

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“ESTUDIO DE LA VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA
COMUNIDAD VEGETAL DE LAS LOMAS DE CARABAYLLO
(LIMA, PERÚ) DURANTE EL 2013 COMO CONTRIBUCIÓN A SU
GESTIÓN”**

Presentado por:

Juan Diego del Castillo Ruiz

Tesis para optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO

Lima – Perú

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS

**“ESTUDIO DE LA VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA
COMUNIDAD VEGETAL DE LAS LOMAS DE CARABAYLLO
(LIMA, PERÚ) DURANTE EL 2013 COMO CONTRIBUCIÓN A SU
GESTIÓN”**

Presentado por:

Juan Diego del Castillo Ruiz

Tesis para optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO

Sustentada y aprobada por el siguiente Jurado:

Mg. Sc. Mercedes Flores Pimentel
PRESIDENTE

Mg. Sc. Zulema Quinteros Carlos
MIEMBRO

Mg. Sc. Abelardo Calderón Rodríguez
MIEMBRO

Mg. Sc. Viviana Castro Cepero
ASESORA

Mg. Sc. Aldo Ceroni Stuva
Co ASESOR

*A quienes, en las lomas y en otros frentes,
luchan por una vida más digna,
Y a quienes,
descubriéndose en ellos,
Con ellos sufren y luchan.*

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo reconocimiento y agradecimiento a los defensores de las lomas en todo nuestro país, fuente de inspiración última de esta investigación, y de mi proceso personal en los últimos años.

A mi segunda familia, Proyecto Lomas. A quienes estuvieron y están en esta maravillosa organización, creyendo de todo corazón que junto a las comunidades locales, podemos construir un mejor país.

A todas y todos quienes sacrificaron sus fines de semana para colaborar con las evaluaciones en campo, con quienes guardo una invaluable amistad: Diego Padilla, José Luis Rolando, Claudia Salazar, Maura Fernández, Ramiro Montes, Edson Arias, Diego Márquez, Cciary Alegría, Fiorella Manchego, Jenny Marticorena, José Carlo Ramírez, Lesly Luján, Víctor Cornejo y Gabriela Polo.

A mis estimados profesores Edgar Sánchez y Zulema Quinteros, quienes me aconsejaron en la formulación, ejecución y culminación de esta investigación. Al profesor Luis Bazán y a la Sra. Rossmery, por su invaluable aporte, y con quienes compartí gratos momentos durante el procesamiento de las muestras de suelos.

A Luis Albán y Mónica Maldonado por sus valiosos aportes en la redacción de este documento.

Y a mis padres, por su incondicional apoyo y confianza a lo largo de toda mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

I.	RESUMEN	1
II.	INTRODUCCIÓN	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	
	3.1 LAS LOMAS COSTERAS.....	5
	3.2 FACTORES CLIMATOLÓGICOS Y METEOROLÓGICOS.....	6
	3.3 FACTORES EDÁFICOS Y SU RELACIÓN CON LA VEGETACIÓN.....	7
	3.4 LA FLORA Y VEGETACIÓN DE LAS LOMAS.....	9
	3.5 COMUNIDADES VEGETALES Y SU VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL.....	10
	3.6 LA COBERTURA COMO CRITERIO ECOLÓGICO.....	11
	3.7 ÍNDICES DE DIVERSIDAD.....	13
	3.8 EL ANÁLISIS MULTIVARIADO.....	15
	3.9 EL MAPA DE SENSIBILIDAD BIOLÓGICA.....	15
	3.10 EL MONITOREO BIOLÓGICO.....	16
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	
	4.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	18
	4.2 MATERIALES.....	19
	4.3 MÉTODOS	
	4.3.1 DISEÑO MUESTRAL.....	20
	4.3.2 UNIDAD MUESTRAL Y ESFUERZO DE MUESTREO.....	21
	4.3.3 EVALUACIÓN DE VARIABLES EDÁFICAS Y GEOMORFOLÓGICAS.....	23
	4.3.4 EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL MUESTREO.....	24
	4.3.5 ESTIMACIÓN DE LA DIVERSIDAD Y SU VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL.....	25
	4.3.6 VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS PRINCIPALES POBLACIONES.....	28

4.3.7 ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LA VEGETACIÓN Y VARIABLES EDÁFICAS Y GEOMORFOLÓGICAS.....	30
4.3.8 EL MAPA DE SENSIBILIDAD BIOLÓGICA.....	31
4.3.9 EL PROGRAMA DE MONITOREO.....	34

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 DEL ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD	
5.1.1 COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD VEGETAL.....	37
5.1.2 EFICACIA DEL MUESTREO.....	39
5.1.3 ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD ALFA	
5.1.3.1 ÍNDICE DE SHANNON-WIENER.....	41
5.1.3.2 ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON.....	43
5.1.4 ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD BETA	
5.1.4.1 ÍNDICE DE WHITTAKER.....	45
5.1.4.2 ANÁLISIS <i>CLUSTER</i>	46
5.1.5 ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD GAMMA.....	50
5.2 DEL ANÁLISIS ESPACIAL Y TEMPORAL PARA LAS PRINCIPALES POBLACIONES	
5.2.1 LEY DE TAYLOR.....	52
5.2.2 DISTRIBUCIONES POBLACIONALES.....	53
5.3 DE LAS RELACIONES ENTRE LA COMUNIDAD VEGETAL Y LAS VARIABLES EDÁFICAS Y GEOMORFOLÓGICAS	
5.3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES EDÁFICAS Y GEOMORFOLÓGICAS.....	62
5.3.2 ANÁLISIS MULTIVARIADO	
5.3.2.1 PARA LA DIVERSIDAD ALFA.....	65
5.3.2.2 PARA LA COBERTURA ACUMULADA.....	67
5.3.2.3 PARA LA COBERTURA DE LAS ESPECIES MÁS COMUNES.....	69
5.3.2.4 DE LA COBERTURA CON VARIOS FACTORES EN SIMULTÁNEO.....	69
5.4 DE LA FORMULACIÓN DEL MAPA DE SENSIBILIDAD BIOLÓGICA.....	72
5.5 DEL PROGRAMA DE MONITOREO.....	76

VI.	CONCLUSIONES	80
VII.	RECOMENDACIONES	81
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
IX.	ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores porcentuales de la eficacia del muestreo mediante el modelo de Clench.....	40
Tabla 2: Valores del índice de Shannon-Wiener para todo el estudio.....	41
Tabla 3: Resultados de la prueba ANOSIM para el índice Shannon-Wiener.....	42
Tabla 4: Valores del índice de Simpson para todo el estudio.....	44
Tabla 5: Resultados de prueba ANOSIM para el índice de Simpson.....	45
Tabla 6: Porcentajes de los componentes alfa y beta en la diversidad gamma.....	51
Tabla 7: Resultados del β espacial y temporal, del intervalo de confianza (I.C.) y del coeficiente de correlación (r) para la Ley de Taylor.....	53
Tabla 8: Variables geomorfológicas de los transectos.....	62
Tabla 9: Resultados del test de normalidad para variables del análisis bivariado.....	65
Tabla 10: Coeficientes de correlación entre la diversidad alfa y las variables altitud y pendiente; y niveles de significancia con la posición y orientación en el lugar de estudio.....	65
Tabla 11: Coeficientes de correlación entre la diversidad alfa y la humedad del suelo...	66
Tabla 12: Coeficientes de correlación entre la diversidad alfa y la materia orgánica del suelo.....	67

Tabla 13: Coeficientes de correlación entre la diversidad alfa y las variables altitud y pendiente; y niveles de significancia con la posición y orientación en el lugar de estudio.....	67
Tabla 14: Coeficientes de correlación entre la cobertura acumulada y la humedad del suelo.....	68
Tabla 15: Coeficientes de correlación entre la cobertura acumulada y la materia orgánica del suelo.....	68
Tabla 16: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura y variables geomorfológicas durante todo el estudio.....	70
Tabla 17: Valores e intervalos de sensibilidad para las variables seleccionadas como indicadores.....	73
Tabla 18: Matriz de Leopold modificada para el análisis de sensibilidad biológica en base a la flora y la vegetación.....	74
Tabla 19: Resultados del número de transectos (n) e intervalo de confianza porcentual (I.C.%) mediante el muestreo aleatorio simple, para cuatro niveles de alfa y para las variables índice de Shannon-Wiener (H'), riqueza promedio normalizada (S) y cobertura promedio normalizada (N)	77
Tabla 20: Resultados del número de transectos por estrato y error estándar mediante el muestreo estratificado mediante afijación proporcional y óptima para un alfa de 0.05 y para las variables índice de Shannon-Wiener (H'), riqueza promedio normalizada (S) y cobertura promedio normalizada (N)	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Imagen satelital de las lomas de Carabayllo y del área de estudio (a) con con los estratos según la altitud y el sector (b).....	20
Figura 2. Distribución espacial de los transectos de muestreo en el área de estudio y su ubicación en Lima Metropolitana.....	21
Figura 3: Representación gráfica de la metodología del punto intercepto mediante transectos.....	22
Figura 4: Número de especies por hábito en cada evaluación cuantitativa.....	38
Figura 5: Porcentaje y valores promedio de cobertura por hábito y por evaluación.....	39
Figura 6: Mapas de isolíneas del índice de Shannon-Wiener para marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014.....	42
Figura 7: Análisis <i>Cluster</i> para transectos en marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014 mediante el índice de Bray Curtis.....	46
Figura 8: Análisis <i>Cluster</i> para transectos en marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014 mediante el índice de Raup-Crick.....	48
Figura 9: Análisis <i>Cluster</i> para todos los transectos y evaluaciones mediante el índice de Bray Curtis.....	49
Figura 10: Variación de la diversidad gamma durante el estudio.....	50
Figura 11: Mapas de isolíneas de la cobertura de <i>Alternanthera halimifolia</i> para marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014.....	54
Figura 12: Mapas de isolíneas de la cobertura de <i>Cyclanthera mathewsii</i> para julio (a) y septiembre (b).....	55

Figura 13: Mapas de isolíneas de la cobertura de <i>Fuertesimalva peruviana</i> para julio (a) y septiembre (b).....	56
Figura 14: Mapas de isolíneas de la cobertura de <i>Ophryosporus floribundus</i> para marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014.....	56
Figura 15: Mapas de isolíneas de la cobertura de <i>Parietaria debilis</i> para julio (a) y septiembre (b).....	58
Figura 16: Mapas de isolíneas de la cobertura de <i>Solanum peruvianum</i> para marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014.....	58
Figura 17: Mapas de isolíneas de la cobertura de <i>Trixis cacalioides</i> para marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014.....	60
Figura 18: Variación espacial de la humedad del suelo (%) durante la segunda, cuarta y quinta evaluación.....	63
Figura 19: Variación espacial del contenido de materia orgánica en el suelo (%) durante la segunda, cuarta y quinta evaluación.....	64
Figura 20: Mapa de sensibilidad biológica para la flora y vegetación.....	75
Figura 21: Distribución de transectos según el primer y segundo componente del Análisis de Componentes Principales y el grado de influencia de las variables.....	76
Figura 22: Mapa de distribución de los transectos de monitoreo en los dos estratos.....	79

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Listado completo de especies según su registro cuantitativo o cualitativo.....	96
Anexo 2. Listado completo de especies y su incidencia durante todo el estudio.....	97
Anexo 3: Número de especies por hábito en cada evaluación para los registros cuantitativo y cualitativo.....	106
Anexo 4: Resultados gráficos para el modelo de Clench con curvas del número de especies esperado, las especies observadas y las estimadas por el modelo.....	106
Anexo 5: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, comparando los índices de Shannon-Wiener de las seis evaluaciones.....	107
Anexo 6: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, comparando el índice de Shannon-Wiener para todos los transectos.....	107
Anexo 7: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, comparando los índices de Simpson de las seis evaluaciones.....	108
Anexo 8: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, comparando el índice de Simpson para todos los transectos.....	108
Anexo 9: Mapas de isolíneas del índice de Simpson para marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014.....	108
Anexo 10: Índice de Whittaker para la primera evaluación (marzo).....	109
Anexo 11: Índice de Whittaker para la segunda evaluación (mayo).....	109
Anexo 12: Índice de Whittaker para la tercera evaluación (julio).....	110

Anexo 13: Índice de Whittaker para la cuarta evaluación (septiembre).....	110
Anexo 14: Índice de Whittaker para la quinta evaluación (noviembre).....	110
Anexo 15: Índice de Whittaker para la sexta evaluación (enero).....	110
Anexo 16: Valores por transecto y evaluación de la humedad y del contenido de materia orgánica en el suelo.....	111
Anexo 17: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Alternanthera halimifolia</i> y la posición y orientación en el lugar de estudio.....	111
Anexo 18: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Alternanthera halimifolia</i> y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.....	111
Anexo 19: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Cyclanthera mathewsii</i> y la posición y orientación en el lugar de estudio.....	112
Anexo 20: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Cyclanthera mathewsii</i> y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.....	112
Anexo 21: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Fuertesimalva peruviana</i> y la posición y orientación en el lugar de estudio.....	112
Anexo 22: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Fuertesimalva peruviana</i> y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.....	112
Anexo 23: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Ophryosporus floribundus</i> y la posición y orientación en el lugar de estudio.....	112
Anexo 24: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Ophryosporus floribundus</i> y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.....	113

Anexo 25: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Parietaria debilis</i> y la posición y orientación en el lugar de estudio.....	113
Anexo 26: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Parietaria debilis</i> y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.....	113
Anexo 27: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Solanum peruvianum</i> y la posición y orientación en el lugar de estudio.....	113
Anexo 28: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Solanum peruvianum</i> y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.....	114
Anexo 29: Coeficientes de correlación entre la cobertura específica de <i>Trixis cacalioides</i> y la posición y orientación en el lugar de estudio.....	114
Anexo 30: Coeficientes de correlación entre la cobertura de <i>Trixis cacalioides</i> y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.....	114
Anexo 31: Categorías de cada valor para las variables edáficas y geomorfológicas.....	115
Anexo 32: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura de la primera evaluación y las variables geomorfológicas y edáficas.....	115
Anexo 33: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura de la segunda evaluación y las variables geomorfológicas y edáficas.....	116
Anexo 34: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura de la tercera evaluación y las variables geomorfológicas y edáficas.....	116
Anexo 35: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura de la cuarta evaluación y las variables geomorfológicas y edáficas.....	117
Anexo 36: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura de la quinta evaluación y las variables geomorfológicas y edáficas.....	117

Anexo 37: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura de la sexta evaluación y las variables geomorfológicas y edáficas.....	118
Anexo 38: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura del primer estrato (0 – 20 cm) y la altitud, posición y pendiente.....	118
Anexo 39: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura del segundo estrato (20 – 50 cm) y la altitud, posición y pendiente.....	118
Anexo 40: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura del tercer estrato (50 – 100 cm) y la altitud, posición y pendiente.....	119
Anexo 41: Análisis <i>Cluster</i> para los promedios de cobertura total mediante el índice de Raup Crick.....	119
Anexo 42: Matriz de datos analizados a través del Análisis de Componentes Principales.....	120
Anexo 43: Porcentaje de varianza explicada por cada componente principal.....	120
Anexo 44: Contribución de las variables en el Análisis de Componentes Principales para el primer (a) y segundo componente.....	120
Anexo 45: Mapas de límites del estrato 1 para la época húmeda (cuarta evaluación) y seca (segunda evaluación) para las variables índice de Shannon-Wiener (a), riqueza de especies (b), cobertura acumulada (c), y las áreas integradas de las tres variables (d).....	121
Anexo 46: Resultados del número de transectos por estrato y error estándar para el muestreo estratificado mediante afijación proporcional y óptima para tres niveles alfa y para las variables índice de Shannon-Wiener (H'), riqueza promedio normalizada (S) y cobertura promedio normalizada (N).....	122
Anexo 47: Vista panorámica de la zona media del sector este en septiembre (a) y noviembre (b) de 2013.....	122

Anexo 48: Vista panorámica de las cumbres en septiembre (a) de 2013 y enero (b) de 2014.....	123
Anexo 49: Vista panorámica de la zona baja del sector oeste en septiembre (a) y julio (b) de 2013.....	123
Anexo 50: Vista panorámica de la zona media del sector oeste en septiembre (a) y noviembre (b) de 2013.....	124
Anexo 51: Individuos de <i>Solanum peruvianum</i> en septiembre (a) de 2013 y en enero (b) de 2014.....	124

I. RESUMEN

Las lomas de Carabayllo, ubicadas en Lima Norte, vienen siendo afectadas por diversas actividades antrópicas. En respuesta, desde el 2012 una iniciativa local busca conservar y revalorar estas lomas a través del ecoturismo, aunque carecen de información científica que les permita gestionar adecuadamente el ecosistema. Por ello, el objetivo de este estudio fue contribuir al conocimiento de la composición y diversidad, así como de la estructura, función y dinámica de la comunidad vegetal de las lomas de Carabayllo durante el año 2013 como insumo para su gestión. La evaluación sobre la cobertura vegetal fue mediante transectos, describiéndose la variación de la diversidad, y de la cobertura de las principales poblaciones; además, estas se correlacionaron con variables ambientales y se propusieron dos herramientas de gestión: un mapa de sensibilidad biológica y un programa de monitoreo. Se halló una predominancia de herbáceas y la preferencia por las quebradas, que concentraron la mayor riqueza y cobertura durante todo el año. Dos especies perennes mostraron un patrón de “refugio” según la Ley de Taylor, siendo las quebradas las que los albergaron en la época “mala”. Se detectaron tres comportamientos en las poblaciones principales, dos fuertemente vinculadas a las épocas húmeda y seca, y una mixta con la especie presente en ambas épocas y con un máximo de cobertura en la época húmeda. No se detectaron relaciones significativas entre la diversidad y la cobertura con las variables ambientales, excepto entre la cobertura de algunas herbáceas anuales con la humedad del suelo durante la época húmeda. El mapa de sensibilidad biológica permitió resumir la tendencia de todos los análisis: la importancia y sensibilidad de las quebradas en estas lomas. Finalmente, el programa de monitoreo se estableció mediante un muestreo estratificado corregido, el que mostró niveles aceptables de confiabilidad.

Palabras clave: lomas, diversidad, cobertura vegetal, variables ambientales, sensibilidad biológica, monitoreo.

I. ABSTRACT

Located in the North of Lima, Carabayllo *lomas* are being affected by several anthropogenic activities. In response, a community-based initiative seeks to conserve and revalue these *lomas* through ecotourism since 2012, but local leaders don't have enough scientific data to manage adequately this ecosystem. Hence, the aim of this research was contribute to the knowledge of composition and diversity, as well as the structure, function and dynamic of vegetation in Carabayllo *lomas* during 2013 as a resource for its management. To achieve this, cover vegetation was measured with transects in order to describe variation of diversity and cover of main populations. Moreover, these ecological variables were correlated with environmental variables, and two tools for management were proposed: a biological sensitivity map and a biological monitoring program. An herbaceous dominance was detected and a concentration of richness and cover was found in ravines through all the year. Two perennial species showed a "refuge" patron according to Taylor's Law, being ravines which hold them in "bad" times. Three kinds of dynamic were found in main species, two of them strongly linked with wet and dry season, and a mix one that allows the specie to be present in both seasons, taking advantage during wet season. There weren't detected significant correlations between ecological and environmental variables, except for some annual herbs' cover vegetation with soil humidity during wet season. Biological sensitivity map gave a graphic abstract of variables' tendency in all study: the importance and sensitivity of ravines in these *lomas*. Finally, monitoring program was defined with stratified sampling with ecological correction, which showed acceptable levels of reliability.

Key words: *lomas*, diversity, cover vegetation, environmental variables, biological sensitivity, monitoring.

II. INTRODUCCIÓN

El ecosistema de lomas tiene una distribución restringida a la costa occidental de Sudamérica, desde Bayóvar en Perú (6° LS) hasta Coquimbo en Chile (30° LS). Se manifiesta como “islas de vegetación” rodeadas por el desierto del Pacífico, de aridez extrema (Rundel et al. 1991). Surge por el ingreso de nieblas desde el Océano Pacífico hacia las primeras estribaciones de los Andes, entre los meses de mayo a octubre aproximadamente, que es aprovechada por la vegetación (Dillon et al. 2011, Brack y Mendiola 2000).

Las lomas han interactuado con las poblaciones humanas desde hace al menos seis mil años (Engel 1988) y desde la conquista han sufrido un constante deterioro debido a actividades como la tala de árboles, el sobrepastoreo y la celebración de cacerías (Rostworowski 1981). En las últimas décadas, es la urbanización informal la que se ha posicionado como el mayor factor de amenaza (El Comercio 2010, Chipana 2013), lo que ha motivado que las lomas sean considerados ecosistemas frágiles, cuyo aislamiento geográfico y estacionalidad las ponen en peligro frente a acciones antrópicas (MINAM 2012).

En Lima Metropolitana, esta presión ha generado una reducción de las lomas, habiéndose registrado en el 2011, sesenta y ocho mil hectáreas de lomas, veintiún mil de crecimiento anual y cuarenta y siete mil condicionadas a la incidencia de la Oscilación Sur “El Niño” (ENSO), ocupando hasta 19 distritos de los 43 existentes (MML 2012). No obstante, en varios distritos han surgido iniciativas locales de conservación y aprovechamiento sostenible que, optando por el ecoturismo, han conseguido disminuir la intensidad de la degradación y cuyas acciones empiezan a concitar el interés de colectivos ciudadanos y de autoridades locales y nacionales, como el Programa Metropolitano Lomas de Lima (Mendoza 2013) y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (El Comercio 2010 y 2014). En Carabayllo, es desde el 2012 que la población local empezó la conservación y puesta en valor de las lomas mediante el ecoturismo (Luján 2013), aunque carecen de las capacidades y la información necesaria para gestionar apropiadamente el espacio.

Es por ello que parte de estos esfuerzos de acompañamiento debe dirigirse a fortalecer la actividad turística. Esta actividad requiere de etapas que aseguren el éxito de la actividad. Una de ellas es la planificación, que tiene entre sus pasos principales a la zonificación, según la cual se divide al área de interés en zonas, con el propósito de distribuir apropiadamente los tipos de uso o no uso (Drumm et al. 2004). Para ello, se requiere información en base a indicadores de aspectos sociales, físicos y biológicos, a usar tanto en la zonificación como en la implementación del sistema de monitoreo, evaluando de manera constante la intensidad del impacto de la actividad turística y contribuyendo en la mejora de la gestión (Báez 2003).

Dichas acciones, aún por realizarse en las lomas de Carabayllo, carecen de información biológica suficiente y que permita la toma de decisiones. En cuanto a flora y vegetación solo se han realizado dos investigaciones (Cano et al. 2001, Mendoza et al. 2004), ambas referidas a la composición florística para las lomas de Ancón y Carabayllo, careciéndose de información vinculada a la cobertura, densidad o altura de la flora y vegetación, criterios que según Rivera y Pavez (2012) son comúnmente utilizadas como indicadores en monitoreos para ecoturismo.

En este contexto, esta investigación tuvo como objetivo principal, contribuir al conocimiento de la composición y diversidad, así como de la estructura, función y dinámica de la comunidad vegetal de las lomas de Carabayllo durante el año 2013 como insumo para su gestión. Y teniendo como objetivos específicos los siguientes:

- Identificar los principales patrones de variación espacial y temporal de la diversidad de la comunidad vegetal en las lomas de Carabayllo durante el 2013.
- Identificar y describir los principales patrones de variación espacio-temporal de las principales poblaciones vegetales de las lomas de Carabayllo durante el 2013.
- Determinar las principales relaciones entre la comunidad vegetal y variables edáficas (humedad, materia orgánica, textura y composición del suelo) y geomorfológicas (altitud, pendiente de exposición, posición en la micro-cuenca).
- Proponer un mapa de sensibilidad biológica en base a la flora y vegetación y un programa de monitoreo para el área evaluada.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 LAS LOMAS COSTERAS

Entre las definiciones para las lomas, destacan dos por el consenso y uso, una referida a ecosistemas (Torres 1981, Brack y Mendiola 2000), y otra a asociaciones vegetales (Ferreyra 1993, León et al. 2002), ambas compartiendo las siguientes características:

- Dependencia a las nieblas de origen marino, siendo la principal fuente de humedad (León et al. 2002, Ferreyra 1993, Pinche 1986).
- Marcada variación estacional, distinguiéndose las épocas húmeda (de mayo a octubre) y seca (de noviembre a abril), cada cual con una vegetación particular (Brack y Mendiola 2000, Torres 1981, Ferreyra 1953).
- Vegetación de porte bajo con dominancia de plantas vasculares herbáceas, tanto en abundancia como en riqueza de especies. Diferenciándose así de tillandsiales y otros ecosistemas usualmente adyacentes (Weberbauer 1945, Ferreyra 1953 y 1983, Torres 1981, León et al. 2002).
- La flora ha desarrollado, o emplea, mecanismos de adaptación a las condiciones fluctuantes, como la supervivencia por bulbos, rizomas y la latencia prolongada de semillas. Mientras que la fauna utiliza mecanismos como la emigración estacional, la estivación (bajo piedras o en hoyos profundos), la actividad nocturna y el mimetismo (Brack y Mendiola 2000, Aguilar 1954).

Así descritas, las lomas son endémicas de la costa oeste de Sudamérica, distribuyéndose, según Ferreyra (1986), entre los 8° de Latitud Sur (L.S.) en la provincia de Trujillo, en Perú, hasta los 30° L.S. entre las provincias de Huasco y Coquimbo, en Chile; aunque Dillon et al. (2011), reporta lomas desde Bayóvar en Piura (6° L.S.). Las lomas también pueden ser reconocidas en varias islas, como las de San Gallán en Pisco o San Lorenzo en Lima (Ferreyra 1953). Finalmente, su distribución altitudinal va desde casi el nivel del mar, como en las playas de Caravelí (Mostacero 2007) o en Atocongo en Lima donde fueron reportadas por Weberbauer (1945) a 50 metros de altitud, hasta los 1000 metros de altitud aproximadamente (Rundel et al. 1991).

3.2 FACTORES CLIMATOLÓGICOS Y METEOROLÓGICOS

Las lomas surgen de la interacción de tres factores principales. Primero, la Cordillera de los Andes, que imposibilita el intercambio de masas de aire entre las vertientes oeste y este. Segundo, el Anticiclón del Pacífico Sur que genera y fortalece el fenómeno de inversión térmica y los vientos alisios sobre la región (Gilford et al. 1992). Y en tercer lugar, la Corriente Oceánica de Humboldt, que recorre la costa oeste de Sudamérica y transporta aguas superficiales de bajas temperaturas, que debido a los vientos alisios predominantes, son arrastradas mar adentro y reemplazadas por capas más profundas, efecto conocido como *afloramiento de aguas*, el cual acentúa aún más la disminución de temperatura en las masas de agua superficiales (Pinche 1986).

Durante el invierno austral, estos factores y sus complejas interrelaciones favorecen la condensación del agua contenida en las capas de aire superficiales en forma de un estrato de niebla, que depende del espesor y ancho de la capa de inversión térmica y de la temperatura superficial del océano (Oka y Ogawa 1984). Durante el verano, los dos últimos factores varían. El Anticiclón del Pacífico se desplaza hacia el sur, ocasionando que la Corriente Peruana pierda fuerza y modifique su dirección, presentándose días menos nublados y más calurosos (Pinche 1986), sin que esto ocasione la desaparición del estrato de nieblas, el cual, sin embargo, se vuelve más delgado y menos denso, imposibilitando su ingreso a la zona de lomas (Oka y Ogawa 1984).

Condiciones particulares se presentan durante la Oscilación Sur “El Niño” (ENSO), de aparición recurrente y aperiódica según Quinn y Neil (1987), con eventos fuertes cada 30 a 50 años y eventos menores cada 3.5 a 7 años. Durante el ENSO, las aguas normalmente frías de la costa oeste son reemplazadas por corrientes cálidas originarias del Pacífico oeste, que provocan un período de lluvias y temperaturas relativamente altas (Mostacero 2007), permitiendo un desarrollo extraordinario de las lomas. Teixeira (2000), en su estudio del ENSO 1997/98 en las Lomas de Lachay, indica que los cambios se dieron especialmente en términos de cobertura y densidad, como en el caso de *Nicotiana paniculata* que desarrolló un gran porte durante todo el año. Según Dillon et al. (2009), gracias al ENSO se reponen masivamente los bancos de semillas de plantas anuales y perennes, además que promueve la migración de especies entre las lomas. Por ello, es claro que ha jugado un papel crucial en la actual configuración de este ecosistema.

Entre los factores locales de relevancia para la generación de microclimas, se encuentran la disposición de las colinas y su orientación con respecto a la entrada de las nieblas, siendo las laderas orientadas hacia el mar o expuestas a los vientos predominantes de dirección sur- suroeste, las que presentan una vegetación más densa (Torres 1981, Ferreyra 1953, Ono 1982). Así mismo, los árboles y arbustos intensifican la captación del agua de niebla, generando la *lluvia interna bajo copa*, acompañada por menores temperaturas. Brack y Mendiola (2000) reportan precipitaciones de hasta 500 mm bajo los árboles, provocando el crecimiento de una vegetación tupida y la aparición de pequeños manantiales. Otro factor es la ubicación. Las zonas altas de las quebradas y lugares pedregosos, con afloramientos rocosos o en forma de paredes donde la superficie de contacto se incrementa, son puntos de un mayor desarrollo de cobertura vegetal (Torres 1981, Brack y Mendiola 2000).

3.3 FACTORES EDÁFICOS Y SU RELACIÓN CON LA VEGETACIÓN

La interacción de los factores climatológicos y meteorológicos han generado, durante más de diez mil años (Engel 1973, citado por Torres 1981), una estructura muy particular del suelo de las lomas. En las lomas centrales de la región Lima (Torres 1981), el suelo es principalmente de origen residual *in situ*, de los grupos líticos de los entisoles, es decir, suelos jóvenes que carecen de horizontes desarrollados pedogenéticamente; y de los inceptisoles, suelos recientemente formados con un débil desarrollo de horizontes (Núñez 2000).

En las lomas de Atiquipa y del centro de la región Lima, el suelo es de textura arenosa franca, tiene buen drenaje (permitiendo la filtración del agua precipitada que sustenta el crecimiento de la vegetación arbórea en la época seca) y una fertilidad natural media a baja (Quispe 1996, Torres 1981). Además, en las lomas de Lachay se registró que, conforme aumentaba la altitud, disminuía la proporción de fracciones gruesas y aumentaban las finas y la arcilla, y por tanto, la capacidad de retención de agua (Tinoco 1969), lo cual fue observado por Mostacero (2007) en varias lomas, donde el suelo llegaba a tener una textura franco-arcillosa con vegetación más densa. Esto se complementa con lo hallado por Torres (1981), quien reporta para las lomas de Iguanil, Atocongo y Huarangal, suelos en las partes altas (500 a 700 metros de altitud) con mayor profundidad, humedad relativa y porcentajes de materia orgánica con respecto a las zonas bajas, durante la época húmeda.

La relación entre estos factores edáficos con la vegetación de las lomas es aún incierta por la falta de estudios. Algunos alcances se han logrado para la vegetación en diversos ecosistemas, los que se reportan a continuación. La parcial relación lineal entre la vegetación y algunos factores edáficos ha sido documentada por Reynolds et al. (1997) para la fertilidad, la salinidad, la humedad, el pH, la materia orgánica y varios minerales. Sin embargo, según Xiong et al. (2003), las interacciones entre varios factores son a menudo más importantes. Por ejemplo, Grime (1979, citado por Roem y Berendse 2000) reporta una alta riqueza de especies vegetales en sitios de productividad media; mientras en otros lugares, Tilman (1984) reporta una riqueza más grande donde el crecimiento de las plantas es limitado por diferentes nutrientes, lo que puede deberse a que cada especie tenga nutrientes limitantes diferentes y aproveche diferentes espacios, evitando así la exclusión competitiva (Theodose y Bowman 1997).

Sin embargo, se ha planteado que algunas variables resultan más importantes, como la materia orgánica y la humedad del suelo, pues determinan la dinámica y disponibilidad de otros componentes y nutrientes. La materia orgánica, señalan Cambardella y Elliott (1992), es fuente importante de nutrientes inorgánicos relevantes para la producción vegetal. Así también, influye en procesos de formación del suelo como la meteorización, acumulación y estructuración (Braun-Blanquet 1979). Por otro lado, Schmidt et al. (2011) concluyen en base a una amplia revisión de estudios, que la tasa de descomposición de minerales en el suelo a partir de la materia orgánica, no responde directamente a la composición molecular de esta, sino a la intervención de diferentes factores bióticos y abióticos (clima, superficies reactivas de minerales, microorganismos, acidez, entre otros), siendo entonces la presencia de diversos componentes en el suelo una propiedad ecosistémica, mas no molecular. Así mismo, la humedad del suelo, indicador del contenido de agua en el suelo, cumple también un rol fundamental, a pesar de estar sometido a intensas oscilaciones debido a su dependencia de factores internos del suelo como la textura y de factores externos como el estado del tiempo y la vegetación, pues es el medio de reacción para la mayoría de los procesos químicos (meteorización, humificación o depósito) y permite el movimiento y disponibilidad de diversos componentes entre los horizontes del suelo (Braun-Blanquet 1979).

3.4 LA FLORA Y VEGETACIÓN DE LAS LOMAS

Dillon et al. (2011) reportan 847 especies de plantas para el Perú, pertenecientes a 316 géneros y 68 familias, con numerosas especies endémicas, no menor al 20 por ciento de estas, según cálculos de Mostacero (2007). Cano et al. (1999, 2001) y Trinidad et al (2012) registran para varias lomas de la región Lima, porcentajes de endemismo que varían entre el 7 y 17.8 por ciento. De acuerdo a Dillon et al. (2005 y 2009) y Weberbauer (1945), se presentan más endemismos en las lomas del sur peruano, que en las del norte, Ica y Lima.

La mayoría de especies son herbáceas, de las cuales una parte menor son anuales, es decir, cumplen su ciclo vegetativo en un año o menos, y la otra parte son perennes (Ferreira 1986, Mostacero 2007), encontrándose de manera frecuente especies bulbosas y tuberíferas (Weberbauer 1945). Todas ellas poseen un pico de crecimiento durante la época húmeda, aunque con ciertas diferencias en los patrones de germinación, floración y fructificación, iniciando la temporada con especies como *Begonia geraniifolia* e *Ismene amancaes*, y culminándola con *Stenomesson coccineum*, *Alstroemeria recumbens* o *Salvia tubiflora*. Esta situación cambia cuando se trata de las plantas leñosas, las cuales desarrollan su cobertura en la época seca, aparentemente aprovechando el agua acumulada en las partes profundas del suelo, para evitar la competencia con el pico de crecimiento de numerosas especies herbáceas, arbustivas y epífitas (Torres 1981).

La vegetación ha sido clasificada de diversas formas, en la presente se resaltan las dos más frecuentes y usadas en estudios científicos. La primera, realizada por Ono (1982), clasifica a la loma en cinco tipos según la comunidad vegetal preponderante, *la loma de herbáceas* bulbosas, perennes y hierbas anuales, ubicuas en las zonas nucleares y marginales de las lomas (200 a 400 metros de altitud); *la loma de arbustos* con pequeños arbustos y árboles caducos, situadas en zonas superiores y en la transición desde la loma de herbáceas (300 a 500 metros de altitud); *la loma de bromelias*, en laderas pedregosas al límite de la vegetación (600 a 800 metros de altitud); *la loma de tillandsias*, de ubicación variable, en la parte más alta en el sur y en la baja hacia el norte; y finalmente, *la loma de cactáceas*, con comunidades dispersas en zonas altas de laderas interiores (400 a 600 metros de altitud).

La segunda clasificación fue llevada a cabo por Ellenberg (1959, citado por Teixeira 2000) en función de la altitud, empezando con el *desierto inferior* (0 a 100 metros de altitud) con presencia ocasional de gramíneas, la *zona inferior de tillandsias grises* (aprox. 100 metros de altitud) que no es parte de las lomas propiamente dichas, la *zona semidesértica de criptógamas* (200 metros de altitud) o lomas de Nostoc, la *zona de vegetación herbácea y de epífitas* (200 a 400 metros de altitud), la *zona de hierbas altas* (400 a 550 metros de altitud) con plantas anuales, bulbosas y rizomatosas, además de escasos arbustos y cactáceas, luego encontramos la *zona de arbustos y árboles altos* (500 a 650 metros de altitud), y finalmente, la *zona superior de tillandsias* (más de 700 metros de altitud), donde la vegetación empieza a desaparecer y la arbórea es rara.

Por último, sobre la composición florística de las lomas, es importante resaltar la profunda influencia que ha recibido de la interacción con los seres humanos, observándose rasgos claros de especies trasladadas por el ganado desde la región andina, como las especies *Alternanthera halimifolia*, *Dicliptera peruviana*, *Neoraimondia arequipensis*, *Salvia tubiflora*, *Trixis cacaloides*, *Urocarpidium peruvianum*, y varias especies del género *Tillandsia* (Mostacero 2007, Cano et al. 1999, 2001), lo cual se explicaría por la trashumancia y el transporte de productos entre la costa y los andes, realizado desde la época pre-inca y hasta la actualidad (Galán de Mera et al. 2011). Muchas de las especies ya se encuentran naturalizadas, como *Anagallis arvensis*, *Adiantum capillus-veneris*, *Erodiun cicutarium*, que forman poblaciones extensas no solo en las lomas, sino también en montes ribereños, zonas agrícolas y urbanas, claros reflejos de la larga historia de ocupación humana y uso del paisaje (León et al. 1996).

3.5 COMUNIDADES VEGETALES Y SU VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL

El estudio de los cambios en la riqueza y comportamiento de especies en ecología ha estado marcada por dos aproximaciones. La primera, propia de la ecología mecanicista dominante en las primeras siete décadas del siglo XX, propone que la entidad biológica superior a la población es la comunidad, con estructura y funcionamiento definidos por un proceso evolutivo con todas las especies teniendo un significado funcional en un todo integrado. La segunda aproximación propone, según las modernas teorías de la Macroecología y la Ciencia de la Biodiversidad, que las comunidades no son entes fijos, sino la consolidación de ensambles de especies que se organizan temporal y espacialmente,

sin que estas dependan de los ensambles, sino de particulares características ambientales que han moldeado y generado una historia evolutiva particular (Halffer y Moreno 2005). Esta historia, no está exenta de estocasticidad y azar, el cual puede ser demográfico o ambiental (Margalef 1982, May 1973). Esta segunda aproximación es la más aceptada actualmente, aunque como indica Margalef (1982), no debiera perderse de vista el análisis de comunidades pues permite monitorear cambios en todo el ecosistema, siendo la vegetación un indicador idóneo ya que su estructura y composición reflejan los factores determinantes de un ecosistema (Matteucci y Colma 1982).

No obstante, como remarca Galindo-Leal (1998), el análisis se complica pues hay especies con poblaciones impredecibles y otras con estrategias que les permiten soportar o escapar a las fuertes perturbaciones a través de mecanismos como la latencia de semillas o la presencia en hábitats temporales (Hanski 1988). Además, Margalef (1980) indica que los modelos y análisis ecológicos no pueden dejar de lado los cambios espaciales y temporales, pues las especies contribuyen en distinta medida a organizar el ecosistema por su interrelación con otras especies en ambos niveles. Dicho análisis es muy útil para entender mecanismos de regulación poblacional y comparar dinámicas poblacionales, reconociendo diferencias o similitudes entre las especies (Pimm 1984, citado por McArdle et al. 1990). De hecho, son McArdle et al. (1990) quienes formularon una ecuación que permite predecir los estilos de comportamiento que se podían esperar en diferentes poblaciones para ambos niveles de análisis, conocida también como la Ley de Taylor.

3.6 LA COBERTURA COMO CRITERIO ECOLÓGICO

La descripción de la composición y estructura de una comunidad vegetal, asociada a su diversidad, se basa en el estudio de la variación de diversos criterios ecológicos. En dicha línea, la biomasa ha sido considerada (Mueller-Dombois y Ellenberg 2002) como el primer criterio para las clasificaciones estructurales. Otros criterios usados son la densidad, la frecuencia y la cobertura (Matteucci y Colma 1982, Sutherland 2006). Debido a la dificultad en la medición de la biomasa, la cobertura ha sido considerada como el criterio que mejor se aproxima a su cálculo, por sobre la densidad (Rice 1967 y Daubenmire 1968, citados por Mueller-Dombois y Ellenberg 2002). Además, se destaca la cercanía de la cobertura a todas las formas de vida, estableciendo un parámetro común que puede ser comparable debido a la estandarización que el porcentaje provee, evitando así sesgos

existentes en la cuantificación de individuos de tamaños muy disímiles, o cuya identificación en comunidades como pastizales y matorrales, en las cuales muchas especies son modulares, con reproducción vegetativa y con los individuos superpuestos en múltiples estratos, resulta ser muy costosa y toma demasiado tiempo. Sin embargo, la estimación de la cobertura está afectada por la forma y orientación espacial de las especies, por el desarrollo de especies a la sombra de otros o bajo rocas u otros sustratos (Ramírez 2006, Mueller-Dombois y Ellenberg 2002), además no considera las tasas de natalidad y mortalidad (Elzinga et al. 1998).

Diversos métodos se han planteado para estimar la cobertura vegetal (revisar Matteucci y Colma 1982, Sutherland 2006, Elzinga et al. 1998, Braun-Blanquet 1964, para una descripción y discusión de varios de ellos). Para el caso de ecosistemas como matorrales, pastizales y plantas de bajo fuste, como es el caso del ecosistema de lomas, se han empleado dos formas: el cuadrado y el transecto. En el primer caso, un método muy utilizado es el “punto cuadrado”, en el cual se define un espacio cuadrangular, el cual es subdividido en cuadrados haciendo uso de un grillado por estacas o con un marco de madera, y donde se evalúa la presencia o ausencia de una especie en los puntos de intersección de los cuadrados. Una variante permite estimar el porcentaje que cada especie ocupa en cada cuadrado menor, sumándose todos para estimar la cobertura de cada especie (Levy y Madden 1933, Goodall 1952, Poissonet y Poissonet 1969). Estudios con esta metodología, a partir del cual se han determinado índices de diversidad, se han llevado a cabo, por ejemplo, en pastizales (Caro 2010) y en lomas (Teixeira 2000).

Sin embargo, Goodall (1952) determinó que en ecosistemas con parches dispersos con numerosas plantas de una misma especie, o con individuos de copa mucho más amplia que otras especies, un cierto número de puntos distribuidos individualmente puede brindar una mejor estimación de la cobertura que ubicados de forma agrupada, pues de este modo se evita la sobrestimación. Para estos casos se recomienda usar un transecto, es decir, una línea recta que reduce las dimensiones del cuadrado a una línea, surgiendo así los métodos de “intersección en transecto” y “punto transecto”. El primero referido al porcentaje de la longitud del transecto que es interceptado por una determinada especie en una dimensión lineal; mientras el segundo al porcentaje de puntos interceptados por una especie, en relación al total de puntos en un transecto. Para este último método se emplea una varilla

de diámetro muy fino, puesto que el diámetro afecta los resultados y puede inducir a sobrevaluar especies de amplia cobertura (Poissonet y Poissonet 1969).

Cuando se pretende evaluar amplios espacios mediante el método del “punto transecto”, la intensidad de muestreo (número y distancia entre los puntos) depende del tamaño de las plantas, la variabilidad de especies y el objetivo del análisis en relación al tiempo disponible. Mueller-Dombois y Ellenberg (2002) indica que en estos casos, un transecto continuo y largo de puntos espaciados puede resultar en mediciones más precisas de la cobertura que en agrupaciones de puntos. De todos los métodos usados y descritos aquí, Ramírez (2006) indica que el punto intercepto (o “punto transecto”) es el más objetivo, rápido y práctico de emplear, constituyéndose quizás, en el método más versátil para el estudio de coberturas en una gran variedad de comunidades.

3.7 ÍNDICES DE DIVERSIDAD

La definición del término diversidad ha sido muy discutida, llegándosele a denominar como un “no-concepto” (Hurlbert 1971). Para la presente investigación se considerará la definición de Margalef (1980), “la relación entre el número de especies y la abundancia relativa de cada una de ellas en una comunidad determinada.” La diversidad ha sido considerada (Magurran 1988) como un indicador del buen funcionamiento de los ecosistemas, aunque Odum (1980) sugiere tener cuidado con relacionar diversidad con buena “salud” o “estabilidad”, pues la relación es compleja. Pielou (1975) propuso tres niveles de diversidad: alfa o diversidad dentro del hábitat, la diversidad beta o diversidad entre hábitats, también conocida como cambio de composición de especies, que se basa en la premisa que estructuras menores son diferentes y se combinan en estructuras mayores; y finalmente, la diversidad gamma o la diversidad de la totalidad del paisaje, como integración de la diversidad alfa y beta.

La diversidad alfa es determinada por las interacciones ecológicas, la historia evolutiva y biogeográfica del área en estudio; y aún más, asumiendo pocas variaciones en las condiciones biológicas o ambientales, hay factores que pueden influir en el número de especies como las especies raras (de reducidas poblaciones), las especies turistas (de presencia breve y a veces estocástica), los fenómenos demográficos como el efecto de masa, el área que ocupa la comunidad y la heterogeneidad espacial del área en estudio

(Halffter y Moreno 2005). Uno de los primeros índices propuestos para su medición fue el de Simpson, que relacionaba de manera inversa a la diversidad con la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Este índice es sensible a la abundancia de las especies más frecuentes de la comunidad, por lo que se le considera una medida de dominancia. Posteriormente se formuló el índice de Shannon-Wiener, el que sea quizás el más usado en ecología. Se basa en la teoría de la información y mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo elegido al azar dentro de una comunidad. Es máximo cuando todas las especies tienen la misma cantidad de individuos (Hair 1987).

La diversidad beta mide el recambio de especies entre dos lugares. Este recambio puede ocurrir en el espacio o en el tiempo. Es el enlace entre la diversidad local y regional, permitiendo integrar los conceptos de Whittaker a las ideas de la Macroecología (Halffter y Moreno 2005). La diversidad gamma, por su parte, es el número de especies del conjunto de sitios o comunidades que integran un paisaje, entendido como un área que comparte cierto grado de condiciones ambientales y una historia biogeográfica común. Existen dos tipos de relación entre la diversidad alfa (local) y la diversidad gamma (regional). La del tipo I, cuando la diversidad gamma depende principalmente de la diversidad alfa y tienen una relación lineal; y la del tipo II, cuando la diversidad alfa aumenta junto con la diversidad gamma hasta que su curva se vuelve asintótica y no aumenta aun cuando el valor de la diversidad gamma sí, lo que se explica por un alto valor del recambio de especies (Halffter y Moreno 2005).

Finalmente, Margalef (2002) señala que no tiene sentido mediciones puntuales de diversidad, pues toda medición implica extensiones espaciales y temporales, y más que tender a reducir la descripción de comunidades a un dato singular, debe hablarse de espectros de diversidad, que presenten la variación de la diversidad a lo largo del espacio o tiempo evaluado. En dicha medida, indica que la diversidad beta es muy útil pues representa la variancia de la diversidad y permite comparar sitios descritos por la diversidad alfa.

3.8 EL ANÁLISIS MULTIVARIADO

El análisis multivariado o multivariante es una herramienta que permite un entendimiento más completo de la ecología (James y McCullough 1990) y hace referencia a un conjunto de métodos estadísticos que, a diferencia del análisis lineal con una o dos variables predictivas o independientes (como la regresión múltiple), considera múltiples variables, pudiendo ser estas dependientes, independientes, o una mezcla de ambos (Quinn y Keough 2002). Desde la masificación del uso de computadoras, las cuales facilitaron la aplicación de estadísticas complejas y de gran escala en el tratamiento de datos, los ecólogos y sistemáticos han tomado gran atención al análisis multivariado, siendo ampliamente usado.

Sin embargo, dicha masificación ha llevado, según una extensa revisión de aplicaciones realizada por James y McCulloch (1990), a una constante aplicación inadecuada de los métodos, siendo el principal error la formulación de conclusiones causales en base a fases exploratorias o sin un diseño experimental adecuado; y también, la generalización de conclusiones a partir de muestreos puntuales y no representativos. Por ello, Quinn y Keough (2002) consideran que la mayoría de los métodos usualmente empleados son principalmente descriptivos. En dicha línea, es aún más necesario comprobar los supuestos estadísticos en el análisis multivariado, pues aumentan los riesgos debido a la complejidad de relaciones, que incrementan las distorsiones y sesgos potenciales, y a la complejidad de los análisis y de los resultados, los cuales pueden enmascarar las violaciones de supuestos (Hair et al. 1999). Entre los supuestos comunes, están la normalidad univariada y multivariada, la homocedasticidad y la linealidad. Un método al cual se puede apelar en caso de incumplimiento es la transformación de datos, recomendada por varios autores (James y McCulloch 1990, Quinn y Keough 2002, Hair et al. 1999).

3.9 EL MAPA DE SENSIBILIDAD BIOLÓGICA

La definición de sensibilidad biológica o ecológica aún sigue en debate, resaltando en la literatura dos perspectivas. Según la primera, la sensibilidad ecológica es el grado en que elementos de una unidad de paisaje o ecosistema, responden a desviaciones anómalas de las condiciones, sean de origen natural o antrópico (Ezcurra y Schmidt 2012, Ferreti y Mange 2009; Benítez 2007, citado por Walsh 2011b); es decir, se requiere identificar la perturbación y evaluar el cambio.

Según una segunda perspectiva, la sensibilidad es la condición de un territorio en particular (riqueza de especies, endemismos, especies clave, sitio de funciones biológicas básicas, entre otras), susceptible y vulnerable dependiendo del peligro inminente o actual (Guezal y Wickel 2015, Utrera 2004), que no es necesariamente identificada. En esa línea, el Cabildo de Tenerife (2003, citado por Ezcurra y Schmidt 2012), encargada de legislar en materia de prevención del impacto ambiental, indica que son “zonas que por sus valores intrínsecos naturales, culturales o paisajísticos o por la fragilidad de los equilibrios ecológicos existentes o que de ellas dependan, son sensibles a la acción de factores de deterioro”. Además, esta entidad indica que, aun sin una metodología establecida, estas zonas deben cumplir con características tales como que sean áreas con condiciones ambientales inestables, con especies amenazadas, con algún valor ecológico particular sensible a perturbaciones, con especies claves o que albergan sitios o procesos fundamentales desde el punto de vista ecológico.

La sensibilidad biológica se expresa normalmente a través de mapas que permiten sistematizar información geográfica y ambiental (Ezcurra y Schmidt 2012), siendo potentes herramientas para la toma de decisiones vinculadas a la clasificación y valoración del territorio en procesos de planificación y ordenamiento territorial (Ferreti y Mange 2009), pues permite identificar áreas que requieren estrategias de protección especiales (Wotherspoon et al. 1997).

3.10 EL MONITOREO BIOLÓGICO

Consiste en la evaluación de algunas variables biológicas mediante un diseño muestral por un período de tiempo prolongado, permitiendo la detección de cambios y tendencias, en complemento a evaluaciones puntuales de impactos por perturbaciones naturales o de origen antrópico. El propósito principal es coleccionar información a ser usada en la toma de decisiones con respecto a la gestión del ecosistema (Watson y Novelly 2004, Urgilés et al. 2009). Diversos métodos de muestreo han sido usados en ecología. Entre ellos, destacan dos: el muestreo aleatorio simple y el muestreo estratificado.

El muestreo aleatorio simple (M.A.S.) es un proceso de una sola etapa, en el que todos los elementos de una población tienen la misma probabilidad de ser parte de la muestra. La estimación de los parámetros se realiza según los cánones de la inferencia estadística

clásica, en particular, de la teoría de la estimación. En las fórmulas para determinar dichos parámetros y el tamaño de muestra con baja dispersión y alta representatividad, se debe considerar la corrección para poblaciones finitas (cpf), el cual relaciona el tamaño de la población y el tamaño de la muestra, permitiendo estimaciones más precisas. Se formula del siguiente modo:

$$\text{cpf} = (N-n)/N$$

Así mismo, el cálculo del tamaño de la muestra está condicionado por dos valores que son definidos por el investigador, el coeficiente de confianza ($Z_{\alpha/2}$) y el error típico ($\sigma_{\bar{x}}$), los cuales son usualmente considerados para un coeficiente de 0.05 y un error del 10 por ciento de la media de la variable a muestrear (Vivanco 2005).

El muestreo estratificado (M.E.), a diferencia del M.A.S., consiste en separar a los elementos en estratos, buscando la mayor homogeneidad posible dentro de cada estrato (Ramírez 2005). Se suele usar más de una variable de estratificación, a fin de asegurar mayor homogeneidad dentro de los estratos. Dichas variables deben estar relacionadas con la variable a medir, pero no relacionadas entre sí. La asignación de los elementos a determinados estratos es denominada afijación, existiendo cuatro tipos, dentro de los cuales destacan dos en el análisis ecológico, la afijación proporcional y la afijación óptima de varianza. La afijación proporcional, o también llamada afijación de Bowley, determina que el tamaño de los estratos muestrales sea proporcional al tamaño de los estratos poblacionales. Por otro lado, la afijación óptima de varianza, o afijación de Neyman, pretende aumentar la precisión de las estimaciones respecto a la afijación proporcional, teniendo como criterio la varianza de cada estrato, de este modo, estratos de menor varianza serán más pequeños y los de varianza mayor serán más grandes (Vivanco 2005).

Ramírez et al. (2000) aplicaron en la loma “Cerro Quemado” ambos métodos de muestreo con una evaluación de cobertura por intersección en transecto y calculándose en base a esta, el índice de Shannon-Wiener. A fin de realizar un muestreo representativo y con un intervalo de confianza para las variables diversidad alfa y cobertura, se aplicaron los métodos de Muestreo Aleatorio Simple y el Muestreo Estratificado con afijación óptima, obteniéndose resultados más precisos con esta última. Según los autores, esto guarda correspondencia con la heterogeneidad espacial y temporal característica del ecosistema de lomas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDIO

Las lomas de Carabayllo, con un área de 1500 hectáreas, forman parte de un gran polígono de lomas que abarca 5000 hectáreas en los distritos de Ancón, Puente Piedra y Carabayllo (Figura 2). Se ubican entre las latitudes $11^{\circ} 47' 15''$ y $11^{\circ} 49'$ y las longitudes $77^{\circ} 05' 11''$ y $77^{\circ} 02' 30''$. Según el Mapa Ecológico del Perú (ONERN 1976), basado en la clasificación de zonas de vida de Holdridge, la zona de lomas en estudio se clasifica como desierto perárido montano bajo subtropical (dp-MBS). Para la presente investigación, se consideró un área de 83.9 ha al noreste de las lomas de Carabayllo, por tratarse de la zona más frecuentada por turistas y pobladores interesados en proteger el ecosistema, además de ser accesible y no encontrarse en peligro de ser invadida. Estas lomas se ubican en un rango altitudinal entre los 500 y 1000 metros de altitud, gradiente que ha sido afectado por la urbanización informal, por un relleno sanitario y varias concesiones mineras no metálicas, que han reducido la extensión de las lomas y afectado las áreas remanentes.

De acuerdo a Perú Consult (2008), la precipitación registra un promedio anual de 20 mm, la temperatura oscila entre la máxima de verano de 30°C y la mínima en invierno de 12°C , con un promedio anual de 18°C . La humedad relativa fluctúa entre los 80 y 90 por ciento, siendo mayor en los meses de invierno. Además, la nubosidad fue determinada a un promedio anual de 6/8, la luminosidad se promedió en seis a siete horas diarias en verano, y una hora en invierno, los vientos predominantes en el período nocturno fueron de dirección SO y OSO, y no sobrepasaron los 3 m/s; mientras en el período diurno las direcciones preferentes fueron SSO y SO, lo que concuerda con Pinche (1986), quien analizó toda la costa norte de Lima y determinó una dirección anual promedio SO.

En cuanto a las características geológicas, se presentan suelos arenosos, depósitos aluviales en su mayoría de granulometría fina y gruesa en la parte baja, debido a procesos de deposición desde el Pleistoceno; y arenosa arcillosa en las partes intermedias y altas, con abundantes zonas pedregosas, afloramientos y mantos rocosos, con pendientes entre 30° y

40° (Cano et al. 2001). Las calicatas realizadas en la zona baja, reportaron suelos aluviales recientes, de roca meteorizada superficialmente, que genera una matriz de arcilla, arena arcillosa y grava limosa, con una profundidad de uno a dos metros (Perú Consult 2008).

La vegetación de las lomas de Carabayllo ha sido estudiada por Cano et al. (2001) durante el ENSO 1997/98 y Mendoza et al. (2004). Cano et al. (2001) reportaron 102 especies de plantas vasculares, para 76 géneros y 35 familias, con predominancia de herbáceas, resaltando las familias Asteraceae, Solanaceae y Poaceae; y con un nivel de endemismo de 7 por ciento. La diversidad florística ha sido influenciada, según los autores, por las vertientes occidentales andinas, ya indicada por Weberbauer (1945), evidenciándose en la presencia de especies típicas de niveles bajos de los Andes como *Neoraimondia arequipensis*, *Ephedra americana*, *Mentzelia cordifolia*, *Loasa incana*, entre otras. Además, la presencia de especies como *Baccharis salicifolia*, *Encelia canescens* y *Tessaria integrifolia* parece ser influencia del monte ribereño y los cauces secos.

Sobre la fauna, el reporte general de Perú Consult (2008) indicó la presencia de aves como tórtolas, palomas y la lechuza de los arenales (*Athene cunicularia*); de mamíferos menores como roedores comunes y de reptiles como lagartijas de los géneros *Tropidurus* y *Ctenoblepharis* y del jergón de la costa (*Bothrops pictus*). Así mismo, se reportaron gran cantidad de individuos del caracol del arenal (*Bostryx scalariformis*).

4.2 MATERIALES

- 4 libretas de campo.
- 4 mapas A4 del área de estudio.
- 4 cintas métricas de 30 m.
- 4 cintas métrica de 5 m.
- 200 bolsas Ziploc medianas y grandes.
- 4 GPS.
- 4 varillas de metal de 3 mm de radio.
- 4 tijeras de podar.
- 8 bolsas gruesas.
- 4 pares de guantes de cuero.
- 4 cámaras fotográficas.
- 4 guías de identificación en campo.
- 4 clinómetros.
- 4 palas.
- 20 envases de metal resistente a altas temperaturas de 270 cm³.
- Útiles de escritorio.
- 1 laptop.

4.3 MÉTODOS

4.3.1 DISEÑO MUESTRAL

Se aplicó un muestreo estratificado aleatorio (Matteucci y Colma 1982, Elzinga et al. 1998, Southwood y Henderson 2000), el cual inició con la estratificación del área de estudio (bordeada en verde en la Figura 1) según la altitud, la posición en el área y el sector, del siguiente modo:

- **Altitud.** Se determinaron 3 categorías, la zona baja desde los 550 hasta los 650 metros de altitud; la zona media entre los 650 y 750 metros de altitud; y la zona alta, desde los 750 hasta los 850 metros de altitud.
- **Posición en el área de estudio.** Se establecieron tres: quebrada, ladera y cumbre.
- **Sectores:** El primer sector se denominó “sector este” y la segunda “sector oeste”, ambos divididos por la colina central, tal como se observa en la Figura 1.

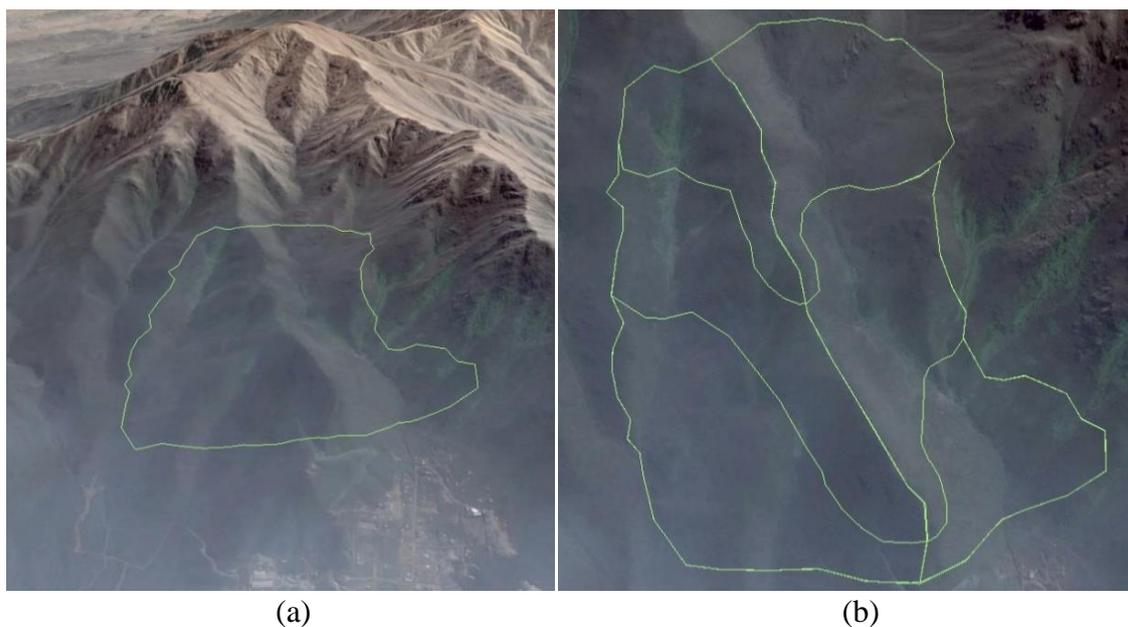


Figura 1: Imagen satelital de las lomas de Carabayllo y del área de estudio (a) con los estratos según la altitud y el sector (b). Fuente: Google Earth.

En cada categoría altitudinal se establecieron las zonas de quebrada, ladera izquierda y derecha, y cumbre (común a ambos sectores). Cabe resaltar que en el sector oeste, debido a que la parte alta era un roquedal de muy difícil acceso y casi nula vegetación, se optó por no instalar transectos de evaluación. Finalmente, en cada estrato se realizó una aleatorización y una corrección en campo a fin de establecer cada unidad de muestreo, que

fue un transecto para la presente investigación. En total se generaron 17 transectos (Figura 2): los transectos 1, 4, 7, 12 y 15 de quebrada; los transectos 2, 5, 8, 13 y 16 de ladera derecha; los transectos 3, 6, 9, 14 y 17 de ladera izquierda; y los transectos 10 y 11 en la cumbre.

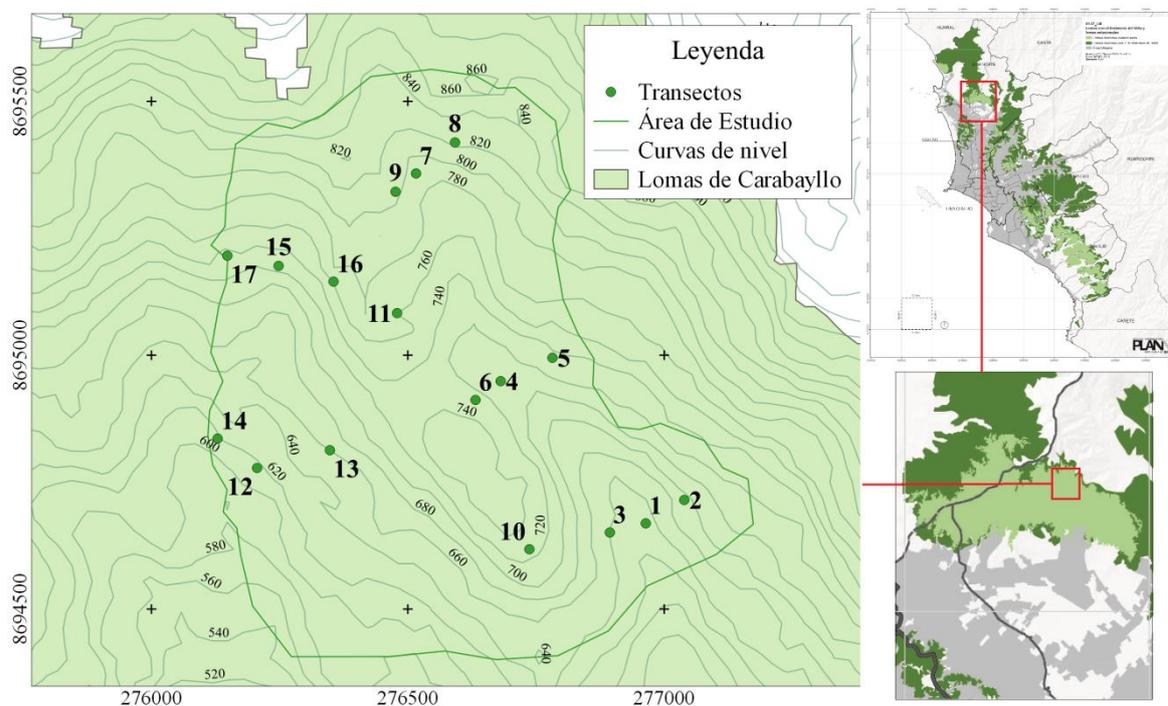


Figura 2. Distribución espacial de los transectos de muestreo en el área de estudio y su ubicación en Lima Metropolitana. Fuente: PLAM Lima y Callao 2035.

4.3.2 UNIDAD MUESTRAL Y ESFUERZO DE MUESTREO

La metodología empleada fue el punto intercepto mediante transectos, recomendada por Ramírez (2006) y Mueller-Dombois y Ellenberg (2002) para la medición de cobertura en ecosistemas como pastizales y matorrales donde los individuos son de tamaños disímiles, están superpuestos y algunos tienen reproducción vegetativa, por lo que su conteo es muy complejo y toma demasiado tiempo. En esta metodología, a lo largo de un transecto se evalúa la intersección de una especie con la proyección perpendicular de un punto en el transecto cada cierta distancia. Para esta investigación, cada transecto tuvo 25 m de largo y 50 puntos de evaluación, ubicados cada 50 cm, en los cuales se anotó la presencia de cada especie en cuatro estratos de altitud: de 0 a 20 cm, de 20 a 50 cm, de 50 a 100 cm y de 100 a 150 cm, esto a fin de analizar la estructura vegetal y la contribución de cada estrato a la cobertura y diversidad total. Para la evaluación, se empleó una varilla de metal de 150 cm

de alto y 6 mm de diámetro, graduada en cada estrato, la misma que fue introducida verticalmente y tratando de no alterar la estructura de la vegetación, según indican Poissonet y Poissonet (1969). En la Figura 3 puede verse un diagrama de la metodología, con el transecto en amarillo y la varilla en anaranjado. Finalmente, se calculó la cobertura de cada especie en cada estrato de la siguiente manera (Matteucci y Colma 1982):

$$x_i = (m_i/M_T) * 100$$

Donde: x_i = cobertura porcentual de la especie “i”
 m_i = cantidad de puntos interceptados por la especie “i”
 M_T = número total de puntos en el transecto, 50 para el estudio.



Figura 3: Representación gráfica de la metodología del punto intercepto mediante transectos. Fuente: Elaboración propia.

La determinación del número de puntos de evaluación se basó en un muestreo piloto desarrollado en diciembre de 2012 en las lomas de Lúcumo. En dicho piloto se evaluaron solo 30 puntos de evaluación y se llegó a observar que, en cada transecto, las curvas de especies/área para la riqueza (S) y el índice de Shannon-Wiener (H') se acercaban a la asíntota horizontal, lo cual indicó que el esfuerzo de muestreo era adecuado, tal como lo indica Margalef (1982). A fin de asegurar un esfuerzo suficiente en otras lomas de Lima, se decidió aumentar de 30 a 50 los puntos de evaluación.

Para la identificación de aquellos individuos no reconocidos en campo, se tomaron fotografías, y cuando fue estrictamente necesario, se colectaron miembros de la misma especie ubicados alrededor del transecto. El reconocimiento se llevó a cabo utilizando las claves botánicas de Macbride (1936, 1937a, 1937b, 1941, 1956, 1960 y 1962), Correll (1967), Ferreyra (1995), Jansen (1985) y Anderson (2001); y comparando las fotos con los registros fotográficos de la colección botánica para las lomas del *Field Museum* (2015) y la colección de la familia Solanaceae del *Natural History Museum* (2015). La clasificación taxonómica se realizó según el APG III (APG 2009), mientras que la verificación de la identidad taxonómica actualizada se realizó consultando la base de datos de la página web *Tropicos* (2015).

Estas evaluaciones se llevaron a cabo en seis ocasiones, a fin de analizar con mayor precisión la transición entre las épocas por el período de un año. Durante el 2013 se evaluó en los meses de marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre; y durante el 2014 en enero.

4.3.3 EVALUACIÓN DE VARIABLES EDÁFICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

Las variables geomorfológicas se evaluaron una sola vez. La altura con un GPS Garmin Etrex 30, la pendiente con un clinómetro, mientras que la orientación y la ubicación en el sector por observación en campo y análisis en el programa Google Earth v7.1.2.2041, constatando la dirección de ingreso de la niebla y la disposición de las colinas. Por otro lado, la medición de las variables humedad del suelo y materia orgánica en el suelo requirió la toma de muestras de suelo, lo cual se efectuó en cada transecto y en cada evaluación a una profundidad estándar de 15 a 20 cm en cilindros de metal de 7 cm de alto y de diámetro, resistentes a altas temperaturas, los cuales fueron cerrados herméticamente y pesados con una balanza digital sensible en campo, para luego ser debidamente selladas y trasladadas al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Para el caso de la humedad del suelo, los cilindros fueron colocados en una estufa a 105° C por 24 horas, pasadas las cuales se volvieron a pesar, para obtener el peso seco. Finalmente, con la siguiente fórmula, se calculó el porcentaje de humedad presente en el suelo:

$$\%H = ((\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco}) / (\text{Peso Seco})) * 100$$

Donde: %H = porcentaje de humedad en el suelo.

Peso Húmedo = peso del cilindro con el suelo en campo.

Peso Seco = peso del cilindro con el suelo luego de pasar por la estufa.

Para la determinación del contenido de materia orgánica se utilizó el método de Walkley (1947), que se basa en la oxidación incompleta del carbono orgánico haciendo uso de una mezcla oxidante de dicromato de potasio y ácido sulfúrico. Una de las desventajas del método es que al calcular el carbono orgánico, requiere involucrar un factor de conversión que vincule el contenido promedio de carbono en la materia orgánica, el cual varía entre los diferentes tipos de suelos y condiciones (Carreira 2011) y fue provisto por especialistas del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la UNALM.

El procedimiento seguido fue el siguiente: (1) la muestra de suelo se tamizó y se colocó 1 g en un vaso Erlenmeyer, (2) luego se agregó 10 ml de dicromato de potasio 1 N a cada vaso, (3) se colocó 10 ml de ácido sulfúrico al 95 por ciento y una pequeña cantidad de agua destilada, a fin de liberar la energía necesaria para producir la oxidación del carbono, luego de lo cual se dejó el vaso en la campana extractora por un tiempo de 5 horas. Pasado dicho período, (4) se enrazó el contenido en una fiola de 100 ml, (5) luego se tomaron 20 ml y se colocaron en un vaso de precipitado, (6) al cual se le agregó tres gotas del indicador DFAS (difenilamina sulfúrica). Finalmente, (7) se tituló el contenido del vaso de precipitado con sulfato ferroso 0.2 N y (8) se comparó el resultado con el obtenido en una muestra estándar sin reaccionar. Para el presente estudio se asumió un coeficiente de eficiencia de la reacción general de 77 por ciento (Walkley 1947) y un porcentaje de estimación de 58 por ciento de carbono en la materia orgánica.

4.3.4 EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL MUESTREO

Se evaluó la eficacia del muestreo a través del cálculo de la curva de acumulación de especies mediante el modelo de Clench, el más utilizado y de demostrado ajuste adecuado que permite, a diferencia de los métodos de rarefacción, estimar la curva en función del esfuerzo de muestreo y evitar los supuestos de aleatorización de la colecta de individuos o la constancia en la dominancia entre especies, aunque sí asume que la probabilidad de

captura de las especies debe permanecer constante (Burnham y Overton 1979, citado por Jiménez-Valverde y Hortal 2003; Moreno y Halffter 2000). La primera parte del método implicó determinar la *curva ideal* de acumulación de especies, proceso indicado como necesario en el cual el orden de entrada de las unidades muestrales se aleatoriza a fin de evitar sesgos, para lo cual se utilizó el programa Primer v.6.1.6, aplicando el índice de especies a la curva de acumulación, con 999 permutaciones. Como segunda parte, estos datos fueron ingresados al programa Statistica v.8.0, realizándose la estimación de los indicadores del modelo Clench mediante la siguiente ecuación:

$$S_n = (a*n) / (1 + (b*n))$$

De donde “ S_n ” es el número promedio de especies, “ n ” son las unidades de esfuerzo de muestreo (puntos de evaluación), “ a ” es la tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del muestreo y “ b ” se vincula a la forma de la curva de Clench. El ajuste de la función se realizó mediante el método iterativo complejo de Simplex & Quasi-Newton. Se estimó el número total de especies determinando la asíntota de la curva de Clench, dividiendo los parámetros “ a ” por “ b ”. Finalmente, a fin de determinar si el muestreo fue suficientemente completo, se utilizó una proporción de 70% de especies registradas con respecto al total estimado, siguiendo la recomendación de Jiménez-Valverde y Hortal (2003).

4.3.5 ESTIMACIÓN DE LA DIVERSIDAD Y SU VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL

Se estimaron los tres niveles de diversidad propuestos por Pielou (1975), la diversidad alfa a través de dos índices, la diversidad beta a través de un índice y un método de agrupamiento, y la diversidad gamma mediante un índice.

Índices de Diversidad Alfa

Fueron estimados para cada transecto, estrato y evaluación. Según las formulaciones realizadas por Moreno (2001), se calcularon dos índices. El primero de ellos fue el *índice de Simpson*, del cual se toma la inversa $(1 - \lambda)$ para calcular la diversidad.

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

Donde: p_i = cobertura proporcional de la especie i , calculada al dividir la cobertura de la especie i entre la suma de las coberturas de las demás especies presentes.

El segundo índice fue el de Shannon-Wiener (H'), formulado así:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

Siendo el p_i calculado del mismo modo que para el índice de Simpson. Los índices se calcularon en el programa PAST v.2.16. Para el caso del índice de Shannon-Wiener, se realizó una conversión para obtener los resultados en bits, multiplicando el resultado por 1.4427, ya que el programa brinda los resultados en logaritmo neperiano.

Posteriormente se compararon los valores a través de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, sin la corrección de Bonferroni. Esta prueba es la variante no paramétrica del ANOVA de una vía, y es considerada la extensión para varios grupos de la prueba de Mann-Whitney, aunque tiene la desventaja de arrojar resultados menos exactos cuando el tamaño de grupo es menor a 5 (Zar 1996, citado por Hammer 2002). Por último, a fin de verificar la significancia de las diferencias entre los grupos, se llevó a cabo la prueba multivariada ANOSIM (Análisis de Similaridad), la cual es no paramétrica y usada para analizar diferencias en datos entre grupos de especies (Hammer 2002). La prueba se realizó con el índice de Bray-Curtis, sin la corrección de Bonferroni.

Índices de Diversidad Beta

La primera estimación se realizó con el índice de Whittaker (β), basado en la presencia o ausencia de especies. Es considerado el más robusto para medir el reemplazo de especies entre comunidades (Wilson 1984, Magurran 1988, citados por Moreno 2001). Se compararon todos los transectos por pares y en cada una de las seis evaluaciones realizadas, según la fórmula:

$$\beta = \frac{S}{\alpha} - 1$$

Donde, S = número de especies encontradas en ambos transectos

α = número promedio de las especies encontradas en los dos transectos.

La segunda estimación se efectuó a través de un método indirecto. Se utilizó el análisis multivariado de agrupación o *Cluster*. Este método permite combinar objetos similares en grupos, comúnmente visualizados en un dendograma. No tiene bases estadísticas para deducir inferencias estadísticas, por lo que es descriptivo y ateórico. Sin embargo, al no requerir supuestos de normalidad, linealidad ni homocedasticidad, resulta en una técnica ampliamente útil y con fuertes propiedades matemáticas; por ello, fue empleado como una forma de explorar las diferencias entre los transectos.

Los pasos que sigue el algoritmo son los siguientes: (1) el cálculo de una matriz de diferencias entre todos los pares de objetos, (2) la formación del primer grupo entre los objetos con la menor diferencia, (3) el cálculo de la diferencia entre este grupo y los objetos restantes, (4) la formación de un segundo grupo entre dos objetos o el primer grupo y un objeto, dependiendo de qué par tiene la menor distancia, (5) y así sucesivamente hasta que todos los objetos son incluidos en una sola agrupación (Quinn y Keough 2002, Hair et al. 1999). El análisis *Cluster* fue empleado en cada evaluación y para todas las evaluaciones usando el programa PAST v.2.16, con el método de distanciamiento de Grupos Pareados y los índices de similitud de Bray Curtis, dirigido a datos de abundancia, o cobertura en este caso; y de Raup-Crick, que evalúa solo la presencia o ausencia de cada especie (Hammer 2012).

Índice de Diversidad Gamma

Se realizó para cada evaluación en base al índice de Shannon-Wiener. Siendo la diversidad gamma la suma de la diversidad alfa y beta regional, se calculó la diversidad beta regional según el índice de Shannon-Wiener con la fórmula (Moreno, 2001):

$$H'beta = - \sum_i P_i \log_2 P_i - \sum_j q_j H_j$$

Donde:

$$P_i = \sum_j q_j p_{ij}$$

q_j = peso proporcional de la comunidad o unidad de muestreo, el cual fue el mismo para todas en esta investigación.

p_{ij} = la frecuencia relativa de la especie i en la comunidad o unidad j .

H_j = índice de diversidad de Shannon-Wiener en la comunidad o unidad j .

La diversidad alfa regional (H' alfa) se determinó por un promedio de los índices de Shannon-Wiener por transecto. Finalmente la diversidad gamma se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$H'_{\text{gamma}} = H'_{\text{alfa}} + H'_{\text{beta}}$$

4.3.6 VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS PRINCIPALES POBLACIONES

Para la presente investigación, se consideró como población principal, a la población de las especies claves, o en su defecto, de aquellas con mayor cobertura, de modo que pueda ser analizada a través de las formulaciones que se indican a continuación.

4.3.6.1 LEY DE TAYLOR

La Ley de Taylor permite relacionar la varianza muestral con la media muestral. Dicha relación, propuesta por Taylor (1961, citado por McArdle 1990), fue destacada como el modelo más adecuado para evaluar distribuciones espaciales resultantes de muestreos poblacionales. Posteriormente se planteó su universalidad y se ofrecieron posibles interpretaciones biológicas para los valores obtenidos con este análisis (Soberón y Loevinsohn 1987, McArdle et al. 1990).

En el procedimiento se utilizó una matriz de doble entrada de transectos versus evaluaciones. Para esta investigación, la cobertura porcentual de cada especie fue la considerada para obtener los promedios (N) y los coeficientes de variabilidad (CV) espacial y temporal, sin considerar los datos con doble cero para evitar sesgos, como lo sugiere Giraldo et al. (2002). La vinculación entre el promedio y el coeficiente de variabilidad es mediante la fórmula propuesta por McArdle et al. (1990).

$$CV = \alpha^{0,5} N^{(0,5\beta - 1)}$$

Luego, se procedió a linealizar la expresión de la siguiente manera (Teixeira 2000):

$$\log CV = 0,5 \log \alpha + (0,5\beta - 1) \log N$$

Con lo que el valor de β se puede hallar de la pendiente de la ecuación linealizada:

$$b = 0,5\beta - 1$$

Esta ley se utilizó para describir la variación espacial y temporal, por lo que se calcularon dos valores de β , el espacial, cuando se midió la variabilidad en sitios fijos en distintos momentos; y uno temporal, cuando se midió la variabilidad en las unidades de muestreo a través del tiempo.

De este modo, se presentan cuatro posibles interpretaciones, según McArdle et al. (1990):

- a) $\beta_s < 2, \beta_t < 2$: En años malos los sitios buenos son menos variables. Patrón de “refugio”.
- b) $\beta_s > 2, \beta_t > 2$: Las poblaciones en buenos sitios tienden a tener mayor variabilidad en el tiempo que en los malos. En buenos tiempos hay mayor variabilidad en todos los sitios. Patrón de “estallido”.
- c) $\beta_s > 2, \beta_t < 2$: Las poblaciones en buenos sitios tienden a tener menor variabilidad, en buenos tiempos hay más variabilidad espacial. De manera normal, los sitios buenos se mantienen constantes con “hotspots” móviles.
- d) $\beta_s < 2, \beta_t > 2$: Las poblaciones en buenos sitios tienden a ser más variables en el tiempo que en los malos. En tiempos buenos hay menor variabilidad espacial. No se conoce si es posible.

Además, para comprobar que los valores de β obtenidos diferían significativamente de dos, se calculó un intervalo de confianza usando la distribución t-Student, con un $\alpha = 0.05$ y (n-2) grados de libertad, según la siguiente fórmula (Steel y Torrie 1998, citado por Giraldo et al. 2002):

$$I.C. (\beta) = b \pm t_{\alpha/2} * S_b^2$$

Donde: β = pendiente de la recta
 $t_{\alpha/2}$ = valor tabular de la distribución t
 S_b^2 = error estándar de la pendiente

4.3.6.2 DISTRIBUCIONES POBLACIONALES

Para complementar el análisis de las principales poblaciones, se realizaron mapas de variación espacial y temporal con isóneas de cobertura en el programa *Surfer* v.10.7.972 a fin de identificar patrones poblacionales de las especies observando su dinámica a lo largo de las seis evaluaciones de campo.

4.3.7 ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LA VEGETACIÓN Y VARIABLES EDÁFICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

El conjunto de técnicas multivariadas permite observar la relación de variables independientes entre sí y sobre las variables dependientes. En primer lugar se analizó la correlación entre el índice de Shannon-Wiener, la cobertura acumulada y la cobertura de las principales poblaciones, con las variables altitud, pendiente, orientación y ubicación en el sector, humedad y materia orgánica del suelo.

La primera etapa del análisis consistió en la aplicación de las pruebas de *normalidad* de Shapiro-Wilk y Anderson Darling a los valores del índice de Shannon-Wiener, de la cobertura acumulada y la cobertura de las principales poblaciones, de la humedad relativa, de la materia orgánica en el suelo, de la altitud y la pendiente. Estas pruebas son las más potentes para determinar si una muestra proviene de una población con distribución normal, destacando la primera cuando la muestra es menor a 30 (Hammer 2012).

En el caso de las *correlaciones* con la altitud y la pendiente se procedió del siguiente modo. Para las variables con distribución normal se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson; mientras que, para las variables con distribución no normal, se aplicó el coeficiente no paramétrico de Spearman. En total, se realizaron seis correlaciones, correspondiente a las seis evaluaciones, calculados en el programa SPSS *Statistics 22*. En el caso de las variables humedad y materia orgánica en el suelo, se realizaron 36 correlaciones, vinculando todas las evaluaciones, a fin de detectar posibles demoras de respuesta. Para el caso de la posición y orientación del transecto en el área de estudio, se agruparon los transectos en cuatro grupos: quebrada, ladera izquierda, ladera derecha y cumbre, los cuales fueron comparados mediante la prueba no paramétrica para muestras desiguales de Kruskal Wallis, con el método de muestras pareadas y sin la corrección de Bonferroni. Se utilizó el programa PAST v.2.16. para todos los análisis, considerándose un valor de 0.05 como el límite de la significancia estadística.

Como segundo bloque de análisis multivariados, se llevaron a cabo pruebas que buscaron hallar diferencias significativas al analizar la composición y cobertura de especies. Para ello, los datos de las variables dependientes fueron cuantitativos, y categóricos para el caso de las independientes. En esta investigación, los primeros fueron los datos de cobertura

acumulada para toda la investigación, para cada estrato vertical y para cada evaluación; mientras los segundos fueron la altitud, la posición y orientación de los transectos, la humedad y materia orgánica en el suelo, y la pendiente. Se buscó explorar y describir dichas relaciones, sin que ello implicase una relación causal, siguiendo las recomendaciones de James y McCullough (1990).

Similar al primer bloque de pruebas multivariadas, la primera etapa supuso evaluar la normalidad de todas las variables. Como segunda etapa se convirtieron los datos de altitud, pendiente, humedad del suelo, materia orgánica en el suelo y posición a variables categóricas. En el caso de las cuatro primeras se optó por agruparlas en tres categorías, dividiéndolas equitativamente según el rango de datos de cada variable en cada evaluación. En el caso de la posición y orientación en la quebrada, se usó la misma categorización que para el análisis bivariado, generándose cuatro categorías.

Paso siguiente se utilizó la prueba NP – MANOVA (Análisis No Paramétrico Multivariado de la Varianza). Este método es la opción no paramétrica del MANOVA, que analiza cambios significativos en determinadas variables dependientes por el efecto de otras independientes categóricas. Esta prueba tiene por requisitos la normalidad univariada y multivariada, y la homogeneidad de varianzas (Anderson 2001, Hair et al. 1999). Debido a que los análisis ecológicos usualmente no cumplen con los requisitos se opta por su variante no paramétrica, la que según McArdle y Anderson (2001, citado por Quinn y Keough 2002), puede ser usada para cualquier estructura de diseño, es muy simple y compatible con cualquier distancia de similaridad. El NP - MANOVA se realizó a una vía para los cinco parámetros: altitud, posición, pendiente, humedad del suelo y contenido de materia orgánica. El análisis se realizó en el PAST v.2.16, con el índice de Bray Curtis.

4.3.8 EL MAPA DE SENSIBILIDAD BIOLÓGICA

La elaboración de mapas de sensibilidad biológica, de actual importancia para la integración de información que ayude a la toma de decisiones, y que actualmente ya es un requisito en los Estudios de Impacto Ambiental en el Perú (MINEM 2015), no cuenta aún con una metodología estándar. Para la presente investigación, se integraron las propuestas de varios autores, destacándose cuatro pasos: (1) la determinación de los parámetros indicadores de sensibilidad, (2) la clasificación ordinal de los datos de cada parámetro en

las categorías “alto”, “medio” y “bajo”, (3) la integración en una Matriz de Leopold Modificada de las valoraciones realizadas para cada criterio y el cálculo del porcentaje de criterios valorados en las tres categorías de sensibilidad y (4) la determinación de criterios de clasificación final y elaboración del mapa de sensibilidad. A continuación se detalla la metodología seguida en cada etapa.

1) Determinación de los parámetros considerados como indicadores de la sensibilidad de la comunidad vegetal. Para este estudio, se han considerado seis parámetros:

- Cobertura acumulada: Como estimador de la biomasa e indicador de un sitio de probable refugio y que puede contener características particulares que resultan atractivas para las especies (Walsh 2010a y 2011a).
- Riqueza de especies: Primer nivel de análisis de la diversidad, tanto estructural como funcional (Walsh 2010a y 2010b, Ferreri et al. 2008).
- Índice de Shannon-Wiener: Como uno de los mejores indicadores de la estructura de la comunidad (Margalef, 1980).
- Especies endémicas y amenazadas: Como indicador directo de la sensibilidad y vulnerabilidad de ciertas especies (Walsh 2010a, 2010b, 2011b). Se tomó en consideración para el análisis de endemismo la lista roja de León et al. (2006), y para las categorías de amenaza según la UICN (IUCN 2015), el Decreto Supremo 043-2006-AG (MINAGRI 2006) y al CITES (CITES 2011).
- Singularidad del sitio: Como indicador de transectos con especies únicas o poco compartidas (Walsh 2010b, Ferreri et al. 2008).
- Número de grupos funcionales: Indicador de la diversidad funcional, el segundo nivel de análisis de comunidades (Utrera 2004). La clasificación de las especies en grupos funcionales basada en los hábitos se llevó a cabo según Weberbauer (1945), quien considera especies arbóreas, arbustivas, subarbustivas, cactáceas, herbáceas perennes, herbáceas anuales, herbáceas tuberosas y herbáceas bulbosas.

2) Clasificación ordinal en “alto”, “medio” y “bajo”. Para los criterios cobertura acumulada, riqueza de especies, índice de Shannon-Wiener y número de grupos funcionales, los valores promedios para las seis evaluaciones en cada transecto fueron divididos equitativamente en tres intervalos, respondiendo a la amplitud de los mismos. Al intervalo con los valores más bajos se le categorizó como de sensibilidad

“baja”, al intervalo con los valores medios como de sensibilidad “media”, y al intervalo con los valores más altos con la sensibilidad “alta”. En el caso del número de especies endémicas o en categorías de amenaza, se categorizó como de sensibilidad “alta” a los transectos con dos o más especies en dichas condiciones, de “media” a los transectos con una especie, y de “baja” a los transectos con ninguna. Finalmente, en el caso de la singularidad del sitio, se desarrolló un análisis *Cluster* con la matriz de datos de cobertura total en las seis evaluaciones para cada transecto con el índice de Raup-Crick. Se estableció un nivel de similaridad de 80 por ciento para evaluar la composición de las agrupaciones formadas, como indicador del nivel de transectos reemplazables por otros de la misma agrupación. En caso un transecto estuviese sin agrupación o en una con solo un transecto, se le categorizó con “alto”; para aquellos en agrupación con otros dos, la categoría fue de “medio”; mientras que aquellos en agrupaciones con tres o cuatro transectos, se les categorizó con “bajo”.

- 3) Integración en una Matriz de Leopold Modificada y cálculo del porcentaje de categorías. Para esta investigación se asumió un mismo peso para todos los criterios considerados, al tratarse de un análisis preliminar. Se realizó una matriz de doble entrada, con los diecisiete transectos en las columnas y los criterios en las filas, colocándose las categorías de “alto”, “medio” y bajo” en los datos. Luego, se calculó el porcentaje de cada categoría para cada transecto.
- 4) Determinación de criterios de clasificación final. Como último paso se estableció un número de prioridad para los transectos, evaluándose primero los transectos con los mayores porcentajes de categorías “alto”. En caso hubiesen varios con el mismo porcentaje, se pasó a evaluar el porcentaje de la categoría “media”, y cuando fue necesario, también el de categoría “baja”. En los casos de transectos con la misma estructura de porcentajes, se les colocó el mismo número de prioridad. Por último, la clasificación final fue como sigue: sensibilidad alta a aquellos transectos con un porcentaje de criterios “alta” mayor al 40 por ciento, sensibilidad media para aquellos con un porcentaje de criterios “alta” menor a 40 y mayor a 0 por ciento; finalmente, sensibilidad baja a todos los que no tuvieron criterios en sensibilidad “alta”.

4.3.9 EL PROGRAMA DE MONITOREO

La estructura de la propuesta se basó en la metodología ejecutada y los resultados obtenidos. La definición del esfuerzo de muestreo por transecto se basó en el análisis de la eficacia del muestreo, mientras que los transectos a evaluar y el número de evaluaciones fueron determinados mediante un análisis de muestreo, con una corrección basada en criterios ecológicos. Las variables a analizarse se determinaron mediante un *Análisis de Componentes Principales*, el cual es un método multivariado muy usado, que reduce las variables analizadas a un conjunto pequeño de variables abstractas (combinaciones lineales de las variables originales, llamados componentes principales). Dos o tres de estos componentes resumen la mayoría de la variación, permitiendo que en un gráfico bidimensional o tridimensional estos puedan ser visualizados (James y McCullough 1990). Con este fin se usaron las variables del análisis de sensibilidad biológica mediante una matriz de “correlaciones”, a fin de vincular datos provenientes de diferentes variables, visualizándose los resultados en el gráfico del primer y segundo componente.

Posteriormente, los cálculos para el muestreo se basaron en tres métodos: el muestreo aleatorio simple, el muestreo estratificado con afijación proporcional y el muestreo estratificado con afijación óptima. El criterio principal para elegir el tipo de muestreo más adecuado fue que el intervalo de confianza y el error estándar sean los menores posibles, preferentemente con un máximo del 10 por ciento de la media de la variable a muestrear.

Para el *muestreo aleatorio simple*, el tamaño de muestra se calculó con diferentes intervalos de confianza, mediante el siguiente método (Martínez et al. 2004):

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}; n_0 = \frac{Z_{\alpha/2}^2 * s^2}{d^2}$$

- Donde: n = tamaño de muestra de una población finita.
n₀ = tamaño de muestra de una población infinita.
N = tamaño de la población o total de transectos en el área de estudio.
Z_{α/2} = valor de la distribución normal con probabilidad α/2.
s² = varianza de la población.
d = error que estamos dispuestos a aceptar (en la forma $\bar{x} \pm d$).

El intervalo de confianza fue calculado según la fórmula propuesta por Cochran (1980):

$$I.C. = \pm t_{(n-1)} * Se\bar{y}$$

Donde: $t_{(n-1)}$ = valor de la distribución t-Student para un nivel de confianza del cinco por ciento, para el tamaño de muestra calculado.

$Se\bar{y}$ = error estándar de la media.

De donde el error estándar de la media se calcula del siguiente modo, incluyendo la corrección para poblaciones finitas (Vivanco 2005):

$$Se\bar{y} = \sqrt{((N - n)/N)(s^2/n)}$$

Donde: s^2 = varianza de la muestra.

En el caso de los dos métodos de muestreo estratificado, la determinación de los estratos se llevó a cabo estableciendo un valor límite que defina grupos estadísticamente diferentes para cada una de las variables seleccionadas. Como segundo paso, se definieron las áreas de los estratos (A_h) utilizando los programas *Surfer* v.10.7.972 y *Google Earth* v7.1.2.2041. Se calculó el número total de transectos por estrato (N_h), considerando que el área de cada transecto fue de 10 m², con 25 m de largo y asumiendo un ancho de 0.4 m.

El cálculo del número de muestras por estrato (n_h) se realizó mediante la afijación proporcional ($n_h = \frac{N_h}{N} * n$) y óptima ($n_h = n \frac{N_h * s_h}{\sum_{h=1}^L N_h s_h}$) según Cochran (1977), donde s_h es la desviación estándar del estrato h, y L el número total de estratos. Para ambos casos, el error estándar de la muestra (s_e) se calculó de la siguiente manera:

$$s_e^2 = \sum_{h=1}^L \frac{W_h^2 * s_h^2}{n_h}$$

Donde $W_h = \frac{N_h}{N}$.

Asimismo, el I.C. se halló utilizando la siguiente fórmula propuesta por Cochran (1977) y el tamaño de muestra debió asegurar que el error muestral sea lo más cercano al 10 por ciento de la media:

$$I.C. = t * s_e$$

donde t es el valor tabular para la distribución t de doble cola con $\alpha = 0.05$ y n_e grados de libertad.

$$n_e = \frac{(\sum_{h=1}^L g_h * s_h^2)^2}{\sum_{h=1}^L \frac{g_h^2 * s_h^4}{n_h - 1}}$$

donde $g_h = \frac{N_h * (N_h - n_h)}{n_h}$.

Posteriormente, los intervalos de confianza de cada tipo de muestreo fueron comparados y se eligió aquel con el menor porcentaje con respecto a la media de la variable a monitorear. A fin de establecer el número y ubicación de los transectos en cada estrato, se adicionó al muestreo elegido, un análisis de criterios ecológicos. Finalmente se propuso un calendario de monitoreo y se ubicaron los transectos en un mapa.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 DEL ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD

5.1.1 COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD VEGETAL

En los Anexos 1 y 2 se reportan la categoría taxonómica y el tipo de registro de cada especie. En total se registraron 47 especies, distribuidas en 34 géneros y 22 familias, con una predominancia de herbáceas manifiesta en 35 especies, además de nueve especies subarborescentes, una arbustiva (*Carica candicans*), una arbórea (*Eucalyptus* sp.) y una cactácea (*Haageocereus limensis*).

Las familias con mayor cantidad de especies fueron Boraginaceae, Asteraceae, Solanaceae y Lamiaceae, con 6, 5, 4 y 3 especies, respectivamente. Así mismo, seis especies del género *Heliotropium* se registraron, aunque dos fueron catalogadas como morfoespecies por haberse evaluado sin flor, pudiendo pertenecer a las especies identificadas del género. Las especies más conspicuas espacialmente fueron *Trixis cacalioides*, *Solanum peruvianum*, *Alternanthera halimifolia* y *Nicotiana paniculata*, registradas en 14, 11, 9 y 8 transectos, respectivamente. Para el análisis temporal, las especies registradas en las seis evaluaciones fueron *Ophryosporus floribundus*, *Haageocereus limensis*, *Trixis cacalioides*, *Solanum peruvianum* y *Alternanthera halimifolia*. En cinco evaluaciones se presentaron *Heliotropium angiospermum* y *Salvia tubiflora*. Restringidas a la época húmeda (julio y septiembre), se contabilizaron 31 especies.

Así mismo, con respecto a los estratos verticales de evaluación, todas las especies excepto *Heliotropium arborescens* fueron registradas en el primer nivel (0 – 20 cm), como consecuencia de la inserción de la varilla en la copa lateral del arbusto, sin hacer contacto con la base del mismo. En el segundo nivel se llegaron a evaluar 12 especies, seis en el tercero (50 – 100 cm), incluyendo dos herbáceas anuales como *Nicotiana paniculata* y *Chenopodium petiolare* en zona de quebrada del sector oeste, y solo tres en el cuarto (100 – 150 cm): *Ophryosporus floribundus*, *Trixis cacalioides* y *Mesosphaerum sidifolium*.

Del total de especies, 26 fueron registradas en la evaluación cuantitativa y 21 en la cualitativa. Entre las primeras, 19 fueron herbáceas, seis subarborescentes y una cactioide (*Haageocereus limensis*). En la Figura 4 se observa que la cantidad de especies subarborescentes y de cactáceas se mantuvo constante excepto en la quinta evaluación (noviembre), cuando se registraron dos especies más del género *Heliotropium*. En el caso de las herbáceas sí se presentaron fuertes variaciones estacionales, destacando las evaluaciones de época húmeda (julio y septiembre), cuando se registraron las 19 especies herbáceas, 13 de las cuales fueron observadas solo en esta época, 10 de ellas anuales (de las 12 herbáceas anuales, *N. paniculata* y *C. petiolare* fueron registradas en la época seca).

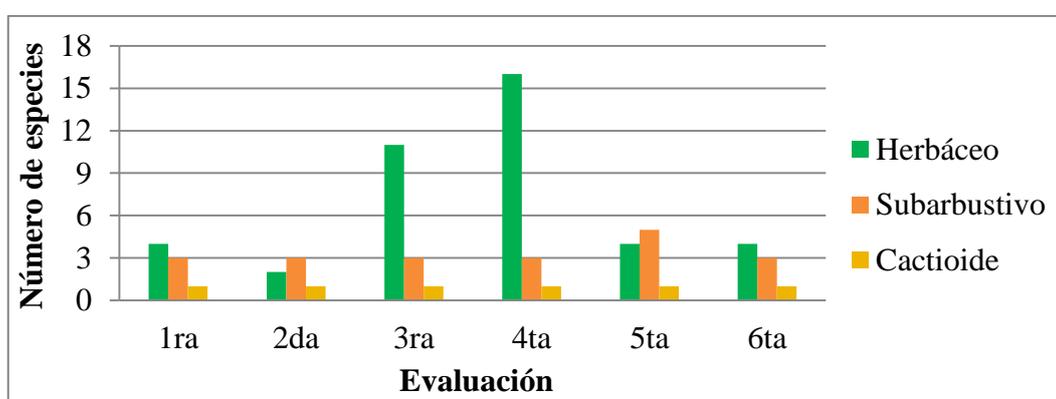


Figura 4: Número de especies por hábito en cada evaluación cuantitativa.

A pesar de ello, se observa en el Anexo 3, que reporta los registros cuantitativos y cualitativos, un mayor número de especies herbáceas en la quinta evaluación (noviembre). Es probable que su ausencia en el registro cuantitativo se debiera a la reducida cobertura, como consecuencia del menor ingreso de nieblas y mayor exposición a los rayos solares.

Con respecto a la cobertura promedio por hábito, se observa en la Figura 5 que las especies subarborescentes (pertenecientes a los géneros *Heliotropium*, *Ophryosporus* y *Trixis*) tuvieron mayores valores hacia la segunda y quinta evaluación, luego de culminada o por culminar la temporada húmeda, lo que apoya lo indicado por Torres (1981) y Weberbauer (1945), quienes indican que este grupo prefiere la época seca, evitando la competencia con especies herbáceas, de mayor cobertura en setiembre cuando su cobertura con respecto al total alcanzó poco más del 90 por ciento. Las especies de mayor cobertura en la época seca (primera, segunda, quinta y sexta evaluación) fueron *Alternanthera halimifolia* y *Trixis cacalioides*; mientras que en la época húmeda, la especie de mayor cobertura fue *Fuertesimalva peruviana*, llegando a tener hasta un 46% de cobertura en un transecto.

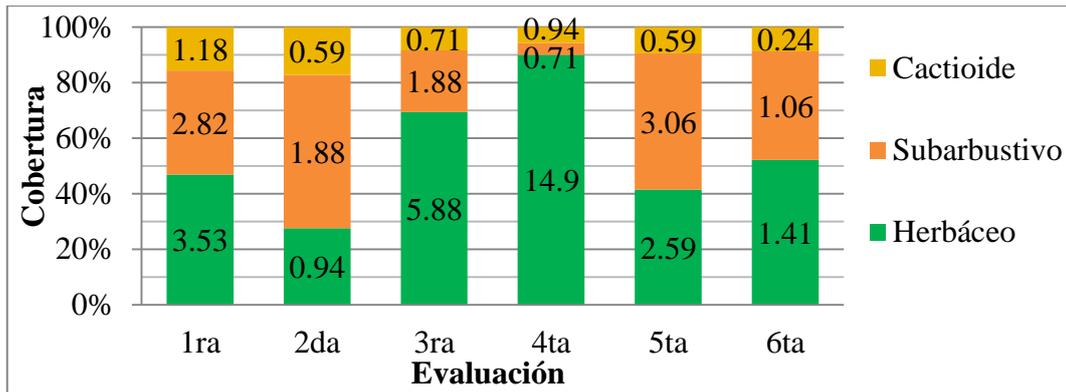


Figura 5: Porcentaje y valores promedio de cobertura por hábito y por evaluación.

Se puede observar además, que la cobertura total promedio para la primera evaluación (marzo de 2013) es mayor que en la quinta y sexta evaluación (noviembre de 2013 y enero de 2014), aun cuando dicha evaluación se realizó en plena incidencia de la época seca, lo que indicaría que la época húmeda del 2012 tuvo un mayor efecto en el desarrollo de cobertura con respecto al 2013, y apoyaría lo indicado por Weberbauer (1945), quien indica que en las lomas anuales, la vegetación varía año a año dependiendo de las precipitaciones y el ingreso de las nieblas invernales, lo que es drásticamente modificadno ante la presencia de un ENSO (Ferreira 1993, Teixeira 2000, Tovar 2003).

5.1.2 EFICACIA DEL MUESTREO

En la Tabla 1 se reporta el porcentaje de especies registradas con respecto al número estimado de especies totales en cada transecto según el modelo de Clench. Este análisis pudo realizarse en 57 de los 102 transectos evaluados (55.9 por ciento), de los cuales una tercera parte (19 transectos) tuvo un registro suficientemente completo al 70%. Se puede observar que los transectos de quebrada (1, 4, 7, 12 y 15) obtuvieron los porcentajes más altos, aunque sin constancia durante el estudio, detectándose que aun en la época húmeda, los porcentajes fueron mayoritariamente menores al 70 por ciento.

Sobre esto es importante resaltar lo observado en el Anexo 4, que muestra seis curvas de Clench, tres con registros mayores al 70 por ciento (a, b y c) y tres con los menores registros (d, e y f). Observando estos grupos opuestos se detecta que el factor determinante no fue el número de especies, sino la cobertura de las mismas. En el caso de los transectos con las menores eficacias, todas las especies tuvieron un solo toque o punto de muestreo,

indicando individuos de menor cobertura y más dispersos en la zona. Esto corroboraría lo observado en las visitas al área de estudio en el año previo y posterior a la evaluación; es decir, que durante el 2013 hubo un menor desarrollo de vegetación, lo cual habría condicionado estos resultados.

Tabla 1: Valores porcentuales de la eficacia del muestreo mediante el modelo de Clench.

Transecto	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1	83.765	4.862	70.719	62.483	41.831	77.695
2		0.977	5.494	5.560	9.766	
3			2.554	0.375		
4	74.501	52.852	81.210	86.275	68.757	28.509
5				79.305		
6	2.045			50.211		
7	83.957	73.774	78.430	61.501	77.892	1.389
8	84.772	70.227	69.869	78.158	6.829	2.709
9	1.311	2.844	0.769	3.881		5.302
10						
11						
12	52.482		56.347	1.804	73.665	36.274
13	2.569		6.841	3.760	3.277	0.631
14	8.655					
15	78.478	52.889	39.660	66.433	75.190	77.923
16						
17			77.663	54.901		

Nota: Se marcaron los transectos con registros mayores al 70% del total de especies esperadas. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, como apuntan Keating y Quinn (1998), la efectividad de este modelo declina conforme mayor es la proporción de especies raras. Y en el caso de este estudio, ocho de las 26 especies registradas en el análisis cuantitativo (30.8 por ciento) tuvieron mínimos valores de cobertura, siendo otro factor que redujo los porcentajes de efectividad bajo el modelo de Clench. Lo mismo se deduce al constatar que solo en 57 de los 102 transectos se pudo realizar este análisis, por ausencia de especies en los demás. No obstante estos condicionantes, estos resultados preliminares requieren un seguimiento y comparación con mayores esfuerzos y diferentes métodos de muestreo, y en varias lomas, a fin de determinar un método estándar y comparable.

5.1.3 ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD ALFA

5.1.3.1 ÍNDICE DE SHANNON-WIENER

En la Tabla 2 se observa que los valores del índice variaron entre cero y 2.74 bits/ind, reportándose ocho transectos con datos cero, es decir, con ninguna o una especie. En contraste, el máximo valor correspondió al transecto cuatro en la cuarta evaluación. Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis (Anexo 5), indican que no se presentaron diferencias significativas entre las seis evaluaciones, pero sí entre los transectos (Anexo 6), con un grupo de los transectos 4, 7, 9 y 15, correspondientes a quebradas de alturas media y alta (4, 7 y 15) y a un transecto de ladera en zona alta.

Tabla 2: Valores del índice de Shannon-Wiener para todo el estudio.

Transecto	Evaluación					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1	0.00	0.00	1.72	2.39	1.37	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	1.00	2.44	0.00	0.00
4	0.59	1.60	1.65	2.74	1.83	2.02
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	1.83	2.24	1.68	2.47	1.59	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
9	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.81	0.00	0.00	0.00	0.86	1.92
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	1.19	0.00	1.37	2.34	0.59	0.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Dichas diferencias se confirmaron en el análisis ANOSIM (Tabla 3), en el cual la máxima diferencia significativa (p -valor = 0.0007) se presentó entre un grupo formado por los transectos 1, 4, 7, 9, 12 y 15 y otro por los demás. Así mismo, el análisis por estratos permitió detectar que los dos primeros bastaban para describir la diversidad local, pues al acumular la mayor cantidad de datos, concentraban así mismo las tendencias parciales.

Tabla 3. Resultados de la prueba ANOSIM para el índice Shannon-Wiener.

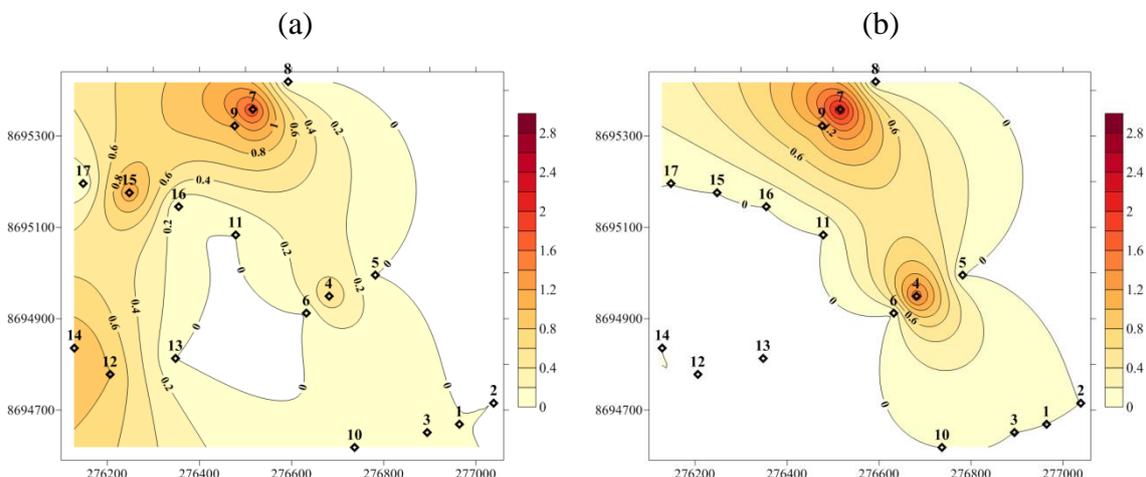
Estrato	Primer grupo	Segundo grupo	ANOSIM	p valor
Total	1, 4, 7, 9, 12 y 15	2, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 16 y 17	0.0007	0.0007
Primer	1, 3, 4, 7, 9, 12, y 15	2, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 16 y 17	0.0001	0.0001
Segundo	1, 4, 7 y 12	2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16 y 17	0.0005	0.0001
Tercer	Solo hay datos para el transecto 7			
Cuarto	No hay datos			

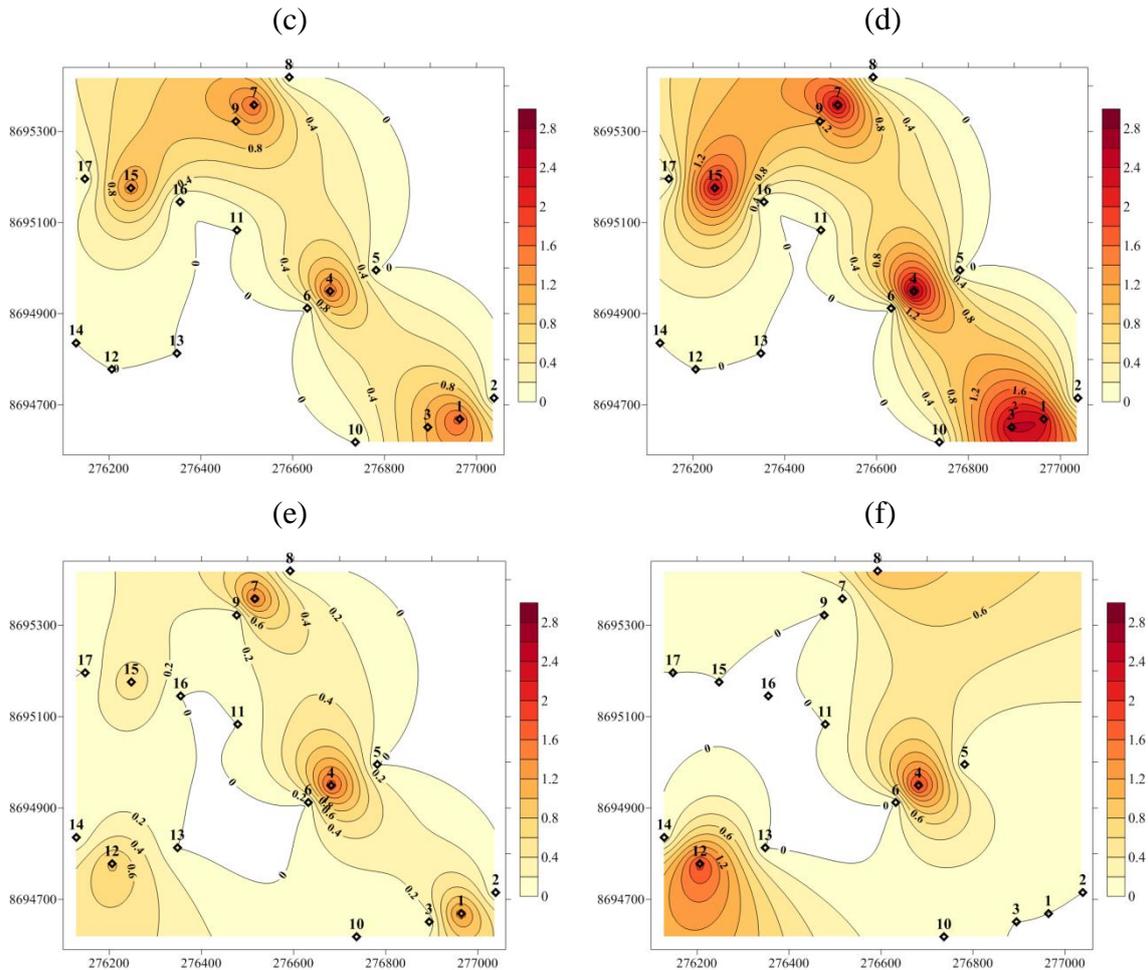
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6, se presenta la variación temporal del índice de Shannon-Wiener a lo largo del área de estudio. En general, son las quebradas las que exhiben los valores más altos del índice, con variaciones según el sector y la evaluación. Se puede observar que en la primera evaluación (marzo), a diferencia de la segunda, hay núcleos de diversidad en las quebradas de ambos sectores evaluados, aunque con menores valores para el sector este, lo que podría relacionarse con las últimas manifestaciones de la época húmeda del año 2012.

Durante la época húmeda (julio y septiembre) resaltó la ausencia de núcleos de diversidad en la quebrada baja del sector oeste, pudiendo deberse al efecto negativo del relleno sanitario cercano sobre las herbáceas, aunque aparentemente no tanto para las subarbusculares y herbáceas perennes registradas en la época seca (sexta evaluación). En contraste, el sector este, tuvo valores similares en los tres estratos en la época húmeda, posiblemente vinculado a mejores condiciones ambientales y físicas, no obstante la presencia de residuos sólidos en varios puntos de la quebrada.

Figura 6: Mapas de isolíneas del índice de Shannon-Wiener para marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014.





Estos resultados coinciden con los de Vásquez (2008), quien registró mayor diversidad alfa en las quebradas de las lomas de Villa María del Triunfo, ubicadas en altitudes similares al de este estudio, aunque registradas con otros métodos (parcela y banda). Además contrastan con los hallados por Teixeira (2000) en las lomas de Lachay durante el ENSO 1997/98, quien no halló patrones claros en 1997 y 1998, sino variaciones espaciales y temporales en los puntos y meses de mayor diversidad, los cuales se detectaron recién hacia 1999 y 2000, cuando parece cesar la influencia del ENSO (Tovar 2003).

5.1.3.2 ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON

Como se aprecia en la Tabla 4, los valores del índice de Simpson variaron desde cero hasta 0.86, valor hallado en la cuarta evaluación del séptimo transecto. Esto se diferencia del mayor valor para el índice de Shannon-Wiener, lo que indica que en la cuarta evaluación (pico de la época húmeda) hubo mayor equidad en el séptimo transecto, aun cuando el cuarto tuvo mayor cobertura y riqueza de especies.

Tabla 4: Valores del índice de Simpson para todo el estudio.

Transecto	Evaluación					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1	0.00	0.00	0.60	0.74	0.56	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.50	0.80	0.00	0.00
4	0.24	0.61	0.64	0.85	0.69	0.63
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.69	0.58	0.65	0.86	0.54	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
9	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.38	0.00	0.00	0.00	0.48	0.72
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.49	0.00	0.56	0.77	0.24	0.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Además, se analizaron diferencias aplicando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, dado que no se cumplieron los requisitos de normalidad. No se detectaron diferencias temporales significativas (Anexo 7); pero sí espaciales (Anexo 8) para las medias del índice en los transectos 1, 4, 7, 9, 12 y 15, lo cual fue confirmado por el análisis multivariado ANOSIM (Tabla 5), comparando un grupo compuesto por estos transectos y un segundo con el resto. El análisis por estratos verticales indica que en el primer estrato se observan casi todas las diferencias significativas que se detectan en el análisis completo. Se determinó similitudes significativas entre el mismo grupo de transectos. El segundo estrato solo muestra diferencias significativas para los transectos de quebrada 1, 4, 7 y 12. No se encontraron similitudes significativas en los estratos tercero y cuarto por falta de datos.

La similitud hallada en el análisis principal fue entre las medias más altas del índice (de 0.26 a 0.61) que corresponden a transectos ubicados en la quebrada, como es el caso de 1, 4, 7, 12 y 15, lo que indica que, junto con altos valores de diversidad, fueron la zona con la distribución más equitativa. Solo el transecto 9 se ubica en ladera, en una zona de pendiente moderada y relieve constante sin empedrados. En los demás transectos la dominancia fue marcada, llegando en algunos casos a evaluarse solo una especie (con un valor de cero para el índice). Además, claramente se puede observar (Anexo 9) que el comportamiento de este índice fue muy similar al del índice de Shannon-Wiener, lo que

indicaría un particular caso en el cual hay una relación directa entre ambas variables como consecuencia del bajo nivel de cobertura de las especies y la reducida presencia de especies en las laderas y cumbres.

Tabla 5: Resultados de prueba ANOSIM para el índice de Simpson.

Estrato	Primer grupo	Segundo grupo	ANOSIM	p valor
Total	1, 4, 7, 9, 12 y 15	2, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 16 y 17	0.0011	0.0003
0 – 20 cm	1, 4, 7, 9, 12 y 15	2, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 16 y 17	0.0003	0.0005
20 – 50 cm	1, 4, 7 y 12	2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16 y 17	0.0011	0.0007
50 – 100 cm	Solo hay datos para el transecto 7			
100 – 150 cm	No hay datos			

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD BETA

5.1.4.1 ÍNDICE DE WHITTAKER

En los Anexos 10, 11, 12, 13, 14 y 15 se observan los resultados en cada evaluación, cuya obtención requirió eliminar los transectos sin datos, pues interferían en los cálculos. Se observa que en marzo, los pares de transectos con mayor intercambio fueron 1-4 y 7-9, involucrando una especie en la primera, *Alternanthera halimifolia*, y dos especies en la segunda, *Ophryosporus floribundus* y *Trixis cacalioides*. Las tres fueron de amplia distribución espacial y temporal. Hacia mayo, el transecto 9 tuvo el mayor intercambio, aunque solo compartía *T. cacalioides* con los transectos 1 y 2; y *Haageocereus limensis* con los transectos 7 y 8. Fue el mes con la menor riqueza e intercambios de especies.

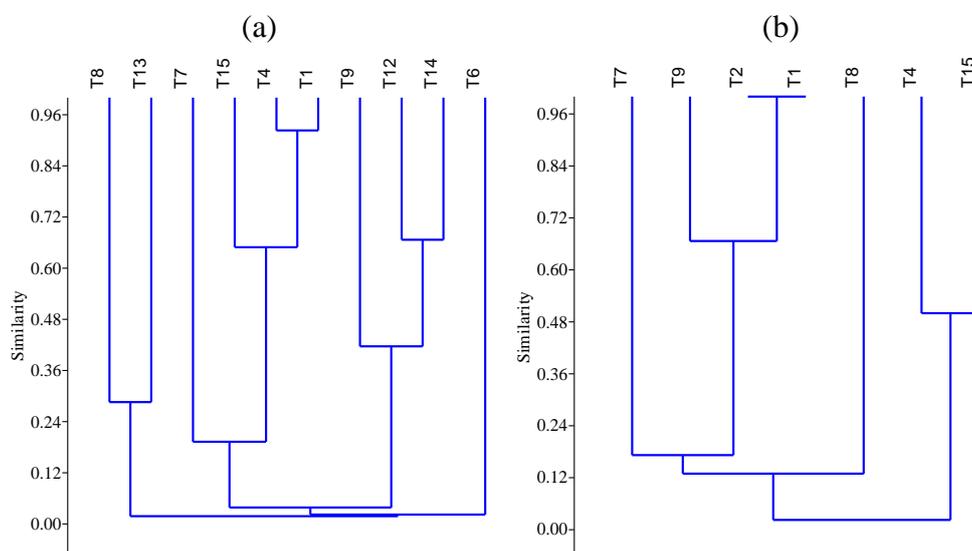
En el mes de julio se presentó cinco veces el valor de 0.3 para diferentes combinaciones sin un patrón claro (como entre los transectos 3 y 17, 2 y 3 o 7 y 9) que incluían especies de época seca y húmeda, como *Fuertesimalva peruviana*, *Rostraria trachyantha* y *Parietaria debilis*. Ello se consolidó en la cuarta evaluación (septiembre), cuando la mayoría de especies de época húmeda estuvieron presentes en la parte baja del sector este, entre los transectos 1, 2, 3 y 4. Resulta interesante remarcar que dichas especies no se desarrollaran en la parte baja del sector oeste pero sí en la parte media, con presencia de *C. mathewsii*, *F. peruviana*, *Loasa nítida* y *Sonchus oleraceus*, pudiendo deberse al impacto del relleno sanitario, cercano a la parte baja del sector oeste (Perú Consult 2008).

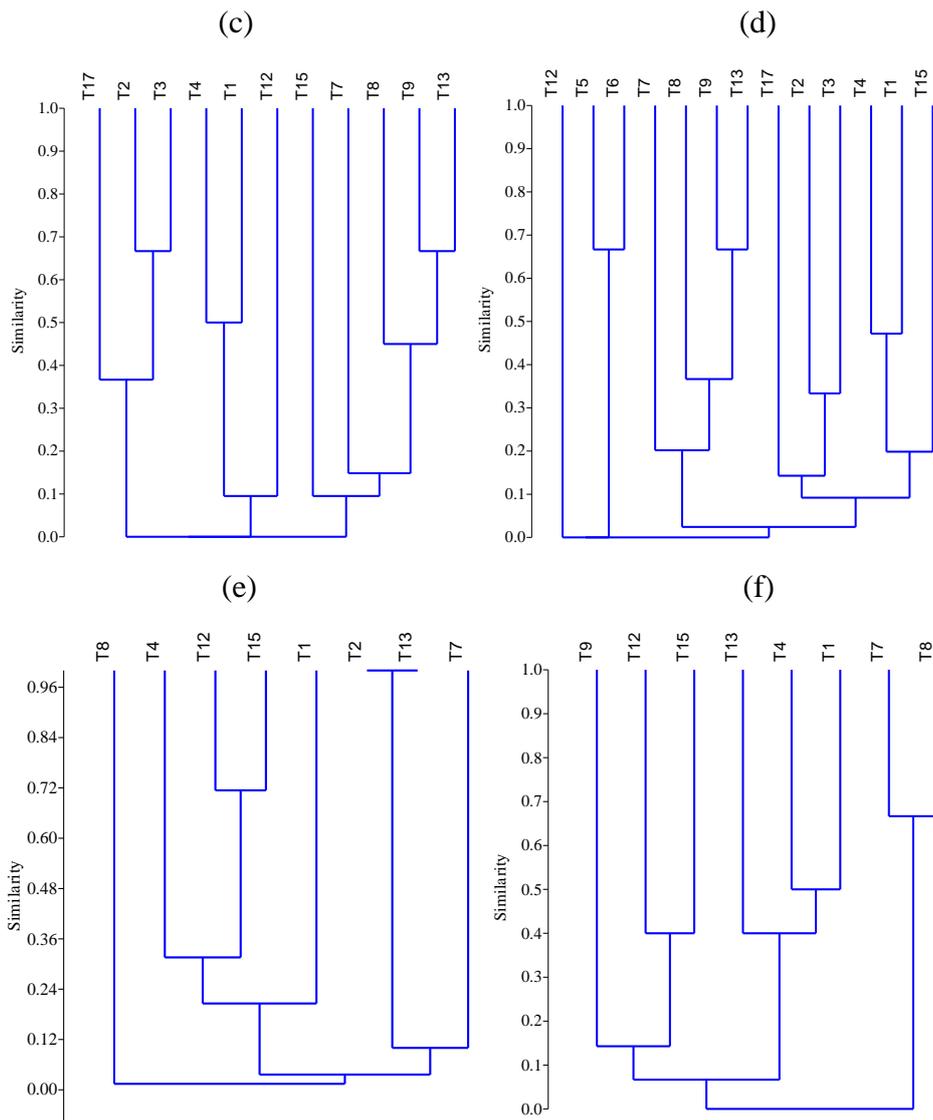
Hacia noviembre los niveles de intercambio bajaron, con un valor de 0.2 para los transectos 1 y 12, que compartieron a *Alternanthera halimifolia* y *Chenopodium petiolare*, manteniéndose esta última hasta enero en la parte baja del sector este. En general, los bajos niveles de riqueza han influido para que, aun cuando el recambio de especies era mínimo, el índice de Whittaker indicase altos niveles de intercambio, por lo que la revisión de la composición de especies es fundamental a fin de no sobrestimar el intercambio.

5.1.4.2 ANÁLISIS CLUSTER

Los resultados para los transectos con datos y usando los índices de Bray Curtis y Raup-Crick son mostrados en las Figuras 7 y 8, respectivamente. En marzo, la similitud en abundancia es media para los transectos 12 y 14, que comparten a *Solanum peruvianum* y a *Trixis cacalioides*, por lo que su similitud en composición es alta; caso contrario entre los transectos 1 y 4, con similitud alta en abundancia (aprox. 90 por ciento) y media en composición, al compartir la presencia y la cobertura de *Alternanthera halimifolia*, que representó el 100 y el 84 por ciento de la cobertura en dichos transectos, respectivamente. En la segunda evaluación, los dos gráficos son muy similares en forma, teniendo a los transectos 1 y 2 casi idénticos por tener una sola especie, *T. cacalioides*, con el mínimo de cobertura. A este grupo se le une el transecto 9 con una similitud de aprox. el 67 por ciento, por compartir a *T. cacalioides*. El resto de grupos guardan poca similitud. Como se observa, es el punto más bajo de cobertura, reflejado en pocos transectos con alta similitud debido a la mínima composición de especies, y a la poca cobertura de estas.

Figura 7: Análisis Cluster para transectos en marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014 mediante el índice de Bray Curtis.

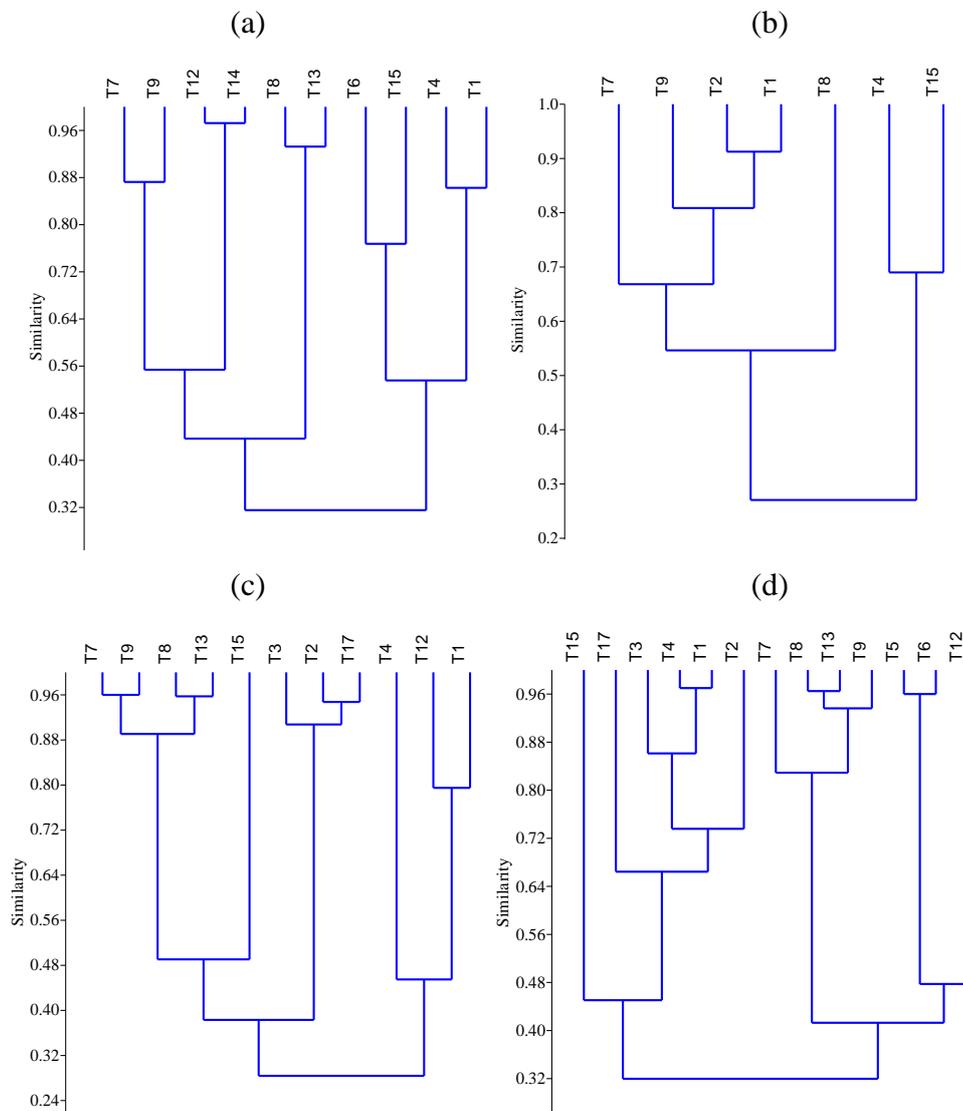


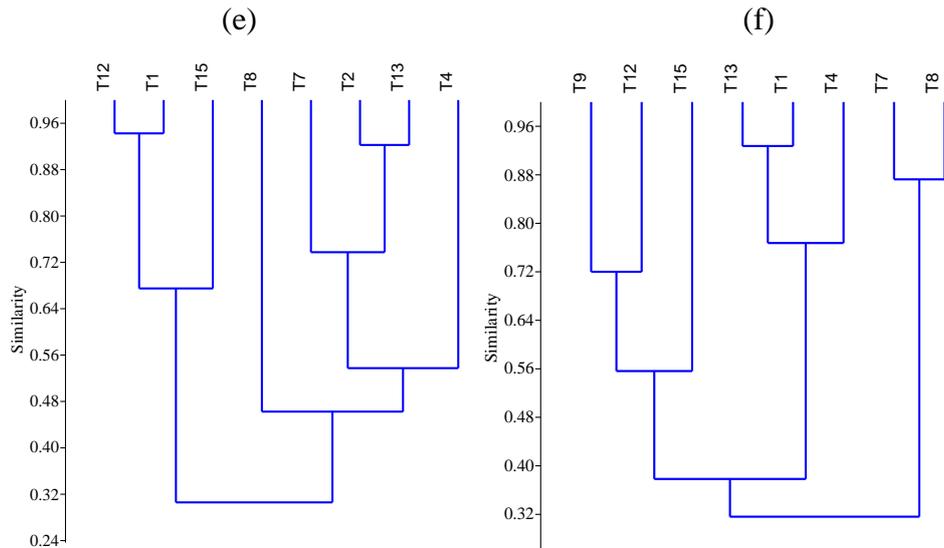


Al inicio de la época húmeda (julio), hay varios vínculos fuertes en composición y algunos en abundancia como en los transectos contiguos (2 y 3), de quebrada cercanos (1 y 4) y en áreas muy lejanas (9 y 13), debido a que comparten especies de ambas épocas, como *Rostraria trachyantha* en laderas bajas, *Fuertesimalva peruviana* que aparece con coberturas de 22 y 16 por ciento en las quebrada baja y media y *Haageocereus limensis*, presente en zonas de ladera empinada en pequeños grupos, a diferencia de lo observado en las quebradas altas, donde la evaluación cualitativa permitió registrarlas en grandes asociaciones de 10 a 20 individuos, con alturas de más de 1.5 metros. El transecto 15 se presenta aislado en ambos gráficos, debido a que solo aquí se registró a *L. nítida* y *Sicyos baderoa* en la quebrada rocosa y con abundancia de restos orgánicos. En general, a pesar del registro de diversas especies de época húmeda, para dicha evaluación aún se limitaron a ciertos transectos, principalmente de quebrada.

Hacia el pico de la época húmeda (septiembre), el crecimiento desigual de la cobertura y la aparición de numerosas especies (20 de las 26 especies en el registro cuantitativo) ocasionaron la formación de numerosos grupos con similaridad de abundancia baja y media (de 5 a 50 por ciento) y alta y media en el caso de la composición. Fuerte similaridad se presentó solo en transectos con muy pocas especies compartidas, como en el caso de los transectos 5 y 6 que solo compartían a *Anthericum eccremorrhizum*, con muy baja cobertura, así como en el caso de los transectos de quebrada baja y media del sector oeste (1 y 4), que compartieron siete especies, tres únicas de la época húmeda, aunque con diferencias en la cobertura, registrándose mayores valores en la altitud media.

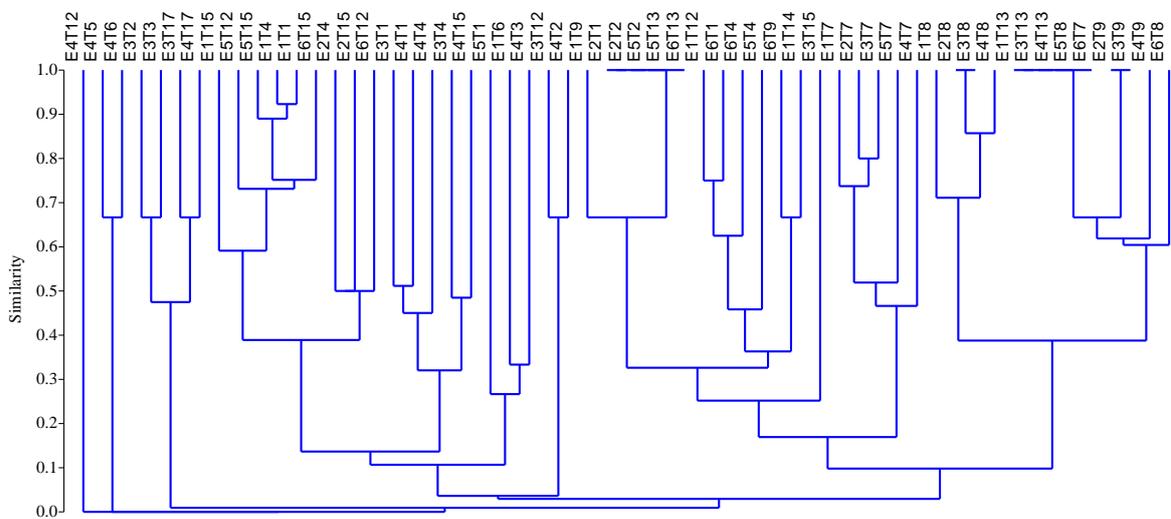
Figura 8: Análisis *Cluster* para transectos en marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014 mediante el índice de Raup Crick.





En las evaluaciones correspondientes a la época seca (noviembre y enero), el número de agrupaciones consistentes volvió a ser bajo para ambos índices, débiles relaciones se establecieron entre transectos de quebrada en noviembre por la persistencia de *Chenopodium petiolare* y la constancia de *Alternanthera halimifolia*; y en enero por la aparición de *Solanum peruvianum*. La presencia de esta última especie en enero de 2014 y marzo de 2013, con hojas arrugadas y ubicada contigua a piedras y en grietas, permite especular que sea una especie adaptada a la época seca, aprovechando la mínima competencia. Finalmente, se elaboró un dendrograma para todos los transectos (Figura 9), excluyendo aquellos sin datos. Se puede observar una tendencia, que los transectos de quebrada (T1, T4, T7, T12 y T15) fueron singulares en su mayoría en la época húmeda

Figura 9: Análisis *Cluster* para todos los transectos y evaluaciones mediante el índice de Bray Curtis. (E = evaluación; T = transecto).

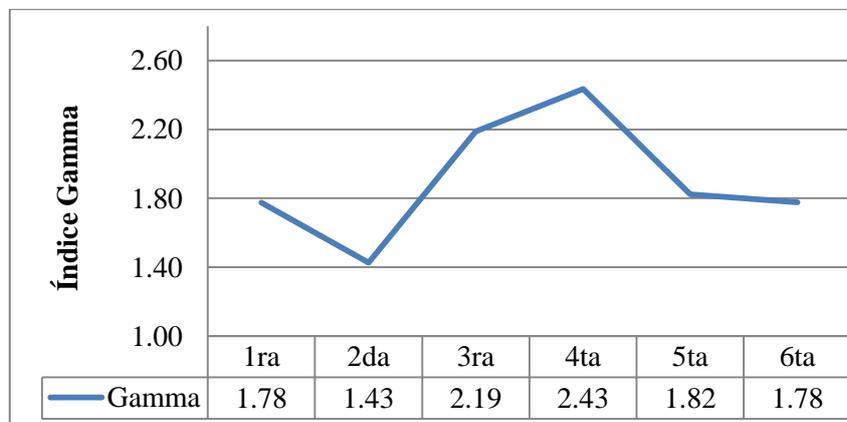


(E3 y E4), mostrando una similitud baja en general, con algunas excepciones referidas al mismo transecto en estas dos evaluaciones o a transectos cercanos. Esto indica que, ante mayores valores de riqueza y cobertura, los niveles de similitud disminuyeron en comparación con transectos contiguos o de ladera, los cuales tendieron a compartir más de las pocas especies registradas. Esto permite conjeturar además, que las quebradas resultarían de vital importancia en esta zona, pues sus condiciones físico ambientales dan sustento a la mayoría de especies. Otro apoyo a esta hipótesis es que de las diez especies que solo aparecieron en la época húmeda, siete solo aparecieron en las quebradas, otras dos concentraron más del 90 por ciento de su cobertura en ellas, y solo una, *Anthericum eccremorrhizum*, apareció solo en zona de ladera, en la parte baja del sector oeste.

5.1.5 ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD GAMMA

El análisis se basó en aquellos transectos con al menos una especie, para que permitiese el cálculo del índice de Shannon-Wiener. Los resultados indican que el valor de la diversidad gamma varió entre 1.43 y 2.43 (Figura 10), con una media de 1.9. La variación temporal coincide con los patrones vistos en los análisis alfa y beta, es decir, inicia con un valor de 1.78 para marzo y desciende hacia mayo (1.43), punto de mayor incidencia de la época seca. Posteriormente, aumenta hacia julio (2.19), cuando se registra el ingreso de nieblas y el desarrollo de vegetación herbácea, llegando a su pico en septiembre (2.43). Hacia noviembre y enero, cuando la época húmeda termina y la vegetación se reduce a pequeños parches de subarbustos y herbáceas perennes, la diversidad gamma desciende, cuando la época seca ya se encuentra en plena influencia.

Figura 10: Variación de la diversidad gamma durante el estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que el componente de la diversidad beta es la que, en todos los casos, aporta un mayor porcentaje al índice gamma (Tabla 6), lo que indica alta equidad entre las especies de cada evaluación (sin tomar en consideración el transecto de proveniencia), observándose una sima en la segunda evaluación, cuando la equidad fue menor debido a la dominancia de ciertas especies entre una composición mínima. En las demás evaluaciones sí se presentaron mayores agrupaciones, dándose los mayores valores en las evaluaciones de salida (primera) y entrada (sexta) a la época seca, debido a que en la húmeda, las diferencias de composición y cobertura por la aparición de especies anuales, varias de ellas raras, generaron agrupaciones de media intensidad.

Tabla 6: Porcentajes de los componentes alfa y beta en la diversidad gamma.

Evaluación	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total
H' Gamma	1.78	1.43	2.19	2.43	1.82	1.78	1.90
Componente Alfa (%)	25.1	33.6	24.2	29.3	29.7	24.1	27.4
Componente Beta (%)	74.9	66.4	75.8	70.7	70.3	75.9	72.6

Fuente: Elaboración propia.

En general, la diversidad gamma permite una clara observación resumida de las tendencias observadas con más detalle en las diversidades alfa y beta. A comparación de estos resultados, los hallados por Tovar (2003) en su estudio de las lomas de Lachay durante los años 1998, 1999 y 2000 a fin de determinar el impacto del ENSO 1997/98, difieren debido a que también en los meses normalmente secos de los años 1998 y 1999 se registraron altos valores de la diversidad gamma, incluso igualándose a los hallados entre julio y septiembre, dejando constancia de la gran influencia de las lloviznas y nieblas en el desarrollo de vegetación de lomas, ya anotada por diversos autores (Ferreira 1993, Torres 1981, Cano et al. 1999). En este estudio, la influencia del ENSO amengua hacia el 2000, cuando el patrón, sin llegar a mostrar el mismo cambio estacional como en este estudio, sí empieza a generar una sima en mayo y un pico entre agosto y noviembre, recuperando parcialmente el comportamiento estacional característico de las lomas.

En resumen, las diversidades alfa, beta y gamma permitieron observar una marcada influencia estacional en la vegetación, siendo los lugares de quebrada los que albergaron la mayor riqueza y cobertura de especies; así como las agrupaciones más fuertes, principalmente durante la época húmeda.

5.2 DEL ANÁLISIS ESPACIAL Y TEMPORAL PARA LAS PRINCIPALES POBLACIONES

A causa del bajo desarrollo de cobertura y la exigencia de las fórmulas estadísticas, el análisis se limitó a las especies con porcentajes de cobertura promedio mayores a 0.4 por ciento. De las ocho especies que cumplieron con este requisito, se excluyó a *Haageocereus limensis*, ya que su variación temporal obedeció principalmente a errores en la aplicación del método más que a una dinámica anual. Así, fueron siete especies las seleccionadas y consideradas “principales”, cinco herbáceas y dos subarborescentes.

5.2.1 LEY DE TAYLOR

Según la Tabla 7, solo en los casos de *Alternanthera halimifolia* (herbácea perenne) y *Trixis cacalioides* (subarborescente) los resultados fueron estadísticamente significativos tanto para el análisis espacial como el temporal. En ambas, los valores de β temporal y espacial fueron menores a dos, reflejando una dinámica de tipo “refugio” (Soberón y Loewinson 1987), según la cual, en los transectos de “buena calidad” (15 y 4 para *A. halimifolia* y 7 para *T. cacalioides*), la población es menos variable, actuando en forma de refugio; y en épocas donde la cobertura es mayor (marzo para ambas), la variabilidad espacial es menor. Estos resultados reflejan la importancia de las quebradas en esta zona, siendo las de altitudes medias y altas especialmente importantes para estas especies. Además, apoyan lo indicado por Torres (1981), sobre la preferencia de especies perennes por la época seca.

Para las otras cinco especies, todos los resultados no son estadísticamente válidos. No obstante, es posible realizar algunas observaciones descriptivas para algunas especies. En el caso de *Parietaria debilis*, el análisis espacial tuvo un alto coeficiente de correlación pero un intervalo de confianza demasiado amplio para el valor de beta de 1.823. Esto indica que hay transectos que a lo largo del estudio tuvieron bajos coeficientes de variabilidad y altos promedios de cobertura. En este caso, dichos transectos fueron el primero y el cuarto, que concentraron el 84.6 por ciento de la cobertura total de la especie, con registros restringidos a la época húmeda, indicando una alta sensibilidad a la disponibilidad de agua. Los demás transectos fueron laderas (2 y 3) y quebrada (12) baja,

indicando también una preferencia por este nivel altitudinal y por las quebradas, que usualmente concentran mayor humedad y desarrollo edáfico.

Tabla 7: Resultados del β espacial y temporal, del intervalo de confianza (I.C.) y del coeficiente de correlación (r) para la Ley de Taylor.

Especies	Análisis temporal			Análisis espacial		
	β_t	I.C.	r	β_s	I.C.	r
<i>Alternanthera halimifolia</i>	1.571	1.975-1.167	0.828	1.265	0.819-1.711	0.916
<i>Cyclanthera mathewsii</i>	1.362	Datos insuficientes		1.237	Datos insuficientes	
<i>Fuertesimalva peruviana</i>	2.322	Datos insuficientes		1.789	Datos insuficientes	
<i>Ophryosporus peruvianus</i>	1.958	-1.13-3.792*	0.387*	1.331	Datos insuficientes	
<i>Parietaria debilis</i>	1.724	Datos insuficientes		1.823	0.805-2.840*	0.716
<i>Solanum peruvianum</i>	1.720	0.448-2.992*	0.409*	1.374	0.945-1.803	0.911
<i>Trixis cacalioides</i>	1.576	1.280-1.873	0.761	1.472	1.013-1.931	0.717

* Los resultados del intervalo de confianza (I.C.) o del coeficiente de correlación (r) no son estadísticamente válidos. Fuente: Elaboración propia.

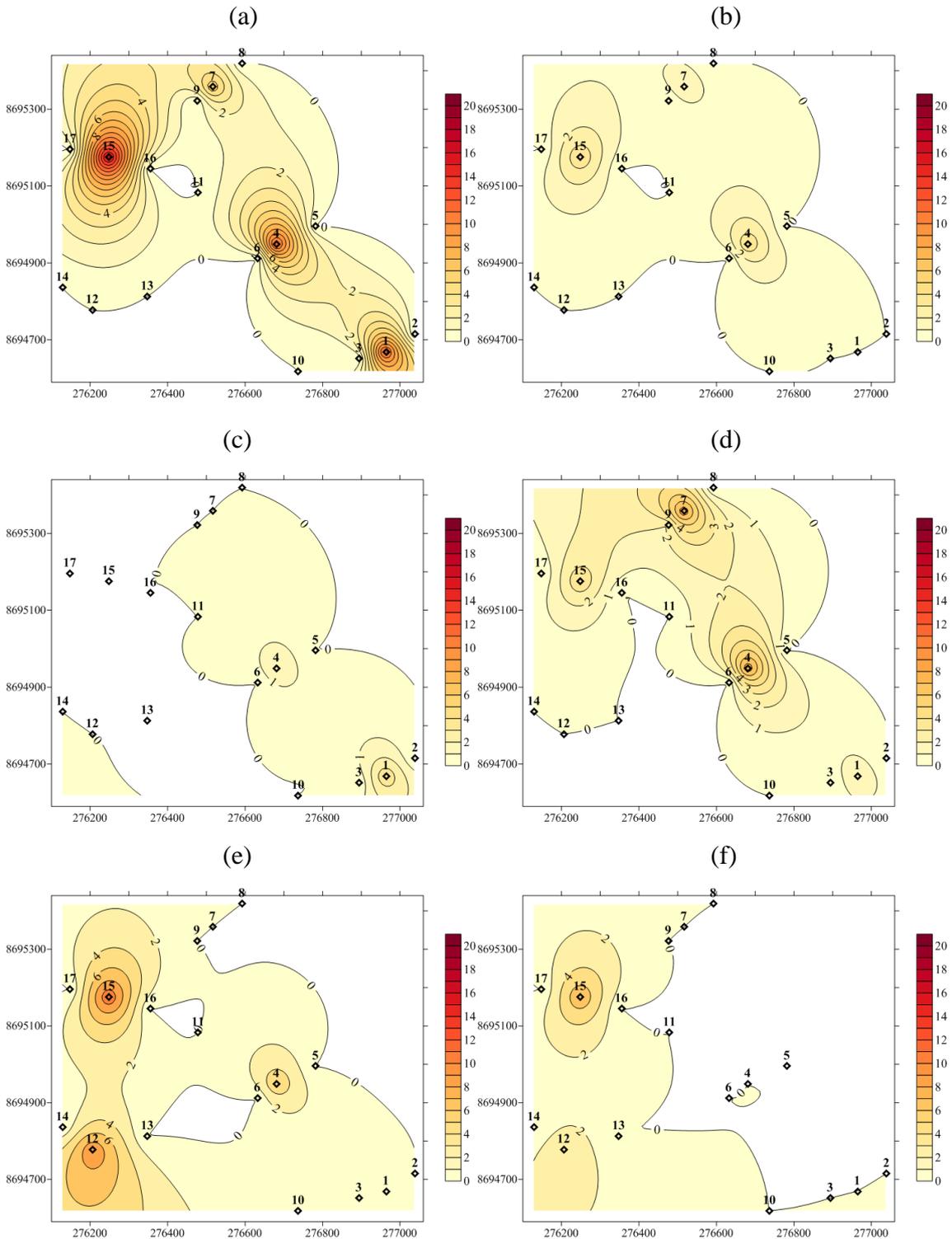
Otro caso a resaltar es el de *Solanum peruvianum*, que no pudo ser categorizado como tipo “refugio” debido al intervalo de confianza para el análisis temporal. De haber sido el caso, el transecto de “buena calidad” hubiera sido el cuarto, donde la población tuvo menor variabilidad, al presentarse en bajas coberturas y en cinco evaluaciones; excepto en marzo, pico de la época seca. Así mismo, fue en la cuarta evaluación cuando se obtuvieron la mayor cobertura y menor variabilidad. En general, se puede observar que las quebradas fueron el refugio para estas especies, variando la época de preferencia en función de la especie y sus adaptaciones. Cabe indicar que los resultados se basaron en un bajo número de grados de libertad (de seis a nueve), lo que podría modificar y mejorar los resultados en caso se aumentase el esfuerzo muestral.

5.2.2 DISTRIBUCIONES POBLACIONALES

Para complementar a un nivel descriptivo los resultados anteriores, se elaboraron mapas de isolíneas con los porcentajes de cobertura de las siete especies evaluadas en esta etapa del análisis. Para el caso de *Alternanthera halimifolia* (Figura 11), se observa que la mayor cobertura se presenta en la época seca, con un pico en la primera evaluación (marzo), lo que responde a la tendencia para las especies de hábito subarbustivo (Torres 1981). Ello se corrobora con el desarrollo de cobertura recién hacia la transición de ambas épocas

(noviembre). Según observaciones en campo, esta especie presentó en la época seca hojas más pequeñas y agrupadas, probablemente como mecanismo para reducir el área foliar y afrontar las condiciones de hiperaridez (González 2012).

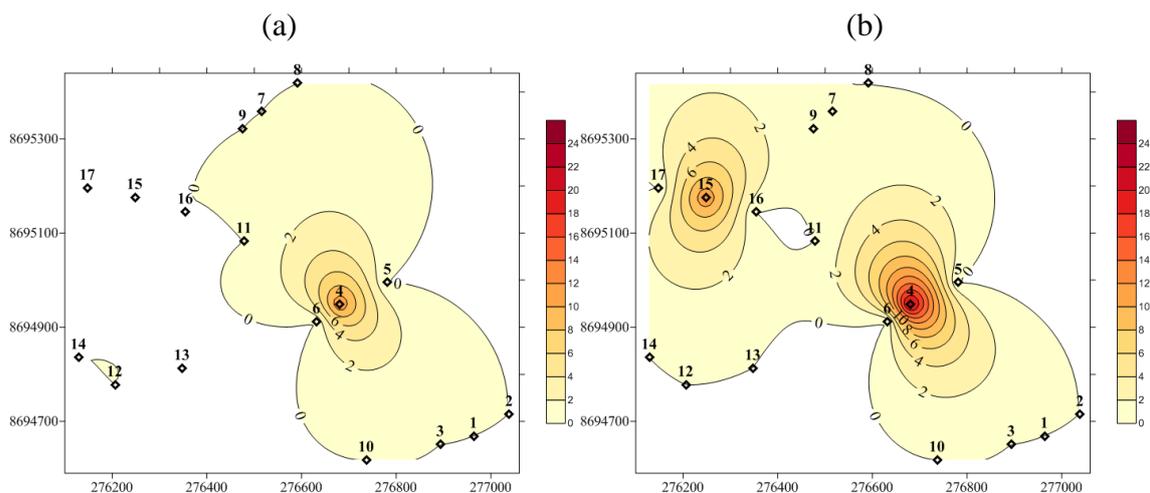
Figura 11: Mapas de isolíneas de la cobertura de *Alternanthera halimifolia* para marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014.



Finalmente, cabe resaltar que el 99 por ciento de la cobertura de *A. halimifolia* se presentó en las quebradas de ambos sectores, reforzando la importancia de esta ubicación en la zona de estudio aun para esta especie subarborescente y conspicua en el área de estudio.

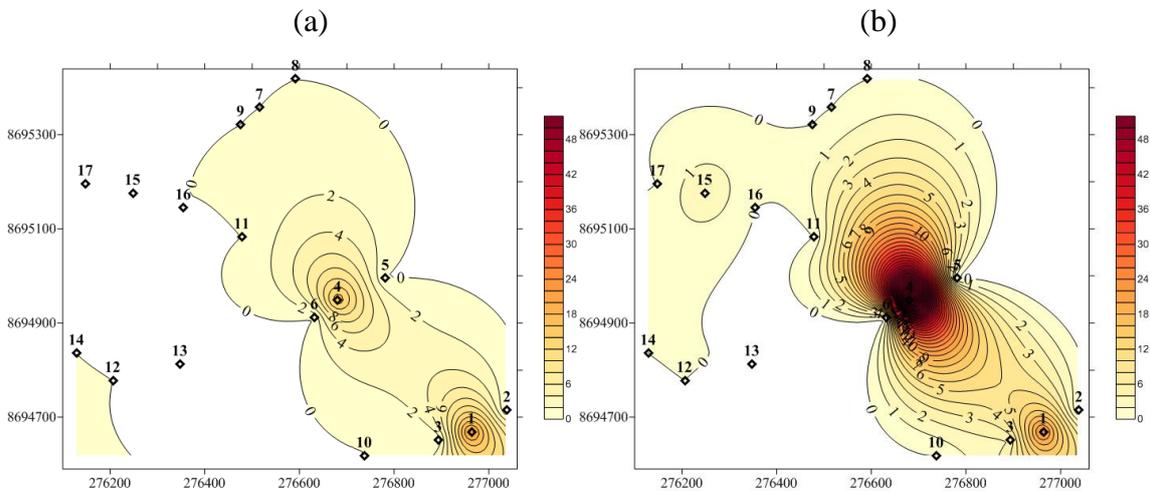
En el caso de *Cyclanthera mathewsii* (Figura 12), toda la cobertura se desarrolló en la época húmeda (julio y septiembre) y en las quebradas intermedias (transectos 4 y 15). Su presencia se reportó en zonas con gran presencia de rocas y envolviendo a tallos secos de *Nicotiana paniculata* y *Acmella alba*, observados a lo largo de ambas quebradas y cubriendo gran parte del lecho rocoso, indicando dependencia en restos orgánicos, ya sea por la disponibilidad de nutrientes, la concentración de humedad u otra razón. En el análisis cualitativo no fue reportado en otras ubicaciones.

Figura 12: Mapas de isolíneas de la cobertura de *Cyclanthera mathewsii* para julio (a) y septiembre (b).



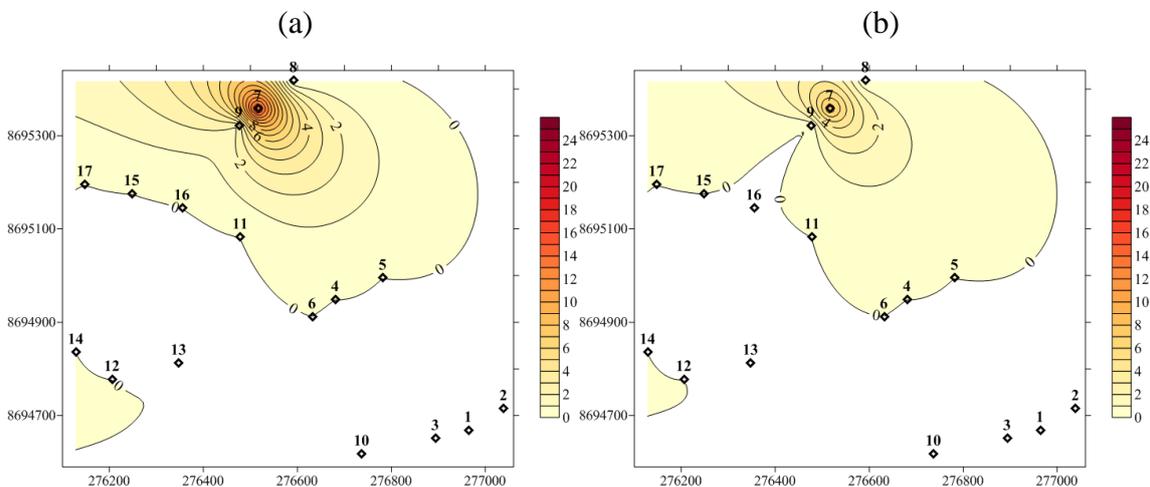
Fuertesimalva peruviana (Figura 13) desarrolló mayor cobertura que *C. mathewsii*, con hojas de buen porte y numerosos botones florales que fueron observados abiertos y secos en la quinta evaluación, indicando una previa liberación de semillas. A pesar de ser cuantificado principalmente en las quebradas, también se desarrolló en las laderas bajas y medias del primer sector (Anexo 2) y en las dos quebradas del segundo, permitiendo proponer como hipótesis que puede llegar a tener gran cobertura y dominancia si las condiciones de humedad y temperatura se lo permitiesen en las siguientes temporadas, tal como ha sido indicado por Trinidad et al. (2012) y Llellish et al. (2015) para las lomas de Lima.

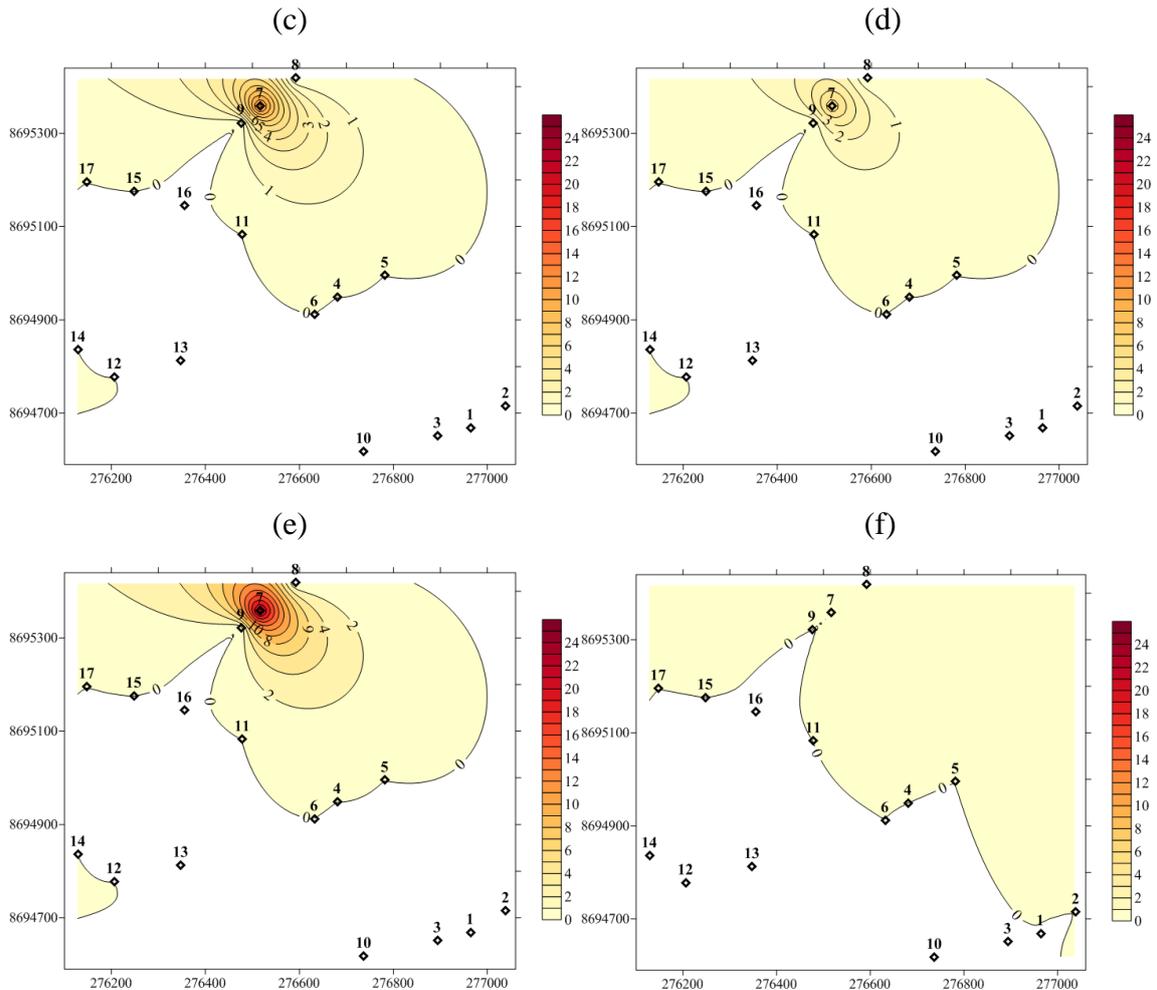
Figura 13: Mapas de isolíneas de la cobertura de *Fuertesimalva peruviana* para julio (a) y septiembre (b).



Para *Ophryosporus floribundus* (Figura 14), es importante notar que solo fue registrada para el análisis cuantitativo en la parte alta del sector este; sin embargo, fue observada (Anexo 2) también en las quebradas media y baja del mismo sector. A pesar de ser una especie común en diferentes zonas del ecosistema de lomas (Teixeira 2000), solo se restringió a un sector, aunque con presencia en las seis evaluaciones. Botones florales fueron observados durante la época húmeda; mientras que flores secas lo fueron hacia el inicio de la época seca (marzo y noviembre). Por otro lado, siguiendo la tendencia de la comunidad vegetal evaluada, casi toda su cobertura se desarrolló en la quebrada (transecto 7), con individuos de gran porte, varios con alturas de hasta un metro (tercer estrato

Figura 14: Mapas de isolíneas de la cobertura de *Ophryosporus floribundus* para marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014.

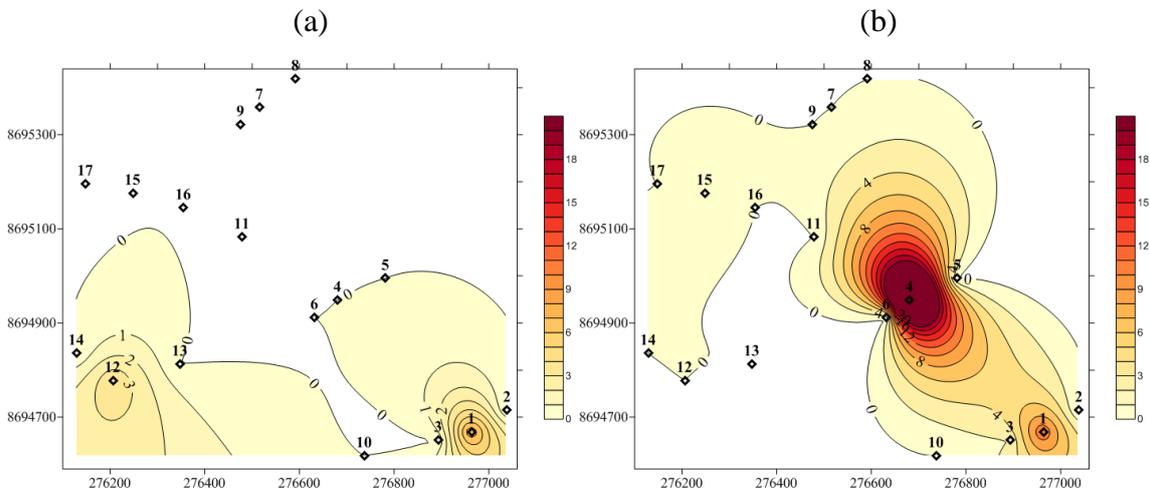




vertical) y algunos llegando a medir un metro y medio (cuarto estrato). Parecido a la dinámica de *A. halimifolia*, el mayor porcentaje de cobertura se presentó en la época seca, con picos en la quinta (noviembre) y primera evaluación (marzo), lo que probablemente indique una preferencia de crecimiento vegetativo en esta época, evitando la competencia por recursos con las herbáceas anuales en la temporada húmeda.

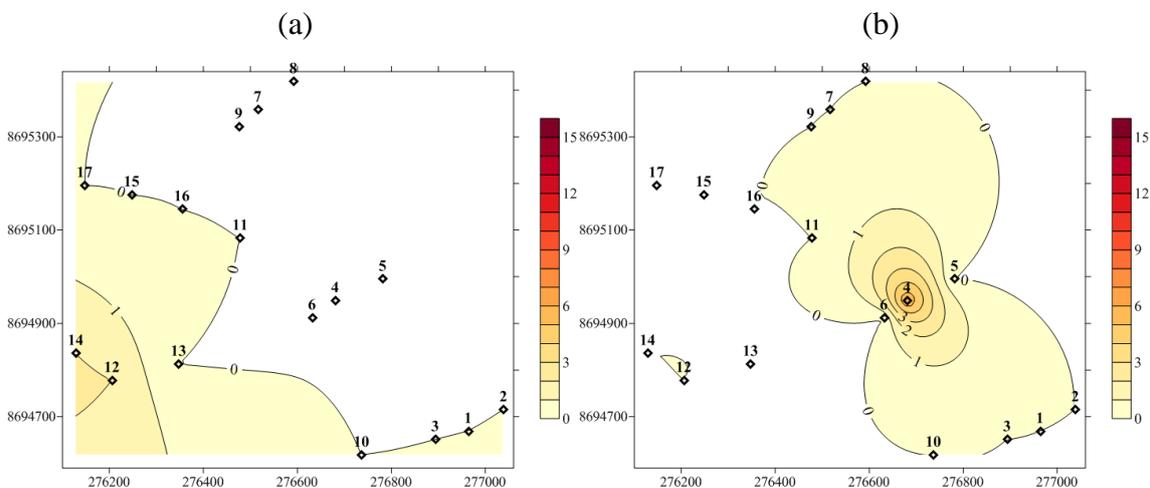
En el caso de *Parietaria debilis* (hierba anual), esta fue registrada solo en la época húmeda y en las zonas baja y media (Figura 15), tanto en quebradas como en laderas en ambos sectores, con un porte bajo (99 por ciento de cobertura en el primer estrato) en pequeños parches con numerosos individuos muy agrupados. Fue observado además en las laderas de la zona media del sector este en septiembre (Anexo 2), en campo abierto sin asociación a rocas o al manto de tallos secos característico de la quebrada, lo que probablemente indique una capacidad de crecimiento aun en zonas expuestas y de pendiente, cerrando su ciclo de vida en corto tiempo, marcado por crecimientos de cobertura abruptos.

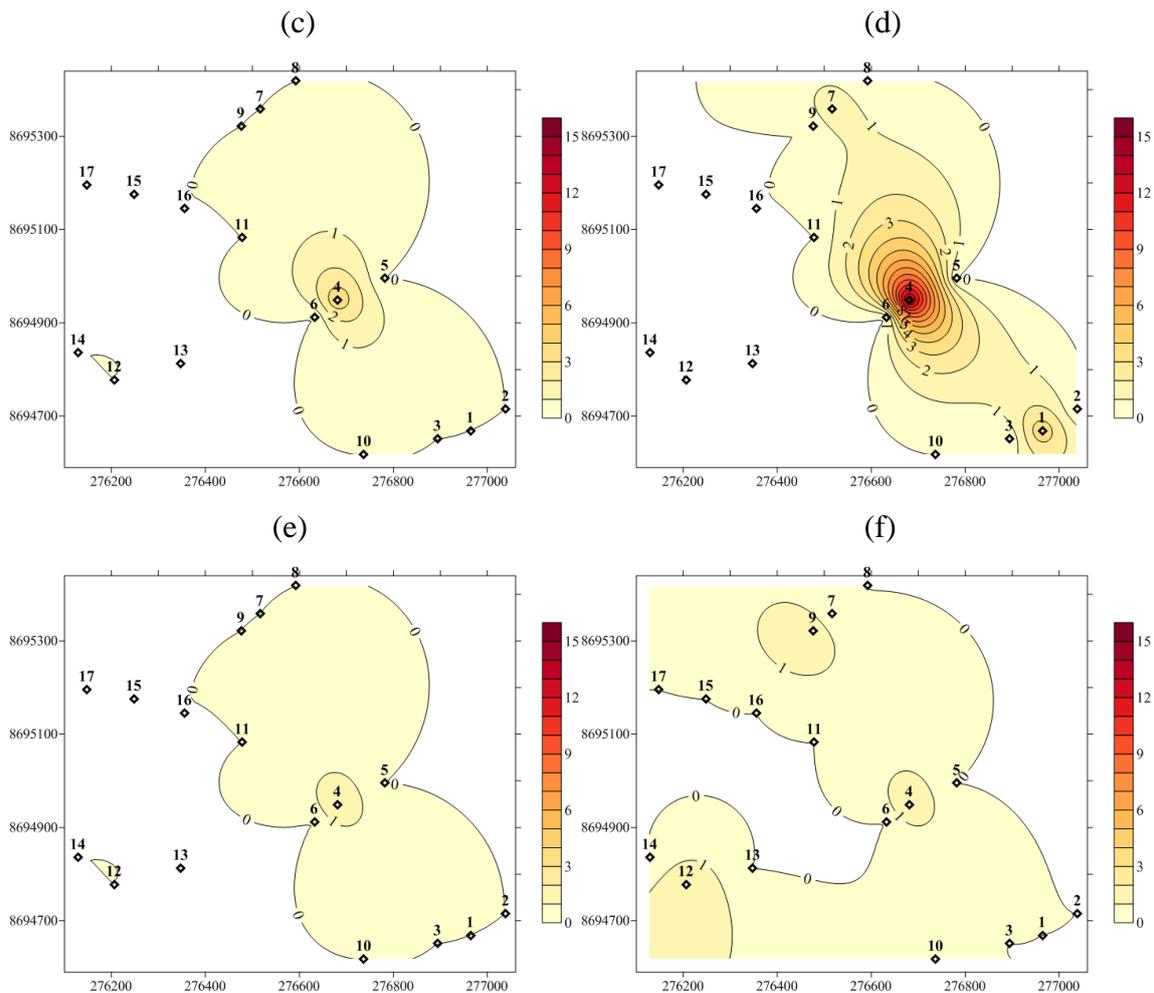
Figura 15: Mapas de isolíneas de la cobertura de *Parietaria debilis* para julio (a) y septiembre (b).



El caso de *Solanum peruvianum* (Figura 16) es particular pues se presenta en todas las evaluaciones, pero con un pico de cobertura para el momento de mayor incidencia de la época húmeda, lo que marca una diferencia con *A. halimifolia* y *O. floribundus*. Se registró tanto en quebradas como en laderas y cumbres (Anexo 2), y con floración a lo largo de todo el año, coincidiendo con lo observado por Weberbauer (1945) en las lomas de Mollendo, quien registró flores en febrero en una especie afín. Cabe indicar, que se observaron sus hojas abiertas en la época húmeda, y arrugadas en la época seca (Anexo 51), pudiendo deberse a alguna adaptación a la alta incidencia de rayos solares.

Figura 16: Mapas de isolíneas de la cobertura de *Solanum peruvianum* para marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014.



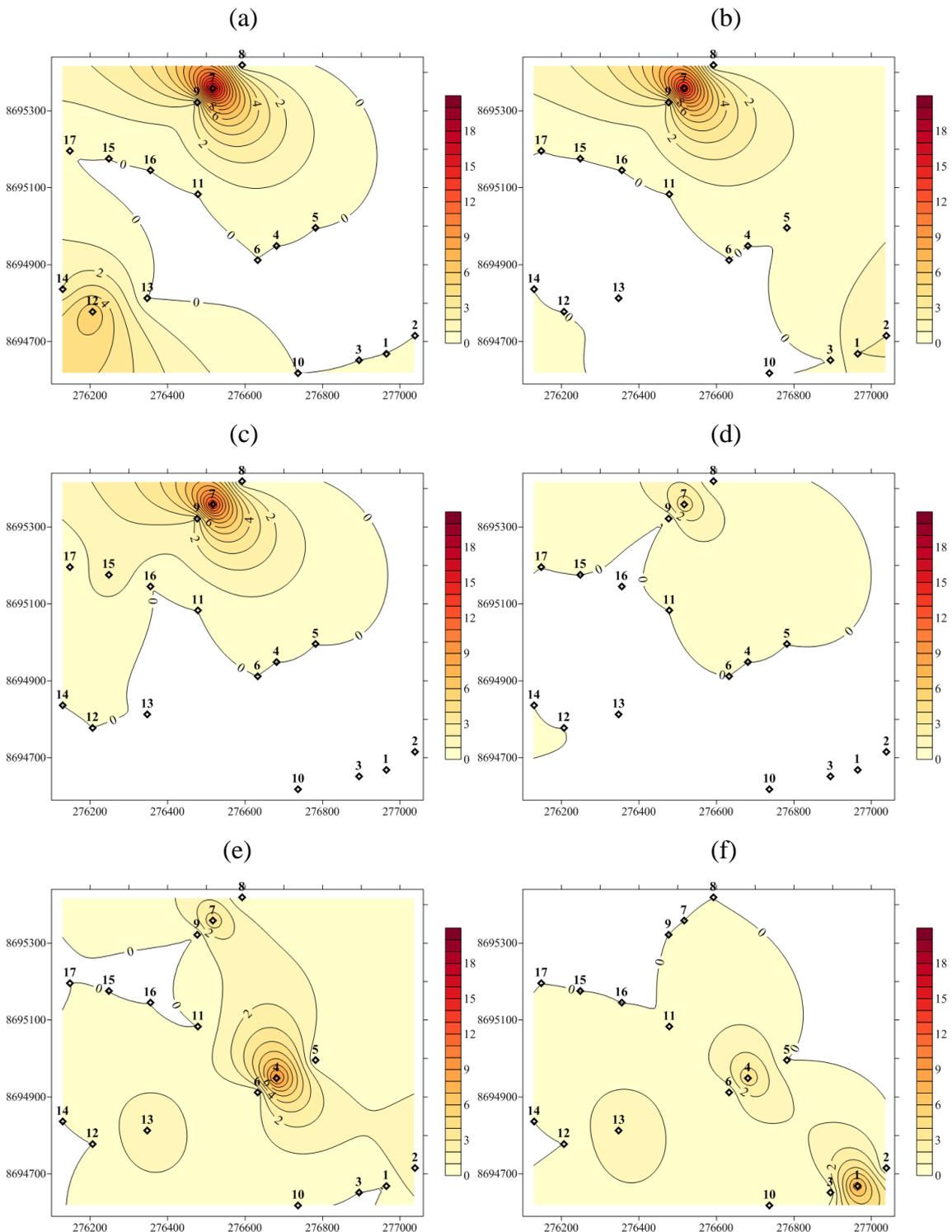


Además, los individuos no desarrollaron un gran follaje, permaneciendo de forma constante debajo de los 50 cm de altura y en agrupaciones pequeñas, con un poco de mayor porte en las altitudes media y baja, tanto en zonas pedregosas como en planicies.

Trixis cacalioides (Figura 17), subarbusto de buen porte, con individuos que llegaron a alcanzar el metro y medio de altura (cuarto estrato vertical), presenta una dinámica temporal de cobertura muy parecido al de *O. floribundus*, con el valor más bajo en septiembre y con el pico en marzo, mes en el cual se pudo observar su floración más intensa, la cual se extendió hasta el inicio de la época húmeda (tercera evaluación). El estrato donde desarrolló mayor cobertura fue el séptimo, y aunque no fue registrada en el análisis cuantitativo en la sexta evaluación, sí lo fue en el cualitativo, debido quizás a un error durante el muestreo. Cabe indicar, que tuvo el más alto grado de incidencia a nivel de los estratos, siendo evaluada en 14 de los 17; así mismo, fue registrada en las seis evaluaciones. En el análisis cualitativo fue registrada en todo tipo de pendientes y en

asociación con otras especies, posiblemente actuando como especie nodriza. También fue observada en asociación con zonas rocosas, y a veces aislado. Esto permite plantear la hipótesis de que se trata de una especie muy adaptada a las condiciones de esta loma.

Figura 17: Mapas de isólinas de la cobertura de *Trixis cacalioides* para marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014.



En general, este análisis poblacional a dos niveles (Ley de Taylor y evaluación de los mapas de isolíneas de cobertura) permitió observar tres comportamientos en las especies principales evaluadas. El primero, observado en las especies subarborescentes (*O. floribundus* y *T. cacalioides*) y una hierba perenne (*A. halimifolia*), mostró una preferencia de crecimiento durante la época seca, evitando la competencia observada especialmente en las quebradas durante la época húmeda. Un segundo comportamiento fue el de *S. peruvianum*, que mantuvo un porte bajo pero constante durante la época seca y llegó a su pico de cobertura durante la época húmeda (julio y septiembre). Así, estuvo presente a lo largo de todo el año y con una floración constante. Finalmente, un tercer comportamiento involucró a las tres hierbas anuales (*C. mathewsii*, *F. peruviana* y *P. debilis*), las cuales permanecieron en latencia durante la época seca, y fue durante los cortos meses de la época de nieblas que desarrollaron su cobertura y todo su ciclo de vida, con una marcada preferencia en las quebradas. Para todos los casos, las quebradas, especialmente las de altitudes bajas y medias, resultaron fundamentales pues concentraron la mayor riqueza y cobertura, tanto en la época seca como en la húmeda.

Estos tres comportamientos marcadamente diferentes permiten conjeturar que al menos parte de la comunidad vegetal se encuentra adaptada a las fluctuantes condiciones ambientales de esta localidad de lomas, aun cuando no todas son especies nativas, como en el caso de *P. debilis*, que aun siendo exótica parece haberse adaptado, considerando además su gran presencia en las lomas de Lima (Llellish et al. 2015). Así, se presentan diversos grupos funcionales que aprovechan los hábitats con mejores condiciones para su ciclo de vida a través de ciertas adaptaciones; no obstante, aún hace falta bastante investigación a fin de conocer dichas adaptaciones y su respuesta a las variaciones físicas y ambientales de las lomas.

En general, estos comportamientos específicos guardan más correspondencia con el enfoque de la Macroecología, según el cual, las comunidades no son fijas, sino un ensamble de especies que han respondido a su entorno, generando una historia evolutiva muy particular (Halffer y Moreno 2005, Dillon et al 2009), donde la especie no es el foco, sino la función que cumple en el ecosistema, todo lo que también requeriría mayor investigación y hablaría de un ecosistema cuyo carácter estacional, que se modifica drásticamente con un ENSO, fuerza a las especies a adaptarse de manera efectiva y rápida.

5.3 DE LAS RELACIONES ENTRE LA COMUNIDAD VEGETAL Y LAS VARIABLES EDÁFICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

5.3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES EDÁFICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

5.3.1.1 DE LAS VARIABLES GEOMORFOLÓGICAS

La Tabla 8, que reporta las características geomorfológicas de los transectos, permite observar que la inclinación de las colinas y la dirección del sector este es casi paralelo al eje norte – sur; mientras que el sector oeste sigue el mismo eje con una ligera inclinación hacia el oeste (quebradas hacia el sur suroeste). Las laderas evaluadas al lado derecho de las quebradas (transectos 2, 5, 8, 13 y 16), según la Figura 1, tienen una orientación hacia el oeste suroeste y suroeste, y son las que recibieron las nieblas y vientos que cubrían las quebradas en el inicio de su recorrido por el área de estudio; mientras que las laderas a la izquierda de las quebradas (3, 6, 9, 14 y 17) siguieron una orientación este noreste a este.

Tabla 8: Variables geomorfológicas de los transectos.

Punto	Inicial		Final		Altitud (m)	Ubicación	Pendiente (°)
	E	N	E	N			
1	276961	8694660	276955	8694685	632	Centro de Quebrada	9
2	277039	8694718	277024	8694738	677	Ladera hacia el OSO	30
3	276901	8694645	276894	8694665	650	Ladera hacia el ENE	32
4	276692	8694930	276671	8694946	708	Centro de Quebrada	8
5	276770	8694986	276748	8695001	750	Ladera hacia el OSO	35
6	276646	8694899	276626	8694916	683	Ladera hacia el ENE	21
7	276566	8695270	276572	8695246	770	Centro de Quebrada	14
8	276725	8695341	276732	8695322	830	Ladera hacia el OSO	18
9	276483	8695260	276483	8695286	810	Ladera hacia el Este	30
10	276589	8694855	276577	8694878	775	Cima de Quebrada	0
11	276507	8695098	276516	8695076	798	Cima de Quebrada	5
12	276212	8694774	276204	8694762	603	Centro de Quebrada	35
13	276254	8694768	276250	8694791	634	Ladera hacia el SO	65
14	276150	8694808	276166	8694832	636	Ladera hacia el Este	13
15	276255	8695157	276254	8695197	718	Centro de Quebrada	15
16	276311	8695217	276326	8695195	761	Ladera hacia el OSO	32
17	276207	8695195	276219	8695216	745	Ladera hacia el Este	65

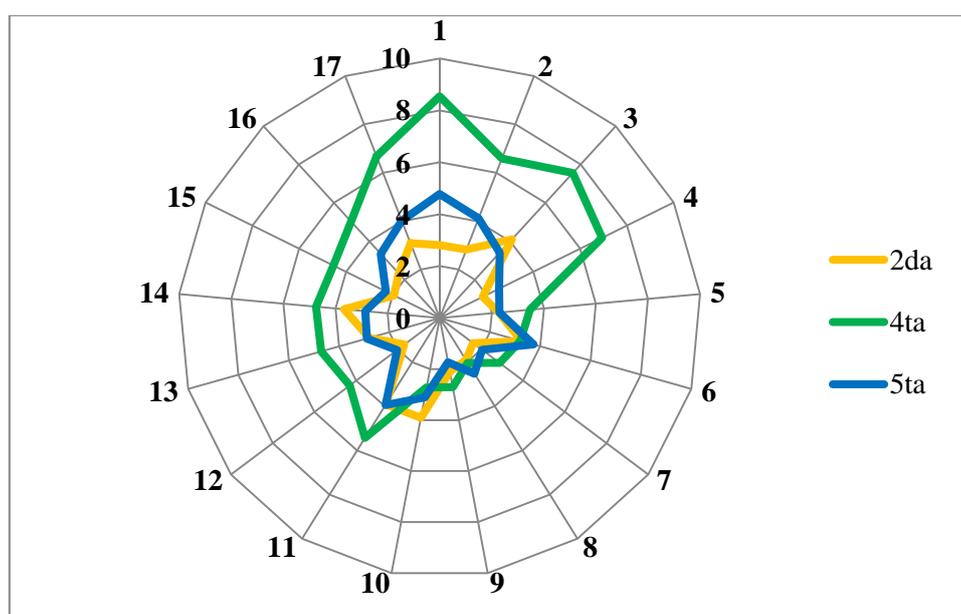
Fuente: Elaboración propia.

En general, la zona de estudio, con ligeras variaciones, sigue el eje norte – sur, lo cual facilitó el ingreso de las nieblas en la época húmeda, las que, como reporta Pinche (1986), tienen una tendencia a la dirección sur sureste. La pendiente en las quebradas fue baja en general (8° a 15°), con excepción del transecto 12 (35°), la que se encontraba en una zona relativamente sinuosa. Las pendientes de laderas variaron entre los 15 y 65 grados, lo que indica un entorno orográfico con cambios bruscos de pendiente, pero con una clara disposición de montañas y valles.

5.3.1.2 DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Según la Figura 18, que reporta los datos de mayor contraste, y el Anexo 16, donde se registran todos los datos, se puede observar que en la época seca, tanto de 2013 como la de inicios de 2014, los valores más bajos se registraron en las quebradas de ambos sectores; mientras que en la cuarta evaluación (pico de la época húmeda), la tendencia se invirtió en el sector este y es cuando se alcanzó el máximo de 8.55 por ciento (quebrada baja); sin embargo, en el sector oeste no hubo una tendencia clara (transectos 12 al 17). No se observaron patrones de diferenciación entre alturas, laderas y pendientes. En general, los datos son ligeramente inferiores a los hallados por Torres (1981), al evaluar cuatro lomas centrales del departamento de Lima, donde el rango vario entre 1.57 y 14.56 por ciento.

Figura 18: Variación espacial de la humedad del suelo (%) durante la segunda, cuarta y quinta evaluación.

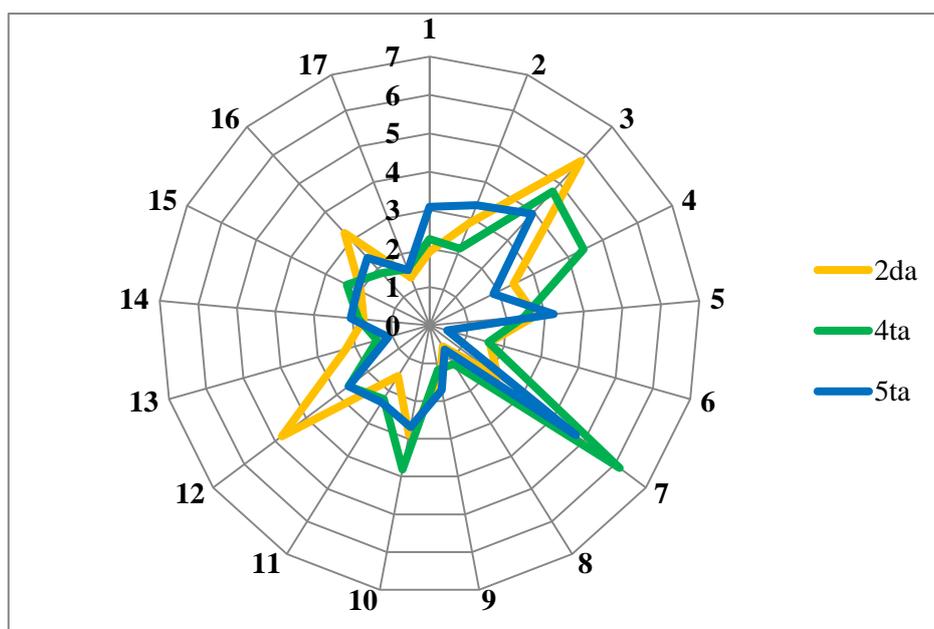


Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.3 DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

Los valores fluctúan entre 6.49 y 0.07 (Figura 19 y Anexo 16), lo que indican suelos con contenidos bajos, medios y altos de materia orgánica. Estos valores superan a los encontrados por Quispe (1996), quien al evaluar las lomas de Atiquipa reportó un rango de 0.81 a 2.62; y parecidos a los de Torres (1980), quien en la región Lima reportó un intervalo de 1.2 a 5.7 por ciento. No se detectaron tendencias con respecto a la posición del transecto, solo resalta el abrupto aumento en el transecto 7 durante y luego de la temporada húmeda, aun cuando la cobertura no sufrió cambio significativo. No obstante, no se descartan posibles fallas en la colecta y análisis de las muestras.

Figura 19: Variación espacial del contenido de materia orgánica en el suelo (%) durante la segunda, cuarta y quinta evaluación.



Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 ANÁLISIS MULTIVARIADO

Según se observa en la Tabla 9, a pesar que algunos parámetros presentaron una distribución normal, como la humedad, la altitud y la pendiente, las variables con las cuales fueron comparadas (índice de Shannon-Wiener y cobertura) no presentaron una distribución normal; por lo cual, el método de correlación fue el coeficiente no paramétrico de Spearman, el cual reduce los datos a rangos.

Tabla 9: Resultados del test de normalidad para variables del análisis bivariado.

Variable	p-Valor para Shapiro - Wilk						p-Valor para Anderson Darling					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
Índice de Shannon	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cobertura	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Humedad del suelo	0.473	0.165	0.718	0.524	0.698	0.169	0.443	0.246	0.442	0.519	0.706	0.193
Materia Orgánica	0.258	0.028	0.007	0.007	0.993	0.002	0.333	0.030	0.008	0.005	0.986	0.001
Altitud	0.411						0.450					
Pendiente	0.124						0.208					

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.1. PARA LA DIVERSIDAD ALFA

Según los resultados (Tabla 10), no existieron correlaciones entre los valores de índice de Shannon-Wiener y las variables altitud y pendiente; además, los valores del coeficiente de correlación no superaron en ningún caso el valor de 0.4.

Tabla 10: Coeficientes de correlación entre la diversidad alfa y las variables altitud y pendiente; y niveles de significancia con la posición y orientación en el lugar de estudio.

H'	Altitud	Pendiente	Posición		
			p-valor	L. DER.	L. IZQ.
1ra	-0.003	-0.206	QUEB.	0.025*	0.331
			L. DER.		0.177
2da	0.302	-0.252	QUEB.	0.180	0.441
			L. DER.		0.424
3ra	-0.076	-0.352	QUEB.	0.025*	0.066
			L. DER.		0.177
4ta	-0.06	-0.315	QUEB.	0.025*	0.161
			L. DER.		0.180
5ta	-0.28	-0.322	QUEB.	0.007*	0.007*
			L. DER.		1.000
6ta	-0.064	-0.066	QUEB.	0.441	0.180
			L. DER.		0.424

(*) Significancia a un nivel de 0.05. QUEB: Quebrada, L. DER.: Ladera derecha, L. IZQ.: Ladera izquierda. Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la correlación con la posición del transecto, sí hubieron diferencias significativas entre el grupo formado por los transectos de quebrada y de ladera derecha para la primera, tercera, cuarta y quinta evaluación. Resulta peculiar no detectar diferencias

con los transectos de cumbre, ya que ambos (10 y 11) presentaron valores cero, pudiendo deberse a la poca cantidad de datos que afecta los grados de libertad, y por tanto, los valores del estadístico respectivo (Hammer, 2012). Sin embargo, sí se observa que el grupo de quebrada marcó las mayores diferencias, respondiendo a la misma tendencia observada en los capítulos anteriores.

Con respecto a la correlación con la humedad del suelo, se pueden observar (Tabla 11) correlaciones significativas negativas entre la humedad de la primera y segunda evaluación con la diversidad alfa de todas las evaluaciones. Estos resultados pueden carecer de sentido ecológico estricto pero no totalmente de lógica, pues la tendencia de la humedad durante la época seca es a disminuir en las quebradas, probablemente debido a la mayor cantidad de horas de exposición perpendicular a los rayos solares; mientras que para la diversidad la tendencia es inversa, siendo mayor en esta ubicación. No obstante, cabe resaltar que aun detectándose esta relación inversa, no se haya encontrado una relación positiva en la época húmeda, explicado quizás por la fuerte caída de la humedad en la parte alta del sector este con respecto a las partes bajas, lo que habría afectado la correlación y podría vincularse a la baja constancia en la incidencia de las nieblas invernales, habiendo incidido más en las alturas medias y bajas.

Tabla 11: Coeficientes de correlación entre la diversidad alfa y la humedad del suelo.

H' vs. H%	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1ra	-0.27	-.563*	-0.314	-0.27	-.710**	-.498*
2da	-0.275	-.551*	-0.258	-0.181	-.529*	-0.48
3ra	-.489*	-0.352	0.178	0.241	-0.185	-.717**
4ta	-.565*	-0.321	0.212	0.27	-0.221	-.753**
5ta	-.668**	-.636**	0.107	0.189	-0.275	-.615**
6ta	-0.378	-.568*	-0.081	-0.074	-0.341	-0.407

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la correlación con la materia orgánica (Tabla 12), solo se encontraron valores significativos positivos entre la cuarta evaluación y las diversidades alfa de la cuarta y quinta salida; y entre los resultados de la tercera con la diversidad alfa de la cuarta evaluación, lo que podría indicar una influencia mutua entre las variables para la época húmeda. Cabe precisar que estos resultados deben ser tomados con cautela, pues la variación de materia orgánica, a pesar de haber sido demostrado que se relaciona y varía

respecto de la vegetación además del clima (Quideau et al. 2001), normalmente toma más tiempo en darse (Parton et al. 1987), por lo que estas tendencias pueden deberse a ligeros errores en la toma y análisis de las muestras.

Tabla 12: Coeficientes de correlación entre la diversidad alfa y la materia orgánica del suelo.

H' vs. MO	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1ra	-0.212	-0.073	0.182	0.25	0.066	-.671**
2da	-0.153	-0.103	0.262	0.261	0.076	-.606**
3ra	0.273	0.003	0.418	0.438	0.311	-0.174
4ta	0.278	0.1	0.496*	0.523*	0.318	-0.198
5ta	0.251	0.152	0.411	0.568*	0.265	-0.243
6ta	-0.066	0.068	0.177	0.128	-0.236	-0.386

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.2. PARA LA COBERTURA ACUMULADA

No se encontraron correlaciones significativas entre la cobertura acumulada con la altitud, ni con la pendiente (Tabla 13). Las únicas correlaciones positivas, aunque débiles, fueron para la segunda evaluación (mayo), debido a que las quebradas alta y media del sector este concentraban casi el 80 por ciento de la cobertura.

Tabla 13: Coeficientes de correlación entre la diversidad alfa y las variables altitud y pendiente; y niveles de significancia con la posición y orientación en el lugar de estudio.

H'	Altitud	Pendiente	Posición		
			p-valor	L. DER.	L. IZQ.
1ra	-0.093	-0.318	QUEB.	0.025*	0.012*
			L. DER.		0.736
2da	0.295	-0.364	QUEB.	0.195	0.094
			L. DER.		0.607
3ra	-0.131	-0.078	QUEB.	0.021*	0.034*
			L. DER.		0.664
4ta	-0.088	-0.068	QUEB.	0.056	0.091
			L. DER.		0.749
5ta	-0.269	-0.162	QUEB.	0.011*	0.007*
			L. DER.		0.067
6ta	-0.219	-0.096	QUEB.	0.024*	0.012*
			L. DER.		0.519

(*) Significancia a un nivel de 0.05. QUEB: Quebrada, L. DER.: Ladera derecha, L. IZQ.: Ladera izquierda. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los resultados para la correlación con la posición y orientación fueron muy similares a los obtenidos para la diversidad alfa, aunque debido a la mayor amplitud de los datos (por tratarse de porcentajes de cobertura y no de índices que implican normalización de datos) se pudo diferenciar significativamente a los transectos de quebrada de ambas laderas para la primera, tercera, quinta y sexta evaluación, teniendo p-valores muy cercanos al valor de significancia estadística en la cuarta evaluación (septiembre).

Para el análisis de correlación con la humedad y materia orgánica en el suelo, se reportaron algunas diferencias con respecto a los resultados de la diversidad alfa. En el caso de la primera, se presentó una correlación negativa entre todas las evaluaciones vinculadas a la época seca, es decir, la primera, segunda y sexta (Tabla 14), acentuándose ligeramente los coeficientes, debido a lo anteriormente señalado, que al ser los valores de cobertura de mayor magnitud, aumentan las diferencias entre los transectos. Con respecto a la materia orgánica, en este caso no se llegan a presentar valores significativos (Tabla 15).

Tabla 14: Coeficientes de correlación entre la cobertura acumulada y la humedad del suelo.

Cob% vs. H%	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1ra	-0.361	-.715**	-0.239	-0.214	-.514*	-.706**
2da	-0.3	-.661**	-0.175	-0.172	-0.374	-.643**
3ra	-.560*	-.539*	0.143	0.245	-0.129	-.707**
4ta	-.596*	-0.462	0.05	0.167	-0.187	-.694**
5ta	-.583*	-.737**	0.133	0.047	-0.301	-.637**
6ta	-0.432	-.748**	0.032	-0.08	-0.443	-.644**

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Coeficientes de correlación entre la cobertura acumulada y la materia orgánica del suelo.

Cob% vs. MO	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1ra	-0.09	-0.257	0.043	0.121	-0.141	-.564*
2da	-0.102	-0.272	0.082	0.101	0.038	-.561*
3ra	0.108	-0.172	0.24	0.209	0.059	-0.216
4ta	0.15	-0.099	0.376	0.313	0.104	-0.121
5ta	0.16	0.12	0.2	0.363	0.166	-0.239
6ta	0.08	-0.053	0.12	0.107	-0.117	-0.342

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.3 PARA LA COBERTURA DE LAS ESPECIES MÁS COMUNES

Se realizaron los mismos análisis a las siete especies más abundantes: *Alternanthera halimifolia*, *Cyclanthera mathewsii*, *Fuertesimalva peruviana*, *Ophryosporus peruvianus*, *Parietaria debilis*, *Solanum peruvianum* y *Trixis cacalioides* (del Anexo 17 al Anexo 30), a fin de observar si se presentaban correlaciones específicas. Para el caso de *A. halimifolia*, hay diferencias entre los transectos de quebrada con las laderas para la primera, cuarta y quinta evaluación; mientras que en el caso de la pendiente y la altitud no se hallaron correlaciones. Con la materia orgánica sí hay una correlación positiva entre la primera evaluación (enero) con la cobertura en la tercera salida, lo que podría suponer una relación existente durante la época seca con la acumulación de materia orgánica desde la temporada anterior, aunque no queda clara la relación, tanto por el coeficiente como que dicha correlación no se presentó para la cobertura de la segunda evaluación. En el caso de la humedad se repitió el caso de la cobertura acumulada, con una correlación negativa entre la humedad en la primera y la cobertura de *A. halimifolia* en la segunda evaluación.

En el caso de las tres hierbas anuales (*Cyclanthera mathewsii*, *Fuertesimalva peruviana* y *Parietaria debilis*), las dos últimas presentaron una fuerte correlación con la humedad en los meses de invierno (julio y septiembre), lo que confirma su fuerte dependencia de la humedad que ingresa con las nieblas de temporada. Para *C. mathewsii*, la concentración de su densidad solo en dos transectos pudo haber afectado la correlación. En ningún caso hay correlación con la materia orgánica, pendiente, altitud o posición. No se presentaron correlaciones con sentido ecológico en las especies restantes (*O. floribundus*, *S. peruvianum* y *T. cacalioides*).

5.3.2.4 DE LA COBERTURA CON VARIOS FACTORES EN SIMULTÁNEO

La transformación de las variables edáficas y geomorfológicas en variables categóricas puede observarse en el Anexo 31. Dicha transformación tuvo por objetivo dividir en tres categorías a los datos correspondientes a los transectos, dependiendo de la variabilidad en cada evaluación. Solo en el caso de la variable posición, se mantuvieron las cuatro categorías previamente usadas (quebrada, ladera derecha, ladera izquierda y cumbre). El primer análisis NP-MANOVA (Tabla 16) para la cobertura acumulada en cada transecto

Tabla 16: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura y variables geomorfológicas durante todo el estudio.

Altitud	p-Valor		2	3	
	0.0038	1	0.076	0.026*	
		2	0	0.019*	
Posición	p-Valor		2	3	0
	0.003	1	0.007*	0.008*	0.044*
		2	0	0.774	0.282
		3	0.774	0	0.049*
Pendiente	p-Valor		2	3	
	0.0038	1	0.047*	0.728	
		2	0	0.409	

(*) Diferencias significativas a un nivel de 0.05. Fuente: Elaboración propia.

indica en el análisis a una vía que las tres categorías de altitud tuvieron grandes diferencias, siendo significativas para la categoría alta, pues concentraba el mayor porcentaje de *Haageocereus limensis*, *Ophryosporus limensis* y *Trixis cacalioides* para todo el área de estudio. Este resultado indicaría la importancia de la altitud como criterio de estratificación cuando se busque identificar diferencias en la composición de especies, lo que coincide con lo hallado por Muenchow et al. (2013a y 2013b) en Ancash y Trujillo. Con respecto a la posición, se ven diferencias significativas entre las quebradas y las demás categorías. Para la pendiente solo hay diferencias claras entre los grupos de transectos con pendiente baja (quebradas y cumbres) y media (laderas).

En el análisis NP-MANOVA para la primera evaluación, reportados en el Anexo 32, solo se observa una gran diferencia, aunque no significativa, entre las categorías por posición. En el análisis a una vía se nota que dicha diferencia es explicada por las diferencias entre el grupo de transectos de quebrada y los de ladera derecha y cumbres. Esto se vincula con la tendencia ya descrita de restricción de la cobertura a las quebradas durante la época seca.

El análisis para la segunda evaluación (Anexo 33), cuando la temporada seca estuvo en su apogeo, indica que no hubo diferencias significativas entre las agrupaciones formadas para las variables, ni interacciones entre estas. Ello posiblemente explicado por la reducida cobertura evaluada, que se presentó en un 82 por ciento en los transectos 4, 7, 8 y 9, los cuales pertenecen a diferentes categorías de las variables seleccionadas.

Hacia el inicio de la temporada húmeda en julio (Anexo 34), la única diferencia significativa detectada fue entre la primera y segunda categoría de la variable posición, es decir, entre la quebrada y la ladera derecha. Hacia el pico de la época húmeda en septiembre (Anexo 35) surgen dos variables con diferencias en sus categorías: la posición y la humedad. En esta última, la categoría de transectos más húmedos se diferenció de los otros dos, indicando la existencia de una relación de mediana intensidad entre la humedad del suelo y el desarrollo de cobertura, lo cual no fue detectado por el análisis de correlación ya que este analizó a todos los transectos a la vez y sin considerar la composición.

Finalmente, el análisis para las dos últimas evaluaciones (Anexos 36 y 37) indicó que la posición en quebrada retomó su importancia, reportándose diferencias significativas con las otras categorías en noviembre, en especial con el grupo de ladera izquierda ($p = 0.007$). En el análisis para enero es interesante notar la diferencia entre las categorías baja y media para la variable humedad, puesto que la categoría baja se encuentra representada principalmente por las quebradas, donde la cobertura encuentra refugio. Esto se debe a que en las quebradas se redujo rápidamente la humedad del suelo, generándose una diferencia con las otras categorías.

Como análisis adicional, se aplicó el NP-MANOVA a la cobertura acumulada en cada estrato vertical, a fin de observar cuántos estratos explican los patrones o diferencias previamente detectadas en el análisis de la cobertura total. Los resultados (Anexos 38, 39 y 40) indican que basta con los dos primeros estratos. El tercer estrato, por la mínima cantidad de datos, indicaba similitudes extremas entre las categorías. Observando a detalle, el primer estrato mostró diferencias significativas entre las categorías de las variables altitud y posición, en la primera destacando la diferencia entre el sector alto y el medio. Dicha diferencia no se aprecia en el segundo estrato, pero sí para la variable posición, indicando que en las quebradas es donde las especies tienen mayor altura. Finalmente, es preciso recordar que el análisis multivariado es de carácter exploratorio y descriptivo, por lo que las relaciones y diferencias consideradas significativas en este trabajo, requieren de un análisis complementario que permitan determinar relaciones causales o explicaciones definitivas.

5.4 DE LA FORMULACIÓN DEL MAPA DE SENSIBILIDAD BIOLÓGICA

Los resultados de la primera etapa, en la cual se categorizaron los valores de los parámetros escogidos como indicadores de la sensibilidad de la comunidad vegetal, pueden observarse a detalle en la Tabla 17. Primero se colocaron los valores iniciales y transformados, luego la amplitud de los datos indicando el máximo y el mínimo valor además del rango considerando tres categorías en la mayoría de parámetros y dos para la singularidad del sitio (expresado en el número de reemplazos), y finalmente, se presentaron los rangos de valores que corresponden a las categorías de sensibilidad alta, media y baja.

En el caso de la cobertura acumulada, se promedió la cobertura de cada transecto para las seis evaluaciones. Luego se sumaron los promedios; y finalmente, se realizó una transformación de datos a través del logaritmo neperiano a fin de reducir la influencia de valores extremos. En esta operación, se sumó el valor de uno a todos los transectos a fin de que, en aquellos en los cuales no se registró cobertura, el valor del logaritmo no sea inválido y tome el valor de cero. Así mismo, las variables riqueza y diversidad alfa fueron tratadas directamente.

Casos especiales fueron las variables singularidad del sitio y número de especies amenazadas y endémicas. Para la primera de ellas, se realizó un análisis *Cluster* cuyo resultado puede observarse en el Anexo 41. En el caso de los transectos 10, 11 y 16, que aparecen como únicos por carecer de datos, se les ha asignado un valor de cuatro reemplazos, a fin de que su categoría sea de sensibilidad baja y no interfiera con los resultados de los transectos con datos. Para la segunda variable, se usaron directamente las cantidades de especies en amenaza o en situación de endemismo. Cabe indicar que se hace necesario actualizar estas listas ya que las bases nacionales datan del año 2006.

Para la variable vinculada a los grupos funcionales se generaron las agrupaciones de especies según su grupo funcional (Anexo 1) y se realizó el cálculo del número de grupos funcionales por transecto, como una aproximación a la diversidad funcional, clave en el marco teórico de la Macroecología.

Tabla 17: Valores e intervalos de sensibilidad para las variables seleccionadas como indicadores.

Variable		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17
N	Sum. Prom.	10.00	1.83	1.67	13.17	1.00	1.17	15.17	4.67	2.33	0.00	0.00	4.17	2.17	0.50	8.33	0.00	1.67
	Log (Sum. Prom+1)	1.04	0.45	0.43	1.15	0.30	0.34	1.21	0.75	0.52	0.00	0.00	0.71	0.50	0.18	0.97	0.00	0.43
	Intervalos	Máximo		3.94	Mínimo		0.00	Rango		1.31	Intervalos		A (3.94 - 2.63)		M (2.63 - 1.31)		B (1.31 - 0.00)	
S	Promedio de 'S'	3.17	0.67	1.17	4.33	0.17	0.33	3.83	1.17	1.50	0.00	0.00	1.67	0.83	0.33	2.67	0.00	0.33
	Intervalos	Máximo		4.30	Mínimo		0.00	Rango		1.43	Intervalos		A (4.30 - 2.89)		M (2.89 - 1.43)		B (1.43 - 0.00)	
H'	Promedio de H'	0.63	0.00	0.40	1.20	0.00	0.00	1.13	0.12	0.46	0.00	0.00	0.42	0.00	0.12	0.63	0.00	0.00
	Intervalos	Máximo		1.20	Mínimo		0.00	Rango		0.40	Intervalos		A (1.20 - 0.80)		M (0.80 - 0.40)		B (0.40 - 0.00)	
β	Núm. de reemplazos	1	2	2	1	1	1	3	3	3	4	4	1	3	1	0	4	2
	Intervalos	Máximo		4	Mínimo		1	Sin rango			Intervalos		A (0, 1)		M (2)		B (3, 4)	
Amz End	Núm. de amenazadas o endémicas	1	0	1	2	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
	Intervalos	Máximo		2	Mínimo		0	Sin rango			Intervalos		A (2)		M (1)		B (0)	
S G.F.	Núm. de grupos funcionales	5	2	3	4	1	2	5	2	3	0	0	4	2	2	3	0	1
	Intervalos	Máximo		5	Mínimo		0	Rango		1.67	Intervalos		A (5.00 - 3.33)		M (3.33 - 1.67)		B (1.67 - 0.00)	

N: Cobertura acumulada, Sum. Prom.: Suma de promedios, S: Riqueza, H': Índice de Shannon–Wiener, β: Diversidad beta por análisis *Cluster*, Amz End: Especies amenazadas o endémicas, S G.F.: Riqueza de grupos funcionales. Fuente: Elaboración propia.

Una vez generadas las categorías, estas fueron integradas en una Matriz de Leopold modificada (Tabla 18). Siguiendo los procedimientos y criterios previamente señalados, se establecieron las prioridades y los niveles de sensibilidad para cada transecto. En confluencia con la tendencia ya observada en los análisis previos, las quebradas del sector este fueron categorizadas con la sensibilidad alta, no solo por su diversidad estructural (número de especies, cobertura e índice de Shannon-Wiener) sino por su diversidad funcional, tomando como referencia los grupos funcionales basados en el hábito. Con la sensibilidad media fueron categorizadas las laderas de altura media en el sector este (cinco y seis), principalmente por la presencia de *Anthericum eccremorrhizum*, de hábitat restringido a esta área. También se categorizó así a las quebradas media y baja (transectos 12 y 15) y la ladera izquierda (14) de la zona baja del sector oeste, por albergar especies de restringida distribución en el área. Finalmente, en la categoría de sensibilidad baja están nueve transectos, entre zonas de ladera y cumbre que desarrollaron poca o ninguna cobertura, con especies comunes, sin amenaza ni endémicas para este ecosistema o para el país.

Tabla 18: Matriz de Leopold modificada para el análisis de sensibilidad biológica en base a la flora y la vegetación.

Variable	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17
N	A	M	M	A	B	B	A	M	M	B	B	M	M	B	A	B	M
S	A	B	B	A	B	B	A	B	M	B	B	M	B	B	M	B	B
H'	M	B	B	A	B	B	A	B	M	B	B	M	B	B	M	B	B
AmzEnd	M	B	M	A	B	M	M	M	M	B	B	B	M	B	M	B	B
S G.F.	A	M	M	A	B	M	A	M	M	B	B	A	M	M	M	B	B
β	A	M	M	A	A	A	B	B	B	B	B	A	B	A	A	B	M
%B	0.0	50.0	33.3	0.0	83.3	50.0	16.7	50.0	16.7	100	100	16.7	50.0	66.7	0.0	100	66.7
%M	33.3	50.0	66.7	0.0	0.0	33.3	16.7	50.0	83.3	0.0	0.0	50.0	50.0	16.7	66.7	0.0	33.3
%A	66.7	0.0	0.0	100	16.7	16.7	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3	0.0	16.7	33.3	0.0	0.0
Prior.	2	11	10	1	8	6	3	11	9	13	13	5	11	7	4	13	12
Sensi.	A	B	B	A	M	M	A	B	B	B	B	M	B	M	M	B	B

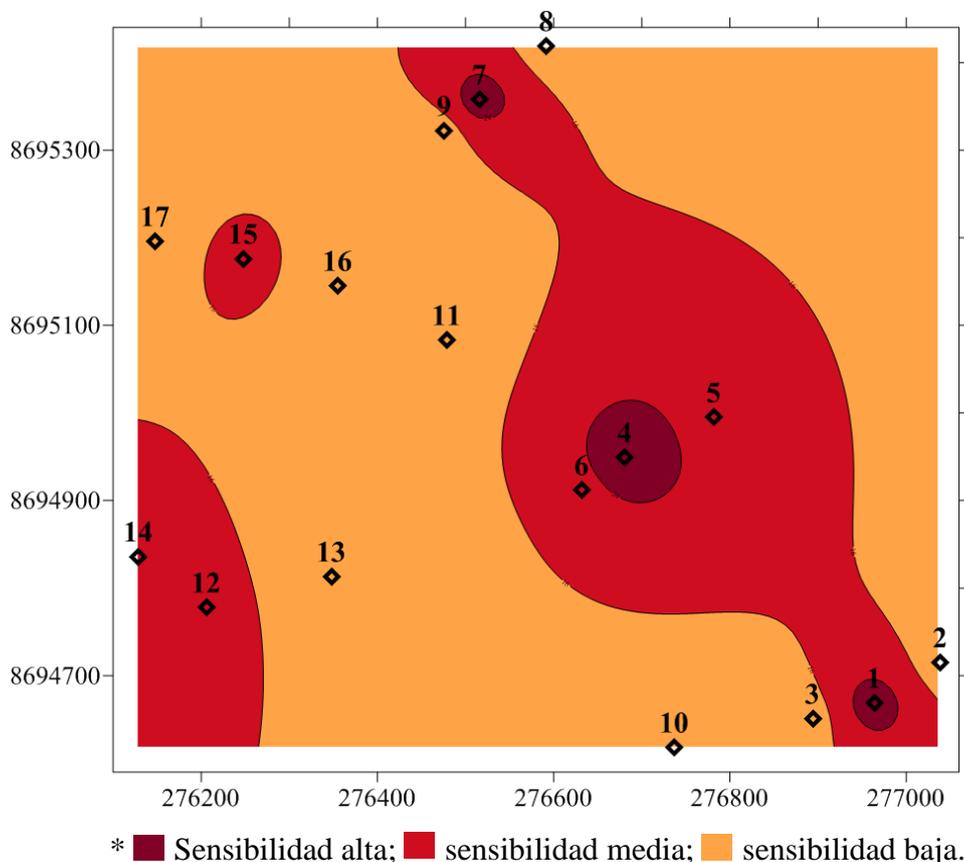
N: Cobertura acumulada, S: Riqueza, H': Índice de Shannon–Wiener, AmzEnd: Especies amenazadas o endémicas, S G.F.: Riqueza de grupos funcionales, β: Diversidad beta por análisis *Cluster*, A: Sensibilidad alta, M: Sensibilidad media, B: Sensibilidad baja, Prior.: Prioridad, Sensi.: Sensibilidad. Fuente: Elaboración propia.

Como último paso, se elaboró el mapa de sensibilidad biológica (Figura 20) que resume, de forma gráfica, lo expresado en la integración llevada a cabo a través de la Matriz de Leopold modificada. Se observa la importancia de las quebradas en el área de estudio para

el mantenimiento y dinámica de la vegetación en el período evaluado. Esta ubicación en el sector este, donde se generó la categoría de sensibilidad alta, concentró la mayor humedad del suelo en la época húmeda lo que resultó de gran beneficio principalmente a especies anuales. Además, como se ha analizado, esta ubicación sirvió de refugio a especies subarborescentes y hierbas perennes. Así como en otras lomas evaluadas en el departamento de Lima (Torres 1981, Cano et al. 1999 y 2001), las zonas de altitud intermedia (700 – 800 metros de altitud), donde fueron ubicados transectos de quebrada y de ladera (cinco, seis, nueve y 14), fueron muy importantes tanto por la riqueza como la cobertura vegetal que se desarrolló en ellas.

Finalmente, cabe indicar que a pesar de los beneficios y utilidad de resultados como el mapa de sensibilidad biológica aquí desarrollado, no deja de ser un alcance preliminar y, que para fines de zonificación biológica, debiera ser más intenso, integrando el estudio de más aspectos de la biodiversidad, como las plantas criptógamas, las aves, los insectos, entre otros.

Figura 20: Mapa de sensibilidad biológica para la flora y vegetación.

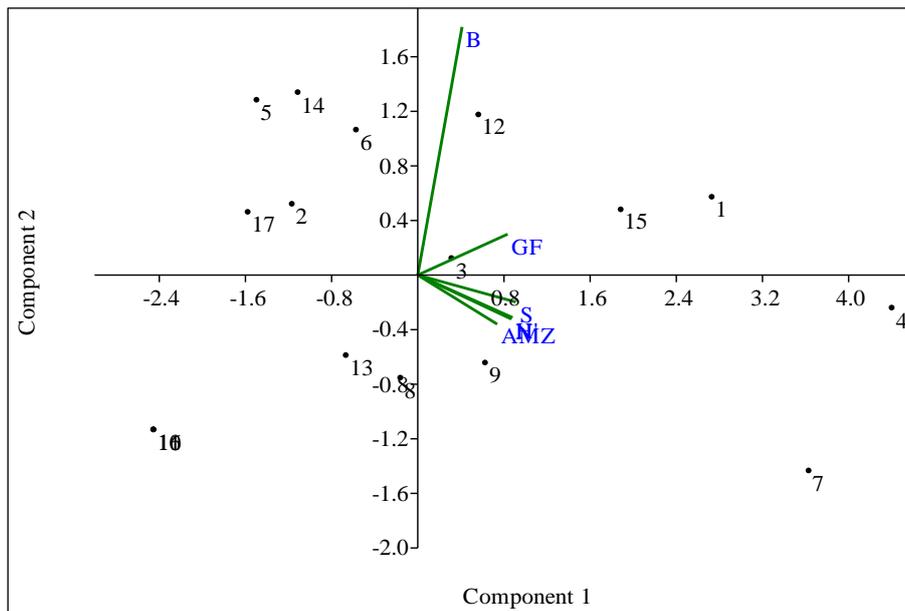


Fuente: Elaboración propia.

5.5 DEL PROGRAMA DE MONITOREO

La Figura 21 muestra la distribución de los transectos a lo largo de los dos componentes principales que explican la mayor variancia de datos en función de las variables consideradas (Anexo 42), 73.48 por ciento el primero (eje horizontal) y 14.89 por ciento el segundo (eje vertical), según se observa en el Anexo 43. Además, el Anexo 44 muestra la contribución de cada variable en los componentes. En el primero, son la cobertura por transecto (N), la riqueza promedio de especies y el índice de Shannon-Wiener promedio (H'); mientras en el segundo lo es la singularidad del sitio. Se aprecia que los transectos de quebrada 1, 4, 7 y 15 se encuentran cercanos y hacia la derecha. Hacia el extremo inferior izquierdo se encuentran los transectos sin datos (10, 11 y 16). Mientras tanto, en el medio se encuentran los demás transectos con composición de especies diferente.

Figura 21: Distribución de transectos según el primer y segundo componente del Análisis de Componentes Principales y el grado de influencia de las variables.



N: Cobertura acumulada, S: Riqueza, H' : Índice de Shannon–Wiener, AMZ: Especies amenazadas o endémicas, G.F.: Riqueza de grupos funcionales, B: Diversidad beta por análisis *Cluster*.

Considerando el porcentaje de explicación del primer componente y sus variables de mayor contribución, se eligieron a las tres (N, S y H') como variables explicativas del monitoreo y las usadas en los cálculos del análisis de muestreo.

En el caso del muestreo aleatorio simple (M.A.S.), el cálculo del tamaño de muestra (o número de transectos) y del intervalo de confianza se pudo llevar a cabo con valores de alfa (error permitido) desde 0.05 hasta 0.30. Los resultados más relevantes se muestran en la Tabla 19, donde podemos ver que para bajos niveles de error permitido (0.05, 0.10 y 0.15), los intervalos de confianza fueron aceptables (entre 10.1 y 41.9 por ciento), pero con tamaños de muestra muy altos (entre 50 y 3165 transectos). Lo opuesto sucede con el error permitido más alto (0.30), mostrando un tamaño de muestra factible (entre 6 y 66 transectos), pero con intervalos de confianza muy altos (entre 115.7 y 148.8 por ciento).

Tabla 19: Resultados del número de transectos (n) e intervalo de confianza porcentual (I.C.%) mediante el muestreo aleatorio simple, para cuatro niveles de alfa y para las variables índice de Shannon-Wiener (H'), riqueza promedio normalizada (S) y cobertura promedia normalizada (N).

Variable	H'				S				N			
	Húmeda		Seca		Húmeda		Seca		Húmeda		Seca	
	n	I.C.%										
0.05	3165.6	10.2	7739.1	10.5	1085.6	10.1	2770.1	10.2	819.1	10.1	2557.9	10.2
0.10	575.3	23.9	1474.8	24.1	193.2	24	501.4	23.9	145.4	24.1	461.9	23.9
0.15	196.7	41.2	507.9	41.1	65.9	41.7	171.4	41.2	49.6	41.9	157.8	41.2
0.30	25.6	119.5	66.2	115.7	8.5	136.9	22.3	120.4	6.4	148.8	20.5	121.2

Nota: n: Tamaño muestral o número de transectos, I.C.: Intervalo de confianza. Fuente: Elaboración propia.

En el caso del muestreo estratificado, la definición de los estratos se dio entre conjuntos de transectos con valores significativamente diferentes, definiéndose diferentes tamaños tanto para cada variable como para cada evaluación. En el anexo 45 se observan las áreas definidas en todos los caso para el primer estrato, que concentró los mayores valores en las tres variables. Para la época seca, las áreas del primer estrato se limitaron a las quebradas media y alta (con una ladera alta en el caso de la riqueza), donde se encontraron especies subarborescentes, cactioides y herbáceas perennes que concentraban la mayor parte de la cobertura. Durante la época húmeda, hay una variación dependiendo de la variable, pasando de una serie de “islotos” con el índice de Shannon-Wiener, a dos parches con la riqueza y un gran parche con la cobertura. Esto se debe a que, en el primer caso, aun cuando varios transectos presentaron una especie, los valores de H' fueron cero; mientras en las otras dos variables eso varió, con mayor amplitud en el caso de la cobertura.

Con estas áreas del primer estrato, las del segundo se definieron por defecto, y con ello se realizaron los cálculos para los dos tipos de afijación y diferentes valores de alfa (error permitido). Los resultados para un alfa de 0.05 se observan en la Tabla 20 (ver Anexo 46 para los resultados con otros niveles), donde la mayoría de cálculos se realizaron con un tamaño de muestra de 20 transectos, con excepción de la época seca para el índice de Shannon-Wiener debido a limitaciones en los cálculos respectivos. Se observa que en la época húmeda, el tamaño del primer estrato varía entre uno y siete transectos, sin una tendencia clara entre afijaciones y aumentando conforme se cambia de variable analizada, debido a que la variancia de los valores en el primer estrato también aumenta, haciéndose más amplios y dispersos. El error estándar es bajo, entre 16 y 20 por ciento, con una variación casi insignificante para las tres variables, por lo cual se decidió considerar a las tres en el establecimiento de los lineamientos del programa de monitoreo.

Tabla 20: Resultados del número de transectos por estrato y error estándar mediante el muestreo estratificado mediante afijación proporcional y óptima para un alfa de 0.05 y para las variables índice de Shannon-Wiener (H'), riqueza promedio normalizada (S) y cobertura promedio normalizada (N).

Variable original	Época	Afijación	Estrato 1	Estrato 2	Error Estándar (%)
H'	Húmeda	Proporcional	2.26	17.74	16.61
		Óptima	1.29	18.71	16.59
	Seca	Proporcional	1.02	28.98	73.69
		Óptima	1.73	28.27	34.91
S	Húmeda	Proporcional	5.58	14.42	18.82
		Óptima	6.61	13.39	18.61
	Seca	Proporcional	1.34	18.66	37.47
		Óptima	1.07	18.93	39.51
N	Húmeda	Proporcional	6.60	13.40	20.46
		Óptima	7.05	12.95	20.44
	Seca	Proporcional	0.75	19.25	46.16
		Óptima	0.43	19.57	45.82

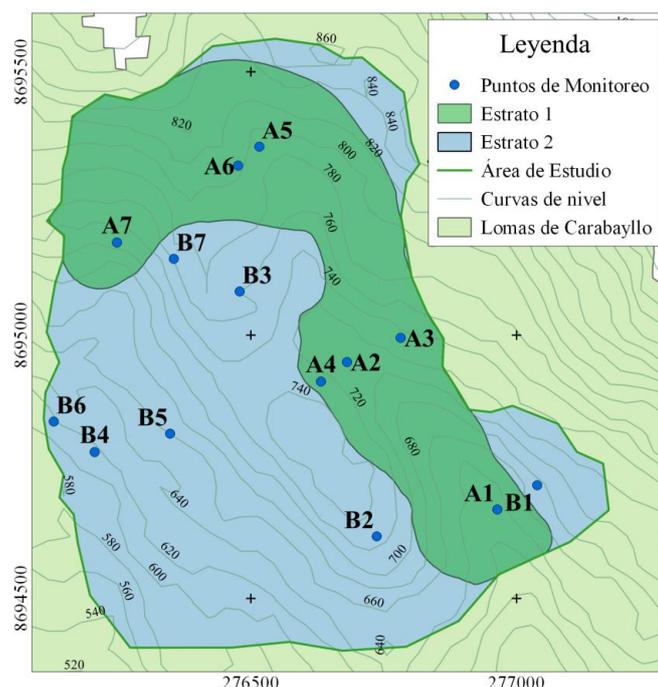
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los resultados para la época seca arrojan mínimos tamaños de muestra para el primer estrato en las tres variables, sin variaciones significativas entre afijaciones; mientras que el error estándar varía entre medio y alto (34.9 y 73.7 por ciento).

Con estos resultados, se determinó que el muestreo estratificado es más confiable y factible que el muestreo aleatorio simple. Seguidamente, a fin de determinar claramente el tamaño muestral, el área de los dos estratos, así como la temporalidad del muestreo, se realizaron dos etapas de integración y corrección de resultados. El primero vinculado al tamaño muestral y el área de los estratos; mientras el segundo al criterio temporal.

Para el primer caso, como se observa en el mapa (d) del Anexo 45, el área integrada (uniendo las áreas de los polígonos formados) del primer estrato para ambas épocas responde básicamente a las mismas ubicaciones. Por ello, se decidió que dicha área defina el primer estrato, con el máximo de transectos (siete) dada su importancia ecológica, escogiéndose a los transectos en función de sus parámetros ecológicos y sensibilidad; mientras que en el caso del segundo transecto, a fin de generar un programa factible y eficiente, se redujeron de trece a siete los transectos, incluyéndose a todos los presentes en este estrato. En el segundo caso, debido a que no se registraron (ver Anexo 2) especies únicas de época seca tanto en la evaluación cuantitativa como en la cualitativa, se consideró suficiente y factible que el muestreo se realice solo en el pico de la época húmeda, junto a una exhaustiva evaluación cualitativa, dado el interés en monitorear la composición, la diversidad y la cobertura vegetal de la zona. De esta forma, se observa en la Figura 22 la propuesta de ubicación de los transectos de cada estrato. Así mismo, se recomienda utilizar la misma metodología, evaluando su eficacia de manera anual.

Figura 22: Mapa de distribución de los transectos de monitoreo en los dos estratos.



VI. CONCLUSIONES

1. La comunidad vegetal respondió a una dinámica marcadamente estacional, lo cual se tradujo en mayores valores de riqueza, cobertura e intercambio de especies durante la época húmeda, debido principalmente a la dominancia de herbáceas. Por otro lado, aun cuando la diversidad alfa no tuvo diferencias temporales marcadas, sí las tuvo a nivel espacial, resaltando claramente las quebradas como ubicaciones preferentes para todos los hábitos.
2. Hay al menos tres comportamientos específicos que responden a procesos de adaptación a las condiciones particulares de las lomas: el de especies subarborescentes y herbáceas perennes con preferencia por la época seca, el de la especie *Solanum peruvianum* con cobertura durante todo el año pero con preferencia por la época húmeda, y el de las herbáceas anuales cuya presencia únicamente se dio en la época húmeda. En el primer grupo se presentó el patrón de “refugio” para las especies *Trixis cacalioides* y *Alternanthera halimifolia*, cuyos sitios principales fueron las quebradas bajas y medias.
3. Entre las variables geomorfológicas solo las quebradas mostraron diferencias, al albergar de manera sistemática los mayores valores de diversidad alfa y cobertura. Para el caso de las variables edáficas, la humedad del suelo se relacionó de manera opuesta con la diversidad y cobertura promedio en la época seca, debido a los menores valores de humedad en las quebradas; mientras que la relación fue positiva durante la época húmeda con las hierbas anuales *Fuertesimalva peruviana* y *Parietaria debilis*.
4. Las áreas de mayor sensibilidad biológica fueron las quebradas del sector este y la de altitud media del sector oeste, debido a variables vinculadas a la diversidad estructural y funcional. Paralelamente, el programa de monitoreo es más confiable y factible con un muestreo estratificado revisado a dos estratos, siendo el primer estrato compuesto por la mayoría de transectos con sensibilidad biológica alta y media.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar investigaciones sobre:

- Comparación entre la método empleado con otros métodos vinculados a la medición de la cobertura vegetal para el estudio de ecología de comunidades. Así mismo, comparación de resultados entre las variables cobertura, abundancia y densidad, a fin de analizar diferencias y complementariedades.
- La estructura y dinámica del suelo, así como de factores meteorológicos y su interacción con la comunidad vegetal mediante métodos vinculados al análisis multivariado.
- La dinámica comunitaria de plantas criptógamas, con énfasis en procesos de formación del suelo y dependencia en factores abióticos, a fin de aspirar a una comprensión más completa de la estructura y funcionamiento de la comunidad vegetal.
- Métodos alternativos de indagación estadística sobre el estudio de la dinámica de la comunidad vegetal, como los métodos bayesianos o de probabilidades, en el marco de la crítica a la inferencia estadística en la ecología.
- Diversidad funcional en el ecosistema de lomas, a fin de complementar el conocimiento generado desde la diversidad estructural y permita tender puentes con enfoques como el de servicios ecosistémicos.
- Fundamento teórico ecológico y métodos para la elaboración de instrumentos que permitan una mejor toma de decisiones en la gestión de los ecosistemas, como son el análisis de sensibilidad biológica y el programa de monitoreo.

Se recomienda a los actores involucrados en la gestión de las lomas de Carabayllo:

- Utilizar estos resultados como insumos para mejorar la gestión, teniendo en cuenta el carácter preliminar de este estudio; así como monitorear las actividades antrópicas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar, P. 1954. Estudio sobre las adaptaciones de los artrópodos a la vida en las lomas de los alrededores de Lima. Tesis Doc. Lima, PE, UNMSM. 62 p.
2. Anderson, E. 2001. The cactus family. Oregon, US. Timber Press. 776 p.
3. Angiosperm Phylogeny Group (APG). 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161:105-121.
4. Báez, A. 2003. Guía para las mejores prácticas de ecoturismo en áreas protegidas. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. México D.F., MX. 159 p.
5. Brack, A; Mendiola, C. 2000. Ecología del Perú. 2 ed. Bruño. Lima, PE. 494 p.
6. Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología: Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid, ES. Editorial H. Blume. 820 p.
7. Cambardella, C; Elliott, E. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a Grassland Cultivation Sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:777-783.
8. Cano, A; Arakaki, M; Roque, J; La Torre, M; Refulio, N; Arana, C. 2001. Flora vascular en las lomas de Ancón y Carabayllo (Lima, Perú) durante El Niño 1997-98. In Tarazona, J; Arntz, W. y Castillo, E. 2001. El Niño en América Latina: Impactos Biológicos y Sociales. CONCYTEC. Lima, PE. p. 259-265.

9. Cano, A; Roque J; Arakaki, M; Arana, C; La Torre, M; Llerena, N; Refulio, N. 1999. Diversidad florística de las lomas de Lachay (Lima) durante el evento “El Niño 1997-98”. Revista Peruana de Biología. Vol. Ext. “El Niño 1997-98 y su impacto sobre los ecosistemas marino y terrestre”. p. 125-132.
10. 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 Junín. Tesis Mg. Sc. Lima, Pe, UNALM. 168 p.
11. Carreira, D. 2011. Cuantificación de la Materia Orgánica del suelo: Método de Walkley y Black (en línea). SAMLA- PROINSA. Consultado el 12 dic 2012. Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/cuantificacion-de-la-materia-organica-del-suelo.-metodo-de-walkley-black/at_multi_download/file/An%C3%A1lisis_de_C_y_N.pdf
12. Chipana, J. 2013. Agricultura y minería en una zona ecológica de Lima: Las Lomas de Atocongo (1912 – 1942). Instituto Ichsma. Lima, PE. 167 p.
13. CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, CH). 2011. Apéndices I, II y III. UNEP. Ginebra, CH. 42 p.
14. Cochran, W. 1980. Técnicas de muestreo. Ed. Continental. México D.F., MX. 513 p.
15. Correll, D. 1967. Solanaceae. In Macbride, J. Flora of Peru. Field Museum of Natural History and Botanical Series v. 13, pt. 5-B(2):271-458.
16. Dillon, M. 2005. Solanaceae of the Lomas formations of Coastal Peru and Chile. *Annals of Missouri Botanical Garden* 104:131-155.
17. Dillon, M; Tu, T; Xie, L; Quipuscoa, V; Wen, J. 2009. Biogeographic diversification in *Nolana* (Solanaceae), a ubiquitous member of the Atacama and Peruvian Deserts along the western coast of South America. *Journal of Systematics and Evolution* 47(5):457-476.

18. Dillon, M; Leiva, S; Zapat, M; Lezama, P; Quipuscoa, V. 2011. Floristic Checklist of the Peruvian *Lomas* Formations. *Arnaldoa* 18(1):7-32.
19. Drumm, A; Moore, A; Soles, A; Patterson; C; Terborgh, J. 2004. Un manual para los profesionales de la conservación: Desarrollo y manejo del ecoturismo. The Nature Conservancy. Virginia, US. 116 p.
20. El Comercio (Empresa Editora El Comercio, PE). 2010. Hay siete zonas en Lima bajo la mira de los traficantes de tierras para ser invadidas (en línea). *Diario El Comercio*. Consultado el 5 may. 2015. Disponible en: <http://elcomercio.pe/lima/sucesos/hay-siete-zonas-lima-bajo-mira-trafficantes-tierras-noticia-687928>
21. El Comercio (Empresa Editora El Comercio, PE). 2014. Protegen 10 lomas costeras consideradas "ecosistemas frágiles" (en línea). *Diario El Comercio*. Consultado el 5 may. 2015. Disponible en: <http://elcomercio.pe/lima/sucesos/protegen-10-lomas-costeras-consideradas-ecosistemas-fragiles-noticia-1726453>
22. Elzinga, C; Salzer, D; Willoughby, J. 1998. *Measuring & Monitoring Plant Populations*. The Nature Conservancy. Colorado, US. 477 p.
23. Engel, F. 1988. El hombre, su establecimiento y el ambiente de los andes. La vida en tierras áridas y semiáridas: Otras lomas del sur medio. Centro de Investigaciones en Zonas Áridas. Lima, PE. p. 11-41.
24. Ezcurra y Schmidt, AR. 2012. Capítulo VI – Sensibilidad Ambiental y Social. In Estudio de impacto ambiental y social previo a la prospección sísmica costa afuera: Bloque Centro Golfo San Jorge Marina. Buenos Aires, AR. 110 p.
25. Ferreti, V; Mange, G. 2009. Estudio para la elaboración de mapas de sensibilidad en los lotes 56 y 88. In Soave, G; Ferretti, V; Mange, G; Galliari, C. *Diversidad biológica en la Amazonía peruana: Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea*. Perú. 514 p.

26. Ferreyra, R. 1953. Comunidades vegetales de algunas lomas costaneras del Perú. Boletín Experimental Agrícola de "La Molina" 53:1-88.
27. Ferreyra, R. 1983. Los tipos de vegetación de la costa peruana. Anales del Jardín Botánico de Madrid 40(1):241-256.
28. Ferreyra, R. 1986. Flora y vegetación del Perú. In Gran Geografía del Perú: Naturaleza y Hombre. Lima, PE. Tomo 2:63-69.
29. Ferreyra, R. 1993. Registros de la vegetación en la costa peruana en relación con el fenómeno El Niño. Bull.Inst. fr. Études andines 22(1):259-266.
30. Ferreyra, R. 1995. Asteraceae. In Macbride, J. Flora of Peru. Fieldiana. Family Asteraceae pt. 4:1-101.
31. Field Museum, US. 2015. Botany Collections Database: Flora of the Lomas Formations (en línea). Chicago, US. Consultado 2 mar. 2015. Disponible en: http://emuweb.fieldmuseum.org/botany/search_lomas.php
32. Galán de Mera, A; Linares, E; Campos, J; Vicente, J. 2011. Interpretación fitosociológica de la vegetación de las lomas del desierto peruano. Revista de Biología Tropical 59(2):809-828.
33. Galindo-Leal, C. 1998. Métodos Cuantitativos para el Manejo de la Diversidad Biológica. Programa de Investigación Tropical. Universidad de Stanford. California, US. s.p.
34. Gilford, T; Vojtesak, M; Myles, G; Bonam, R; Martens, D. 1992. South America: South of the Amazon River. A climatological Study. USAF Environmental Technical Applications Center. Illinois, US. 716 p.
35. Giraldo, A; Véliz, C; Arellano, G; Sánchez, E. 2002. El uso de la Ley de Taylor en el establecimiento de patrones de variación espacio-temporal en poblaciones animales: dos ejemplos de aplicación. Ecología Aplicada 1(1):71-74.

36. González, F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. México D.F., MX. Instituto Nacional de Ecología. 194 p.
37. Goodall, D. 1952. Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetación. *Australian J. Sci. Res. (Series B)* 5:1-41.
38. Guezal, R; Wickel, J. 2015. Riqueza ecológica y áreas vulnerables de la bahía de Paracas. *Saber y hacer* 2(1):50-64.
39. Hair, J. 1987. Medidas de diversidad biológica. In Rodríguez, R. *Manual de técnicas de gestión de la vida silvestre*. 283-290 p.
40. Hair, J; Anderson, R; Tatham, R; Black, W. 1999. *Análisis Multivariante*. 5 ed. Madrid, ES. Prentice Hall. 799 p.
41. Halffter, G; Moreno, C. 2005. Significado biológico de las diversidad alfa, beta y gamma. In: Halffter, G; Soberón, J; Koleff, P; Melic, P. 2005. *Sobre Diversidad Biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, ES. p. 5-18.
42. Hammer, O. 2012. *Past: Paleontological Statistics, Reference Manual*. Oslo, NO. Universidad de Oslo. 229 p.
43. Hanski, I. 1988. Four kinds of extra long diapause in insects: A review of theory and observation. *Annales Zoologici Fennici* 25:37-53.
44. Hurlbert, S. 1971. The Nonconcept of Species Diversity: A critique and Alternative Parameters. *Ecology* 52(4):577-586.
45. IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). 2015. *The IUCN Red List of Threatened Species* (en línea). Consultado el 6 may. 2015. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/>

46. James, F; McCulloch, C. 1990. Multivariate analysis in ecology and systematics: Panacea or Pandora's box? *Annu. Rev. Eco. Syst.* 21:129-166.
47. Jansen, R. 1985. The Systematics of *Acmella* (Asteraceae-Heliantheae). *Systematic Botany Monographs* 8:1-115.
48. Jiménez-Valverde, A; Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8:151-161.
49. Keating, K; Quinn, J. 1998. Estimating species richness: the Michaelis-Menten modelo revisited. *Oikos* 81(2):411-416.
50. León, B; Young, K; Cano, A. 1996. Observaciones sobre la flora vascular de la Costa Central del Perú. *Arnaldoa* 4(1):67-85.
51. León, B; Cano, A; Young, K. 2002. Los helechos de las lomas costeras del Perú. *Arnaldoa* 9(2):7-42.
52. León, B; Pitman, N; Roque, J. 2006. El libro rojo de las plantas endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología* 13(2):1-966.
53. Levy, E; Madden, E. 1933. The point method of pasture analysis. *New Zealand Agric. J* 46: 267-279.
54. Lleellish, M; Odar, J; Trinidad, H. 2015. Guía de flora de las lomas de Lima. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Lima, PE. 162 p.
55. Lujan, I. 2013. Pasión por las bucólicas Lomas de Carabayllo (en línea). *Rumbos de Sol y Piedra*. Consultado el 5 may. 2015. Disponible en: <http://www.rumbosdelperu.com/pasion-por-las-bucolicas-lomas-de-carabayllo-V898.html>

56. MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, PE). 2006. Decreto Supremo N° 043-2006-AG: Aprueban categorización de especies amenazadas de flora silvestre. Diario El Peruano. Lima, PE. p. 323527-323539.
57. MINAM (Ministerio del Ambiente, PE). 2012. Memoria descriptiva del mapa de cobertura vegetal del Perú. Lima, PE, 76 p.
58. MINEM (Ministerio de Energía y Minas, PE). 2015. Resolución Ministerial N° 116-2015-MEM/DM. 3 p.
59. Macbride, J. 1936. Agavaceae y Amaryllidaceae. In Macbride, J. Flora of Peru. Field Museum of Natural History and Botanical Series v. 13, pt. 1(3):421-768.
60. Macbride, J. 1937a. Amaranthaceae. In Macbride, J. Flora of Peru. Field Museum of Natural History and Botanical Series v. 13, pt. 2(2):257-661.
61. Macbride, J. 1937b. Cucurbitaceae. In Macbride, J. Flora of Peru. Field Museum of Natural History and Botanical Series v. 13, pt. 4(2):265-491.
62. Macbride, J. 1941. Loasaceae. In Macbride, J. Flora of Peru. Field Museum of Natural History and Botanical Series v. 13, pt. 4(1):1-566.
63. Macbride, J. 1956. Malvaceae. In Macbride, J. Flora of Peru. Field Museum of Natural History and Botanical Series v. 13, pt. 3-A(2):291-746.
64. Macbride, J. 1960. Boraginaceae y Verbenaceae. In Macbride, J. Flora of Peru. Field Museum of Natural History and Botanical Series v. 13, pt. 5(2):539-854.
65. Macbride, J. 1962. Solanaceae. In Macbride, J. Flora of Peru. Field Museum of Natural History and Botanical Series v. 13, pt. 5-B(1):1-267.
66. Magurran, A. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Princeton University Press. New Jersey, US. 179 p.

67. Margalef, R. 1980. La biósfera: entre la termodinámica y el juego. Editorial Omega. Barcelona, ES. 236 p.
68. Margalef, R. 1982. Ecología. Editorial Omega. Barcelona, ES. 951 p.
69. Margalef, R. 2002. Teoría de los sistemas ecológicos. Editorial Alfaomega. México D.F., MX. 290 p.
70. Martínez, A; Muñoz, J; Pascual, A. 2004. Tamaño de muestra y precisión estadística. Universidad de Almería. Almería, ES. 297 p.
71. Matteucci, S; Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Washington D.C. USA. Secretaría General de la OEA. 169 p.
72. May, R. 1973. Complexity and stability in model ecosystems. Princeton University Press. New Jersey, US. 304 p.
73. McArdle, B; Gaston, K; Lwaton, J. 1990. Variation in the size of animal populations: Patterns, problems and artefacts. *Journal of Animal Ecology* 59:439-454.
74. Mendoza, A. et al. 2004. Dinámica y cambios en la composición florística y conservación de las lomas de Carabayllo durante 2002 2003 (Costa Central del Perú Lima). Laboratorio de Ecofisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática UNFV. Lima, PE. s.p.
75. Mendoza, R. 2013. Las verdes lomas del invierno (en línea). *Diario La República*. Consultado el 5 may. 2015. Disponible en: <http://larepublica.pe/25-08-2013/las-verdes-lomas-del-invierno>
76. Moreno, C; Halffter, G. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology* 37:149-158.

77. Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, ES. 84 p.
78. Mostacero, J; Mejía, F; Zelada, W; Medina, C. 2007. Biogeografía del Perú. ANR. Lima, PE. p. 125-160.
79. Mueller-Dombois, D; Ellenberg, H. 2002. Aims and methods of Vegetation Ecology. New Jersey, US. The Blackburn Press. 286 p.
80. Muenchow, J; Brauning, A; Rodríguez, E; von Wehrden, H. 2013. Predictive mapping of species richness and plant species' distributions of a Peruvian fog oasis along an altitudinal gradient. *Biotropica* 45(5): 557-566.
81. Muenchow, J; Hauenstein, S; Brauning, A; Baumler, R; Rodríguez, E; von Wehrden, H. 2013. Soil texture and altitude, respectively, largely determine the floristic gradient of the most diverse fog oasis in the Peruvian desert. *Journal of Tropical Ecology* 29: 427-438.
82. MML ((Municipalidad Metropolitana de Lima, PE). 2011. Estudio específico de lomas de Carabayllo: Diagnóstico. Comisión Metropolitana de Desarrollo Urbano, Vivienda y Nomenclatura. 17 p.
83. MML (Municipalidad Metropolitana de Lima, PE). 2015. Plan Metropolitano de Desarrollo Urbano: PLAM Lima y Callao 2035. Instituto Metropolitano de Planificación. v. 3, t. 1, 380 p.
84. NHM (Natural History Museum, UK). 2015. Solanaceae: A global taxonomic resource for the nightshade family (en línea). Consultado 16 feb. 2015. Disponible en: <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/solanaceaesource/>
85. Núñez, J. 2000. Fundamentos de edafología. 2 ed. San José, CR. Editorial EUNED 188 p.

86. Odum, E. 1980. La diversidad como función del flujo de energía. In Van Dobben, W; Lowe-Mc Connell, R. Conceptos Unificadores en Ecología. Barcelona, ES. p. 14-18.
87. Oka, S; Ogawa, H. 1984. The distribution of lomas vegetation and its climatic environments along the pacific coast of Peru. Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University 19:113-123.
88. Ono, M. 1982. Classification of the Lomas Vegetation in Peruvian Coast. In Ono, M. A preliminary Report of Taxonomic and Ecological Studies on the Lomas Vegetation in the Pacific Coast of Peru. Tokyo Metropolitan University. Tokyo JP. p. 11-17.
89. ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, PE). 1976. Mapa Ecológico del Perú: Guía Explicativa. Lima. 274 p.
90. Parton, W; Schimel, D; Cole, C; Ojima, D. 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. Soil Science Society of America Journal 51:1173-1179.
91. Perú Consult. 2008. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto “Ampliación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado para el Esquema Las Lomas de Carabayllo”. Lima, PE. 179 p.
92. Pielou, E. 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons Ed. New York, US. 165 p.
93. Pinche, C. 1986. Estudio de las condiciones climáticas y de la niebla en la costa norte de Lima. Tesis Ing. Met. Lima, PE, UNALM. 166 p.
94. Poissonet, P; Poissonet, J. 1969. Étude compare de diverses methods d’analyses de la végétation des formations herbacees denses et permanentes. Centre National de la Recherche Scientifique. Montpellier, FR. 120 p.
95. Quideau, S; Chadwick, O; Benesi, A; Graham, R; Anderson, M. 2001. A direct link between forest vegetation type and soil organic matter composition. Geoderma 104:41-60.

96. Quinn, G; Keough, M. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. New York, US. Cambridge University Press. 537 p.
97. Quinn, W; Neal, V. 1987. El Niño occurrences over the past four and a half centuries. *Journal of Geophysical Research* 92(13):14449-14461.
98. Quispe, J. 1996. Levantamiento edafológico y evaluación de tierras de las Lomas de Atiquipa. Tesis Ing. Agr. Lima, PE, UNALM. 105 p.
99. Ramírez, A. 2005. *Ecología Aplicada: Diseño y Análisis Estadístico*. Bogotá, CO. Fundación Universidad de Bogotá. 321 p.
100. Ramírez, A. 2006. *Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Bogotá, CO. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. 273 p.
101. Ramírez, D; Sánchez, E; Quinteros, Z. 2000. Muestreo para monitoreo de cobertura en lomas Morro Quemado. *Arnaldoa* 7(1-2):49-64.
102. Reynolds, H; Hungate, B; Chapin III, F; D'Antonio, C. 1997. Soil heterogeneity and plant competition in an annual grassland. *Ecology* 78(7):2076-2090.
103. Rivera, F; Pavez, C. 2012. Planificación y gestión del ecoturismo comunitario con comunidades indígenas. *World Wildlife Fund*. Valdivia, Chile. 44 p.
104. Roem, W; Berendse, F. 2000. Soil acidity and nutrient supply ratio as possible factors determining changes in plant species diversity in grassland and heathland communities. *Biological Conservation* 92:151-161.
105. Rostworowski, M. 1981. *Recursos naturales renovables y pesca, siglos XVI y XVII*. Lima, PE. Instituto de Estudios Peruanos. 330 p.
106. Rundel, P; Dillon, M; Palma, B; Mooney, H; Gulmon, S; Ehleringer, J. 1991. The phytogeography and ecology of the coastal Atacama and Peruvian deserts. *Aliso* 13(1):1-49.

107. Sánchez, E. 1986. El muestreo como alternativa para evaluar poblaciones de vicuñas en Pampas Galeras. Tesis Lic. Bio. Lima, PE, UNALM. 83 p.
108. Schmidt, W; Torn, M; Abiven, S; Dittmar, T; Guggenberger, G; Janssens, I; Kleber, M; Kögel-Knabner, I; Lehmann, J; Manning, D; Nannipieri, P; Rasse, D; Weiner, S; Trumbore, S. 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478:49-56
109. Soberón, J; Loevinsohn, M. 1987. Patterns of Variations in the Numbers of Animal Populations and the Biological Foundations of Taylor's Law of the Mean. *Oikos* 48(3):249-252.
110. Southwood, T; Henderson, P. 2000. *Ecological methods*. 3 ed. Oxford, US. Blackwell Science. 575 p.
111. Sutherland, W. 2006. *Ecological Census Techniques: A handbook*. 2 ed. New York, US. Cambridge University Press. 432 p.
112. Teixeira, V. 2000. El efecto del evento El Niño en la variación de la diversidad de la vegetación herbácea de la Reserva Nacional de Lachay. Tesis Lic. Bio. Lima, PE, UNALM. 98 p.
113. Theodose, T; Bowman, W. 1997. Nutrient availability, plant abundance, and species diversity in two alpine tundra communities. *Ecology* 78(6):1861-1872.
114. Tilman, D. 1984. Plant dominance along an experimental nutrient gradient. *Ecology* 65(5):1445-1453-
115. Tinoco, J. 1969. Génesis, morfología y clasificación de entisoles y aridisoles de las Lomas de Lachay. Tesis Ing. Agr. Lima, PE, UNALM. 76 p.
116. Tovar, C. 2003. Análisis de la resiliencia de las comunidades herbáceas de las Lomas de Lachay, provincia de Huaura, Departamento de Lima después de la perturbación por el evento El Niño 1997-1998. Tesis Lic. Bio. Lima, PE, UNALM. 151 p.

117. Torres, J. 1981. Productividad primaria y cuantificación de los factores ecológicos que la determinan, en las lomas costaneras del centro del Perú. Tesis Lic. Bio. Lima, PE, UNALM. 106 p.
118. Trinidad, H; Huamán-Melo, E; Delgado, A; Cano, A. 2012. Flora vascular de las lomas de Villa María y Amancaes, Lima, Perú. Rev. Peru. Biol. 19(2):149-158.
119. Tropicos. 2015. Missouri Botanical Garden (en línea). Missouri, US. Consultado 20 mar. 2015. Disponible en: <http://tropicos.org/>
120. Urgilés, C; Townsend, W; Agnew, R; Mimi, C. 2009. Manual práctico para el monitoreo biológico participativo. Instituto para la Conservación y Capacitación Ambiental. Sucumbíos, EC. 32 p.
121. Utrera, A. 2004. Metodología para evaluar sensibilidad de hábitat basada en el recurso fauna silvestre. Rev. Unell. Cienc. Tec. 22:56-72.
122. Vivanco, M. 2005. Muestreo estadístico: Diseño y Aplicaciones. Santiago de Chile, CL. Editorial Universitaria. 213 p.
123. Walkley, A. 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soil - Effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. Soil Sci 63:251-263.
124. Walsh Perú. 2010a. 2.0 Línea Base Biológica. In Walsh Perú. 2010. Estudio de Impacto Ambiental del sistema de transporte pandino del sur. Kuntur S.A. Lima, PE. 82 p.
125. Walsh Perú. 2010b. 4.5.1 Sensibilidad Componente Biológico. In Walsh Perú. 2010. Estudio de Impacto Ambiental semidetallado de la Prospección Sísmica 2D en los lotes 123 y 124. Repsol Perú S.A. Lima, PE. 36 p.

126. Walsh Perú. 2011a. 4.2.9 Análisis de Sensibilidad Biológica. In Walsh Perú. 2011. Estudio de Impacto Ambiental del Programa de Perforación de Cinco Pozos Exploratorios y Cuatro Pozos confirmatorios en el Lote 114. CEPSA PERÚ. Lima, PE 42 p.
127. Walsh Perú. 2011b. 4.5 Sensibilidad Ambiental. In Walsh Perú. 2011. Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de Desarrollo del Área Sur del Campo Kinteroni. Repsol Perú S.A. Lima, PE. 26 p.
128. Watson, I; Novelly, P. 2004. Making the biodiversity monitoring system sustainable: Design issues for large-scale monitoring systems. *Austral Ecology* 29:16-30.
129. Weberbauer, A. 1945. El mundo vegetal de los andes peruanos. Lima, PE. Estación experimental agrícola de La Molina Ministerio de Agricultura. p. 221-270.
130. Wotherspoon, P; Marks, D; Solsberg, L; West, M. 1997. Guía para el desarrollo de mapas de sensibilidad ambiental para la planificación y respuesta ante derrames de hidrocarburos. Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y El Caribe. Montevideo, UY. 47 p.
131. Xiong, S; Johansson, M; Hughes, F; Hayes, A; Richards, K; Nilsson, C. 2003. Interactive effects of soil moisture, vegetation canopy, plant litter and seed addition on plant diversity in a wetland community. *Journal of Ecology* 91:976-986

IX. ANEXOS

Anexo 1. Listado completo de especies según su registro cuantitativo o cualitativo.

Familia	Genero	Especie	Grupo Funcional	Registro cuantitativo	Registro cualitativo
Asteraceae	<i>Acmella</i>	<i>Acmella alba</i> (L'Hér.) R.K.Jansen	Hierba perenne	a	
Amaranthaceae	<i>Alternanthera</i>	<i>Alternanthera halimifolia</i> (Lam.) Standl. ex Pittier	Hierba perenne	a	
Asparagaceae	<i>Anthericum</i>	<i>Anthericum eccremorrhizum</i> Ruiz & Pav.	Hierba bulbífera	a	
Papaveraceae	<i>Argemone</i>	<i>Argemone subfusiformis</i> G.B. Ownbey	Hierba perenne		b
Caprifoliaceae	<i>Astrephia</i>	<i>Astrephia chaerophylloides</i> (Sm.) DC.	Hierba anual		b
Begoniaceae	<i>Begonia</i>	<i>Begonia geraniifolia</i> Hook.	Hierba bulbífera		b
Begoniaceae	<i>Begonia</i>	<i>Begonia octopetala</i> L'Hér.	Hierba bulbífera		b
Caricaceae	<i>Carica</i>	<i>Carica candicans</i> A. Gray	Arbustivo		b
Amaranthaceae	<i>Chenopodium</i>	<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth	Hierba anual	a	
Crassulaceae	<i>Crassula</i>	<i>Crassula ovata</i> (Mill.) Druce	Hierba anual		b
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>Croton alnifolius</i> Lam.	Subarbustivo		b
Cucurbitaceae	<i>Cyclanthera</i>	<i>Cyclanthera mathewsii</i> Arn.	Hierba anual	a	
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	<i>Eucalyptus</i> sp.	Arbóreo		b
Malvaceae	<i>Fuertesimalva</i>	<i>Fuertesimalva peruviana</i> (L.) Fryxell	Hierba anual	a	
Cactaceae	<i>Haageocereus</i>	<i>Haageocereus limensis</i> (Salm-Dyck) F. Ritter	Cactioide	a	
Boraginaceae	<i>Heliotropium</i>	<i>Heliotropium lanceolatum</i> Ruiz & Pav.	Subarbustivo		b
Boraginaceae	<i>Heliotropium</i>	<i>Heliotropium</i> sp. 1	Subarbustivo	a	
Boraginaceae	<i>Heliotropium</i>	<i>Heliotropium</i> sp. 2	Subarbustivo		b
Boraginaceae	<i>Heliotropium</i>	<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	Subarbustivo	a	
Boraginaceae	<i>Heliotropium</i>	<i>Heliotropium arborescens</i> L.	Subarbustivo	a	
Boraginaceae	<i>Heliotropium</i>	<i>Heliotropium rufipilum</i> (Benth.) I.M.Johnst.	Subarbustivo	a	
Loasaceae	<i>Loasa</i>	<i>Loasa nitida</i> Desr.	Hierba anual	a	
Lamiaceae	<i>Mesosphaerum</i>	<i>Mesosphaerum sidifolium</i> (L'Hér.) Harley & J.F.B. Pastore	Hierba anual	a	
Loasaceae	<i>Nasa</i>	<i>Nasa urens</i> (Jacq.) Weigend	Hierba anual		b
Solanaceae	<i>Nicotiana</i>	<i>Nicotiana paniculata</i> L.	Hierba anual	a	
Solanaceae	<i>Nolana</i>	<i>Nolana humifusa</i> (Gouan) I.M. Johnst.	Hierba tuberífera		b
Asteraceae	<i>Ophryosporus</i>	<i>Ophryosporus floribundus</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	Subarbustivo	a	
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	<i>Oxalis megalorrhiza</i> Jacq.	Hierba tuberífera		b
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	<i>Oxalis</i> sp.	Hierba tuberífera		b
Urticaceae	<i>Parietaria</i>	<i>Parietaria debilis</i> G.Forst.	Hierba anual	a	
Asteraceae	<i>Philoglossa</i>	<i>Philoglossa peruviana</i> DC.	Hierba anual		b
Poaceae	<i>Rostraria</i>	<i>Rostraria trachyantha</i> (Phil.) Tzvelev ex Soreng	Hierba anual	a	
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia rhombifolia</i> Ruiz & Pav.	Hierba anual	a	
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia tubiflora</i> Sm.	Hierba anual	a	
Cucurbitaceae	<i>Sicyos</i>	<i>Sicyos baderoa</i> Hook. & Arn.	Hierba anual	a	
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum montanum</i> L.	Hierba tuberífera	a	
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum peruvianum</i> L.	Hierba perenne	a	
Asteraceae	<i>Sonchus</i>	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Hierba perenne	a	
Caryophyllaceae	<i>Stellaria</i>	<i>Stellaria cuspidata</i> D.F.K. Schldtl.	Hierba anual		b
Caryophyllaceae	<i>Stellaria</i>	<i>Stellaria</i> sp.	Hierba anual		b
Amaryllidaceae	<i>Stenomesson</i>	<i>Stenomesson flavum</i> (Ruiz & Pav.) Herb.	Hierba bulbífera	a	
Asteraceae	<i>Trixis</i>	<i>Trixis cacalioides</i> (Kunth) D.Don	Subarbustivo	a	
Urticaceae	<i>Urtica</i>	<i>Urtica urens</i> L.	Hierba anual		b
Malvaceae	<i>Waltheria</i>	<i>Waltheria ovata</i> Cav.	Hierba anual		b
Especies no identificadas		Sp. 1		a	
		Sp. 2			b
		Sp. 3			b

(a): Registro cuantitativo. (b). Registro cualitativo. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Listado completo de especies y su incidencia durante todo el estudio.

Especie	T1							T2						
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total
<i>Acmella alba</i> (L'Hér.) R.K.Jansen				b			b							
<i>Alternanthera halimifolia</i> (Lam.) Standl. ex Pittier	a		a	a	a		a							
<i>Anthericum eccremorhizum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Argemone subfusiformis</i> G.B. Ownbey														
<i>Astrephia chaerophylloides</i> (Sm.) DC.														
<i>Begonia geraniifolia</i> Hook.														
<i>Begonia octopetala</i> L'Hér.			b				b							
<i>Carica candicans</i> A. Gray														
<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth				b	a		a							
<i>Crassula ovata</i> (Mill.) Druce														
<i>Croton alnifolius</i> Lam.										b				b
<i>Cyclanthera mathewsii</i> Arn.														
<i>Eucalyptus</i> sp.		b		b	b		b							
<i>Fuertesimalva peruviana</i> (L.) Fryxell			a	a			a			b				b
<i>Haageocereus limensis</i> (Salm-Dyck) F. Ritter														
<i>Heliotropium lanceolatum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Heliotropium</i> sp. 1														
<i>Heliotropium</i> sp. 2														
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray														
<i>Heliotropium arborescens</i> L.														
<i>Heliotropium rufipilum</i> (Benth.) I.M.Johnst.														
<i>Loasa nitida</i> Desr.														
<i>Mesosphaerum sidifolium</i> (L'Hér.) Harley & J.F.B. Pastore														
<i>Nasa urens</i> (Jacq.) Weigend				b			b							
<i>Nicotiana paniculata</i> L.				a	a		a							
<i>Nolana humifusa</i> (Gouan) I.M. Johnst.														
<i>Ophryosporus floribundus</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.					b		b							
<i>Oxalis megalorrhiza</i> Jacq.														
<i>Oxalis</i> sp.														
<i>Parietaria debilis</i> G.Forst.			a	a			a			b	a			a
<i>Philoglossa peruviana</i> DC.														
<i>Rostraria trachyantha</i> (Phil.) Tzvelev ex Soreng			b	a			a			a				a
<i>Salvia rhombifolia</i> Ruiz & Pav.				a			a							
<i>Salvia tubiflora</i> Sm.			a	b		b	a							
<i>Sicyos baderoa</i> Hook. & Arn.														
<i>Solanum montanum</i> L.			a	b			a			b				b
<i>Solanum peruvianum</i> L.			b	a	b		a							
<i>Sonchus oleraceus</i> L.														
<i>Stellaria cuspidata</i> D.F.K. Schltdl.														
<i>Stellaria</i> sp.														
<i>Stenomesson flavum</i> (Ruiz & Pav.) Herb.			b	a		b	a						b	b
<i>Trixis cacalioides</i> (Kunth) D.Don		a	b		b	a	a		a		b	a	b	a
<i>Urtica urens</i> L.														
<i>Waltheria ovata</i> Cav.														
Sp. 1														
Sp. 2														
Sp. 3														
Total de registros cuantitativos (a)	1	1	5	8	3	1	12	0	1	1	1	1	0	3
Total de registros cualitativos (b)	0	1	5	6	4	2	5	0	0	4	1	0	2	4
Total de Registros	1	2	10	14	7	3	17	0	1	5	2	1	2	7

(a): Registro cuantitativo. (b). Registro cualitativo. Fuente: Elaboración propia.

(Continuación)

Especie	T3							T4						
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total
<i>Acmella alba</i> (L'Hér.) R.K.Jansen				a			a							
<i>Alternanthera halimifolia</i> (Lam.) Standl. ex Pittier				b	b		b	a	a	a	a	a		a
<i>Anthericum eccremorhizum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Argemone subfusiformis</i> G.B. Ownbey														
<i>Astrephia chaerophylloides</i> (Sm.) DC.											b			b
<i>Begonia geraniifolia</i> Hook.														
<i>Begonia octopetala</i> L'Hér.			b				b			b				b
<i>Carica candicans</i> A. Gray														
<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth										b			b	b
<i>Crassula ovata</i> (Mill.) Druce														
<i>Croton alnifolius</i> Lam.														
<i>Cyclanthera mathewsii</i> Arn.										a	a			a
<i>Eucalyptus</i> sp.														
<i>Fuertesimalva peruviana</i> (L.) Fryxell				a			a			a	a			a
<i>Haageocereus limensis</i> (Salm-Dyck) F. Ritter														
<i>Heliotropium lanceolatum</i> Ruiz & Pav.											b			b
<i>Heliotropium</i> sp. 1														
<i>Heliotropium</i> sp. 2													b	b
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray			a				a			b				b
<i>Heliotropium arborescens</i> L.				b			b				b	a		a
<i>Heliotropium rufipilum</i> (Benth.) I.M.Johnst.								a	a		a	b		a
<i>Loasa nitida</i> Desr.														
<i>Mesosphaerum sidifolium</i> (L'Hér.) Harley & J.F.B. Pastore														
<i>Nasa urens</i> (Jacq.) Weigend														
<i>Nicotiana paniculata</i> L.			b	a	b		a			b	a	b		a
<i>Nolana humifusa</i> (Gouan) I.M. Johnst.											b	b		b
<i>Ophryosporus floribundus</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.										b	b			b
<i>Oxalis megalorrhiza</i> Jacq.											b			b
<i>Oxalis</i> sp.										b				b
<i>Parietaria debilis</i> G.Forst.			b	a			a			b	a			a
<i>Philoglossa peruviana</i> DC.											b			b
<i>Rostraria trachyantha</i> (Phil.) Tzvelev ex Soreng			a	a			a				a			a
<i>Salvia rhombifolia</i> Ruiz & Pav.											a			a
<i>Salvia tubiflora</i> Sm.										b	a			a
<i>Sicyos baderoa</i> Hook. & Arn.														
<i>Solanum montanum</i> L.											b			b
<i>Solanum peruvianum</i> L.					b	b	b	b	a	a	a	a	a	a
<i>Sonchus oleraceus</i> L.											b			b
<i>Stellaria cuspidata</i> D.F.K. Schldtl.											b			b
<i>Stellaria</i> sp.														
<i>Stenomesson flavum</i> (Ruiz & Pav.) Herb.										b			a	a
<i>Trixis cacalioides</i> (Kunth) D.Don								b	b	b	b	a	a	a
<i>Urtica urens</i> L.											b			b
<i>Waltheria ovata</i> Cav.														
Sp. 1														
Sp. 2														
Sp. 3										b				b
Total de registros cuantitativos (a)	0	0	2	5	0	0	6	2	3	4	10	4	3	13
Total de registros cualitativos (b)	0	0	3	2	3	1	4	2	1	11	12	3	2	16
Total de Registros	0	0	5	7	3	1	10	4	4	15	22	7	5	29

(a): Registro cuantitativo. (b). Registro cualitativo. Fuente: Elaboración propia.

(Continuación)

Especie	T5							T6						
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total
<i>Acmella alba</i> (L'Hér.) R.K.Jansen														
<i>Alternanthera halimifolia</i> (Lam.) Standl. ex Pittier				b	b		b							
<i>Anthericum eccremorrhizum</i> Ruiz & Pav.				a			a				a			a
<i>Argemone subfusiformis</i> G.B. Ownbey														
<i>Astrephia chaerophylloides</i> (Sm.) DC.														
<i>Begonia geraniifolia</i> Hook.														
<i>Begonia octopetala</i> L'Hér.														
<i>Carica candicans</i> A. Gray														
<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth														
<i>Crassula ovata</i> (Mill.) Druce														
<i>Croton alnifolius</i> Lam.														
<i>Cyclanthera mathewsii</i> Arn.														
<i>Eucalyptus</i> sp.														
<i>Fuertesimalva peruviana</i> (L.) Fryxell				b			b							
<i>Haageocereus limensis</i> (Salm-Dyck) F. Ritter				b			b							
<i>Heliotropium lanceolatum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Heliotropium</i> sp. 1														
<i>Heliotropium</i> sp. 2														
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray														
<i>Heliotropium arborescens</i> L.														
<i>Heliotropium rufipilum</i> (Benth.) I.M.Johnst.														
<i>Loasa nitida</i> Desr.														
<i>Mesosphaerum sidifolium</i> (L'Hér.) Harley & J.F.B. Pastore														
<i>Nasa urens</i> (Jacq.) Weigend														
<i>Nicotiana paniculata</i> L.			b	b			b	a						a
<i>Nolana humifusa</i> (Gouan) I.M. Johnst.														
<i>Ophryosporus floribundus</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.														
<i>Oxalis megalorrhiza</i> Jacq.														
<i>Oxalis</i> sp.														
<i>Parietaria debilis</i> G.Forst.														
<i>Philoglossa peruviana</i> DC.														
<i>Rostraria trachyantha</i> (Phil.) Tzvelev ex Soreng			b				b							
<i>Salvia rhombifolia</i> Ruiz & Pav.														
<i>Salvia tubiflora</i> Sm.														
<i>Sicyos baderoa</i> Hook. & Arn.														
<i>Solanum montanum</i> L.														
<i>Solanum peruvianum</i> L.														
<i>Sonchus oleraceus</i> L.														
<i>Stellaria cuspidata</i> D.F.K. Schltdl.														
<i>Stellaria</i> sp.														
<i>Stenomesson flavum</i> (Ruiz & Pav.) Herb.														
<i>Trixis cacalioides</i> (Kunth) D.Don				b	b	b	b			b	b			b
<i>Urtica urens</i> L.														
<i>Waltheria ovata</i> Cav.														
Sp. 1														
Sp. 2														
Sp. 3														
Total de registros cuantitativos (a)	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	2
Total de registros cualitativos (b)	0	0	2	5	2	1	6	0	0	1	1	0	0	1
Total de Registros	0	0	2	6	2	1	7	1	0	1	2	0	0	3

(a): Registro cuantitativo. (b). Registro cualitativo. Fuente: Elaboración propia.

(Continuación)

Especie	T7							T8						
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total
<i>Acmella alba</i> (L'Hér.) R.K.Jansen														
<i>Alternanthera halimifolia</i> (Lam.) Standl. ex Pittier	a	a		a			a							
<i>Anthericum eccremorrhizum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Argemone subfusiformis</i> G.B. Ownbey														
<i>Astrephia chaerophylloides</i> (Sm.) DC.														
<i>Begonia geraniifolia</i> Hook.														
<i>Begonia octopetala</i> L'Hér.														
<i>Carica candicans</i> A. Gray														
<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth			a				a							
<i>Crassula ovata</i> (Mill.) Druce														
<i>Croton alnifolius</i> Lam.														
<i>Cyclanthera mathewsii</i> Arn.														
<i>Eucalyptus</i> sp.														
<i>Fuertesimalva peruviana</i> (L.) Fryxell														
<i>Haageocereus limensis</i> (Salm-Dyck) F. Ritter	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
<i>Heliotropium lanceolatum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Heliotropium</i> sp. 1														
<i>Heliotropium</i> sp. 2														
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	b	b				b	b							
<i>Heliotropium arborescens</i> L.			b				b							
<i>Heliotropium rufipilum</i> (Benth.) I.M.Johnst.					a		a							
<i>Loasa nitida</i> Desr.														
<i>Mesosphaerum sidifolium</i> (L'Hér.) Harley & J.F.B. Pastore				a			a							
<i>Nasa urens</i> (Jacq.) Weigend														
<i>Nicotiana paniculata</i> L.														
<i>Nolana humifusa</i> (Gouan) I.M. Johnst.														
<i>Ophryosporus floribundus</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	a	a	a	a	a		a						a	a
<i>Oxalis megalorrhiza</i> Jacq.														
<i>Oxalis</i> sp.														
<i>Parietaria debilis</i> G.Forst.														
<i>Philoglossa peruviana</i> DC.														
<i>Rostraria trachyantha</i> (Phil.) Tzvelev ex Soreng														
<i>Salvia rhombifolia</i> Ruiz & Pav.														
<i>Salvia tubiflora</i> Sm.														
<i>Sicyos baderoa</i> Hook. & Arn.														
<i>Solanum montanum</i> L.														
<i>Solanum peruvianum</i> L.			b	a	b		a						b	b
<i>Sonchus oleraceus</i> L.														
<i>Stellaria cuspidata</i> D.F.K. Schltl.														
<i>Stellaria</i> sp.														
<i>Stenomesson flavum</i> (Ruiz & Pav.) Herb.														
<i>Trixis cacalioides</i> (Kunth) D.Don	a	a	a	a	a	b	a							
<i>Urtica urens</i> L.														
<i>Waltheria ovata</i> Cav.														
Sp. 1														
Sp. 2														
Sp. 3														
Total de registros cuantitativos (a)	4	4	4	6	4	1	8	1	1	1	1	1	2	2
Total de registros cualitativos (b)	1	1	2	0	1	2	2	0	0	0	0	0	1	1
Total de Registros	5	5	6	6	5	3	10	1	1	1	1	1	3	3

(a): Registro cuantitativo. (b). Registro cualitativo. Fuente: Elaboración propia.

(Continuación)

Especie	T9							T10						
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total
<i>Acmella alba</i> (L'Hér.) R.K.Jansen														
<i>Alternanthera halimifolia</i> (Lam.) Standl. ex Pittier				a			a							
<i>Anthericum eccremorrhizum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Argemone subfusiformis</i> G.B. Ownbey														
<i>Astrephia chaerophylloides</i> (Sm.) DC.														
<i>Begonia geraniifolia</i> Hook.														
<i>Begonia octopetala</i> L'Hér.														
<i>Carica candicans</i> A. Gray														
<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth											b		b	b
<i>Crassula ovata</i> (Mill.) Druce														
<i>Croton alnifolius</i> Lam.														
<i>Cyclanthera mathewsii</i> Arn.														
<i>Eucalyptus</i> sp.														
<i>Fuertesimalva peruviana</i> (L.) Fryxell														
<i>Haageocereus limensis</i> (Salm-Dyck) F. Ritter		a	a	a	b	b	a							
<i>Heliotropium lanceolatum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Heliotropium</i> sp. 1														
<i>Heliotropium</i> sp. 2														
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray														
<i>Heliotropium arborescens</i> L.														
<i>Heliotropium rufipilum</i> (Benth.) I.M.Johnst.														
<i>Loasa nitida</i> Desr.														
<i>Mesosphaerum sidifolium</i> (L'Hér.) Harley & J.F.B. Pastore														
<i>Nasa urens</i> (Jacq.) Weigend														
<i>Nicotiana paniculata</i> L.														
<i>Nolana humifusa</i> (Gouan) I.M. Johnst.														
<i>Ophryosporus floribundus</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	a				b		a							
<i>Oxalis megalorrhiza</i> Jacq.														
<i>Oxalis</i> sp.														
<i>Parietaria debilis</i> G.Forst.														
<i>Philoglossa peruviana</i> DC.														
<i>Rostraria trachyantha</i> (Phil.) Tzvelev ex Soreng														
<i>Salvia rhombifolia</i> Ruiz & Pav.														
<i>Salvia tubiflora</i> Sm.														
<i>Sicyos baderoa</i> Hook. & Arn.														
<i>Solanum montanum</i> L.														
<i>Solanum peruvianum</i> L.					b	a	a							
<i>Sonchus oleraceus</i> L.														
<i>Stellaria cuspidata</i> D.F.K. Schltl.														
<i>Stellaria</i> sp.														
<i>Stenomesson flavum</i> (Ruiz & Pav.) Herb.														
<i>Trixis cacalioides</i> (Kunth) D.Don	a	a	a		b	b	a		b		b			b
<i>Urtica urens</i> L.														
<i>Waltheria ovata</i> Cav.														
Sp. 1														
Sp. 2														
Sp. 3														
Total de registros cuantitativos (a)	2	2	2	2	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0
Total de registros cualitativos (b)	0	0	0	0	4	2	0	0	1	0	2	0	1	2
Total de Registros	2	2	2	2	4	3	5	0	1	0	2	0	1	2

(a): Registro cuantitativo. (b). Registro cualitativo. Fuente: Elaboración propia.

(Continuación)

Especie	T11							T12						
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total
<i>Acmella alba</i> (L'Hér.) R.K.Jansen														
<i>Alternanthera halimifolia</i> (Lam.) Standl. ex Pittier			b				b				b	a	a	a
<i>Anthericum eccremorhizum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Argemone subfusiformis</i> G.B. Ownbey														
<i>Astrephia chaerophylloides</i> (Sm.) DC.														
<i>Begonia geraniifolia</i> Hook.														
<i>Begonia octopetala</i> L'Hér.														
<i>Carica candicans</i> A. Gray														
<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth											b	a	a	a
<i>Crassula ovata</i> (Mill.) Druce											b			b
<i>Croton alnifolius</i> Lam.														
<i>Cyclanthera mathewsii</i> Arn.														
<i>Eucalyptus</i> sp.														
<i>Fuertesimalva peruviana</i> (L.) Fryxell											b			b
<i>Haageocereus limensis</i> (Salm-Dyck) F. Ritter														
<i>Heliotropium lanceolatum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Heliotropium</i> sp. 1														
<i>Heliotropium</i> sp. 2														
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray		b				b	b						a	a
<i>Heliotropium arborescens</i> L.														
<i>Heliotropium rufipilum</i> (Benth.) I.M.Johnst.		b					b							
<i>Loasa nitida</i> Desr.														
<i>Mesosphaerum sidifolium</i> (L'Hér.) Harley & J.F.B. Pastore														
<i>Nasa urens</i> (Jacq.) Weigend														
<i>Nicotiana paniculata</i> L.										b	b			b
<i>Nolana humifusa</i> (Gouan) I.M. Johnst.														
<i>Ophryosporus floribundus</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.														
<i>Oxalis megalorrhiza</i> Jacq.														
<i>Oxalis</i> sp.														
<i>Parietaria debilis</i> G.Forst.										a	b			a
<i>Philoglossa peruviana</i> DC.														
<i>Rostraria trachyantha</i> (Phil.) Tzvelev ex Soreng									b					b
<i>Salvia rhombifolia</i> Ruiz & Pav.														
<i>Salvia tubiflora</i> Sm.														
<i>Sicyos baderoa</i> Hook. & Arn.														
<i>Solanum montanum</i> L.														
<i>Solanum peruvianum</i> L.		b				b	b	a	b		b	b	a	a
<i>Sonchus oleraceus</i> L.														
<i>Stellaria cuspidata</i> D.F.K. Schltdl.														
<i>Stellaria</i> sp.														
<i>Stenomesson flavum</i> (Ruiz & Pav.) Herb.													b	b
<i>Trixis cacalioides</i> (Kunth) D.Don		b				b	b	a		b	b	b	b	a
<i>Urtica urens</i> L.														
<i>Waltheria ovata</i> Cav.														
Sp. 1											a			a
Sp. 2												b		b
Sp. 3														
Total de registros cuantitativos (a)	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	2	4	7
Total de registros cualitativos (b)	0	4	1	0	0	3	5	0	2	2	8	3	2	6
Total de Registros	0	4	1	0	0	3	5	2	2	3	9	5	6	13

(a): Registro cuantitativo. (b). Registro cualitativo. Fuente: Elaboración propia.

(Continuación)

Especie	T13							T14						
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total
<i>Acmella alba</i> (L'Hér.) R.K.Jansen														
<i>Alternanthera halimifolia</i> (Lam.) Standl. ex Pittier														
<i>Anthericum eccremorrhizum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Argemone subfusiformis</i> G.B. Ownbey														
<i>Astrephia chaerophylloides</i> (Sm.) DC.														
<i>Begonia geraniifolia</i> Hook.														
<i>Begonia octopetala</i> L'Hér.														
<i>Carica candicans</i> A. Gray														
<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth														
<i>Crassula ovata</i> (Mill.) Druce														
<i>Croton alnifolius</i> Lam.														
<i>Cyclanthera mathewsii</i> Arn.														
<i>Eucalyptus</i> sp.														
<i>Fuertesimalva peruviana</i> (L.) Fryxell														
<i>Haageocereus limensis</i> (Salm-Dyck) F. Ritter	a		a	a			a							
<i>Heliotropium lanceolatum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Heliotropium</i> sp. 1														
<i>Heliotropium</i> sp. 2														
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray														
<i>Heliotropium arborescens</i> L.														
<i>Heliotropium rufipilum</i> (Benth.) I.M.Johnst.														
<i>Loasa nitida</i> Desr.														
<i>Mesosphaerum sidifolium</i> (L'Hér.) Harley & J.F.B. Pastore														
<i>Nasa urens</i> (Jacq.) Weigend														
<i>Nicotiana paniculata</i> L.														
<i>Nolana humifusa</i> (Gouan) I.M. Johnst.														
<i>Ophryosporus floribundus</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.														
<i>Oxalis megalorrhiza</i> Jacq.														
<i>Oxalis</i> sp.														
<i>Parietaria debilis</i> G.Forst.														
<i>Philoglossa peruviana</i> DC.														
<i>Rostraria trachyantha</i> (Phil.) Tzvelev ex Soreng														
<i>Salvia rhombifolia</i> Ruiz & Pav.														
<i>Salvia tubiflora</i> Sm.		b					b							
<i>Sicyos baderoa</i> Hook. & Arn.														
<i>Solanum montanum</i> L.														
<i>Solanum peruvianum</i> L.								a						a
<i>Sonchus oleraceus</i> L.														
<i>Stellaria cuspidata</i> D.F.K. Schltl.														
<i>Stellaria</i> sp.														
<i>Stenomesson flavum</i> (Ruiz & Pav.) Herb.														
<i>Trixis cacalioides</i> (Kunth) D.Don					a	a	a	a	b	b				a
<i>Urtica urens</i> L.														
<i>Waltheria ovata</i> Cav.												b		b
Sp. 1														
Sp. 2														
Sp. 3														
Total de registros cuantitativos (a)	1	0	1	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	2
Total de registros cualitativos (b)	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1
Total de Registros	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	0	1	0	3

(a): Registro cuantitativo. (b). Registro cualitativo. Fuente: Elaboración propia.

(Continuación)

Especie	T15							T16						
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	Total
<i>Acmella alba</i> (L'Hér.) R.K.Jansen	a						a		b		b			b
<i>Alternanthera halimifolia</i> (Lam.) Standl. ex Pittier	a	a	b	a	a	a	a							
<i>Anthericum eccremorrhizum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Argemone subfusiformis</i> G.B. Ownbey														
<i>Astrephia chaerophylloides</i> (Sm.) DC.														
<i>Begonia geraniifolia</i> Hook.				b			b							
<i>Begonia octopetala</i> L'Hér.														
<i>Carica candicans</i> A. Gray														
<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth					b	b	b							
<i>Crassula ovata</i> (Mill.) Druce											b			b
<i>Croton alnifolius</i> Lam.														
<i>Cyclanthera mathewsii</i> Arn.				a			a							
<i>Eucalyptus</i> sp.														
<i>Fuertesimalva peruviana</i> (L.) Fryxell				a			a							
<i>Haageocereus limensis</i> (Salm-Dyck) F. Ritter														
<i>Heliotropium lanceolatum</i> Ruiz & Pav.														
<i>Heliotropium</i> sp. 1					a									
<i>Heliotropium</i> sp. 2														
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray														
<i>Heliotropium arborescens</i> L.														
<i>Heliotropium rufipilum</i> (Benth.) I.M.Johnst.														
<i>Loasa nitida</i> Desr.			a	a			a							
<i>Mesosphaerum sidifolium</i> (L'Hér.) Harley & J.F.B. Pastore														
<i>Nasa urens</i> (Jacq.) Weigend														
<i>Nicotiana paniculata</i> L.	a			a			a				b			b
<i>Nolana humifusa</i> (Gouan) I.M. Johnst.				b			b							
<i>Ophryosporus floribundus</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.														
<i>Oxalis megalorrhiza</i> Jacq.														
<i>Oxalis</i> sp.				b			b							
<i>Parietaria debilis</i> G.Forst.				b			b				b			b
<i>Philoglossa peruviana</i> DC.														
<i>Rostraria trachyantha</i> (Phil.) Tzvelev ex Soreng				b			b							
<i>Salvia rhombifolia</i> Ruiz & Pav.														
<i>Salvia tubiflora</i> Sm.				b	b	b	b							
<i>Sicyos baderoa</i> Hook. & Arn.			a				a							
<i>Solanum montanum</i> L.					b		b							
<i>Solanum peruvianum</i> L.				b		b	b							
<i>Sonchus oleraceus</i> L.				a			a							
<i>Stellaria cuspidata</i> D.F.K. Schltl.				b			b				b			b
<i>Stellaria</i> sp.			b				b							
<i>Stenomesson flavum</i> (Ruiz & Pav.) Herb.				b		b	b				b		b	b
<i>Trixis cacalioides</i> (Kunth) D.Don			a				a		b	b	b		b	b
<i>Urtica urens</i> L.														
<i>Waltheria ovata</i> Cav.														
Sp. 1														
Sp. 2														
Sp. 3														
Total de registros cuantitativos (a)	3	1	3	6	2	1	9	0	0	0	0	0	0	0
Total de registros cualitativos (b)	0	0	2	9	3	4	12	0	2	1	7	0	2	7
Total de Registros	3	1	5	15	5	5	21	0	2	1	7	0	2	7

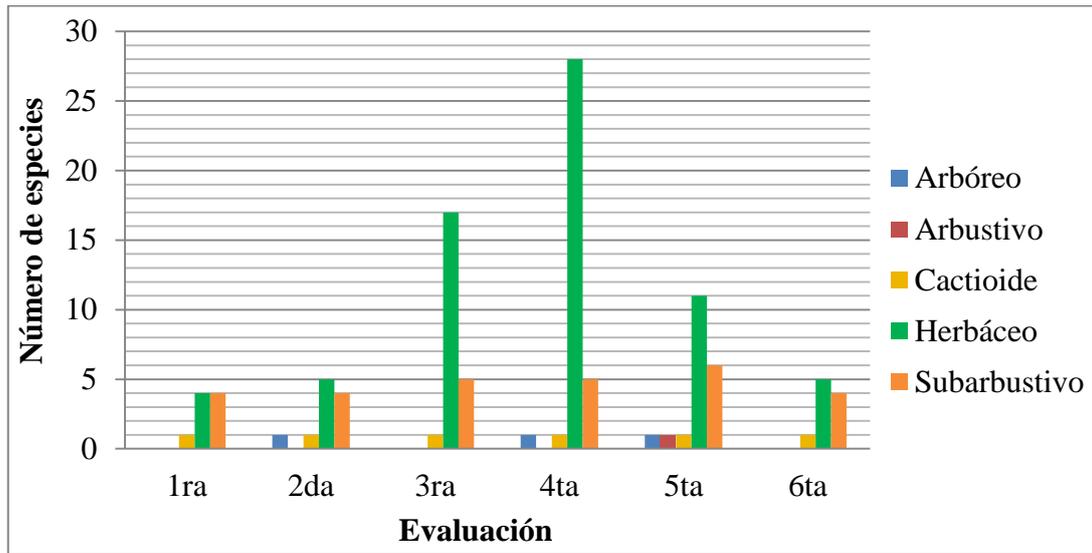
(a): Registro cuantitativo. (b). Registro cualitativo. Fuente: Elaboración propia.

(Continuación)

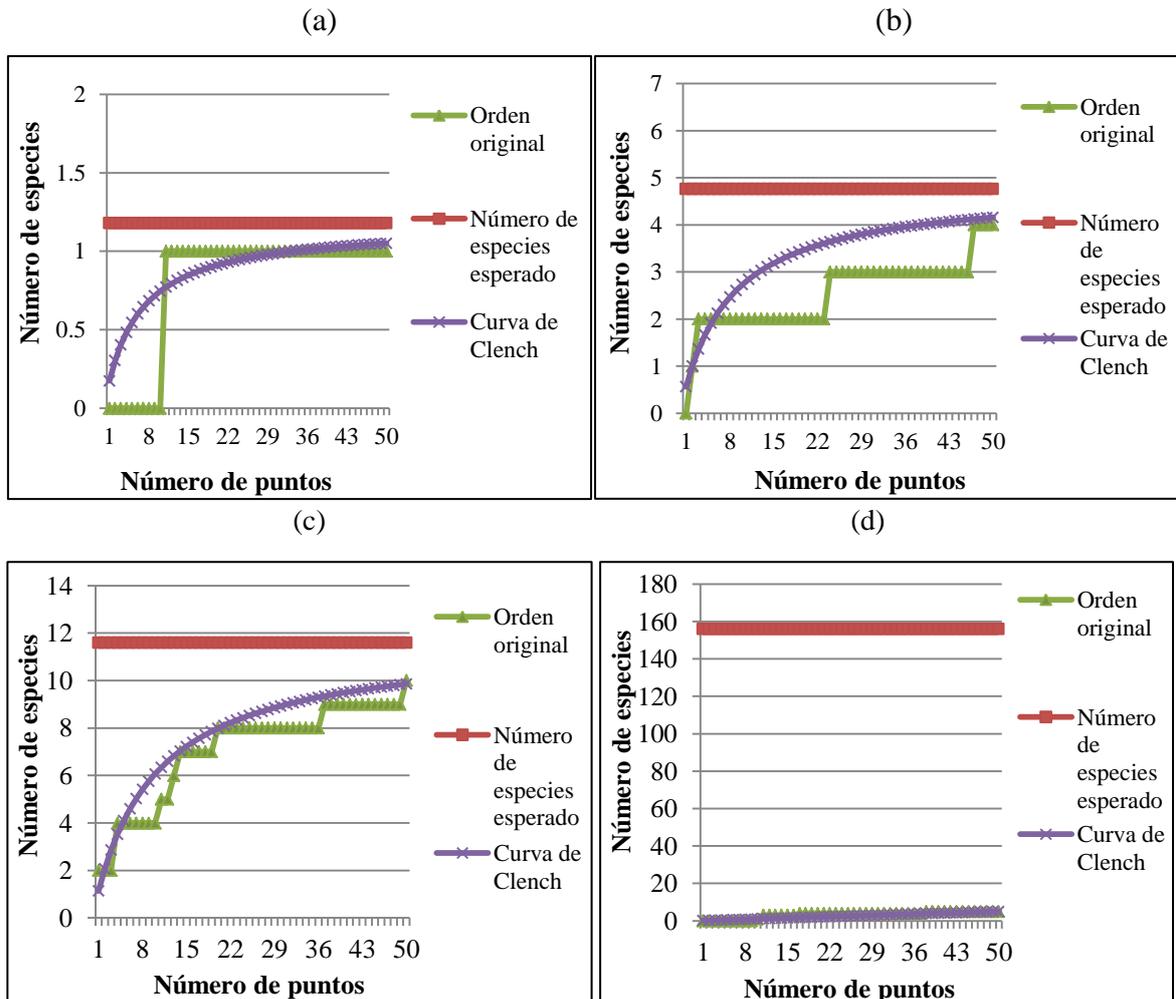
Especie	T17						Total
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	
<i>Acmella alba</i> (L'Hér.) R.K.Jansen					b		b
<i>Alternanthera halimifolia</i> (Lam.) Standl. ex Pittier							
<i>Anthericum eccremorrhizum</i> Ruiz & Pav.							
<i>Argemone subfusiformis</i> G.B. Ownbey					b		b
<i>Astrephia chaerophylloides</i> (Sm.) DC.							
<i>Begonia geraniifolia</i> Hook.							
<i>Begonia octopetala</i> L'Hér.							
<i>Carica candicans</i> A. Gray					b		b
<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth							
<i>Crassula ovata</i> (Mill.) Druce							
<i>Croton alnifolius</i> Lam.							
<i>Cyclanthera mathewsii</i> Arn.							
<i>Eucalyptus</i> sp.							
<i>Fuertesimalva peruviana</i> (L.) Fryxell							
<i>Haageocereus limensis</i> (Salm-Dyck) F. Ritter					b		b
<i>Heliotropium lanceolatum</i> Ruiz & Pav.							
<i>Heliotropium</i> sp. 1							
<i>Heliotropium</i> sp. 2							
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray					b		b
<i>Heliotropium arborescens</i> L.							
<i>Heliotropium rufipilum</i> (Benth.) I.M.Johnst.							
<i>Loasa nitida</i> Desr.							
<i>Mesosphaerum sidifolium</i> (L'Hér.) Harley & J.F.B. Pastore							
<i>Nasa urens</i> (Jacq.) Weigend							
<i>Nicotiana paniculata</i> L.							
<i>Nolana humifusa</i> (Gouan) I.M. Johnst.							
<i>Ophryosporus floribundus</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.							
<i>Oxalis megalorrhiza</i> Jacq.							
<i>Oxalis</i> sp.							
<i>Parietaria debilis</i> G.Forst.							
<i>Philoglossa peruviana</i> DC.							
<i>Rostraria trachyantha</i> (Phil.) Tzvelev ex Soreng			a	a			a
<i>Salvia rhombifolia</i> Ruiz & Pav.							
<i>Salvia tubiflora</i> Sm.							
<i>Sicyos baderoa</i> Hook. & Arn.							
<i>Solanum montanum</i> L.							
<i>Solanum peruvianum</i> L.		b					b
<i>Sonchus oleraceus</i> L.							
<i>Stellaria cuspidata</i> D.F.K. Schldl.							
<i>Stellaria</i> sp.							
<i>Stenomesson flavum</i> (Ruiz & Pav.) Herb.							
<i>Trixis cacalioides</i> (Kunth) D.Don							
<i>Urtica urens</i> L.							
<i>Waltheria ovata</i> Cav.							
Sp. 1							
Sp. 2							
Sp. 3							
Total de registros cuantitativos (a)	0	0	1	1	0	0	1
Total de registros cualitativos (b)	0	1	0	0	5	0	6
Total de Registros	0	1	1	1	5	0	7

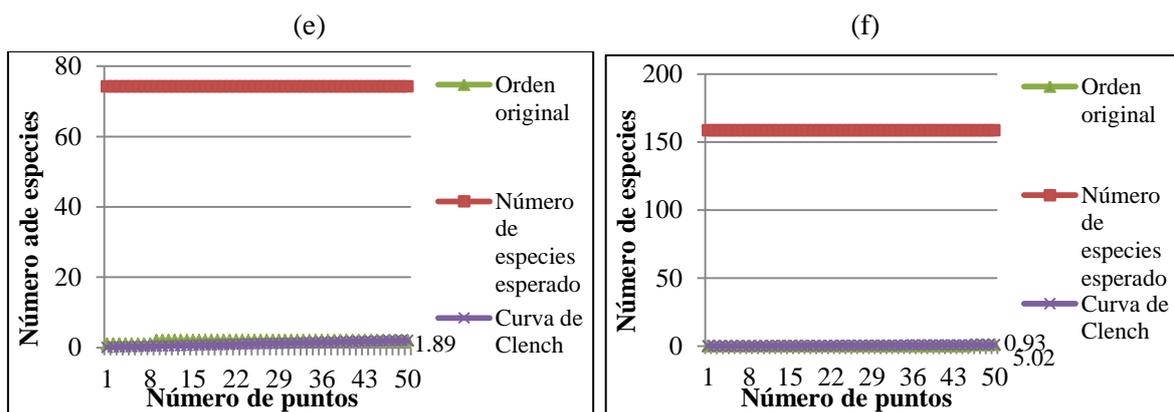
(a): Registro cuantitativo. (b). Registro cualitativo. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Número de especies por hábito en cada evaluación para los registros cuantitativo y cualitativo.



Anexo 4: Resultados gráficos para el modelo de Clench con curvas del número de especies esperado, las especies observadas y las estimadas por el modelo.





Nota: (a) Transecto ocho, primera evaluación, (b) transecto siete, primera evaluación, (c) transecto cuatro, cuarta evaluación, (d) transecto tres, cuarta evaluación, (e) transecto nueve, tercera evaluación, (f) transecto 13, sexta evaluación.

Anexo 5: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, comparando los índices de Shannon-Wiener de las seis evaluaciones.

Evaluaciones	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1ra	0.000	0.375	0.762	0.559	0.820	0.399
2da		0.000	0.287	0.162	0.547	0.979
3ra			0.000	0.614	0.619	0.351
4ta				0.000	0.407	0.162
5ta					0.000	0.578
6ta						0.000

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, comparando el índice de Shannon-Wiener para todos los transectos.

Transecto	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0.07	0.66	0.17	0.07	0.07	0.25	0.18	0.67	0.07	0.07	0.73	0.07	0.18	0.93	0.07	0.07
2		0.18	0.01*	1	1	0.01*	0.41	0.03*	1	1	0.07	1	0.41	0.03*	1	1
3			0.06	0.18	0.18	0.12	0.53	0.53	0.18	0.18	0.93	0.18	0.53	0.44	0.18	0.18
4				0.01*	0.01*	0.94	0.01*	0.03*	0.01*	0.01*	0.06	0.01*	0.01*	0.11	0.01*	0.01*
5					1	0.01*	0.41	0.03*	1	1	0.07	1	0.41	0.03*	1	1
6						0.01*	0.41	0.03*	1	1	0.07	1	0.41	0.03*	1	1
7							0.02*	0.04*	0.01*	0.01*	0.1	0.01*	0.02*	0.17	0.01*	0.01*
8								0.11	0.41	0.41	0.34	0.41	0.9	0.09	0.41	0.41
9									0.03*	0.03*	0.45	0.03*	0.11	0.56	0.03*	0.03*
10										1	0.07	1	0.41	0.03*	1	1
11											0.07	1	0.41	0.03*	1	1
12												0.07	0.34	0.56	0.07	0.07
13													0.41	0.03*	1	1
14														0.09	0.41	0.41
15															0.03*	0.03*
16																1

(*) Diferencias significativas a un nivel de 0.05. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, comparando los índices de Simpson de las seis evaluaciones.

Evaluaciones	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1ra	0.000	0.375	0.701	0.532	0.836	0.399
2da		0.000	0.249	0.162	0.517	0.938
3ra			0.000	0.614	0.604	0.307
4ta				0.000	0.407	0.162
5ta					0.000	0.547
6ta						0.000

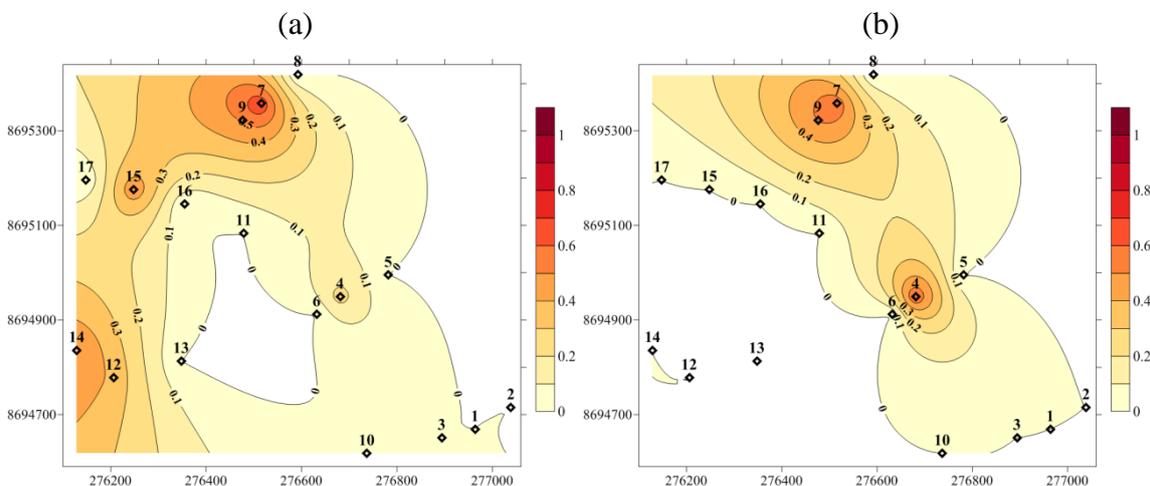
Fuente: Elaboración propia.

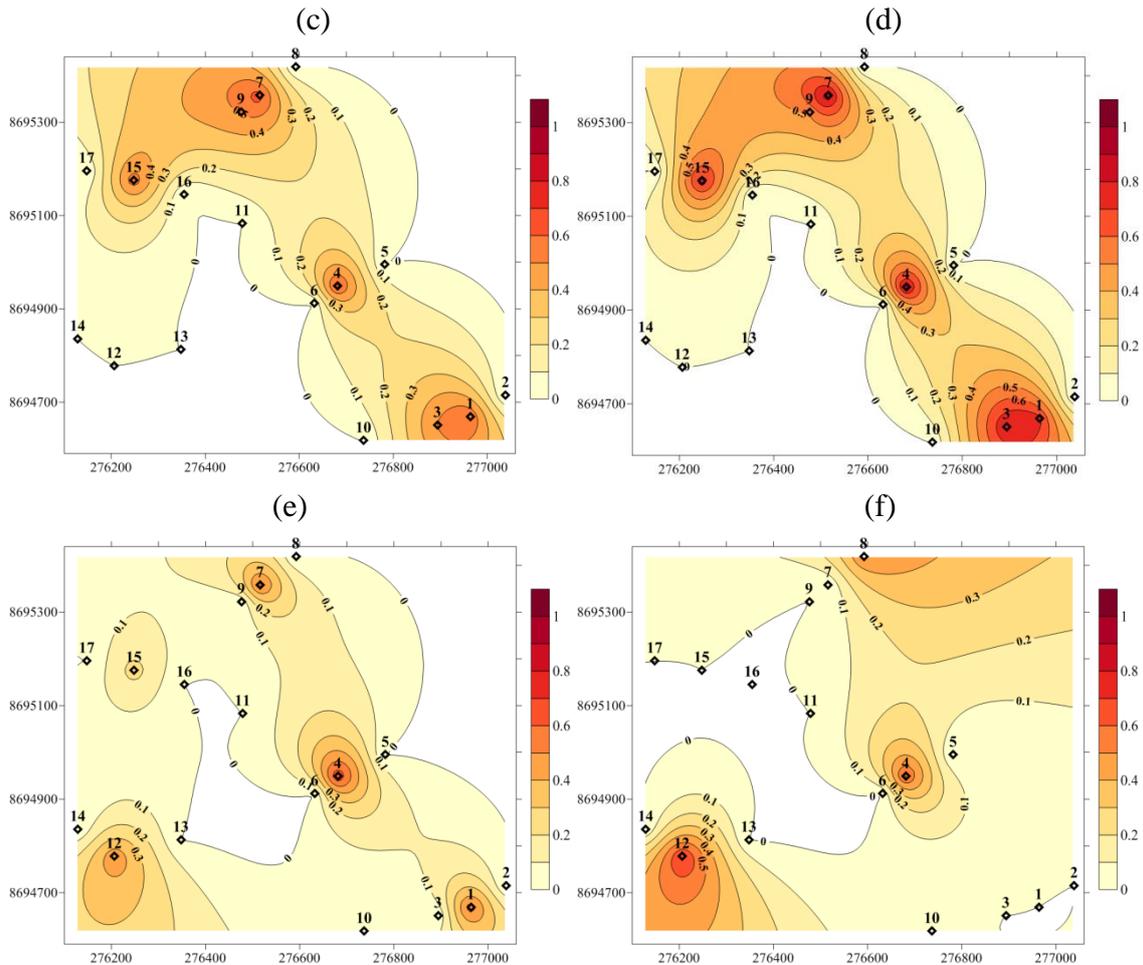
Anexo 8: Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, comparando el índice de Simpson para todos los transectos.

Transecto	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0.07	0.66	0.17	0.07	0.07	0.25	0.18	0.67	0.07	0.07	0.73	0.07	0.18	0.93	0.07	0.07
2		0.18	0.01*	1	1	0.01*	0.41	0.03*	1	1	0.07	1	0.41	0.03*	1	1
3			0.06	0.18	0.18	0.12	0.53	0.53	0.18	0.18	0.93	0.18	0.53	0.44	0.18	0.18
4				0.01*	0.01*	0.94	0.01*	0.03*	0.01*	0.01*	0.06	0.01*	0.01*	0.11	0.01*	0.01*
5					1	0.01*	0.41	0.03*	1	1	0.07	1	0.41	0.03*	1	1
6						0.01*	0.41	0.03*	1	1	0.07	1	0.41	0.03*	1	1
7							0.02*	0.04*	0.01*	0.01*	0.1	0.01*	0.02*	0.17	0.01*	0.01*
8								0.11	0.41	0.41	0.34	0.41	0.9	0.09	0.41	0.41
9									0.03*	0.03*	0.45	0.03*	0.11	0.56	0.03*	0.03*
10										1	0.07	1	0.41	0.03*	1	1
11											0.07	1	0.41	0.03*	1	1
12												0.07	0.34	0.56	0.07	0.07
13													0.41	0.03*	1	1
14														0.09	0.41	0.41
15															0.03*	0.03*
16																1

(*) Diferencias significativas a un nivel de 0.05. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9: Mapas de isolíneas del índice de Simpson para marzo (a), mayo (b), julio (c), septiembre (d), noviembre (e) del 2013 y enero (f) del 2014.





Anexo 10: Índice de Whittaker para la primera evaluación (marzo).

	T1	T4	T6	T7	T8	T9	T12	T13	T14	T15
T1	0									
T4	0.3	0								
T6	1	1	0							
T7	0.6	0.7	1	0						
T8	1	1	1	0.6	0					
T9	1	1	1	0.3	1	0				
T12	1	1	1	0.7	1	0.5	0			
T13	1	1	1	0.6	0	1	1	0		
T14	1	1	1	0.7	1	0.5	0	1	0	
T15	0.5	0.6	0.5	0.7	1	1	1	1	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11: Índice de Whittaker para la segunda evaluación (mayo).

	T1	T2	T4	T7	T8	T9	T15
T1	0						
T2	0	0					
T4	1	1	0				
T7	0.6	0.6	0.7	0			
T8	1	1	1	0.6	0		
T9	0.3	0.3	1	0.3	0.3	0	
T15	1	1	0.5	0.6	1	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12: Índice de Whittaker para la tercera evaluación (julio).

	T1	T2	T3	T4	T7	T8	T9	T12	T13	T15	T17
T1	0										
T2	1	0									
T3	1	0.3	0								
T4	0.6	1	1	0							
T7	1	1	1	1	0						
T8	1	1	1	1	0.6	0					
T9	1	1	1	1	0.3	0.3	0				
T12	0.7	1	1	1	1	1	1	0			
T13	1	1	1	1	0.6	0	0.3	1	0		
T15	1	1	1	1	0.7	1	0.6	1	1	0	
T17	1	0	0.3	1	1	1	1	1	1	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13: Índice de Whittaker para la cuarta evaluación (septiembre).

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T12	T13	T15	T17
T1	0												
T2	0.8	0											
T3	0.4	0.7	0										
T4	0.2	0.8	0.5	0									
T5	1	1	1	1	0								
T6	1	1	1	1	0	0							
T7	0.7	1	1	0.8	1	1	0						
T8	1	1	1	1	1	1	0.7	0					
T9	0.8	1	1	0.8	1	1	0.5	0.3	0				
T12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0			
T13	1	1	1	1	1	1	0.7	0	0.3	1	0		
T15	0.6	1	0.6	0.5	1	1	0.8	1	0.8	1	1	0	
T17	0.8	1	0.7	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 14: Índice de Whittaker para la quinta evaluación (noviembre).

	T1	T2	T4	T7	T8	T12	T13	T15
T1	0							
T2	1	0						
T4	0.7	0.6	0					
T7	1	0.6	0.8	0				
T8	1	1	1	0.6	0			
T12	0.2	1	0.7	1	1	0		
T13	1	0	0.6	0.6	1	1	0	
T15	0.6	1	0.7	1	1	0.5	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 15: Índice de Whittaker para la sexta evaluación (enero).

	T1	T4	T7	T8	T9	T12	T13	T15
T1	0							
T4	0.5	0						
T7	1	1	0					
T8	1	1	0.3	0				
T9	1	0.5	1	1	0			
T12	1	0.7	1	1	0.6	0		
T13	0	0.5	1	1	1	1	0	
T15	1	1	1	1	1	0.6	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 16: Valores por transecto y evaluación de la humedad y del contenido de materia orgánica en el suelo.

Transecto	H (%)						MO (%)					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1	2.63	2.82	3.62	8.55	4.78	1.83	4.10	1.91	2.08	2.25	3.09	6.49
2	4.10	2.83	3.72	6.58	4.12	2.88	2.55	2.85	1.78	2.15	3.36	3.73
3	2.24	4.10	5.04	7.56	3.41	1.69	2.89	5.79	5.60	4.72	3.93	6.12
4	1.03	1.83	3.09	6.93	2.54	1.71	4.70	2.42	3.78	4.45	1.85	1.98
5	2.37	2.28	1.72	3.47	2.29	2.40	2.22	2.75	2.42	2.45	3.22	3.22
6	4.71	3.25	2.26	3.20	3.73	3.64	1.54	1.61	1.14	1.58	0.47	2.28
7	1.15	1.60	0.83	2.88	2.03	1.43	1.48	2.22	1.95	6.15	4.74	1.78
8	2.96	1.91	0.38	2.03	2.52	1.71	1.28	0.64	0.71	1.18	0.74	1.78
9	4.77	2.09	1.98	2.71	1.73	2.08	1.41	1.48	1.44	1.18	1.71	1.44
10	3.85	3.91	2.64	2.73	3.11	2.91	2.62	2.89	2.35	3.82	2.69	2.85
11	2.39	3.91	2.31	5.43	3.94	3.97	2.08	1.54	1.21	2.25	2.35	2.08
12	2.33	1.69	2.42	4.31	2.04	1.98	1.88	4.78	2.12	2.62	2.62	2.22
13	3.46	2.79	3.62	4.71	2.89	2.31	3.49	2.25	1.14	1.41	1.11	3.73
14	4.12	3.67	2.10	4.74	2.86	2.25	2.15	1.71	1.51	1.85	2.05	2.18
15	2.06	1.95	2.73	4.54	2.30	1.86	3.16	1.98	1.41	2.38	2.08	2.05
16	3.60	2.32	2.75	5.03	3.34	2.74	3.83	3.26	0.07	1.85	2.38	2.92
17	2.49	3.09	2.37	6.68	4.02	3.08	1.95	1.34	1.34	1.58	1.54	2.72

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Alternanthera halimifolia* y la posición y orientación en el lugar de estudio.

1ra	L. DER.	L. IZQ.	2da	L. DER.	L. IZQ.
	0.024*	0.024*		0.07	0.07
		1			1
3ra	L. DER.	L. IZQ.	4ta	L. DER.	L. IZQ.
	0.179	0.179		0.024*	0.056
		1			0.423
5ta	L. DER.	L. IZQ.	6ta	L. DER.	L. IZQ.
	0.025*	0.025*		0.179	0.179
		1			1

(*) Diferencias significativas a un nivel de 0.05. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 18: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Alternanthera halimifolia* y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.

Cob%	Altitud	Pendiente	Materia Orgánica						Humedad del Suelo					
			1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1ra	-0.13	-0.45	0.41	-0.03	0.26	0.43	0.18	-0.12	-.58*	-0.46	0.17	0.24	-0.13	-.55*
2da	0.08	-0.35	0.23	0.03	0.22	.49*	0.09	-0.48	-.66**	-.55*	0.01	0.03	-0.39	-.50*
3ra	-0.31	-0.41	.56*	-0.01	0.36	0.23	0.05	0.14	-0.28	-0.17	0.36	.53*	0.25	-0.35
4ta	0.09	-0.40	0.17	-0.14	0.27	0.33	0.13	-0.46	-0.44	-.57*	-0.03	0.03	-0.38	-.59*
5ta	-0.43	-0.18	0.39	0.18	0.31	0.36	0.04	-0.11	-.53*	-0.48	0.29	0.25	-0.18	-0.39
6ta	-0.28	0.11	0.02	0.21	0.06	0.22	0.03	-0.19	-0.38	-0.40	0.08	-0.11	-0.37	-0.19

Significancia a un nivel de 0.05 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 19: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Cyclanthera mathewsii* y la posición y orientación en el lugar de estudio.

3ra		L. DER.	L. IZQ.	4ta		L. DER.	L. IZQ.
	QUEB.	0.423	0.423		QUEB.	0.179	0.179
	L. DER.		1		L. DER.		1

(*) Diferencias significativas a un nivel de 0.05. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Cyclanthera mathewsii* y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.

Cob%	Altitud	Pendiente	Materia Orgánica						Humedad del Suelo					
			1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
3ra	-0.05	-0.31	0.41	0.10	0.36	0.31	-0.15	-0.26	-0.41	-0.31	0.20	0.31	-0.10	-0.28
4ta	-0.04	-0.31	0.46	0.04	0.21	0.31	-0.15	-0.34	-0.53*	-0.38	0.23	0.20	-0.22	-0.32

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 21: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Fuertesimalva peruviana* y la posición y orientación en el lugar de estudio.

3ra		L. DER.	L. IZQ.	4ta		L. DER.	L. IZQ.
	QUEB.	0.179	0.179		QUEB.	0.072	0.193
	L. DER.		1		L. DER.		0.423

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 22: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Fuertesimalva peruviana* y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.

Cob%	Altitud	Pendiente	Materia Orgánica						Humedad del Suelo					
			1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
3ra	-0.31	-0.41	.56*	-0.01	0.36	0.23	0.05	0.14	-0.28	-0.17	0.36	.53*	0.25	-0.35
4ta	-0.34	-0.31	.65**	0.18	0.47	0.44	0.17	0.15	-.54*	-0.07	.54*	.58*	0.15	-.55*

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 23: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Ophryosporus floribundus* y la posición y orientación en el lugar de estudio.

1ra		L. DER.	L. IZQ.	2da		L. DER.	L. IZQ.
	QUEB.	0.423	1		QUEB.	0.423	0.423
	L. DER.		0.423		L. DER.		1
3ra		L. DER.	L. IZQ.	4ta		L. DER.	L. IZQ.
	QUEB.	0.423	0.423		QUEB.	0.423	0.423
	L. DER.		1		L. DER.		1
5ta		L. DER.	L. IZQ.	6ta		L. DER.	L. IZQ.
	QUEB.	0.423	0.423		QUEB.	0.423	1
	L. DER.		1		L. DER.		0.423

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 24: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Ophryosporus floribundus* y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.

Cob%	Altitud	Pendiente	Materia Orgánica						Humedad del Suelo					
			1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1ra	0.40	-0.07	-0.48	-0.21	0.04	0.05	0.18	-.54*	0.01	-0.42	-0.45	-0.44	-.56*	-0.35
2da	0.20	-0.15	-0.31	0	0.10	0.41	0.41	-0.33	-0.36	-0.41	-0.36	-0.26	-0.36	-0.41
3ra	0.20	-0.15	-0.31	0	0.10	0.41	0.41	-0.33	-0.36	-0.41	-0.36	-0.26	-0.36	-0.41
4ta	0.20	-0.15	-0.31	0	0.10	0.41	0.41	-0.33	-0.36	-0.41	-0.36	-0.26	-0.36	-0.41
5ta	0.20	-0.15	-0.31	0	0.10	0.41	0.41	-0.33	-0.36	-0.41	-0.36	-0.26	-0.36	-0.41
6ta	0.41	-0.05	-0.41	-0.41	-0.36	-0.38	-0.36	-0.33	0.05	-0.26	-0.41	-0.41	-0.15	-0.28

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 25: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Parietaria debilis* y la posición y orientación en el lugar de estudio.

3ra		L. DER.	L. IZQ.	4ta		L. DER.	L. IZQ.
	QUEB.	0.179	0.179		QUEB.	0.44	0.44
	L. DER.		1		L. DER.		0.88

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 26: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Parietaria debilis* y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.

Cob%	Altitud	Pendiente	Materia Orgánica						Humedad del Suelo					
			1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
3ra	-0.56	-0.01	0.14	0.17	0.26	0.16	0.23	0.28	-0.14	-0.21	0.22	0.25	0.10	-0.23
4ta	-0.43	-0.22	.57*	0.29	.53*	0.34	0.36	0.43	-0.24	0.10	.67**	.71**	0.45	-0.37

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 27: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Solanum peruvianum* y la posición y orientación en el lugar de estudio.

1ra		L. DER.	L. IZQ.	2da		L. DER.	L. IZQ.
	QUEB.	0.423	0.88		QUEB.	0.423	0.423
	L. DER.		0.423		L. DER.		1
3ra		L. DER.	L. IZQ.	4ta		L. DER.	L. IZQ.
	QUEB.	0.423	0.423		QUEB.	0.072	0.07201
	L. DER.		1		L. DER.		1
5ta		L. DER.	L. IZQ.	6ta		L. DER.	L. IZQ.
	QUEB.	0.423	0.423		QUEB.	0.177	0.6
	L. DER.		1		L. DER.		0.423

(*) Significancia a un nivel de 0.05. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 28: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Solanum peruvianum* y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.

Cob%	Altitud	Pendiente	Materia Orgánica						Humedad del Suelo					
			1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1ra	-0.48	0.06	-0.19	0.15	0.15	0.06	0	-0.11	0.08	-0.08	-0.15	-0.04	-0.26	-0.08
2da	-0.05	-0.31	0.41	0.10	0.36	0.31	-0.15	-0.26	-0.41	-0.31	0.20	0.31	-0.10	-0.28
3ra	-0.05	-0.31	0.41	0.10	0.36	0.31	-0.15	-0.26	-0.41	-0.31	0.20	0.31	-0.10	-0.28
4ta	-0.14	-0.45	0.33	0.01	0.39	0.45	0.24	-0.10	-0.47	-0.40	0.12	0.32	-0.01	-.54*
5ta	-0.05	-0.31	0.41	0.10	0.36	0.31	-0.15	-0.26	-0.41	-0.31	0.20	0.31	-0.10	-0.28
6ta	-0.06	0.03	-0.09	0.09	0.32	0.08	-0.16	-0.44	-0.13	-.50*	-0.03	-0.09	-.50*	-0.27

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 29: Coeficientes de correlación entre la cobertura específica de *Trixis cacalioides* y la posición y orientación en el lugar de estudio.

1ra		L. DER.	L. IZQ.	2da		L. DER.	L. IZQ.
	QUEB.	0.179	0.723		QUEB.	0.518	0.518
L. DER.		0.177	L. DER.		0.88		
3ra		L. DER.	L. IZQ.	4ta		L. DER.	L. IZQ.
	QUEB.	0.179	0.518		QUEB.	0.423	0.423
L. DER.		0.423	L. DER.		1		
5ta		L. DER.	L. IZQ.	6ta		L. DER.	L. IZQ.
	QUEB.	0.723	0.179		QUEB.	0.44	0.179
L. DER.		0.177	L. DER.		0.423		

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 30: Coeficientes de correlación entre la cobertura de *Trixis cacalioides* y la altitud, pendiente, materia orgánica y humedad del suelo.

Cob%	Altitud	Pendiente	Materia Orgánica						Humedad del Suelo					
			1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1ra	-0.06	0.01	-.51*	-0.02	0.16	0.14	0.18	-.49*	-0.01	-0.42	-0.45	-0.37	-.63**	-0.35
2da	0.05	-0.15	-0.17	-0.11	0.15	0.05	0.42	-0.07	0.11	-0.27	-0.03	-0.03	-0.05	-0.29
3ra	0.35	-0.1	-0.29	-0.21	-0.02	0.12	0.13	-.58*	-0.19	-.49*	-0.33	-0.41	-.60*	-0.39
4ta	0.20	-0.15	-0.31	0	0.10	0.41	0.41	-0.33	-0.36	-0.41	-0.36	-0.26	-0.36	-0.41
5ta	-0.14	-0.06	0.23	0.19	0.18	0.26	0.14	-0.09	-0.29	-0.39	0.23	0.15	-0.10	-0.29
6ta	-0.44	-0.16	.63**	0.02	0.17	0.04	-0.12	0.28	-0.19	-0.15	0.47	0.47	0.28	-0.29

Significancia a un nivel de 0.10 (*) y 0.05 (**). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 31: Categorías de cada valor para las variables edáficas y geomorfológicas.

Transecto	Altitud	Posición	Pendiente	Humedad						Materia Orgánica					
				1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
1	1	1	1	2	2	3	3	3	1	3	1	2	1	2	3
2	1	2	2	3	2	3	3	3	2	2	2	1	1	3	2
3	1	3	2	1	3	3	3	2	1	2	3	3	3	3	3
4	2	1	1	1	1	2	3	1	1	3	2	3	2	1	1
5	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	2
6	2	3	2	3	2	2	1	2	3	1	1	1	1	1	1
7	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	1
8	3	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	3	3	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	3	0	1	3	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1
11	3	0	1	2	3	2	2	3	3	1	1	1	1	2	1
12	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	3	2	1	2	1
13	1	2	3	2	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	2
14	1	3	1	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1
15	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1
16	3	2	2	3	1	2	2	2	2	3	2	1	1	2	1
17	2	3	3	2	2	2	3	3	2	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 32: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura de la primera evaluación y las variables geomorfológicas y edáficas.

Altitud	p-Valor		2	3	
	0.6139	1	0.515	0.814	
Posición	p-Valor		2	3	0
	0.017*	1	0.008*	0.064	0.048*
		2		0.361	1
Pendiente	p-Valor		2	3	
	0.513	1	0.177	0.531	
		2		0.721	
Humedad	p-Valor		2	3	
	0.406	1	0.5317	0.7212	
		2		0	0.177
Materia Orgánica	p-Valor		2	3	
	0.274	1	0.3623	0.1501	
		2		0	0.3247

(*) Diferencias significativas a un nivel de 0.05. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 33: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura de la segunda evaluación y las variables geomorfológicas y edáficas.

Altitud	p-Valor		2	3	
	0.388	1	0.385	0.392	
		2		0.333	
Posición	p-Valor		2	3	0
	0.307	1	0.275	0.203	0.225
		2			1
		3			1
Pendiente	p-Valor		2	3	
	0.346	1	0.318	0.443	
2				1	
Humedad	p-Valor		2	3	
	0.117	1	0.33	0.108	
2				0.45	
Materia Orgánica	p-Valor		2	3	
	0.794	1	0.906	0.386	
2				1	

(*) Diferencias significativas a un nivel de 0.05. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 34: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura de la tercera evaluación y las variables geomorfológicas y edáficas.

Altitud	p-Valor		2	3	
	0.426	1	0.612	0.182	
2				0.507	
Posición	p-Valor		2	3	0
	0.147	1	0.042*	0.055	0.05
		2			0.901
		3			0.425
Pendiente	p-Valor		2	3	
	0.546	1	0.643	0.363	
2				0.471	
Humedad	p-Valor		2	3	
	0.208	1	0.574	0.423	
2				0.087	
Materia Orgánica	p-Valor		2	3	
	0.332	1	0.445	0.25	
2				0.327	

(*) Diferencias significativas a un nivel de 0.05. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 35: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una y dos vías entre la cobertura de la cuarta evaluación y las variables geomorfológicas y edáficas.

Altitud	p-Valor		2	3	
	0.045*	1	0.252	0.209	
		2		0.024*	
Posición	p-Valor		2	3	0
	0.075	1	0.053	0.176	0.048*
		2		0.842	0.247
		3			0.434
Pendiente	p-Valor		2	3	
	0.255	1	0.185	0.26	
		2		0.671	
Humedad	p-Valor		2	3	
	0.013*	1	0.299	0.002*	
		2		0.022*	
Materia Orgánica	p-Valor		2	3	
	0.946	1	0.886	0.803	
		2		1	

(*) Diferencias significativas a un nivel de 0.05. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 36: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vías entre la cobertura de la quinta evaluación y las variables geomorfológicas y edáficas.

Altitud	p-Valor		2	3	
	0.357	1	0.491	0.178	
		2		0.521	
Posición	p-Valor		2	3	0
	0.002*	1	0.056	0.007*	0.045*
		2		0.17	1
		3			1
Pendiente	p-Valor		2	3	
	0.600*	1	0.356	0.648	
		2		1	
Humedad	p-Valor		2	3	
	0.172	1	0.055	0.507	
		2		0.409	
Materia Orgánica	p-Valor		2	3	
	0.446	1	0.402	1	
		2		0	0.254

(*) Diferencias significativas a un nivel de 0.05. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 37: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura de la sexta evaluación y las variables geomorfológicas y edáficas.

Altitud	p-Valor		2	3	
	0.792	1	1	0.527	
		2		0.561	
Posición	p-Valor		2	3	0
	0.057	1	0.103	0.029*	0.045*
		2		1	1
		3			1
Pendiente	p-Valor		2	3	
	0.451	1	0.223	0.831	
		2		0.244	
Humedad	p-Valor		2	3	
	0.057	1	0.035*	0.204	
		2		1	
Materia Orgánica	p-Valor		2	3	
	0.846	1	0.693	0.616	
		2		0	0.796

* Diferencias significativas a un nivel de 0.05. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 38: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura del primer estrato (0 – 20 cm) y la altitud, posición y pendiente.

Una vía	Altitud	p-Valor		2	3	
		0.027*	1	0.168	0.122	
			2		0.020*	
	Posición	p-Valor		2	3	0
		0.020*	1	0.007*	0.008*	0.051
			2		0.803	0.286
			3			0.234
	Pendiente	p-Valor		2	3	
		0.218	1	0.131	0.201	
			2		0.83	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 39: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura del segundo estrato (20 – 50 cm) y la altitud, posición y pendiente.

Una vía	Altitud	p-Valor		2	3	
		0.409	1	0.487	0.37	
			2		0.306	
	Posición	p-Valor		2	3	0
		0.076	1	0.018*	0.117	0.045*
			2		0.81	0.431
			3			0.433
	Pendiente	p-Valor		2	3	
		0.785	1	0.423	0.934	
			2		0.782	

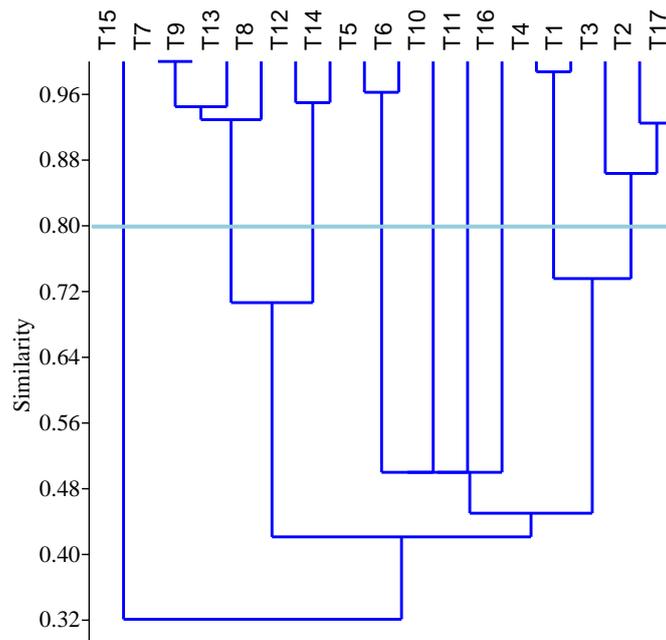
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 40: Coeficientes de correlación para el análisis NP-MANOVA a una vía entre la cobertura del tercer estrato (50 – 100 cm) y la altitud, posición y pendiente.

Una vía	Altitud	p-Valor		2	3	
		0.224	1	0.12	0.314	
			2		0.221	
	Posición	p-Valor		2	3	0
		0.225	1	0.272	0.09	0.234
			2		1	0.513
			3			1
	Pendiente	p-Valor		2	3	
		0.986	1	0.845	1	
			2		1	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 41: Análisis *Cluster* para los promedios de cobertura total mediante el índice de Raup Crick.



Anexo 42: Matriz de datos analizados a través del Análisis de Componentes Principales.

Transecto	N	S	H'	B	AMZ	S G.F.
1	10.00	3.2	0.63	4	1	5
2	1.83	0.7	0.00	3	0	2
3	1.67	1.2	0.40	3	1	3
4	13.17	4.3	1.20	4	2	4
5	1.00	0.2	0.00	4	0	1
6	1.17	0.3	0.00	4	1	2
7	15.17	3.8	1.13	2	1	5
8	4.67	1.2	0.12	2	1	2
9	2.33	1.5	0.46	2	1	4
10	0.00	0.0	0.00	1	0	0
11	0.00	0.0	0.00	1	0	0
12	4.17	1.7	0.42	4	0	4
13	2.17	0.8	0.00	2	1	2
14	0.50	0.3	0.12	4	0	2
15	8.33	2.7	0.63	4	1	3
16	0.00	0.0	0.00	1	0	0
17	1.67	0.3	0.00	3	0	1

N: Suma de promedios de cobertura, S: Riqueza promedio, H': Índice de Shannon–Wiener promedio, β : Diversidad beta por análisis *Cluster*, AMZ: Especies amenazadas o endémicas, S G.F.: Riqueza de grupos funcionales. Fuente: Elaboración propia.

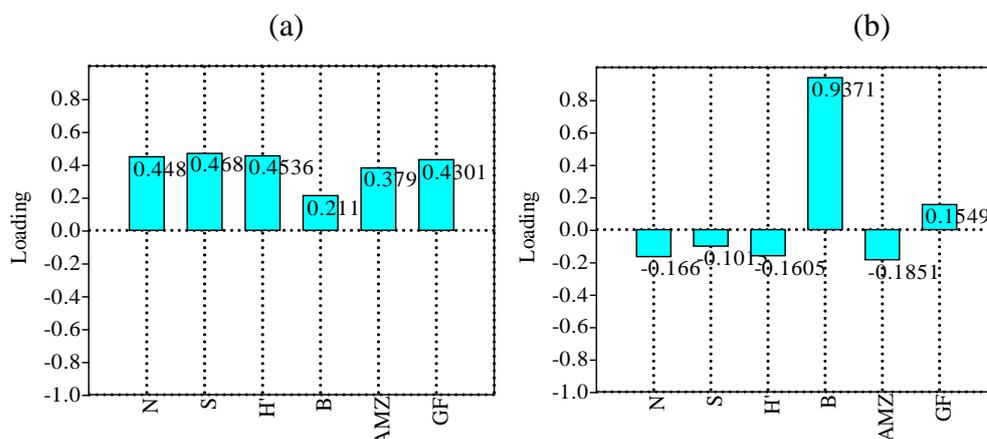
Anexo 43: Porcentaje de varianza explicada por cada componente principal.

CP	Eigenvalue	% Var.
1	4.41	73.47
2	0.89	14.89
3	0.41	6.81
4	0.21	3.47
5	0.07	1.15
6	0.01	0.20

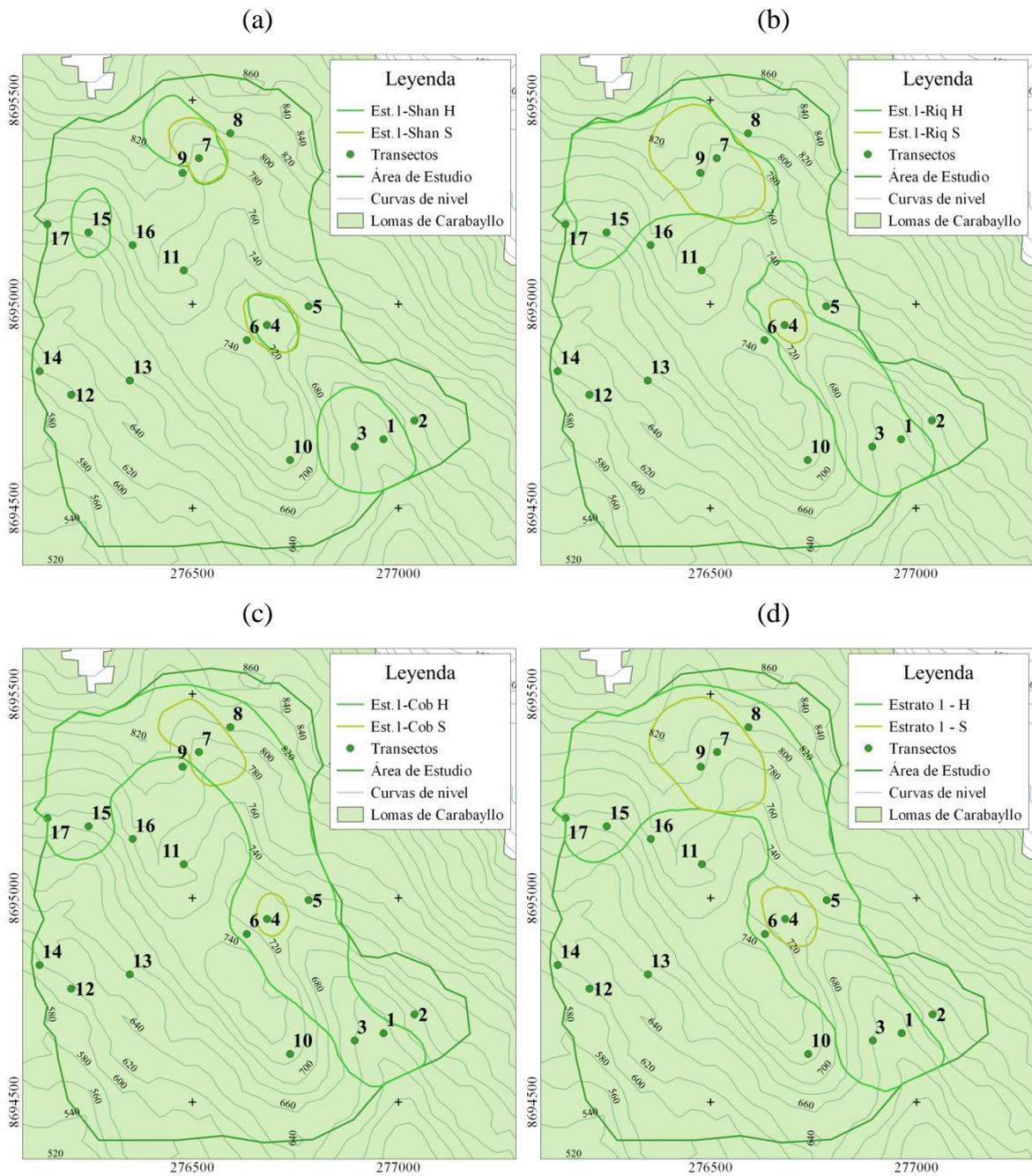
CP: Componente Principal; % Var.: Porcentaje de varianza explicada.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 44: Contribución de las variables en el Análisis de Componentes Principales para el primer (a) y segundo componente.



Anexo 45: Mapas de límites del estrato 1 para la época húmeda (cuarta evaluación) y seca (segunda evaluación) para las variables índice de Shannon-Wiener (a), riqueza de especies (b), cobertura acumulada (c), y las áreas integradas de las tres variables (d).



Anexo 46: Resultados del número de transectos por estrato y error estándar para el muestreo estratificado mediante afijación proporcional y óptima para tres niveles alfa y para las variables índice de Shannon-Wiener (H'), riqueza promedio normalizada (S) y cobertura promedio normalizada (N).

Variable original	Época	Afijación	Estrato 1	Estrato 2	Alfa		
					0.10	0.15	0.30
					Error Estándar (%)		
H'	Húmeda	Proporcional	2.26	17.74	13.70	11.87	8.42
		Óptima	1.29	18.71	13.65	11.81	8.36
	Seca	Proporcional	1.02	28.98	50.01	39.08	23.74
		Óptima	1.73	28.27	28.96	25.19	17.96
S	Húmeda	Proporcional	5.58	14.42	15.50	13.42	9.51
		Óptima	6.61	13.39	15.34	13.30	9.43
	Seca	Proporcional	1.34	18.66	30.89	26.77	18.98
		Óptima	1.07	18.93	32.14	27.65	19.38
N	Húmeda	Proporcional	6.60	13.40	16.87	14.62	10.37
		Óptima	7.05	12.95	16.85	14.60	10.36
	Seca	Proporcional	0.75	19.25	38.10	33.04	23.45
		Óptima	0.43	19.57	37.86	32.84	23.33

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 47: Vista panorámica de la zona media del sector este en septiembre (a) y noviembre (b) de 2013.

(a)



(b)



Anexo 48: Vista panorámica de las cumbres en septiembre (a) de 2013 y enero (b) de 2014.

(a)



(b)



Anexo 49: Vista panorámica de la zona baja del sector oeste en septiembre (a) y julio (b) de 2013.

(a)



(b)



Anexo 50: Vista panorámica de la zona media del sector oeste en septiembre (a) y noviembre (b) de 2013.

(a)



(b)



Anexo 51: Individuos de *Solanum peruvianum* en septiembre (a) de 2013 y en enero (b) de 2014.

(a)



(b)

