Distichia</i> y <i>Oxychloe</i> ; <i>Patosia Distichiay Oxychloe</i>	Bofedal de plantas pulvinadas: dominado por <i>Distichia filamentosa</i> y <i>Plantago rigida</i>	Comunidad de plantas en cojín: <i>Plantago tubulosa</i> – <i>Oreobolus obtusangulus</i> – <i>Werneria pygmaea</i> – <i>Distichia acicularis</i> ; <i>Distichia muscoides</i> – <i>Breutelia polygastria</i> ; <i>Werneria nubigena</i> – <i>Campylopus spp</i>
Comunidades dominadas por ciperáceas, juncáceas y otras herbáceas	<i>Juncus ebracteatus</i> – <i>Carex bonplandii</i> ; <i>Werneria nubigena</i> - <i>Oritrophium limnophilum</i> – <i>Huperzia crassa</i> ; <i>Eleocharis albibracteata</i> –	Césped de arroyo		Césped de arroyo: dominado por <i>Lachemilla pinnata</i>	Comunidades dominadas por juncos y ciperáceas: <i>Carex pichinchensis</i> – <i>Scorpidium scorpioides</i> – <i>Cratoneuron</i> ; <i>Carex pichinchensis</i> – <i>Werneria nubigena</i> ; <i>Schoenoplectus californicus</i> ; <i>Juncus arcticus</i> – <i>Scorpidium scorpioides</i> – <i>Brachythecium stereopoma</i> ; <i>Juncus arcticus</i> – <i>Campylopus nivalis</i> ; <i>Carex hebetata</i> – <i>Cratoneuron filicinum</i> ; <i>Carex praegracilis</i> – <i>Cratoneuron filicinum</i> ; <i>Hypsela reniformis</i> – <i>Drepanocladus longifolius</i> ; <i>Carex camptoglochin</i> – <i>Jensenia</i>

Continuación...

	Polk, 2016 ¹	Maldonado, 2014 ²	Ruthsatz, 2012 ³	Ramírez, 2011 ¹	Cooper, 2010 ⁴
Comunidades dominadas por ciperáceas, juncáceas y otras herbáceas	<i>Calamagrostis rigecens</i> – <i>Lachemilla pinnata</i>				<i>erythropus</i> ; <i>Carex crinalis</i> – <i>Sphagnum pylaesii</i> ; <i>Carex bonplandii</i> ; <i>Carex bonplandii</i> – <i>Drepanocladus longifolius</i> ; <i>Uncinia hamata</i> – <i>Puya fastuosa</i> ; <i>Eleocharis albibracteata</i> – <i>Scorpidium cossonii</i>
Comunidades dominadas por gramíneas		Prado turboso, pajonal inundado		Bofedal graminoide: dominado por <i>Festuca rigescens</i>	Comunidad de pastos macollantes: <i>Cortaderia hapalotricha</i> – <i>Cortaderia sericantha</i> ; <i>Calamagrostis tarmensis</i> – <i>Campylopus cucullatifolius</i> – <i>Scorpidium cossonii</i>
Comunidades dominadas por musgos					Comunidad de briofitas y líquenes: <i>Sphagnum magellanicum</i> – <i>Cladina confusa</i> – <i>Loricaria lycopodinea</i>

Nota: 1: Ancash; 2: Cajamarca, Huancavelica, Ayacucho, Moquegua, Cusco, Apurímac; 3: Arequipa; 4: Cajamarca.

FUENTES: Maldonado Fonkén 2017, 2014; Polk 2016; Ruthsatz 2012; Ramirez 2011; Cooper 2010.

En base al trabajo desarrollado por Weberbauer (1945) y a evaluaciones de campo, Maldonado Fonkén (2014) resaltó 4 tipos comunidades vegetales presentes en los bofedales de nuestro país: turberas de *Distichia*, prados turbosos, césped de arroyo, y turberas con musgos y arbustos. A continuación, se describen sus principales características:

Tubera de *Distichia*: se caracteriza por los cojines verdes y duros que forman las plantas del género *Distichia* (e.g. *D. muscoides*, *D. acicularis*, *D. filamentosa*, etc.). No presenta arbustos; y tanto musgos como pastos se registran con baja frecuencia. Se registra principalmente en el centro y el sur del país.

Césped de arroyo: se caracteriza por plantas de porte bajo (como *Plantago tubulosa* y *Werneria pygmaea*) que crecen formando una especie de alfombra usualmente alrededor de cuerpos de agua (riachuelos, ojos de agua, etc.). *Plantago tubulosa* y *Werneria pygmaea*, junto con otras especies de Asteraceae, Juncaceae y Cyperaceae son características de esta comunidad vegetal. Esta comunidad vegetal se registra a lo largo de toda la zona andina del país.

Prado turboso: se caracteriza por la presencia de varias especies de la familia Poaceae. Las plantas vasculares típicamente dominantes son de las familias Cyperaceae (de los géneros *Carex*, *Eleocharis*, *Phylloscirpus* y *Scirpus*), Juncaceae (géneros *Juncus* y *Luzula*) o pastos altos de los géneros *Festuca* y *Calamagrostis*. Para el último caso la comunidad puede ser llamada pajonal o pastizal inundado. Esta comunidad también se presenta en la zona andina de todo el país.

Turberas con musgos y arbustos: esta comunidad vegetal se diferencia claramente de las anteriores por la marcada abundancia de musgos (en especial del género *Sphagnum*) y la presencia de arbustos dispersos (Ericaceae, Asteraceae, etc.). Poco común, ha sido registrada al Nor -Este del país, asociada a jalca y páramo.

Cabe resaltar que como lo señala Ruthsatz (2012), la mayoría de bofedales son complejos compuestos por diferentes comunidades vegetales. Por lo que es común encontrar comunidades mixtas de los tipos mencionados previamente.

Turbera de *Distichia*, césped de arroyo y prado turboso han sido registradas previamente en Ayacucho y Huancavelica (Maldonado Fonken 2014, Maldonado Fonken 2010). Adicionalmente tanto Tovar (1973) como Maldonado Fonkén (2010, 2014) han reportado la presencia de turberas mixtas de *Plantago rigida* y *Distichia muscoides* en Ayacucho.

2.3 ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LOS BOFEDALES

Como lo señalan Alzérreca et al. (2006) los bofedales tienen al menos una historia de 1 000 años de pastoreo. Durante este periodo la vegetación de los bofedales (y de los demás pastizales altoandinos) coevolucionó con la ganadería y con las variaciones climáticas propias de la región altoandina. El resultado es lo que podemos observar en la actualidad.

Se debe tomar en cuenta que por encima de los 3 800 m de altitud, donde la agricultura ya no es factible (o es muy difícil) por las condiciones propias del entorno, el pastoreo de ganado nativo (alpacas, llamas) y foráneo (ovejas, vacunos, etc.) se convierte en una actividad económica importante para las comunidades andinas. Y es bajo estas circunstancias que los bofedales se convierten en un recurso clave para la ganadería por su oferta de agua y forraje para el ganado durante todo el año.

Considerando la larga historia de ganadería altoandina, cabría esperar la existencia de sistemas de manejo apropiados para los recursos existentes. Los registros de sistemas tradicionales de manejo de pastos, agua y ganado han sido reportados por varios autores (Palacios 1977, Canales & Tapia 1987, Moya et al. 1994, Tapia 1997, Herrera & Lane 2004, Lane 2006, Lovera et al. 2007, Verzijl & Guerrero 2013, en Maldonado Fonkén 2014), tanto a nivel histórico como en la actualidad, de manera independiente o gracias al apoyo de programas estatales y/o financiados por la cooperación internacional (Maldonado Fonkén 2010). Sin embargo, no necesariamente todas las comunidades altoandinas aplican estos sistemas de manejo (Maldonado Fonkén 2014).

El pastoreo no es la única actividad antrópica que se realiza en los bofedales. La extracción de champa y/o turba y para su uso como tierra vegetal o combustible (Salvador et al. 2014, Caro 2010, Flores et al. 2005); así como la construcción de diferentes tipos de infraestructura (e.g. carreteras, presas, etc.) y las actividades mineras también generan impactos directos o indirectos sobre estos ecosistemas (Maldonado Fonkén 2014).

La presencia de cualquiera de estas actividades debe ser tomada en consideración para la adecuada evaluación de los bofedales.

2.4 ÍNDICES DE DIVERSIDAD

Existen diferentes modelos e índices para medir la diversidad. Estas medidas frecuentemente aparecen como indicadores del buen funcionamiento de los ecosistemas (Magurran 1991), por lo tanto permiten dirigirse a los problemas ambientales de forma holística pudiendo ser empleadas en inventarios, monitoreos y programas de evaluación ambiental (Noss 1990).

Magurran y McGill (2011) clasificaron las medidas de diversidad de especies en 6 categorías, considerando su uso: medidas de riqueza, de diversidad, de equidad, de dominancia (o especies comunes), de elevada rareza, y medidas semiparamétricas. De estas, se usaron las 3 primeras.

2.4.1 MEDIDAS DE RIQUEZA

Se emplearon dos índices de riqueza (Magurran y McGill 2011):

- Número de especies: el número total de especies identificadas en la muestra.
- Diversidad de Margalef: calculado como $(S-1)/\ln N$, donde S es el número de especies y N la abundancia total.

2.4.2 MEDIDAS DE DIVERSIDAD

En este caso se empleó el índice de Shannon (Magurran 2004). Este índice permite una medida de la diversidad considerando tanto el número de especies como la abundancia de las mismas, proporcionando una descripción más completa de la diversidad y siendo uno de los índices más empleados (Magurran 1991). La diversidad se calculará mediante la siguiente fórmula.

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i \text{ (bits/individuo)}$$

Donde:

$$p_i = n_i/N$$

$$N = \sum n_i$$

n_i : Representa el valor de importancia de la clase i , en este caso los valores de cobertura repetida de cada especie.

Este índice es preferido por muchos ecólogos por su facilidad de cálculo. Una de las ventajas del índice de Shannon es que permite el uso de la estadística paramétrica para comparar las diversidades de diferentes muestras. Además es sensible a los cambios en la proporción de especies raras (Gurevitch et al. 2006, Magurran 1991).

2.4.3 MEDIDAS DE EQUIDAD

En este caso se empleó la equidad de Pielou. De acuerdo con Magurran (1991), la equidad (J) es una medida de uniformidad que se calcula en base a la diversidad máxima, que es aquella que tendría lugar si todas las especies fueran igualmente abundantes. La equidad (J) tiene valores entre 0 y 1, donde 1 representa una situación en la que todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1991). La equidad de Pielou se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$J = H/H_{\max}$$

Hmax es la diversidad máxima, y se obtiene con la siguiente fórmula:

$$H_{max} = H / \log_2 S$$

Donde:

S = Número de especies

H = Índice de diversidad

2.5 DIVERSIDAD B - ANÁLISIS DE SIMILITUD

Como lo señala Magurran (1991), la diversidad β o diversidad diferencial, es la variación en composición de especies entre estaciones o comunidades. Puede ser medida empleando diferentes índices de similitud. Algunos de estos índices consideran sólo el número de especies, dándole igual peso en la ecuación a las especies abundantes y raras; mientras que otros sí consideran la abundancia, lo cual se convierte en una ventaja. Para el análisis de la información se empleó el índice de Morisita-Horn. Magurran (2004) refiere que este índice no está fuertemente influenciado ni por la riqueza de especies ni por el tamaño de muestra; sin embargo, si sería muy sensible a las abundancias de las especies más abundantes.

2.5.1 ÍNDICE DE MORISITA - HORN

El índice de Morisita considera la abundancia de las especies, y fue calculado mediante la siguiente fórmula (Krebs, 1999).

$$C_{MH} = \frac{2 \sum (a_i b_j)}{(d_a + d_b) aN bN}$$

$$d_a = \frac{\sum (a_i^2)}{aN^2}$$

Donde:

C_{MH} = Índice cuantitativo de similitud de Morisita-Horn

aN = Número total de individuos en el punto A

a_i = Cobertura de la i -ésima especie en A

bN = Número total de individuos en el Transecto B

b_j = Número de individuos de la j -ésima especie en la muestra B

2.6 DIVERSIDAD Y RIQUEZA BOTÁNICA EN LOS BOFEDALES

El número de especies en los bofedales es variable. Según Florez (1992, 2005), se han reportado entre ocho y 64 especies por sitio en el país. Estudios más recientes también muestran la variabilidad en el número de especies registradas por sitio. En Ancash Polk (2015) registró entre 49 y 78 especies. En Arequipa Ruthsatz (2012) registró entre 22 y 33 especies por sitio; y Coaguilla et al. (2010) entre 3 y 12 especies. Mientras que Caro (2010) registró seis especies por bofedal en Junín. Cabe mencionar que el mayor o menor número de registros también estaría asociado con los objetivos de cada estudio y la metodología empleada.

En Ayacucho y Huancavelica empleando la metodología de cobertura repetida, Maldonado Fonkén (2010) registró entre 20 y 30 especies por sitio. Además, reportó que al hacer las comparaciones estacionales (época húmeda y época seca), para la mayoría de bofedales evaluados se encontraron diferencias significativas o altamente significativas para la Diversidad de Shannon (H). Sin embargo, los cambios en la composición botánica no resultaron significativos. Además, la equidad de Pielou (J), alcanzó valores altos (0.8-0.97), mostrando que en estos sitios las especies tienden a tener abundancias homogéneas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ESTACIONES DE EVALUACIÓN

Se analizaron los datos de seis bofedales (Tabla 1, Figura 1), pertenecientes a las regiones de Ayacucho y Huancavelica. Las estaciones de evaluación se encontraron entre los 4 200 y los 4 800 m de altitud.

Tabla 2: Ubicación de los bofedales evaluados

Nº	Región	Provincia	Distrito	Localidad	Coordenadas UTM (WGS84)		Altitud (m)
					Este	Norte	
1	Ayacucho	Huamanga	Vinchos	Occollo	0553697	8531650	4 300 - 4 330
2	Ayacucho	Huamanga	Vinchos	Churia	0538297	8528986	4 380 - 4 420
3	Ayacucho	Huamanga	Vinchos	Rosaspampa	0534245	8530898	4 680 - 4 710
4	Huancavelica	Huaytará	Pilpichaca	Apacheta	0528754	8525650	4 740 - 4 780
5	Ayacucho	Cangallo	Paras	Licapa	0523603	8524060	4 460 - 4 480
6	Huancavelica	Huaytará	Pilpichaca	San Felipe	0504159	8510632	4 240 - 4 246

FUENTE: Elaboración propia.

En cada sitio se tomó la data de 3 transectos (numerados del 1 al 3). Estos fueron nombrados en función a cada sitio: Occollo: O; Churia: C; Rosaspampa: R, Apacheta: A; Licapa: L y San Felipe F. Y al final del nombre se colocaron los dos últimos dígitos del año (_10, _11, _12). Por ejemplo, el transecto 1 de Occollo en el 2012 fue nombrado: O1_12.

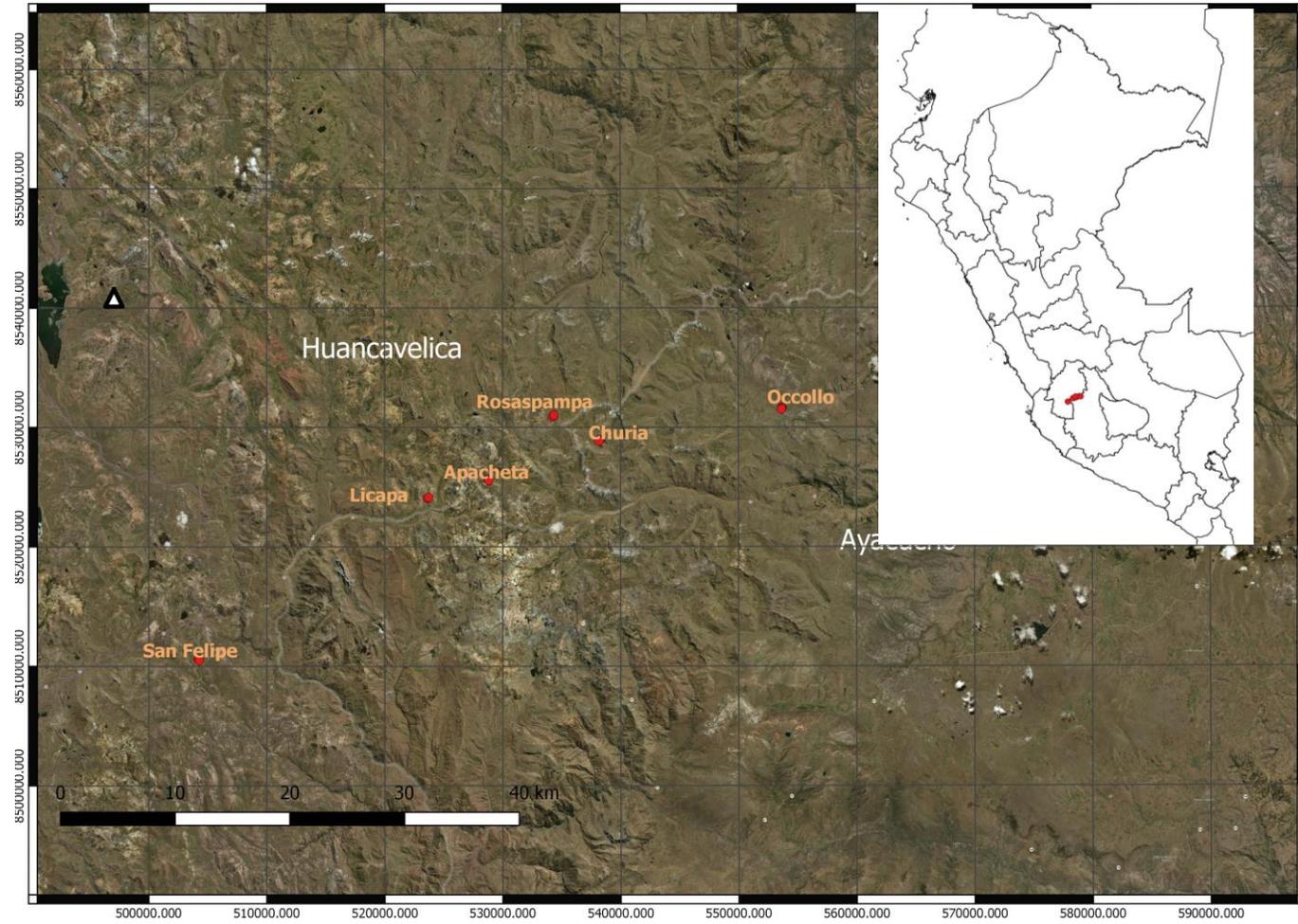


Figura 1: Ubicación de los bofedales evaluados

FUENTE: Elaboración propia.

3.2 EVALUACIÓN DE CAMPO

La evaluación de flora fue realizada como parte del monitoreo de bofedales que Knight Piésold Consultores S.A. desarrolló para la empresa “Transportadora de Gas del Perú S.A.” (TGP). Esta empresa facilitó el uso de estos datos para que sean trabajados sólo con fines de investigación en la presente tesis.

Como se mencionó previamente, se emplearon los datos de tres transectos (información disponible) de 50 m, los cuales fueron ubicados en cada uno de los bofedales. Los transectos tienen una separación de 50 a 100 m entre sí, y se encuentran paralelos al derecho de vía del ducto de Camisea. En cada uno de los transectos se evaluaron 50 puntos separados un metro entre sí, en donde se registró la abundancia y composición de especies mediante el método de la cobertura repetida (Matteucci y Colma 1982). Adicionalmente se registró el tipo de cobertura del suelo (suelo desnudo, mantillo, roca, agua, cobertura vegetal).

También fueron tomados datos de altitud.

Las evaluaciones se realizaron en diciembre de 2010 (transición), agosto de 2011 (época seca) y abril de 2012 (época húmeda).

3.3 IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

Parte de las especies fueron identificadas en campo con la ayuda de guías y claves como: Guía para la identificación de pastos naturales alto andinos de mayor importancia ganadera (Tovar y Oscanoa 2002), Gramíneas del Perú (Tovar 1993). Sólo se colectaron aquellas especies que no pudieron ser determinadas en campo. Las muestras fueron remitidas a un especialista de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para su identificación.

3.4 EVALUACIÓN BOTÁNICA

La evaluación botánica fue realizada con el método de cobertura repetida (Mateucci & Colma 1982), en transectos de 50 m con evaluaciones cada metro (50 puntos). Este método permite obtener tanto el número promedio de capas de follaje de una especie (cobertura repetida), como la cobertura porcentual de la misma. La metodología es apropiada para el estudio de pastizales u otro tipo de vegetación baja; en los que además por el tipo de crecimiento de las especies no suele ser factible diferenciar individuos. (Mateucci & Colma 1982)

Con la metodología obtenida se puede obtener la cobertura repetida, la cobertura porcentual y el porcentaje de contribución de cada especie. Para el presente estudio se usó la cobertura porcentual por especie, calculada de la siguiente manera (Mateucci & Colma 1982):

La cobertura porcentual ($X_i\%$) se calculó considerando el número de puntos en los que la especie está presente (m_i) por transecto (50 puntos):

$$X_i\% = m_i/50 * 100$$

Adicionalmente se registraron los porcentajes de diferentes tipos de cobertura del suelo: cobertura vegetal (total), suelo desnudo, mantillo (material orgánico en descomposición, incluye hojarasca, turba y fecas), musgo, agua, grava (<6,4 cm), guijarro (6,4 – 25 cm) y boleó (> 25 cm). De esta forma se obtuvo información complementaria sobre el hábitat en el que se desarrollan las comunidades vegetales evaluadas. El cálculo se hizo de la misma forma que para la cobertura porcentual, pero considerando una sola categoría por punto.

3.5 ANÁLISIS DE DATOS

3.5.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES:

Para diferenciar las comunidades vegetales se hizo un análisis de similitud con el índice de Morisita-Horn con los datos de todos los transectos y todos los años. En base a este análisis se identificaron grupos de alta similitud. Se tomó en cuenta la fisionomía y especies dominantes.

Mediante el escalamiento no métrico multidimensional (NMDS) se visualizaron las similitudes calculadas en los grupos definidos. Y finalmente para confirmar si existen diferencias significativas entre los grupos se empleó el análisis de similitud de una sola vía (ANOSIM). En todos los casos se usó el índice de Morisita-Horn.

Como parte de la caracterización de las comunidades vegetal se calcularon los parámetros comunitarios a partir de los datos de abundancia (cobertura porcentual). Se calcularon tres índices (Magurran 1991):

- Diversidad de Shannon (H).
- Equidad de Pielou (J)
- Riqueza de Margalef (d)

Los cálculos se hicieron con los programas estadísticos PRIMER 6 (Clark y Gorley 2001) y PAST versión 2.04 (Hammer et al. 2001).

3.5.2 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

Este análisis permitirá identificar el o los elementos que generan la mayor variabilidad, considerando los principales parámetros evaluados. Los cálculos se hicieron con el programa InfoStat (Di Rienzo et al. 2015).

3.5.3 EVALUACIÓN DE LAS DIFERENCIAS DE LAS COMUNIDADES VEGETALES ENTRE ÉPOCAS DE EVALUACIÓN (HÚMEDA, SECA Y TRANSICIÓN)

Para evaluar si existen diferencias significativas entre la cobertura por especie (abundancia) entre comunidades vegetales por época se usó el análisis de similitud de una sola vía (ANOSIM) con el índice de Morisita-Horn con el PAST versión 2.04 (Hammer et al. 2001). Para determinar si existen diferencias significativas entre los índices de diversidad se realizó un análisis de varianza (ANVA) y test de Tuckey. Los cálculos se hicieron con el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al. 2015).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES

Para diferenciar las comunidades vegetales se empleó un análisis de similitud con el índice de Morisita-Horn (Anexo 1). Las agrupaciones formadas fueron revisadas considerando que la cobertura porcentual de las especies o grupos dominantes por transecto podrían sufrir variaciones estacionales (época húmeda, seca y transición).

Finalmente se identificaron seis comunidades vegetales (Tabla 3): de *Phylloscirpus* y *Distichia muscoides*, de *Aciachne acicularis*, de *Lachemilla pinnata* y poáceas, de *Plantago tubulosa*, de *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*, y Pradera húmeda (dominada por poáceas). Los grupos se pueden ver en el Figura 2. En todos los casos, las especies o grupos dominantes por comunidad vegetal registraron entre 22 y 65 por ciento de cobertura relativa promedio en todo el período evaluado (Figura 3). El listado de las especies por comunidad vegetal y su cobertura promedio se presentan en el Anexo 2.

Tabla 3: Distribución de Transectos por comunidad vegetal

Comunidad vegetal	Lugar
<i>Distichia muscoides</i> y <i>Plantago tubulosa</i>	Ocollo: O1, O2, O3
<i>Plantago tubulosa</i>	San Felipe: F3
<i>Aciachne acicularis</i>	Churia: C1, C2 y C3; Licapa: L1, L2
<i>Phylloscirpus deserticola</i> y <i>Distichia muscoides</i>	Rosaspampa: R2, R3; Licapa: L3
Pradera húmeda	Apacheta: A1, A2, A3; Rosaspampa: R1
Comunidad de <i>Lachemilla pinnata</i> y Poáceas	San Felipe: F1, F2

FUENTE: Elaboración propia

Se confirmó que entre ellos se presentan diferencias significativas empleando el análisis de similitud de una sola vía (ANOSIM) con el índice de Morisita-Horn, que considera tanto la composición como la abundancia (cobertura porcentual) de especies. Los resultados se presentan en el Tabla 4.

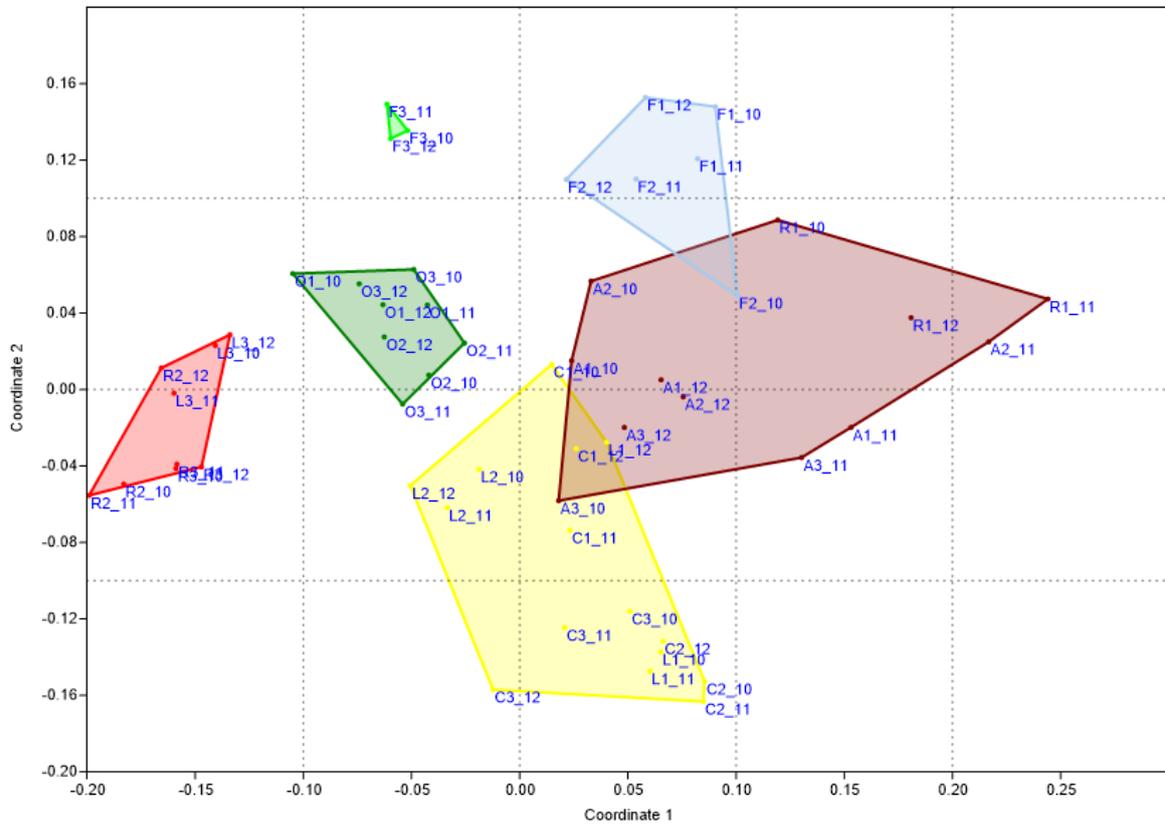


Figura 2: NMDS de las comunidades vegetales identificadas empleando el índice de Morisita-Horn.

Nota: Comunidades de: ■ *Phylloscirpus deserticola* y *Distichia Muscoides*, ■ *Aciachne acicularis*, ■ *Lachemilla pinnata* y Poáceas, ■ *Plantago tubulosa*, ■ *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*, ■ Pradera húmeda.

FUENTE: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 2, con el escalamiento no métrico multidimensional (NMDS) tres de los grupos formados por las comunidades vegetales nunca se superponen entre sí (*Plantago tubulosa*, de *Phylloscirpus deserticola* y *Distichia muscoides*, *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*). Mientras que el grupo de la comunidad de *Lachemilla pinnata* y Poáceas, y de *Aciachne acicularis* se superponen con el grupo formado por la Pradera húmeda.

Tabla 4: ANOSIM de las comunidades vegetales identificadas en los sitios de estudio

	<i>Distichia muscoides</i> y <i>Plantago tubulosa</i>	<i>Plantago tubulosa</i>	<i>Aciachne acicularis</i>	<i>Phylloscirpus deserticola</i> y <i>D. muscoides</i>	Pradera húmeda	<i>Lachemilla pinnata</i> y Poáceas
<i>Distichia muscoides</i> y <i>Plantago tubulosa</i>		0.0045	0.0001	0.0003	0.0001	0.0001
<i>Plantago tubulosa</i>	0.0045		0.0014	0.005	0.003	0.0124
<i>Aciachne acicularis</i>	0.0001	0.0014		0.0001	0.0001	0.0001
<i>Phylloscirpus deserticola</i> y <i>D. muscoides</i>	0.0003	0.005	0.0001		0.0001	0.0002
Pradera húmeda	0.0001	0.003	0.0001	0.0001		0.0002
<i>Lachemilla pinnata</i> y Poáceas	0.0001	0.0124	0.0001	0.0002	0.0002	

Diferencias significativas en gris ($p < 0.05$)

FUENTE: Elaboración propia

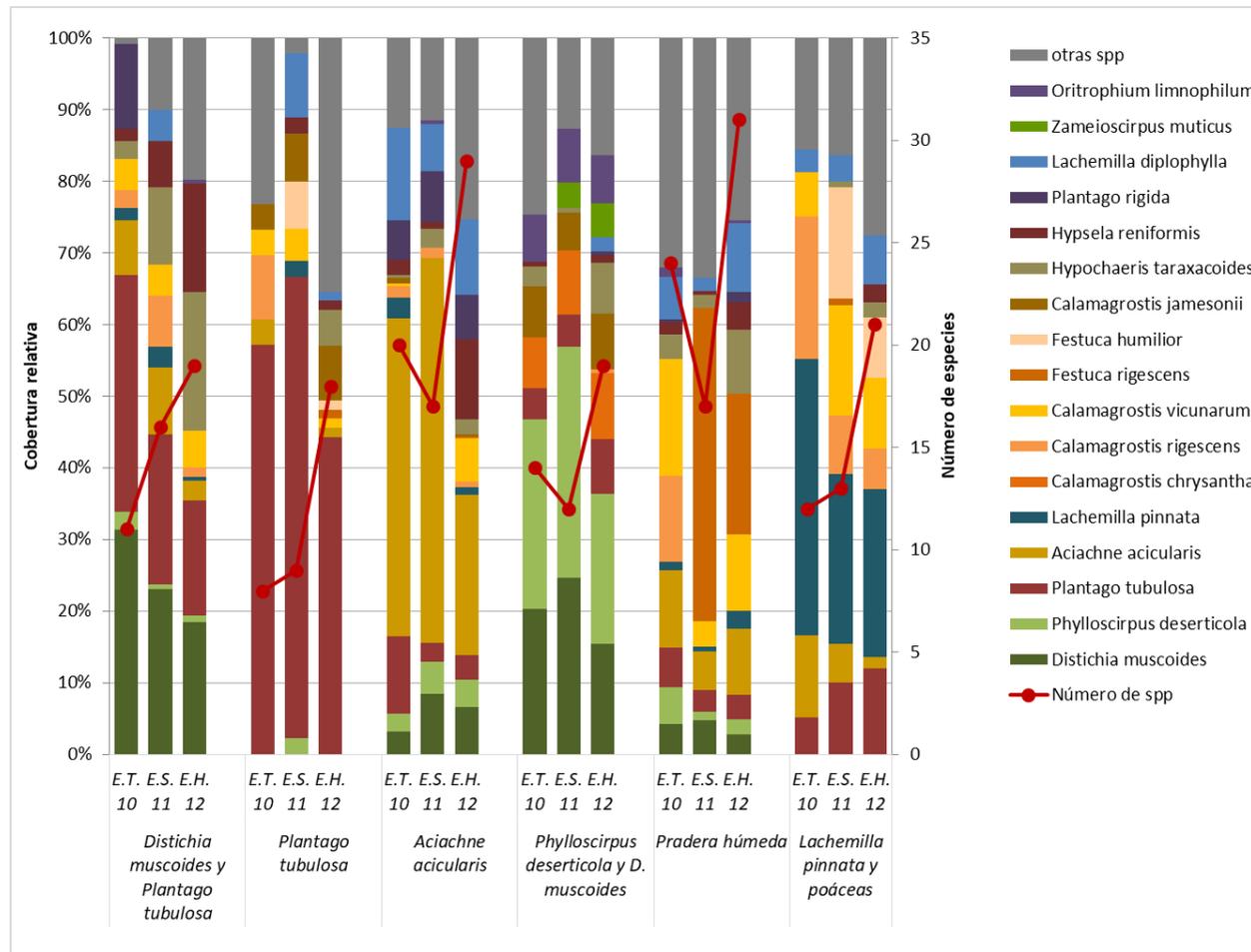


Figura 3: Coberturas relativas y número de especies por comunidad vegetal.

FUENTE: Elaboración propia

En el primer caso, esto podría deberse a que en el transecto F2 (comunidad de *Lachemilla pinnata*) durante la época de transición se registró una cobertura importante de *Calamagrostis rigescens* (18 por ciento), con valores cercanos a los de *Lachemilla pinnata* (22 por ciento). En el segundo caso, el transecto A3 (comunidad de pradera húmeda) en la época de transición (diciembre 2010) se superpone con el grupo de *Aciachne acicularis* debido al elevado porcentaje de esta especie (22 por ciento). Considerando que el comportamiento de dichos transectos no se mantuvo en las demás evaluaciones (época seca 2011, época húmeda 2012) se mantuvieron en sus grupos originales.

En el Figura 4 se presenta el número de especies total y la sumatoria de las coberturas porcentuales por comunidad. Mientras que en la Figura 5 se presentan los índices de diversidad (equidad – índice de Pielou, riqueza de Margalef, e índice de Shannon).

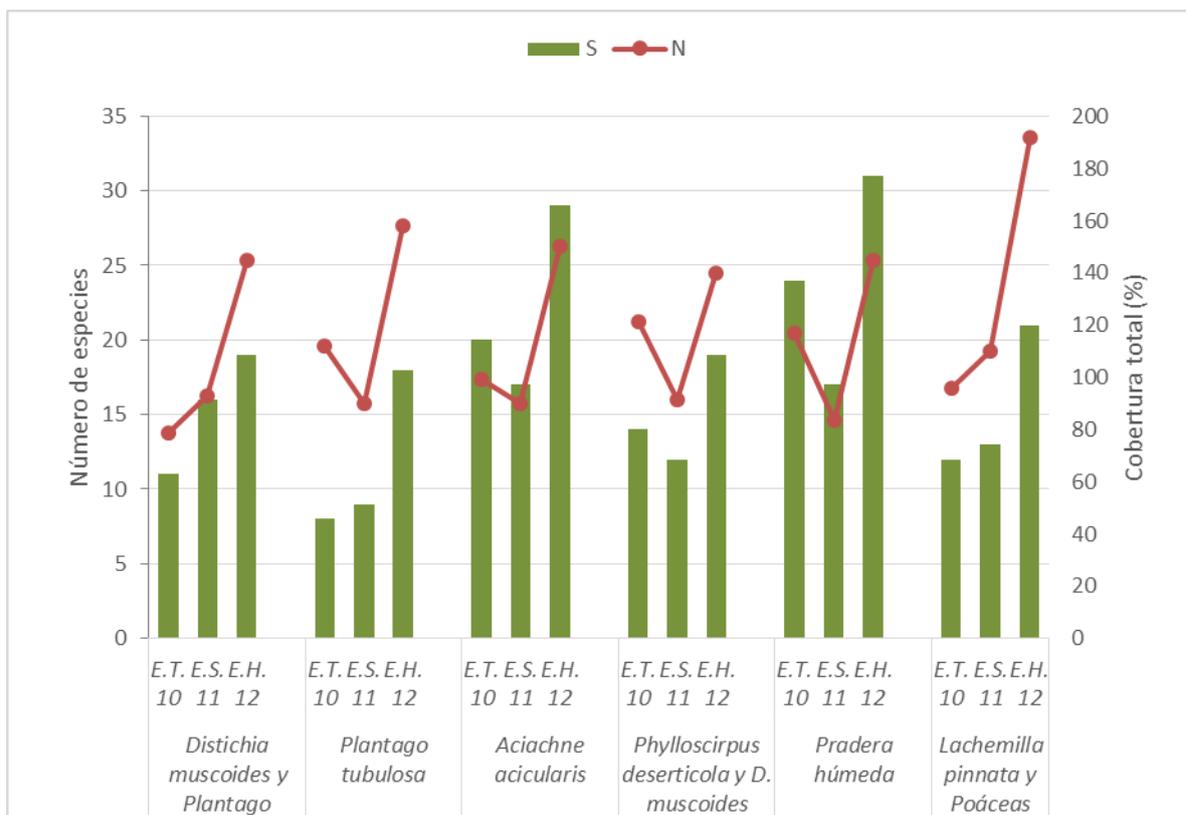


Figura 4: Número de especies (S) y Cobertura total (N)

FUENTE: Elaboración propia

Los mayores valores de número de especies y riqueza de Margalef e índice de Shannon se registraron en la pradera húmeda (40 especies), seguida por la comunidad de *Aciachne*

acicularis (32 especies), la de *Lachemilla pinnata* (23 especies), *Phylloscirpus desertícola* (22 especies.), *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa* (22 especies), y la de *Plantago tubulosa* (21 especies).

El índice de Shannon siguió un comportamiento similar, los mayores valores se registraron en la pradera húmeda (4,18 bits/ind.), seguida por la comunidad de la *Lachemilla pinnata* y Poáceas (3,58 bits/ind.), *Aciachne acicularis* (3,51 bits/ind.), *Phylloscirpus desertícola* y *D. muscoides* (3,49 bits/ind.), *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa* (3,44 bits/ind.), y la de *Plantago tubulosa* (2,86 bits/ind.).

Los mayores valores de equidad se registraron en la comunidad de *Lachemilla pinnata* y Poáceas (0,79), seguida por la de *Phylloscirpus desertícola* y *D. muscoides* (0,78), pradera húmeda (0,78), *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa* (0,77), *Aciachne acicularis* (0,70) y la de *Plantago tubulosa* (0,65). En este caso la comunidad con menor equidad (la de *Plantago tubulosa*) se caracteriza por los elevados porcentajes de su especie dominante (entre 58 y 70 por ciento).

Los diferentes tipos de cobertura del suelo (porcentaje promedio) por comunidad vegetal se presentan en el Figura 6. Al realizar el ANOSIM con los tipos de cobertura del suelo (Anexo 3), sólo se identificaron diferencias significativas entre la comunidad de *Aciachne acicularis* con 4 de las demás 5: *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*, *Phylloscirpus desertícola* y *D. muscoides*, Pradera húmeda, *Lachemilla pinnata* y Poáceas. Además, la comunidad de *Phylloscirpus desertícola* y *D. muscoides* presentó diferencias significativas con la Pradera húmeda y la comunidad de *Lachemilla pinnata* y Poáceas. Por lo tanto, los tipos de cobertura del suelo podrían ser útiles sólo para diferenciar algunas de las comunidades vegetales.



Figura 5: Equidad de Pielou (J), Riqueza de Margalef e Índice de Shannon (H) por comunidad vegetal

FUENTE: Elaboración propia

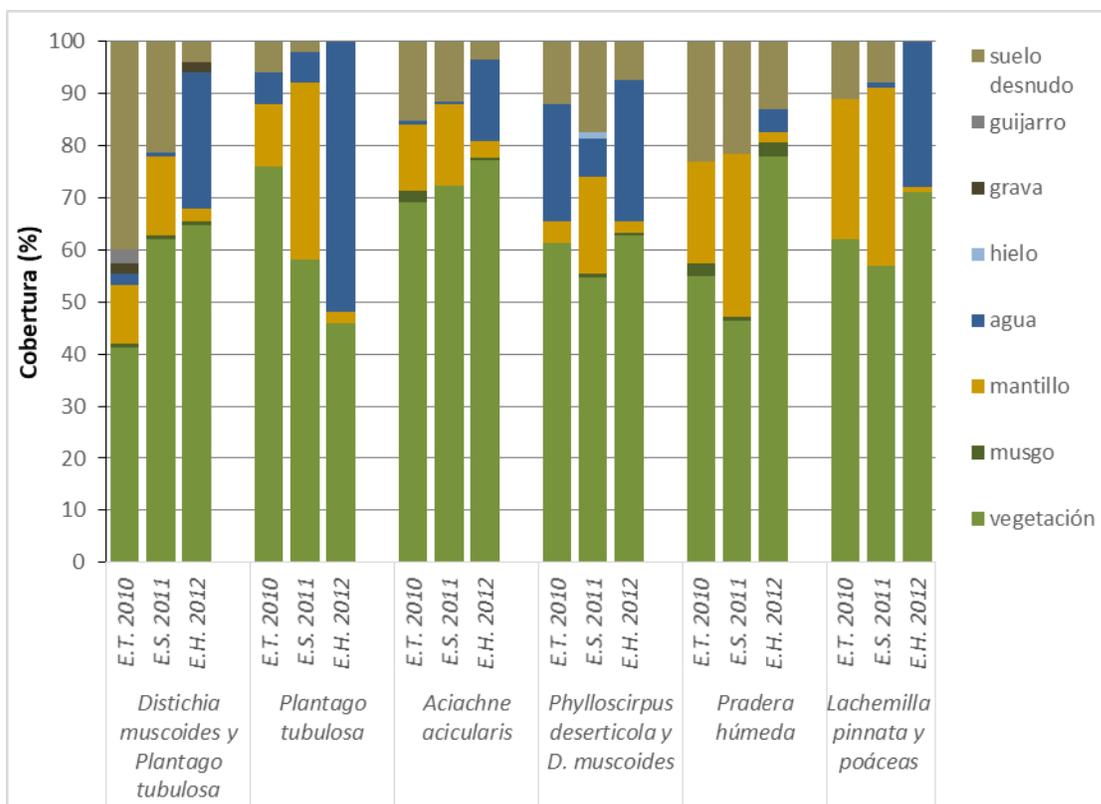


Figura 6: Tipos de cobertura del suelo (promedios) por comunidad vegetal

FUENTE: Elaboración propia

Cabe resaltar un comportamiento típicamente estacional, en casi todos los casos el porcentaje de cobertura vegetal (vegetación) y de agua fue mayor en la época húmeda (abril 2012) en comparación con las épocas seca (agosto 2011) y de transición (diciembre 2010). La única excepción se observó con la cobertura vegetal en la comunidad de *Plantago tubulosa*, esta disminuyó en la época húmeda, debido al aumento del porcentaje de agua. En la mayoría de comunidades, como podría esperarse, los registros de cobertura vegetal en la época de transición fueron mayores a los de la época seca (comunidad de *Plantago tubulosa*, *Phylloscirpus desertícola*, *Lachemilla pinnata* y pradera húmeda). Sólo en las comunidades de: *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*, y *Aciachne acicularis* ocurrió lo contrario.

La comunidad que registró el mayor porcentaje de cobertura vegetal fue la de *Aciachne acicularis* (72,9 por ciento), seguida por la de *Lachemilla pinnata* (63,3 por ciento),

Plantago tubulosa (60 por ciento), pradera húmeda (59,8 por ciento), *Phylloscirpus desertícola* (59,6 por ciento), y por la comunidad mixta de *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa* (56 por ciento).

Mientras que la comunidad que registró el mayor porcentaje de agua fue la de *Plantago tubulosa* (21,3 por ciento), seguida por la de *Phylloscirpus desertícola* (19,1 por ciento), de *Lachemilla pinnata* (9,7 por ciento), comunidad mixta de *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa* (9,6 por ciento), de *Aciachne acicularis* (5,6 por ciento), y la pradera húmeda (1,5 por ciento).

A continuación, se describen las principales características por comunidad vegetal (Figura 7).



Figura 7: Comunidades vegetales

Nota: a) *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*; b) *Plantago tubulosa*; c) *Aciachne acicularis*; d) *Phylloscirpus deserticola* y *D. muscoides*; e) Pradera húmeda; f) *Lachemilla pinnata* y Poáceas

FUENTE: Knight Piésold 2013.

4.1.1 COMUNIDAD MIXTA DE DISTICHIA MUSCOIDES Y PLANTAGO TUBULOSA

Como su nombre lo indica en esta comunidad las especies que usualmente alcanzan la mayor cobertura porcentual en las tres épocas evaluadas (transición, seca, húmeda) fueron la juncácea *Distichia muscoides* con una cobertura entre 14 y 38 por ciento (24,22 por ciento en promedio); y la plantaginácea *Plantago tubulosa* con una cobertura entre 6 y 32 por ciento (22,89 por ciento en promedio).

En esta comunidad vegetal se registraron en total 22 especies distribuidas en 9 familias. Los registros por transecto fueron entre siete y 15 especies. La riqueza de Margalef varió entre 1,84 y 2,82, con un valor promedio de 4,51.

La equidad de Pielou registró un valor promedio medianamente alto 0,74. La misma tendencia se mostró por transectos con valores entre 0,7 y 0,9. Mientras que el índice de Shannon registró un valor promedio de 3,44 bits/ind, con valores entre 1,97 bits/ind y 3,31 bits/ind por transecto.

Estacionalmente todos los parámetros evaluados (número de especies e índices de diversidad) fueron mayores en la época húmeda (abril 2012), en comparación con las épocas seca (agosto 2011) y de transición (diciembre 2010) (Figuras 3 y 4).

En cuanto a los tipos de cobertura del suelo, la cobertura vegetal total registró los mayores valores (56 por ciento), seguida por el porcentaje de suelo desnudo (21,8 por ciento). Las demás categorías registraron valores por debajo del 10 por ciento. Cabe resaltar que esta la comunidad vegetal con menor porcentaje promedio de cobertura vegetal y mayor porcentaje de suelo desnudo. Esto se debe a los bajos registros de cobertura vegetal (41 por ciento) y a los elevados registros de suelo desnudo (40 por ciento) en la época de transición.

En este caso al comparar los promedios en cada una de las tres épocas evaluadas, en la época húmeda aumentan marcadamente el porcentaje de agua, así como la cobertura vegetal, disminuyendo el de mantillo y suelo desnudo (Figura 2).

4.1.2 COMUNIDAD DE PLANTAGO TUBULOSA

En este caso es principalmente *Plantago tubulosa* la especie que alcanza los mayores valores de cobertura, entre 58 y 70 por ciento (64 por ciento en promedio).

En esta comunidad vegetal se registraron en total 21 especies (nueve familias), el menor número entre todas las comunidades vegetales. Los registros por transecto fueron entre ocho y 18 especies. La riqueza de Margalef varió entre 1,84 y 2,82, con un valor promedio de 4,18.

La equidad de Pielou registró un valor promedio de 0,65; por transecto los valores se encontraron entre 0,61 y 0,74. Mientras que el índice de Shannon registró un valor promedio de 2,86 bits/ind, con valores entre 1,93 bits/ind y 3,10 bits/ind por transecto.

Esta es la comunidad que ha registrado los menores valores promedio tanto para la riqueza de Margalef, como para la equidad de Pielou y el índice de Shannon.

Estacionalmente siguió el mismo comportamiento que la comunidad vegetal anterior, con los mayores registros de todos los parámetros en la época húmeda del 2012 (Figuras 3 y 4).

En cuanto a los tipos de cobertura del suelo, la cobertura vegetal total registró los mayores valores (60 por ciento), seguida por el porcentaje de agua (21,3 por ciento), y de mantillo (16 por ciento). Las demás categorías registraron valores por debajo del tres por ciento. Cabe resaltar que esta la comunidad vegetal con el mayor porcentaje de agua. Esto se debe a los elevados registros (52 por ciento) en la época húmeda.

En este caso al comparar los promedios en cada una de las tres épocas evaluadas, en la época húmeda aumentan marcadamente el porcentaje de agua, disminuyendo el de mantillo, suelo desnudo y la cobertura vegetal (Figura 2).

4.1.4 COMUNIDAD DE *ACIACHNE ACICULARIS*

En este caso *Aciachne acicularis* es la especie que alcanza los mayores valores de cobertura, entre 20 y 82 por ciento (42 por ciento en promedio).

En esta comunidad vegetal se registraron en total 32 especies distribuidas en 11 familias. Los registros por transecto fueron entre dos y 17 especies. La riqueza de Margalef varió entre 0,23 y 3,11, con un valor promedio de 6,56.

La equidad de Pielou registró un valor promedio de 0,7; por transecto los valores se encontraron entre 0,18 y 0,82. Mientras que el índice de Shannon registró un valor promedio de 3,51 bits/ind, con valores entre 0,18 bits/ind y 3,45 bits/ind por transecto.

Estacionalmente siguió el mismo comportamiento que en las dos comunidades vegetales anteriores, con los mayores registros de todos los parámetros en la época húmeda del 2012. Sin embargo, a diferencia de lo observado en dichas comunidades, los registros de la época de transición fueron mayores que los de la época seca (Figuras 3 y 4).

En cuanto a los tipos de cobertura del suelo, la cobertura vegetal registró los mayores valores (72,9 por ciento), seguida por el porcentaje de mantillo (10,5 por ciento), y de suelo desnudo (10 por ciento). Las demás categorías registraron valores por debajo del seis por ciento. Cabe resaltar que esta la comunidad vegetal con el mayor porcentaje de cobertura vegetal.

En este caso al comparar los promedios en cada una de las tres épocas evaluadas, en la época húmeda aumentan el porcentaje de agua y de cobertura vegetal, disminuyendo el de mantillo y suelo desnudo (Figura 2).

Cabe resaltar que las especies del género *Aciachne* suelen ser consideradas como indicadoras de sobre pastoreo (Bustinza, 2001), por lo que en este caso es muy probable que esta comunidad vegetal corresponda a un bofedal degradado. Además, considerando observaciones de campo es probable que el aumento de esta especie pueda estar asociado con alteraciones en la cantidad y/o calidad del agua a lo largo del año.

4.1.5 COMUNIDAD DE PHYLLOSCIRPUS DESERTÍCOLA

En este caso es principalmente *Phylloscirpus deserticola* la especie que alcanza los mayores valores de cobertura, entre 18 y 38 por ciento (29,33 por ciento en promedio).

En esta comunidad vegetal se registraron en total 22 especies distribuidas en 11 familias. Los registros por transecto fueron entre ocho y 13 especies. La riqueza de Margalef varió entre 1,54 y 2,48, con un valor promedio de 4,41.

La equidad de Pielou registró un valor promedio de 0,78; por transecto los valores se encontraron entre 0,80 y 0,94. Mientras que el índice de Shannon registró un valor promedio de 3,49 bits/ind, con valores entre 2,41 bits/ind y 3,24 bits/ind por transecto.

Estacionalmente siguió el mismo comportamiento que la comunidad vegetal anterior, con los mayores registros de todos los parámetros en la época húmeda del 2012, seguidos por los de la época de transición 2010, y en último lugar los de la época seca 2011 (Figuras 3 y 4).

En cuanto a los tipos de cobertura del suelo, la cobertura vegetal total registró los mayores valores (59,6 por ciento), seguida por el porcentaje de agua (19,1 por ciento), y suelo desnudo (12,2 por ciento). Las demás categorías registraron valores por debajo del nueve por ciento.

En este caso al comparar los promedios en cada una de las tres épocas evaluadas, si bien en la época húmeda aumentan el porcentaje de agua, y disminuyen el de mantillo y suelo desnudo en comparación con los de la época seca, los valores de la época de transición son mayores que los de la época seca (Figura 2).

4.1.7 PRADERA HÚMEDA

En esta comunidad vegetal fueron las poáceas las que registraron los mayores valores de cobertura. Entre las especies dominantes se tiene a: *Calamagrostis vicunarium*, *Calamagrostis rigescens*, *Festuca rigescens*, *Agrostis breviculmis*, en algunos casos acompañados por *Aciachne acicularis*. La cobertura porcentual de Poáceas estuvo entre 16 y 66 por ciento por transecto, con un valor promedio de 40,5 por ciento.

En esta comunidad vegetal se registraron en total 40 especies distribuidas en 13 familias. Los registros por transecto fueron entre ocho y 19 especies. La riqueza de Margalef varió entre 1,60 y 3,48, con un valor promedio 8,22.

La equidad de Pielou registró un valor promedio de 0,78; por transecto los valores se encontraron entre 0,69 y 0,92. Mientras que el índice de Shannon registró un valor promedio de 4,18 bits/ind, con valores entre 2,18 bits/ind y 3,58 bits/ind por transecto.

En esta comunidad vegetal se registró el mayor número de especies, y los mayores valores de riqueza de Margalef, equidad de Pielou e índice de Shannon.

Estacionalmente los mayores registros de todos los parámetros fueron en la época húmeda del 2012 y los registros de la época de transición fueron mayores que los de la época seca (Figuras 3 y 4).

En cuanto a los tipos de cobertura del suelo, la cobertura vegetal registró los mayores valores (59,8 por ciento), seguida por el porcentaje de suelo desnudo (19,2 por ciento), y de mantillo (17,7 por ciento). Las demás categorías registraron valores por debajo del dos por ciento. Esta fue la comunidad vegetal con el menor porcentaje de agua registrado (1,5 por ciento).

En este caso al comparar los promedios en cada una de las tres épocas evaluadas, en la época húmeda aumentan el porcentaje de agua y de cobertura vegetal, disminuyendo el de mantillo y suelo desnudo (Figura 2).

4.1.9 COMUNIDAD DE LACHEMILLA PINNATA Y POÁCEAS

En este caso fue principalmente *Lachemilla pinnata* la especie que alcanzó los mayores valores de cobertura, entre 22 y 66 por ciento (36 por ciento en promedio).

En esta comunidad vegetal se registraron en total 23 especies distribuidas en 9 familias. Los registros por transecto fueron entre ocho y 17 especies. La riqueza de Margalef varió entre 1,50 y 3,08, con un valor promedio de 4,50.

La equidad de Pielou registró un valor promedio de 0,79 (la mayor entre todas las comunidades vegetales); por transecto los valores se encontraron entre 0,75 y 0,92. Mientras que el índice de Shannon registró un valor promedio de 3,58 bits/ind, con valores entre 2,26 bits/ind y 3,70 bits/ind por transecto.

Estacionalmente los mayores registros de todos los parámetros fueron en la época húmeda del 2012, seguidos por los de la época de seca 2011, y en último lugar los de la época de transición 2010 (Figuras 3 y 4).

En cuanto a los tipos de cobertura del suelo, la cobertura vegetal total registró los mayores valores (63,3 por ciento), seguida por el porcentaje de mantillo (20,7 por ciento), y el de agua (9,7 por ciento). Las demás categorías registraron valores por debajo del siete por ciento.

En este caso al comparar los promedios en cada una de las tres épocas evaluadas, si bien en la época húmeda aumentan el porcentaje de agua, y disminuyen el de mantillo y suelo desnudo en comparación con los de la época seca, los valores de la época de seca fueron mayores a los de la época de transición (Figura 2).

4.2 SIMILITUD ENTRE COMUNIDADES VEGETALES

Para identificar la presencia de agrupaciones espaciales (por bofedal) y/o temporales entre las seis comunidades vegetales del estudio, se hizo un análisis de similitud con el índice de Morita Horn (Figura 8), empleando los valores promedio de la cobertura de las especies registrada por época.

En primer lugar se distinguen dos grupos claramente definidos con baja similitud entre ellos (27 por ciento aproximadamente). El primero compuesto por comunidades vegetales con una abundancia importante de poáceas (*Lachemilla pinnata* y Poáceas, *Aciachne acicularis*, Pradera húmeda), y el segundo en el que dominan otras herbáceas (*Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*, *Plantago tubulosa*, *Phylloscirpus deserticola* y *Distichia muscoides*).

Las similitudes entre épocas por comunidad vegetal suelen ser elevadas (por encima del 70 por ciento). En casi todos los casos, las similitudes son mayores entre las distintas épocas de cada comunidad que entre diferentes comunidades. La excepción es para la Pradera húmeda en el 2010, en este año esta comunidad fue mucho más similar a la de *Aciachne acicularis*.

Los análisis previos mostraron que se presentaron de una a dos comunidades vegetales en cada uno de los sitios evaluados. La cercanía o distancia entre estos lugares no estaría influenciando en la composición de las comunidades vegetales. Y si bien en algunos casos parece haber una relación con la altitud y las comunidades vegetales presentes (la Pradera húmeda se registró en lugares de mayor altitud – 4 709 y 4 770-, y la comunidad de *Lachemilla pinnata* y Poáceas en la de menor altitud – 4 240 y 4 250). Otros elementos pueden estar influenciando en la distribución de especies como alteraciones en la disponibilidad de agua y el pastoreo.

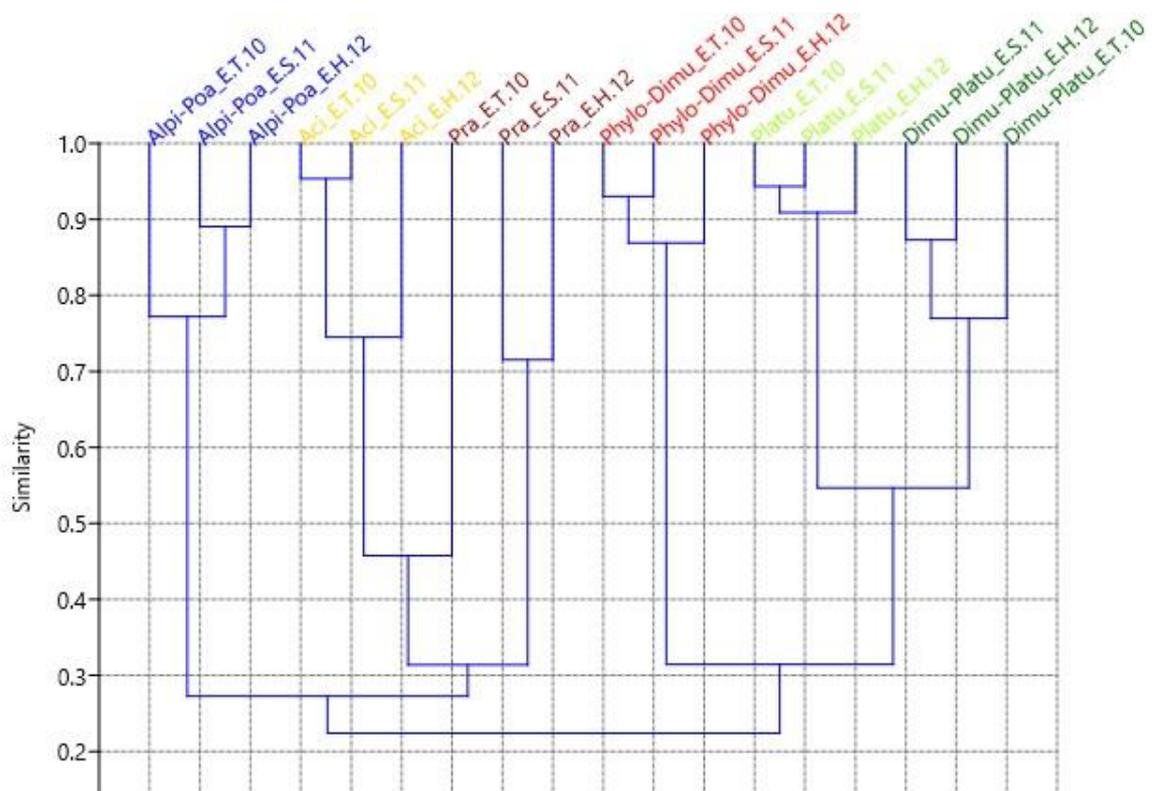


Figura 8: Análisis de Similitud entre Comunidades Vegetales

Nota: **Phyllo-Dimu:** *Phylloscirpus deserticola* y *Distichia muscoides*; **Aci:** *Aciachne acicularis*, **Alpi-Poa:** *Lachemilla pinnata* y Poáceas; **Platu:** *Plantago tubulosa*; **Dimu-Platu:** *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*; **Pra:** pradera húmeda.

FUENTE: Elaboración propia

4.3 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Para analizar la interdependencia de las variables más importantes de estudio y la relación entre los transectos evaluados y las comunidades vegetales se consideraron las siguientes variables para los análisis: el número de especies (S), la sumatoria de las coberturas porcentuales de cada especie (N), la riqueza de Margalef (d), la equidad de Pielou (J), el índice de Shannon (H), la cobertura vegetal total (vegetación), así como el porcentaje de agua, suelo desnudo, mantillo y musgo (no se consideraron los demás tipos de cobertura

del suelo por presentar porcentajes muy bajos). Los resultados se presentan en el Figura 5. Los autovectores se presentan en el Anexo 4.

En total ambos componentes explican el 66,9 por ciento de la variabilidad. El Componente 1 explica el 45,4 por ciento, y el Componente 2 el 21,5 por ciento.

En este caso, el componente 1 separa mantillo y suelo desnudo de los demás parámetros, por lo tanto, la mayor variabilidad entre las comunidades vegetales se explica con estas variables. Es decir, este componente separa a los transectos que tienen los mayores porcentajes de suelo desnudo y mantillo, de aquellos con valores elevados de número de especies, sumatoria de las coberturas (de las especies), riqueza de Margalef e índice de Shannon.

El componente 2 separa la cobertura vegetal (vegetación) de los demás parámetros.

El análisis de componentes principales nos muestra la influencia de la estacionalidad en el agrupamiento de los transectos. La mayoría de transectos evaluados en el 2012 (época húmeda) están asociados con un elevado número de especies (y de otros índices de diversidad), porcentaje de agua así como con mayores porcentajes de cobertura vegetal total. Mientras que aquellos transectos con mayor porcentaje de suelo desnudo y mantillo suelen ser los evaluados en época de transición (2010) y época seca (2011).

El porcentaje de cobertura vegetal total (vegetación), separa a la mayoría de transectos de la comunidad de *Aciachne acicularis* y de *Plantago tubulosa* de los de Pradera húmeda.

4.4 DIFERENCIAS DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS ENTRE COMUNIDADES VEGETALES Y ÉPOCAS DE EVALUACIÓN (HÚMEDA, SECA Y TRANSICIÓN)

4.4.1 ABUNDANCIA (COBERTURA) DE ESPECIES

Como se indicó en la Sección 6.1, el ANOSIM (con el índice de Morista Horn) mostró que existen diferencias significativas entre las seis comunidades vegetales evaluadas en cuanto a la cobertura y composición por especie. Adicionalmente, en esta sección se evalúa si dichas diferencias se mantienen al hacer los análisis por temporada.

Los resultados se presentan en el Anexo 5.

La mayoría de comunidades no presentaron diferencias significativas de la abundancia (cobertura) por especie entre épocas de evaluación. Sólo se registraron diferencias significativas en la pradera húmeda entre la época de transición (diciembre 2010), y las épocas seca (agosto 2011) y húmeda (diciembre 2012); sin embargo, no se registraron diferencias entre las épocas húmeda y seca.

La comunidad de *Aciachne acicularis* fue la que registró las mayores diferencias con la mayoría de comunidades vegetales. Con la comunidad mixta de *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*: la época de transición 2010, época seca 2011 de la comunidad de *Aciachne acicularis* con las tres épocas de la comunidad mixta, y la época húmeda 2012 sólo con la época de transición 2010. Con la comunidad de *Phylloscirpus desertícola* y la pradera húmeda en las tres épocas en ambas comunidades. Con la comunidad de *Lachemilla pinnata* en la época de transición 2010, entre la época seca de ambas comunidades, entre la época húmeda de la comunidad de *Aciachne acicularis* con las épocas de transición y húmeda de *Lachemilla pinnata*. Por lo tanto, la comunidad de *Aciachne acicularis* es la que se diferencia más claramente de la mayoría de comunidades vegetales en cuanto a composición y abundancia en las tres épocas evaluadas.

Además todas las épocas evaluadas de la pradera húmeda se diferencian significativamente de todas las épocas de la comunidad de *Phylloscirpus desertícola*, y de la mixta de *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*.

4.4.2 ÍNDICES DE DIVERSIDAD

Para identificar si existen diferencias significativas entre comunidades vegetales y épocas para los diferentes índices de diversidad (número de especies, riqueza de Margalef, equidad de Pielou e índice de Shannon), se realizó un análisis de varianza (ANVA) y test de Tuckey. Los resultados se presentan en los Anexos 6-10.

En cuanto al número de especies (Anexo 6), no se registraron diferencias significativas entre comunidades vegetales. Sin embargo, en conjunto los resultados de la época húmeda fueron significativamente diferentes a los de la época seca y de transición. Al hacer el análisis de la interacción comunidades vegetales y épocas (Figura 10) se registraron diferencias significativas en los siguientes casos: entre la comunidad de *Plantago tubulosa* y pradera húmeda en la época húmeda, con las comunidades de *Aciachne acicularis* en la época seca, y las de *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*, *Plantago tubulosa* y *Aciachne acicularis* en la época de transición.

En cuanto a la riqueza de Margalef (Anexo 7), sólo se registraron diferencias significativas entre la comunidad de *Aciachne acicularis* y la pradera húmeda. En conjunto los resultados de la época húmeda fueron significativamente diferentes a los de la época seca y la transición. Al hacer el análisis de la interacción comunidades vegetales y épocas (Figura 11), se registraron diferencias significativas en los siguientes casos: entre la comunidad de *Plantago tubulosa* en época húmeda y la comunidad de *Lachemilla pinnata* y pradera húmeda en época húmeda. Entre las comunidades de *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa* en la época de transición; con *Plantago tubulosa*, la pradera húmeda y la comunidad de *Lachemilla pinnata* en la época húmeda.

En cuanto a la equidad de Pielou (Anexo 8), no se registraron diferencias significativas ni entre comunidades ni entre épocas. Lo mismo ocurrió al hacer el análisis de la interacción comunidades vegetales y épocas (Figura 12).

En cuanto al índice de Shannon (Anexo 9), no se registraron diferencias significativas entre comunidades. En conjunto los resultados de la época húmeda fueron significativamente diferentes a los de la época seca y la transición. Al hacer el análisis de la interacción comunidades vegetales y épocas (Figura 13), tampoco se observaron diferencias significativas.

Estos resultados sugieren que tanto la riqueza de Margalef, como la equidad y el índice de Shannon no serían útiles para diferenciar las comunidades vegetales en el estudio realizado. Mientras que el número de especies tiene un alcance limitado.

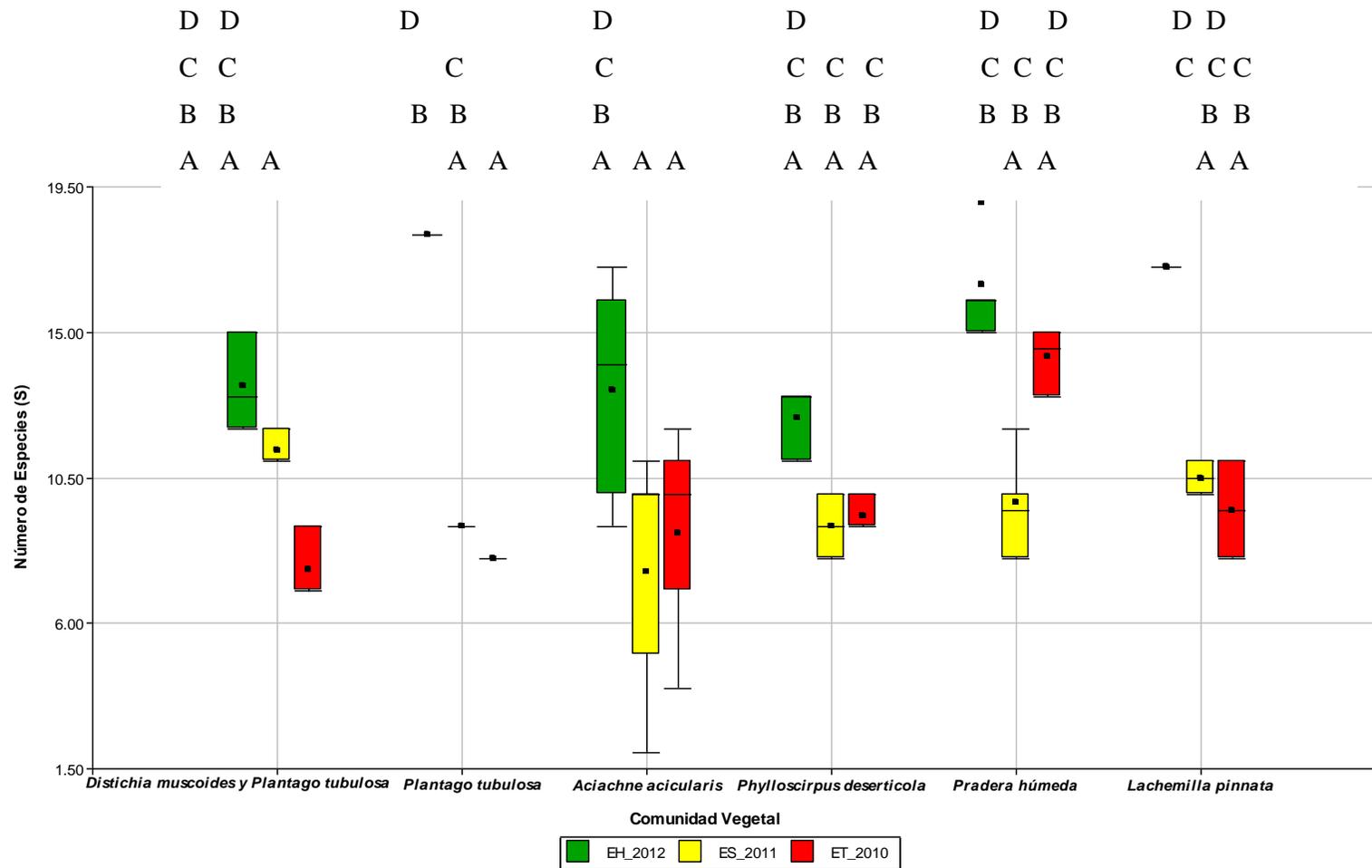


Figura 10: Box-plot del número de especies por comunidad vegetal y época de evaluación

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). FUENTE: elaboración propia

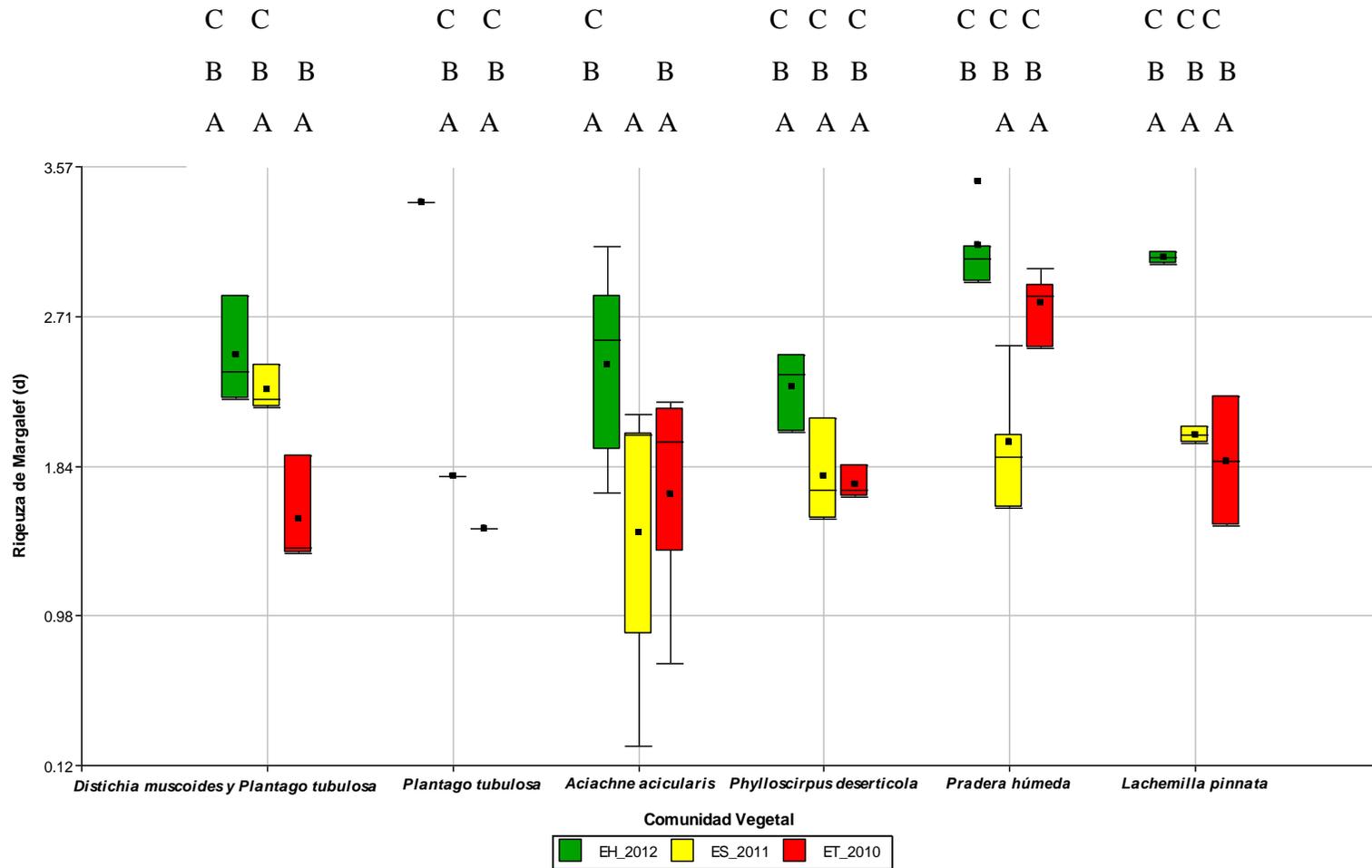


Figura 11: Box-plot de la riqueza de Margalef por comunidad vegetal y época de evaluación

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). FUENTE: elaboración propia.

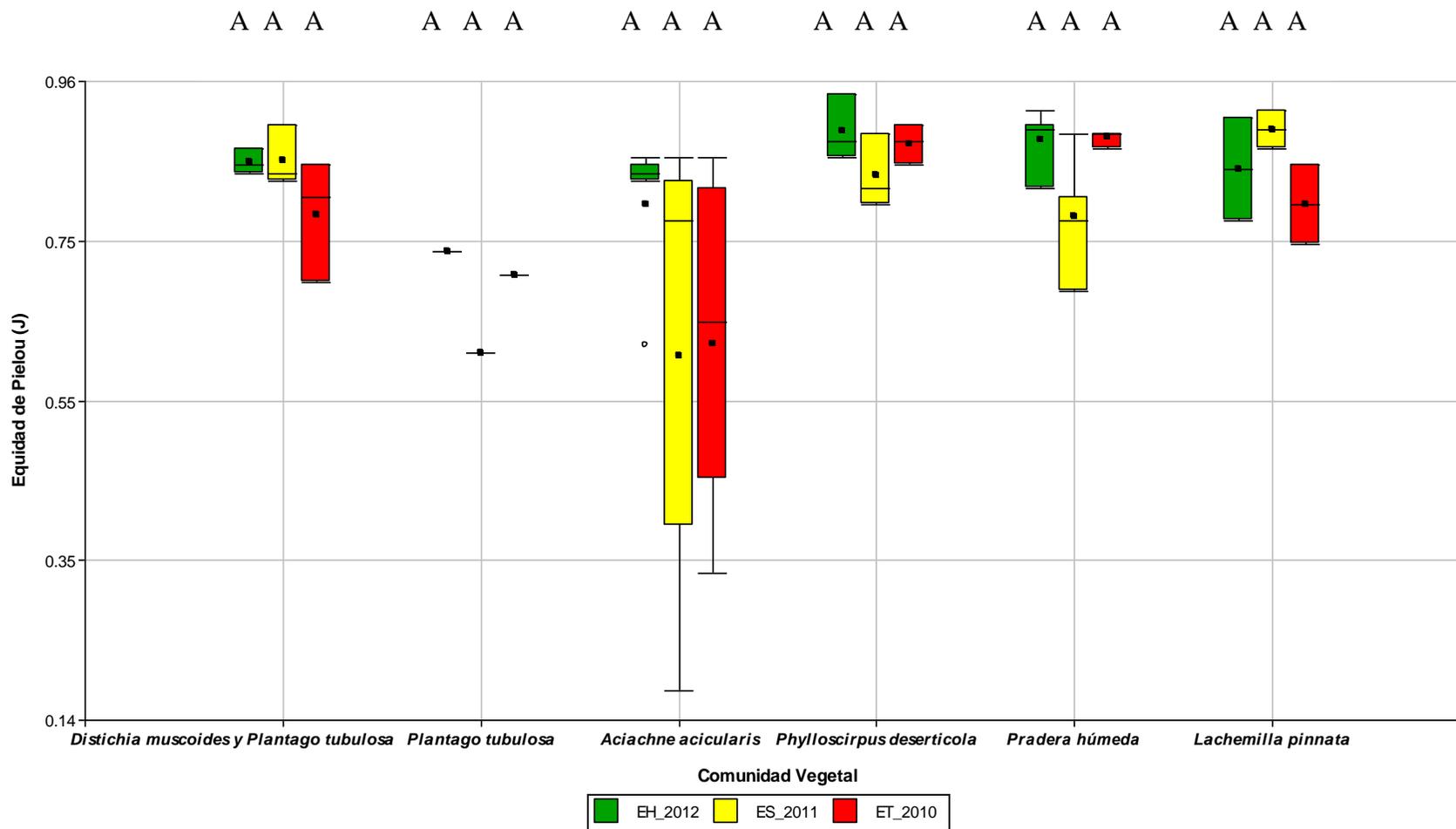


Figura 12: Box-plot de la equidad de Pielou por comunidad vegetal y época de evaluación

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). FUENTE: elaboración propia

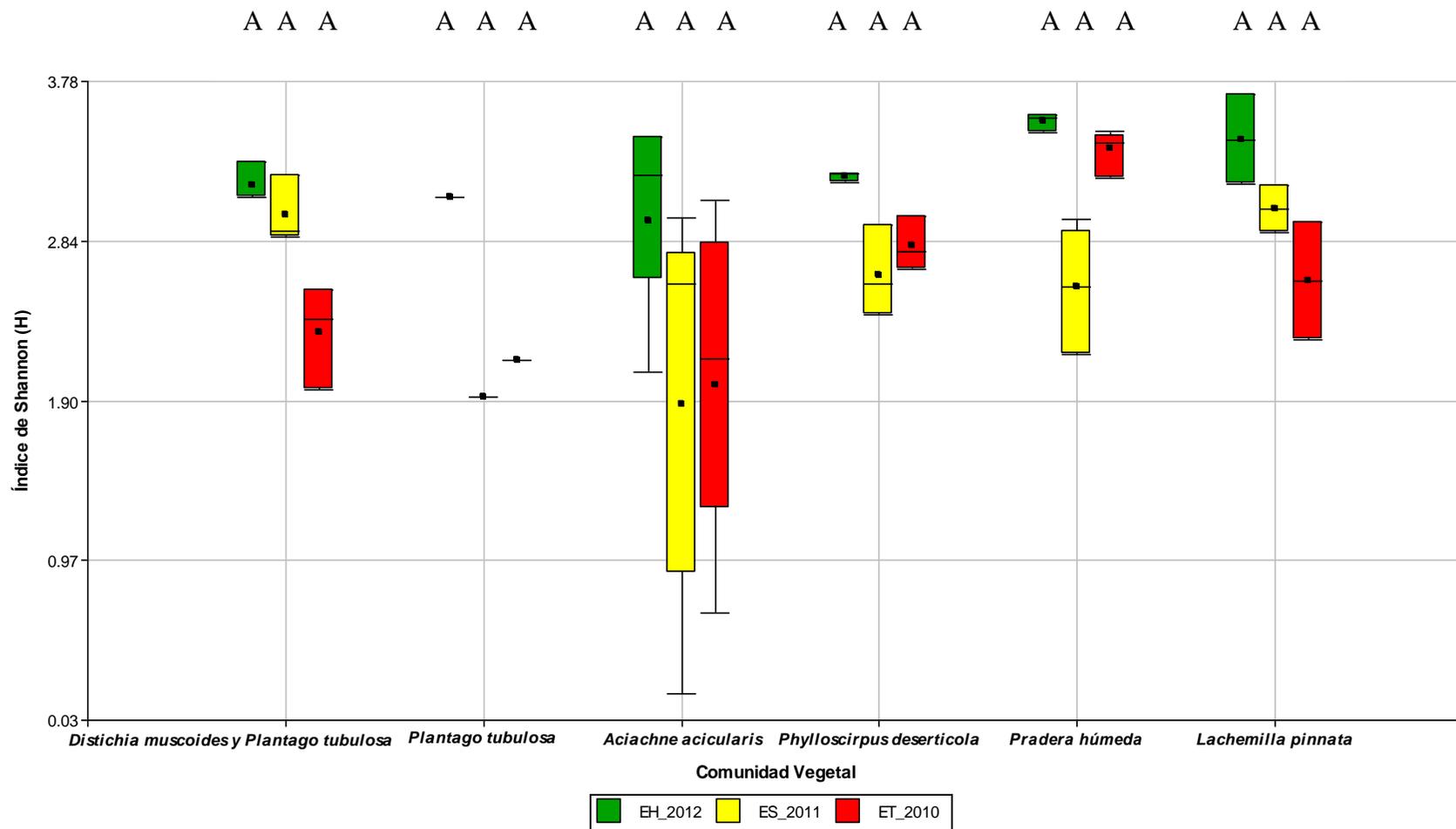


Figura 13: Box-plot del índice de Shannon por comunidad vegetal y época de evaluación

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). FUENTE: elaboración propia

V. CONCLUSIONES

Se diferenciaron significativamente seis comunidades vegetales en función de las siguientes especies o grupos dominantes (22 a 65 por ciento de cobertura): *Phylloscirpus deserticola* y *Distichia muscoides*, *Aciachne acicularis*, *Lachemilla pinnata* y Poáceas, *Plantago tubulosa*, *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*, y pradera húmeda (dominada por Poáceas). Por sitio de evaluación (seis) se registraron de una a dos comunidades vegetales diferentes.

La utilidad de los tipos de cobertura del suelo para diferenciar las comunidades vegetales fue parcial. Sin embargo, elementos como la cobertura vegetal, el agua, el suelo desnudo y el mantillo mostraron comportamientos típicamente estacionales, con un aumento de cobertura de los dos primeros y una disminución de los dos últimos en época húmeda para todas las comunidades vegetales.

Las comunidades vegetales se organizaron en dos grandes grupos (27 por ciento de similitud). En el primero dominaban las Poáceas (*Aciachne acicularis*, *Lachemilla pinnata* y Poáceas, Pradera húmeda), y en el segundo otras herbáceas (*Phylloscirpus deserticola* y *Distichia muscoides*, *Plantago tubulosa*, de *Distichia muscoides* y *Plantago tubulosa*). Entre épocas por comunidad vegetal suele ser mucho mayor (entre el 70 y 90 por ciento), salvo en la pradera húmeda en época de transición (2010).

El porcentaje de cobertura vegetal, de agua, de suelo desnudo y de mantillo, número de especies, índice de Shannon, equidad y riqueza de Margalef fueron los parámetros mejor asociados con la variabilidad de las comunidades vegetales.

Los índices de diversidad (número de especies, riqueza de Margalef, equidad de Pielou e índice de Shannon), fueron útiles para describir las comunidades vegetales, pero sólo la riqueza de Margalef tuvo una utilidad parcial para diferenciar comunidades vegetales (*Aciachne acicularis* y Pradera húmeda). En cuanto a las diferencias entre épocas, todos los índices salvo por la equidad, mostraron un aumento significativo en época húmeda.

VI. RECOMENDACIONES

Los estudios de comunidades vegetales pueden ser empleados como referencia para trabajos de revegetación, y estudios asociados a manejo, conservación y monitoreo de bofedales. En ese sentido, se recomienda realizar evaluaciones más intensivas por comunidad vegetal en bofedales en diferentes lugares del país, e incluir otras comunidades vegetales.

Identificar especies indicadoras que permitan hacer seguimiento a las comunidades vegetales de bofedales puede contribuir al monitoreo de las mismas profundizar el conocimiento de estos ecosistemas.

De igual forma, incluir en futuras evaluaciones parámetros abióticos (agua, suelo) como parte de la caracterización de comunidades vegetales, contribuiría a profundizar el conocimiento sobre las mismas.

Las evaluaciones de los tipos de cobertura del suelo brindan información complementaria a las evaluaciones de vegetación de bofedales, por lo que se recomienda incluirlas en futuros estudios. De igual forma, estos parámetros evaluados en monitoreos (realizados siempre en la misma época del año) podrían ser buenos indicadores del estado de las diferentes comunidades vegetales de bofedales, siempre y cuando se tenga una buena caracterización inicial (línea base) para poder hacer las comparaciones respectivas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alzérreca, H.; Laura, J.; Loza, F.; Luna, D.; Ortega, J. 2006. Importance of Carrying Capacity in Sustainable Management of Key High-Andean Puna Rangelands (Bofedales) in Ulla, Bolivia. En Spehn, E.; Liberman, M. & Körner C. eds. Land Use Change and Mountain Biodiversity, CRC Press, Boca Raton, Florida. p. 167–185.
- Bustinza, V. 2001. La Alpaca Crianza, Manejo y Mejoramiento. Oficina de Recursos del Aprendizaje - Sección Publicaciones - UNA. Puno. 343 p.
- Canales, C.; Tapia, M. 1987. Producción y Manejo de Forrajes en los Andes del Perú. Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga. Proyecto Investigación de los Sistemas Agropecuarios Andinos, PISA (INIPA, CIID, ACDI), Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Lima. 304 p.
- Caro, C. 2010. Extracción de Pastos por Actividad de “Champeo” en la Reserva Nacional de Junín durante el Año 2004 - 2005. Una Perspectiva desde la Teoría de la Sucesión: Estudio de Caso en la Comunidad Campesina de Villa Junin. Tesis Mag. Sc. en Ecología Aplicada, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 168 p.
- Chimner, R.A.; Karberg, J.M. 2008. Long-term carbon accumulation in two tropical mountain peatlands, Andes Mountains, Ecuador. Mires and Peat, Volume 3 (2008), Article 04. Consultado 3 ene. 2016. Disponible en http://pixelrauschen.de/wbmp/media/map03/map_03_04.pdf

- Coaguila, L.; Machaca, J.; Lizárraga, J.C.; Ocsa, E.; Quispe, F.; Zeballos, H. 2010. Bofedales En La Reserva Nacional De Salinas Y Aguada Blanca. In Zeballos H., Ochoa J.A., Evaristo López E. eds. Diversidad biológica de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca. Lima: DESCO, PROFONANPE, SERNANP. 314 pp.
- Cooper, D.J.; Wolf, E.C.; Colson, C.; Vering, W.; Granda, A.; Meyer, M. 2010. Alpine Peatlands of the Andes, Cajamarca, Peru. *Artic, Antarctic, and Alpine Research*, 42(1), 19–33.
- Dangles, O.; Meneses, R.; Anthelme F. 2014. BIOTHAW un proyecto multidisciplinario que propone un marco metodológico para el estudio de los bofedales altoandinos en un contexto de cambio climático. *Ecología en Bolivia: revista del Instituto de Ecología*, ISSN 1605-2528, Vol. 49, N°. 3, Diciembre 2014. p. 6-13.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Flores, M.; Alegria, J.; Granda, A. 2005. Diversidad florística asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Habascocha, Junín, Perú. *Revista Peruana de Biología*, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Lima, 12(1), 125–134.
- Florez, A. 1992. Las Praderas Nativas del Perú. En Florez, A., Malpartida & San Martín eds. *Manual de Forrajes para Zonas Áridas y Semiáridas Andinas*. Lima. Red de Rumiantes Menores. p. 55–124.

- Florez, A. 2005. Manual de Pastos y Forrajes Altoandinos. ITDG AL, OIKOS. Lima. 53 p.
- Gibbons, R. 2012. Bird Ecology And Conservation In Peru's High Andean Peatlands. PhD. Thesis. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. 100 p.
- Gurevitch, J; Scheiner, S.; Fox, G. 2006. The Ecology of Plants. University of South Florida. 518 p.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T.; Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. Disponible en: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Herrera, A.; Lane, K. 2004. Issues in Andean highland archaeology: The Cambridge round table on Ancash Sierra archaeology. *Antiquity*, 78(301). Consultado 4 nov. 2014. Disponible en: <http://antiquity.ac.uk/ProjGall/herrera/index.html>.
- Herzog, S.K.; Martinez R., Jorgensen, PM; Tiessen, H. 2011. Climate change and biodiversity in the tropical Andes. Inter-American Inst. for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). 348 p.
- Knight Piésold Consultores. 2013 Evaluación de los Ecosistemas de Bofedales en el Área de Influencia del STD – Temporada Húmeda 2012. Transportadora de Gas del Perú. 123 p.

- Krebs, C. 1999. *Ecological Methodology*. University of British Columbia, Benjamin Cummings; 2nd edition, Vancouver. 624 p.
- Lane, K. 2006. Through the looking glass: reassessing the role of agro-pastoralism in the north-central Andean highlands. *World Archaeology*, 38(3), p. 493–510.
- Lovera, D.; Quipuzco, L.; Becerra C.; Valentin, L.; Valencia, D.; Noriega, A.; Nuñez, D.; Valdivia, H.; Montoro, J.; Ipanaque, O.; Inciso, D. 2007. Asimilación y transferencias de conocimientos y tecnologías en la vinculación universidad - gobierno local - población: caso Lacabamba. *Revista del Instituto de Investigaciones, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica (FIGMMG), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)*, 10(20), p. 31–44.
- Magurran, A. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science. 256 p.
- Magurran, A. 1991. *Diversidad ecológica y su medición*. Ed. Vedral. Barcelona. 199 p.
- Magurran, A.; McGill, B. 2011. *Biological Diversity frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press. 345 p.
- Maldonado Fonkén, M.S. 2010. *Comportamiento de la Vegetación de Bofedales Influenciados por Actividades Antrópicas*. Tesis Mag. en Desarrollo Ambiental, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. 119 p.
- Maldonado Fonkén, M.S. 2014. An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes. *Mires and Peat* 15: Art. 5. Consultado 27 mar. 2015. Disponible en: <http://www.mires-and-peat.net/pages/volumes/map15/map1505.php>

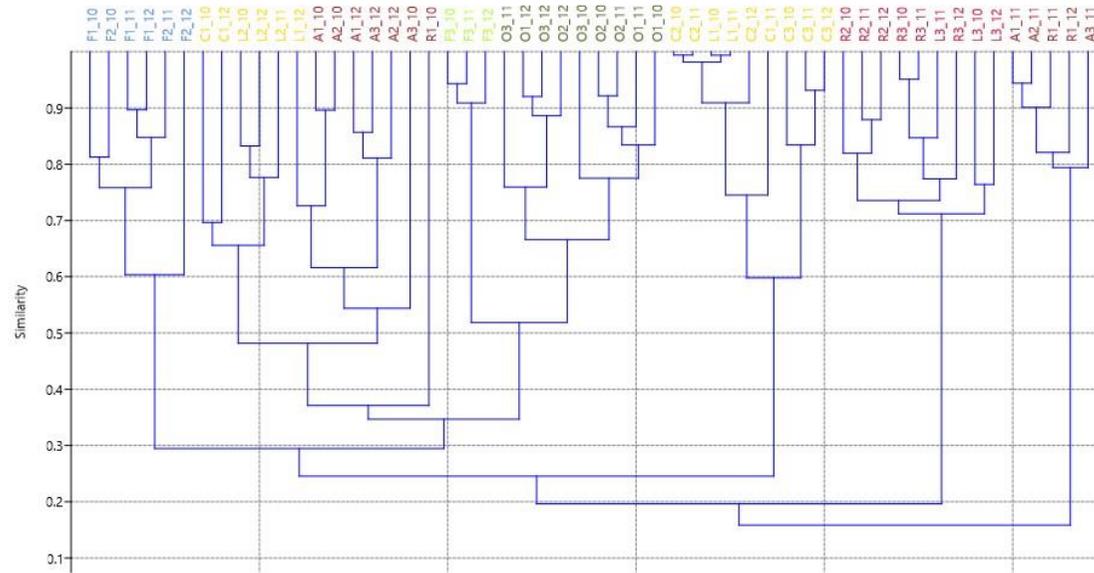
- Maldonado Fonkén, M.S. 2017. Bofedales Peruanos - Principales Características. Ponencia en el Foro "Bofedales: Definición y Clasificación en el Perú". I Congreso Peruano de Humedales. Lima.
- Maldonado Fonkén, M.S. & Maldonado, L. 2010. Los Bofedales: "Un oasis en la puna". In Ancash, Anuario Cultural (Ancash Cultural Yearbook), Asociación Ancash, Antamina, Huaraz. p 70–77.
- Mateucci, S.; Colma, A. 1982. Metodología para el Estudio de la Vegetación. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Secretaria General de la OEA- Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington. 165 p.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2012. Memoria Descriptiva del Mapa de Cobertura Vegetal del Peru. Lima. 76 p.
- Moya, E.; Chambi Pacoricona, N.; Quiso Choque, V.; Tito Velazco, F. 1994. Cosmovisión y Conocimiento de los Alpaqueros Aymaras. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial (INIAA), Lima. 118 p.
- Noss, R. 1990. "Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach". Conservation Biology. Volume 4, Nº 4, p. 355–364.
- Palacios, F. 1977. Pastizales de regadío para alpacas. En *Pastores de Puna*, Instituto de Estudios Peruanos, Lima, p. 155–170.

- Polk, M. 2016. “They Are Drying Out”: Social-Ecological Consequences of Glacier Recession on Mountain Peatlands in Huascarán National Park, Peru. PhD Thesis. The University of Texas at Austin. 229 p.
- Clarke, K.R.; Gorley, R.N. 2001. PRIMER 6 Version 6.1.6 de PRIMER E (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) paquete estadístico.
- Ramirez, D. 2011. Flora Vascular Y Vegetación De Los Humedales De Conococha, Ancash, Perú. Tesis Lic. En Biología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. 110 p.
- Ruthsatz, B. 2012. Vegetation and Ecology of the High Andean Peatlands of Bolivia. *Phytocoenologia*, 42 (3-4), p. 113– 179.
- Salvador, F.; Cano, A. 2002. Lagunas y Oconales: los Humedales del Trópico Andino. In Cuadernos de Biodiversidad 11. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO), Universidad de Alicante, España. p 4–9.
- Salvador, F.; Monerris, J.; Rochefort, L. 2014. Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat*, 15(3), 1–17. Consultado el 12 de dic. 2015. Disponible en <http://www.mires-andpeat.net/pages/volumes/map15/map1503.php>.
- Segnini, A.; Posadas, A.; Quiroz, R.; Milori, D.M.B.P; Saab, S.C.; Martin Neto, L.; Vaz, C.M.P. 2010. Spectroscopic assessment of soil organic matter in wetlands from the High Andes. *Soil Science Society of America Journal*, 74, p 2246–2253.

- Squeo, F.A.; Warner, B.G.; Aravena, R.; Espinoza, D. 2006. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79, P. 245–255.
- Tapia, M. 1997. Desarrollo rural en el Perú: Los diferentes caminos hacia la sostenibilidad. En: Gonzales de Olarte, E.; Revesz, B. & Tapia Lima, M. (eds.) *Perú: El Problema Agrario en Debate*, Seminario Permanente de Investigación Agraria (SEPIA), José Faustino Sánchez Carrión, Lima, VI, p. 425– 464.
- Tovar, O. 1973. Comunidades Vegetales de la Reserva Nacional de Vicuñas de Pampa Galeras, Ayacucho, Perú (Plant Communities of the National Reserve for Vicuñas Pampa Galeras, Ayacucho). En *Publicaciones del Museo de Historia Natural “Javier Prado”*, Botánica Serie B N° 27, Lima, 32 p.
- Tovar, O.; Oscanoa, L. 2002. Guía para la identificación de pastos naturales alto andinos de mayor importancia ganadera. Instituto de Montaña. Huaraz. 184pp.
- Tovar, O. 1993. Las Gramíneas (Poaceae) del Perú. RUIZIA. Tomo 13. Monografías del Real Jardín Botánico. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- Verzijl, A.; Guerrero, S. 2013. The system nobody sees: irrigated wetland management and alpaca herding in the Peruvian Andes. *Mountain Research and Development*, 33(3), p. 280–293.
- Weberbauer, A. 1945. *El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos*. Ministerio de Agricultura, Lima, Peru, 776 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Análisis de Similitud con el índice de Morisita-Horn



FUENTE: elaboración propia

ANEXO 2: Cobertura porcentual promedio de las especies registradas por comunidad vegetal

N°	Familia	Especie	<i>Distichia muscoides</i> y <i>Plantago tubulosa</i>	<i>Plantago tubulosa</i>	<i>Aciachne acicularis</i>	<i>Phylloscirpus deserticola</i> y <i>D. muscoides</i>	Pradera húmeda	<i>Lachemilla pinnata</i> y poáceas
1	Apiaceae	<i>Azorella diapensioides</i> A. Gray	0.00	0.00	0.00	0.00	10.17	1.00
2	Apiaceae	<i>Lilaeopsis macloviana</i> (Gand.) A.W. Hill	1.33	4.67	5.60	2.22	0.33	3.00
3	Asteraceae	<i>Cotula mexicana</i> (DC.) Cabrera	1.56	0.00	1.20	0.00	0.17	0.67
4	Asteraceae	<i>Cuatrecasasiella isernii</i> (Cuatrec.) H. Rob.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00
5	Asteraceae	<i>Gamochaeta humilis</i> Wedd.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00
6	Asteraceae	<i>Hypochaeris taraxacoides</i> (Meyen & Walp.) Ball	13.33	2.67	2.00	4.44	6.17	1.67
7	Asteraceae	<i>Lucilia conoidea</i> Wedd.	0.00	0.00	0.00	0.00	1.83	0.00
8	Asteraceae	<i>Novenia acaulis</i> (Benth. & Hook. f. ex B.D. Jacks.) S.E. Freire & F.H. Hellw.	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00
9	Asteraceae	<i>Oritrophium limnophilum</i> (Sch. Bip.) Cuatrec.	0.22	0.00	0.13	7.78	0.67	0.00
10	Asteraceae	<i>Perezia ciliaris</i> D. Don	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00

Continuación...

N°	Familia	Especie	<i>Distichia muscoides</i> y <i>Plantago tubulosa</i>	<i>Plantago tubulosa</i>	<i>Aciachne acicularis</i>	<i>Phylloscirpus deserticola</i> y <i>D. muscoides</i>	Pradera húmeda	<i>Lachemilla pinnata</i> y poáceas
11	Asteraceae	<i>Perezia coeruleascens</i> Wedd.	0.00	0.00	0.00	0.00	1.67	0.00
12	Asteraceae	<i>Senecio algens</i> Wedd.	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00
13	Asteraceae	<i>Werneria heteroloba</i> Wedd.	0.00	0.00	1.33	0.00	0.33	0.00
14	Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i> Gillies ex Hook. & Arn.	2.44	6.00	2.00	6.22	7.00	7.00
15	Boraginaceae	<i>Plagiobothrys congestus</i> (Wedd.) I.M. Johnst.	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00
16	Brassicaceae	<i>Draba brackenridgei</i> A. Gray	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00
17	Campanulaceae	<i>Hypsela reniformis</i> (Kunth) C. Presl	9.78	1.33	6.53	0.67	2.67	1.67
18	Caryophyllaceae	<i>Arenaria digyna</i> Schtdl.	0.00	0.00	0.80	0.00	2.17	0.00
19	Cyperaceae	<i>Carex ecuadorica</i> Kük.	1.11	0.00	0.27	1.33	1.67	5.00
20	Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i> Nees & Meyen ex Kunth	1.33	6.00	2.53	3.78	0.50	3.67
21	Cyperaceae	<i>Phylloscirpus deserticola</i> (Phil.) Dhooqe & Goetgh.	1.33	0.67	4.00	29.33	3.33	0.00

Continuación...

N°	Familia	Especie	Distichia muscoides y Plantago tubulosa	Plantago tubulosa	Aciachne acicularis	Phylloscirpus deserticola y D. muscoides	Pradera húmeda	Lachemilla pinnata y poáceas
22	Cyperaceae	<i>Trichophorum rigidum</i> (Boeck.) Goetgh., Muasya & D.A. Simpson	0.00	0.00	0.00	3.11	0.00	0.00
23	Cyperaceae	<i>Zameioscirpus muticus</i> Dhooge & Goetgh.	0.00	0.00	0.00	7.11	0.00	0.00
24	Fabaceae	<i>Astragalus uniflorus</i> DC.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00
25	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00
26	Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i> Kunth	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00
27	Gentianaceae	<i>Gentianella</i> Moench	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	Geraniaceae	<i>Geranium sessiliflorum</i> Cav.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00
29	Geraniaceae	<i>Geranium tovarii</i> Aedo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00
30	Isoetaceae	<i>Isoetes andicola</i> (Amstutz) L.D. Gómez	0.00	0.00	0.00	2.22	0.00	0.00
31	Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen	24.22	0.00	6.93	22.22	4.33	0.00
32	Juncaceae	<i>Juncus cf. stipulatus</i> Nees & Meyen	0.00	3.33	0.40	0.44	0.00	1.67
33	Juncaceae	<i>Juncus ebracteatus</i> E. Mey.	0.00	0.67	0.00	0.44	0.00	0.00
34	Juncaceae	<i>Luzula racemosa</i> Desv.	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.33
35	Malvaceae	<i>Nototriche longirostris</i> (Wedd.) A.W. Hill	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00

Continuación...

N°	Familia	Especie	Distichia muscoides y Plantago tubulosa	Plantago tubulosa	Aciachne acicularis	Phylloscirpus deserticola y D. muscoides	Pradera húmeda	Lachemilla pinnata y poáceas
36	Plantaginaceae	<i>Callitriche albomarginata</i> Fassett	0.89	1.33	0.13	0.00	0.00	0.00
37	Plantaginaceae	<i>Plantago rigida</i> Kunth	3.11	0.00	7.07	0.22	0.83	0.00
38	Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i> Decne.	22.89	64.00	6.13	6.44	4.67	13.00
39	Poaceae	<i>Aciachne acicularis</i> Lægaard	6.22	2.00	42.00	0.00	10.17	6.67
40	Poaceae	<i>Agrostis breviculmis</i> Hitchc.	0.22	0.00	0.13	0.00	2.00	0.00
41	Poaceae	<i>Agrostis haenkeana</i> Hitchc.	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00
42	Poaceae	<i>Alopecurus hitchcockii</i> Parodi	1.78	1.33	0.53	0.00	0.00	0.33
43	Poaceae	<i>Calamagrostis chrysantha</i> (J. Presl) Steud.	0.00	0.00	0.00	9.56	0.00	0.00
44	Poaceae	<i>Calamagrostis jamesonii</i> Steud.	0.00	7.33	0.40	7.78	0.00	0.00
45	Poaceae	<i>Calamagrostis minima</i> (Pilg.) Tovar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00
46	Poaceae	<i>Calamagrostis preslii</i> (Kunth) Hitchc.	0.00	0.00	2.53	0.00	0.17	0.00
47	Poaceae	<i>Calamagrostis rigescens</i> (J. Presl) Scribn.	3.56	3.33	1.33	0.22	4.67	13.00
48	Poaceae	<i>Calamagrostis spiciformis</i> Hack.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00

Continuación

N°	Familia	Especie	<i>Distichia muscoides</i> y <i>Plantago tubulosa</i>	<i>Plantago tubulosa</i>	<i>Aciachne acicularis</i>	<i>Phylloscirpus deserticola</i> y <i>D. muscoides</i>	Pradera húmeda	<i>Lachemilla pinnata</i> y poáceas
49	Poaceae	<i>Calamagrostis vicunarium</i> (Wedd.) Pilg.	4.89	3.33	3.20	0.00	12.50	14.00
50	Poaceae	<i>Dissanthelium calycinum</i> (J. Presl) Hitchc.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00
51	Poaceae	<i>Dissanthelium peruvianum</i> (Nees & Meyen) Pilg.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00
52	Poaceae	<i>Festuca humilior</i> Nees & Meyen	0.00	2.67	0.00	0.00	0.00	11.00
53	Poaceae	<i>Festuca rigescens</i> (J. Presl) Kunth	0.00	0.67	0.13	0.00	21.67	0.33
54	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i> (J. Presl) Henrard	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
55	Poaceae	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.67
56	Poaceae	<i>Poa chamaeclinos</i> Pilg.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00
57	Poaceae	<i>Poa gymnantha</i> Pilg.	0.00	2.67	0.00	0.00	0.00	3.67
58	Ranunculaceae	<i>Ranunculus flagelliformis</i> Sm.	0.00	2.00	0.13	0.00	0.00	0.67
59	Rosaceae	<i>Lachemilla diplophylla</i> (Diels) Rothmaler	1.33	3.33	11.60	0.89	7.50	6.67

Continuación...

N°	Familia	Especie	Distichia muscoides y Plantago tubulosa	Plantago tubulosa	Aciachne acicularis	Phylloscirpus deserticola y D. muscoides	Pradera húmeda	Lachemilla pinnata y poáceas
60	Rosaceae	<i>Lachemilla pinnata</i> (Ruiz & Pav.) Rothm	1.56	0.67	1.47	0.00	1.83	36.00
61	Violaceae	<i>Viola</i> cff. <i>pygmaea</i> Juss. ex Poir.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00

FUENTE: elaboración propia.

ANEXO 3: ANOSIM Tipos de Cobertura del suelo por comunidad vegetal

	<i>Distichia muscoides</i> y <i>Plantago tubulosa</i>	<i>Plantago tubulosa</i>	<i>Aciachne acicularis</i>	<i>Phylloscirpus deserticola</i> y <i>D. muscoides</i>	Pradera húmeda	<i>Lachemilla pinnata</i> y <i>Poáceas</i>
<i>Distichia muscoides</i> y <i>Plantago tubulosa</i>		0.3258	0.0169	0.3212	0.1693	0.1915
<i>Plantago tubulosa</i>	0.3258		0.0864	0.1637	0.0593	0.3143
<i>Aciachne acicularis</i>	0.0169	0.0864		0.0056	0.0097	0.0261
<i>Phylloscirpus deserticola</i> y <i>D. muscoides</i>	0.3212	0.1637	0.0056		0.0083	0.0351
Pradera húmeda	0.1693	0.0593	0.0097	0.0083		0.1325
<i>Lachemilla pinnata</i> y <i>Poáceas</i>	0.1915	0.3143	0.0261	0.0351	0.1325	

Diferencias significativas en gris ($p < 0.05$)

FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 4: Autovectores del Análisis de Componentes Principales

Variables	e1	e2
S	0.44	-0.08
N	0.4	0.25
D	0.42	-0.16
J'	0.33	-0.38
H (LOG2)	0.42	-0.28
vegetación	0.08	0.52
agua	0.28	0.18
suelo desnudo	-0.18	-0.48
mantillo	-0.25	-0.33
musgo	0.05	-0.21

FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 5: ANOSIM por época y entre comunidad vegetal

Comunidad vegetal	Época	<i>Distichia muscoides</i> y <i>Plantago tubulosa</i>			<i>Plantago tubulosa</i>			<i>Aciachne acicularis</i>			<i>Phylloscirpus deserticola</i> y <i>D. muscoides</i>			Pradera húmeda			<i>Lachemilla pinnata</i> y <i>Poáceas</i>		
		E.T. 2010	E.S. 2011	E.H. 2012	E.T. 2010	E.S. 2011	E.H. 2012	E.T. 2010	E.S. 2011	E.H. 2012	E.T. 2010	E.S. 2011	E.H. 2012	E.T. 2010	E.S. 2011	E.H. 2012	E.T. 2010	E.S. 2011	E.H. 2012
<i>Distichia muscoides</i> y <i>Plantago tubulosa</i>	E.T. 2010		0.20	0.10	0.25	0.25	0.24	0.03	0.02	0.02	0.10	0.10	0.10	0.03	0.03	0.03	0.10	0.10	0.10
	E.S. 2011	0.20		0.20	0.24	0.24	0.25	0.04	0.02	0.09	0.10	0.10	0.10	0.03	0.03	0.03	0.10	0.10	0.10
	E.H. 2012	0.10	0.20		0.25	0.25	0.24	0.02	0.02	0.09	0.10	0.10	0.10	0.03	0.03	0.03	0.10	0.10	0.09
<i>Plantago tubulosa</i>	E.T. 2010	0.25	0.24	0.25		1.00	1.00	0.17	0.17	0.17	0.25	0.26	0.26	0.20	0.20	0.20	0.34	0.34	0.33
	E.S. 2011	0.25	0.24	0.25	1.00		1.00	0.17	0.16	0.17	0.26	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20	0.34	0.33	0.34
	E.H. 2012	0.24	0.25	0.24	1.00	1.00		0.17	0.17	0.17	0.25	0.24	0.25	0.20	0.20	0.21	0.32	0.34	0.34
<i>Aciachne acicularis</i>	E.T. 2010	0.03	0.04	0.02	0.17	0.17	0.17		0.87	0.27	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.05	0.05	0.04
	E.S. 2011	0.02	0.02	0.02	0.17	0.16	0.17	0.87		0.27	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	0.05
	E.H. 2012	0.02	0.09	0.09	0.17	0.17	0.17	0.27	0.27		0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.05	0.05	0.05
<i>Phylloscirpus deserticola</i> y <i>D. muscoides</i>	E.T. 2010	0.10	0.10	0.10	0.25	0.26	0.25	0.02	0.02	0.02		0.60	0.29	0.03	0.03	0.03	0.10	0.10	0.10
	E.S. 2011	0.10	0.10	0.10	0.26	0.25	0.24	0.02	0.02	0.02	0.60		0.49	0.03	0.03	0.03	0.10	0.09	0.10
	E.H. 2012	0.10	0.10	0.10	0.26	0.25	0.25	0.02	0.02	0.02	0.29	0.49		0.03	0.03	0.03	0.10	0.10	0.10
Pradera húmeda	E.T. 2010	0.03	0.03	0.03	0.20	0.20	0.20	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03		0.03	0.03	0.07	0.06	0.07
	E.S. 2011	0.03	0.03	0.03	0.20	0.20	0.20	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03		0.06	0.07	0.07	0.07
	E.H. 2012	0.03	0.03	0.03	0.20	0.20	0.21	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.06		0.06	0.06	0.07
<i>Lachemilla pinnata</i> y <i>Poáceas</i>	E.T. 2010	0.10	0.10	0.10	0.34	0.34	0.32	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.07	0.07	0.06		0.32	0.67
	E.S. 2011	0.10	0.10	0.10	0.34	0.33	0.34	0.05	0.05	0.05	0.10	0.09	0.10	0.06	0.07	0.06	0.32		0.67
	E.H. 2012	0.10	0.10	0.09	0.33	0.34	0.34	0.04	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.07	0.07	0.07	0.67	0.67	

E.T.: época de transición; E.S.: época seca; E.H. época húmeda. Diferencias significativas en gris (p < 0.05)

FUENTE: elaboración propia.

ANEXO 6: Análisis de Varianza y Test de Tukey para el número de especies

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
S	54	0.72	0.58	20.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	486.74	17	28.63	5.32	<0.0001
Comunidad Vegetal	108.53	5	21.71	4.04	0.0052
época	277.48	2	138.74	25.79	<0.0001
Comunidad Vegetal*época	91.29	10	9.13	1.70	0.1194
Error	193.63	36	5.38		
Total	680.37	53			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.76229

Error: 5.3787 gl: 36

Comunidad Vegetal	Mediasn	E.E.
<i>Aciachne acicularis</i>	9.87 15	0.60 A
<i>Phylloscirpus deserticola</i> y	10.22 9	0.77 A
<i>Distichia muscoides</i> y <i>Plan..</i>	10.78 9	0.77 A
<i>Plantago tubulosa</i>	11.67 3	1.34 A
<i>Lachemilla pinnata</i> y <i>Poa</i>	12.33 6	0.95 A
Pradera húmeda	13.50 12	0.67 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.88961

Error: 5.3787 gl: 36

época	Mediasn	E.E.
ES_2011	9.53 18	0.63 A
ET_2010	9.59 18	0.63 A
EH_2012	15.06 18	0.63 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.12315*Error: 5.3787 gl: 36*

Comunidad Vegetal	época	Medias	n	E.E.			
Aciachne acicularis	ES_2011	7.60	5	1.04	A		
Distichia muscoides y Plan..	ET_2010	7.67	3	1.34	A		
Plantago tubulosa	ET_2010	8.00	1	2.32	A		
Aciachne acicularis	ET_2010	8.80	5	1.04	A	B	
Plantago tubulosa	ES_2011	9.00	1	2.32	A	B	C
Phylloscirpus deserticola	ES_2011	9.00	3	1.34	A	B	C
Phylloscirpus deserticola	ET_2010	9.33	3	1.34	A	B	C
Lachemilla pinnata	ET_2010	9.50	2	1.64	A	B	C
Pradera húmeda	ES_2011	9.75	4	1.16	A	B	C
Lachemilla pinnata	ES_2011	10.50	2	1.64	A	B	C
D							
Distichia muscoides y Plan..	ES_2011	11.33	3	1.34	A	B	C
D							
Phylloscirpus deserticola	EH_2012	12.33	3	1.34	A	B	C
D							
Aciachne acicularis	EH_2012	13.20	5	1.04	A	B	C
D							
Distichia muscoides y Plan..	EH_2012	13.33	3	1.34	A	B	C
D							
Pradera húmeda	ET_2010	14.25	4	1.16	A	B	C
D							
Pradera húmeda	EH_2012	16.50	4	1.16		B	C
D							
Lachemilla pinnata y Poa	EH_2012	17.00	2	1.64			C
D							
Plantago tubulosa	EH_2012	18.00	1	2.32			
D							

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 7: Análisis de Varianza y Test de Tukey para la riqueza de Margalef

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
D	54	0.66	0.51	21.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15.65	17	0.92	4.19	0.0001
Comunidad Vegetal	4.64	5	0.93	4.23	0.0040
época	7.77	2	3.89	17.71	<0.0001
Comunidad Vegetal*época	3.23	10	0.32	1.47	0.1896
Error	7.90	36	0.22		
Total	23.55	53			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.76008

Error: 0.2195 gl: 36

Comunidad Vegetal	Mediasn	E.E.		
Aciachne acicularis	1.85 15	0.12	A	
Phylloscirpus deserticola	1.94 9	0.16	A	B
Distichia muscoides y Plan..	2.10 9	0.16	A	B
Plantago tubulosa	2.21 3	0.27	A	B
Lachemilla pinnata y Poa	2.31 6	0.19	A	B
Pradera húmeda	2.63 12	0.14		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.38175

Error: 0.2195 gl: 36

época	Mediasn	E.E.	
ET_2010	1.85 18	0.13	A
ES_2011	1.88 18	0.13	A
EH_2012	2.79 18	0.13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.64109

Error: 0.2195 gl: 36

Comunidad Vegetal	época	Mediasn	E.E.			
Aciachne acicularis	ES_2011	1.46 5	0.21	A		
Plantago tubulosa	ET_2010	1.48 1	0.47	A	B	
Distichia muscoides y Plan..	ET_2010	1.54 3	0.27	A	B	
Aciachne acicularis	ET_2010	1.68 5	0.21	A	B	
Phylloscirpus deserticola	ET_2010	1.74 3	0.27	A	B	C
Plantago tubulosa	ES_2011	1.78 1	0.47	A	B	C
Phylloscirpus deserticola	ES_2011	1.79 3	0.27	A	B	C
Lachemilla pinnata y Poa	ET_2010	1.87 2	0.33	A	B	C
Pradera húmeda	ES_2011	1.98 4	0.23	A	B	C
Lachemilla pinnata y Poa	ES_2011	2.02 2	0.33	A	B	C
Distichia muscoides y Plan..	ES_2011	2.28 3	0.27	A	B	C
Phylloscirpus deserticola	EH_2012	2.30 3	0.27	A	B	C
Aciachne acicularis	EH_2012	2.42 5	0.21	A	B	C
Distichia muscoides y Plan..	EH_2012	2.48 3	0.27	A	B	C
Pradera húmeda	ET_2010	2.79 4	0.23	A	B	C
Lachemilla pinnata y Poa	EH_2012	3.05 2	0.33	A	B	C
Pradera húmeda	EH_2012	3.12 4	0.23		B	C
Plantago tubulosa	EH_2012	3.36 1	0.47			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 8: Análisis de Varianza y Test de Tukey para la equidad de Pielou

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
J'	54	0.44	0.17	17.50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.53	17	0.03	1.63	0.1071
Comunidad Vegetal	0.36	5	0.07	3.74	0.0079
época	0.04	2	0.02	0.99	0.3826
Comunidad Vegetal*época	0.10	10	0.01	0.51	0.8688
Error	0.69	36	0.02		
Total	1.23	53			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.22503

Error: 0.0192 gl: 36

Comunidad Vegetal	Mediasn	E.E.
Aciachne acicularis	0.68 15	0.04 A
Plantago tubulosa	0.69 3	0.08 A
Distichia muscoides y Plan..	0.83 9	0.05 A
Lachemilla pinnata y Poa	0.85 6	0.06 A
Pradera húmeda	0.85 12	0.04 A
Phylloscirpus deserticola	0.87 9	0.05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.11302

Error: 0.0192 gl: 36

época	Mediasn	E.E.
ES_2011	0.77 18	0.04 A
ET_2010	0.78 18	0.04 A
EH_2012	0.84 18	0.04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.48587

Error: 0.0192 gl: 36

<u>Comunidad Vegetal</u>	<u>época</u>	<u>Mediasn</u>	<u>E.E.</u>		
Aciachne acicularis	ES_2011	0.61	5	0.06	A
Plantago tubulosa	ES_2011	0.61	1	0.14	A
Aciachne acicularis	ET_2010	0.62	5	0.06	A
Plantago tubulosa	ET_2010	0.71	1	0.14	A
Plantago tubulosa	EH_2012	0.74	1	0.14	A
Pradera húmeda	ES_2011	0.79	4	0.07	A
Distichia muscoides y Plan..	ET_2010	0.79	3	0.08	A
Lachemilla pinnata y Poa	ET_2010	0.80	2	0.10	A
Aciachne acicularis	EH_2012	0.80	5	0.06	A
Phylloscirpus deserticola	ES_2011	0.84	3	0.08	A
Lachemilla pinnata y Poa	EH_2012	0.85	2	0.10	A
Distichia muscoides y Plan..	EH_2012	0.85	3	0.08	A
Distichia muscoides y Plan..	ES_2011	0.86	3	0.08	A
Phylloscirpus deserticola	ET_2010	0.88	3	0.08	A
Pradera húmeda	EH_2012	0.88	4	0.07	A
Pradera húmeda	ET_2010	0.89	4	0.07	A
Phylloscirpus deserticola	EH_2012	0.89	3	0.08	A
Lachemilla pinnata y Poa	ES_2011	0.90	2	0.10	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 9: Análisis de Varianza y Test de Tukey para el índice de Shannon

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
H (LOG2)	54	0.53	0.31	22.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15.47	17	0.91	2.42	0.0127
Comunidad Vegetal	6.48	5	1.30	3.45	0.0120
época	4.70	2	2.35	6.26	0.0047
Comunidad Vegetal*época	2.90	10	0.29	0.77	0.6548
Error	13.53	36	0.38		
Total	29.00	53			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.99447

Error: 0.3758 gl: 36

Comunidad Vegetal	Mediasn	E.E.	
Aciachne acicularis	2.28 15	0.16	A
Plantago tubulosa	2.39 3	0.35	A
Distichia muscoides y Plan..	2.82 9	0.20	A
Phylloscirpus deserticola	2.90 9	0.20	A
Lachemilla pinnata y Poa	3.03 6	0.25	A
Pradera húmeda	3.17 12	0.18	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.49947

Error: 0.3758 gl: 36

época	Mediasn	E.E.	
ES_2011	2.51 18	0.17	A
ET_2010	2.54 18	0.17	A
EH_2012	3.24 18	0.17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.14716*Error: 0.3758 gl: 36*

Comunidad Vegetal	época	Mediasn	E.E.		
Aciachne acicularis	ES_2011	1.88	5	0.27	A
Plantago tubulosa	ES_2011	1.93	1	0.61	A
Aciachne acicularis	ET_2010	2.00	5	0.27	A
Plantago tubulosa	ET_2010	2.14	1	0.61	A
Distichia muscoides y Plan..	ET_2010	2.30	3	0.35	A
Pradera húmeda	ES_2011	2.57	4	0.31	A
Lachemilla pinnata y Poa	ET_2010	2.61	2	0.43	A
Phylloscirpus deserticola	ES_2011	2.65	3	0.35	A
Phylloscirpus deserticola	ET_2010	2.82	3	0.35	A
Aciachne acicularis	EH_2012	2.96	5	0.27	A
Distichia muscoides y Plan..	ES_2011	3.00	3	0.35	A
Lachemilla pinnata y Poa	ES_2011	3.03	2	0.43	A
Plantago tubulosa	EH_2012	3.10	1	0.61	A
Distichia muscoides y Plan..	EH_2012	3.17	3	0.35	A
Phylloscirpus deserticola	EH_2012	3.22	3	0.35	A
Pradera húmeda	ET_2010	3.39	4	0.31	A
Lachemilla pinnata y Poa	EH_2012	3.44	2	0.43	A
Pradera húmeda	EH_2012	3.55	4	0.31	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)