

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGIA



**DIVERSIDAD FUNCIONAL A TRAVÉS DE UNA
GRADIENTE DE USO DE SUELO EN LA CUENCA DE
LUCRE - PROVINCIA DE QUISPICANCHI**

**Tesis para optar el Título Profesional de Biólogo
presentada**

por:

Br. Alvaro Christiam Silva Espejo

Asesora:

M. Sc. Greta Margot Paiva Prado

Co-asesor:

M. Sc. Wilfredo Chávez Huamán

Cusco, Perú

2018

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a cinco seres humanos invaluableles en mi vida que no contemplan lo imposible y han sabido encontrar el mejor concepto de felicidad al serlo. A mi madre Vilma que es grandiosa, es mi mejor amiga, soy reflejo fiel de ella, le debo la vida, por cambiar su felicidad por la mía, a mis tíos: Tanis y Eli por su constante e incondicional apoyo a lo largo de mi vida, a mi novia Shirley un artífice silencioso en todo este tiempo, por compartir su amor en mi vida, y a nuestra bebe Lunella que está en camino, por otro lado a mis mascotas que estuvieron largos días y noches acompañando todo el proceso.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a Vilma por su apoyo moral, económico, por los consejos, por las largas veladas analizando las muestras, y sobre todo por permitir mi vida y enorgullecerse de mí.

A mi tío Tanis, quien asumió la dirección de las salidas de campo, por los interminables días en campo durante año y medio, contando especies y midiendo rasgos funcionales.

Al Dr. José Luis Venero Gonzales por sus consejos a lo largo de mi formación profesional, por acompañarme en las salidas de campo, por compartir su conocimiento y su amistad incondicional.

A la Dra. Greta Margot Paiva Prado por aceptar ser asesora de la presente investigación, por su tutoría y consejos en mi formación profesional, por incluirme en el Grupo de Investigación Agroecológica, por las jornadas de divulgación científica que con su ayuda desarrollamos y por su amistad incondicional.

Al M.Sc. Wilfredo Chávez Huamán por sugerir el tema de investigación y abrir el camino en el campo de Ecología Funcional en nuestro medio, por el conocimiento compartido, por la información brindaba y por su amistad incondicional.

Al Blgo. Willy Palomino por el reconocimiento de las especies botánicas y su apoyo en las salidas de campo.

Al Qco. Melquiades Herrera por su apoyo en el laboratorio de química, por sus enseñanzas y disposición a este trabajo de investigación.

A mis amigos: Kenneth, Lincol, Edwin, Bryan, A. Javier, Alex, Javier, Jhonny, Alex N., Wilian, Lizbeth, Maria Azucena, que acompañaron el curso de esta investigación con su apoyo en campo y gabinete.

También gracias a los voluntarios del grupo del JMG, compañeros de la maestría Ecología y Gestión Ambiental, y el grupo OLIGO CONSULTORES SAC, que me ayudaron en algún momento de la tesis (campo, laboratorio, préstamo de equipos, apoyo moral, hacerme de comer y compañía).

Finalmente, a mis hermanos que dieron color a mi vida cuando los conocí, a mi familia completa por ser parte de esta aventura que fue parte de mi proyecto de vida.

CONTENIDO

| | |
|---------------------------------|-----|
| RESUMEN..... | I |
| INTRODUCCION..... | II |
| PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO..... | IV |
| JUSTIFICACIÓN..... | V |
| OBJETIVOS..... | VI |
| HIPOTESIS..... | VII |

CAPITULO I: GENERALIDADES

| | |
|---|----|
| 1.1 ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1.2 MARCO TEÓRICO..... | 3 |
| 1.2.1 Ecología funcional..... | 3 |
| 1.2.2 Diversidad funcional..... | 4 |
| 1.2.3 Tipos funcionales de plantas (TFP)..... | 6 |
| 1.2.4 Rasgos funcionales..... | 7 |
| 1.2.4.1 Rasgos funcionales asociados a la perturbación..... | 9 |
| 1.2.5 La desestabilización de los ecosistemas: disturbios y perturbaciones..... | 11 |
| 1.2.6 Resiliencia y diversidad funcional..... | 12 |
| 1.2.7 Cobertura vegetal y uso de suelo..... | 14 |
| 1.2.8 Caracterización de la intensidad del uso de suelos imágenes satélite..... | 15 |
| 1.2.9 El índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI)..... | 17 |

CAPITULO II: ÁREA DE ESTUDIO

| | |
|--|----|
| 2.1 UBICACIÓN..... | 19 |
| 2.2 CUENCA DEL RIO LUCRE..... | 19 |
| 2.3 RÍO LUCRE..... | 21 |
| 2.3.1 Modelo de Red de drenaje..... | 22 |
| 2.3.2 Jerarquía fluvial..... | 22 |
| 2.3.3 Clasificación de la cuenca hidrográfica..... | 23 |
| 2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS..... | 23 |
| 2.4.1 Geología..... | 23 |
| 2.4.2 Geomorfología..... | 24 |
| 2.4.3 Capacidad de uso mayor del suelo (CUMS)..... | 25 |
| 2.5 CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS..... | 26 |
| 2.5.1 Zonas de vida natural..... | 26 |
| 2.5.2 Clima..... | 27 |
| 2.5.3 Cobertura vegetal..... | 29 |
| 2.5.4 POBLACIÓN..... | 29 |
| 2.6 ECONOMÍA..... | 30 |

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|--|----|
| 3.1 MATERIALES..... | 31 |
| 3.1.1 Material de Campo..... | 31 |
| 3.1.2 Material Biológico..... | 31 |
| 3.1.3 Material de Gabinete..... | 32 |
| 3.2 METODOLOGÍA..... | 33 |
| 3.2.1 Determinación de la gradiente de uso de suelo..... | 34 |
| 3.2.1.1 Adquisición y preparación de la información satelital..... | 34 |
| 3.2.1.2 Tratamiento de las imágenes satélite..... | 34 |
| 3.2.1.3 Determinación del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI)..... | 34 |
| 3.2.1.4 Clasificación y determinación de unidades de vegetación..... | 34 |
| 3.2.1.5 Determinación de las unidades de uso de suelo..... | 35 |
| 3.2.2 Valor de importancia de la flora arbustiva y arborea..... | 35 |
| 3.2.2.1 Selección de los sitios de muestreo..... | 35 |
| 3.2.2.2 Tamaño, forma e instalación de las parcelas de muestreo..... | 37 |
| 3.2.2.3 Evaluación de parcelas..... | 37 |
| 3.2.2.3.1 Diámetro de copa..... | 38 |
| 3.2.2.3.2 Diámetro a la altura del pecho DAP..... | 38 |
| 3.2.2.4 Índice de Valor de Importancia IVI..... | 38 |
| 3.2.3 Evaluación de la diversidad funcional..... | 39 |

| | | |
|--|--|-----|
| 3.2.3.1 | Selección de las especies | 39 |
| 3.2.3.2 | Determinación de rasgos funcionales | 40 |
| 3.2.3.3 | Medición de rasgos funcionales | 40 |
| 3.2.3.3.1 | Área foliar (AF)..... | 41 |
| 3.2.3.3.2 | Contenido foliar de nitrógeno (CFN) y contenido foliar de fósforo (CFP) .. | 42 |
| 3.2.3.3.3 | Agente dispersor (AD) | 42 |
| 3.2.3.3.4 | Agente polinizador (AP)..... | 43 |
| 3.2.3.3.5 | Tipo de fruto (TF) | 44 |
| 3.2.3.3.6 | Clonalidad (Cl) | 45 |
| 3.2.3.3.7 | Leguminosa (Le)..... | 46 |
| 3.2.4 | Relación de rasgos funcionales y tipos funcionales de plantas..... | 46 |
| 3.2.4.1 | Análisis de rasgos funcionales | 46 |
| 3.2.4.1.1 | Estadísticas descriptivas | 46 |
| 3.2.4.1.2 | Asociación entre rasgos funcionales | 46 |
| 3.2.4.2 | Determinación de los tipos funcionales de plantas | 46 |
| 3.2.4.3 | Relación entre diversidad funcional con la gradiente de uso de suelo..... | 48 |
| 3.2.4.4 | Diversidad funcional | 48 |
| CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES | | |
| 4.1 | Gradiente de uso de suelo..... | 52 |
| 4.1.1 | Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI) | 52 |
| 4.1.2 | Clasificación de las unidades de vegetación | 53 |
| 4.1.3 | Unidades de uso de suelo | 56 |
| 4.2 | Composición de formaciones arbustivas y arbóreas por cada de uso de suelo..... | 58 |
| 4.2.1 | Distribución de unidades de muestreo | 58 |
| 4.2.2 | Composición florística arbórea y arbustiva de la cuenca de Lucre. | 61 |
| 4.2.2.1 | Especies arbustivas y arbóreas | 61 |
| 4.2.2.2 | Índice de Valor de Importancia de especies por unidad de uso de suelo (IVI) | 63 |
| 4.3 | Diversidad funcional de la cuenca de Lucre | 65 |
| 4.3.1 | Selección de las especies | 65 |
| 4.3.2 | Rasgos funcionales de la vegetación seleccionada | 68 |
| 4.3.2.1 | Descripción de los rasgos funcionales..... | 68 |
| 4.3.2.2 | Asociación entre rasgos funcionales..... | 70 |
| 4.3.3 | Tipos funcionales de plantas (TFPs) | 71 |
| 4.4 | Relación de la diversidad funcional con la gradiente de uso de suelo | 75 |
| 4.4.1 | Relación de rasgos funcionales con la gradiente de uso de suelo | 75 |
| 4.4.2 | Relación de TFP con la gradiente de uso de suelo..... | 76 |
| 4.4.3 | Índices de diversidad funcional..... | 80 |
| 4.4.3.1 | Media ponderada de la comunidad (MPC) de los TFPs al de uso de suelo | 80 |
| 4.4.3.2 | Índices de diversidad funcional de los TFPs asociados a la gradiente de uso de suelo | 82 |
| | DISCUSIONES | 85 |
| | CONCLUSIONES | 91 |
| | RECOMENDACIONES..... | 93 |
| | REVISIÓN DE LA LITERATURA | 94 |
| | ANEXOS | 103 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Asociación entre algunos rasgos funcionales de la planta y distintas condiciones de perturbación. | 18 |
| Tabla 2. Ubicación geográfica de la cuenca de Lucre | 19 |
| Tabla 3. Orden y número de la cuenca del río Lucre | 22 |
| Tabla 4. Jerarquización de los torrentes según su ubicación | 22 |
| Tabla 5. Identificación del código de la cuenca de Lucre según Pfafstetter | 23 |
| Tabla 6. Datos de temperatura y precipitación de la Estación Meteorológica de Kayra. Periodo 1982 – 2014. | 28 |
| Tabla 7. Población del distrito de Lucre..... | 29 |
| Tabla 8. Determinación de sitios muestrales..... | 36 |
| Tabla 9. Rasgos funcionales seleccionados asociados a la perturbación | 40 |
| Tabla 10. Categorías del agente dispersor | 43 |
| Tabla 11. Categorías del agente polinizador | 44 |
| Tabla 12. Categorías del tipo de fruto..... | 45 |
| Tabla 13. Categorías de la clonalidad..... | 46 |
| Tabla 14. Categorías de leguminosa..... | 46 |
| Tabla 15. Unidades de cobertura vegetal en la cuenca de Lucre..... | 53 |
| Tabla 16. Unidades de intensidad de uso de suelo..... | 56 |
| Tabla 17. Parcelas de muestreo..... | 58 |
| Tabla 18. Especies arbustivas y arbóreas | 61 |
| Tabla 19. Índice de valor de importancia de especies para la unidad de uso de suelo agrícola..... | 63 |
| Tabla 20. Índice de valor de importancia de especies para la unidad de uso de suelo natural | 64 |
| Tabla 21. Índice de valor de importancia de especies para la unidad de uso de suelo seminatural | 65 |
| Tabla 22. Unidades muestrales para rasgos funcionales | 66 |
| Tabla 23. Estadística descriptiva de los rasgos funcionales continuos | 68 |
| Tabla 24. Frecuencias y porcentaje de las especies en cada estado de rasgo categórico funcional | 69 |
| Tabla 25. Correlación entre los rasgos involucrados con el uso de suelos. | 70 |
| Tabla 26. Especies agrupadas dentro de cada TFP | 72 |
| Tabla 27. Análisis de varianza de Lawley-Hotelling | 72 |
| Tabla 28. Valores promedio más error estándar de los rasgos funcionales dentro de cada TFP y MANOVA de la prueba de Hotelling | 73 |
| Tabla 29. Funciones discriminantes con datos estandarizados con varianzas comunes calculados para tres tipos funcionales de plantas | 74 |
| Tabla 30. Clasificación cruzada para los tres TFP..... | 75 |
| Tabla 31. ANOSIM para la gradiente de uso de suelo en función de rasgos funcionales..... | 75 |
| Tabla 32. Valores de R de la prueba de ANOSIM para cada unidad de uso de suelo en función de rasgos funcionales | 76 |
| Tabla 33. Análisis de independencia entre TFPs y unidades de uso de suelo | 76 |
| Tabla 34. Análisis de varianza para la MPC de los rasgos por tipo de vegetación, alfa 0.05 %..... | 80 |
| Tabla 35. Análisis de índices de diversidad funcional por TFP asociado a la gradiente de uso de suelo | 82 |

INDICE DE MAPAS

| | |
|--|----|
| Mapa 1. Ubicación | 20 |
| Mapa 2. Valores NDVI de la cuenca de Lucre | 52 |
| Mapa 3. Cobertura vegetal | 54 |
| Mapa 4. Intensidad de uso de suelo | 57 |
| Mapa 5. Parcelas de muestreo | 60 |
| Mapa 6. Distribución de TFPs en la | 79 |

INDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI) | 17 |
| Ecuación 2. NDVI | 34 |
| Ecuación 3. Diámetro de copa..... | 38 |
| Ecuación 4. Área basal..... | 38 |
| Ecuación 5. Dominancia relativa | 39 |
| Ecuación 6. Abundancia relativa | 39 |
| Ecuación 7. Frecuencia absoluta | 39 |
| Ecuación 8. Frecuencia relativa | 39 |
| Ecuación 9. Índice de valor de importancia | 39 |
| Ecuación 10. Media ponderada de la comunidad..... | 48 |
| Ecuación 11. Distancia euclidiana | 49 |
| Ecuación 12. Diversidad funcional de atributos (FAD2)..... | 49 |
| Ecuación 13. Entropía cuadrática | 49 |
| Ecuación 14. Centroide ponderado de especies por rasgo | 50 |
| Ecuación 15. Dispersión funcional..... | 50 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Biodiversidad y Diversidad Funcional | 4 |
| Figura 2. Impactos de ocupación y transformación causados por el uso del suelo. | 15 |
| Figura 3. Climatodiagrama de la estación de Kayra. | 28 |
| Figura 4. Flujo metodológico | 33 |
| Figura 5. Unidades de cobertura vegetal en la cuenca de Lucre | 55 |
| Figura 6. Familias de especies arbustivas y arbóreas | 62 |
| Figura 7. Especies arbustivas seleccionadas para el suelo agrícola | 67 |
| Figura 8. Especies arbustivas seleccionadas para el uso de suelo natural..... | 67 |
| Figura 9. Especies arbustivas seleccionadas para el de uso de suelo seminatural . | 68 |
| Figura 10. Dendrograma basado en el método de Ward, distancia de Gower a partir de los rasgos: AF, CFN, CFP, AD, AP, TF, CL y LE | 71 |
| Figura 11. Representación de observaciones multivariadas en tres grupos en el espacio discriminante conformado por los ejes canónicos 1 y 2..... | 74 |
| Figura 12. Análisis de correspondencia entre TFPs y unidades de uso de suelo..... | 77 |
| Figura 13. Variación de la MPC de los rasgos por TFP asociado a la gradiente de uso de suelo..... | 81 |
| Figura 14. Variación de la diversidad funcional por TFP | 84 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1. Panel fotográfico de especies arbustivas y arbóreas | 104 |
| Anexo 2. Imágenes satelitales utilizadas | 107 |
| Anexo 3. Fotografías de las unidades de cobertura vegetal | 108 |
| Anexo 4. Ubicación de las parcelas de muestreo | 112 |
| Anexo 5. Modelo de fichas de campo – evaluación de parcelas arbóreas | 113 |
| Anexo 6. Modelo de fichas de campo – evaluación de parcelas arbustivas | 114 |
| Anexo 7. Resumen del IVI para arbustos en la unidad de uso de suelo Agrícola .. | 115 |
| Anexo 8. Resumen del IVI para arbustos en la unidad de uso de suelo Natural | 116 |
| Anexo 9. Resumen del IVI para arbustos en la unidad de uso de suelo Seminatural | 117 |
| Anexo 10. Resumen la medición de rasgos funcionales..... | 118 |
| Anexo 11. Matriz para la evaluación de la diversidad funcional | 119 |
| Anexo 12. Resultados del análisis químico | 121 |

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

| | |
|---------|---|
| AF | : Área foliar |
| AFE | : Área foliar específica |
| ANA | : Autoridad Nacional del Agua |
| ANOSIM | : <i>Analysis of similarities</i> (Análisis de similitudes) |
| CFMS | : Contenido foliar de materia seca |
| COFOPRI | : Organismo de Formalización de la Propiedad Informal |
| CUMS | : Capacidad de uso de mayor de suelos |
| CV | : Cobertura vegetal |
| DM | : Densidad de madera |
| FAD2 | : Diversidad funcional de atributos |
| FDis | : Dispersión funcional |
| FDp | : Diversidad funcional basada en parcelas |
| Ha | : Hectárea |
| IDF | : Índice de diversidad funcional |
| IDF | : Índice de Diversidad Funcional |
| INDECI | : Instituto Nacional de Defensa Civil |
| INEI | : Instituto Nacional de Estadística e Informática |
| IVI | : Índice de valor de importancia |
| MPC | : Media ponderada de la comunidad |
| N | : Concentración de nitrógeno foliar |
| NDVI | : <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (Índice de vegetación de diferencia normalizada) |
| Per-IMA | : Proyecto especial regional – Instituto de manejo del agua y medio ambiente |
| PNUD | : Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo |
| Rao | : Diversidad funcional de Q de Rao |
| SE | : Sur este |
| SENAMHI | : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú |
| SW | : Sur oeste |
| TFP | : Tipo Funcional de Planta |
| UICN | : Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza |
| UTM | : <i>Universal Transverse Mercator</i> (Universal transversal de Mercator) |
| WGS 84 | : <i>World Geodetic System</i> (Sistema geodésico mundial 1984) |

RESUMEN

Se evaluó la diversidad funcional a través de una gradiente de uso de suelo en la cuenca de Lucre - Provincia de Quispicanchi, en el distrito de Lucre en los años 2014 y 2015, para determinar la gradiente de uso de suelo, en ella determinar la composición de formación arbustiva y arbórea de esta manera encontrar tipos funcionales de plantas y ver su relación entre los rasgos funcionales y la gradiente encontrada; a través de un mapa de uso de suelo confeccionado a partir de mapeos satelitales e información secundaria, donde se describieron las unidades de uso de suelo: Agrícola, Natural y Seminatural y se relacionaron rasgos funcionales y tipos funcionales de plantas a través de esta gradiente. Se instalaron parcelas de 50x10 m para árboles y de 10x10 m para arbustos para cada unidad de cobertura vegetal en contraste con las unidades de uso de suelo, en cada parcela se evaluaron variables florísticas y estructurales, el 70% de especies arbustivas más importantes y el total de especies arbóreas fueron seleccionadas para la medición de ocho rasgos funcionales relacionados a la perturbación ecosistémica. Se determinaron tres tipos funcionales de plantas de acuerdo a la respuesta frente a la gradiente de uso de suelo caracterizándolos en función al papel ecológico, como: a) “resilientes”, especies con una alta tasa de sobrevivencia, b) “no resilientes”, especies con baja probabilidad de sobrevivir a condiciones adversas y c) “poco resilientes”. Todos los tipos funcionales de planta mostraron asociaciones significativas con las unidades de uso de suelos: el TFP 3 (Resiliente) a la unidad de uso de suelo Seminatural, el TFP 1 (No resiliente) estuvo asociado a la unidad de uso de suelo Natural, y el TFP 2 (Poco resilientes) a la unidad de uso de suelo Agrícola. Además, cada TFPs asociado a las unidades de uso de suelo mostró variaciones significativas con los índices de diversidad funcional estudiados (MPC, FAD2, Rao, FDis y FDp) y con los rasgos medidos. Se concluye que, el uso de suelo influye en los rasgos funcionales por tanto definen su gradiente.

Palabras clave: diversidad funcional, rasgo funcional, tipo funcional de planta, uso de suelo, cuenca.

INTRODUCCION

Los impactos generados por la actividad humana, están alterando la biodiversidad y repercutiendo directa o indirectamente sobre el bienestar humano (Health Organization Word, 2005), ya que comprometen el funcionamiento de los ecosistemas y su capacidad de generar servicios esenciales para la sociedad (Díaz, 2004).

El concepto de diversidad funcional ha ido ganando cada vez más popularidad entre la comunidad científica dedicada al estudio de la biodiversidad, dados sus estrechos vínculos con los procesos ecológicos y su papel clave en el mantenimiento de los sistemas de soporte vital del planeta (Díaz & Cabido, 2001). En este contexto, la diversidad funcional ofrece una forma novedosa de aproximarse a las relaciones causales existentes entre los impulsores de cambio ambiental global, perturbación, la biodiversidad, el funcionamiento ecológico y los servicios ambientales para el bienestar humano que brindan los ecosistemas (Martin-López, Gónzales, Díaz, Castro, & García-Llrente, 2007).

Los caracteres funcionales, también llamados rasgos funcionales son características morfológicas, fisiológicas y/o fenológicas medibles a nivel individual, desde el nivel celular hasta un organismo, que influyen en su crecimiento, reproducción y supervivencia y/o en los efectos de dicho organismo en el ecosistema (Lavorel & Garnier, 2002). Los valores particulares de un carácter funcional en un lugar y tiempo determinado son denominados atributos. Los mejores caracteres son aquellos que, siendo lo más informativos posible desde el punto de vista ecológico, pueden ser medidos más fácilmente y a un menor costo, para un número representativo de individuos dentro de una población de acuerdo a los objetivos de la investigación (Cornelissen, y otros, 2003).

El Perú no está exento de los impactos antrópicos que se agudiza, debido a que la población es creciente y tiende a urbanizarse. Esta creciente urbanización se registra también en la región del Cusco. Lo cual se puede apreciar en la cuenca de Lucre situada a 45 minutos de la ciudad del Cusco,

que aún conserva importantes biotopos que contienen una abundante biodiversidad como el humedal de Huacarpay de categoría Ramsar, cuyo grado de impacto negativo ecológica es desconocida; se describe como una zona en peligro por los últimos acontecimientos naturales ocurridos a esto se suma los impactos negativos ocasionados por las malas prácticas agro pecuarias (sobrepastoreo, incendios, desbosque), contaminación del recurso suelo y agua, construcción de carretera entre otros (INDECI & PNUD, 2011). Tomando en cuenta tales consideraciones el presente estudio se planteó para conocer y evaluar la diversidad funcional a través de una gradiente de uso de suelo en la cuenca de Lucre, así como los procesos ecológicos que influencien en el mantenimiento de los ecosistemas.

PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO

La cuenca de Lucre es un área importante de estudio ya que entre las demás cuencas que pertenecen a la Cuenca del río Huatanay es la más extensa y conservada en la parte alta que muestra importantes registros de biodiversidad, ha sufrido desastres naturales como huaycos, deslizamientos y constantes quemadas de bosques relictos por malas prácticas recreativas.

El uso de suelo va cambiando conforme ocurre la expansión urbana, causando pérdida de cobertura vegetal que de algún modo debe estar alterando el funcionamiento ecosistémico de la cuenca de Lucre, ello podría afectar a los servicios ecosistémicos, pérdida de nichos ecológicos como de la ornitofauna del sitio Ramsar de la Laguna de Huacarpay, disminución de la capacidad de retención de agua y energía solar por lo tanto disminución de producción de oxígeno vital para la subsistencia biológica, erosión por pérdida de cobertura vegetal lo que podría causar deslizamientos, huaycos, entre otros riesgos a la cuenca.

Actualmente no se tiene conocimiento de la variación funcional de la flora arbustiva y arbórea por cada unidad de uso de suelo en la cuenca de Lucre, del mismo modo se desconoce cuáles son las plantas arbustivas y arbóreas que mejor responden a este cambio y cuáles son las más susceptibles. Por lo tanto, no se tiene información básica necesaria para desarrollar estudios de ecología funcional en ecosistemas andinos.

Por tanto, nos formulamos la siguiente pregunta: ¿El uso de suelo influye en los rasgos funcionales de las especies arbóreas y arbustivas, por consiguiente, definen su gradiente?

JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de la diversidad funcional en una gradiente de uso de suelo en la cuenca de Lucre es importante porque permitirá saber cuál es la respuesta de la flora arbustiva y arbórea frente a la perturbación causada por actividades antrópicas, además cuál es la repercusión que podría causar en el funcionamiento del ecosistema.

Se tendrá el primer mapa sobre intensidad de uso de suelos para la cuenca de Lucre lo que permitirá la mejor gestión de los recursos naturales en la zona de estudio, además de tener el listado de especies arbustivas y arbóreas de toda la cuenca de Lucre podremos saber que especies ecológicamente son las más importantes.

La población local será beneficiada con el acceso al listado de especies arbustivas y arbóreas asociadas según su respuesta a las intensidades de uso de suelo. Esta lista será de gran ayuda a las autoridades para la toma de decisiones en planes de reforestación, ya que se sabrá cuál es la especie que tendrá mayor éxito de repoblar la zona según el grado de asociación que se describirá con el presente trabajo, con ello la población local podrá seguir teniendo acceso al disfrute paisajístico, los recursos generados de los ciclos biogeoquímicos, entre otros. Además, que se podrá realizar el mismo ensayo en cuencas de características similares siendo un piloto a replicar. Las especies que menos asociación muestre podrían ser objeto de conservación de la biodiversidad.

Será el primer trabajo sobre ecología funcional de carácter exploratorio orientado a conocer las perturbaciones en un ecosistema altoandino lo que dará pie a los investigadores locales a seguir con esta temática.

Por último, se propone esta investigación con el fin de promover nuevas metodologías en Ecología funcional para el análisis de la relación entre plantas y su medio, como es la técnica de la Diversidad Funcional y las aportaciones de los paquetes estadísticos en el ámbito de la Ecología local.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la diversidad funcional a través de una gradiente de uso de suelo en la cuenca de Lucre – Provincia de Quispicanchi.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar la gradiente de uso de suelos en la cuenca de Lucre.
2. Determinar la composición de las formaciones arbustivas y arbóreas por cada tipología de uso de suelo.
3. Identificar y caracterizar tipos funcionales de plantas para especies arbóreas y arbustivas de acuerdo a su respuesta a variaciones de uso de suelo.
4. Relacionar los rasgos funcionales y tipos funcionales de plantas con la gradiente de uso de suelo.

HIPOTESIS

La gradiente de uso de suelo en la cuenca de Lucre hace que los árboles y arbustos muestren respuestas particulares (tipos funcionales) lo que indica una alta diversidad funcional relacionada a este aspecto.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Delgado M., 1995. Evaluó el estado actual de aquel entonces (1995); de los bosques de *Escallonia myrtilloides* de toda la cuenca de Lucre, mencionando que estos bosques soportan presiones ambientales y antropogénicas, su distribución es agregada debido a la influencia de factores geológicos y por la propagación de la especie (semillas). La densidad de *Escallonia myrtilloides* fue de 1.31 individuos por m² y su cobertura fue de 1.84 m² por 0.1 Ha, el uso actual del bosque (1995) se daba principalmente como leña y fabricación de aperos y utensilios.

Salgado B., 2007. Definió tipos funcionales de especies arbóreas y caracterizó su respuesta a diferentes intensidades de perturbación en un bosque muy húmedo tropical mesoamericano los resultados fueron: (i) cinco tipos funcionales con los rasgos estrato y tasa de crecimiento, ya que los rasgos reproductivos estuvieron distribuidos de manera homogénea en todos los TFP y no ayudaron en la separación de los grupos, (ii) la proporción de especies raras difirió entre los TFP, (iii) la tasa de reclutamiento fue la única variable en registrar diferencias estadísticas en función de los periodos de tiempo, (iv) la mayoría de los TFP variaron sus porcentajes de especies e individuos en función de la perturbación, con excepción del grupo de especies del estrato arbóreo inferior en todas las tasas de crecimiento (TFP-1); los TFP-1 y TFP-2 (estrato arbóreo medio con tasas de crecimiento muy lenta y lenta) variaron en función de los tratamientos para el porcentaje de especies raras y de área basal; y finalmente (v) los TFP-2 y TFP-3 (estratos arbóreo medio y superior con tasas de crecimiento rápidas) variaron la tasa de reclutamiento y los TFP-1, TFP-2 y TFP-3 variaron la tasa de mortalidad. Este análisis funcional mostró elevada relevancia ecológica y sugirió una flora regional moldeada por altas tasas naturales de recambio, con tipos funcionales que responden a la intensidad de perturbación.

Mamani Y., 2009. Determinó la diversidad fanerogámica del humedal de Huacarpay – Lucre, obteniendo 236 especies que corresponden a 178 géneros y 66 familias. El bosque seco está dominado por la familia Asteraceae que posee el 22.47% de géneros, seguida de la familia Cactaceae con un 12.36% y la familia Scrophulariaceae con 0.56%; la mayor densidad, abundancia cobertura e índice de valor de importancia corresponde a *Muhlenbergia rigida*. Los índices de diversidad de especies indican que el lugar estudiado tiene una alta diversidad de especies, la uniformidad demuestra un alto grado de homogeneidad del paisaje.

Bermeo D.F., 2010. Determinó y caracterizó TFP en bosques secundarios dentro de una gradiente altitudinal y sus relaciones con las variables

bioclimáticas en el Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca (CBVC-T) se encuentra en Costa Rica, en un primera parte identifica seis TFPs y uno a priori (TFP7) para 106 especies, los cuales se denominaron como adquisitivos (TFP2, TFP3, TFP5), conservativos (TFP1, TFP4) y mixto (TFP6). También midió diversidad funcional a través de 13 índices entre multi-rasgo y mono-rasgo y la Media Ponderada de la Comunidad (MPC) ponderados por el número de individuos y área basal, y su relación con altitud, los resultados mostraron que tan solo tres índices- dos mono-rasgo (FDvar) y uno multi-rasgo (FDiv) resultaron significativos con la altitud, y las MPC de AF, AFE, CFMS, DM y N son los rasgos funcionales que predominan en las comunidades de los TFPs descritos. En la segunda parte evaluó como los TFPs, índices de diversidad funcional (IDF) y MPC se encuentran relacionados con factores ambientales, a través de 19 variables bioclimáticas y entender cómo reaccionan estos tipos funcionales, IDF y MPC ante cambios potenciales en el clima. Encontró que los TFP6 y TFP5 estuvieron más asociados a variables de precipitación y que los IDF y MPC de los rasgos se encuentran más asociados a variables de temperatura. Los resultados mostraron que la consistente relación lineal entre estos TFPs, IDF y MPC y variables bioclimáticas, muestra que estas comunidades de plantas se verán más afectadas en el futuro probablemente, por una baja capacidad de tolerar cambios en su ambiente o por una respuesta tardía en términos de cambios evolutivos o adaptaciones fisiológicas, que eventualmente pueden condicionar a un cambio en la capacidad de regeneración, reproducción, supervivencia individual, densidad de las especies y en una reducción en el rango del valor del rasgo y, finalmente, en un descenso en diversidad funcional en estas comunidades de plantas.

Pumachapi A., 2010. Realizo la zonificación ecológica económica de la cuenca de Lucre, determinando la aptitud de suelos y destacando los sitios vulnerables de la cuenca en estudio, desarrollo ocho mapas temáticos, los cuales son: Fisiográfico, Geológico, Hidrogeológico, Climático, Zonas de Vida, Uso actual de Suelos, Capacidad de uso Mayor de Suelos. La zonificación ecológica identificada fue: alta calidad agrológica para cultivos en ladera, regular calidad agrológica para cultivos en piso de valle y ladera, alta calidad agrológica asociada a pastoreo, alta calidad agrológica para cultivos, baja calidad agrológica para cultivos, zona de protección bajo en ladera, zona de protección alta en ladera, zona de protección muy bajo, zona de protección bajo, zona de protección medio, zona de protección alto y zona de protección muy alto. Por último en su estudio de ZEE destaca que, existe la zona de protección medio, en las cuales se encuentra las extensiones donde se ubica el humedal de Lucre. Presenta un área de 269.14 hectáreas que representa el 2.57 % del área total de estudio.

Chávez W., 2011. Estudió la diversidad funcional y capacidad de amortiguamiento de los bosques ribereños de la sub cuenca Gil Gonzales determinando cinco tipos de vegetación diferenciados en cuanto a la estructura y distribución de rasgos funcionales; las diferentes especies arbóreas que conforman la vegetación ribereña fueron clasificadas en cuatro tipos funcionales de plantas: en cuanto a la capacidad de absorción de nutrientes se tiene a las especies “conservativas”, caracterizadas por su bajas tasas de crecimiento y bajas tasas de intercambio de nutrientes y especies “adquisitivas”, caracterizadas por altas de crecimiento y altas tasas de intercambio de nutrientes; por la condición de retención de sedimentos las especies son clasificadas como “interceptoras” caracterizadas por presentar modificaciones en la base del tronco que aumentan la superficie de intercepción y retención del agua de escorrentía y las “no interceptoras” especies que carecen o presentan pequeñas modificaciones en la base del tronco concluyendo que la capacidad de amortiguamiento es una función determinada principalmente por el ancho de la vegetación y la pendiente, siendo la estructura de la vegetación así como la diversidad funcional, factores complementarios para definir la capacidad de amortiguamiento.

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 Ecología funcional

La Ecología funcional (de plantas) se plantea, esencialmente como una ciencia comparativa que busca establecer la variación funcional entre las plantas y la búsqueda de patrones y leyes funciones acordes a estas variaciones (Duarte, 2007).

Keddy (1992), plantea que la ecología funcional se refiere a los rasgos funcionales de las plantas. El rasgo, es un carácter bien definido y propio del organismo, normalmente medido en el nivel individual y que se utiliza comparativamente entre especies. Un rasgo es funcional si influye fuertemente en el funcionamiento del organismo, ejemplos de los rasgos funcionales incluyen la tasa metabólica, tamaño de pico de las aves, el tamaño de semillas o huevos de las aves, las concentraciones de nutrientes, masa corporal de adultos, la tolerancia a las heladas, el potencial de la tasa fotosintética y la masa de hojas por unidad de área (Mc Gill, 2006).

Dentro de los ecosistemas, se presentan diferentes especies con los mismos rasgos funcionales, a este conjunto de plantas, independientemente de la especie es lo que se llama “tipos funcionales”. Los rasgos funcionales de las plantas dominantes y de ciertas subordinadas tienen la potencialidad de alterar profundamente el funcionamiento de los ecosistemas de los cuales forman parte.

Por lo tanto, la caracterización funcional de las plantas no sólo es de interés teórico para definir la naturaleza de las relaciones biodiversidad-funcionamiento ecosistémico, sino también es una prioridad práctica en los esfuerzos de conservación y manejo sustentable (Keddy, 1992).

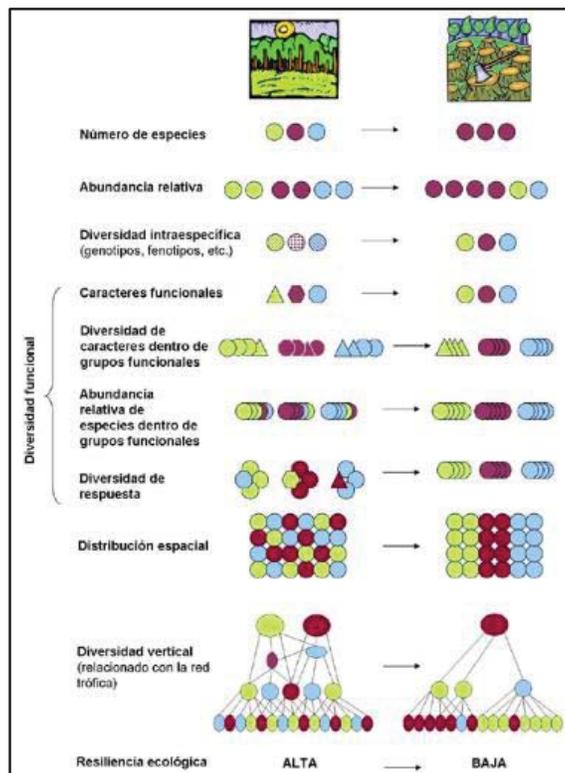
1.2.2 Diversidad funcional

El término biodiversidad ha sido visto como un concepto demasiado amplio y difícil de definir de una manera simple y operativa (Noss, 1990). En general, la biodiversidad puede ser descrita en términos de número, abundancia, composición y distribución espacial de sus entidades (genotipos, especies, o comunidades dentro de los ecosistemas), caracteres funcionales (Figura 1), así como las interacciones entre sus componentes (Hooper, y otros, 2005).

La pérdida de alguno de estos componentes de la biodiversidad puede tener distintos efectos en el funcionamiento de los ecosistemas y, por tanto, en el suministro de servicios ambientales.

Diferentes componentes de la biodiversidad pueden verse afectados por algunas actividades humanas (Figura 1) (representadas mediante flechas), con consecuencias negativas sobre el funcionamiento de los ecosistemas y la provisión de servicios a los seres humanos. Hay que notar que la intervención antrópica también puede tener efectos positivos sobre el funcionamiento de los ecosistemas y la conservación de la biodiversidad (Pretty & Smith, 2004) Modificado de Díaz, Fargione, Chapin III, & Tillman (2006).

Figura 1. Diferencia entre la Biodiversidad y la Diversidad Funcional



Los procesos ecológicos que operan en un ecosistema son, en gran medida, consecuencia de los organismos que lo habitan. Sin embargo, muchos de los procesos que regulan el funcionamiento de los ecosistemas son difícilmente asignables a una especie particular, y a menudo no es posible determinar la contribución relativa de cada especie a un proceso concreto. Durante décadas la aproximación más común ha sido relacionar el funcionamiento de los ecosistemas con la riqueza de especies, que es el componente de la biodiversidad más fácil de medir en la mayoría de las situaciones. No obstante, esta aproximación ha resultado insuficiente y, hoy en día, la atención se vuelca hacia un enfoque más funcional, que trata de establecer relaciones causales entre las características de los organismos presentes y los procesos y servicios de los ecosistemas (Hooper, y otros, 2005).

En este contexto, las relaciones entre funcionamiento ecológico y biodiversidad han sido abordadas desde distintas aproximaciones, si bien todas ellas coinciden en estudiar el papel funcional de los organismos en un ecosistema.

En algunos casos, la atención ha recaído directamente sobre especies individuales, especies clave (Paine, 1969) o especies ingenieras (Jones, Lawton, & Shachak, 1994), y en otros casos sobre grupos funcionales, que se definen como grupos de especies que tienen un papel semejante en el funcionamiento del ecosistema o respuestas similares a factores ambientales (Gitay & Noble, 1997).

La diversidad funcional ha sido definida de múltiples maneras. Por ejemplo, Naeem & Li (1997) la definen como el número de grupos funcionales representados por las especies en una comunidad; Martinez (1996), como la variedad de las interacciones con los procesos ecológicos a diferentes escalas espacio-temporales; Tillman (2001), como el rango y valor de los caracteres de los organismos que influyen sobre el funcionamiento ecológico. Más recientemente, Díaz y otros (2007) incorporan la abundancia relativa de los caracteres como componente clave, definiendo así la diversidad funcional como “el tipo, rango y abundancia relativa de los caracteres funcionales presentes en una comunidad”.

Para poder lograr entender el papel ecológico de cada una de las especies en el funcionamiento del bosque y teniendo en cuenta que las especies dominantes son las que aportan en mayor proporción a los procesos ecosistémicos (Walker B. , 1992) se considera que las especies que dominan el 70-80 % de la cobertura de un ecosistema son las que más influyen sobre los procesos ecosistémicos (Cornelissen, y otros, 2003).

Aunque cada especie contribuye al funcionamiento de los ecosistemas, la naturaleza y magnitud de sus contribuciones individuales varían

considerablemente en función del ecosistema o del proceso al que se haga referencia. En este sentido, los mecanismos a través de los cuales la biodiversidad puede influir en el funcionamiento de los ecosistemas están más relacionados con algunos caracteres funcionales de las especies, que con la riqueza específica (Díaz & Cabido, 2001). Por tanto, el conjunto total de caracteres funcionales, así como su abundancia, en una comunidad es uno de los principales determinantes del funcionamiento de los ecosistemas (Chapin III, y otros, 2000).

Existen dos formas principales, compatibles entre sí, de caracterizar la diversidad funcional. La más generalizada y más antigua es la distinción de grupos o tipos funcionales. Los tipos funcionales son grupos de organismos que comparten respuestas ante factores ambientales o efectos similares sobre el funcionamiento de los ecosistemas, los cuales suelen expresarse en forma de valores similares de caracteres funcionales (Lavorel, McIntyre, Landsberg, & Forbes, 1997) (Díaz & Cabido, 2001).

El otro modo de sintetizar la composición funcional de las comunidades son los índices de diversidad funcional (Petchey & Gaston 2002a, 2002b). No existe un criterio universal sobre cuáles son los caracteres más importantes a medir, sino que éstos dependen del objetivo. Por ejemplo, si se trata de medir respuestas de la comunidad a un cambio en las condiciones climáticas, los rasgos a medir serán diferentes de los que se utilizarían en un estudio del efecto de la diversidad funcional sobre el valor estético de un ecosistema. Del mismo modo, no existe un índice ideal para todas las situaciones, sino que la utilidad de los índices, que cuantifican diferentes aspectos de la diversidad funcional, depende de los objetivos y el contexto (Petchey & Gaston, 2006).

1.2.3 Tipos funcionales de plantas (TFP)

Se puede definir como conjuntos de plantas que exhiben respuestas similares a las condiciones ambientales y con efectos similares en los procesos de los ecosistemas (Walker, Kinzig, & Langridge, 1999). El grupo está definido por un conjunto de atributos o rasgos comunes (Díaz & Cabido, 2001).

Aunque el concepto fue introducido hace 15 años por Raunkier (Walker, Kinzig, & Langridge, 1999), en los últimos años ha tomado mucha fuerza como una alternativa para entender de mejor manera el funcionamiento de los ecosistemas y sus respuestas a los impactos humanos a escala global (Díaz, 1997).

La importancia de determinar los grupos funcionales en los ecosistemas, se debe a que se puede resumir la complejidad y heterogeneidad florística de

los ecosistemas, en un número relativamente reducido de TFP y a partir de este conocimiento, describir los principales procesos ecosistémicos (Díaz, 1997) y proporcionan los medios para construir un marco operativo para la toma en situ y ex situ de los experimentos que se necesitan con urgencia para una mejor comprensión del papel de las especies en el funcionamiento de los ecosistemas, especialmente en relación con el cambio global (Blondel, 2003).

Existen dos formas para identificar los TFP: i) los métodos *a priori*, en donde la definición de los grupos es previa al estudio en cuestión, y se basan en un grupo muy reducido de caracteres, como es el caso de las agrupaciones de especies en gramíneas con mecanismos fotosintéticos C₃, C₄ y leguminosas; y ii) los métodos *a posteriori*, los cuales se basan en la recolección de información de diferentes rasgos funcionales relacionados con el proceso ecosistémico de interés y la posterior identificación de los TFP (Díaz & Cabido, 1997).

Estos TFP son determinados teniendo en cuenta los rasgos funcionales, para los cuales existen diferentes clasificaciones. Por un lado se destaca la clasificación de rasgos vegetativos que son el tamaño, longevidad y composición química, que tienden a estar asociados con los procesos ecosistémicos *in situ* (productividad, ciclo de nutrientes); y los regenerativos, el modo de dispersión y la persistencia de las semillas, los cuales determinan la estabilidad, recolonización después de las perturbaciones y la migración en el paisaje (Díaz, Cabido, & Cassanoves, 1999).

Otra clasificación es la que divide los rasgos en fáciles de medir (*soft traits*), los cuales hacen referencia a aquellos que no representan estrictamente una función de la planta, sino que son características de relativa facilidad de medición u observación y que están estrechamente relacionadas con algún aspecto funcional, fisiológico o ecológico, por ejemplo la arquitectura del dosel o la profundidad de las raíces; y rasgos fisiológicos (*hard traits*) que generalmente son menos accesibles pero que presentan un papel funcional directo como la tasa de crecimiento o la tasa fotosintética (Hodgson, Wilson, Hunt, Grime, & Thompson, 1999). Es importante aclarar que estas clasificaciones son artificiales, pues la facilidad con que se mide un determinado rasgo funcional es subjetiva.

1.2.4 Rasgos funcionales

Los rasgos funcionales, también llamados caracteres funcionales (*traits*) son características morfológicas, fisiológicas y/o fenológicas medibles a nivel individual, desde el nivel celular hasta un organismo, que influyen en su crecimiento, reproducción y supervivencia y/o en los efectos de dicho

organismo en el ecosistema (Lavorel & Garnier, 2002). Los valores particulares de un carácter funcional en un lugar y tiempo determinado son denominados atributos (Violle, y otros, 2007). Los mejores caracteres son aquellos que, siendo lo más informativos posible desde el punto de vista ecológico, pueden ser medidos más fácilmente y a un menor costo, para un número representativo de individuos dentro de una población de acuerdo a los objetivos de la investigación (Cornelissen, y otros, 2003)

El valor obtenido para un determinado carácter funcional en un determinado lugar y momento es denominado atributo (Lavorel, McIntyre, Landsberg, & Forbes, 1997). Dentro de una misma especie, el carácter funcional puede mostrar diferentes atributos a lo largo de diferentes gradientes ambientales o en diferentes momentos. Por tanto, no existe un único valor (atributo) para un determinado carácter de una especie (Violle, y otros, 2007). Esto implica que diferentes individuos o distintos fenotipos, ecotipos o estadios ontogenéticos de una misma especie puedan formar parte de diferentes grupos funcionales.

Por otro lado, podemos distinguir entre caracteres de efecto, que afectan un proceso o propiedad ecológica, y caracteres de respuesta, que determinan la respuesta de una especie a un factor ambiental, incluyendo recursos, condiciones climáticas y perturbaciones (Díaz & Cabido, 2001)

A pesar de la existencia de estas clasificaciones, Lavorel & Garnier (2002) afirman que los rasgos funcionales pueden simultáneamente explicar los ciclos biogeoquímicos y la respuesta de las plantas a factores bióticos, es decir, un rasgo otorga información de la función que desempeña en el ecosistema, y de su respuesta ante un determinado factor ambiental. Ejemplo de esto es la profundidad de las raíces de las plantas, este rasgo puede ser una adaptación al fuego (a mayor profundidad de las raíces, las plantas tienen más posibilidades de sobrevivir al fuego) y su función ecosistémica es la de captar nutrientes (las raíces superficiales absorben nutrientes y carbono, provenientes de la descomposición de la materia orgánica).

En este sentido es importante tener claro que aunque las especies individuales están en áreas con un determinado gradiente ambiental no necesariamente exhiben valores de rasgos similares, es decir, diferentes tipos funcionales de plantas pueden coexistir (Westoby, Falster, Moles, Vesk, & Wright, 2002).

Dentro de los estudios de diversidad funcional orientados a la evaluación de procesos ecosistémicos y su perturbación, dependiendo de los objetivos planteados, es de suma importancia la elección adecuada de los rasgos funcionales a evaluar, tomando como criterios que los rasgos estén

relacionados a los procesos ecosistémicos de interés y que permita interpretar la variación de los procesos ecosistémicos en relación a la variación de la diversidad funcional y a la vez permita determinar indirectamente la provisión de los servicios ecosistémicos así como los costos y la dificultad de su medición. (Hodgson, Wilson, Hunt, Grime, & Thompson, 1999).

1.2.4.1 Rasgos funcionales asociados a la perturbación

Uno de los principales objetivos de la identificación de los tipos funcionales es identificar su respuesta a los diferentes cambios ambientales, siendo la perturbación un factor clave que influencia la dinámica, composición y estructura de los ecosistemas. La perturbación en términos generales es definida como un evento relativamente discreto que genera un cambio en la estructura física del ambiente (Clark, 1990), y como una rápida liberación o reubicación de los recursos del ecosistema (Sheil & Burslem, 2003), cuya intensidad influencia el grado de recuperación de la diversidad florística (Asquith, 2002).

Cuando se quiere estudiar la influencia de la perturbación en la dinámica de la vegetación, generalmente se utiliza la forma de crecimiento de la planta por ser un rasgo sensible a disturbios, además de estar relacionado con otras características fisiológicas y morfológicas más complejas representando un papel mayor en la respuesta de las plantas a la perturbación (McIntyre, Lavorel, & Tremont, 1995). Otros rasgos importantes para el mantenimiento y/o establecimiento de las plantas después de la perturbación son el tipo de polinizador, tipo de dispersión de las semillas, reproducción vegetativa y tasa de crecimiento (Sheil & Burslem, 2003).

Cornelissen, y otros (2003) afirman que la clasificación de las especies de plantas terrestres basándose en su función es la forma más eficaz para responder preguntas ecológicas a diferentes escalas (ecosistemas, paisajes o biomas), y estas preguntas incluyen las respuestas de la vegetación a diferentes cambios ambientales. Para el caso de la perturbación, donde se incluyen los procesos que destruyen la biomasa de las plantas como el fuego, las tormentas, las inundaciones, los derrumbes, entre otras, estos autores proponen 15 rasgos (**Tabla 1**). A pesar que los rasgos propuestos por Cornelissen, y otros (2003) son una clasificación general asociada con las respuestas a cualquier tipo de disturbio, estudios más detallados muestran que algunos atributos de las plantas son específicos a tipos particulares de perturbación (Lavorel & Garnier, 2002).

Independientemente del tipo de perturbación al que sea sometido un sistema, la comunidad empieza un periodo de recuperación, y la tasa con

la que se recupera depende de las características de la perturbación, es decir del tipo, frecuencia e intensidad. Es evidente que los diferentes tipos de perturbación son claves en la recuperación de un ecosistema, no es lo mismo que en el bosque se caigan algunos árboles a causa del viento o la pendiente, a que un incendio acabe con el rodal, pues esta perturbación causaría daños mucho más severos a nivel de la regeneración y los ciclos de nutrientes. Por otro lado, la frecuencia puede tener importantes consecuencias para la composición y estructura del bosque, por ejemplo, altas tasas de perturbación desfavorecen a las especies arbóreas y hacen que la dominancia de la comunidad cambie a formas de vida herbáceas y arbustivas, de rápido crecimiento, vida corta y con temprana reproducción; esta distribución temporal de la perturbación es más importante a nivel del paisaje que a nivel local, debido a que determina la sincronía de los procesos de regeneración que ocurren en un área amplia, y el nivel de sincronía del crecimiento es importante debido a las estrechas relaciones entre la dinámica de la población arbórea y los cambios ecosistémicos en biomasa y producción (Pickett S. , 2012).

La intensidad afecta el desarrollo de la vegetación, siendo más lenta cuando está sometida a intensidades de perturbación altas; generalmente los individuos que crecen después de la perturbación están presentes en el momento de la perturbación como plántulas, como semillas en el suelo o como semillas recién dispersadas en el área, y la severidad de esa perturbación es la que determina cuál de esas estrategias tendrá mayor éxito. Por ejemplo, las fuertes perturbaciones eliminarán las plántulas pero las semillas vivirán en el suelo (Pickett S. , 2012).

Por otro lado, el tipo de fruto resulta un buen indicador, los frutos secos (no carnosos) por lo general son dehiscentes dispersan sus semillas por el viento, en cambio los frutos carnosos como en el caso del melón, la forma de dispersión de las semillas es por animales que se alimentan de ellos, las semillas de los frutos carnosos necesitan pasar por el tracto digestivo para poder germinar. Así por medio de este rasgo se puede relacionar la tolerancia a la perturbación ecosistémica (Cornelissen, y otros, 2003).

Muchos estudios informan acerca de un aumento de la acidificación del suelo en los sistemas basados en leguminosas causado por una intensa nitrificación, seguido por la lixiviación del NO_3^- y la excreción del H_3O^+ por las raíces de las leguminosas y la exportación de los productos vegetales y animales (FAO, 2012), existiendo una relación directa entre las especies que son leguminosas con la perturbación de suelos por aumento del contenido de nitrógeno.

La clonalidad es la capacidad de una especie de planta de reproducirse vegetativamente, produciendo así nuevos "ramets" (unidades sobre el suelo) y expandirse horizontal. Las plantas más competitivas tienen órganos clonales con mayor capacidad de repoblar parches ricos en recursos claves (por ejemplo, alimentos, agua, luz), estas plantas pueden promover la persistencia después de las perturbaciones ambientales. Comportamiento clonal positivo también puede ser un medio eficaz de la migración de corta distancia en circunstancias de mala dispersión de semillas o bajo reclutamiento de plántulas (Cornelissen, y otros, 2003). Los órganos clonales, especialmente los subterráneos, también pueden servir como órganos de almacenamiento y la distinción entre ambas funciones es a menudo poco clara. Los tubérculos y bulbos de geófitos tienen como función el almacenamiento y son relativamente ineficientes como órganos clonales (Flynn, y otros, 2009).

Queda clara la importancia de caracterizar la perturbación (intensidad de uso de suelos) para facilitar el entendimiento de su influencia en los diferentes procesos ecosistémicos y sobre todo en la respuesta de los tipos funcionales a estos cambios. Pero es importante recordar que las perturbaciones generan disminución de la abundancia de muchas especies y en algunos casos extinciones locales, por lo cual es urgente entender las relaciones entre la abundancia de las especies y los tipos funcionales identificados (Salgado-Negret, 2007).

1.2.5 La desestabilización de los ecosistemas: disturbios y perturbaciones

Aunque intuitivamente cualquier persona podría reconocer que constituye un disturbio, una definición formal que precise el concepto es necesaria. De acuerdo a (White & Pickett, 1985), un disturbio puede ser definido como "un evento relativamente discreto que produce una alteración o disrupción en la estructura de la población, comunidad o ecosistema y cambia la disponibilidad de recursos y el medioambiente físico". Esta es una definición basada en cambios físicos cuantificables (ej., cambios en biomasa) que incluye disturbios severos y destructivos como también aquellos asociados a fluctuaciones ambientales prolongadas, menos perceptibles. Forman (1987) por su parte, define disturbios como "eventos que causan un cambio significativo en el patrón existente en el sistema". Para ecólogos y forestales esto se podría interpretar como el estrés y muerte de un número importante de plantas dominantes, que, debido a su importancia en el ciclo de carbono, agua, estabilidad del suelo, microclima y hábitat para otros organismos, alterarían el funcionamiento del sistema. En este punto es importante advertir que los términos de disturbio, perturbación, y estrés han sido usados en variados contextos ecológicos, y

a menudo sinónimamente, inconsistentemente y ambiguamente. Así, una interesante revisión de los problemas semánticos y conceptuales asociados al uso de estos términos es realizada por Pickett (1985). El concepto de estabilidad, estrechamente asociado al de disturbio, es central para entender la integridad de un ecosistema. Este concepto se refiere a la tendencia de un sistema a permanecer en su condición actual o retornar a esa condición luego de un disturbio (Asquith, 2002).

Las perturbaciones son procesos que modifican patrones espaciales y temporales de composición de especies (presencia o ausencia, abundancia absoluta relativa, riqueza) y estructura (distribución espacial, tanto vertical como horizontal, de la biomasa y los organismos, diversidad y equilibrio, redes tróficas, estructura de edades y tamaños de las poblaciones) (Pickett & White, 1985), así como la dinámica y funcionamiento de los ecosistemas (tasas de flujo de energía y reciclaje de nutrientes, interacciones de las especies, sucesión) (Bornman & Likens, 1979).

Los ecosistemas son el producto de cientos o miles de años de evolución conjunta y adaptación, por medio de procesos de sucesión ecológica (Washiniti, 2001). Al perderse una o más especies, se interrumpen parcial o totalmente uno o más de los procesos naturales que mantienen el flujo de materia y energía del cual depende el funcionamiento “saludable” (DeLeo & Levin, 1997) del ecosistema, ocasionando una perturbación en las redes tróficas y en los mecanismos de control de la diversidad de las comunidades (Ácha & Fontúrbel, 2003). Cuando se desestabiliza el funcionamiento de un ecosistema se afectan negativamente las especies más sensibles (que normalmente son también las más propensas a la extinción) y por ende todas las especies relacionadas con estas, ocasionando una reacción en cadena que lleva a la reducción de la biodiversidad, que a largo plazo puede cambiar totalmente la estructura y funcionamiento del ecosistema por medio de procesos de sucesión ecológica (Fortúnel, 2004).

1.2.6 Resiliencia y diversidad funcional

Los cambios ecológicos de origen natural o antropogénico ocurren en vías muy complejas y raramente actúan en una sola dirección o en una misma tasa a lo largo del tiempo. Esto disminuye la probabilidad predictiva de cómo un ecosistema puede cambiar en el futuro. Una excelente herramienta para entender lo anterior ha sido la integración del concepto de resiliencia en el funcionamiento de los ecosistemas (Cueva-Reyes, 2010). Se conoce como “resiliencia” o elasticidad de los ecosistemas y/o comunidades a la capacidad que tienen las especies que forman parte de estos, de regresar al estado original después de que se ha producido un cambio debido a perturbaciones naturales o por actividades humanas (Doak, y otros, 1998);

otro concepto que propone Walker (2004) menciona que la resiliencia ha sido definida como la capacidad de un ecosistema de absorber perturbaciones y reorganizarse mientras está experimentando o tras experimentar cambios, de forma tal que pueda mantener básicamente la misma estructura, funcionamiento y mecanismos de auto-regulación.

En este sentido, la presencia de diferentes grupos funcionales y las interacciones entre ellos son consideradas como una de las posibles fuentes de resiliencia ecológica (Peterson, Allen, & Holling, 1998). Por definición, al perderse un grupo funcional, necesariamente deberían ocurrir cambios en las propiedades de los ecosistemas (Martin-López, Gónzales, Díaz, Castro, & García-Lllorente, 2007).

La UICN (2008) ha identificado cinco grupos de características que pueden ser responsables de una mayor sensibilidad de las especies no resilientes:

- Dependencia de un hábitat y/o un microhábitat especializado
- Reducida tolerancia o umbrales ambientales muy estrechos que son susceptibles de ser sobrepasados en cualquiera de las etapas del ciclo vital;
- Dependencia de un detonante o señal ambiental específica que es susceptible de sufrir una perturbación;
- Dependencia de interacciones interespecíficas susceptibles de sufrir perturbaciones;
- Limitada capacidad de dispersión o de colonización de zonas nuevas o más favorables.

Otro aspecto importante para la resiliencia de los ecosistemas es la presencia de más de una especie dentro de cada grupo funcional, esto es la redundancia funcional (Walker B. , 1992). Desde un punto de vista teórico, la presencia de múltiples especies, dominantes o subordinadas, dentro de cada grupo funcional incrementa la redundancia funcional y por tanto la capacidad de responder o adaptarse ante cambios ambientales (Walker, Holling, Carpenter, & Kinzig, 2004). A mayor número de especies funcionalmente similares (es decir a mayor riqueza específica dentro de un grupo funcional), mayor es la probabilidad de que al menos una especie sobreviva ante posibles perturbaciones (Walker B. , 1992). Si no hay redundancia funcional, entonces la pérdida de una sola especie puede resultar en la pérdida completa de un grupo funcional (Díaz, y otros, 2005), y por tanto, en la pérdida de los servicios que es capaz de proveer. Así, la presencia de especies dominantes y subordinadas dentro de un grupo funcional provee al ecosistema de resiliencia para responder y adaptarse frente a las perturbaciones. En otras palabras, dentro de un mismo grupo funcional definido por caracteres de efecto compartidos por las especies

que lo integran, la presencia de especies con diferentes caracteres de respuesta ante cambios en el medio biótico o abiótico contribuiría a la resiliencia del sistema. Cabe aclarar que, si bien estas ideas tienen sólida base teórica (p. ej. Walker B, 1992), la evidencia empírica, en particular para comunidades terrestres, es débil (Díaz, y otros, 2005).

1.2.7 Cobertura vegetal y uso de suelo

La vegetación es la expresión evolutiva del agregado de especies vegetales en un lugar y en un tiempo determinado. Como tal es un elemento indicador del estado o condición que guardan los ecosistemas. Su expresión espacio-temporal es la cobertura vegetal (Farina, 2000). La cobertura vegetal y los usos del suelo constituyen la expresión conjunta de las plantas oriundas o introducidas y la utilización antrópica que se hace del medio biofísico de un área. Es una de las más importantes manifestaciones espaciales de los paisajes naturales y culturales de un territorio (Lambin, y otros, 2001).

La cobertura vegetal (los atributos biofísicos de la superficie terrestre) y los usos del suelo (los distintos propósitos humanos con los que se aprovechan estos atributos) determinan el funcionamiento de los ecosistemas terrestres: afectan directamente a su biodiversidad, contribuyen a los cambios climáticos locales, regionales y globales y son las fuentes primarias que proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación y desertificación de los suelos (Lambin, y otros, 2001).

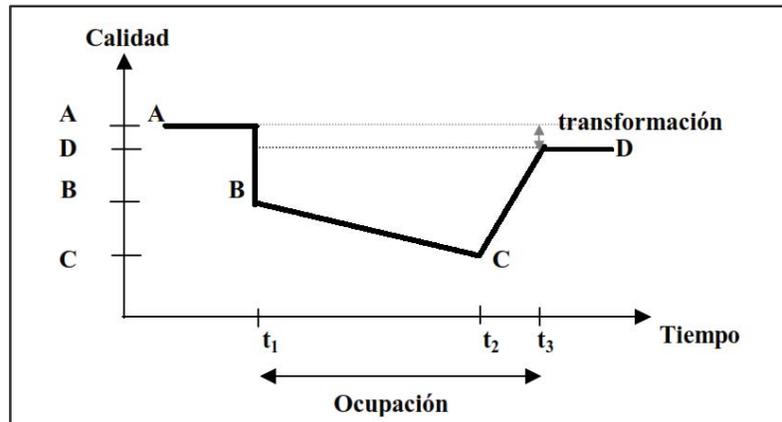
El uso del suelo en cuanto a la categoría de impacto está relacionado con el área ocupada, generalmente en combinación del tiempo durante el cual se realizan las actividades humanas (Lindeijer, 2000). Junto a este valor de ocupación debe existir una evaluación cualitativa de los cambios que sufre el suelo a partir de su uso, aparecen dos conceptos: *Ocupación* y *Transformación* (Figura 2) (Weidema & Lindeijer, 2001)

Ocupación: se refiere al impacto que se produce sobre la flora, fauna, suelo y superficie del suelo mientras se mantiene una actividad humana (de t_1 a t_2), puede incluirse el tiempo de restauración (de t_2 a t_3). El impacto de ocupación se expresará en unidades de parámetro de calidad previamente establecido, m^2 y año. La calidad se medirá en función de un nivel de referencia que no debe ser necesariamente **A** ni **D**.

Transformación: proceso por el cual se produce un cambio en la flora, fauna, suelo o superficie del suelo de un estado original (**A** en la Figura 2) a otro estado alterado (de **B** a **C**) puede ser temporal. Así cuando en el tiempo t_2 acaba la actividad humana, surge una etapa de transición, con o sin intervención humana, al final del cual (t_3) se llega a un

nuevo estado (**D**) que puede ser igual, inferior o superior en cuanto a la calidad del estado original **A**. El cambio entre **A** y **D** será el impacto de transformación y se expresa en unidades de un parámetro previamente establecido y en m².

Figura 2. Esquematación de los impactos de ocupación y transformación causados por el uso del suelo.



Fuente: Adaptado de Weidema & Lindeijer (2001).

1.2.8 Caracterización de la intensidad del uso de suelos mediante imágenes satélite

La teledetección tiene por finalidad identificar y caracterizar los materiales de la superficie terrestre y los procesos que en ella ocurren a partir de la radiación electromagnética procedente de la misma, entendiéndose por tal tanto la emitida por la propia superficie terrestre como la reflectada de la que llega del sol (Gilabert, Gozales, & Garcia, 1997).

La expresión cartográfica de la cobertura terrestre constituye una de las aplicaciones básicas de la teledetección espacial desarrollada con fines de inventarios y diagnósticos espaciales, ordenación territorial y detección de cambios, entre otros (Aplin, 2004); conformando una importante fuente de datos geográficos sobre los aspectos formales del uso de la tierra. Las diferencias entre uso y cobertura son remarcadas en algunas publicaciones, por cuanto el tipo de ocupación de la superficie terrestre es interpretada de imágenes captadas por sensores remotos sobre la señal emitida por los objetos, la cual no siempre indica el uso al que se destinan los mismos (Chuvieco, 2002).

Específicamente, la teledetección se basa en el análisis de la “luz”, la luz técnicamente hablando es una radiación electromagnética, es decir, una combinación de campos eléctricos y magnéticos moviéndose en forma de ondas. El conjunto de ondas electromagnética se denomina espectro electromagnético, y cada porción del espectro posee un nombre, incluye

desde los rayos gamma hasta las ondas de radio, pasando por los rayos x, rayos ultravioletas, espectro visible, los rayos infrarrojos, las microondas, etc. (Dukatz, 2008).

En general, cuando la radiación solar incide sobre una materia, una parte de la misma se refleja en la parte más superficial del mismo y el resto se propaga por su interior; allí, parte es absorbida y el resto se sufre un proceso de dispersión en todas direcciones, de tal manera que parte de la energía dispersada emerge del material por la misma superficie por la que penetra, sumando así a la radiación reflejada en la capa superficial. Esta energía variará en cuanto a su longitud de onda dependiendo del material que refracte la luz (Dukatz, 2008).

Esta capacidad distintiva de reflectancia de la materia se denomina como “la firma espectral” la cual puede ser ubicada en la región del espectro electromagnético en función de la longitud de onda que emite (Schowengerdt, 1997). Constituyendo un sello distintivo del material.

Es precisamente esta propiedad de interactuar que tiene la radiación electromagnética con la materia, la que determina la respuesta espectral de las superficies naturales y posibilita su estudio (Dukatz, 2008).

La cartografía de la cobertura/uso de la tierra es elaborada mediante la interpretación digital y visual de imágenes captadas por sensores remotos, utilizando las funciones contenidas en programas específicos (PCI, ERDAS, ARCGIS, etc.) o las incorporadas en algunos Sistemas de Información Geográfica. En cualquier caso, el procedimiento general conlleva la definición de la leyenda a utilizar, la realización de las correcciones geométricas, topográficas y por reflectividad de las imágenes consideradas, y la interpretación de las mismas.

Finalmente, se procede a verificar la fiabilidad del producto cartográfico elaborado, comparándolo con datos de campo, con los mapas producidos por otros autores o con los datos extraídos de fotografías aéreas o imágenes satelitales de mayor resolución, sobre un número de puntos previamente definidos mediante una técnica de muestreo (Colgaton & Green, 1999).

El análisis del comportamiento espectral de las superficies en las distintas porciones del espectro electromagnético (bandas) permite derivar algunos índices o variables sintéticas asociadas a procesos biofísicos. Estas resultan de operaciones algebraicas con bandas correspondientes a distintas porciones del espectro electromagnético. Algunos de estos índices y variables incluyen el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI), albedo de la superficie y la temperatura superficial (Chuvieco, 1996).

1.2.9 El índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI)

Para la interpretación de imágenes satelitales se aplican diversas técnicas de discriminación sobre la información contenida tanto en las bandas espectrales como en las transformaciones aplicadas sobre las mismas, y en el conjunto de variables auxiliares que se vienen incorporando al proceso (Chuvieco, 2002). Una de las transformaciones más utilizadas es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), el cual expresa el vigor vegetal o contenido de clorofila, a partir de las reflectividades de las bandas rojo (R) e infrarrojo cercano (IRC) (bandas 4 y 5 de imágenes Landsat 8), que se integran en la siguiente expresión general (**Ecuación 1**) (Jackson , y otros, 2004).

Ecuación 1. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI)

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R}$$

Cuanto mayor sea el contraste entre las reflectividades de la banda infrarroja y roja, mayor vigor vegetal presentará la cubierta observada. Bajos valores de contraste indican vegetación enferma o senescente, hasta llegar a las cubiertas sin vegetación que ofrecen un contraste muy pequeño (Chuvieco, 1996).

En el campo de la ecología, el NDVI tiene una gran aplicación para estimar diversos parámetros de la cubierta vegetal, se han relacionado satisfactoriamente con los índices de vegetación con los siguientes parámetros de la vegetación:

- Índice de área foliar LAI, que presenta una asociación positiva con el NDVI, especialmente cuando la vegetación no cubre totalmente el suelo, a través de esta propiedad se ha comprobado una alta correlación con la cobertura vegetal y los cambios en la vegetación (Elmore, Mustard, Manning, & Lobell, 2000).
- Flujo neto de CO₂, los valores de NDVI pueden ser utilizados para simular los flujos globales de carbono en la vegetación como resultado de la fotosíntesis (Hund, y otros, 1996).
- Productividad neta de la vegetación, el NDVI permite estimar a grandes escalas el potencial de la capacidad fotosintético del dosel a través de la fuerte correlación entre el NDVI y la fracción de radiación fotosintética (Schloss, Kadur, J; , Kadur, & Wittenberg, 1999).
- Evapotranspiración potencial. La actividad de evapotranspiración de la vegetación puede ser representada por los índices de vegetación a escala global, y se basa en la relación inversa de la evapotranspiración con el verdor de la vegetación (Suzuki, Yatagai, & Yasunarit, 1998).

Tabla 1. Asociación entre algunos rasgos funcionales de la planta y distintas condiciones de perturbación.

| McIntyre, Lavorel, & Tremont (1995) | Lavorel, Touzard, Lebreton, & Clément (1998) | | Westoby, Falster, Moles, Vesk, & Wright (2002) | Lavorel & Garnier (2002) | Cornelissen, y otros (2003) | Louault, Pillar, Aufrède, Garnier, & Soussana (2005) |
|-------------------------------------|--|---------------------------|--|--|--|--|
| Forma de vida | Morfología | Estructura del dosel | Área específica de la hoja (SLA) | Capacidad de rebrote | Forma crecimiento Individuo completo Forma de vida Altura de la planta Clonalidad | Longitud hoja |
| | | Altura del dosel | | Nivel Individuo | | Área lámina foliar |
| Unidad morfológica dispersada | Regeneración | Extensión lateral | Altura del dosel | Palatabilidad (espinas, toxicidad) | Concentración N y P foliar Hojas Fuerza física de las hojas Longevidad | Biomasa fresca lámina foliar |
| | | Historia de vida | | Nivel Población | | Peso seco lámina foliar |
| Capacidad reproducción vegetativa | Regeneración | Biomasa semilla | Biomasa de las semillas | Persistencia de propágulos (semillas) | Densidad de ramas Espesor rama Distribución de ramas Bajo el suelo: raíces Estrategia: captura de nutrientes | Materia seca de la hoja |
| | | Agente dispersor | | Capacidad competitiva Respuesta competitiva: tolerancia a la sombra | | Contenido N y C foliar |
| | | Dormancia semilla | | Nivel Comunidad | | Digestibilidad |
| | | Multiplicación vegetativa | | Efecto competitivo: Altura de las plantas adultas | | No hojas maduras por eje |
| | | | | Capacidad de dispersión: rasgos morfológicos de la semilla (tamaño, forma) | Modo de dispersión | Altura de la planta |
| | | | | Nivel Paisaje | Tamaño y forma | Biomasa de las semillas |
| | | | | Tipo de dispersión. | Regeneración: propágulos | Inicio y duración periodo floración |
| | | | | | Biomasa semillas | Altura inflorescencia en la base y ápice |
| | | | | | Capacidad de rebrote | |

Fuente: citado Salgado-Negret (2007)

CAPITULO II: ÁREA DE ESTUDIO

2.1 UBICACIÓN

La cuenca del río Lucre se ubica en el distrito del mismo nombre, provincia de Quispicanchi, región del Cusco en la cadena sur de la cordillera de los Andes Peruanos (Mapa 1).

Tabla 2. Ubicación geográfica de la cuenca de Lucre

| Sistema de Coordenadas UTM | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Datum | WGS 84 |
| Zona | 19 |
| Banda | L |
| Hemisferio | Sur |
| Intervalo coordenada X (Latitud) | 192328.29 - 207737.41 |
| Intervalo coordenado Y (Longitud) | 8482531.78 - 8494310.05 |
| Intervalo coordenada Z (Altitud) | 3072 m - 4489 m |

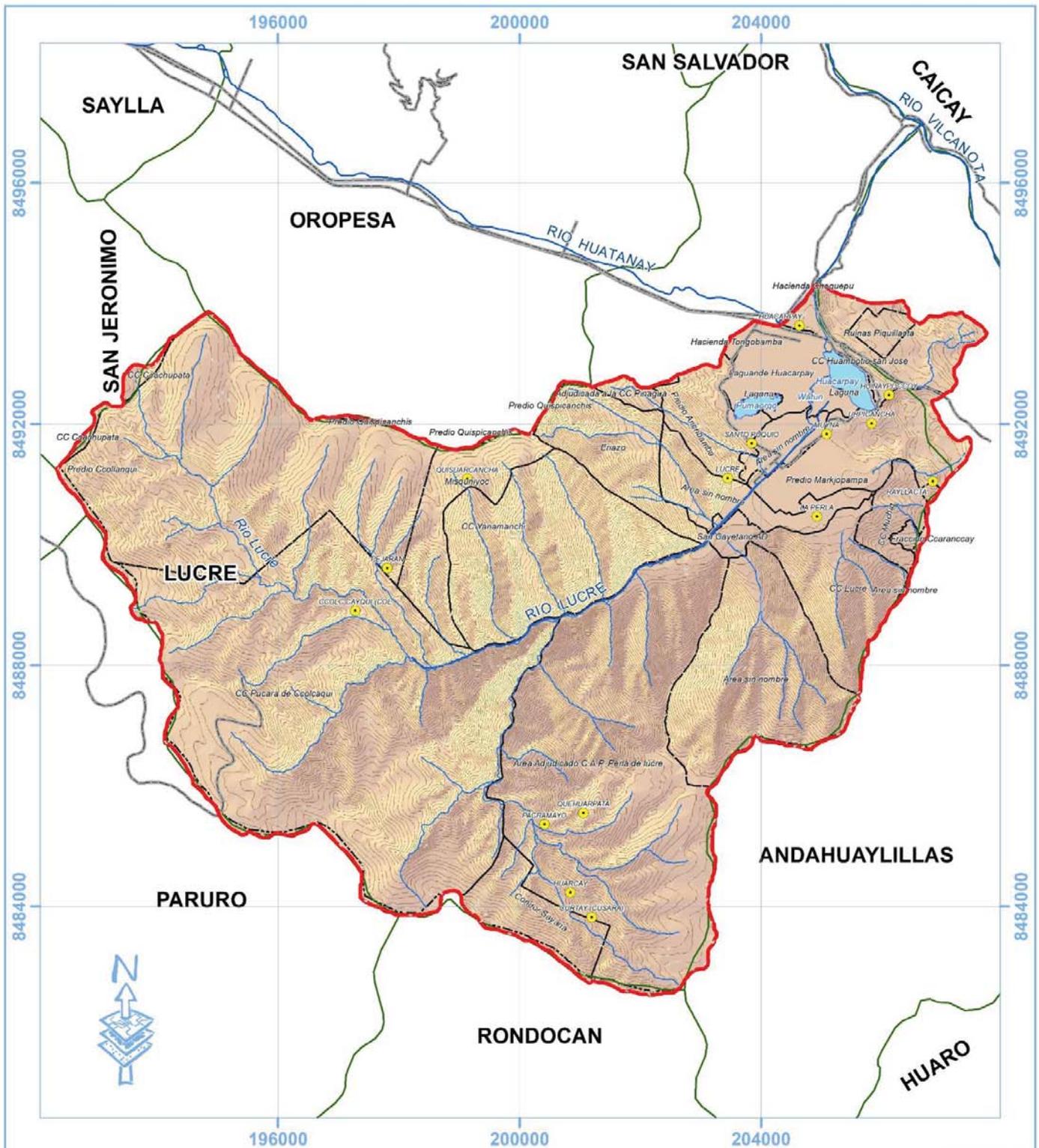
Fuente: Elaborado en función a los datos proporcionados por el (Per-IMA, 2012a)

El acceso desde la ciudad del Cusco es de 35 km en dirección noroeste-sureste, vía asfaltada Cusco – Urcos - Puerto Maldonado (corredor Interoceánica tramo I) hasta el cruce y desvío hacia Lucre. Para llegar a puntos referenciales donde se realizó el trabajo de campo se puede acceder por vía terrestre mediante la trocha carrozable, por carretera afirmada o caminando. Así, se tiene:

- Ruta a Yanamanchi desde la plaza mayor de Lucre, 45 minutos a pie y 15 minutos en carro.
- Ruta a Pacramayo desde la plaza mayor de Lucre, 3 horas a pie y 1 hora en carro.
- Ruta Huarcaiy desde Pacramayo 3 horas a pie y 1 hora en carro.
- Ruta a Ccolcayqui acceso mediante el desvío de la ruta San Jerónimo - Paruro por la vía afirmada hasta llegar al cruce (1 hora en carro), desde este punto 3 horas a pie y 1 hora en carro hasta llegar a la comunidad.

2.2 CUENCA DEL RIO LUCRE

La cuenca de Lucre está en dirección SE de la cuenca hidrográfica del río Huatanay, cubre un territorio que va desde los 4489 m (Señal Pantapuncu) en el cerro Condorsayaña hasta los 3072 m (Huacarpay); por tanto, cubre los pisos ecológicos de Queswa, Transición, y Puna según *Olarte y Dollfus* (1981); Queswa, Suni y Puna según *Pulgar Vidal*. Se llama Cuenca del río Lucre, por ser el río de mayor jerarquía, el colector común de los torrentes de este sistema de drenaje que pasa por la localidad de Lucre, capital del distrito del mismo nombre, a 3086 m de altitud (Choquehuanca, 1999).



- SIGNOS CONVENCIONALES:**
- Centros Poblados
 - Curvas de Nivel (i=25 m)
 - Red Vial
 - Lagos
 - Red Hidrica
 - Limite Distrital
 - Limite Comunal
 - Cuenca de Lucre



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

TESIS:
DIVERSIDAD FUNCIONAL A TRAVÉS DE UNA GRADIENTE DE USO DE SUELOS EN LA CUENCA DE LUCRE - PROVINCIA DEL QUISPICANCHI

MAPA:
UBICACIÓN

| | | | |
|---------------------------|--|----------------|-----------------|
| UBICACIÓN: | TESISTA: | ESCALA: | MAPA N°: |
| Dist.: Lucre | Bz. Alvaro Christian Silva Espejo | 1:83,681 | 01 |
| Prov.: Quispicanchi | ASESORES: | PROC.: | |
| Reg.: Cusco | M.Sc. Greta Margot Paiva Prado M.Sc. Wilfredo Chávez Huamán | SIG - ACSE | |
| Proy.: UTM WGS 84: L 19 S | FUENTES: | FECHA: | |
| | INGEMMET, COFOPI, ANA | Junio, 2014 | |

El área total de la cuenca es 10 501.16 ha (Per-IMA, 2012b), que representa el 20.5 % del área total de la cuenca del río Huatanay, con un perímetro de 46.1 km (Choquehuanca, 1999).

Aparentemente tiene forma triangular invertida, con la base hacia el norte, y los lados hacia SE y SW y con vértice en el lugar denominado Condorsayaña, donde se encuentra la señal de Pantapuncu que es la elevación más alta de la cuenca. Sus límites están dados por el norte con la cuenca del río Huatanay, del que la separa la cadena de montañas denominadas genéricamente cerros de Sayhua, Torioc, Sinchijonernioc, Joricalla y Corihuayrachina; por el sur con la cuenca del río Paruro, separada por las elevaciones de Condorsayaña, Luichos y Campanayoc; por el este con la cuenca del Río Marijón (Andahuaylillas), afluente del río Urubamba, separada por las elevaciones de Pucacasa, Combayoc y Sayhua.

Finalmente, por el oeste con la cuenca del Río Choco que forma el río Huatanay, separada por las elevaciones de Patococha, Chaquicocha y Toctobamba (Choquehuanca, 1999).

La cuenca de Lucre presenta aguas subterráneas y superficiales. Las subterráneas son las mejores para el consumo doméstico, como es el manantial de Santopujio. Otros manantiales que circundan la laguna y los pantanos son Choquepujyo, Mancapujyo y Miskiunuyoc (Calvo, 2011).

2.3 RÍO LUCRE

Se origina en los riachuelos de Pacramayo al pie del cerro Toctohuampa a 4,050 m de altitud, a 13°37'58" S y 71 °49'39" W. Su recorrido total es de 16 km y se pueden identificar tres sectores (Choquehuanca, 1999):

- a. Curso Superior, que corresponde a la parte alta del río, desde su origen hasta la afluencia del río Cullumayo. Recorre por encima de 3500 m de altitud. paralelo al río Huatanay de WNW a ESE. Tiene 6 km de longitud, formando una estrecha quebrada.
- b. Curso Medio, que comprende desde la confluencia del río Cullumayo hasta la localidad de Lucre. Recorre 7 km de SW a NE formando un estrecho valle en forma de V.
- c. Curso Bajo, que recorre desde la localidad de Lucre hasta su desembocadura en el río Huatanay, formando parte de un valle que gradualmente se ensancha en Huacarpay, confundándose con la Laguna del mismo nombre. Tiene aproximadamente 3 km de longitud. En un recorrido con dirección S a N.

Este río es alimentado por 10 afluentes por la margen izquierda y 12 por la margen derecha de primer y segundo orden. Los más importantes son (Choquehuanca, 1999):

Por la margen izquierda, los ríos: Cantarán y Perajarán.

Por la margen derecha, los ríos: Sinhuarán, Yutujasamayo, Cullumayo y Ulpo.

2.3.1 Modelo de Red de drenaje

El patrón o modelo de drenaje fluvial es consecuencia del tipo de rocas que forman el relieve de la cuenca hidrográfica. De los diversos tipos de modelo de drenaje identificados, corresponde a la cuenca del río Lucre el tipo dendrítico que es una ramificación común y casi normal, efecto de la resistencia uniforme de las rocas a la erosión y también al posible contacto litológico (Choquehuanca, 1999).

2.3.2 Jerarquía fluvial

En base a la carta de 1:100 000, y a la metodología empleada por Horton y modificado por Strahler, se han identificado en total 44 cauces fluviales, jerarquizados hasta cauces de tercer orden; por consiguiente Lucre corresponde a una cuenca del mismo orden (Tercer orden) y la cuenca del Río Huatanay al cuarto orden (**Tabla 3**) (Choquehuanca, 1999).

Tabla 3. Orden y número de la cuenca del río Lucre

| Orden | Número |
|-------|--------|
| 1° | 36 |
| 2° | 07 |
| 3° | 01 |
| Total | 44 |

Tabla 4. Jerarquización de los torrentes según su ubicación

| Orden | Margen Derecha | Cauce Principal | Margen Izquierda | Total |
|-------|----------------|-----------------|------------------|-------|
| 1° | 21 | 1 | 14 | 36 |
| 2° | 04 | 1 | 02 | 07 |
| 3° | 00 | 1 | 00 | 01 |
| Total | 25 | 3 | 16 | 44 |

2.3.3 Clasificación de la cuenca hidrográfica

Siguiendo la última clasificación de cuencas propuesta por el Ingeniero brasileño Otto Pfafstetter (1989), adaptada por el Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA (2003) para nuestro territorio nacional la misma que fue aprobada mediante Resolución Ministerial N° 033-2008-AG y sustentada en XV Simposio Brasileiro de Sensoramiento Remoto – SBSR por la Autoridad Nacional del Agua – ANA (2011); podemos clasificar el área de estudio, de la siguiente manera:

Tabla 5. Identificación del código de la cuenca de Lucre según Pfafstetter

| Nivel | Nombre | (ID) Identificador |
|-------|--------------------------------------|--------------------|
| 1 | Cuenca Hidrográfica del Río Amazonas | 4 |
| 2 | Región Hidrográfica | 49 |
| 3 | Cuenca Hidrográfica del Río Ucayali | 499 |
| 4 | Cuenca del Bajo Urubamba | 4994 |
| 5 | Cuenca del Río Vilcanota | 49949 |
| 6 | Intercuenca Medio Vilcanota | 499497 |
| 7 | Cuenca del Río Huatanay | 4994974 |
| 8 | Cuenca de Lucre | 49949742 |

FUENTE: Elaborado en base a información de ANA (2011)

Es por esta razón que, en el presente trabajo de investigación, se ha denominado “Cuenca de Lucre” al área de estudio.

2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

2.4.1 Geología

La cuenca de Lucre está formada en su mayoría por unidades geológicas sedimentarias (lutitas, areniscas, conglomerados, calizas) de las formaciones, Huancané, Sonco, Mitu, Huancalle, Rumicolca y Kayra, rocas ígneas volcánicas, tobas, de la formación Huacarpay, estas formaciones se encuentran en muchas zonas cubiertas por suelos eluviales, los cauces de los ríos y sus riberas están cubiertos por suelos aluviales y conos de deyección.

Geomorfológicamente Lucre – Huacarpay están asentados en una depresión o altiplano formado por sedimentación y evaporación lacustre y un posterior modelamiento fluvial en piso de valle y en laderas, con una actividad geodinámica media, que pone en riesgo a algunas zonas del área de estudio, presenta derrumbes pequeños, erosión de causes y procesos de formación

de cárcavas, esto se debe, a la presencia de rocas sedimentarias de poca consolidación y poca resistencia al intemperismo, laderas de media a alta pendiente y principalmente a la alta intensidad pluvial de la zona (INDECI & PNUD, 2011).

2.4.2 Geomorfología

Entre las unidades geomorfológicas identificadas se tiene (Molina, 2014):

- **Terraza Baja**, esta zona está conformada por la parte más baja de la depresión de Huacarpay, la topografía es plana con ligeras pendientes de hasta 2%, está cortada por y profundizada por el río Lucre el cual presenta poca erosión u transporte de sólidos. Existen zonas de depósitos aluviales ubicadas en la franja de piso de la cuenca, con topografía llana a ligeramente inclinada; formado por acumulaciones de arrastre de materiales en época de lluvias, acumulados desde fines del Pleistoceno hasta ahora, conformada por gravas, arena, limo y arcillas. Con erosión ligera, en las riberas de los ríos en épocas de fuerte precipitación, constituyendo niveles de terrazas fluviales de sedimentos, con superficies de relieve suave, pendiente de 4% a 8% regular a moderadamente inclinado.
- **Conos Aluviales**, ubicados en las partes bajas de las laderas a la margen derecha del río Lucre, con pendiente inclinada, caracterizadas por su geoforma, originados por la erosión del arrastre y acumulación de material aluvial adoptando las formas de conos, que se ubican en las partes medias y bajas de las laderas de las montañas y colinas. Desde los 200 m de ancho y 30 m de altura hasta los 20 m de ancho y los 5 m de altura, el de mayor tamaño es el que se encuentra a 100 m al noroeste del poblado de Lucre.
- **Colinas**, presentan menor altitud que las montañas que sobresalen de la planicie, con pendientes de 8% a 25% (laderas de medianamente inclinado a moderadamente empinado). Son relieves de poca altura, están distribuidas aisladamente en el área y la morfología se ubica en su mayoría en la formación Sonco (limoarcillitas y areniscas). Estas colinas en su mayoría se encuentran en la parte este de la laguna de Huacarpay y la parte Noreste de Lucre y al sureste de Huacarpay. Esta unidad es utilizada en la agricultura para el sustento de las familias del poblado Lucre – Huacarpay y que a la vez sirven como protección ante la degradación y erosión del suelo.

2.4.3 Capacidad de uso mayor del suelo (CUMS)

Pumachapi (2010) realizó la clasificación de uso mayor de suelos para la cuenca de Lucre en las siguientes unidades:

- Suelos Aptos Para Cultivo Limpio (A), los suelos de aptitud para cultivo en limpio, son suelos de calidad agrológica media, con muy pocas limitaciones que restringen el uso y sin problemas de manejabilidad, de excelente productividad bajo un manejo acertado y de regular fertilidad natural.
- Suelos para Cultivos en Limpio de Calidad Agrológica Media con Limitaciones por Suelo, Erosión y Clima (A2sec), comprende suelos moderadamente profundos; textura media a moderadamente fina, drenaje natural bueno a moderado; reacción ácida a neutra; fertilidad natural baja a media. Sus limitaciones están referidas, por el factor edáfico, presenta una fertilidad natural de baja a media y contenidos de materia orgánica, medio en fósforo y bajo en potasio; de textura moderadamente fina; con relieve medio debido al grado de pendiente. Representa un área de 887.21 ha. Equivalente a un 8.49 % del total del territorio en estudio.
- Suelos para Cultivos en Limpio de Calidad Agrológica Baja con Limitaciones por Suelo, Erosión y Clima, ocupa diversas unidades fisiográficas, como los abanicos aluviales, altiplanicies allanadas, altiplanicies onduladas a disectadas, mesetas, pie de montaña, terrazas medias, vertiente de montaña alta allanada. Estos suelos comprenden una calidad agrológica baja, donde los suelos son moderadamente profundos, textura fina a media, con reacción fuertemente ácida a neutra, drenaje natural bueno a moderado y fertilidad baja. Sus limitaciones están referidas principalmente a factores: topográficos, edáficos y climáticos. Presenta un área de 193.05 ha. Equivalente al 1.84 % del total de la zona en estudio.
- Suelos Aptos Para Pastos (P), suelos aptos para pastos, los que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para el cultivo en limpio o permanente, permite su uso continuado o temporal para el pastoreo, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores, sin deterioro de la capacidad productiva del recurso.
- Pastoreo calidad agrológica baja con limitaciones de suelo, erosión y clima asociado a protección. (P3sec -Xse), fisiográficamente ocupa paisajes de fuerte pendiente como las vertientes de montaña empinada y muy empinada, aunque en algunos suelos se encuentran paisajes moderadamente empinados como son las altiplanicies allanadas, onduladas y pies de montaña, siendo la condición determinante para su clasificación en este último caso la característica edáfica de suelo muy

superficial. Los suelos son superficiales, textura media, pH ácido, fertilidad baja (nitrógeno, fósforo y potasio) con presencia de materia orgánica. Estos suelos se distribuyen bajo condiciones climáticas regidas por temperaturas bajas a lo largo del año, sobre una fisiografía de laderas muy empinadas, que le confieren características apropiadas para ser consideradas como suelos de protección además de presentar abundantes afloramientos rocosos. Actualmente en estos suelos se practica el pastoreo, con hatos mixtos de ganado, conformado principalmente por el camélido, además de desarrollar una agricultura migratoria en algunos sectores con pendiente suave especialmente en las quebradas. Presenta un área de 1629.23 ha que equivalen al 15.59 % del total del territorio en estudio.

- Suelos de Protección (X), están constituidos por aquellos suelos que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivos, pastos o producción forestal, incluye este grupo: picos, pantanos, cauces de ríos y otros.
- Protección por suelos y erosión (Xse), constituye áreas desnudas con afloramientos rocosos y de alta pendiente, producto del proceso erosivo intenso. Ocupa un área de 4060.89 ha. Que equivale a 38.87 % del total del territorio en estudio.
- Protección por suelos y erosión asociado a pastoreo calidad agrológica bajas con limitaciones de suelo, erosión y clima (Xse-P3sec), son suelos muy superficiales, con abundantes afloramientos rocosos, donde se tiene acumulaciones de suelos, éstos presentan textura media, pH ácido, fertilidad baja con presencia de materia orgánica y bajo contenido de nitrógeno, fósforo y potasio. Estos suelos se distribuyen bajo condiciones climáticas regidas por temperaturas bajas a lo largo del año, sobre una fisiografía de laderas muy empinadas a escarpadas. Presenta un área de 1401.71 ha. Equivalente a 13.41 % del total del territorio en estudio.

2.5 CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

2.5.1 Zonas de vida natural

En base a la clasificación propuesta por Holdridge, se tienen las siguientes zonas de vida natural:

- Bosque Húmedo Montano Bajo Sub Tropical (bh-MBS), zona comprendida entre los 3 450 y 3 900 metros de altitud. La ciudad del Cusco y alrededores se ubican en esta zona, ahora densamente poblada. La mayor precipitación de setiembre a abril, ocasiona que los suelos se comporten recargando agua en este tiempo, para luego en marzo producirse abundante agua de escorrentía.

La vegetación natural se presenta en dos estratos bien definidos, uno arbóreo y el otro herbáceo en el cual se incluyen las arbustivas y las gramíneas (Molleapaza, 2005).

- Bosque Seco Montano Bajo Sub-Tropical (bh-MBS), ocupa los valles meso andinos, entre los 2500 y 3200 metros de altitud. La biotemperatura media anual máxima es de 18.1°C y la media anual mínima de 11.7°C. El promedio máximo de precipitación es de 1 124 mm. Se presenta entre Huacarpay, Lucre, Oropesa hasta Angostura. La vegetación primaria ha sido fuertemente deteriorada y sustituida en gran parte por los cultivos (Per-IMA, 2012a)
- Estepa Espinosa Montano Bajo Sub Tropical (ee-MBS), ocupa territorios relativamente planos, con áreas de pendientes superiores al 15%, con tierras aptas para la agricultura bajo riego y en menor escala de secano. Según su altitud se distribuye entre los 2 000 y 3 100 msnm, y se presenta en el sector comprendido entre Huacarpay y Huambutio (Per-IMA, 2012a). La precipitación oscila entre los 200 y 500 mm, la presencia de heladas es poco probable pues las temperaturas no llegan a ser menores de 2°C (Molleapaza, 2005).

En estas zonas de vida enmarcadas en el área de estudio, se han descrito importantes especies para la flora y fauna; así existe un inventario florístico del bien reconocido: “Relicto de Bosque Seco Tropical de Valle Interandino de Huacarpay” elaborado por Galiano, Nuñez, & Alvarez (2003), describen subunidades de vegetación en donde encontraron 147 géneros, 67 familias y 195 especies en flora vascular y helechos mencionan además, que en estudios de avifauna se observan durante un año más de 112 especies de aves. Otro importante estudio es la “Guía de macrofauna y etnornitología en Lucre-Huacarpay” elaborado por Venero (2015), quien indica la presencia de 7 especies para mamíferos, 140 especies para aves, 3 especies para reptiles, 2 especies para anfibios y 2 especies para peces; además de muchas otras publicaciones que citan especies de flora y fauna para el humedal de Lucre.

2.5.2 Clima

Como ocurre en la región andina peruana, el clima es bimodal, es decir con una época fría y seca y otras de lluvia más bien templada. Para la época de secas comprendida entre los meses de abril a setiembre, la temperatura media para la estación meteorológica de Kayra es 10.98 °C, con una precipitación de 87.50 mm. Para la época de lluvias la temperatura media en Kayra es de 13.16°C con una precipitación de 574 mm, y para Cusco la temperatura media es de 12.03°C con una precipitación de 690.5 mm (Molleapaza, 2005). La temperatura es una variable de importancia en la distribución altitudinal con gran influencia en la flora, fauna actividades

humanas y así también como reflejo de un posible cambio climático registrado en las últimas décadas.

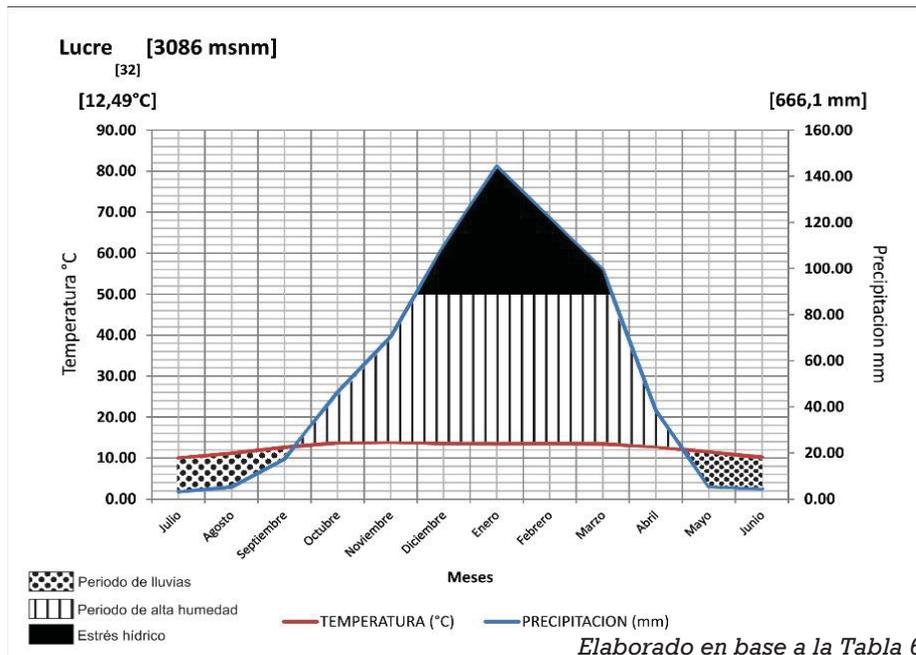
La Temperatura media anual registrada para los años 1982 al 2014 es de 12.49 °C, la temperatura mínima es de 9.99 °C (julio) y la temperatura máxima registrada es de 13,93 °C (noviembre). La precipitación pluvial anual registrada para los años 1982 al 2012 es de 666.1 mm, donde la precipitación mínima registrada es de 3.26 mm (julio) y la precipitación máxima 144.29 mm (enero) (ver **Tabla 6**). El periodo de secas (abril a setiembre) y el periodo de lluvias (octubre a abril) (ver Figura 3).

Tabla 6. Datos de temperatura y precipitación de la Estación Meteorológica de Kayra (19L 188870 8499472). Periodo 1982 – 2014.

| MESES | PRECIPITACION (mm) | TEMPERATURA (°C) |
|--------------------|--------------------|------------------|
| Julio | 3.26 | 9.99 |
| Agosto | 5.18 | 11.18 |
| Septiembre | 17.35 | 12.63 |
| Octubre | 46.39 | 13.74 |
| Noviembre | 70.41 | 13.93 |
| Diciembre | 109.66 | 13.57 |
| Enero | 144.29 | 13.51 |
| Febrero | 121.87 | 13.52 |
| Marzo | 99.34 | 13.44 |
| Abril | 38.39 | 12.81 |
| Mayo | 5.45 | 11.43 |
| Junio | 4.53 | 10.19 |
| Media Anual | | 12.49 |
| Total Anual | 666.1 | |

Fuente: SENAMHI (2014)

Figura 3. Climatodiagrama de la estación de Kayra.



2.5.3 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal que presenta la cuenca del Lucre, está dominada por 25 unidades de cobertura vegetal y uso actual de suelo, estas unidades se caracterizaron con el uso de imágenes satelitales Alos del año 2009 de tipo monocromático y de una resolución de 2.4 metros e imágenes satelitales del Google Earth a una escala mínima de edición de 1: 5000, con soporte en el Software ArcGis 9.3.1 además, prospección *in-situ* (Per IMA, 2011).

El sistema de clasificación utilizado para las unidades de vegetación fue siguiendo lo propuesto por Weberbauer (1934), y para definir las unidades de uso actual de suelo se realizó usando como referencia la clasificación propuesta por la Unión Geográfica Internacional (UGI).

De esta manera se caracterizó 38 unidades de vegetación para toda la cuenca del Rio Huatanay que incluye la cuenca de Lucre, cuyos criterios de clasificación más relevantes, fueron (Per IMA, 2011):

- Origen, si son nativos o exóticos
- Estrato, si son alto, medio o bajo, para ello se utilizó el parámetro de altura.
- Cobertura, si son denso o ralo, para ello se utilizó el parámetro de densidad.
- Especie dominante, especie que predominan en la unidad de vegetación.
- Asociación, si se da el caso de algún tipo de asociación.

2.5.4 POBLACIÓN

La población del Distrito de Lucre se concentra en el espacio Urbano, teniendo en cuenta que muchos de ellos despliegan labores agropecuarias en el sector rural; a distinción de otros distritos la diferencia entre hombres y mujeres es equitativo, aunque se debe de considerar que muchos de los habitantes desarrollan actividades comerciales permanentes fuera del distrito, haciendo fuerte el movimiento migratorio por comercio y/o trabajo como gente joven por mejores oportunidades de estudio y empleo (Municipalidad Provincial de Lucre, 2012).

Tabla 7. Población del distrito de Lucre

| POBLACIÓN TOTAL, POR ÁREA URBANA Y RURAL, Y SEXO, SEGÚN DEPARTAMENTO, PROVINCIA, DISTRITO Y EDADES SIMPLES | | | | | | | | | |
|--|-------|-----------|---------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|
| DISTRITO | TOTAL | POBLACIÓN | | TOTAL | URBANA | | TOTAL | RURAL | |
| | | HOMBRES | MUJERES | | HOMBRES | MUJERES | | HOMBRES | MUJERES |
| LUCRE | 3850 | 1934 | 1916 | 3088 | 1531 | 1557 | 762 | 403 | 359 |

Fuente: INEI- Censos Nacionales (2007)

En las zonas de altura se localizan pequeños núcleos rurales como Ccolcayqui y Pacramayo, así como viviendas dispersas de comunidades campesinas de escasa población (Municipalidad Provincial de Lucre, 2012), en total se tienen 42 centros poblados en toda la cuenca de Lucre según el dato alcanzado por COFOPRI (2015).

2.6 ECONOMÍA

Conforme al Censo del 2007, en el distrito de Lucre, la PEA está constituida por 1234 personas, siendo la Tasa de Actividad de la PEA el 45.8% de la población, en cuanto a actividades económicas se tiene (INEI, 2015):

- Actividades primarias, se manifiesta fundamentalmente en toda el área rural y periurbana. La PEA del poblado se dedica principalmente a la actividad agrícola, con carácter únicamente de bienes de consumo; por otro lado, la actividad pecuaria se manifiesta mediante la crianza de ganado vacuola piscicultura es la actividad que más resalta mediante la instalación de piscigranjas en la comunidad de Yanamanchi, actividad que genera trabajo y mejora el nivel de alimentación de la población.
- Actividades productivas secundarias, se manifiestan mediante la explotación de minas y canteras donde el 7.3% de la población se dedica a esta actividad, presentan industrias manufactureras representa el 13.8% de la PEA, la mano de obra para la construcción es representada por el 8.7% de la PEA. La generación de energía mediante la hidroeléctrica que actualmente es de uso privado está ubicada en la comunidad de Yanamanchi.
- Actividades terciarias, el comercio es minorista y está distribuido a lo largo de la vía principal (Av. Garmendia), y en la plaza principal, su línea de comercialización, está mayormente en el rubro de abarrotes (tiendas), que en su mayoría son incipientes y de productos básicos, este comercio es complementado por el mercado, donde se expende carnes, verduras, hortalizas, frutas, etc. La otra línea de comercialización, constituye el expendio de comidas en restaurantes en el área urbana y pequeños puestos de venta en el mercado.

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Material de Campo

- Binoculares *Tasco Essentials 8x21*
- Brújula lensática con eclímetro *Brunton CST DQL8*
- Cámara fotográfica *Bridge Panasonic Lumix FZ72*
- Trípode *Nikkon series*
- Libreta de campo, lápices, marcadores *Sharpie*
- Grabador de voz *Sony icd-px333*
- GPS *Garmin Oregon 300* y GPS *Garmin eTrex Vista HCx*
- Estacas
- Cinta Diamétrica *Forestry Suppliers*
- Cintas biodegradables *HME Flying*
- Cinta métrica de 5 m, 10 m y 50 m *3M*
- Placas para árboles
- Hilo *Nylon de pescador 100 mm*
- Cuerdas, Rafia
- Guantes de protección
- Radios *Motorola series*
- Tableros, fichas de campo
- Cartas Nacionales de IGN (Escala 1:100 000 y 1:25 000)
- Alcohol y Agua
- Prensa botánica
- Papel periódico
- Bolsas *Ziploc*
- Táperes herméticos cuadrados
- Tijeras botánicas, Navaja

3.1.2 Material Biológico

- Arbustos y árboles de la cuenca de Lucre

3.1.3 Material de Gabinete

- Laptop Lenovo *G 570*
- Escáner Canon *MP 230*
- Tijeras, bisturí y pinzas
- Guantes quirúrgicos
- Balanza digital gramera (*0.01 a 500 gr*)
- Bolsas de Papel
- Cinta *masking tape 3M*
- Marcadores *Sharpie*
- Horno Pasteur
- Secador botánico
- Calculadora
- Guías de identificación taxonómica:
 - Guía de aves y flora - Laguna Orurillo
 - Plantas para Leña en el Sur-occidente de Puno
 - Fanerógamas del Perú
 - Flowers of Machupicchu - Segunda Edición
 - Trees & Bushes of the Sacred Valley
 - A field guide to the families and genera of Woody Plants of Northwest south America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary Notes on Herbaceous Taxa
- Claves para identificación de género y especie
 - Imágenes Satelitales: Landsat 8 sensor OLI (Resolución 30 m, bandas 3-R y 4-IR, captura el 2016/6/27), Bing sensor RGB (Resolución 0.25 m, compuesta, capturada el 2017/12/12).

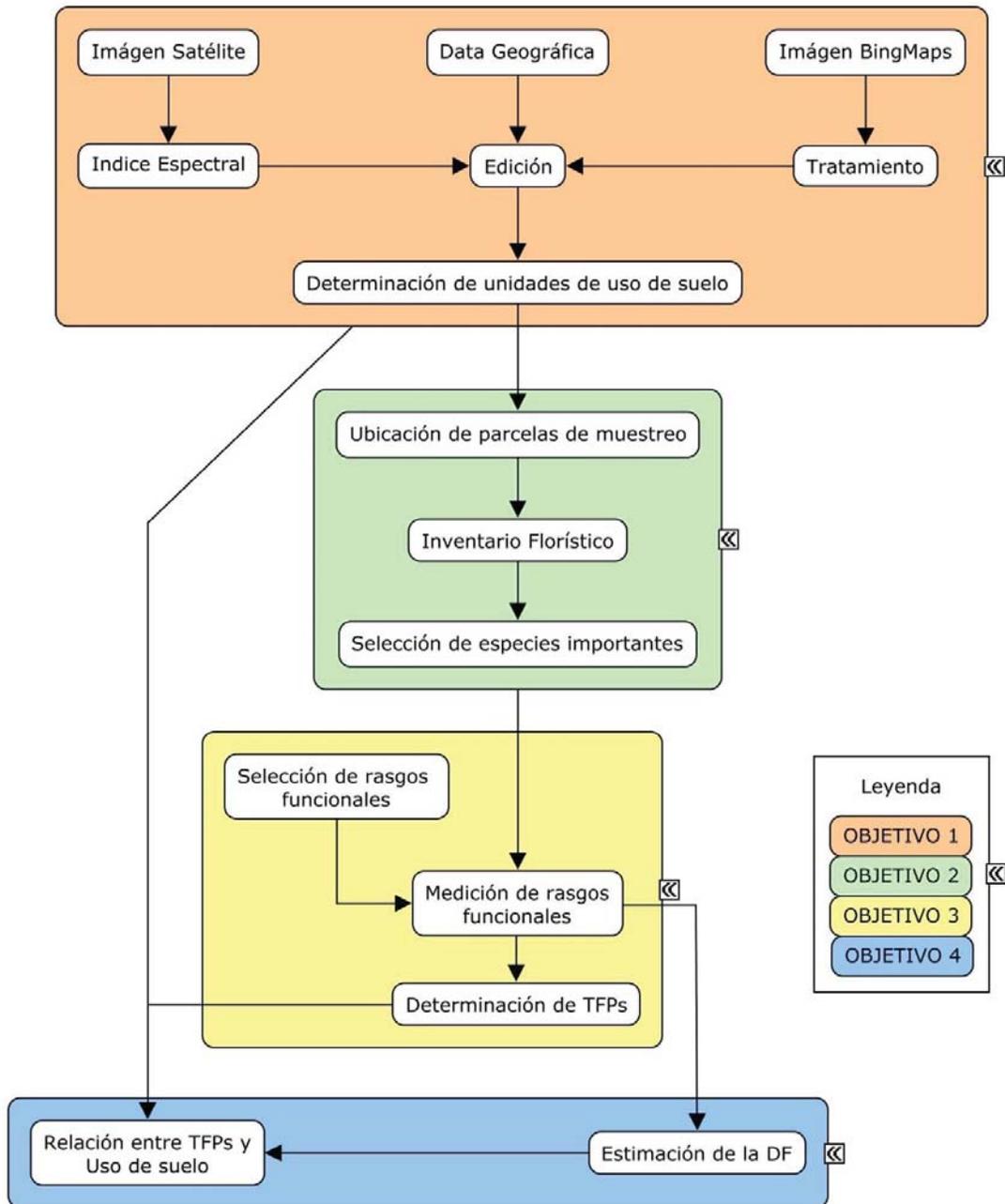
Softwares utilizados

- ArcGIS 10.6
- Microsoft Excel 2016
- Microsoft Word 2016
- Extensiones GIS: DNR Garmin 5.4, Hawth's Tools 3.27, Xtools Pro 12.1
- VueScan Pro 9.0
- Corel Draw Graphics Suite X7
- Corel Photopaint Graphics Suite X7
- ImageJ 1.48
- R 3.2.1
- InfoStat Versión Estudiantil 2015
- Past 3.07
- F-Diversity 13.0
- Google Earth Pro 7.2
- MapSource 6.16.3
- Sas Planet Release 14.12
- Global Mapper 16
- Cmap Tools 6.01

3.2 METODOLOGÍA

Para poder evaluar la diversidad funcional en una gradiente de uso de suelos se planteó un flujo de procedimientos que permitió dar respuesta al problema planteado y conseguir el cumplimiento de los objetivos (Figura 4).

Figura 4. Flujo metodológico para estimar la diversidad funcional en una gradiente de uso de suelo



3.2.1 Determinación de la gradiente de uso de suelo

3.2.1.1 Adquisición y preparación de la información satelital

Se adquirió una imagen satélite LANDSAT 8 OLI (*Operational Land Imager*) que fue capturada el 27 de junio del 2013 del geoservidor USGS *Global Visualization Viewer* (2015), presenta diferentes resoluciones las bandas 1-7,9 con 30 m de resolución, la banda 8 (pancromática) de 15 m de resolución y las bandas 10 y 11 con 100 m de resolución. Además, se obtuvo una imagen satélite del servidor de *BingMaps* a través del software *SAS Planet* que data de junio del 2014 con una resolución de 0.29 m que cubrió toda la cuenca de Lucre.

3.2.1.2 Tratamiento de las imágenes satélite.

En el caso de la imagen satélite LANDSAT 8, para obtener las bandas se procedió a descomprimir el archivo *.tar*, luego se georreferenció las bandas 4 (Banda roja) y 5 (Banda del infrarrojo cercano) con la herramienta “*Georeferencing*” del software *ArcGIS 10.5* tomando algunos puntos de control de la carta nacional 1:25 000. Para el caso de la imagen satélite de *BingMaps* al momento de la selección y obtención de la imagen se procedió a georreferenciar en el mismo software *SAS Planet* que dio como resultado una imagen compuesta con la extensión *.ecw* que incluye además de la imagen su posicionamiento. Ambas imágenes se trabajaron en el sistema de coordenadas UTM, con el Datum WGS 1984, zona 19, banda L y hemisferio sur.

3.2.1.3 Determinación del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI)

La estimación del NDVI se realizó en base al protocolo propuesto por Paruelo (2008) a través de la siguiente relación:

Ecuación 2. NDVI

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R}$$

Donde, R es la reflectancia en la banda roja y IRC es la reflectancia en la banda de la infrarroja cercano

Además, para la conversión de los datos de los pixeles a una distribución de -1 a 1 se utilizó el operador “*Float*” de la herramienta “*Raster Calculator*” del componente *ArcToolBox* del software *ArcGIS 10.5*.

3.2.1.4 Clasificación y determinación de unidades de vegetación

Se ajustó el *shapfile* de cobertura vegetal proporcionado por el Per-IMA (2012a) en función a la imagen de *BingMaps* que permitía tener el detalle

de sus límites de la unidad vegetal, cuando se tenía dudas sobre si era o no cobertura vegetal se utilizaba el NDVI el cual aclaraba la duda según el valor de pixel que tenía (-1 a +1, siendo +1 vegetación clímax y -1 sin vegetación). La escala de edición mínima fue 1:3 000 con la herramienta “*Editor*” del software ArcGIS 10.5, no fue una clasificación supervisada. cuyos criterios de clasificación más relevantes fueron (Per-IMA, 2012b):

- Origen, si son nativos o exóticos.
- Asociación, si se da el caso de algún tipo de asociación.
- Si es área intervenida con actividad antrópica.

3.2.1.5 Determinación de las unidades de uso de suelo

Siguiendo la clasificación propuesta por Flynn (2009) se tomó tres categorías: Agrícola, Natural y Seminatural para reclasificar el *shapfile* ajustado en función de dos atributos “Cobertura Vegetal” y “Uso Actual de Suelos” estas categorías están relacionadas directamente con la perturbación ecosistémica. Las categorías se describen a continuación (Flynn, y otros, 2009):

- Agrícola, los sistemas agrícolas están relacionados directamente para la producción agrícola incluyendo cultivos en hileras, pastos de secano y con sistemas de riego.
- Natural, en esta clasificación las comunidades naturales incluyen sistemas de referencia tales como praderas naturales, bosques relictos y pantanos que en gran parte no fueron afectados por la actividad agrícola o antrópica.
- Seminatural, sistemas que están dominados en gran medida por la vegetación natural, pero han sido modificados indirectamente para actividades agrícolas o son directamente adyacentes a las tierras agrícolas, como los barbechos, cortavientos y matorrales.

Es importante destacar que, para el presente estudio, en el muestreo de la categoría “Agrícola” se tomaron las unidades vegetales adyacentes a estas y no así las áreas de cultivo propiamente dichas, no se incluyó las especies cultivadas para fines agrícolas.

3.2.2 Valor de importancia de la flora arbustiva y arbórea

3.2.2.1 Selección de los sitios de muestreo

En base a los resultados del mapa de uso de suelo se definieron los sitios de muestreo en función de su representatividad (superficie) y distribución de las unidades de vegetación.

Tabla 8. Determinación de sitios muestrales

| CUENCA DE LUCRE | UNIDADES DE USO DE SUELO (Ha) | | | Total general | Unidad a muestrea | NUMERO DE PARCELAS | | | Total Parcela |
|--|-------------------------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------|-----------|----------|---------------|
| | UNIDADES DE COBERTURA VEGETAL | Agrícola | Natural | | | Seminatural | Agrícola | Natural | |
| Área de cultivo con riego | 300.17 | | | 300.17 | No | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Área de cultivo en seco | 545.34 | | 1.83 | 547.17 | No | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Área de ocupación rural | 14.27 | | | 14.27 | No | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Área de ocupación urbana | 78.34 | | | 78.34 | No | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Área sin vegetación | 1.30 | 1.97 | | 3.27 | No | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bofedal | | 283.55 | 8.34 | 291.89 | No | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bosque de estrato bajo de molle asociado con cultivo en seco | 8.83 | | | 8.83 | Si | 2 | 0 | 0 | 2 |
| Bosque de estrato bajo denso de chachacomo | | 40.48 | | 40.48 | Si | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Bosque de estrato bajo denso de molle | | 6.85 | | 6.85 | Si | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Bosque de estrato bajo denso de queuña | | 14.58 | | 14.58 | Si | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Bosque de estrato bajo denso de tasta | | 431.32 | | 431.32 | Si | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Bosque de estrato bajo ralo de chachacomo | | 132.82 | | 132.82 | Si | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Bosque de estrato bajo ralo de tasta | | 189.60 | | 189.60 | Si | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Bosque de estrato medio denso de aliso | | 1.17 | | 1.17 | Si | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Bosque de estrato medio denso de eucalipto | | | 215.18 | 215.18 | Si | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Bosque de estrato medio ralo de eucalipto | | | 11.53 | 11.53 | Si | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Herbazal denso | 16.15 | | | 16.15 | No | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Laguna | | 61.46 | | 61.46 | No | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Matorral denso inerte | | 1882.36 | 35.36 | 1917.72 | Si | 0 | 2 | 1 | 3 |
| Matorral denso subinerte | | 433.51 | 2.66 | 436.17 | Si | 0 | 2 | 1 | 3 |
| Matorral inerte asociado con cultivo en seco | 830.63 | | | 830.63 | Si | 2 | 0 | 0 | 2 |
| Matorral ralo inerte | | 132.26 | | 132.26 | Si | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Matorral ralo subinerte | | 49.68 | | 49.68 | Si | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Pajonal y cesped de puna | | | 4583.72 | 4583.72 | No | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Roquedal con pajonal de puna | | 185.90 | | 185.90 | No | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total general | 1795.03 | 3847.50 | 4858.62 | 10501.16 | | 4 | 21 | 6 | 31 |

Cada una de las parcelas fue ubicada en cada tipo de vegetación de forma aleatoria con ayuda de la extensión “*Hawth’s tools*” en el software ArcGIS 10.5 que ubica la parcela de acuerdo a criterio dado (unidad de cobertura vegetal según **Tabla 8**), el método que se utilizó fue muestreo estratificado y aleatorio, luego se extrajeron las coordenadas de cada parcela y fueron introducidas a la memoria de un GPS, para su ubicación posterior en campo.

El tipo de muestreo estratificado aleatorio permite asegurar que la muestra represente adecuadamente a la población en función de la superficie del tipo de bosque y se obtendrán estimaciones más precisas. Sin embargo, se tiene una desventaja respecto a las varianzas desiguales, que se subsanan a través de la prueba no paramétrica ANOSIM para corregir y tener varianzas homogéneas.

3.2.2.2 Tamaño, forma e instalación de las parcelas de muestreo

Las parcelas de muestreo fueron cuadrantes tomando la referencia la “Metodología para el estudio de la vegetación” (Matteucci & Colma, 1982), así se tuvieron:

- Para la evaluación de árboles, parcelas rectangulares de 50 m x 20 m (1000 m²).
- Para la evaluación de arbusto, parcelas cuadradas de 10 m x 10 m (100 m²).

Se instalaron las parcelas con ayuda de una brújula y cintas métricas (50m y 10m) en la ubicación que marcó el GPS a favor de la pendiente, en cada esquina se puso una estaca y una señal con la cinta *flyng* para su rápida ubicación durante el trabajo de campo, finalmente se marcó el perímetro con la cuerda encerrando a todas las especies para su fácil evaluación.

3.2.2.3 Evaluación de parcelas

Se identificaron todos individuos de árboles y arbustos presentes en la parcela, para el caso de árboles se marcaron con placas a todos los individuos de igual o mayor a 5 cm de DAP (Ministerio del Ambiente, 2011), se tomaron muestras botánicas para su identificación en el herbario CUZ – Vargas de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. La identificación de las muestras fue realizada por el botánico Blgo. Carlos Wily Palomino Condori.

Complementariamente en cada parcela se realizaron las mediciones de las siguientes variables:

- Número de especies
- Número de individuos
- Diámetro de copa (Arbustos)
- Diámetro a la altura del pecho DAP (Arboles)

3.2.2.3.1 Diámetro de copa

Se midió el diámetro de la copa con ayuda de la cinta métrica rígida (5 m *Wincha*) para todas las especies arbustivas presentes en la parcela de 100 m², tomando dos mediciones cruzadas (Ministerio del Ambiente, 2011): una del diámetro mayor **d₁** y la otra del diámetro menor **d₂**, para obtener el promedio **D** (Ecuación 2).

Ecuación 3. Diámetro de copa

$$D = \frac{d_1 - d_2}{2}$$

3.2.2.3.2 Diámetro a la altura del pecho DAP

Se midió el diámetro a la altura del pecho para todas las especies arbóreas presentes en la parcela de 1000 m², a una altura de 1.30 m de la superficie del suelo utilizando una cinta diamétrica, que midió el diámetro de forma directa. Se consideraron todos los individuos arbóreos cuyos diámetros eran mayores o iguales a 5 cm (Ministerio del Ambiente, 2011).

3.2.2.4 Índice de Valor de Importancia IVI

En gabinete, se estimó el peso ecológico de las especies dentro de la cuenca de Lucre mediante el cálculo del “índice de valor de importancia” (IVI) propuesto por Curtis & McIntosh (1950) que se obtiene de la suma de tres parámetros: dominancia (cobertura o área basal), abundancia y frecuencia, la suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100 y la suma total de los valores del IVI debe ser igual a 300, para el presente estudio el IVI se realizó por unidad de uso de suelo.

La dominancia **G** se refiere a la especie que sobresale en una comunidad, ya sea por el número de organismos, el tamaño, su capacidad defensiva, etc. El valor de **G** fue expresado en función del área basal **AB** y se obtuvo con las siguientes ecuaciones:

Ecuación 4. Área basal

$$AB = \frac{\pi D^2}{4}$$

Ecuación 5. Dominancia relativa

$$G_r = \left(\frac{AB_{total \text{ de la especie}}}{AB_{total \text{ de todas las especies}}} \right) 100$$

La abundancia **A** fue expresada como el número de individuos de una especie entre el número total de individuos en una determinada unidad de muestreo (abundancia absoluta), y su expresión en porcentaje se denomina abundancia relativa A_r .

Ecuación 6. Abundancia relativa

$$A_r = \left(\frac{\text{Número de Individuos}_{especie}}{\text{Número de Individuos}_{totales}} \right) 100$$

La frecuencia **F** es el número de veces que se puede encontrar determinada especie dentro de una muestra, y su expresión en porcentaje se denomina frecuencia relativa F_r .

Ecuación 7. Frecuencia absoluta

$$F_a = \left(\frac{\text{Número de parcelas donde sucede la especie}}{\text{Número de parcelas totales}} \right)$$

Ecuación 8. Frecuencia relativa

$$F_r = \left(\frac{F_a \text{ de una especie}}{\sum F_a \text{ de todas las especies}} \right) 100$$

Finalmente, el **IVI** se obtuvo con la siguiente ecuación.

Ecuación 9. Índice de valor de importancia

$$IVI = G_r + A_r + F_r$$

3.2.3 Evaluación de la diversidad funcional

3.2.3.1 Selección de las especies

Se consideró el 70 % de especies arbustivas importantes según el valor del IVI y todas las especies arbóreas (Walker B. , 1992). Hay que aclarar que se tomaron a todas las especies arbóreas por ser pocas (5) considerando que influyen directamente en el funcionamiento del ecosistema ya que se

encontraban agrupadas en unidades de cobertura vegetal (bosques) de gran ocupación en la cuenca.

3.2.3.2 Determinación de rasgos funcionales

De acuerdo a Cornelissen, y otros (2003) se seleccionaron los rasgos indicadores que estén más asociados a las respuestas funcionales de perturbación ecosistémica (**Tabla 9**).

Tabla 9. Rasgos funcionales seleccionados asociados a la perturbación

| Categoría | Rasgo | Tipo | Fuente |
|--------------------------|---|-----------------|-----------------------|
| Rasgos foliares | Área foliar | mm ² | Campo y Laboratorio |
| Rasgos foliares | Concentración foliar de Nitrógeno | mg/g | Campo y Laboratorio |
| Rasgos foliares | Concentración foliar de Fósforo | mg/g | Campo y Laboratorio |
| Rasgos reproductivos | Modo de dispersión - Agente dispersor | Categorico | Campo y base de datos |
| Rasgos reproductivos | Modo de dispersión - Agente polinizador | Categorico | Campo y base de datos |
| Rasgos reproductivos | Tipo de fruto | Categorico | Campo y base de datos |
| Rasgos de toda la planta | Clonalidad | Categorico | Campo y base de datos |
| Rasgos de toda la planta | Leguminosa | Categorico | Campo y base de datos |

3.2.3.3 Medición de rasgos funcionales

La metodología para la evaluación de los rasgos se basa en los protocolos propuesto por Cornelissen, y otros (2003), en algunos casos se hizo adaptaciones al protocolo en base a la experiencia de medición desarrollada por Chávez Huamán (2011). Se midieron los rasgos funcionales a 5 individuos sanos seleccionados al azar tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- La distancia mínima entre cada individuo seleccionado fue de 1000 m.
- De cada individuo seleccionado se colectó una rama (mínimo 30 cm de largo) expuesta al sol (Cornelissen, y otros, 2003).
- Las características de las hojas varían con la disponibilidad de la luz por ello en lo posible se colectó las ramas con hojas expuestas completamente a la luz.

- En el caso de los individuos que estaban completamente en la sombra se colectó las hojas de la parte superior.

La metodología específica para cada rasgo se muestra a continuación.

3.2.3.3.1 Área foliar (AF)

Es el área de la superficie proyectada de un lado de una sola hoja o la media de varias hojas, expresada en mm², excluyendo los peciolo o los peciolulos. Se siguieron los siguientes pasos.

En campo:

- Colectar 50 hojas (5 hojas al azar de 10 individuos por cada especie madura) sin síntomas de herbivoría (consumo de plantas por animales), ni ataque de patógenos, ni epifilia.
- Envolver las muestras (ramitas con hojas adjuntas) en papel húmedo y ponerlas en bolsas de plástico selladas o tapers, de modo que queden saturadas de agua para no alterar la muestra durante el traslado a gabinete.
- Registrar la procedencia de la muestra (número de muestra, código de parcela y código del árbol si fuese el caso).
- Guardar todas las muestras en una caja térmica o nevera hasta su procesamiento en gabinete.
- Nota: para el caso de las especies con hojas compuestas, las muestras fueron montadas en una prensa botánica para mantener los foliolos separados y facilitar su medición.

En gabinete:

- Escanear las hojas frescas, se utilizó un escáner *Canon Pixma MP240*, a una resolución de 600 dpi. Para el caso de las especies de estructura foliar muy grande que excedan el área de medida del escáner, dividir en secciones más pequeñas luego sumar sus fracciones (Cornelissen, y otros, 2003).
- Realizar un tratamiento digital que consistirá en separar los foliolos o foliolulos de sus peciolo o peciolulos, se utilizó el software *Corel Draw*.
- Convertir la imagen tratada a imagen monocromática o bitonal para reducir el error en proceso de medición.
- Calcular el tamaño de las hojas o foliolos en mm², se utilizó el software Image J (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>) debidamente calibrado.
- Nota: Para el caso de especies caducifolias hidratar la muestra 4-6 horas antes del escaneo.

3.2.3.3.2 Contenido foliar de nitrógeno (CFN) y contenido foliar de fósforo (CFP)

La concentración de nitrógeno o fósforo es la cantidad total de N o P por unidad de masa de la hoja seca, expresada en mg*g-1. Se siguieron los siguientes pasos.

En campo:

- Colectar 20-30 g de hojas frescas, al azar 2-3 gr de 10 individuos por cada especie madura sin síntomas de herbívora, ni ataque de patógenos, ni epifilia.
- Colocar las hojas en un sobre de papel con el código de parcela, placa y colector.
- Guardar todas las muestras en una caja térmica o nevera hasta su procesamiento en gabinete.

En gabinete:

- Descartar los peciolos o peciolulos y el raquis de cada muestra.
- Colocar en un sobre de papel, con la codificación necesaria.
- Secar las muestras en el horno Pasteur.
- Pesar 4 gr de muestra seca, para su análisis posterior de contenido de N y P.

Nota: Los análisis químicos de contenido foliar de N y P, se realizaron en el laboratorio de química orgánica de la facultad de ingeniería química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco bajo la directiva del Ing. Qco. Melquiades Herrera Ariwilca, los métodos utilizados fueron: Kjeldahl para el CFN y cromatografía para el CFP, método ampliamente usado en los análisis de nutrientes en tejidos vegetales (Cornelissen, y otros, 2003).

3.2.3.3.3 Agente dispersor (AD)

La asignación de los agentes dispersores a las especies se realizó mediante revisión de información secundaria, y se dividió en cuatro categorías registradas: anemocoria (viento), hidrocoria (agua), autocoria (explosiva y gravedad) y zoocoria con dos categorías: fauna voladora y no voladora.

Muchas especies no presentaron información secundaria sobre este rasgo, por lo cual se utilizaron los síndromes de dispersión descritos por Judd, y otros (1999):

- i. Anemocoria, los frutos y las semillas tienen estructuras aladas con copetes o pelos.
- ii. Hidrocoria, generalmente los frutos y/o las semillas son pequeños, secos y duros, y muchos tienen espinas o proyecciones como estructuras de anclaje, cobertura pegajosa o baja densidad y así la habilidad de flotar
- iii. Dispersión por fauna, presenta frutos de colores anaranjado, amarillo, café o verde, tienen estructuras de protección que suelen adherirse a los pelos de algunos mamíferos, por otra parte, se tienen colores blancos, rojo o negro, sin protección, son drupas o bayas carnosas, que son parte de la dieta alimenticia de algunos animales.

Este rasgo categórico en su mayoría fue contrastado a través de la observación directa en campo, por ser rasgo categórico se tuvo que enumerar en orden decreciente de importancia de acuerdo a las listas que se muestra a continuación (**Tabla 10**). Por ejemplo, la prioridad de la dispersión en cuanto a la distancia que genera el viento con respecto a una hormiga (insecto). En caso la especies presente más de dos rasgos, observar 10 individuos y tomar el que más repeticiones tenga.

Tabla 10. Categorías del agente dispersor

| Estado del Rasgo | Valor Categórico |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Autocoria (dispersión sin ayuda) | 1 |
| Zoocoria (dispersión por animales) | 2 |
| Hidrocoria (dispersión por el agua) | 3 |
| Anemocoria (dispersión del viento) | 4 |

Fuente: Salgado-Negret (2007)

3.2.3.3.4 Agente polinizador (AP)

La polinización puede ser de dos tipos, abiótica, que tiene lugar por la acción del viento (anemófila) o del agua (hidrófila) y biótica, que se da por animales, pero como la mayoría de las especies de plantas son visitadas por diferentes especies de fauna se dificulta establecer cuales especies son visitantes y cuáles son los polinizadores efectivos (Murcia, 2002). Por esta razón se decidió agrupar los agentes polinizadores en cuatro grandes grupos: insectos, aves, mamíferos (murciélagos) y viento. Los mamíferos no voladores no fueron incluidos en la lista debido a que la transferencia efectiva de polen no ha sido comprobada (Bawa, 1990).

Debido a la falta de información secundaria se utilizó la descripción de algunos síndromes de polinización que están determinados por la correspondencia existente entre características como la forma y el color de la flor y el animal visitante, y aunque estos síndromes no implican

necesariamente interacciones específicas entre la planta y el animal evidencian de manera general el tipo de interacción existente (Murcia, 2002). Los síndromes fueron descritos por Judd, y otros (1999):

- i. Polinización por insectos, las mariposas nocturnas visitan flores blancas con aromas fuertes y dulces, las mariposas diurnas visitan flores con colores brillantes y con aromas frescos y las abejas visitan flores de colores azul, púrpura o amarillo con aromas frescos pero fuertes que abren durante el día.
- ii. Polinización de aves, las flores presentan colores brillantes a menudo rojizos con corolas tubulares, sin aroma que abren durante el día.
- iii. Polinización de murciélagos, las flores son generalmente blancas con aromas fuertes que abren durante la noche.

En caso la especie presente más de dos rasgos, observar 10 individuos y tomar el que más repeticiones tenga.

Este rasgo categórico en su mayoría fue contrastado a través de la observación directa en campo, del mismo modo que el anterior rasgo fue un dato categórico se tuvo que enumerar en orden decreciente de importancia de acuerdo a las listas que se muestra a continuación (**Tabla 11**)

Tabla 11. Categorías del agente polinizador

| Estado de Rasgos | Valor Categórico |
|------------------|------------------|
| Insectos | 1 |
| Mamíferos | 2 |
| Aves | 3 |
| Viento | 4 |

Fuente: Salgado-Negret (2007)

3.2.3.3.5 Tipo de fruto (TF)

La asignación de estos valores categóricos se realizó mediante la recopilación de información secundaria, la cual en su mayoría se contrasto con la colecta de la muestra botánica, a un inicio se asignó dos valores como lo indica Flynn, y otros (2009): fruto no carnoso y fruto carnoso; sin embargo, se implementó una nueva clasificación para este trabajo que dio mejor resultado, detalla de mejor manera el comportamiento de la planta frente a la perturbación a través de este rasgo (**Tabla 12**).

Tabla 12. Categorías del tipo de fruto

| Tipo | Estado de Rasgos | Valor Categórico |
|--------------|------------------|------------------|
| Dehiscente | Cápsula | 1 |
| | Polifolículo | 2 |
| | Legumbre o vaina | 3 |
| | Lomento | 4 |
| Carnosos | Cinorrodon | 5 |
| | Drupa | 6 |
| | Baya | 7 |
| Indehiscente | Samara | 8 |
| | Aquenio | 9 |

Fuente: Adaptación de la metodología de Flynn (2009)

3.2.3.3.6 Clonalidad (Cl)

Este es un rasgo categórico evaluado a través de la observación de campo directa o revisión bibliográfica (Klimeš & Klimešova , 2000). Se siguieron los siguientes pasos:

En gabinete:

- Realizar la revisión bibliográfica para todas las muestras.

En campo:

- Verificación la clasificación de gabinete observando a cinco individuos que estaban lo suficientemente separados para ser poco probable que estén conectados. Para las estructuras subterráneas, hacer un hoyo para la verificación durante la temporada de secas en cada una de las unidades muestrales.
- En el caso de raíces grandes y profundas realizar una excavación parcial para proporcionar evidencia suficiente para su verificación, la especie está considerada clonal.
- Se tomaron las notas de (Klimeš & Klimešova , 2000) para la verificación en campo:

(*) Clonal sobre el suelo, pueden ser: a) Estolones: tallos horizontales, b) Gemmiparous: yemas adventicias en las hojas y c) Otras: yemas vegetativas o fragmentos de plantas que pueden dispersarse y producir nuevas plantas (incluyendo las yemas axilares, bulbillos y turiones). Esta categoría también incluye *Pseudovivipary* (propágulos vegetativos en la inflorescencia como en *Polygonum viviparum*), *Gemmipary* (yemas adventicias en las hojas como en *Cardamine pratensis*) y Fragmentos de plantas más grandes que se desprenden y se desarrollan (como en *Elodea canadensis*).

(**) Clonal subterráneo, pueden ser: a) Rizomas, b) Tubérculos: tallo modificado corto, grueso y (irregularmente) redondeadas, a menudo cubierto con brotes modificados ej. *Solanum tuberosum* (papa), c) Bulbos: relativamente cortos, más o menos globosas, subterráneas, a menudo sirviendo como órganos de almacenamiento d) Raíces adventicias.

Tabla 13. Categorías de la clonalidad

| Estado de Rasgos | Valor Categórico |
|---------------------------|-------------------------|
| Aclonal | 1 |
| Clonal sobre el suelo (*) | 2 |
| Clonal subterráneo (**) | 3 |

Fuente: Adaptación de la metodología de Klimeš & Klimešova (2000)

3.2.3.3.7 Leguminosa (Le)

Este rasgo es categórico y fue medido por revisión bibliográfica de acuerdo a lo propuesto por Flynn, y otros (2009).

Tabla 14. Categorías de leguminosa

| Estado de Rasgos | Valor Categórico |
|-------------------------|-------------------------|
| No leguminosa | 1 |
| Leguminosa | 2 |

Fuente: Adaptación de la metodología de Flynn (2009)

3.2.4 Relación de rasgos funcionales y tipos funcionales de plantas con la gradiente de uso de suelo

3.2.4.1 Análisis de rasgos funcionales

3.2.4.1.1 Estadísticas descriptivas

Para determinar variaciones en el comportamiento de los rasgos funcionales entre las parcelas de muestreo y entre las especies, se calcularon estadísticas descriptivas como la media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variabilidad y valores mínimos y máximos en el software estadístico InfoStat (Di Renzo, y otros, 2008).

3.2.4.1.2 Asociación entre rasgos funcionales

Las asociaciones existentes entre los diferentes rasgos, se exploraron a través de un análisis de correlación de Pearson para las variables de naturaleza continua y de Spearman para las de naturaleza categórica, con la finalidad de explorar relaciones y aporte de información de los rasgos involucrados en el análisis.

3.2.4.2 Determinación de los tipos funcionales de plantas

Se utilizaron métodos a posteriori (Cassanoves, Pla, & Di Rienzo, 2011), primeramente se estandarizaron las variables de naturaleza categórica por el método de "0,1" y las de naturaleza continua por el método de "varianza" (Di Renzo, y otros, 2008).

Luego, mediante análisis multivariado, a partir de una matriz de objetos (especies) y atributos (rasgos), se determinó cómo se agrupan las especies estudiadas según los rasgos funcionales que comparten (lo que se conoce como tipos funcionales de plantas, TFPs). Para ello se empleó un análisis de conglomerados jerárquicos utilizando el método del algoritmo Ward que incluye la información de la covarianza entre rasgos funcionales, lo que produce generalmente grupos más diferenciados entre sí, al minimizar la varianza dentro de los grupos y maximizar la varianza entre ellos, por esta razón se obtienen grupos coherentes con las hipótesis biológicas (Cassanoves, Pla, & Di Rienzo, 2011) y la distancia de Gower recomendada cuando en el estudio se tienen variables de naturaleza continua y categórica con variables estandarizadas, de modo que muestren una distribución normal. Esta técnica permite agrupar objetos de acuerdo a sus similitudes descritos por un conjunto de valores de varias variables, donde el objetivo principal es identificar el agrupamiento natural de las observaciones (Di Renzo, y otros, 2008). Para el proceso de identificación de TFPs se excluyó dos especies: *Agave americana* y *Puya feruginea*, debido a que presentaban valores muy altos de área foliar. Esto hacía que los estimadores de los valores de rasgos por grupo funcional se vieran fuertemente influenciados por estos valores extremos y por consiguiente se afectarían las comparaciones entre TFPs. Para los objetivos del resto del trabajo, las suculentas fueron tratadas como TFP a priori.

Los tipos funcionales de plantas identificados (TFPs) fueron luego sometidos a un análisis de varianza multivariado (MANOVA), la prueba estadística de Wilks y la prueba de vectores medios de Hotelling (α 0.05), permitiendo así comprobar si difieren en cuanto a los valores de los rasgos mostrados.

Para corroborar los resultados obtenido del MANOVA, se utilizó un análisis discriminante (AD). El AD describe las relaciones entre dos o más grupos (en este caso los TFPs). Además, permite establecer la relación entre rasgos y TFPs, a fin de determinar qué rasgos son los que tienen más peso discriminante en la diferenciación de los TFPs, y poder representar sus observaciones en un espacio donde las diferencias entre TFPs sean maximizadas (Bermeo, 2010). Se utilizó la función discriminante estandarizada por las varianzas comunes para el caso del AD y un diagrama de dispersión de los dos primeros ejes establecidos AD, con el objeto de visualizar e identificar mejor las asociaciones entre grupos y rasgos en un mismo espacio. Para todos estos análisis se utilizó el programa InfoStat (Di Renzo, y otros, 2008).

3.2.4.3 Relación entre diversidad funcional con la gradiente de uso de suelo

Para estimar la relación de la diversidad funcional con las unidades de uso de suelo, se realizó análisis de similaridad (ANOSIM) que es una prueba no paramétrica multivariada que se ajusta al estudio realizado (Clarke, 1993) entre los rasgos funcionales medidos con las unidades de uso de suelo a través de permutaciones, fundamento matemática que utiliza esta prueba para la ver la similaridad en comunidades ecológicas que sufren cambios (Clarke, 1993). Para ver la relación entre los TFPs y la gradiente de uso de suelo, se utilizó un análisis de contingencia con los estadísticos de Chi cuadrado de Pearson, coeficiente de contingencia de Cramer y coeficiente de contingencia de Pearson para ver el grado de asociación entre TFPs y la gradiente de uso de suelos, y análisis de correspondencia para ver quien con quien de los elementos de las variables se asocian; en función de este análisis se procedió a describir los TFPs asociados a la gradiente de uso de suelo tomando en cuenta el concepto ecológico de resiliencia, todos los tratamientos anteriores se realizaron en el software InfoStat (Di Renzo, y otros, 2008) finalmente se elaboró un mapa en el software ArcGIS 10.5 donde se muestra la distribución de estos TFPs asociado a la gradiente de uso de suelo.

3.2.4.4 Diversidad funcional

Se determinó la media ponderada de la comunidad (MPC), definido como el valor agregado de los rasgos de las plantas en una comunidad (Garnier, y otros, 2004). Calculado a partir de valores promedio (media, moda) de los rasgos y ponderado por la abundancia relativa de cada especie. Se calcula mediante la siguiente expresión:

Ecuación 10. Media ponderada de la comunidad

$$CWM = \sum_{i=1}^S W_i X_i$$

Donde S es el número total de especies, W_i es la abundancia relativa en la i enésima especie y X_i es el valor del rasgo en la i enésima especie.

Para la estimación del valor se utilizó el software FDiversity (Casanoves, Pla, Di Rienzo, & Díaz, 2011).

Para el análisis de la diversidad funcional se determinaron cuatro índices multirasgo: FAD2 (Walker, Kinzig, & Langridge, 1999), Rao (Rao, 1982), FDis (Laliberté & Legendre, 2009) y FDp (Petchey & Gaston, 2002b), las

estimaciones se realizaron utilizando el software FDiversity (Casanoves, Pla, Di Rienzo, & Díaz, 2011) para lo que fue necesario ponderar los datos con el IVI. Previo al análisis de los índices, fue necesario estandarizar los datos provenientes de cada rasgo.

El índice FAD2 es la suma de las distancias estandarizadas entre pares de especies en el espacio de los rasgos. Como distancia ecológica se utiliza generalmente la distancia Euclidiana entre pares de especies (Walker, Kinzig, & Langridge, 1999):

Ecuación 11. Distancia euclidiana

$$DE_{ij} = \sqrt{\sum_{t=1}^T (X_{tj} - X_{ti})^2}$$

Donde DE_{ij} es la distancia ecológica, T es el total de rasgos y X_{ti} y X_{tj} son los valores del t -ésimo rasgo en las i -ésima y j -ésima especies. Usando DE_{ij} como la distancia ecológica entre dos especies, FAD2 se define como:

Ecuación 12. Diversidad funcional de atributos (FAD2)

$$FAD2 = \sum_{t=1}^S \sum_{j>1}^S DE_{ij}$$

Donde S es el número de especies.

El índice de diversidad funcional Q de Rao (Rao, 1982) se deriva de la teoría de la entropía y se expresa como una forma cuadrática usando la abundancia relativa de las especies como ponderador. Para su cálculo se requiere tener una medida de distancia entre especies en el espacio de los rasgos, por ejemplo, la Euclídea (**Ecuación 10**), Rao se define como:

Ecuación 13. Entropía cuadrática

$$Q = \sum_{i=1}^{S-1} \sum_{j>1}^S DE_{ij} w_i w_j = \frac{1}{2} W_i' D w_j$$

Donde, S es el número de especies, DE_{ij} es la distancia entre la i -ésima y la j -ésima especie y w_i es la frecuencia relativa de la i -ésima especie. En notación matricial, D es la matriz de distancias con elementos d_{ij} y w es un vector con las frecuencias relativas w_i .

Botta-Dukát (2005) sugirió usar la distancia Euclídea dividida por el número de rasgos. Como todas las distancias se calculan sobre el mismo conjunto de rasgos (Casanoves, Pla, Di Rienzo, & Díaz, 2011) el único efecto de esta transformación es un cambio de escala ya que el índice Rao así calculado será el original dividido por el número de rasgos.

El índice $FDis$ (Laliberté & Legendre, 2009) es la distancia promedio de cada especie al centroide de la comunidad en el espacio de los rasgos, teniendo en cuenta la abundancia para el cálculo del centroide (centroide ponderado). Para calcular el centroide ponderado se parte de la matriz de especies por rasgo, y se estima cada coordenada del centroide como:

Ecuación 14. Centroide ponderado de especies por rasgo

$$C_t = \sum_{i=1}^S W_i X_{ti}$$

Siendo W_i la abundancia relativa de la i -ésima especie, X_{ti} el valor del t -ésimo atributo de la i -ésima especie y S el número total de especies. El centroide es el punto en el espacio de los rasgos con coordenadas $C = \{C_1, C_2, \dots, C_t\}$. Esta forma es adecuada para el cálculo cuando los rasgos tienen una escala cuantitativa; pero si están involucrados rasgos en escalas cualitativas puede utilizarse una transformación previa por coordenadas principales cuyos ejes reemplazan a los rasgos. La distancia media ponderada $FDis$ se calcula como:

Ecuación 15. Dispersión funcional

$$FDis = \sum_{i=1}^S W_i Z_i$$

Donde W_i es la abundancia relativa de la i -ésima especie y Z^i es la distancia de la i -ésima especie al centroide ponderado c . Este procedimiento traslada la posición del centroide hacia las especies con mayor

abundancia, y pondera la distancia individual de cada especie por su abundancia relativa. Se ha sugerido que las comunidades con una sola especie deben tener un FDis igual a cero, pero no existe un límite superior para este índice (Laliberté & Legendre, 2009).

El índice de diversidad funcional basado en dendrogramas “FD” está definido como la suma de la longitud de las ramas de un dendrograma funcional elaborado a través de un análisis de conglomerados.

El agrupamiento jerárquico puede construirse a partir del conjunto de especies presentes en la comunidad estudiada o hacer un dendrograma con las especies presentes en cada muestra. A su vez, en el dendrograma construido a partir de todas las especies de la comunidad las ramas de las especies presentes en cada muestra pueden sumarse considerando la distancia al origen del árbol (raíz) o hacerlo solamente hasta que todas las especies presentes estén conectadas (Petchey & Gaston, 2006).

La primera expresión de FD fue cuestionada porque aun cuando solo había una especie el índice de diversidad presentaba un valor mayor a cero (Podani & Schmera, 2006). Podani y Schmera (2006) propusieron recalcular el dendrograma para cada parcela “FDp” de esta manera corrigen la falta de monotonicidad que se presenta cuando se calcula un dendrograma por cada parcela y también corrigen la ausencia de valor cero cuando sólo una especie está presente.

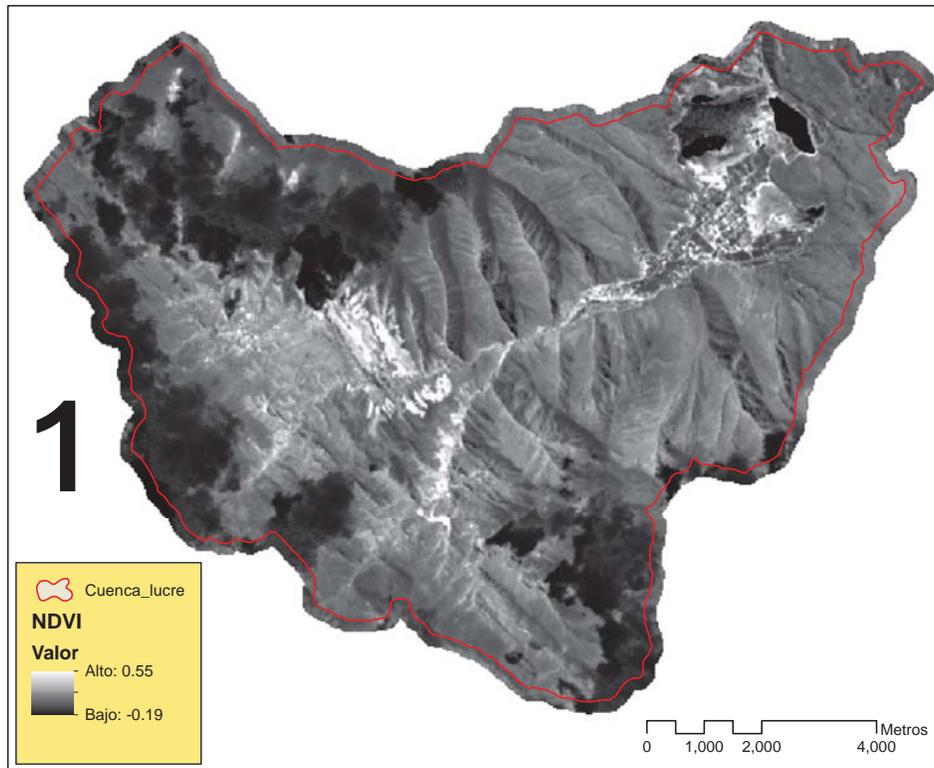
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Gradiente de uso de suelo

4.1.1 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI)

El resultado del índice espectral se expresa en forma de imagen monocromática, como se aprecia en el **Mapa 2**. La interpretación cualitativa de la imagen para el NDVI hace corresponder a las zonas más brillantes como zonas de vegetación densa y las áreas oscuras corresponden a zonas de vegetación escasa o suelo desnudo.

Mapa 2. Valores NDVI de la cuenca de Lucre



Los valores del NDVI mostraron un rango de distribución de -0.19 a 0.55 dentro de una distribución normal de -1 a 1 para la cuenca de Lucre, según la interpretación cuantitativa indica que los valores próximos a la unidad positiva representan zonas de vegetación densa (bosques) que alcanzaron el clímax y las zonas con valores próximos a la unidad negativa representan zonas de escasa o nula vegetación. Este resultado sirvió para digitalizar las zonas de vegetación y no vegetación, clasificando y determinando en el siguiente ítem las zonas de vegetación.

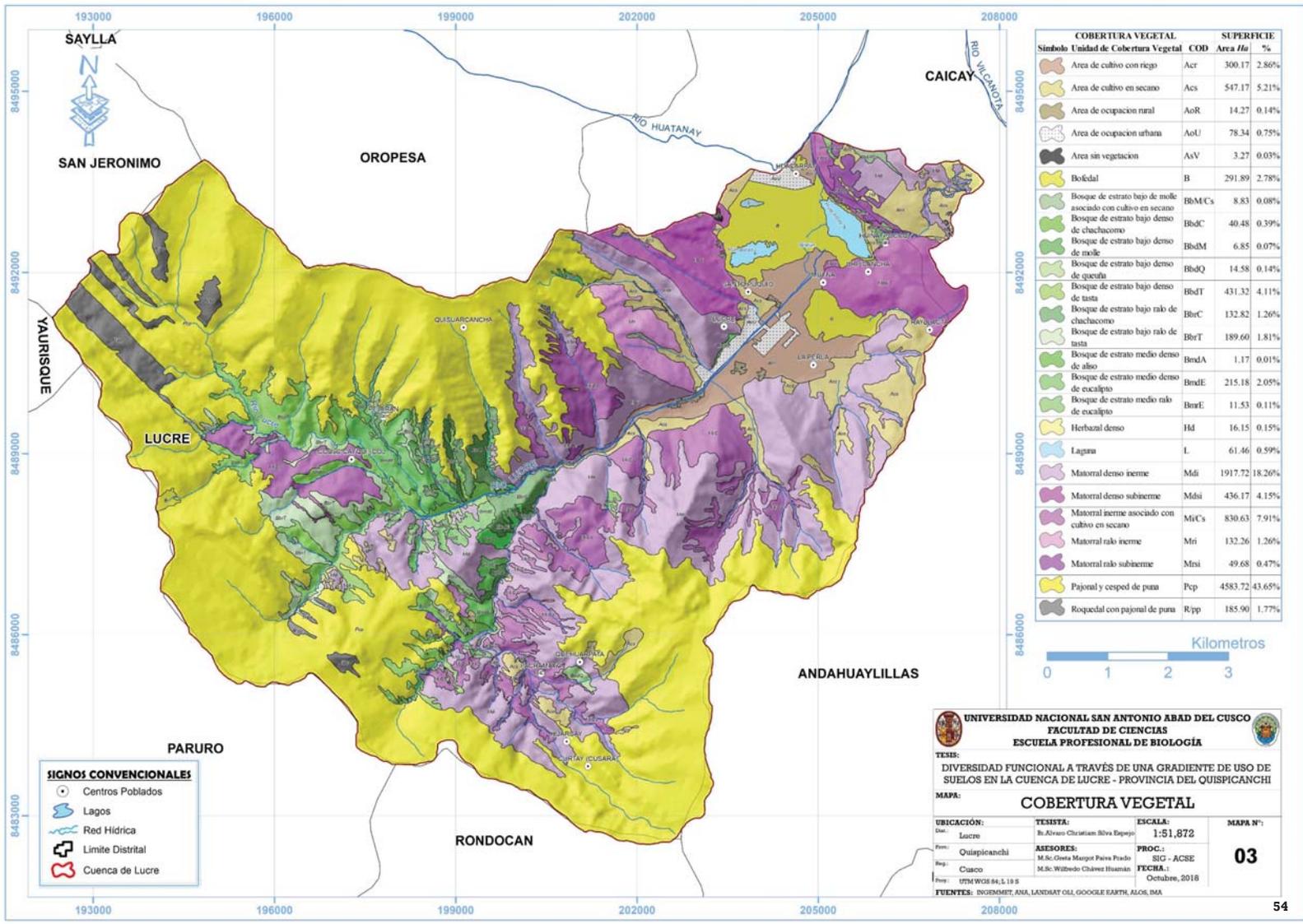
4.1.2 Clasificación de las unidades de vegetación

Se obtuvo un mapa de cobertura vegetal (**Mapa 3**) ajustando la geodata proporcionado por el IMA (2012b) con los valores de NDVI mostrado en el anterior ítem, se tienen 25 unidades de cobertura vegetal (**Tabla 15**).

Tabla 15. Unidades de cobertura vegetal en la cuenca de Lucre

| Unidad de Cobertura Vegetal | Código | Área Ha | P % |
|--|--------|-----------------|----------------|
| Área de cultivo con riego | Acr | 300.17 | 2.86% |
| Área de cultivo en seco | Acs | 547.17 | 5.21% |
| Área de ocupación rural | AoR | 14.27 | 0.14% |
| Área de ocupación urbana | AoU | 78.34 | 0.75% |
| Área sin vegetación | AsV | 3.27 | 0.03% |
| Bofedal | B | 291.89 | 2.78% |
| Bosque de estrato bajo de molle asociado con cultivo en seco | BbM/Cs | 8.83 | 0.08% |
| Bosque de estrato bajo denso de chachacomo | BbdC | 40.48 | 0.39% |
| Bosque de estrato bajo denso de molle | BbdM | 6.85 | 0.07% |
| Bosque de estrato bajo denso de queuña | BbdQ | 14.58 | 0.14% |
| Bosque de estrato bajo denso de tasta | BbdT | 431.32 | 4.11% |
| Bosque de estrato bajo ralo de chachacomo | BbrC | 132.82 | 1.26% |
| Bosque de estrato bajo ralo de tasta | BbrT | 189.60 | 1.81% |
| Bosque de estrato medio denso de aliso | BmdA | 1.17 | 0.01% |
| Bosque de estrato medio denso de eucalipto | BmdE | 215.18 | 2.05% |
| Bosque de estrato medio ralo de eucalipto | BmrE | 11.53 | 0.11% |
| Herbazal denso | Hd | 16.15 | 0.15% |
| Laguna | L | 61.46 | 0.59% |
| Matorral denso inerme | Mdi | 1917.72 | 18.26% |
| Matorral denso subinerme | Mdsi | 436.17 | 4.15% |
| Matorral inerme asociado con cultivo en seco | Mi/Cs | 830.63 | 7.91% |
| Matorral ralo inerme | Mri | 132.26 | 1.26% |
| Matorral ralo subinerme | Mrsi | 49.68 | 0.47% |
| Pajonal y césped de puna | Pcp | 4583.72 | 43.65% |
| Roquedal con pajonal de puna | R/pp | 185.90 | 1.77% |
| TOTAL | | 10501.16 | 100.00% |

Fuente: Obtenido de la sumatoria de áreas del Mapa N° 3



| COBERTURA VEGETAL | | SUPERFICIE | |
|-------------------|--|------------|----------------|
| Símbolo | Unidad de Cobertura Vegetal | COD | Área Ha / % |
| | Área de cultivo con riego | Acr | 300.17 2.86% |
| | Área de cultivo en secano | AcS | 547.17 5.21% |
| | Área de ocupación rural | AoR | 14.27 0.14% |
| | Área de ocupación urbana | AoU | 78.34 0.75% |
| | Área sin vegetación | AsV | 3.27 0.03% |
| | Bofedal | B | 291.89 2.78% |
| | Bosque de estrato bajo de molle asociado con cultivo en secano | BbMCS | 8.83 0.08% |
| | Bosque de estrato bajo denso de chachacomos | BbDC | 40.48 0.39% |
| | Bosque de estrato bajo denso de molle | BbDM | 6.85 0.07% |
| | Bosque de estrato bajo denso de queuña | BbDQ | 14.58 0.14% |
| | Bosque de estrato bajo denso de tasta | BbDT | 431.32 4.11% |
| | Bosque de estrato bajo ralo de chachacomos | BbrC | 132.82 1.26% |
| | Bosque de estrato bajo ralo de tasta | BbrT | 189.60 1.81% |
| | Bosque de estrato medio denso de aliso | BrdA | 1.17 0.01% |
| | Bosque de estrato medio denso de escualpjo | BrdE | 215.18 2.05% |
| | Bosque de estrato medio ralo de escualpjo | BbrE | 11.53 0.11% |
| | Herbazal denso | Hd | 16.15 0.15% |
| | Laguna | L | 61.46 0.59% |
| | Matorral denso ineme | Mdi | 1917.72 18.26% |
| | Matorral denso subineme | Mdsi | 436.17 4.15% |
| | Matorral ineme asociado con cultivo en secano | MiCS | 830.63 7.91% |
| | Matorral ralo ineme | Mri | 132.26 1.26% |
| | Matorral ralo subineme | Mrsi | 49.68 0.47% |
| | Pajonal y césped de paja | Pcp | 4583.72 43.65% |
| | Rosquetal con pajonal de paja | Rpp | 185.90 1.77% |



SIGNOS CONVENCIONALES

- Centros Poblados
- Lagos
- Red Hidrica
- Limite Distrital
- Cuenca de Lucre

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

TESIS:
DIVERSIDAD FUNCIONAL A TRAVÉS DE UNA GRADIENTE DE USO DE SUELOS EN LA CUENCA DE LUCRE - PROVINCIA DEL QUISPICANCHI

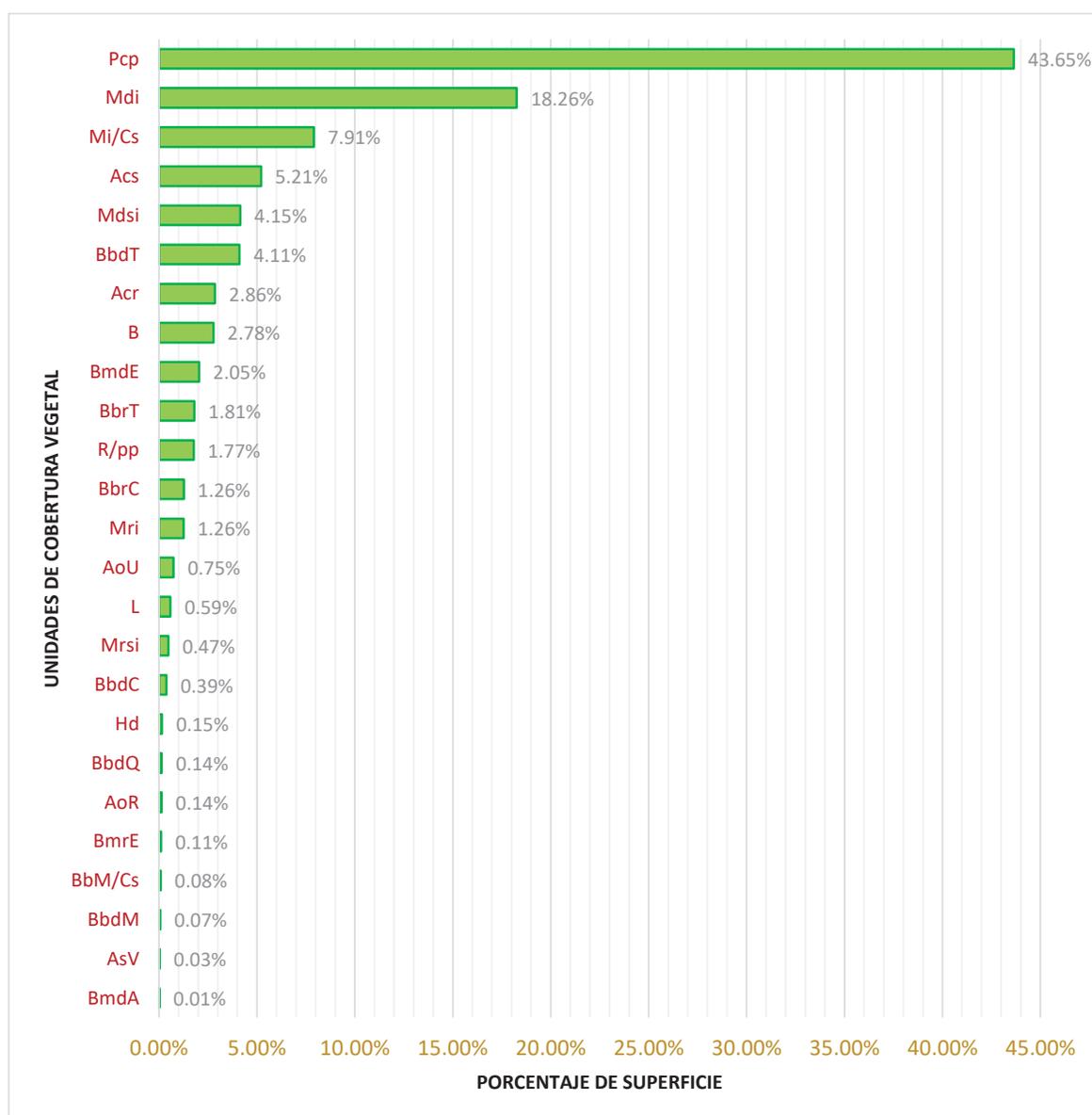
MAPA:
COBERTURA VEGETAL

UBICACIÓN: Lucre
 TESIS: Dr. Álvaro Christian Silva Espejo
 ASESORES: M.Sc. Gema Margot Páez Pardo
 M.Sc. Wilfredo Chávez Huamán
 ESCALA: 1:51,872
 PRO.G.: SIG - ACSE
 FECHA: Octubre, 2018
 MAPA N°: **03**

FUENTES: INDEMETER, ANA, LANDSAT OLI, GOOGLE EARTH, ALOS, SNA

La unidad más representativa es el Pajonal y césped de puna (Pcp) con un 43.65%, seguido de Matorral denso inerme (Mdi) con un 18.26%, mientras que las unidades con menor representatividad son el bosque de estrato medio denso de aliso (BmdA) con 0.01 % seguido del área sin vegetación con 0.03 %, las otras unidades de cobertura vegetal (Mi/Cs, Acs, Mdsi, BbdT, Acr, B, BmdE, BbrT, R/pp, BbrC, Mri, AoU, L, Mrsi, BbdC, Hd, BbdQ, AoR, BmrE, Bbm/Cs y BbdM) representan desde un 7.91% hasta un 0.07% como se observa en la Figura 5.

Figura 5. Unidades de cobertura vegetal en la cuenca de Lucre



Obtenido a partir de la tabla 15 – Sumatoria de Áreas parciales del Mapa N° 03

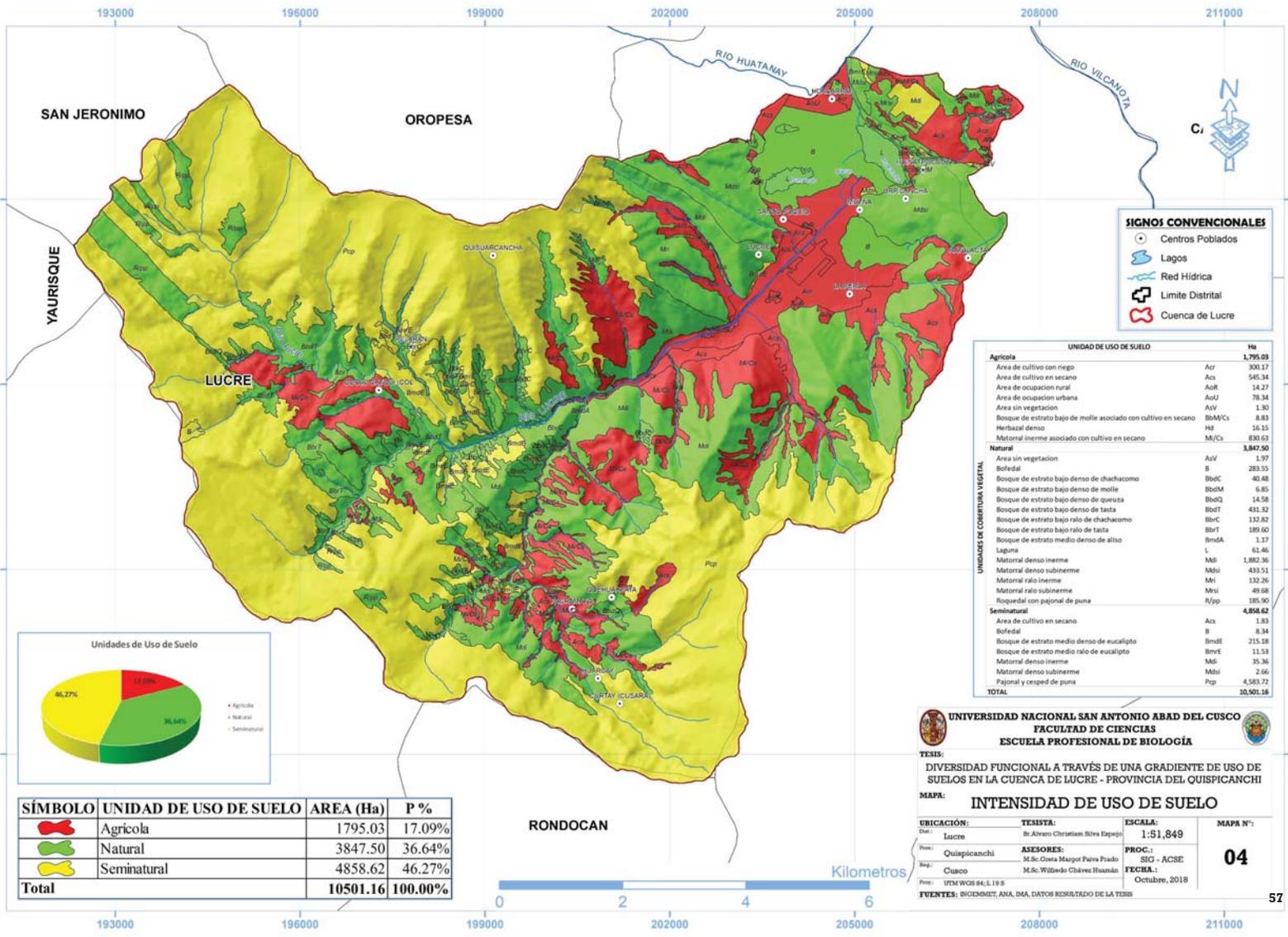
4.1.3 Unidades de uso de suelo

Mediante la clasificación de las unidades de cobertura vegetal se pudo determinar tres unidades de uso de suelo (**Tabla 16**), de esta manera obtener la gradiente de uso de suelos para la cuenca de Lucre y su expresión espacial (**Mapa 4**).

Tabla 16. Unidades de intensidad de uso de suelo

| UNIDAD DE USO DE SUELO | UNIDAD DE COBERTURA VEGETAL | AREA (Ha) | P % |
|------------------------------|--|-----------------|----------------|
| Agrícola | Área de cultivo con riego | 300.17 | 17.09% |
| | Área de cultivo en seco | 545.34 | |
| | Área de ocupación rural | 14.27 | |
| | Área de ocupación urbana | 78.34 | |
| | Área sin vegetación | 1.30 | |
| | Bosque de estrato bajo de molle asociado con cultivo en seco | 8.83 | |
| | Herbazal denso | 16.15 | |
| | Matorral inerme asociado con cultivo en seco | 830.63 | |
| Natural | Área sin vegetación | 1.97 | 36.64% |
| | Bofedal | 283.55 | |
| | Bosque de estrato bajo denso de chachacomo | 40.48 | |
| | Bosque de estrato bajo denso de molle | 6.85 | |
| | Bosque de estrato bajo denso de queuña | 14.58 | |
| | Bosque de estrato bajo denso de tasta | 431.32 | |
| | Bosque de estrato bajo ralo de chachacomo | 132.82 | |
| | Bosque de estrato bajo ralo de tasta | 189.60 | |
| | Bosque de estrato medio denso de aliso | 1.17 | |
| | Laguna | 61.46 | |
| | Matorral denso inerme | 1882.36 | |
| | Matorral denso subinerme | 433.51 | |
| | Matorral ralo inerme | 132.26 | |
| | Matorral ralo subinerme | 49.68 | |
| Roquedal con pajonal de puna | 185.90 | | |
| Seminatural | Área de cultivo en seco | 1.83 | 46.27% |
| | Bofedal | 8.34 | |
| | Bosque de estrato medio denso de eucalipto | 215.18 | |
| | Bosque de estrato medio ralo de eucalipto | 11.53 | |
| | Matorral denso inerme | 35.36 | |
| | Matorral denso subinerme | 2.66 | |
| | Pajonal y césped de puna | 4583.72 | |
| Total general | | 10501.16 | 100.00% |

La mayor parte de la superficie de la cuenca de Lucre está representada por la unidad de uso de suelo "Seminatural" con un 46.27% seguido de la unidad "Natural" con un 36.64% y finalmente la unidad "Agrícola" con un 17.09 % siendo la más baja para el área del estudio.



SIGNOS CONVENCIONALES

- Centros Poblados
- Lagos
- Red Hidrica
- Limite Distrital
- Cuenca de Lucre

| UNIDAD DE USO DE SUELO | | Ha |
|--|--------|------------------|
| Agricola | | 1.795.03 |
| Area de cultivo con riego | Acr | 900.17 |
| Area de cultivo en secano | AcS | 545.34 |
| Area de ocupacion rural | AoR | 14.27 |
| Area de ocupacion urbana | AoU | 78.34 |
| Area sin vegetacion | AiV | 1.30 |
| Bosque de estrato bajo de molle asociado con cultivo en secano | BbM/Cs | 8.83 |
| Herbatal denso | Hd | 16.55 |
| Matorral inerme asociado con cultivo en secano | M/Cs | 830.63 |
| Natural | | 3.847.50 |
| Area sin vegetacion | AiV | 1.97 |
| Bofedal | B | 283.55 |
| Bosque de estrato bajo denso de chachacomo | BbDC | 40.48 |
| Bosque de estrato bajo denso de molle | BbDM | 6.85 |
| Bosque de estrato bajo denso de questa | BbDQ | 14.58 |
| Bosque de estrato bajo denso de tasta | BbDT | 431.32 |
| Bosque de estrato bajo raro de chachacomo | BbRC | 132.62 |
| Bosque de estrato bajo raro de tasta | BbRT | 189.60 |
| Bosque de estrato medio denso de aliso | BmDA | 1.17 |
| Laguna | L | 61.46 |
| Matorral denso inerme | MdI | 1.882.36 |
| Matorral denso subinerme | MdSI | 433.51 |
| Matorral raro inerme | Mri | 132.26 |
| Matorral raro subinerme | Mris | 49.88 |
| Bosqueal con pajonal de puna | N/PP | 385.90 |
| Seminatural | | 4.858.62 |
| Area de cultivo en secano | AcS | 1.83 |
| Bofedal | B | 8.34 |
| Bosque de estrato medio denso de eucalipto | BmDE | 215.18 |
| Bosque de estrato medio raro de eucalipto | BmRE | 11.53 |
| Matorral denso inerme | MdI | 35.36 |
| Matorral denso subinerme | MdSI | 2.66 |
| Pajonal y cesped de puna | Pp | 4.583.72 |
| TOTAL | | 10.501.16 |



| SÍMBOLO | UNIDAD DE USO DE SUELO | AREA (Ha) | P % |
|---------|------------------------|-----------------|----------------|
| | Agricola | 1795.03 | 17.09% |
| | Natural | 3847.50 | 36.64% |
| | Seminatural | 4858.62 | 46.27% |
| | Total | 10501.16 | 100.00% |

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

TESIS:
 DIVERSIDAD FUNCIONAL A TRAVÉS DE UNA GRADIENTE DE USO DE SUELOS EN LA CUENCA DE LUCRE - PROVINCIA DEL QUISPICANCHI

MAPA:
INTENSIDAD DE USO DE SUELO

UBICACIÓN: Lucre
TESISTA: Sr. Abraham Christian Silva Espinoza
ESCALA: 1:51,849
MAPA N°: 04

PROF.: SIG - ACSE
FECHA: Octubre, 2018

FUENTES: INEGI/AMIT, ANA, DMA, DATOS RESULTADO DE LA TESIS



4.2 Composición de formaciones arbustivas y arbóreas por cada tipología de uso de suelo

4.2.1 Distribución de unidades de muestreo

Se eligieron 31 unidades de muestreo (**Mapa 5**) en función de las unidades de cobertura vegetal y las unidades de intensidad de uso de suelo en toda la cuenca de Lucre, se adicionaron 5 subparcelas, debido a que, durante la etapa en campo 5 parcelas correspondientes a la unidad de bosque mostraron gran diversidad de especies arbustivas por lo que fue conveniente construir subparcelas dentro de estas, evitando el sesgo de información.

Tabla 17. Parcelas de muestreo

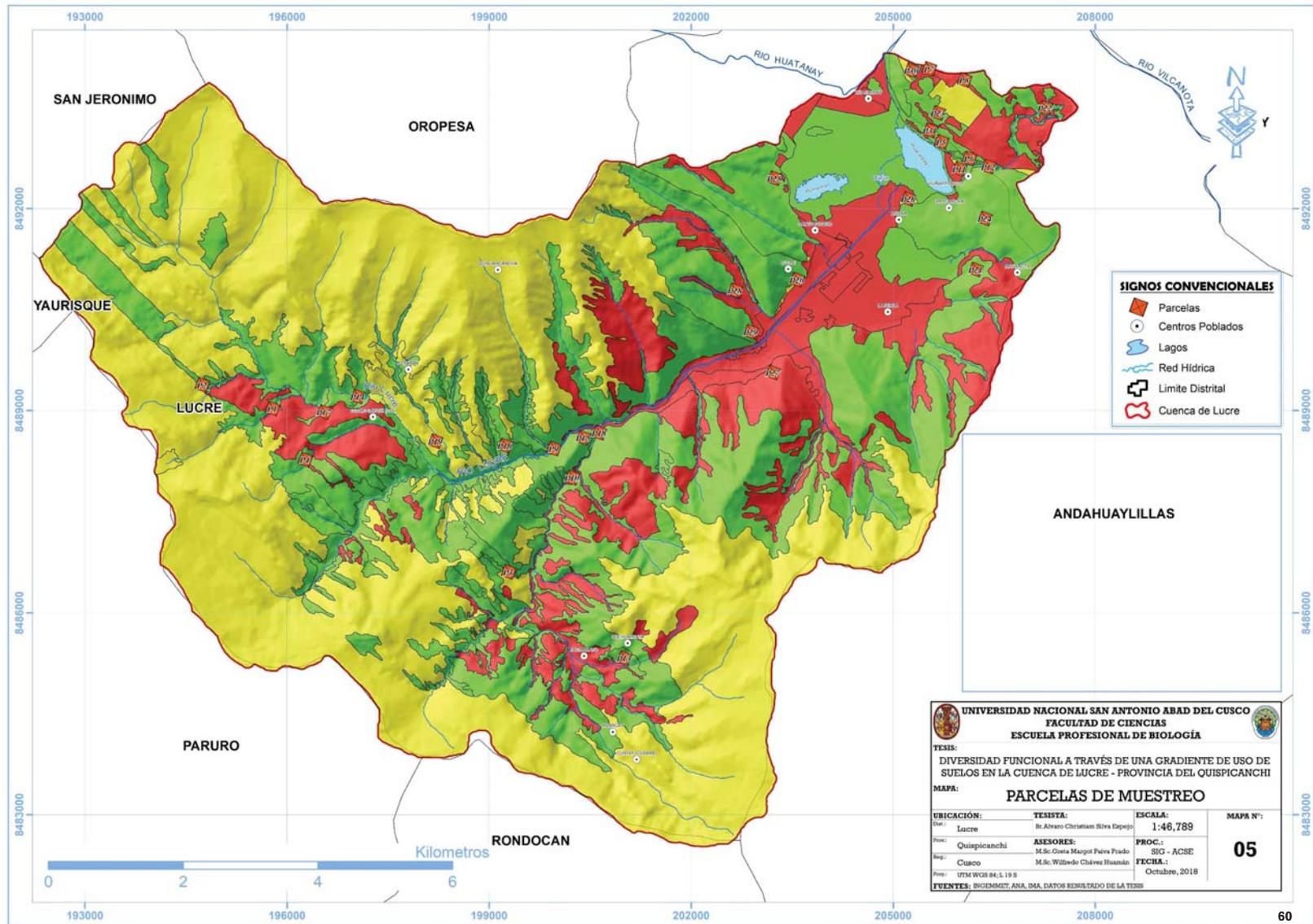
| Parcela | Coordenadas UTM WGS 1984 | | | | UNIDAD DE COBERTURA VEGETAL | USO DE SUELO | NDVI |
|---------------|--------------------------|--------|---------|------|--|--------------|---------|
| | Zona | X | Y | Z | | | |
| Parcela 01 | 19 L | 205530 | 8493981 | 3243 | Bosque de estrato bajo de molle asociado con cultivo en secano | Agrícola | 0.23690 |
| Parcela 02 | 19 L | 205417 | 8493257 | 3119 | Bosque de estrato bajo de molle asociado con cultivo en secano | Agrícola | 0.20129 |
| Parcela 03 | 19 L | 199963 | 8488433 | 3399 | Bosque de estrato bajo denso de chachacomo | Natural | 0.25302 |
| Parcela 04 | 19 L | 197472 | 8488552 | 3729 | Bosque de estrato bajo denso de chachacomo | Natural | 0.32297 |
| Parcela 05 | 19 L | 206085 | 8492575 | 3113 | Bosque de estrato bajo denso de molle | Natural | 0.24706 |
| Parcela 06 | 19 L | 206027 | 8492421 | 3123 | Bosque de estrato bajo denso de molle | Natural | 0.26307 |
| Parcela 07 | 19 L | 195551 | 8488732 | 3894 | Matorral inerme asociado con cultivo en secano | Agrícola | 0.27631 |
| Parcela 08 | 19 L | 201010 | 8485328 | 3981 | Bosque de estrato bajo denso de queuña | Natural | 0.34520 |
| Parcela 09 | 19 L | 197052 | 8489207 | 3654 | Bosque de estrato bajo denso de tasta | Natural | 0.29825 |
| Parcela 10 | 19 L | 197353 | 8489126 | 3650 | Bosque de estrato bajo ralo de chachacomo | Natural | 0.41997 |
| Parcela 11 | 19 L | 197272 | 8488707 | 3752 | Bosque de estrato bajo ralo de chachacomo | Natural | 0.29746 |
| Parcela 12 | 19 L | 197081 | 8489247 | 3659 | Bosque de estrato bajo ralo de tasta | Natural | 0.28844 |
| Parcela 13 | 19 L | 194671 | 8489418 | 4020 | Bosque de estrato bajo denso de queuña | Natural | 0.27906 |
| Subparcela 13 | 19 L | 194671 | 8489418 | 4020 | Bosque de estrato bajo denso de queuña | Natural | 0.27906 |
| Parcela 14 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | Bosque de estrato bajo denso de tasta | Natural | 0.28482 |
| Subparcela 14 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | Bosque de estrato bajo denso de tasta | Natural | 0.28482 |
| Parcela 15 | 19 L | 200638 | 8488668 | 3324 | Bosque de estrato medio denso de aliso | Natural | 0.38640 |

//Continua la tabla 17//

//Continua la tabla 17//

| Parcela | Coordenadas UTM WGS 1984 | | | UNIDAD DE COBERTURA VEGETAL | USO DE SUELO | NDVI | |
|---------------|--------------------------|--------|---------|-----------------------------|--|-------------|---------|
| | Zona | X | Y | | | | Z |
| Parcela 16 | 19 L | 196279 | 8488288 | 3875 | Bosque de estrato bajo ralo de tasta | Natural | 0.31208 |
| Subparcela 16 | 19 L | 196279 | 8488288 | 3875 | Bosque de estrato bajo ralo de tasta | Natural | 0.31208 |
| Parcela 17 | 19 L | 197409 | 8489408 | 3739 | Bosque de estrato medio denso de eucalipto | Seminatural | 0.18980 |
| Parcela 18 | 19 L | 206252 | 8491121 | 3152 | Matorral denso inerme | Natural | 0.21837 |
| Parcela 19 | 19 L | 207258 | 8493499 | 3427 | Matorral denso inerme | Natural | 0.31120 |
| Parcela 20 | 19 L | 205671 | 8493478 | 3208 | Matorral denso inerme | Seminatural | 0.21994 |
| Parcela 21 | 19 L | 206433 | 8491332 | 3193 | Matorral denso subinerme | Natural | 0.23485 |
| Parcela 22 | 19 L | 203241 | 8492452 | 3112 | Matorral denso subinerme | Natural | 0.22159 |
| Parcela 23 | 19 L | 205217 | 8492129 | 3105 | Matorral denso subinerme | Seminatural | 0.27189 |
| Parcela 24 | 19 L | 203366 | 8489769 | 3224 | Matorral inerme asociado con cultivo en secano | Agrícola | 0.25131 |
| Parcela 25 | 19 L | 202655 | 8490785 | 3254 | Matorral ralo inerme | Natural | 0.26033 |
| Parcela 26 | 19 L | 205730 | 8492975 | 3134 | Bosque de estrato medio ralo de eucalipto | Seminatural | 0.26556 |
| Subparcela 26 | 19 L | 205730 | 8492975 | 3134 | Bosque de estrato medio ralo de eucalipto | Seminatural | 0.26556 |
| Parcela 27 | 19 L | 202888 | 8490160 | 3202 | Matorral ralo inerme | Natural | 0.29036 |
| Parcela 28 | 19 L | 206062 | 8492786 | 3160 | Bosque de estrato medio ralo de eucalipto | Seminatural | 0.26996 |
| Subparcela 28 | 19 L | 206062 | 8492786 | 3160 | Bosque de estrato medio ralo de eucalipto | Seminatural | 0.26996 |
| Parcela 29 | 19 L | 205272 | 8494056 | 3230 | Matorral ralo subinerme | Natural | 0.21802 |
| Parcela 30 | 19 L | 205460 | 8493215 | 3128 | Matorral ralo subinerme | Natural | 0.22788 |
| Parcela 31 | 19 L | 203575 | 8490943 | 3146 | Bosque de estrato medio denso de eucalipto | Seminatural | 0.34985 |

En la **Tabla 17** se muestran las parcelas de muestreo, se describe su ubicación en coordenadas UTM, su altitud, en que unidad de cobertura vegetal y unidad de uso de suelo se encuentra, además; se atribuyó a cada parcela de muestreo el valor de NDVI mediante la herramienta estadística del análisis espacial para considerar a este atributo como covariable en los análisis estadísticos posteriores. Inicialmente se tenían un total de 31 unidades muestrales sin embargo en campo se ajustó este dato debido a que algunas parcelas correspondientes a la unidad de cobertura vegetal “bosque” tenían considerable número de especies arbustivas siendo motivo de evaluación, así se incrementaron 5 subparcelas, haciendo un total de 36 unidades muestrales.



4.2.2 Composición florística arbórea y arbustiva de la cuenca de Lucre.

4.2.2.1 Especies arbustivas y arbóreas

Se determinaron las siguientes especies para la cuenca de Lucre (Tabla 18).

Tabla 18. Especies arbustivas y arbóreas

| N | Familia | Especie | Cant. | % |
|----|-----------------|---|-------|--------|
| 1 | Anacardiaceae | <i>Schinus molle</i> L. | 1 | 2.22% |
| 2 | Asparagaceae | <i>Agave americana</i> L. | 1 | 2.22% |
| 3 | Asteraceae | <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob. | 18 | 40.00% |
| 4 | Asteraceae | <i>Ageratina pentlandiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob. | | |
| 5 | Asteraceae | <i>Ageratina sternbergiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob. | | |
| 6 | Asteraceae | <i>Ambrosia arborescens</i> Mill. | | |
| 7 | Asteraceae | <i>Baccharis buxifolia</i> (Lam.) Pers. | | |
| 8 | Asteraceae | <i>Baccharis caespitosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | | |
| 9 | Asteraceae | <i>Baccharis chilco</i> Kunth | | |
| 10 | Asteraceae | <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | | |
| 11 | Asteraceae | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | | |
| 12 | Asteraceae | <i>Baccharis pulchella</i> Sch. Bip. ex Griseb. | | |
| 13 | Asteraceae | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | | |
| 14 | Asteraceae | <i>Flourensia polycephala</i> M.O. Dillon | | |
| 15 | Asteraceae | <i>Gynoxys longifolia</i> Wedd. | | |
| 16 | Asteraceae | <i>Mutisia acuminata</i> Ruiz & Pav. | | |
| 17 | Asteraceae | <i>Senecio adenophyllus</i> Meyen & Walp. | | |
| 18 | Asteraceae | <i>Senecio rudbeckiaefolius</i> Meyen & Walp. | | |
| 19 | Asteraceae | <i>Senecio spinosus</i> DC. | | |
| 20 | Asteraceae | <i>Viguiera procumbens</i> (Pers.) S.F. Blake | | |
| 21 | Berberidaceae | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 2 | 4.44% |
| 22 | Berberidaceae | <i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav. | | |
| 23 | Betulaceae | <i>Alnus acuminata</i> Kunth | 1 | 2.22% |
| 24 | Bignoniaceae | <i>Tecoma sambucifolia</i> Kunth | 1 | 2.22% |
| 25 | Bromeliaceae | <i>Puya ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) L.B. Sm. | 2 | 4.44% |
| 26 | Bromeliaceae | <i>Puya herrerae</i> Harms | | |
| 27 | Escalloniaceae | <i>Escallonia myrtilloides</i> L. f. | 2 | 4.44% |
| 28 | Escalloniaceae | <i>Escallonia resinosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | | |
| 29 | Euphorbiaceae | <i>Acalypha aronioides</i> Pax & K. Hoffm. | 1 | 2.22% |
| 30 | Fabaceae | <i>Adesmia miraflorensis</i> J. Rémy | 3 | 6.67% |
| 31 | Fabaceae | <i>Astragalus garbancillo</i> Cav. | | |
| 32 | Fabaceae | <i>Senna birostris</i> H.S. Irwin & Barneby | | |
| 33 | Grossulariaceae | <i>Ribes brachybotrys</i> (Wedd.) Jancz. | 1 | 2.22% |

//Continua tabla 18//

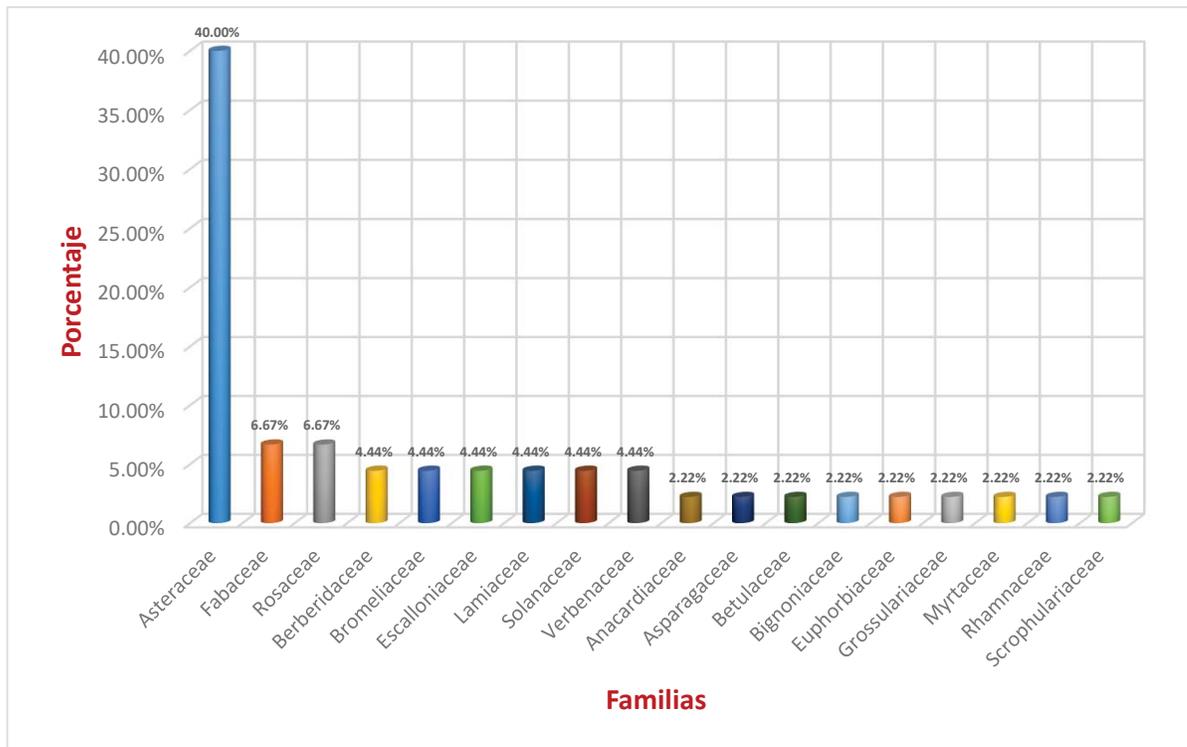
//Continua tabla 18//

| N | Familia | Especie | Cant. | % |
|--------------|------------------|--|-----------|----------------|
| 34 | Lamiaceae | <i>Lamiaceae sp</i> | 2 | 4.44% |
| 35 | Lamiaceae | <i>Satureja boliviana (Benth.) Briq.</i> | | |
| 36 | Myrtaceae | <i>Eucalyptus globulus Labill.</i> | 1 | 2.22% |
| 37 | Rhamnaceae | <i>Colletia spinosissima J.F. Gmel.</i> | 1 | 2.22% |
| 38 | Rosaceae | <i>Kageneckia lanceolata Ruiz & Pav.</i> | 3 | 6.67% |
| 39 | Rosaceae | <i>Polylepis incarum M. Kessler & Schmidt-Leb.</i> | | |
| 40 | Rosaceae | <i>Rosa canina L.</i> | | |
| 41 | Scrophulariaceae | <i>Buddleja longifolia Kunth</i> | 1 | 2.22% |
| 42 | Solanaceae | <i>Lycianthes lycioides (L.) Hassl.</i> | 2 | 4.44% |
| 43 | Solanaceae | <i>Nicotiana glauca Graham</i> | | |
| 44 | Verbenaceae | <i>Citharexylum argutedentatum Moldenke</i> | 2 | 4.44% |
| 45 | Verbenaceae | <i>Duranta armata Moldenke</i> | | |
| Total | | | 45 | 100.00% |

Fuente: Los nombres de las especies están actualizadas al 08/10/2018 según el sistema de clasificación APG III (<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>).

La Figura 6, reporta un total de 18 familias para las especies arbustivas y arbóreas en la cuenca de Lucre, de las cuales la familia Asteraceae presento mayor cantidad de especies llegando a 18 y las demás fluctúan entre 1 a 3 especies por familia.

Figura 6. Familias de especies arbustivas y arbóreas



4.2.2.2 Índice de Valor de Importancia de especies por unidad de uso de suelo (IVI)

El Índice de Valor de Importancia de especies se evaluó para cada unidad de uso de suelo para las especies arbustivas, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 19. Índice de valor de importancia de especies para la unidad de uso de suelo agrícola

| N | Especie | IVI |
|--------------|---|----------------|
| 1 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 91.50% |
| 2 | <i>Puya ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) L.B. Sm. | 30.95% |
| 3 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 28.97% |
| 4 | <i>Satureja boliviana</i> (Benth.) Briq. | 19.46% |
| 5 | <i>Kageneckia lanceolata</i> Ruiz & Pav. | 18.83% |
| 6 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 17.72% |
| 7 | <i>Duranta armata</i> Moldenke | 17.48% |
| 8 | <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | 12.66% |
| 9 | <i>Tecoma sambucifolia</i> Kunth | 11.97% |
| 10 | <i>Astragalus garbancillo</i> Cav. | 9.33% |
| 11 | <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob. | 9.18% |
| 12 | <i>Ambrosia arborescens</i> Mill. | 8.16% |
| 13 | <i>Citharexylum argutedentatum</i> Moldenke | 7.95% |
| 14 | <i>Ageratina sternbergiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob. | 7.91% |
| 15 | <i>Lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl. | 7.91% |
| TOTAL | | 300.00% |

Fuente: Elaboración propia

De la **tabla N° 19** se tiene que la especie de mayor importancia ecológica dentro de la unidad de uso de suelo agrícola fue *Baccharis odorata* con 91.50% seguido *Puya ferruginea* con 30.95%, en el caso de *Baccharis odorata* su alta recurrencia y frecuencia en la cuenca le pone en la más importante y la *Puya ferruginea* además de su recurrencia muestra mayor porcentaje de ocupación por las hojas grandes que presenta; y las especies menos importantes fueron *Citharexylum argutedentatum* con 7.95%, *Ageratina sternbergiana* y *Lycianthes lycioides* con 7.91%,

Tabla 20. Índice de valor de importancia de especies para la unidad de uso de suelo natural

| N | Especie | IVI |
|--------------|---|----------------|
| 1 | <i>Ribes brachybotrys</i> (Wedd.) Jancz. | 56.82% |
| 2 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 42.56% |
| 3 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 36.09% |
| 4 | <i>Acalypha aronioides</i> Pax & K. Hoffm. | 24.67% |
| 5 | <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | 24.33% |
| 6 | <i>Mutisia acuminata</i> Ruiz & Pav. | 15.25% |
| 7 | <i>Agave americana</i> L. | 12.83% |
| 8 | <i>Colletia spinosissima</i> J.F. Gmel. | 12.25% |
| 9 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 11.93% |
| 10 | <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob. | 10.07% |
| 11 | <i>Gynoxys longifolia</i> Wedd. | 6.25% |
| 12 | <i>Kageneckia lanceolata</i> Ruiz & Pav. | 5.71% |
| 13 | <i>Viguiera procumbens</i> (Pers.) S.F. Blake | 4.78% |
| 14 | <i>Satureja boliviana</i> (Benth.) Briq. | 4.61% |
| 15 | <i>Adesmia miraflorensis</i> J. Rémy | 3.44% |
| 16 | <i>Senna birostris</i> (Dombey ex Vogel) H.S. Irwin & Barneby | 3.12% |
| 17 | <i>Baccharis boliviensis</i> | 2.89% |
| 18 | <i>Buddleja coriacea</i> J. Rémy | 2.84% |
| 19 | <i>Lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl. | 2.17% |
| 20 | <i>Senecio rudbeckiaefolius</i> Meyen & Walp. | 2.14% |
| 21 | <i>Rosa canina</i> L. | 1.77% |
| 22 | <i>Flourensia polycephala</i> M.O. Dillon | 1.77% |
| 23 | <i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav. | 1.71% |
| 24 | <i>Puya herrerae</i> Harms | 1.46% |
| 25 | <i>Puya ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) L.B. Sm. | 1.44% |
| 26 | <i>Baccharis chilco</i> Kunth | 1.42% |
| 27 | <i>Baccharis caespitosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | 1.42% |
| 28 | <i>Baccharis pulchella</i> Sch. Bip. ex Griseb. | 1.42% |
| 29 | <i>Ageratina sternbergiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob. | 1.42% |
| 30 | <i>Senecio spinosus</i> DC. | 1.42% |
| TOTAL | | 300.00% |

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se tiene que la especie de mayor importancia ecológica dentro de la unidad de uso de suelo natural fue *Ribes brachybotrys* con 56.82% *Berberis carinata* y *Barnadesia horrida* con 42.56% y 36.09% respectivamente, las especies menos importantes fueron *Baccharis chilco*, *Baccharis caespitosa*, *Baccharis pulchella*, *Ageratina sternbergiana* y *Senecio spinosus* con 1.42%.

Tabla 21. Índice de valor de importancia de especies para la unidad de uso de suelo seminatural

| N | Especie | IVI |
|--------------|---|----------------|
| 1 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 50.80% |
| 2 | <i>Colletia spinosissima</i> J.F. Gmel. | 49.62% |
| 3 | <i>Viguiera procumbens</i> (Pers.) S.F. Blake | 33.01% |
| 4 | <i>Ageratina pentlandiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob. | 29.26% |
| 5 | <i>Acalypha aronioides</i> Pax & K. Hoffm. | 24.33% |
| 6 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 24.08% |
| 7 | <i>Mutisia acuminata</i> Ruiz & Pav. | 21.16% |
| 8 | <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob. | 11.49% |
| 9 | <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | 10.57% |
| 10 | <i>Senecio adenophyllus</i> Meyen & Walp. | 7.53% |
| 11 | <i>Lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl. | 6.54% |
| 12 | <i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav. | 5.79% |
| 13 | <i>Ageratina sternbergiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob. | 5.65% |
| 14 | <i>Nicotiana glauca</i> Graham | 5.20% |
| 15 | <i>Flourensia polycephala</i> M.O. Dillon | 5.07% |
| 16 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 4.95% |
| 17 | <i>Kageneckia lanceolata</i> Ruiz & Pav. | 4.93% |
| TOTAL | | 300.00% |

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se tiene que la especie de mayor importancia ecológica dentro de la unidad de uso de suelo seminatural fue *Barnadesia horrida* con 50.80% seguido *Colletia spinosissima* con 49.62%, las especies menos importantes fueron *Baccharis odorata* y *Kageneckia lanceolata* con 4.95% y 4.93% respectivamente.

4.3 Diversidad funcional de la cuenca de Lucre

4.3.1 Selección de las especies

Fueron seleccionadas el 70% de especies arbustivas más importantes (Cornelissen, y otros, 2003) en cada unidad de uso de suelo y se incluyeron todas las especies arbóreas (5) encontradas (Figuras 7, 8, y 9), los resultados fueron 52 unidades muestrales para la medición de rasgos funcionales (Tabla 22).

Tabla 22. Unidades muestrales para rasgos funcionales

| N | Especie | PARCELA/No INDIVIDUOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | n | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----------|-----|------|-----|-----|-----|---|----|----|----|----|---|---|---|
| | | AGRICOLA | | | | | | | | | NATURAL | | | | | | | | | | SEMINATURAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | SP13 | P14 | SP14 | P15 | P16 | SP16 | P17 | P18 | P19 | P20 | P21 | P22 | P23 | P24 | P25 | P26 | SP26 | P27 | | P28 | SP28 | P29 | P30 | P31 | | | | | | | | |
| 1 | <i>Acalypha aronioides Pax & K. Hoffm.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 12 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | | | | | | |
| 2 | <i>Agave americana L.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | | |
| 3 | <i>Ageratina cuzcoensis (Hieron.) R.M. King & H. Rob.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 4 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | | | | |
| 4 | <i>Ageratina pentlandiana (DC.) R.M. King & H. Rob.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | |
| 5 | <i>Alnus acuminata Kunth</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | |
| 6 | <i>Astragalus garbancillo Cav.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | | |
| 7 | <i>Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 6 | 9 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | | | |
| 8 | <i>Baccharis odorata Kunth</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | | | |
| 9 | <i>Barnadesia horrida Muschl.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 14 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 7 | 3 | | | |
| 10 | <i>Berberis carinata Lechl.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 2 | 4 | 7 | 2 | 1 | 7 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 12 | 3 | | | |
| 11 | <i>Buddleja longifolia Kunth</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | | | |
| 12 | <i>Colletia spinosissima J.F. Gmel.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 6 | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 11 | 0 | 2 | | | |
| 13 | <i>Duranta armata Moldenke</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | |
| 14 | <i>Escallonia myrtilloides L. f.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 3 | 0 | 32 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | | |
| 15 | <i>Escallonia resinosa (Ruiz & Pav.) Pers.</i> | 0 | 0 | 10 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | | |
| 16 | <i>Eucalyptus globulus Labill.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 0 | 3 | |
| 17 | <i>Flourensia polycephala M.O. Dillon</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | |
| 18 | <i>Gymoxys longifolia Wedd.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | | |
| 19 | <i>Kageneckia lanceolata Ruiz & Pav.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | | |
| 20 | <i>Lycianthes lycioides (L.) Hassl.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | | |
| 21 | <i>Mutisia acuminata Ruiz & Pav.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 22 | <i>Polylepis incarum (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | |
| 23 | <i>Puya ferruginea (Ruiz & Pav.) L.B. Sm.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | |
| 24 | <i>Ribes brachybotrys (Wedd.) Jancz.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 25 | <i>Rosa canina L.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 26 | <i>Satureja boliviana (Benth.) Briq.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | |
| 27 | <i>Schinus molle L.</i> | 41 | 15 | 0 | 0 | 42 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | |
| 28 | <i>Senecio adenophyllus Meyen & Walp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 29 | <i>Senecio rudbeckiaefolius Meyen & Walp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 30 | <i>Senecio spinosus DC.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 31 | <i>Tecoma sambucifolia Kunth</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 32 | <i>Viguiera procumbens (Pers.) S.F. Blake</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | |
| TOTAL | | 13 | | | | | | | | | 17 | | | | | | | | | | 21 | | | | | | | | | | | | 51 | | | | | | | | | | | | | |

Figura 7. Especies arbustivas seleccionadas para la unidad de uso de suelo agrícola

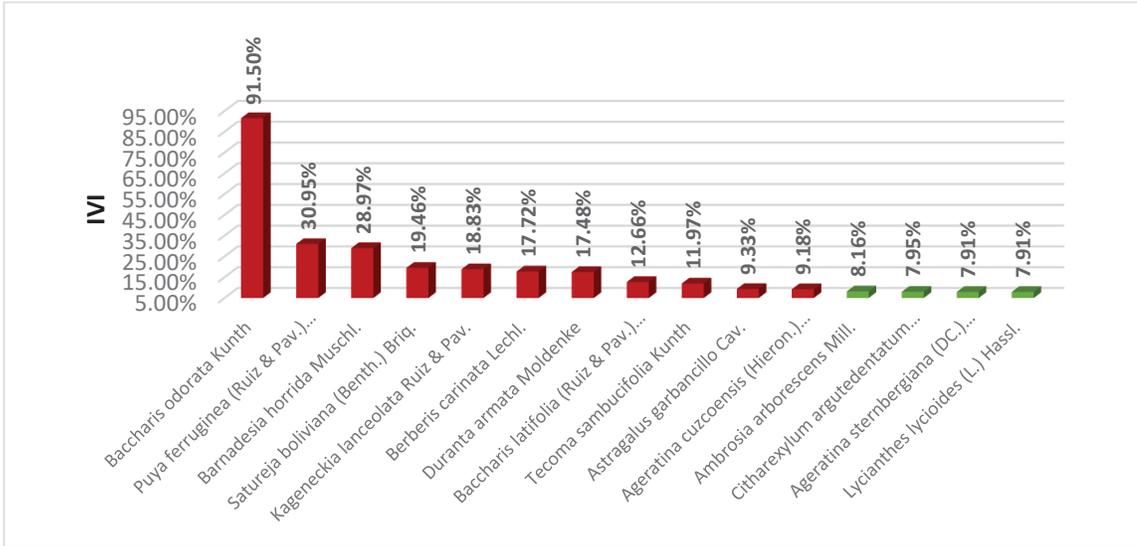


Figura 8. Especies arbustivas seleccionadas para la unidad de uso de suelo natural

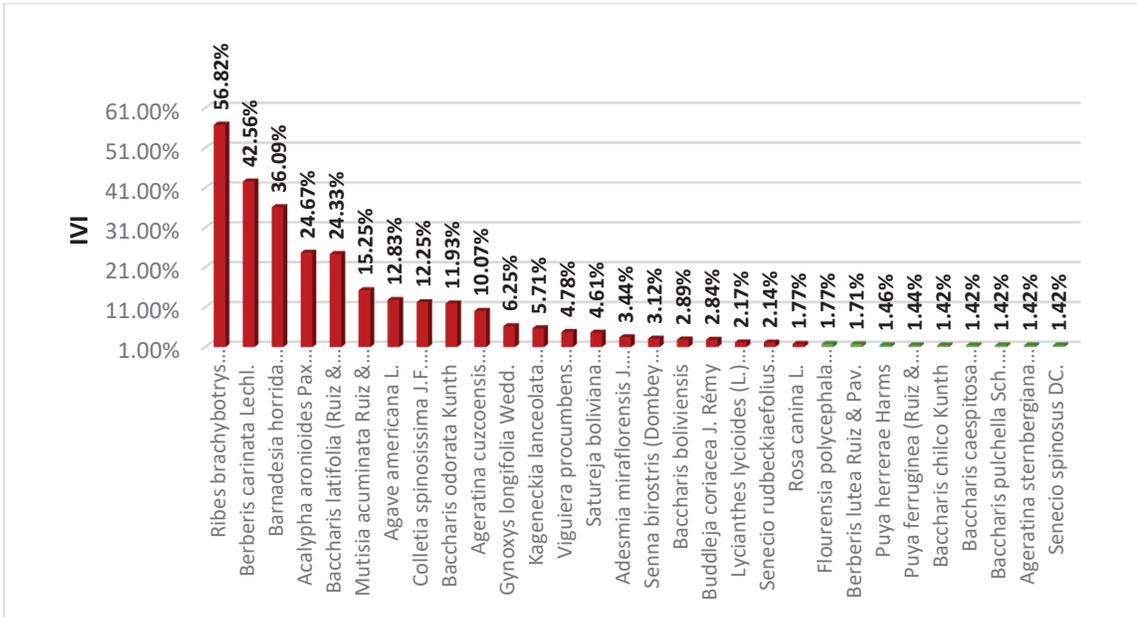
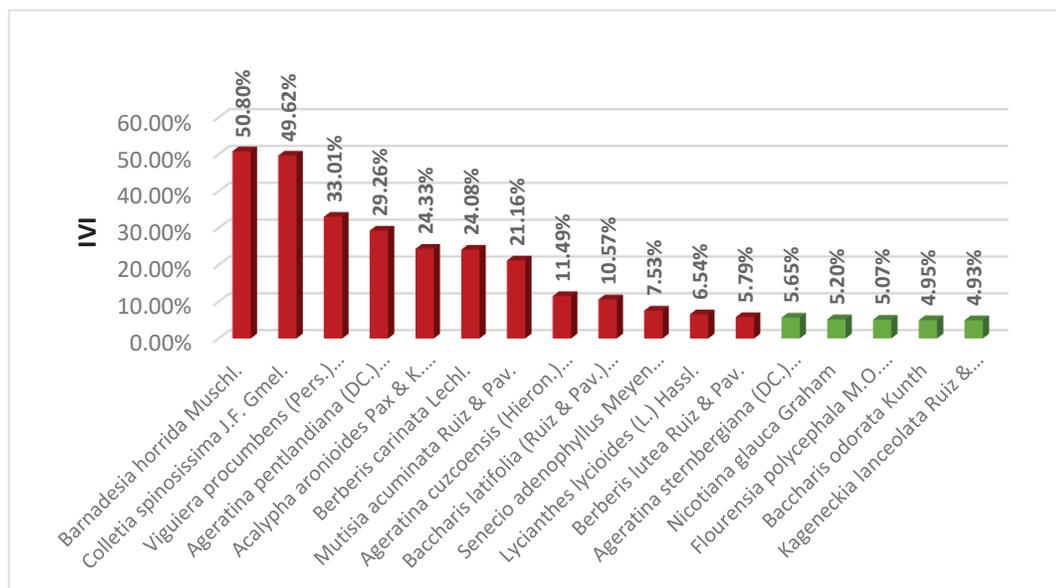


Figura 9. Especies arbustivas seleccionadas para la unidad de uso de suelo seminatural



De las anteriores figuras (7, 8, y 9) las especies que tiene coloración roja (barra) en su representación de histograma son las que corresponden al 70% de especies arbustivas más importantes para los determinados usos de suelo, y las que muestran coloración verde no fueron objeto de medición de rasgos funcionales.

4.3.2 Rasgos funcionales de la vegetación seleccionada

4.3.2.1 Descripción de los rasgos funcionales

Se evaluaron ocho rasgos funcionales relacionados con la intensidad de uso de suelo, en la **Tabla 23** se resumen las estadísticas descriptivas de los rasgos continuos y en la **Tabla 24** se resumen las frecuencias de los rasgos categóricos evaluados.

a) Rasgos continuos

De la **tabla 23**, en cuanto a los *rasgos foliares* se observa un alto Coeficiente de Variabilidad (CV) para el Área Foliar (AF) de 465% que se debió principalmente a la variabilidad aportada por las especies *Agave americana* y *Puya ferruginea*. Los rasgos de Concentración Foliar de Nitrógeno (CFN) y la Concentración Foliar de Fósforo (CFP) presentaron CV menor al 39%, lo que indica una menor dispersión en estos valores.

Tabla 23. Estadística descriptiva de los rasgos funcionales continuos

| Rasgo funcional | Unidad | n | Media | D.E. | CV | Mín | Máx |
|-----------------|-----------------|-----|---------|----------|--------|------|----------|
| AF | mm ² | 128 | 2343.20 | 10910.31 | 465.62 | 8.72 | 87461.16 |
| CFN | mg/g | 128 | 20.77 | 8.02 | 38.62 | 7.30 | 37.30 |
| CFP | mg/g | 128 | 1.92 | 0.31 | 16.28 | 1.22 | 2.55 |

DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, Mín: Valor mínimo, Máx: Valor máximo

b) Rasgos categóricos

Tabla 24. Frecuencias y porcentaje de las especies en cada estado de rasgo categórico funcional

| Rasgo funcional | Estado de rasgo | Número de especies | Porcentaje |
|--------------------|-----------------------|--------------------|------------|
| Agente Dispersor | Autocoria | 66 | 51.56% |
| | Zoocoria | 29 | 22.66% |
| | Hidrocoria | 31 | 24.22% |
| | Anemocoria | 2 | 1.56% |
| Agente Polinizador | Insectos | 28 | 21.88% |
| | Mamíferos | 1 | 0.78% |
| | Aves | 97 | 75.78% |
| | Viento | 2 | 1.56% |
| Tipo de Fruto | Cápsula | 52 | 40.63% |
| | Polifolículo | 3 | 2.34% |
| | Legumbre o vaina | 20 | 15.63% |
| | Lomento | 8 | 6.25% |
| | Cinorrodon | 4 | 3.13% |
| | Drupa | 35 | 27.34% |
| | Baya | 2 | 1.56% |
| | Samara | 3 | 2.34% |
| | Aquenio | 1 | 0.78% |
| Clonalidad | Aclonal | 45 | 35.16% |
| | Clonal sobre el suelo | 72 | 56.25% |
| | Clonal subterráneo | 11 | 8.59% |
| Leguminosa | No leguminosa | 123 | 96.09% |
| | Leguminosa | 5 | 3.91% |

De la **tabla 24**, en cuanto a los *rasgos reproductivos* se tuvo que, para los **agentes dispersores** más de la mitad de especies (51.56%) presenta semillas dispersadas por si mismas (autocoria) le siguieron en orden de importancia la dispersión de semillas por el agua y animales con valores muy similares (24% y 22% respectivamente) y en último lugar quedo el estado de anemocoria con 1.56%. Para los **agentes polinizadores**, las aves fueron el agente más común (75.78%), seguido por los insectos (21.88%), el viento (1.56%) y los mamíferos (0.78%). En cuanto al **tipo de fruto** más del 40% de especies presentaron el tipo de fruto cápsula, seguido por drupa y legumbre con 27% y 15% respectivamente, los tipos: lomento, cinorrodon, polifolículo, samara y baya resultaron en un rango de 1% a 7%, quedando en último lugar aquenio con solo 0.78%.

En cuanto a los rasgos de toda la planta se evaluaron la **clonalidad** siendo la mayor parte de las especies (64.84%) del tipo clonal, de las cuales la clonalidad sobre el suelo es la más común (56.25%) y subterráneo representa solo un 8.59%; la otra parte (35.16%) no presentaron el rasgo de clonalidad; además, en cuanto al rasgo de **Leguminosa** hay un claro predominio de las especies no leguminosas (96.09%) sobre las leguminosas (3.91%). Las especies que en la evaluación de campo presentaron más de una tipa de rasgo categórico se tomó la prioridad del rasgo más frecuente determinado in situ por observación.

4.3.2.2 Asociación entre rasgos funcionales

Dentro del análisis funcional, es necesario establecer relaciones entre los diferentes rasgos, la **tabla 25** muestra la correlación tanto positiva como negativa entre los rasgos analizados y los valores de significancia estadística (señalados con un asterisco). Debido a las diferencias en cuanto a los tipos de datos de cada rasgo, se realizó un análisis de correlación de Pearson para los rasgos cuantitativos (AF, CFN y CFP) y correlación de Spearman para rasgos categóricos (AD, AP, TF, CL y LE).

Tabla 25. Correlación entre los rasgos involucrados con el uso de suelos.

| | AF | CFN | CFP | n |
|-----|---------|--------|-----|-----|
| AF | 1 | * | * | 128 |
| CFN | -0.1800 | 1 | * | 128 |
| CFP | -0.3100 | 0.6600 | 1 | 128 |

(*) Valores de correlación significativos al 0.05 %

El área foliar presenta una correlación negativa con el contenido foliar de nitrógeno y con el contenido foliar de fósforo y la concentración foliar de nitrógeno mostró correlaciones positivas significativas con la concentración foliar de fósforo.

4.3.3 Tipos funcionales de plantas (TFPs)

Con base en los rasgos funcionales: Área Foliar (AF), Contenido Foliar de Nitrógeno (CFN), Contenido Foliar de Fósforo (CFP), Agente Dispersor (AD), Agente Polinizador (AP), Tipo de Fruto (TF), Clonalidad (CL), Leguminosa (LE), de las especies seleccionadas, y utilizando el análisis de conglomerados con el método de agrupamiento de Ward y distancia de Gower como la medida de distancia, se construyó un dendrograma que muestra la asociación entre especies en tres grupos claramente identificados (Figura 10).

Figura 10. Dendrograma basado en el método de Ward, distancia de Gower a partir de los rasgos: AF, CFN, CFP, AD, AP, TF, CL y LE

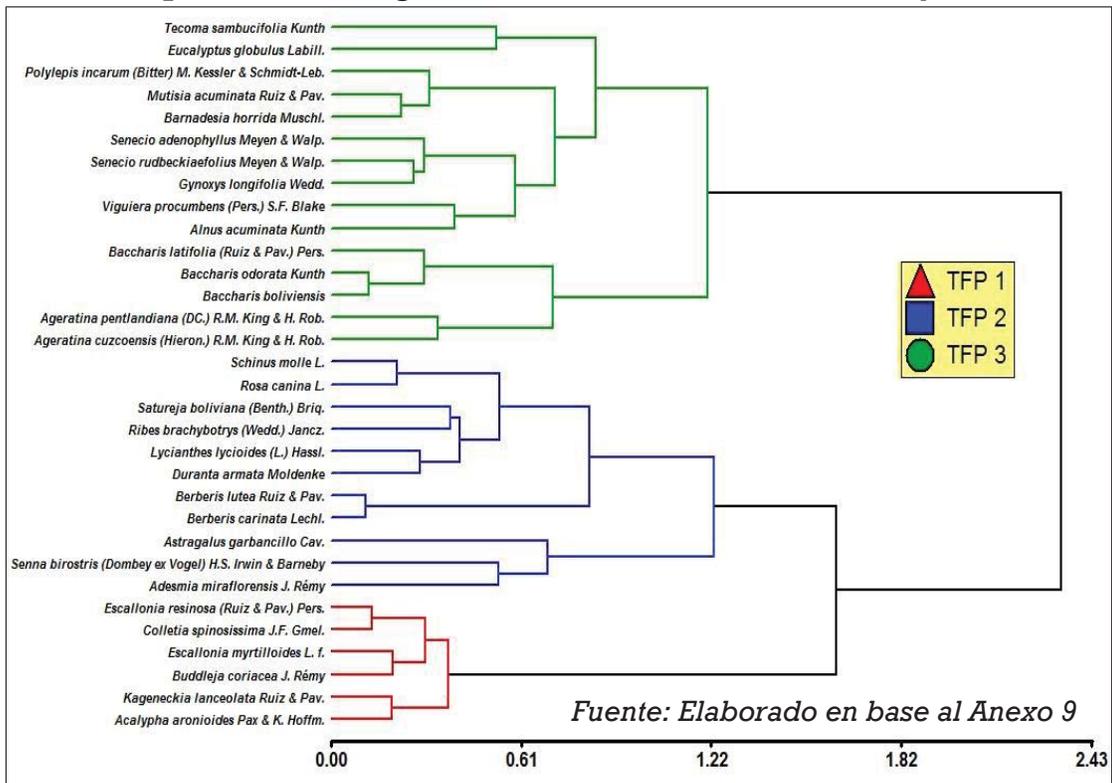


Tabla 26. Especies agrupadas dentro de cada TFP

| TFP | N | Especies que conforman los grupos |
|-----|----|---|
| 1 | 1 | <i>Acalypha aronioides</i> Pax & K. Hoffm. |
| | 2 | <i>Buddleja coriacea</i> J. Rémy |
| | 3 | <i>Colletia spinosissima</i> J.F. Gmel. |
| | 4 | <i>Escallonia myrtilloides</i> L. f. |
| | 5 | <i>Escallonia resinosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers. |
| | 6 | <i>Kageneckia lanceolata</i> Ruiz & Pav. |
| 2 | 1 | <i>Adesmia miraflorensis</i> J. Rémy |
| | 2 | <i>Astragalus garbancillo</i> Cav. |
| | 3 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. |
| | 4 | <i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav. |
| | 5 | <i>Duranta armata</i> Moldenke |
| | 6 | <i>Lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl. |
| | 7 | <i>Ribes brachybotrys</i> (Wedd.) Jancz. |
| | 8 | <i>Rosa canina</i> L. |
| | 9 | <i>Satureja boliviana</i> (Benth.) Briq. |
| | 10 | <i>Schinus molle</i> L. |
| | 11 | <i>Senna birostris</i> (Dombey ex Vogel) H.S. Irwin & Barneby |
| 3 | 1 | <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob. |
| | 2 | <i>Ageratina pentlandiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob. |
| | 3 | <i>Alnus acuminata</i> Kunth |
| | 4 | <i>Baccharis boliviensis</i> |
| | 5 | <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. |
| | 6 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth |
| | 7 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. |
| | 8 | <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. |
| | 9 | <i>Gynoxys longifolia</i> Wedd. |
| | 10 | <i>Mutisia acuminata</i> Ruiz & Pav. |
| | 11 | <i>Polylepis incarum</i> (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb. |
| | 12 | <i>Senecio adenophyllus</i> Meyen & Walp. |
| | 13 | <i>Senecio rudbeckiaefolius</i> Meyen & Walp. |
| | 14 | <i>Tecoma sambucifolia</i> Kunth |
| | 15 | <i>Viguiera procumbens</i> (Pers.) S.F. Blake |

El MANOVA (Análisis multivariado de variación) basado en los rasgos de las especies de cada grupo y la prueba múltiple de diferencias de vectores medios entre grupos de Hotelling, mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Tabla 27 y 28).

Tabla 27. Análisis de varianza de Lawley-Hotelling

| F.V. | Estadístico | F | gl(num) | gl(den) | p |
|------|-------------|--------|---------|---------|---------|
| TFP | 30.58 | 217.87 | 16 | 228 | <0.0001 |

La **tabla 27** demuestra diferencias significativas de los tipos funcionales de plantas según la prueba de Lawley-Hotelling; a continuación, el contraste de hipótesis.

Ho: Los tipos funcionales determinados no son diferentes

Ha: Los tipos funcionales determinados son diferentes

Como el valor de **p** es 0.0001 menor a 0.05 entonces se acepta la hipótesis alterna: **los tipos funcionales determinados son diferentes para la cuenca de Lucre.**

Tabla 28. Valores promedio más error estándar de los rasgos funcionales dentro de cada TFP y MANOVA de la prueba de Hotelling

| TFP | Área Foliar | Contenido Foliar de Nitrógeno | Contenido Foliar de Fósforo | Agente Dispersor | Agente Polinizador | Tipo de Fruto | Clonalidad | Leguminosa | n | p<0.0001 |
|-----|---------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|---------------|------------|------------|----|----------|
| | AF | CFN | CFP | AD | AP | TF | CL | LE | | |
| 1 | 230.1±174.38 | 16.76±1.17 | 1.78±0.04 | 1±0 | 1±0.13 | 1.14±0.32 | 1±0.12 | 1±0 | 6 | C |
| 2 | 690.83±199.33 | 25.42±0.92 | 2.19±0.04 | 2.12±0.11 | 1.09±0.09 | 6.18±0.22 | 2.09±0.17 | 1.15±0.06 | 11 | B |
| 3 | 1279.45±44.33 | 20.57±0.84 | 1.87±0.04 | 4±0 | 1.87±0 | 8.05±0.07 | 1.97±0 | 1±0 | 15 | A |

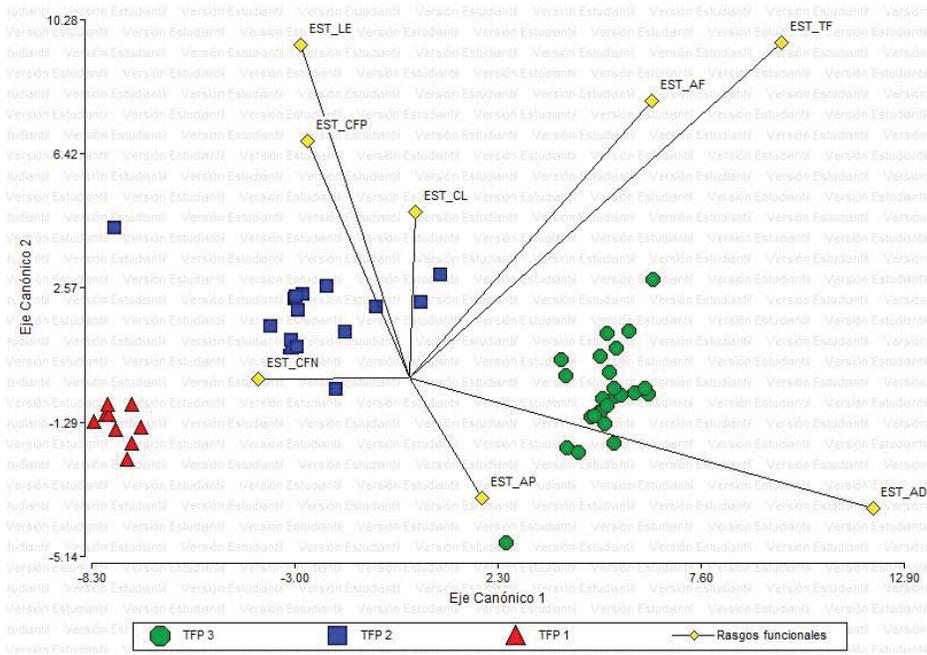
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0.05$), ± Error Estándar

| Leyenda de Color | |
|------------------|---------------------|
| | Valores Bajos |
| | Valores Intermedios |
| | Valores Altos |

El TFP 1 compuesto por 6 especies (**Tabla 26 y 28**) presenta valores más bajos de AF, CFN, CFP, AD, AP, TF y CL, y valores intermedios de LE compartiendo este lugar con el TFP 3 para este rasgo. El TFP 2 compuesto por 11 especies (**Tabla 26 y 28**) presenta valores intermedios de AF, AD, AP y TF, y valores máximos de CFN, CFP, CL, L. Finalmente el TFP 3 compuesto por 15 especies (**Tabla 26 y 28**) presenta valores altos de AF, AD, AP y TF, y valores intermedios de CFN, CFP, CL y LE.

El análisis discriminante para los TFPs formados en el análisis de conglomerados muestra gráficamente la separación existente entre los tipos de vegetación, se observa una clara separación entre los 3 TFPs. (Figura 11).

Figura 11. Representación de observaciones multivariadas en tres grupos en el espacio discriminante conformado por los ejes canónicos 1 y 2.



En el análisis discriminante canónico (**Tabla 29**), se observó que CFN (-0.340), junto a LE (-0.240) y AD (1.030) son los rasgos más importantes para la discriminación sobre el eje uno que determina la variación en los TFPs y que separa claramente a los tres TFPs. Sobre el eje dos las variables que reciben mayor peso son AF (0.680), LE (0.810) y TF (0.820).

Tabla 29. Funciones discriminantes con datos estandarizados con varianzas comunes calculados para tres tipos funcionales de plantas

| Rasgos funcionales | Eje 1 | Eje 2 |
|--------------------|--------|--------|
| AF | 0.540 | 0.680 |
| CFN | -0.340 | -0.003 |
| CFP | -0.230 | 0.580 |
| AD | 1.030 | -0.320 |
| AP | 0.160 | -0.290 |
| TF | 0.830 | 0.820 |
| CL | 0.010 | 0.400 |
| LE | -0.240 | 0.810 |

Finalmente, la tabla de clasificación cruzada (**Tabla 30**) muestra un error promedio de 0%, donde los 29, 34 y 32 individuos del TFP1, TFP2 y TFP3 respectivamente fueron perfectamente clasificados, la tasa de error individual de clasificación de estos grupos fue de 0%. Esto demuestra que la clasificación de los TFPs fue estadísticamente perfecta.

Tabla 30. Clasificación cruzada para los tres TFP

| TFP | TFP 1 | TFP 2 | TFP 3 | Total | Error (%) |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 1 | 29 | 0 | 0 | 29 | 0 |
| 2 | 0 | 34 | 0 | 34 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 62 | 62 | 0 |
| Total | 29 | 34 | 62 | 125 | 0 |

Los valores representan el número de individuos clasificados en cada TFP

4.4 Relación de la diversidad funcional con la gradiente de uso de suelo

4.4.1 Relación de rasgos funcionales con la gradiente de uso de suelo

Se realizó un análisis de similaridad (ANOSIM) donde se demuestra que los rasgos funcionales están directamente relacionados ($R=0.1401$) a la gradiente uso de suelos en la cuenca de Lucre (**Tabla 31**) ya que existe diferencia significativa entre sus unidades (**Tabla 32**).

Tabla 31. ANOSIM para la gradiente de uso de suelo en función de rasgos funcionales

| | |
|------------------|---------|
| N Permutaciones: | 99999 |
| Valor R: | 0.1401 |
| p (comparada): | 0.01963 |

De la tabla anterior se realizó el contraste de hipótesis:

Ho: Los rasgos funcionales no varían según la gradiente de uso de suelo

Ha: Los rasgos funcionales varían según la gradiente de uso de suelo

Como el valor de **p** es 0.01963 menor a 0.05 entonces se acepta la hipótesis alterna: los rasgos funcionales varían según la gradiente de uso de suelo.

Las unidades de uso de suelo determinadas son estadísticamente diferentes ya que presentan valores distintos de rasgos funcionales (**Tabla 32**), los valores de diferencia altamente significativa se dieron entre el uso de suelo agrícola con el natural ($R=0.39$, $p<0.05$) y seminatural ($R=0.27$, $p<0.05$) y una diferencia muy poco significativa entre el uso de suelo natural con el seminatural ($R=0.06$, $p>0.05$). Queda demostrado que el uso de suelo influye en los rasgos funcionales, por consiguiente, estos pueden definir su gradiente.

Tabla 32. Valores de R de la prueba de ANOSIM para cada unidad de uso de suelo en función de rasgos funcionales

| | Agrícola | Natural | Seminatural |
|-------------|----------------|---------|----------------|
| Agrícola | | 0.3871 | 0.2702 |
| Natural | 0.00766 * | | 0.06368 |
| Seminatural | 0.03584 * | 0.1561 | |
| | = Valores de p | | = Valores de R |

(*) Valores significativos al 0.05 %

4.4.2 Relación de tipos funcionales de plantas (TFP) con la gradiente de uso de suelo

La relación entre los tipos funcionales de plantas y las unidades de uso de suelo se exploró con un análisis de contingencia y análisis de correspondencia. La tabla de contingencia se muestra en el **Tabla 33**.

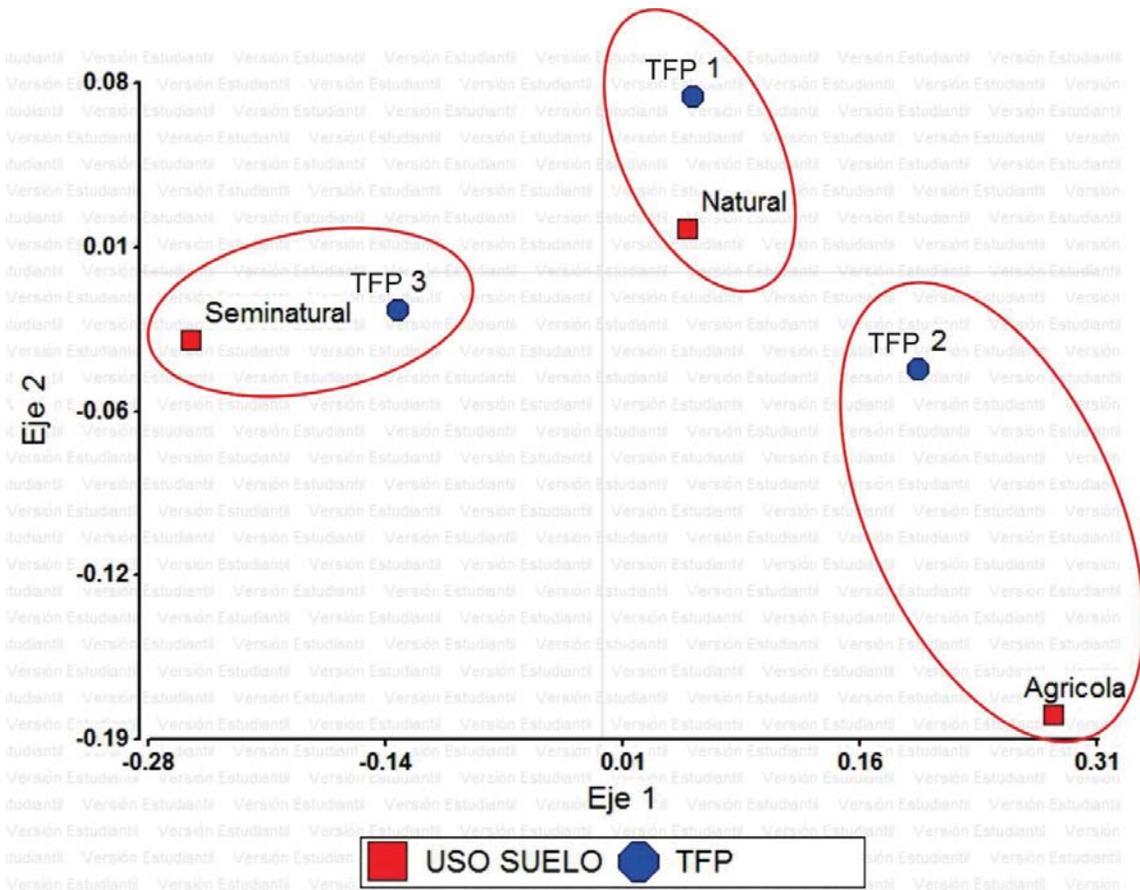
Tabla 33. Análisis de independencia entre TFPs y unidades de uso de suelo

| Estadístico | Valor | gl | p |
|----------------------|--------|----|---------|
| Chi Cuadrado Pearson | 143.76 | 4 | <0.0001 |
| Chi Cuadrado MV-G2 | 148.12 | 4 | <0.0001 |
| Coef.Conting.Cramer | 0.22 | | |
| Coef.Conting.Pearson | 0.35 | | |

El análisis de las tablas de contingencias (**Tabla 33**) demuestra que existe una asociación significativa entre los tipos funcionales de planta y las unidades de uso de suelo, el valor de p del estadístico Chi cuadrado de Pearson es 0.0001, menor al nivel de significancia $\alpha = 0.05$ por tanto, hay evidencias para rechazar la hipótesis nula de independencia entre los tipos funcionales de planta y las unidades de uso de suelo; en cuanto a las medidas de asociación obtenidas con los coeficientes de Cramer y Pearson, señalan que también existe asociación entre los tipos funcionales de planta y las unidades de uso de suelo, valores cercanos a cero indican falta de independencia entre filas y columnas.

En la figura 12, se tiene el biplot del análisis de correspondencia entre los TFPs y las unidades de uso de suelo, el grafico sugiere, en su primer eje (con una inercia de 91.74 %), que el TFP 3 se asocia a la unidad de uso de suelo seminatural, el TFP 1 se asocia a la unidad de uso de suelo natural mientras que el TFP 2 se encuentra preferentemente en la unidad de suelo agrícola.

Figura 12. Análisis de correspondencia entre TFPs y unidades de uso de suelo



Se puede caracterizar los TFP en cuanto al papel ecológico que cumplen, en “resilientes” son aquellas especies con una alta tasa de sobrevivencia, “poco resilientes” aquellas especies con una tasa media de sobrevivencias y “no resilientes” aquellas especies con baja probabilidad de sobrevivir a condiciones adversas.

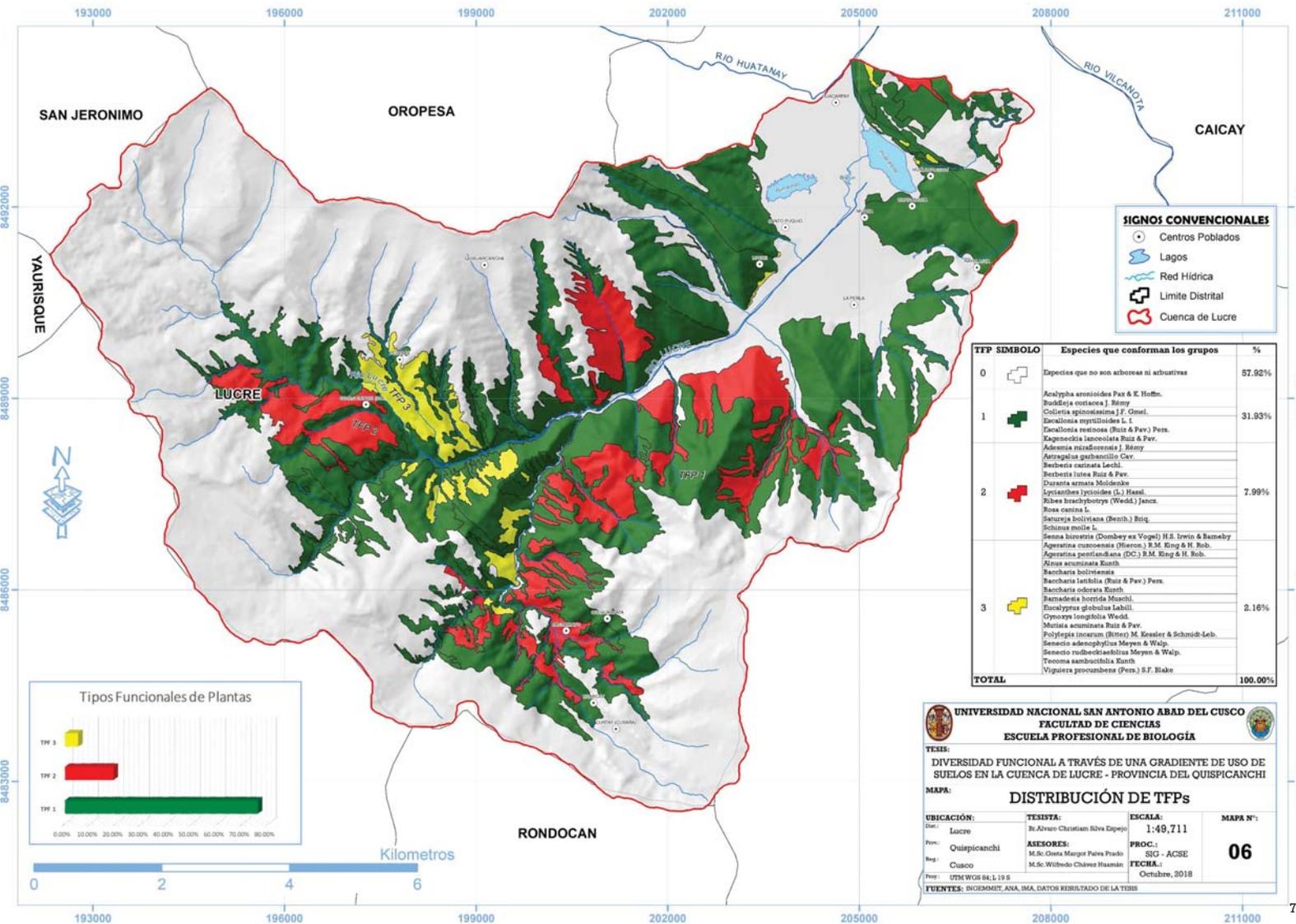
El TFP 1, No resiliente: corresponde a especies arbustivas y arbóreas (*Acalypha aronioides*, *Buddleja coriácea*, *Colletia spinosissima*, *Escallonia myrtilloides*, *Escallonia resinosa*, *Kageneckia lanceolata Ruiz & Pav.*) de hoja pequeña, con bajo contenido foliar de nitrógeno y fósforo, la dispersión es por autocoria, la polinización por insectos, el tipo de fruto es cápsula o polifolículo principalmente, con clonalidad negativa, algunas son de tipo leguminosa. Estas características determinan una mediana capacidad de

absorción de nutrientes condicionados a las condiciones actuales del ambiente, baja adaptación a suelos impactados, baja sobrevivencia en condiciones adversas, con una tasa de crecimiento relativamente media, indicadores de ecosistemas no perturbados.

El TFP 2, Resilientes: corresponde a especies arbustivas y arbóreas (*Adesmia miraflorensis*, *Astragalus garbancillo*, *Berberis carinata*, *Berberis lutea*, *Duranta armata*, *Lycianthes lycioides*, *Ribes brachybotrys*, *Rosa canina L.*, *Satureja boliviana*, *Schinus molle*, *Senna birostris*) de hoja mediana, con alto contenido foliar de nitrógeno y fósforo, la dispersión es por el agua, la polinización por insectos, con clonalidad positiva de tipo subterráneo principalmente, el tipo de fruto es drupa o baya principalmente, la mayoría de tipo leguminosa. Estas características determinan una buena capacidad de absorción de nutrientes y alta renovación de los mismos, buena adaptación a suelos impactados, alta tasa de sobrevivencia en condiciones adversas, con una tasa de crecimiento relativamente alta, la mayoría presenta espinescencia e indicadores de ecosistemas perturbados.

El TFP 3, Poco resiliente, se caracteriza por tener arbustos y árboles (*Ageratina cuzcoensis*, *Ageratina pentlandiana*, *Alnus acuminata*, *Baccharis boliviensis*, *Baccharis latifolia*, *Baccharis odorata*, *Barnadesia horrida*, *Eucalyptus globulus*, *Gynoxys longifolia*, *Mutisia acuminata*, *Polylepis incarum*, *Senecio adenophyllus*, *Senecio rudbeckiaefolius*, *Tecoma sambucifolia*, *Viguiera procumbens*) con hojas de tamaño grande, con valores medios de contenido foliar de nitrógeno y fósforo, la dispersión es por el viento, la polinización por mamíferos y aves, la clonalidad es de tipo por el suelo, el tipo de fruto es samara o aquenio principalmente, ninguna es leguminosa. Estas características hacen que estas especies sean poco eficientes en la absorción de nutrientes, son mediamente eficientes a sobrevivir en condiciones impacto alto, con una tasa de crecimiento relativamente media, tasa de crecimiento bajo e indicadores de ecosistemas poco perturbados.

Se realizó la interpolación de los TFPs con la unidad de CV a la que correspondía espacialmente según los datos de coordenadas geográficas (**Mapa 5**), las especies que no son ni arbóreas ni arbustivas o simplemente están desprovistas de vegetación (roquedales, cuerpos de agua, etc.) se le considero como “TFP 0” que ocupo más de la mitad de la superficie de la cuenca de Lucre (57.92%), seguido por el “TFP 1” con 31.93 %, el “TFP 2” con el 7.99% y finalmente el “TFP 3” con tan solo el 2.16% de ocupación.



SIGNOS CONVENCIONALES

- Centros Poblados
- Lagos
- Red Hidrica
- Limite Distrital
- Cuenca de Lucre

| TFP SIMBOLO | Especies que conforman los grupos | % |
|--------------|--|----------------|
| 0 | Especies que no son arboreas ni arbustivas | 57.92% |
| 1 | <i>Acalypha aronioides</i> Pax & K. Hoffm. <i>Buddleja coccinea</i> J. Rémy <i>Colicla spinosa</i> J.F. Omei. <i>Eucalonia myrtilloides</i> L. L. <i>Eucalonia resinosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers. <i>Xyapiedia lasiocarpa</i> Ruiz & Pav. <i>Adesmia mitchelliana</i> J. Rémy <i>Astragalus garbancillo</i> Cav. <i>Berberis carinata</i> Lechl. <i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav. <i>Duranta armata</i> Moldenke <i>Lycium latifolium</i> (L.) Hassl. <i>Ribes brachybotrys</i> (Wedd.) Jancz. <i>Rosa canina</i> L. <i>Satureja boliviana</i> (Benth.) Buiq. <i>Schinus molle</i> L. <i>Senna bicristata</i> (Dombey ex Vogel) H. S. Gentry & Bamsby <i>Agave americana</i> (Hawson) J.M. King & H. Rob. <i>Agave pectinatus</i> (DC.) R.M. King & H. Rob. <i>Alnus acuminata</i> Kunth <i>Baccharis boliviana</i> <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. <i>Baccharis odorata</i> Kunth <i>Baccharis horrida</i> Muench. <i>Diospyros globosa</i> Labillard. <i>Gynoxys longifolia</i> Wedd. <i>Mollisia acuminata</i> Ruiz & Pav. <i>Polygala incana</i> (Hort.) M. Kessler & Schmidt-Leb. <i>Senecio adenophyllus</i> Meyen & Walp. <i>Senecio rufobaccatus</i> Meyen & Walp. <i>Tecoma sandwicensis</i> Kunth <i>Viguiera procumbens</i> (Pers.) S.F. Blake | 31.93% |
| 2 | | 7.99% |
| 3 | | 2.16% |
| TOTAL | | 100.00% |



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

TESIS:
 DIVERSIDAD FUNCIONAL A TRAVÉS DE UNA GRADIENTE DE USO DE SUELOS EN LA CUENCA DE LUCRE - PROVINCIA DEL QUISPICANCHI

MAPA:
DISTRIBUCIÓN DE TFPs

| | | | |
|---|---|--------------------------------|------------------------------|
| UBICACIÓN: Dist.: Lucre Prov.: Quispicanchi Dep.: Cusco | TESISTA: Dr. Adriano Christian Silva Espinoza | ESCALA: 1:49,711 | MAPA N°: 06 |
| ASESORES: M.Sc. Oresta Margot Palva Prado M.Sc. Wilfredo Chávez Huamán | PROC.: SIG - ACSE | FECHA: Octubre, 2018 | |

FUENTES: INCEMUT, ANA, INIA, DATOS RESULTADO DE LA TESIS

4.4.3 Índices de diversidad funcional

4.4.3.1 Media ponderada de la comunidad (MPC) de los TFPs asociados a la gradiente de uso de suelo

El análisis de varianza realizado con el estadístico de comparación LDS-Fisher para los valores de media ponderada de la comunidad de los rasgos funcionales en relación a los TFPs y uso de suelo, indica que existe un efecto significativo ($p < 0.001$) de los TFPs sobre la distribución de los rasgos funcionales en una gradiente de uso de suelo, para el área foliar (AF), agente dispersor (AD), agente polinizador (AP), tipo de fruto (TF) y clonalidad (CL) (Tabla 34).

Tabla 34. Análisis de varianza para la MPC de los rasgos por tipo de vegetación, alfa 0.05 %

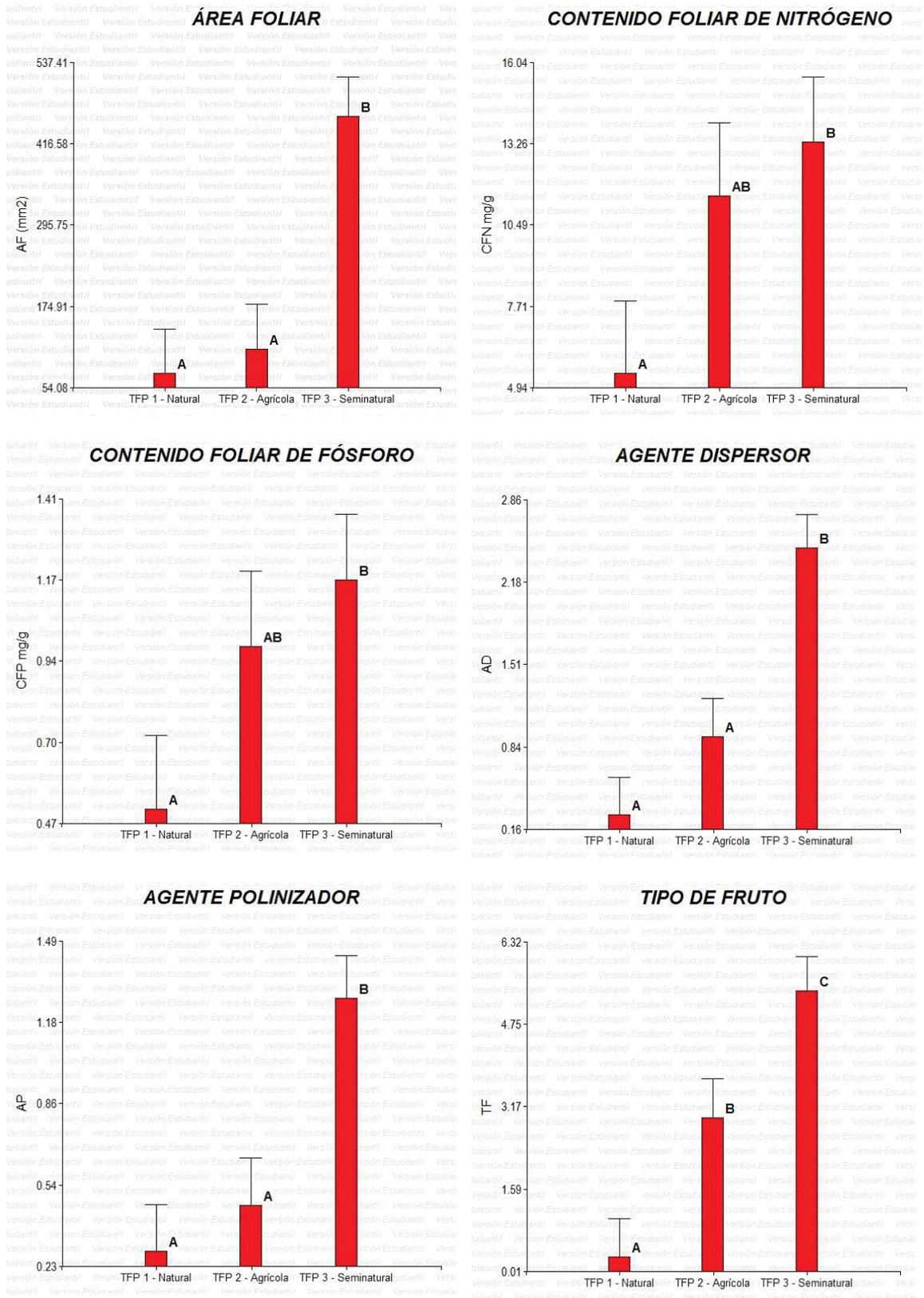
| TFP | AF (F=11.95, p=0.0001)* | | CFN (F=3.02, p=0.0557) | | CFP (F=2.77, p=0.0699) | | AD (F=15.39, p=0.0001)* | | |
|------------------|----------------------------|---|----------------------------|---|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|---|
| | | | | | | | | | |
| TFP1-Natural | 76.05±64.95 | A | 5.44±2.45 | A | | 0.51±0.21 | A | 0.29±0.3 | A |
| TFP2-Agrícola | 111.71±66.55 | A | 11.48±2.51 | A | B | 0.98±0.22 | A | 0.92±0.31 | A |
| TFP3-Seminatural | 457.07±58.37 | | 13.33±2.2 | | B | 1.17±0.19 | | 2.46±0.27 | B |
| TFP | AP (F=9.55, p=0.0002)* | | TF (F=13.64, p=0.0001)* | | CL (F=5.47, p=0.0064)* | | LE (F=2.49, p=0.0909) | | |
| | | | | | | | | | |
| TFP1-Natural | 0.29±0.18 | A | 0.3±0.72 | A | | 0.29±0.22 | A | 0.29±0.11 | A |
| TFP2-Agrícola | 0.46±0.19 | A | 2.96±0.74 | | B | 1.06±0.22 | | 0.49±0.11 | A |
| TFP3-Seminatural | 1.27±0.16 | | 5.38±0.65 | | C | 1.2±0.19 | | 0.62±0.1 | B |

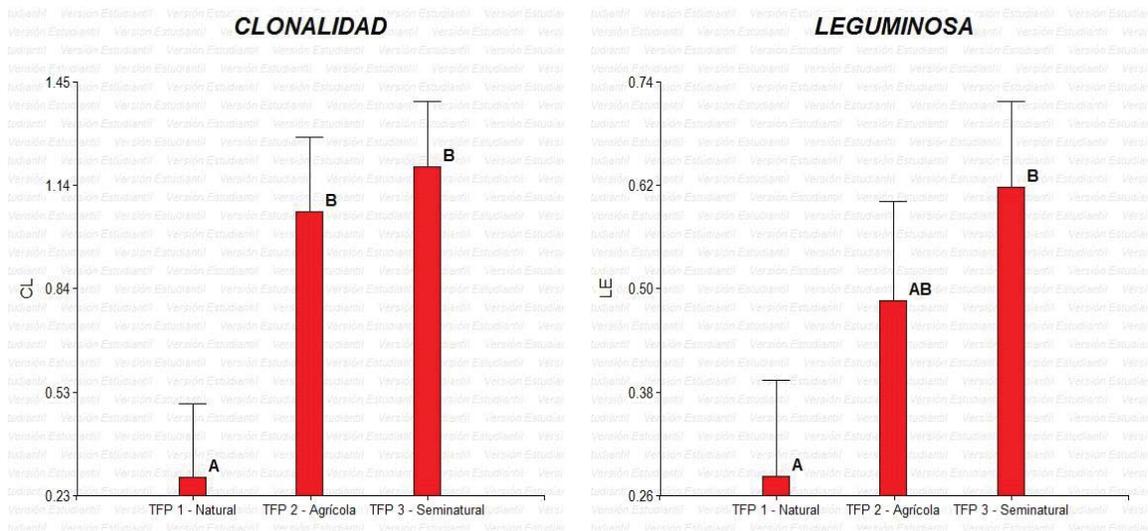
(*). Valores significativos al 0.05 %

Para el caso del contenido foliar de nitrógeno (CFN), contenido foliar de fósforo (CFP) y leguminosa (LE) la separación de medias entre los diferentes TFPs para cada rasgo funcional, muestra que las diferencias se dan principalmente entre tipos de vegetación extrema (TFP1 con TFP3), mientras que entre TFPs adyacentes (TFP1 con TFP2 y TFP2 con TFP3) no existen diferencias significativas por esta razón el valor de p es mayor a 0.05%.

La separación de medias en forma gráfica se muestra en la Figura 13.

Figura 13. Variación de la MPC de los rasgos por TFP asociado a la gradiente de uso de suelo





4.4.3.2 Índices de diversidad funcional de los TFPs asociados a la gradiente de uso de suelo

El análisis de varianza del cuadro de ANOVA para los índices de diversidad funcional (**Tabla 35**), indica que existe un efecto significativo ($p < 0.0001$) de los TFPs sobre la diversidad funcional para los cuatro índices utilizados: Índice de Diversidad Funcional de Atributos (FAD2), Entropía cuadrática (Rao), Dispersión Funcional (FDis) y Índice de Diversidad funcional por parcela (FDp).

Tabla 35. Análisis de índices de diversidad funcional por TFP asociado a la gradiente de uso de suelo

| TFP | FAD2 ($F=4.4, p=0.0161$)* | | Rao ($F=7.33, p=0.0014$)* | | FDis ($F=6.6, p=0.0025$)* | | FDp ($F=5.36, p=0.0071$)* | |
|-------------------------|--------------------------------|--------|--------------------------------|--------|--------------------------------|--------|--------------------------------|--------|
| | Mean ± SE | Letter |
| TFP3-Seminatural | 8.31 ± 1.72 | A | 1.45 ± 0.22 | A | 0.82 ± 0.12 | A | 5.59 ± 0.96 | A |
| TFP2-Agrícola | 3.89 ± 1.97 | A B | 0.78 ± 0.25 | A B | 0.35 ± 0.13 | B | 4.51 ± 1.09 | A |
| TFP1-Natural | 0.73 ± 1.92 | B | 0.19 ± 0.25 | B | 0.22 ± 0.13 | B | 1.02 ± 1.07 | B |

(*). Valores significativos al 0.05 %

De la **tabla 35**, de la prueba de separación de medias (LSD Fisher 0.05), en todos los casos el valor de p-calculado es menor a 0.05 lo que demuestra la variación de los índices de diversidad funcional en los distintos TFPs:

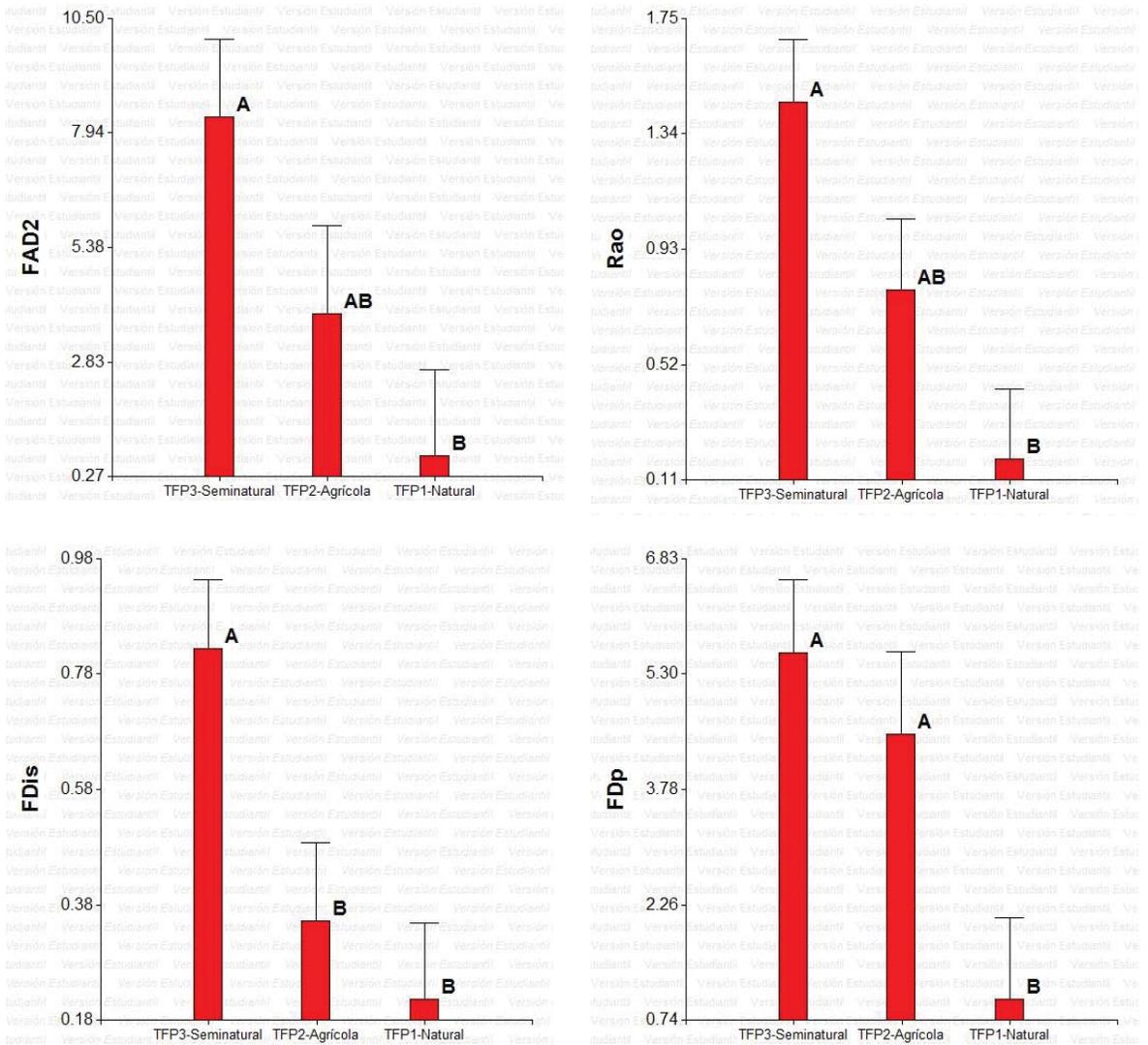
En el caso del índice de diversidad de **FAD2** (Diversidad Funcional de Atributos), indica que la diferencia de tratamientos se debe a la mayor diversidad funcional de atributos del TFP3-Seminatural con valores de 8.31 (grupo A) frente a la menor diversidad funcional del TFP1-Natural con valores de 0.73 (grupo B), además se forma un grupo AB para los valores intermedios de diversidad funcional de 3.89 que corresponde al TFP2-Agrícola.

Para el índice de diversidad de **Rao** (Entropía cuadrática), indica que la diferencia de tratamientos se debe a la mayor diversidad funcional del TFP3-Seminatural con valores de 1.45 (grupo A) frente a la menor diversidad funcional del TFP1-Natural con valores de 1.92 (grupo B), además se forma un grupo AB para los valores intermedios de diversidad funcional de 1.97 que corresponde al TFP2-Agrícola.

En cuanto al índice **FDis** (Dispersión Funcional) que indica la dispersión de la diversidad funcional muestra que la separación de los tratamientos se debe a la mayor diversidad funcional del TFP3-Seminatural (0.82) frente a los otros dos TFPs, TFP1-Natural y TFP2-Agrícola cuyos valores oscilan entre 0.22 y 0.35 respectivamente formándose dos grupos estadísticos A y B.

Finalmente, el índice **FDp** (Diversidad funcional por parcela) muestra la separación del TFP1-Natural con menor diversidad funcional (1.02) frente a los otros TFPs, TFP2-Agrícola y TFP3-Seminatural que muestran mayor diversidad funcional cuyos valores están entre 4.51 y 5.59 respectivamente formando en este caso también dos grupos estadísticos A y B.

Figura 14. Variación de la diversidad funcional por TFP



Con lo anterior se puede distinguir estadísticamente entre los efectos que producen la variación de los TFPs asociados a la gradiente de uso de suelo en la diversidad funcional.

DISCUSIONES

- ❖ Delgado Laime (1995), evaluó el estado (1995) de los bosques de *Escallonia myrtilloides* de toda la cuenca de Lucre, menciona que estos bosques soportan presiones ambientales y antropogénicas mas no describe el grado de estas presiones, con la presente investigación se puede afirmar que los bosques de *Escallonia mirthilliodes* (173.3 Ha) fueron parte del TFP1 especies conservativas-no resilientes que corresponde a la unidad de suelo Natural que se caracteriza por ser praderas naturales, bosques relictos y pantanos que en gran parte no fueron afectados por la actividad agrícola o antrópica entonces su grado de impacto es mínimo. Delgado Laime (2005) concluye que la propagación de la especie es por semillas lo cual hemos podido comprobar además señalar que el agente dispersor es por autocoria y la polinización se da por insectos.
- ❖ Salgado (2007) definió TFPs arbóreas y caracterizó su respuesta a diferentes intensidades de perturbación en un bosque muy húmedo tropical mesoamericano, encontró cinco TFPs con los rasgos estrato y tasa de crecimiento, ya que los rasgos reproductivos estuvieron distribuidos de manera homogénea en todos los TFP y no ayudaron en la separación de los grupos, en la presente investigación se definieron 3 TFPs cuya separación lo determinaron los rasgos reproductivos: el rasgo de agente dispersor ($AD=1.03$ sobre el eje canónico 1) fue uno de los rasgos que más explicó la separación; el ecosistema que estudio Salgado (2007) es totalmente distinto a la cuenca de Lucre, que es un ecosistema altoandino (C.G.P.A, 2005) esto explicaría la diferencia a nivel de respuesta de las plantas frente a la perturbación según su ecosistema. En cuanto a especies raras Salgado (2007) se planteó como objetivo determinarlas y ver su variación en cada TFP, la presente investigación en los análisis estadístico se encontró que algunos resultados de la medición de rasgos fueron afectados por la presencia de especies raras que no respondían a una distribución estadísticamente normal, fue el caso de *Agave americana* y *Puya ferruginea* cuyos valores de AF (área foliar) fueron muy dispersos incrementando en demasía el coeficiente de variabilidad. Los estudios de Salgado (2007) sugieren que los análisis realizados muestran una elevada relevancia ecológica con TFPs que responden a la intensidad de perturbación, en la cuenca de Lucre se encontraron especies como: *Barnadesia horrida*, *Berberis carinata* y algunas del genero *Baccharis*, cuyos valores de abundancia fueron altos en las tres unidades de uso de suelos, lo que determinaría que existe redundancia ecológica en el área estudiada, con respecto a ello, Naeem (1998) menciona que se debería percibir redundancia de especies como una característica critica del ecosistema que debe ser conservado si este funciona confiablemente y nos provee de bienes y servicios.

- ❖ Mamani Castro (2009), determinó la diversidad fanerogámica del humedal de Huacarpay – Lucre, resalta que el bosque seco está dominado por la familia Asteraceae que posee el 22.47% de géneros, seguida de la familia Cactaceae con un 12.36% y la familia Scrophulariaceae con 0.56%, con respecto a ello coincidimos que la familia Asteraceae es la que más especies contiene en la cuenca de Lucre el valor hallado fue de 40.91%, seguido de Rosaceae y Fabaceae con 6.82% estas dos últimas difieren de los resultados obtenidos por Mamani Castro (2009) ya que sus objetivos eran determinar toda la diversidad fanerogámica, el nuestro sola la flora arbustiva y arbórea. La mayor densidad, abundancia cobertura e índice de valor de importancia del estudio de Mamani Castro (2009) corresponde a *Muhlenbergia rigida*, en nuestro tenemos tres especies según los usos de suelos: para el uso de suelo agrícola fue *Baccharis odorata* con 91.50%, para la unidad de uso de suelo natural fue *Ribes brachybotrys* con 56.82% y para la unidad de uso de suelo seminatural fue *Barnadesia horrida* con 50.80% la explicación es la misma que en el anterior caso. Además, Mamani Castro (2009) concluye que existe alto grado de homogeneidad del paisaje, se encontró especies cuya distribución es en toda la cuenca por ejemplo el caso de *Barnadesia horrida* por lo que nuevamente podríamos estar suponiendo una redundancia ecológica de especies en la cuenca de Lucre.

- ❖ Pumachapi (2010), realizó la zonificación ecológica económica de la cuenca de Lucre realiza el mapa de uso de suelo en donde identifica nueve unidades (Bofedales, Cultivo de ladera, Cultivo en Piso de Valle, Laguna, Matorral arbolado, matorral espinoso seco, matorral mixto, pastos y plantaciones forestales) según la metodología para determinar la ZEE no considera algunas unidades de uso actual como la ocupación urbano-rural, uso pecuario, uso de conservación del medio ambiente, uso turístico y de restos arqueológicos (Per IMA, 2011) que podrían haber generado error en el mapa final, en la presente investigación se encontró una gradiente de uso de suelo conformada por tres unidades Agrícola, Natural y Seminatural unidades de denominación distintas siguiendo la clasificación de Flynn (2009) ya que no era objeto el ZEE sino la diversidad funcional, se encontró una variación del uso del suelo donde se pudo estudiar la respuesta de las plantas frente a estas condiciones. Por ultimo Pumachapi (2010) destaca que, existe la zona de protección medio, donde se ubica el humedal de lucre con un área de 269.14 Ha (2.57 % del área total de estudio), en el mapa de cobertura vegetal resultado de la presente investigación dicha unidad es el “Bofedal” con un área de 217.26 Ha cifra parecida al autor, esta unidad en el mapa de uso de suelos es considerada como “Uso de conservación del medio ambiente” (Per IMA, 2011) y en el mapa de uso de suelo se encontró que es “Natural”, entre todos se coincide

que es un territorio de protección o conservación por encontrarse el sitio Ramsar “Huacarpay” en esta parte de la cuenca de Lucre.

- ❖ Bermeo (2010), determinó y caracterizó TFP en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y sus relaciones con las variables bioclimáticas, en un primer parte identifica seis TFPs y uno a priori (TFP7) para 106 especies, los cuales denominaron como adquisitivos (TFP2, TFP3, TFP5), conservativos (TFP1, TFP4) y mixto (TFP6), la presente investigación encontró tres TFPs denominados Conservativa-No resilientes (TFP1), Adquisitiva-Resilientes (TFP2) y Conservativa-Resiliente (TFP3) según su respuesta a la intensidad de uso de suelo en la cuenca de Lucre, que fueron resultado de la medición de 52 unidades muestrales en 44 especies, existe una variación en el número de especies estudiadas por Bermeo (2010) en comparación al presente trabajo, el área de estudio de Bermeo (2010) fue en el corredor biológico volcánica central de Talamanca (Costa Rica) cuya mayor ocupación está en las zonas de vida, Bosque muy húmedo premontano y Bosque muy húmedo montano bajo, razón del porque encontró mayor diversidad, el presente trabajo tuvo espacio principalmente en el Bosque Seco Montano Bajo Sub-Tropical. También midió diversidad funcional a través de 13 índices entre mul ti-rasgo y mono-rasgo y la Media Ponderada de la Comunidad (MPC) ponderados por el número de individuos y área basal, y su relación con altitud, con respecto a ello en el trabajo se midieron 4 índices multirasgo (FAD2, Rao, FDis y FDp) y la MPC, se encontró diferencias significativas de en la asociación de los rasgos funcionales con la gradiente de uso de suelo (prueba de ANOSIM, $p=0.01963$) y de los TFPs con la gradiente de uso de suelos (análisis de independencia χ^2 Pearson, $p<0.0001$). Bermeo (2010) encontró que sus resultados mostraron relación lineal entre estos TFPs, IDF y MPC y variables bioclimáticas, no se encontró las regresiones en el presente trabajo debido a que la variable de uso de suelos fue categórica en comparación de las variables bioclimáticas que fueron numéricas, se aplicó el análisis de correspondencia que mostró la asociación entre los TFPs y la variable de uso de suelo (inercia de 91.74 %).
- ❖ Chávez (2011), estudió la diversidad funcional y capacidad de amortiguamiento de los bosques ribereños de la sub cuenca Gil Gonzales (Turrialba - Costa Rica) determinando cinco tipos de vegetación diferenciados en cuanto a la estructura y distribución de rasgos funcionales; las diferentes especies arbóreas que conforman la vegetación ribereña fueron clasificadas en cuatro tipos funcionales de plantas, el presente trabajo clasificó las especies arbustivas y arbóreas en tres TFPs tomando como variable la respuesta a la intensidad de uso de suelos. Además Chávez (2011) en cuanto a la capacidad de absorción de nutrientes clasifica a las especies como “conservativas” y “adquisitivas”, y por la condición de retención de

sedimentos como “interceptoras” y las “no interceptoras”, haciendo una descripción de los TFPs, el presente trabajo tomo el término utilizado por Cueva-Reyes (2010) para trabajos de diversidad funcional de “resiliencia”, la capacidad de respuesta de una especie frente a situaciones adversas (Walker, Holling, Carperter, & Kinzig, 2004) en la descripción de los TFPs resultado del análisis de conglomerados.

Si se analiza los resultados del mapa 4, casi la mitad de la superficie de la cuenca de Lucre (46.27%) está representada por la unidad de uso de suelo “Seminatural” seguido por la unidad de uso de suelo “Natural” (17.09%) lo que muestra que la cuenca de Lucre es una de las cuencas que está mejor conservada y tiene especies “poco resilientes”, la razón podría ser explicada por la cantidad de habitantes: 1234, INEI (2015) que vive dentro de ella y las actividades económicas en su mayoría son actividad agrícola con carácter de bien de consumo (INEI, 2015) además de la inexistencia de una carretera que conecte Lucre con sus comunidades alejadas, aunque próximamente se tendrá una nueva carretera andino del sur (Kuntur) siendo el presente trabajo una línea base para evaluar cambios en futuro.

Respecto a los rasgos funcionales, se obtuvo un alto coeficiente de variabilidad para el rasgo de área foliar (AF) que fue sustentada porque las especies de *Agave americana* y *Puya ferruginea* mostraron áreas foliares bastante extensas frente a las demás muestras, Bermeo (2010) también observó el mismo resultado en su trabajo de investigación con las especies de *Cecropia angustigolia* y *Carapa guianensis*, lo que nos lleva a decir que el rasgo más variable en un gradiente de algún factor es el AF. El AF se tiene como variable morfológica indicadora de adaptaciones al ambiente y está correlacionada con la tasa fotosintética, contenido de nitrógeno y contenido de fósforo (Díaz, 1997), a su vez que la tasa fotosintética está estrechamente ligada con el crecimiento de las plantas y su capacidad para la fijación de carbono. Es un buen indicador de estrategias de uso de recursos de las plantas y de la tasa relativa de crecimiento (Cornelissen, y otros, 2003). Lo anterior apoya nuestra hipótesis, la variación del AF junto con los otros rasgos continuos (CFN y CFP) indicarían que existe un gradiente de uso de suelo dentro de la cuenca de Lucre por presiones externas (perturbación), además la distribución espacial del contenido de nitrógeno y fósforo foliar explican la variación entre la diversidad y abundancia de las especies, está determinada por factores como iluminación y la disponibilidad del nutriente en el suelo que condicionan esta relación (Castro-Díez, 2000), la deficiencia de nutrientes en el suelo es causada por perturbación antrópica en un ecosistema como es el caso de Lucre, entonces el gradiente de uso de suelo hace que la diversidad y abundancia de las especies varíe en función a esta.

Ahora es ampliamente aceptado que las diferencias entre las plantas en la manera en que adquieren, procesan e invierten los recursos pueden tener efectos importantes sobre la composición de las especies y el funcionamiento de los ecosistemas (Louault, Pillar, Aufrède, Garnier, & Soussana, 2005). Por tanto, agrupar funcionalmente las especies que presentan repuestas similares al ambiente o efectos similares en los procesos ecosistémicos (conocidos como TFP), se ha convertido en una forma de conocer la capacidad de las especies de reflejar la acción de diferentes presiones selectivas. Estos TFPs se espera que desempeñen diferentes roles en términos de materia y procesos de energía en ecosistemas. Por tanto, su identificación y la estimación de su abundancia son altamente relevantes para la evaluación de la función del ecosistema (Díaz & Cabido, 1997).

En este trabajo se identificaron 3 TFPs por análisis de conglomerados que mostraron similitud entre las especies y variaciones significativas entre grupos generalmente asociados según la respuesta a la perturbación, los rasgos que manera consistente explicaron la separación de los grupos fueron: CFN, LE, AD, AF y TF, de los 8 rasgos medidos. Especies con bajos contenidos de nutrientes (CFN, CFP), de hojas pequeñas cuyos estrategias de reproducción (AD, AP, TF, CL) espacialmente son puntuales propio del TFP 1, generalmente están asociadas a tener crecimiento lento, baja tasa de sobrevivencia, con una alta inversión en órganos de almacenamiento y defensa, muy distintivas de grupos con especies conservativas (Bermeo, 2010) son poco resilientes, y otras con características asociadas a crecimiento rápido, alta tasa de sobrevivencia, que muestran un síndrome de uso, retención y liberación de recursos (Bermeo, 2010) propio del TFP 2 mostraron altos contenidos de nutrientes (CFN, CFP), hojas medianas, con estrategias de reproducción que espacialmente alcanzaron lugares distantes son especies resilientes, estas estrategias se han documentado para otras floras en condiciones distintas (Díaz & Cabido 1997, Salgado-Negret 2007, Bermeo 2010, Chávez Huamán 2011). Así, la presencia de la capacidad de resiliencia se deba principalmente a que los rasgos funcionales presentes en las especies que conforman los grupos son considerados como un reflejo de adaptación a la variación en el entorno físico y el intercambio (ecofisiológico y/o evolutivo) entre las diferentes funciones dentro de una planta (Lavorel, McIntyre, Landsberg, & Forbes, 1997). Por tanto, los rasgos funcionales medidos representan la respuesta de las plantas a cambios en el ecosistema por perturbación, producto de sus características funcionales, fisiológicas y genéticas; donde los rasgos que presentes las especies más importantes *Baccharis odorata*, *Barnadesia horrida*, *Ribes brachybotrys*, *Berberis carinata*, *Colletia spinosissima*, junto con todas las especies arbóreas sean probablemente las que determinen la mayor o menor capacidad de resiliencia en la cuenca de Lucre.

La media ponderada de la comunidad (MPC) mostró diferencia significativa principalmente entre los grupos extremos TFP1 y TFP3, lo que también muestra la asociación de la gradiente de uso de suelos a los TFPs, la MPC se expresa como el valor agregado de un rasgo a nivel de la comunidad o suma de los valores de un rasgo de las especies, ponderada por la abundancia relativa u otro parámetro de ponderación (Violle, y otros, 2007). Esta medida representa el valor del rasgo funcional esperado de una muestra al azar de la comunidad, a menudo entendida como el valor del rasgo dominante en una comunidad (Díaz, Lavorel, Chapin III, & Tecco, 2007), los resultados de esta investigación mostraron que los rasgos funcionales AF, AD, AP, TF y CL ponderados por el número de individuos son los rasgos que predominan en las comunidades de los TFPs descritos lo que da una información directa sobre su composición y sobre la distribución de los valores de los rasgos que predominan entre las especies, los valores mayores para la MPC están para los tipos de suelo Agrícola (TFP2) y Seminatural (TFP3) que están compuestos por especies que son “resilientes” y “poco resilientes”, y los valores menores están para el tipo de suelo “Natural” compuesto por especies “no resilientes”. Estas tendencias encontradas para la MPC reflejan el comportamiento de los rasgos sobre la composición de la comunidad de especies vegetales y de los posibles cambios en las propiedades ecosistémicas por alteración externas ya sean naturales o antrópicas. Por lo anterior se llega a la misma conclusión que los investigadores Grime (1998) y Bermeo (2010), esta diversidad de especies encontrada nos lleva a concluir que el funcionamiento de los ecosistemas en un punto dado en el tiempo, es principalmente determinado por los valores de los rasgos de los contribuyentes dominantes a la biomasa vegetal.

Finalmente, los valores estimados para la diversidad funcional tanto para el FAD2, Rao, FDis, FDP muestran diferencias significativas entre los tipos de vegetación, el análisis de separación de medias muestra que la mayor diversidad funcional se encuentra en la unidad de suelo seminatural pero no difiere estadísticamente significativa de la unidad de suelo agrícola pero si de la natural, Chávez-Huamán (2011) encuentra redundancia funcional entre dos TFPs mencionando que la falta de diferenciación de la diversidad funcional entre los tipos de vegetación, si bien es determinado por la riqueza específica muestra también la alta redundancia funcional presente en los tipos de vegetación, es decir elevada presencia de especies funcionalmente similares en la comunidad, por tanto se reduce la diferenciación de nichos y muchas especies cumplen el mismo rol en la comunidad. En la presente investigación creemos que la poca diferenciación entre las unidades de agrícola con el seminatural se deba a que las especies que conforman estas unidades sean redundantes; es decir tendremos especies que tendrán capacidades de resiliencia similares frente a perturbaciones también de tipo similares.

CONCLUSIONES

1. La gradiente de uso de suelo en la cuenca de Lucre está determinada por tres unidades: Agrícola que fue la de menor extensión con un 17.09% (1795.03 Ha), Natural con un 36.64% (3847.51 Ha) y Seminatural que ocupa la mayor parte con un 46.27% de superficie de la cuenca (4858.62 Ha).
2. La flora arbustiva está representada principalmente por las especies más importantes que son *Baccharis odorata* (91.50% de IVI), *Ribes brachybotrys* (56.82% de IVI) y *Barnadesia horrida* (50.80% de IVI) para las unidades de uso de suelo Agrícola, Natural y Seminatural respectivamente; las especies menos importantes son *Ageratina sternbergiana* y *Lycianthes lycioides* (7.91% de IVI) para la unidad de uso de suelo Agrícola, *Baccharis chilco*, *Baccharis caespitosa*, *Baccharis pulchella*, *Ageratina sternbergiana* y *Senecio spinosus* (1.42% de IVI) para la unidad de uso de suelo Natural y *Baccharis odorata* (4.95% de IVI) para la unidad de uso de suelo Seminatural. La flora arbórea incluye el total de especies (*Escallonia myrtilloides*, *Escallonia resinosa*, *Eucalyptus globulus*, *Polylepis incarum* y *Schinus molle*) que forman parte de bosques bien definidos por lo que se tomaron todas en cuenta para las mediciones de rasgos funcionales.
3. Sobre la base de un conjunto de ocho rasgos funcionales se identificaron 3 TFPs, el TFP1 conformado por 6 especies que presenta valores bajos de AF (230.1 cm²), CFN (16.76 mg/g), CFP (1.78 mg/g), AD (Autocoria), AP (Insectos), TF (Capsula o polifolículo) y CL (Aclonal), y valores intermedios de LE (Leguminosa) compartiendo este lugar con el TFP 3 para este rasgo, el TFP2 por 11 especies presenta valores intermedios de AF (690.83 cm²), AD (Endo-zoocoria e Hidrocoria), AP (Mamíferos y Aves) y TF (Drupa o baya), y valores máximos de CFN (25.42 mg/g), CFP (2.19 mg/g), CL (Clonal subterránea), LE (Leguminosa) y el TFP3 compuesto por 15 especies

presenta valores máximos de AF (1275.45 cm²), AD (Anemocoria), AP (Viento) y TF (Samara y Aquenio), y valores intermedios de CFN (20.57 mg/g), CFP (1.87 mg/g), CL (Clonal sobre el suelo) y LE igual que el TFP1.

4. Los rasgos funcionales estudiados (AF, CFN, CFP, AD, AP, TF, CL y LE) mostraron variación en la gradiente de uso de suelo, se demuestra que el uso de suelo influye en los rasgos funcionales, por consiguiente, definen su gradiente. Se encontraron 03 TFPs en la gradiente de uso de suelo para la cuenca de Lucre: el TFP 1 (no resiliente), el TFP 2 (resiliente) y el TFP 3 (poco resiliente), asociados a las unidades de uso de suelo variables según los índices de diversidad funcional utilizados.

RECOMENDACIONES

- ❖ Se requiere continuar con la evaluación de los rasgos seleccionados y ampliar la evaluación a rasgos más específicos y relacionados con la resiliencia como densidad de la madera, fuerza física de las hojas, área foliar específica entre otras. Igualmente, será necesario muestrear ya no solo árboles ni arbustos sino especies herbáceas ya que tienen gran ocupación en la cuenca de Lucre.
- ❖ Se sugiere correlacionar la diversidad funcional con la altitud y los índices espectrales (NDVI) y variables climáticas para más aproximaciones de la respuesta de las plantas frente a los cambios del ecosistema.
- ❖ Realizar estudios paralelos en ecosistemas andinos, de selva y de costa para establecer las diferencias de respuestas de las plantas frente a la perturbación de sus ecosistemas aplicando las técnicas de la ecología funcional. Además de complementarlos con estudios de redundancia ecológica.
- ❖ El mapa de distribución de los TFPs asociados a la gradiente de uso de suelos resulta todavía una primera aproximación, por tanto, se deberá mejorar el modelo a través de la generación de cartografía de mayor detalle por lo menos cada 5 años, ya que la afectación de la cuenca por causa antrópica es cada vez mayor.
- ❖ Las implicaciones prácticas del estudio permitirán determinar los lugares a ser conservados bajo la premisa de ser espacios con especies poco resilientes que podrían desaparecer por mucha presión antrópica e identificar áreas críticas para su restauración. Los procesos de restauración deberán ser especies que cumplan con los criterios estudiados según el TFP que mejor convenga. Además, se sugiere tomar el listado de especies según el TFP para proyectos de reforestación en el lugar de estudio o áreas de condiciones similares, ya que estas especies responderán de manera eficiente a su entorno asegurando la sobrevivencia.
- ❖ Finalmente se sugiere replicar el trabajo en otras cuencas andinas, para estandarizar la respuesta de las especies botánicas frente a los cambios del ecosistema, además de incluir otras taxas en estos estudios.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

- Ácha, D., & Fontúrbel, F. (2003). La diversidad de una Comunidad, ¿Está controlada por Top-Down, Bottom-Up o una combinación de estos? *Revista de Biología .Org*, 13, 1-16.
- ANA. (2011). Delimitación, codificación de las cuencas hidrográficas según los métodos de Pfaftetter y Strahler utilizando Modelos de Elevación Digital y técnicas de Teledetección. *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, 1105-1112.
- Aplin, P. (2004). Remote Sensing: Land Cover. *Progress in Physical Geography* 28(2), 283-293.
- Asquith, N. (2002). La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. En M. Guariguata, & G. Catan, *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. (págs. 377-406). Turrialba: Tecnológica de Costa Rica.
- Bawa, K. (1990). Plant-pollinator interactions in tropical rain forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21, 399-422.
- Bermeo, D. F. (2010). *Determinación y caracterización de tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas*. Turrialba Costa Rica: TESIS M.Sc. CATIE.
- Blondel, J. (2003). Guilds or functional groups: Does it matter? . *Oikos* 100(2), 223-231.
- Bornman, F., & Likens, E. (1979). *Pattern and Process of a Forested System*. Springer-Verlag. New York 253 pp.
- Botta-Dukát, Z. (2005). Rao's quadratic entropy as a measure of functional diversity based on multiple traits. *Journal of Vegetation Science* 16, 533-540.
- Buenas tareas. (11 de Agosto de 2015). *Buenastareas.com*. Obtenido de Buenastareas.com:
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Perturbaci%C3%B3n-Del-Hombre-a-Los-Ecosistemas/105023.html>
- C.G.P.A (Centro Guamán Poma de Ayala). (2005). *Amanecer en el Bajo Huatanay*. Cusco: AUSONIA S.A.
- Calvo, J. (2011). *Informe de trabajo profesional proceso y gestión para la designación del humedal Lucre- Huacarpay como sitio RAMSAR 2004-2007*. Lucre: Ramsar Ed.
- Casanoves, F., Pla, L., Di Rienzo, J., & Díaz, S. (2011). FDiversity: a software package for the integrated analysis of functional diversity. *Methods in Ecology & Evolution* (2), 233-237.

- Cassanoves, F., Pla, L., & Di Rienzo, J. (2011). *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE.
- Cassinelli, G. (2007). *Trees & Bushes of the Sacred Valley*. Lima: Lettera Gráfica S.A.C.
- Cassinelli, G., & Huamán, D. (2011). *Flowers of Machupicchu - Segunda Edición*. Lima: Lettera Gráfica S.A.C.
- Castro-Diez, P. (2000). Leaf structure and anatomy as related to leaf mass per area variation in seedlings of a wide range of woody plant species and types. *Oecologia* 124(4), 476-486.
- Chapin III, F., Zavaleta, E., Eviner, V., Taylor, R., Vitousek, P., Reynold, H., . . . Diaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405, 234-242.
- Chávez Huamán, W. (2011). *Diversidad funcional y capacidad de amortiguamiento de los bosques ribereños de la sub cuenca Gil González, Departamento Rivas, Nicaragua*. Turrialba, Costa Rica: TESIS M.Sc. CATIE.
- Choquehuanca, A. (1999). Análisis morfométrico de la cuenca de hidrográfrica del río Lucre. En C. d. Aplicada, *Espacio y Desarrollo N° 11* (págs. 125-145). Lima: PUCP.
- Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de teledetección espacial. 3ra edición*. Madrid: Ed. RIALP, Madrid.
- Chuvieco, E. (2002). Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio. *Ariel Ciencia*, 586 p.
- Clark, D. (1990). The role of disturbance in the regeneration of neotropical moist forest. En K. Bawa, & M. Hadley, *Reproductive Ecology of Tropical Forest Plants* (págs. 291-312). London: UNESCO.
- Clarke, K. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in comunitie structure. *Aust J Ecol* 18, 117-143.
- Colgaton, R., & Green, K. (1999). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. USA: Lewis Publishers.
- Cornelissen, J., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buschman, N., Gurvich, D., . . . Steege, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 335-380.
- Cueva-Reyes, P. (2010). Importancia de la resiliencia biológica como posible indicador del estado de conservación de los ecosistemas: implicaciones en los planes de manejo y conservación de la biodiversidad. *Biológicas* 12 (1), 1-7.

- Curtis , J., & McIntosh, R. (1950). The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* 31 (3), 434-450.
- DeLeo, G., & Levin, S. (1997). The multifaceted aspects of ecosystem integrity. *Conservation Ecology* 1, Art. 3.
- Delgado, M. (1995). *Evaluación actual del bosque de Escallonia myrtilloides l.f. en la Microcuenca de Lucre-Cusco*. Cusco: SEMINARIO DE INVESTIGACION FC/EP. BIOLOGIA UNSAAC.
- Di Renzo, J., Cassanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada , M., & Roberto, C. (2008). *InfoStat version 2012*. Grupo InfoStat FCA Universidad Nacional de Córdoba - Argentina: Burbujas.
- Díaz, S. (1997). Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. *Journal of Vegetation Science* 8(4), 463-474.
- Díaz, S. (2004). The plant traits that drive ecosystems: Evidence from three continents. *Journal of Vegetation Science* 15, 295-304.
- Díaz, S., & Cabido, M. (1997). Plant functional types and ecosystem function in relation to global change: a multiscale approach. *Journal of Vegetation Science* 8, 463-474.
- Díaz, S., & Cabido, M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *TRENDS in Ecology & Evolution*, 647-655.
- Díaz, S., Cabido, M., & Cassanoves, F. (1999). Functional implications of traits-environment linkages in plant. En E. Weiher, & P. Keddy, *Ecological Assembly Rules. Perspectives, Advances, Retreats* (págs. 338-362). Cambridge.
- Díaz, S., Fargione, J., Chapin III, F., & Tillman, D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS Biology* 4, 277.
- Díaz, S., Lavorel, S., Chapin III, F., & Tecco, P. (2007). Functional diversity – at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. *Terrestrial ecosystems in a changing world*, 81-91.
- Díaz, S., Tilman, D., Fargione , J., Chapin III, F., Dirzo, R., Kitzberger, T., . . . Harvell, D. (2005). Biodiversity regulation of ecosystem services. En R. Hassan, R. Scholes, & N. Ash, *Ecosystems and human well-being: Current state and trends* (págs. 297-329). Washington DC: Island Press.
- Doak, D., Bigger, D., Harding , E., Marvier , M., O'Malley, R., & Thomson, D. (1998). The statistical inevitability of stability-diversity relationships in community ecology. *The American Naturalist* 151, 264-276.
- Duarte, M. (2007). Methods in comparative Functional Ecology. En F. Punganire, & F. Valladares, *Functional Plant Ecology* (págs. 92-102). Florida: C.R.Press USA.

- Dukatz, F. (2008). *Nuestros ojos en el cielo: Los satélites de aplicación científica*. Recuperado el 14 de mayo de 2015, de Ecosistemas: http://www.exa.unicen.edu.ar/ecosistemas/publicaciones/Libros/espejos/Capitulo_9.pdf.
- Elmore, D., Mustard, J., Manning, S., & Lobell, D. (2000). Quantifying Vegetation Change in Semiarid Environments: Precision and Accuracy of Spectral Mixture Analysis and the Normalized Difference Vegetation Index. *Remote Sensing of Environment*, 73 (1): 87-102.
- Farina, A. (2000). The Cultural Landscape as a Model for the Integration of Ecology and Economics. *BioScience*, 313-320.
- Flynn, D., Gogol-Prokurat, M., Nogeire, T., Molinari, N., Trautman Richers, B., Lin, B., . . . DeClerk, F. (2009). Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology letters* 12, 22-33.
- Forman, R. (1987). The ethics of isolation, the spread of disturbance, and landscape ecology. *Turner MG ed. Landscape heterogeneity and disturbance*, New York, 213-229.
- Fortúnel, F. (2004). Conservación de ecosistemas: un nuevo paradigma en la conservación de la biodiversidad . *Ciencia abierta internacional*, 23, 18.
- Galiano, W., Nuñez, P., & Alvarez, E. (2003). Huacarpay, relicto de bosque seco de valle interandino: Inventario florístico de un ecosistema en peligro. *Cantua* (12), 27-33.
- Garnier, E., Cortez, J., Billes, G., Navas, M., Roumet, C., Debussche, M., . . . Toussaint, J. (2004). Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. *Ecology* 85, 2630-2637.
- Gentry, A. (1996). *A field guide to the families and genera of Woody Plants of Northwest south America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary Notes on Herbaceous Taxa*. United State of America: University of Chicago Press Ed.
- Gilabert, M. A., Gozales, P. J., & Garcia, H. J. (1997). Acerca de los índices de vegetación. *Revista de Teledetección* 8, 35-46.
- Gitay, H., & Noble, I. (1997). What are functional types and how should we seek them. En T. Smith, H. Shugar, & F. Woodward, *Plant Functional Types. Their relevance to ecosystem properties and global change* (págs. 3-19). Cambridge UK: Cambridge University Press.
- Grime, J. (1998). Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate filter and founder effects. *Journay Ecology* 86, 902-910.
- Health Organization Word. (2005). *Ecosystems and Human Well-Being*. Washintong: DC.

- Hodgson, J., Wilson, P., Hunt, R., Grime, J., & Thompson, K. (1999). Allocating C-S.R plant functional types: a soft approach to a hard problem. *Oikos* 85, 282-294.
- Hooper, D., Chapin III, F., Ewel, J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., . . . Wardle, D. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* 75, 3-35.
- Hund, R., Stephen, P., Nemani, R., Keeling, R., Otto, R., & Running, S. (1996). Global net carbon Exchange and intra annual atmospheric CO₂ concentrations predicted by an ecosystem process model and three dimensional atmospheric transport model. *Global, Biogeochemical Cycles* 10 (2), 451-456.
- INDECI, & PNUD. (2011). *Mapa de peligros y medidas de prevención ante desastres Ciudad Lucre-Huacarpay*. Cusco: Sistema Nacional de Defensa Civil Peru.
- INEI. (21 de mayo de 2015). *Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censos Nacionales 2007*. Obtenido de <http://www.inei.gob.pe>
- INRENA. (2003). *Delimitación y codificación de las cuencas hidrográficas del Perú*. Lima: AREA SIG/DIRHI-IRH/INRENA.
- Jackson, T., Chen, D., Cosh, M., Li, F., Anderson, M., Walthall, C., . . . Hunt, E. (2004). 2004. *Remote Sensing of Environment* 92 (4), 475-482.
- Jones, C., Lawton, J., & Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69, 373-386.
- Judd, W., Campbell, C., Kellogg, E., & Stevens, P. (1999). *Plant Systematics a phylogenetic approach - Sinauer Associates*. USA: Inc. Sunderland, Massachusetts.
- Keddy, P. A. (1992). A pragmatic approach to functional ecology. *Ecology Vol. 6*, 621 - 626.
- Klimeš, L., & Klimešová, J. (2000). Plant rarity and the type of clonal growth. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz*, 43-52.
- Laliberté, E., & Legendre, P. (2009). A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology (in press)*.
- Lambin, E., Turner, B., Geist, H., Abbola, S., Angelsen, A., Bruce, J., . . . Ibernón, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 261-269.
- Lavorel, S., & Garnier, E. (2002). *Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail*. Paris: Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive.
- Lavorel, S., McIntyre, S., Landsberg, J., & Forbes, T. (1997). Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends in Ecology & Evolution* 12, 474-478.

- Lavorel, S., Touzard, B., Lebreton, J., & Clément, D. (1998). Identifying functional groups for response to disturbance in an abandoned pasture. *Acta Oecológica* 19(3), 227-240.
- Lindeijer, E. (2000). Review of land use impact methodologies. *Journal of Cleaner Production*, 273-281.
- Louault, F., Pillar, V., Aufrède, J., Garnier, E., & Soussana, J. (2005). Plant traits and functional types in response to reduced disturbance in a semi-natural grassland. *Journal of Vegetation Science* 16, 151-160.
- Mamami Castro, Y. (2009). *Diversidad fanerogámica del humedad de Huacarpya - Lucre*. Cusco: UNSAAC.
- Martinez, N. (1996). Defining and measuring functional aspects of biodiversity. En *Biodiversity, A biology of numbers of difference* (págs. 114-148). Oxford: Blackwell Science.
- Martin-López, B., Gónzales, J., Díaz, S., Castro, M., & García-Llorente. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas* 16 (3), 69-80.
- Matteuci, S., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos .
- Mc Gill, B. (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in ecology & evolution* 21 (4), 178 - 185.
- McIntyre, S., Lavorel, S., & Tremont, M. (1995). Plant life-history attributes: their relationship to disturbance response in herbaceous vegetation. *Journal of Ecology* 83, 31-44.
- Ministerio del Ambiente. (2011). *Guía de la evaluación de la fauna silvestre*. Lima: MINAM.
- Molina, E. (2014). *Geografía del Cusco*. Cusco: Aquarela Impresiones Gráficas E.I.R.L.
- Molleapaza, E. (2005). Ecología del Valle del Cusco. En SOPRONAC, *Historia Natural del Valle del Cusco* (págs. 147-152). Cusco.
- Mostacero, J., Mejía, F., & Gamarra, O. (2009). *Fanerógamas del Perú*. Trujillo: CONCYTEC.
- Municipalidad Provincial de Lucre. (2012). *Plan Concertado de Desarrollo - PDC*. Lucre: MPL.
- Murcia, C. (2002). Ecología de la polinización. En M. Guariguata, & G. Catan, *Ecología y conservación de nosques neotropicales* (págs. 493-530). Turrialba: Tecnológica de Costa Rica.

- Naeem, S. (1998). Species Redundancy and Ecosystem Reliability. *Conservation Biology* Vol. 12 N° 1, 39-45.
- Naeem, S., & Li, S. (1997). Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature* 390, 507-509. .
- Noss, R. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4, 355-364.
- Olarte, & Dollfus, O. (1981). *El reto del espacio andino*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.
- Paine, R. (1969). A note on trophic complexity and community stability. *American Naturalist* 103, 91-93.
- Paruelo, J. (2008). La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. *Ecosistemas* 17 (3), 4-22.
- Per IMA. (2011). Cobertura vegetal y uso actual del suelo de la sub cuenca del rio Huatanay – Cusco. En P. E.-I. Ambiente. Cusco: Per-IMA.
- Per-IMA. (2012a). *Ampliación y Mejoramiento del Sistema de protección y Gestión de riesgos contra Inundaciones en 38 km del Cauce del Río Huatanay*. Cusco: Proyecto de Inversión pública Huatanay.
- Per-IMA. (2012b). *Tratamiento de Microcuencas Inestables de la Cuenca del Río Huatanay*. Cusco: Proyecto de Inversión Pública 2012.
- Petchey, O., & Gaston, K. (2002a). Extinction and the loss of functional diversity. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B* 269, 1721-1727.
- Petchey, O., & Gaston, K. (2002b). Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters* 5, 402-411.
- Petchey, O., & Gaston, K. (2006). Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters* 9, 741-758.
- Peterson, G., Allen, C., & Holling, C. (1998). Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems* 1, 6-18.
- Pfafsstetter, O. (1989). *Classificação de Bacias Hidrográficas – Metodologia de Codificação*. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras Sanitarias.
- Pickett, S. (2012). *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Orlando: Academic Press.
- Pickett, S., & White, P. (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. New York: Academic Press.
- Podani, J., & Schmera, D. (2006). On dendrogram-based measures of functional diversity. *Oikos* 115, 179-185.

- Pretty, J., & Smith, D. (2004). Social capital in biodiversity conservation and management. *Conservation Biology* 18, 631-638.
- Pulgar Vidal, J. (2014). Las ocho regiones naturales del Perú. *Terra Brasilis (Nova Série) [Online]* 3, <http://terrabrasilis.revues.org/1027>.
- Pumachapi, A. (2010). *Zonificación Ecológica Económica de Distrito de Lucre*. Cusco: Seminario de Investigación FC/EP. Biología UNSAAC.
- Rao, C. (1982). Diversity and dissimilarity coefficients: A unified approach. *Theoretical Population Biology* 21, 24-43.
- Reynel, C. (1988). *Plantas para Leña en el Sur-occidente de Puno*. Puno: Proyecto Arbolandino.
- Salgado-Negret, B. (2007). *Tipos funcionales de especies arbóreas en un bosque muy húmedo tropical: definición, correlación filogenética y relación a la rareza local*. Costa Rica: Tesis M.Sc. CATIE.
- Schloss, A., Kadur, J., Kadur, J., & Wittenberg, U. (1999). Comparing global models of terrestrial net primary productivity (NPP): comparison of NPP to climate and the Normalized difference Vegetation Index (NDVI). *Global Change Biology* 5 (Suppl. 1), 25-34.
- Schowengerdt, R. (1997). Remote Sensing. En *Models and Methods for Images Processing*. 2da edición (pág. p.515). USA: Ed. El Sevier.
- Sheil, D., & Burslem, D. (2003). Disturbing hypotheses in tropical forest. *Trends in Ecology and Evolution* 18 (1), 18-26.
- Suzuki, R., Yatagai, A., & Yasunari, T. (1998). Satellite derived vegetation index and evapotranspiration estimated by using assimilated atmospheric data over Asia. *Journal of the Meteorological Society of Japan* 76 (4), 663-671.
- Tillman, D. (2001). Functional Diversity. En Levin, *Encyclopedia of Biodiversity* (págs. 109-120). San Diego CA: Academic Press.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN. (2008). *Sensibilidad de las Especies a los Impactos Del Cambio Climático*. Comisión de supervivencia de especies CSE.
- USGS. (20 de mayo de 2015). *USGS Global Visualization Viewer*. Obtenido de <http://glovis.usgs.gov/>
- Venero, J. (2015). *Guía de Macrofauna y Etnornitología en Lucre - Huacarpay*. Cusco: Moderna.
- Venero, J., Tupayachi, A., & Loayza, W. (2012). *Guía de aves y flora - Laguna Orurillo*. Cusco: Alpha Servicios Graficos S.R.L.
- Violle, C., Navas, M., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., & Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional. *Oikos* 116, 882-892.

- Walker, B. (1992). Biodiversity and ecology redundancy. *Conservation Biology* 6, 18-23.
- Walker, B., Holling, C., Carpenter, S., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society* 9, 5.
- Walker, B., Kinzig, A., & Langridge, J. (1999). Plant Attribute Diversity, Resilience, and Ecosystem Function: The Nature and Significance of Dominant and Minor Species. *Ecosystems* 2(2), 95-113.
- Washiniti, I. (2001). Plant conservation ecology for management and restoration of riparian habitats of lowland Japan. *Popul Ecol* 43, 189-195.
- Weidema, B., & Lindeijer, E. (2001). Physical impacts of land use in product life cycle assessment. *Final report of the EURENVIRON-LCAGAPS sub-project on land use. Department of Manufacturing Engineering and Management, Technical University of Denmark.*, 22-62.
- Westoby, M., Falster, D., Moles, A., Vesk, P., & Wright, I. (2002). Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annals Review Ecological of Systematics* 33, 125-159.
- White, P., & Pickett, S. (1985). Natural disturbance and Patch dynamics: An introduction. In Pickett STA, PS White eds. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*, 3-13.

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico

Tesis: Diversidad funcional a través de una gradiente de uso de suelo en la cuenca de Lucre – Provincia de Quispicanchi ESPECIES ARBOREAS Y ARBUSTIVAS

Alvaro Christiam Silva Espejo (*) - Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Cusco
(*) acse05@gmail.com



1. *Acalypha aronioides* Pax & K. Hoffm.



2. *Agave americana* L.



3. *Ageratina cuzcoensis* (Hieron.) R.M. King & H. Rob.



4. *Ageratina pentlandiana* (DC.) R.M. King & H. Rob.



5. *Alnus acuminata* Kunth



6. *Astragalus garbancillo* Cav.



7. *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers.



8. *Baccharis odorata* Kunth



9. *Barnadesia horrida* Muschl.

**Tesis: Diversidad funcional a través de una gradiente de uso de suelo en
la cuenca de Lucre – Provincia de Quispicanchi
ESPECIES ARBOREAS Y ARBUSTIVAS**

Alvaro Christiam Silva Espejo (*) - Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Cusco
(*) acse05@gmail.com



10. *Berberis carinata* Lechl.



11. *Buddleja coriacea* J. Rémy (encana)



12. *Colletia spinosissima* J.F. Gmel.



13. *Duranta armata* Moldenke



14. *Escallonia myrtilloides* L. f.



15. *Escallonia resinosa* (Ruiz & Pav.) Pers.



16. *Eucalyptus globulus* Labill.



17. *Flourensia polycephala* M.O. Dillon



18. *Gynoxys longifolia* Wedd.

Tesis: Diversidad funcional a través de una gradiente de uso de suelo en la cuenca de Lucre – Provincia de Quispicanchi
ESPECIES ARBOREAS Y ARBUSTIVAS

Alvaro Christiam Silva Espejo (*) - Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Cusco
(* acse05@gmail.com)



19. *Kageneckia lanceolata* Ruiz & Pav.



20. *Lycianthes lycioides* (L.) Hassl.



21. *Mutisia acuminata* Ruiz & Pav.



22. *Polylepis incarum* (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.



23. *Puya ferruginea* (Ruiz & Pav.) L.B. Sm.



24. *Ribes brachybotrys* (Wedd.) Jancz.



25. *Rosa canina* L.



26. *Satureja boliviana* (Benth.) Briq.



27. *Schinus molle* L.

Tesis: Diversidad funcional a través de una gradiente de uso de suelo en la cuenca de Lucre – Provincia de Quispicanchi
ESPECIES ARBOREAS Y ARBUSTIVAS

Alvaro Christiam Silva Espejo (*) - Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Cusco
 (*) acse05@gmail.com



28. *Senecio adenophyllus* Meyen & Walp.



29. *Senecio rudbeckiaefolius* Meyen & Walp.



30. *Senecio spinosus* DC.



31. *Tecoma sambucifolia* Kunth



32. *Viguiera procumbens* (Pers.) S.F. Blake



33. *Senna birostris* (Dombey ex Vogel) H.S. Irwin & Barneby

Anexo 2. Imágenes satelitales utilizadas



Imagen Landsat 8 OLI, R=3,G=2,B=1



Imagen Bing Maps de Lucre (Cellsize X,Y = 0.29)

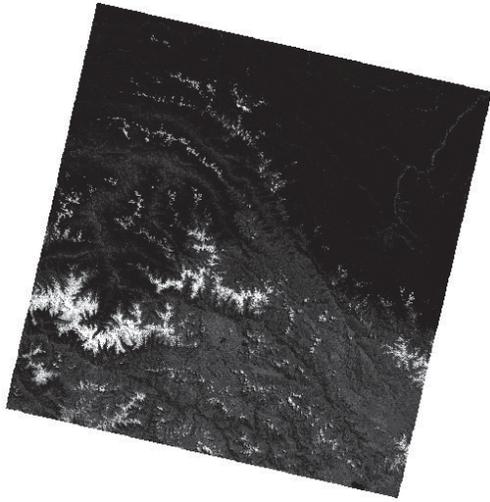


Imagen Landsat 8 OLI, banda 4 (rojo cercano)

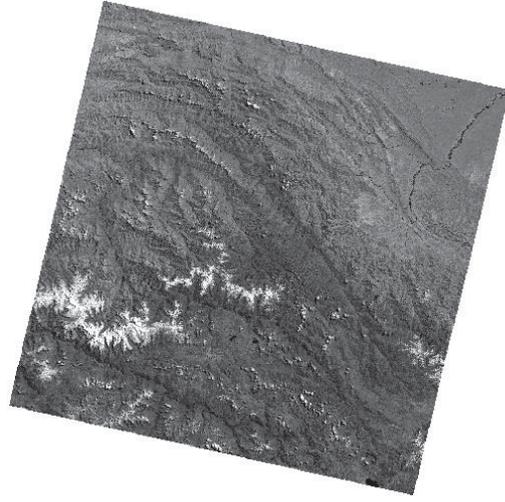


Imagen Landsat 8 OLI, banda 5 (infrarrojo cercano)

Anexo 3. Fotografías de las unidades de cobertura vegetal – Cuenca Lucre



Bosque de molle



Bosque de chachacomo



Bosque de queuña



Bosque de tasta



Bosque de aliso



Bosque de eucalipto (*Plantación*)



Matorral inerte



Matorral subinerte



Matorral asociado con cultivos en secano



Naciente del Rio Lucre, parte alta de la cuenca



Laguna de Huacarpay, parte baja de la cuenca

Anexo 4. Ubicación de las parcelas de muestreo

| Codigo | Parcela | Coordenadas UTM WGS 1984 (Gabinete) | | | Coordenadas UTM WGS 1984 (Campo) | | | UNIDAD DE COBERTURA VEGETAL | USO DE SUELO | Fecha de muestreo | |
|--------|---------------|-------------------------------------|--------|---------|----------------------------------|--------|---------|-----------------------------|---|-------------------|------------|
| | | Zona | X | Y | Zona | X | Y | | | | Z |
| P1 | Parcela 01 | 19 L | 205538 | 8494079 | 19 L | 205530 | 8493981 | 3243 | Bosque de estrato bajo de molle asociado con cultivo en secoano | Agricola | 18/03/2014 |
| P2 | Parcela 02 | 19 L | 206060 | 8493913 | 19 L | 205417 | 8493257 | 3119 | Bosque de estrato bajo de molle asociado con cultivo en secoano | Agricola | 18/03/2014 |
| P3 | Parcela 03 | 19 L | 199964 | 8488433 | 19 L | 199963 | 8488433 | 3399 | Bosque de estrato bajo denso de chachacomo | Natural | 09/02/2014 |
| P4 | Parcela 04 | 19 L | 200238 | 8488005 | 19 L | 197472 | 8488552 | 3729 | Bosque de estrato bajo denso de chachacomo | Natural | 08/02/2014 |
| P5 | Parcela 05 | 19 L | 205989 | 8492591 | 19 L | 206085 | 8492575 | 3113 | Bosque de estrato bajo denso de molle | Natural | 05/03/2014 |
| P6 | Parcela 06 | 19 L | 206418 | 8492624 | 19 L | 206027 | 8492421 | 3123 | Bosque de estrato bajo denso de molle | Natural | 06/03/2014 |
| P7 | Parcela 07 | 19 L | 195787 | 8489027 | 19 L | 195551 | 8488732 | 3894 | Matorral inerme asociado con cultivo en secoano | Agricola | 17/11/2013 |
| P8 | Parcela 08 | 19 L | 201010 | 8485328 | 19 L | 201010 | 8485328 | 3981 | Bosque de estrato bajo denso de queuña | Natural | 16/02/2014 |
| P9 | Parcela 09 | 19 L | 197053 | 8489207 | 19 L | 197052 | 8489207 | 3654 | Bosque de estrato bajo denso de tasta | Natural | 10/02/2014 |
| P10 | Parcela 10 | 19 L | 200402 | 8488597 | 19 L | 197353 | 8489126 | 3650 | Bosque de estrato bajo ralo de chachacomo | Natural | 13/02/2014 |
| P11 | Parcela 11 | 19 L | 199240 | 8488481 | 19 L | 197272 | 8488707 | 3752 | Bosque de estrato bajo ralo de chachacomo | Natural | 13/02/2014 |
| P12 | Parcela 12 | 19 L | 196550 | 8488979 | 19 L | 197081 | 8489247 | 3659 | Bosque de estrato bajo ralo de tasta | Natural | 15/02/2014 |
| P13 | Parcela 13 | 19 L | 194743 | 8489380 | 19 L | 194671 | 8489418 | 4020 | Bosque de estrato bajo denso de queuña | Natural | 16/11/2013 |
| SP13 | Subparcela 13 | 19 L | 194743 | 8489380 | 19 L | 194671 | 8489418 | 4020 | Bosque de estrato bajo denso de queuña | Natural | 16/11/2013 |
| P14 | Parcela 14 | 19 L | 199290 | 8486608 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | Bosque de estrato bajo denso de tasta | Natural | 17/11/2013 |
| SP14 | Subparcela 14 | 19 L | 199290 | 8486608 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | Bosque de estrato bajo denso de tasta | Natural | 17/11/2013 |
| P15 | Parcela 15 | 19 L | 200639 | 8488669 | 19 L | 200638 | 8488668 | 3324 | Bosque de estrato medio denso de aliso | Natural | 01/03/2014 |
| P16 | Parcela 16 | 19 L | 196270 | 8488272 | 19 L | 196279 | 8488288 | 3875 | Bosque de estrato bajo ralo de tasta | Natural | 10/11/2013 |
| SP16 | Subparcela 16 | 19 L | 196270 | 8488272 | 19 L | 196279 | 8488288 | 3875 | Bosque de estrato bajo ralo de tasta | Natural | 10/11/2013 |
| P17 | Parcela 17 | 19 L | 198207 | 8488545 | 19 L | 197409 | 8489408 | 3739 | Bosque de estrato medio denso de eucalipto | Seminatural | 12/02/2014 |
| P18 | Parcela 18 | 19 L | 206229 | 8491096 | 19 L | 206252 | 8491121 | 3152 | Matorral denso inerme | Natural | 13/05/2014 |
| P19 | Parcela 19 | 19 L | 207258 | 8493499 | 19 L | 207258 | 8493499 | 3427 | Matorral denso inerme | Natural | 04/06/2014 |
| P20 | Parcela 20 | 19 L | 205670 | 8493424 | 19 L | 205671 | 8493478 | 3208 | Matorral denso inerme | Seminatural | 02/06/2014 |
| P21 | Parcela 21 | 19 L | 206365 | 8491854 | 19 L | 206433 | 8491332 | 3193 | Matorral denso subinerme | Natural | 13/05/2014 |
| P22 | Parcela 22 | 19 L | 203241 | 8492453 | 19 L | 203241 | 8492452 | 3112 | Matorral denso subinerme | Natural | 04/06/2014 |
| P23 | Parcela 23 | 19 L | 205228 | 8492146 | 19 L | 205217 | 8492129 | 3105 | Matorral denso subinerme | Seminatural | 13/05/2014 |
| P24 | Parcela 24 | 19 L | 203219 | 8489564 | 19 L | 203366 | 8489769 | 3224 | Matorral inerme asociado con cultivo en secoano | Agricola | 11/04/2014 |
| P25 | Parcela 25 | 19 L | 202655 | 8490785 | 19 L | 202655 | 8490785 | 3254 | Matorral ralo inerme | Natural | 06/04/2014 |
| P26 | Parcela 26 | 19 L | 205719 | 8492992 | 19 L | 205730 | 8492975 | 3134 | Bosque de estrato medio ralo de eucalipto | Seminatural | 17/12/2013 |
| SP26 | Subparcela 26 | 19 L | 205719 | 8492992 | 19 L | 205730 | 8492975 | 3134 | Bosque de estrato medio ralo de eucalipto | Seminatural | 17/12/2013 |
| P27 | Parcela 27 | 19 L | 202889 | 8490170 | 19 L | 202888 | 8490160 | 3202 | Matorral ralo inerme | Natural | 12/04/2014 |
| P28 | Parcela 28 | 19 L | 206132 | 8492749 | 19 L | 206062 | 8492786 | 3160 | Bosque de estrato medio ralo de eucalipto | Seminatural | 08/01/2014 |
| SP28 | Subparcela 28 | 19 L | 206132 | 8492749 | 19 L | 206062 | 8492786 | 3160 | Bosque de estrato medio ralo de eucalipto | Seminatural | 08/01/2014 |
| P29 | Parcela 29 | 19 L | 205273 | 8494056 | 19 L | 205272 | 8494056 | 3230 | Matorral ralo subinerme | Natural | 24/05/2014 |
| P30 | Parcela 30 | 19 L | 205551 | 8493165 | 19 L | 205460 | 8493215 | 3128 | Matorral ralo subinerme | Natural | 04/04/2014 |
| P31 | Parcela 31 | 19 L | 203576 | 8490944 | 19 L | 203575 | 8490943 | 3146 | Bosque de estrato medio denso de eucalipto | Seminatural | 12/03/2014 |

Anexo 5. Modelo de fichas de campo – evaluación de parcelas arbóreas

| UV: BOSQUE DE ESTRATO BAJO DENSO DE MOLLE | | | |
|--|-------------------------|---|-----------------|
| PARCELA N° 05 | | ARBOLES : (50m)(20m) = 1000m² | |
| Coordenadas UTM: 206085, 8492575 | | Altitud: 3113 m | |
| N° | ESPECIE | CAP (cm) | DAP (cm) |
| 01 | <i>Schinus molle L.</i> | 22 | 7.0 |
| 02 | <i>Schinus molle L.</i> | 18 | 5.8 |
| 03 | <i>Schinus molle L.</i> | 117 | 37.2 |
| 04 | <i>Schinus molle L.</i> | 20 | 6.4 |
| 05 | <i>Schinus molle L.</i> | 16 | 5.2 |
| 06 | <i>Schinus molle L.</i> | 16 | 5.0 |
| 07 | <i>Schinus molle L.</i> | 18 | 5.6 |
| 08 | <i>Schinus molle L.</i> | 20 | 6.3 |
| 09 | <i>Schinus molle L.</i> | 16 | 5.0 |
| 10 | <i>Schinus molle L.</i> | 17 | 5.5 |
| 11 | <i>Schinus molle L.</i> | 101 | 32.1 |
| 12 | <i>Schinus molle L.</i> | 26 | 8.2 |
| 13 | <i>Schinus molle L.</i> | 19 | 6.0 |
| 14 | <i>Schinus molle L.</i> | 38 | 12.2 |
| 15 | <i>Schinus molle L.</i> | 23 | 7.4 |
| 16 | <i>Schinus molle L.</i> | 67 | 21.2 |
| 17 | <i>Schinus molle L.</i> | 30 | 9.4 |
| 18 | <i>Schinus molle L.</i> | 41 | 13.1 |
| 19 | <i>Schinus molle L.</i> | 23 | 7.2 |
| 20 | <i>Schinus molle L.</i> | 50 | 15.9 |
| 21 | <i>Schinus molle L.</i> | 18 | 5.6 |
| 22 | <i>Schinus molle L.</i> | 17 | 5.4 |
| 23 | <i>Schinus molle L.</i> | 16 | 5.1 |
| 24 | <i>Schinus molle L.</i> | 21 | 6.8 |
| 25 | <i>Schinus molle L.</i> | 44 | 13.9 |
| 26 | <i>Schinus molle L.</i> | 46 | 14.8 |
| 27 | <i>Schinus molle L.</i> | 18 | 5.8 |
| 28 | <i>Schinus molle L.</i> | 19 | 6.2 |
| 29 | <i>Schinus molle L.</i> | 24 | 7.7 |
| 30 | <i>Schinus molle L.</i> | 16 | 5.0 |
| 31 | <i>Schinus molle L.</i> | 24 | 7.6 |
| 32 | <i>Schinus molle L.</i> | 19 | 6.0 |
| 33 | <i>Schinus molle L.</i> | 23 | 7.2 |
| 34 | <i>Schinus molle L.</i> | 17 | 5.3 |
| 35 | <i>Schinus molle L.</i> | 22 | 7.1 |
| 36 | <i>Schinus molle L.</i> | 20 | 6.3 |
| 37 | <i>Schinus molle L.</i> | 22 | 6.9 |
| 38 | <i>Schinus molle L.</i> | 18 | 5.7 |
| 39 | <i>Schinus molle L.</i> | 28 | 9.0 |
| 40 | <i>Schinus molle L.</i> | 21 | 6.8 |
| 41 | <i>Schinus molle L.</i> | 16 | 5.2 |
| 42 | <i>Schinus molle L.</i> | 24 | 7.5 |

* Para acceder a toda la base de datos, puede hacerlo descargándolo del siguiente link:

https://drive.google.com/drive/folders/1LD1hUMuobhkhlu62j6pFv3xh3TqcOG_s?usp=sharing

Anexo 6. Modelo de fichas de campo – evaluación de parcelas arbustivas

| UV: MATORRAL INERME ASOCIADO CON CULTIVO EN SECANO | | | | |
|--|---|--|---------|---------|
| PARCELA N° 07 | | ARBUSTOS: (10m)(10m) = 100m ² | | |
| Coordenadas UTM: 195551, 8488732 | | Altitud: 3894 m | | |
| N° | ESPECIE | Ø COPA (cm) | Ø Mayor | Ø Menor |
| 01 | <i>Lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl. | 19.00 | 20 | 18 |
| 02 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 104.00 | 106 | 102 |
| 03 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 32.00 | 34 | 30 |
| 04 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 14.00 | 16 | 12 |
| 05 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 8.00 | 9 | 7 |
| 06 | <i>Duranta armata</i> Moldenke | 166.00 | 170 | 162 |
| 07 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 184.00 | 190 | 178 |
| 08 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 52.00 | 60 | 44 |
| 09 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 177.00 | 184 | 170 |
| 10 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 62.00 | 75 | 49 |
| 11 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 102.00 | 113 | 91 |
| 12 | <i>Satureja boliviana</i> (Benth.) Briq. | 79.00 | 81 | 77 |
| 13 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 28.00 | 30 | 26 |
| 14 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 42.00 | 47 | 37 |
| 15 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 58.00 | 62 | 54 |
| 16 | <i>Citharexylum argutedentatum</i> Moldenke | 55.00 | 58 | 52 |
| 17 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 72.00 | 71 | 73 |
| 18 | <i>Duranta armata</i> Moldenke | 59.00 | 61 | 57 |
| 19 | <i>Duranta armata</i> Moldenke | 224.00 | 230 | 218 |
| 20 | <i>Duranta armata</i> Moldenke | 154.00 | 168 | 140 |
| 21 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 133.00 | 150 | 116 |
| 22 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 52.00 | 68 | 36 |
| 23 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 22.00 | 30 | 14 |
| 24 | <i>Satureja boliviana</i> (Benth.) Briq. | 12.00 | 15 | 9 |
| 25 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 68.00 | 72 | 64 |
| 26 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 72.00 | 78 | 66 |
| 27 | <i>Satureja boliviana</i> (Benth.) Briq. | 7.00 | 11 | 3 |
| 28 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 67.00 | 68 | 66 |
| 29 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 80.00 | 89 | 71 |
| 30 | <i>Satureja boliviana</i> (Benth.) Briq. | 29.00 | 33 | 25 |
| 31 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 27.00 | 34 | 20 |
| 32 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 56.00 | 62 | 50 |
| 33 | <i>Satureja boliviana</i> (Benth.) Briq. | 6.00 | 8 | 4 |
| 34 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 38.00 | 42 | 34 |
| 35 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 82.00 | 84 | 80 |
| 36 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 90.00 | 92 | 88 |
| 37 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 53.00 | 56 | 50 |
| 38 | <i>Astragalus garbancillo</i> Cav. | 46.00 | 49 | 43 |
| 39 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 172.00 | 180 | 164 |
| 40 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 26.00 | 29 | 23 |
| 41 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 30.00 | 34 | 26 |
| 42 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 157.00 | 169 | 145 |
| 43 | <i>Ambrosia arborescens</i> Mill. | 127.00 | 132 | 122 |

* Para acceder a toda la base de datos, puede hacerlo descargándolo del siguiente link:

https://drive.google.com/drive/folders/1LD1hUMuobhkhlu62j6pFv3xh3TqcOG_s?usp=sharing

Anexo 7. Resumen del IVI para arbustos en la unidad de uso de suelo Agrícola

| N | Especie | Fa | Fr | Aa | Ar | Ga | Gr | IVI |
|--------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob. | 0.0278 | 6.67% | 0.0200 | 2.47% | 0.0005 | 0.05% | 9.18% |
| 2 | <i>Ageratina sternbergiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob. | 0.0278 | 6.67% | 0.0100 | 1.23% | 0.0001 | 0.01% | 7.91% |
| 3 | <i>Ambrosia arborescens</i> Mill. | 0.0278 | 6.67% | 0.0100 | 1.23% | 0.0026 | 0.26% | 8.16% |
| 4 | <i>Astragalus garbancillo</i> Cav. | 0.0278 | 6.67% | 0.0200 | 2.47% | 0.0019 | 0.19% | 9.33% |
| 5 | <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | 0.0278 | 6.67% | 0.0300 | 3.70% | 0.0229 | 2.29% | 12.66% |
| 6 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 0.0278 | 6.67% | 0.2300 | 28.40% | 0.5644 | 56.44% | 91.50% |
| 7 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 0.0278 | 6.67% | 0.1100 | 13.58% | 0.0873 | 8.73% | 28.97% |
| 8 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 0.0278 | 6.67% | 0.0600 | 7.41% | 0.0365 | 3.65% | 17.72% |
| 9 | <i>Citharexylum argutedentatum</i> Moldenke | 0.0278 | 6.67% | 0.0100 | 1.23% | 0.0005 | 0.05% | 7.95% |
| 10 | <i>Duranta armata</i> Moldenke | 0.0278 | 6.67% | 0.0400 | 4.94% | 0.0587 | 5.87% | 17.48% |
| 11 | <i>Kageneckia lanceolata</i> Ruiz & Pav. | 0.0278 | 6.67% | 0.0700 | 8.64% | 0.0352 | 3.52% | 18.83% |
| 12 | <i>Lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl. | 0.0278 | 6.67% | 0.0100 | 1.23% | 0.0001 | 0.01% | 7.91% |
| 13 | <i>Puya ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) L.B. Sm. | 0.0278 | 6.67% | 0.0700 | 8.64% | 0.1564 | 15.64% | 30.95% |
| 14 | <i>Satureja boliviana</i> (Benth.) Briq. | 0.0278 | 6.67% | 0.0900 | 11.11% | 0.0169 | 1.69% | 19.46% |
| 15 | <i>Tecoma sambucifolia</i> Kunth | 0.0278 | 6.67% | 0.0300 | 3.70% | 0.0160 | 1.60% | 11.97% |
| TOTAL | | 0.42 | 100% | 0.81 | 100% | 1.00 | 100% | 300% |

Anexo 8. Resumen del IVI para arbustos en la unidad de uso de suelo Natural

| N | Especie | Fa | Fr | Āa | Ar | Ga | Gr | IVI |
|--------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | <i>Acalypha aronioides</i> Pax & K. Hoffm. | 0.1667 | 7.06% | 0.3900 | 9.38% | 0.0824 | 8.24% | 24.67% |
| 2 | <i>Adesmia miraflorensis</i> J. Rémy | 0.0556 | 2.35% | 0.0400 | 0.96% | 0.0013 | 0.13% | 3.44% |
| 3 | <i>Agave americana</i> L. | 0.0556 | 2.35% | 0.1900 | 4.57% | 0.0591 | 5.91% | 12.83% |
| 4 | <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron.) R.M. King & H. R. | 0.1389 | 5.88% | 0.1500 | 3.61% | 0.0059 | 0.59% | 10.07% |
| 5 | <i>Ageratina sternbergiana</i> (DC.) R.M. King & H. R. | 0.0278 | 1.18% | 0.0100 | 0.24% | 0.0000 | 0.00% | 1.42% |
| 6 | <i>Baccharis boliviensis</i> | 0.0556 | 2.35% | 0.0200 | 0.48% | 0.0006 | 0.06% | 2.89% |
| 7 | <i>Baccharis caespitosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | 0.0278 | 1.18% | 0.0100 | 0.24% | 0.0000 | 0.00% | 1.42% |
| 8 | <i>Baccharis chilco</i> Kunth | 0.0278 | 1.18% | 0.0100 | 0.24% | 0.0001 | 0.01% | 1.42% |
| 9 | <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | 0.1944 | 8.24% | 0.4700 | 11.30% | 0.0480 | 4.80% | 24.33% |
| 10 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 0.1111 | 4.71% | 0.1900 | 4.57% | 0.0266 | 2.66% | 11.93% |
| 11 | <i>Baccharis pulchella</i> Sch. Bip. ex Griseb. | 0.0278 | 1.18% | 0.0100 | 0.24% | 0.0000 | 0.00% | 1.42% |
| 12 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 0.1667 | 7.06% | 0.5400 | 12.98% | 0.1605 | 16.05% | 36.09% |
| 13 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 0.3333 | 14.12% | 0.7500 | 18.03% | 0.1042 | 10.42% | 42.56% |
| 14 | <i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav. | 0.0278 | 1.18% | 0.0200 | 0.48% | 0.0005 | 0.05% | 1.71% |
| 15 | <i>Buddleja coriacea</i> J. Rémy | 0.0556 | 2.35% | 0.0200 | 0.48% | 0.0001 | 0.01% | 2.84% |
| 16 | <i>Colletia spinosissima</i> J.F. Gmel. | 0.1111 | 4.71% | 0.2400 | 5.77% | 0.0178 | 1.78% | 12.25% |
| 17 | <i>Flourensia polycephala</i> M.O. Dillon | 0.0278 | 1.18% | 0.0200 | 0.48% | 0.0011 | 0.11% | 1.77% |
| 18 | <i>Gynoxys longifolia</i> Wedd. | 0.1111 | 4.71% | 0.0600 | 1.44% | 0.0010 | 0.10% | 6.25% |
| 19 | <i>Kageneckia lanceolata</i> Ruiz & Pav. | 0.0833 | 3.53% | 0.0700 | 1.68% | 0.0050 | 0.50% | 5.71% |
| 20 | <i>Lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl. | 0.0278 | 1.18% | 0.0400 | 0.96% | 0.0003 | 0.03% | 2.17% |
| 21 | <i>Mutisia acuminata</i> Ruiz & Pav. | 0.1389 | 5.88% | 0.1900 | 4.57% | 0.0480 | 4.80% | 15.25% |
| 22 | <i>Puya ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) L.B. Sm. | 0.0278 | 1.18% | 0.0100 | 0.24% | 0.0002 | 0.02% | 1.44% |
| 23 | <i>Puya herrerae</i> Harms | 0.0278 | 1.18% | 0.0100 | 0.24% | 0.0004 | 0.04% | 1.46% |
| 24 | <i>Ribes brachybotrys</i> (Wedd.) Jancz. | 0.0556 | 2.35% | 0.4600 | 11.06% | 0.4341 | 43.41% | 56.82% |
| 25 | <i>Rosa canina</i> L. | 0.0278 | 1.18% | 0.0200 | 0.48% | 0.0012 | 0.12% | 1.77% |
| 26 | <i>Satureja boliviana</i> (Benth.) Briq. | 0.0556 | 2.35% | 0.0900 | 2.16% | 0.0009 | 0.09% | 4.61% |
| 27 | <i>Senecio rudbeckiaefolius</i> Meyen & Walp. | 0.0278 | 1.18% | 0.0400 | 0.96% | 0.0000 | 0.00% | 2.14% |
| 28 | <i>Senecio spinosus</i> DC. | 0.0278 | 1.18% | 0.0100 | 0.24% | 0.0000 | 0.00% | 1.42% |
| 29 | <i>Senna birostris</i> (Dombey ex Vogel) H.S. Irwin & | 0.0556 | 2.35% | 0.0300 | 0.72% | 0.0005 | 0.05% | 3.12% |
| 30 | <i>Viguiera procumbens</i> (Pers.) S.F. Blake | 0.0833 | 3.53% | 0.0500 | 1.20% | 0.0004 | 0.04% | 4.78% |
| TOTAL | | 2.36 | 100% | 4.16 | 100% | 1.00 | 100% | 300% |

Anexo 9. Resumen del IVI para arbustos en la unidad de uso de suelo Semnatural

| N | Especie | Fa | Fr | Aa | Ar | Ga | Gr | IVI |
|--------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | <i>Acalypha aronioides</i> Pax & K. Hoffm. | 0.0278 | 4.17% | 0.1000 | 7.14% | 0.1302 | 13.02% | 24.33% |
| 2 | <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob. | 0.0556 | 8.33% | 0.0400 | 2.86% | 0.0030 | 0.30% | 11.49% |
| 3 | <i>Ageratina pentlandiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob. | 0.0278 | 4.17% | 0.1700 | 12.14% | 0.1295 | 12.95% | 29.26% |
| 4 | <i>Ageratina sternbergiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob. | 0.0278 | 4.17% | 0.0200 | 1.43% | 0.0006 | 0.06% | 5.65% |
| 5 | <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | 0.0556 | 8.33% | 0.0300 | 2.14% | 0.0010 | 0.10% | 10.57% |
| 6 | <i>Baccharis odorata</i> Kunth | 0.0278 | 4.17% | 0.0100 | 0.71% | 0.0006 | 0.06% | 4.95% |
| 8 | <i>Barnadesia horrida</i> Muschl. | 0.0278 | 4.17% | 0.2500 | 17.86% | 0.2878 | 28.78% | 50.80% |
| 9 | <i>Berberis carinata</i> Lechl. | 0.0556 | 8.33% | 0.1400 | 10.00% | 0.0574 | 5.74% | 24.08% |
| 10 | <i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav. | 0.0278 | 4.17% | 0.0200 | 1.43% | 0.0019 | 0.19% | 5.79% |
| 11 | <i>Colletia spinosissima</i> J.F. Gmel. | 0.1111 | 16.67% | 0.2700 | 19.29% | 0.1367 | 13.67% | 49.62% |
| 12 | <i>Flourensia polycephala</i> M.O. Dillon | 0.0278 | 4.17% | 0.0100 | 0.71% | 0.0019 | 0.19% | 5.07% |
| 13 | <i>Kageneckia lanceolata</i> Ruiz & Pav. | 0.0278 | 4.17% | 0.0100 | 0.71% | 0.0005 | 0.05% | 4.93% |
| 14 | <i>Lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl. | 0.0278 | 4.17% | 0.0300 | 2.14% | 0.0023 | 0.23% | 6.54% |
| 15 | <i>Mutisia acuminata</i> Ruiz & Pav. | 0.0278 | 4.17% | 0.1100 | 7.86% | 0.0914 | 9.14% | 21.16% |
| 16 | <i>Nicotiana glauca</i> Graham | 0.0278 | 4.17% | 0.0100 | 0.71% | 0.0032 | 0.32% | 5.20% |
| 17 | <i>Senecio adenophyllus</i> Meyen & Walp. | 0.0278 | 4.17% | 0.0300 | 2.14% | 0.0122 | 1.22% | 7.53% |
| 18 | <i>Viguiera procumbens</i> (Pers.) S.F. Blake | 0.0556 | 8.33% | 0.1500 | 10.71% | 0.1397 | 13.97% | 33.01% |
| TOTAL | | 0.67 | 100% | 1.40 | 100% | 1.00 | 1.00 | 300% |

Anexo 10. Resumen de la medición de rasgos funcionales

| N | ESPECIE | IMPACTO | Codigo | Area Foliar | Nitrógeno | Fósforo | Agente dispersor | Agente polinizador | Tipo de fruto | Clonalidad | Leguminosa |
|----|---|-------------|--------|-------------|-----------|---------|------------------|--------------------|---------------|-----------------------|---------------|
| 1 | <i>Acalypha aronioides Pax & K. Hoffm.</i> | Natural | SP1 | 297.96 | 20.10 | 1.93 | Autocoria | Insectos | Cápsula | Aclonal | No leguminosa |
| 2 | <i>Acalypha aronioides Pax & K. Hoffm.</i> | Seminatural | SP2 | 206.71 | 26.70 | 1.87 | Autocoria | Insectos | Cápsula | Aclonal | No leguminosa |
| 3 | <i>Adesmia miraflorensis J. Rémy</i> | Natural | SP3 | 80.84 | 35.00 | 2.22 | Anemocoria | Insectos | Lomento | Aclonal | Leguminosa |
| 4 | <i>Agave americana L.</i> | Natural | SP4 | 87461.16 | 11.40 | 1.22 | Hidrocoria | Mamíferos | Cápsula | Clonal sobre el suelo | No leguminosa |
| 5 | <i>Ageratina cuzcoensis (Hieron.) R.M. King & H. Rob.</i> | Agrícola | SP5 | 2603.63 | 30.10 | 2.10 | Anemocoria | Aves | Aquenio | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 6 | <i>Ageratina cuzcoensis (Hieron.) R.M. King & H. Rob.</i> | Natural | SP6 | 1470.12 | 33.40 | 1.88 | Anemocoria | Aves | Aquenio | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 7 | <i>Ageratina cuzcoensis (Hieron.) R.M. King & H. Rob.</i> | Seminatural | SP7 | 1832.97 | 26.20 | 2.36 | Anemocoria | Aves | Aquenio | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 8 | <i>Ageratina pentlandiana (DC.) R.M. King & H. Rob.</i> | Seminatural | SP8 | 113.06 | 28.20 | 1.32 | Anemocoria | Aves | Aquenio | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 9 | <i>Alnus acuminata Kunth</i> | Natural | SP9 | 6000.08 | 31.10 | 2.14 | Anemocoria | Insectos | Samara | Aclonal | No leguminosa |
| 10 | <i>Astragalus garbancillo Cav.</i> | Agrícola | SP10 | 1388.66 | 36.90 | 2.52 | Anemocoria | Viento | Legumbre | Clonal subterráneo | Leguminosa |
| 11 | <i>Baccharis boliviensis</i> | Natural | SP11 | 8.72 | 11.50 | 1.59 | Anemocoria | Insectos | Aquenio | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 12 | <i>Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.</i> | Agrícola | SP12 | 617.38 | 8.80 | 1.48 | Anemocoria | Insectos | Aquenio | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 13 | <i>Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.</i> | Natural | SP13 | 1192.90 | 17.30 | 1.90 | Anemocoria | Insectos | Aquenio | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 14 | <i>Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.</i> | Seminatural | SP14 | 525.26 | 18.50 | 1.97 | Anemocoria | Insectos | Aquenio | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 15 | <i>Baccharis odorata Kunth</i> | Agrícola | SP15 | 343.85 | 13.30 | 1.82 | Anemocoria | Insectos | Aquenio | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 16 | <i>Baccharis odorata Kunth</i> | Natural | SP16 | 168.95 | 12.90 | 1.66 | Anemocoria | Insectos | Aquenio | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 17 | <i>Barnadesia horrida Muschl.</i> | Agrícola | SP17 | 148.44 | 26.60 | 2.07 | Anemocoria | Aves | Aquenio | Aclonal | No leguminosa |
| 18 | <i>Barnadesia horrida Muschl.</i> | Natural | SP18 | 244.11 | 21.90 | 2.11 | Anemocoria | Aves | Aquenio | Aclonal | No leguminosa |
| 19 | <i>Barnadesia horrida Muschl.</i> | Seminatural | SP19 | 44.86 | 18.50 | 2.16 | Anemocoria | Aves | Aquenio | Aclonal | No leguminosa |
| 20 | <i>Berberis carinata Lechl.</i> | Agrícola | SP20 | 174.10 | 22.30 | 2.38 | Endo-zoocoria | Insectos | Baya | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 21 | <i>Berberis carinata Lechl.</i> | Natural | SP21 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | Endo-zoocoria | Insectos | Baya | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 22 | <i>Berberis carinata Lechl.</i> | Seminatural | SP22 | 88.52 | 27.60 | 2.20 | Endo-zoocoria | Insectos | Baya | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 23 | <i>Berberis lutea Ruiz & Pav.</i> | Seminatural | SP23 | 102.85 | 25.30 | 2.38 | Endo-zoocoria | Insectos | Baya | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 24 | <i>Buddleja coriacea J. Rémy</i> | Natural | SP24 | 912.95 | 11.60 | 1.90 | Autocoria | Insectos | Cápsula | Aclonal | No leguminosa |
| 25 | <i>Colletia spinosissima J.F. Gmel.</i> | Natural | SP25 | 67.77 | 14.80 | 1.42 | Autocoria | Insectos | Cápsula | Aclonal | No leguminosa |
| 26 | <i>Colletia spinosissima J.F. Gmel.</i> | Seminatural | SP26 | 45.87 | 13.70 | 1.80 | Autocoria | Insectos | Cápsula | Aclonal | No leguminosa |
| 27 | <i>Duranta armata Moldenke</i> | Agrícola | SP27 | 331.83 | 29.00 | 2.55 | Endo-zoocoria | Insectos | Drupa | Aclonal | No leguminosa |
| 28 | <i>Escallonia myrtilloides L. f.</i> | Natural | SP28 | 55.80 | 14.00 | 2.00 | Autocoria | Insectos | Cápsula | Aclonal | No leguminosa |
| 29 | <i>Escallonia resinosa (Ruiz & Pav.) Pers.</i> | Natural | SP29 | 443.45 | 14.30 | 1.52 | Autocoria | Insectos | Cápsula | Aclonal | No leguminosa |
| 30 | <i>Eucalyptus globulus Labill.</i> | Natural | SP30 | 4285.26 | 8.50 | 1.55 | Anemocoria | Insectos | Cápsula | Clonal sobre el suelo | No leguminosa |
| 31 | <i>Eucalyptus globulus Labill.</i> | Seminatural | SP31 | 4552.40 | 7.30 | 1.41 | Anemocoria | Insectos | Cápsula | Clonal sobre el suelo | No leguminosa |
| 32 | <i>Gynoxys longifolia Wedd.</i> | Natural | SP32 | 1774.29 | 10.30 | 1.59 | Anemocoria | Insectos | Aquenio | Aclonal | No leguminosa |
| 33 | <i>Kageneckia lanceolata Ruiz & Pav.</i> | Agrícola | SP33 | 345.24 | 16.70 | 1.56 | Autocoria | Insectos | Polifolículo | Aclonal | No leguminosa |
| 34 | <i>Kageneckia lanceolata Ruiz & Pav.</i> | Natural | SP34 | 99.31 | 25.90 | 1.92 | Autocoria | Insectos | Polifolículo | Aclonal | No leguminosa |
| 35 | <i>Lycianthes lycioides (L.) Hassl.</i> | Natural | SP35 | 29.17 | 33.30 | 2.06 | Endo-zoocoria | Insectos | Baya | Aclonal | No leguminosa |
| 36 | <i>Lycianthes lycioides (L.) Hassl.</i> | Seminatural | SP36 | 24.82 | 30.60 | 2.14 | Endo-zoocoria | Insectos | Baya | Aclonal | No leguminosa |
| 37 | <i>Mutisia acuminata Ruiz & Pav.</i> | Natural | SP37 | 1063.26 | 29.30 | 2.07 | Anemocoria | Aves | Aquenio | Aclonal | No leguminosa |
| 38 | <i>Mutisia acuminata Ruiz & Pav.</i> | Seminatural | SP38 | 2061.02 | 17.70 | 1.94 | Anemocoria | Aves | Aquenio | Aclonal | No leguminosa |
| 39 | <i>Polylepis incarum (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb.</i> | Natural | SP39 | 432.83 | 11.40 | 2.10 | Anemocoria | Aves | Samara | Aclonal | No leguminosa |
| 40 | <i>Puya ferruginea (Ruiz & Pav.) L.B. Sm.</i> | Agrícola | SP40 | 15519.73 | 10.00 | 1.77 | Anemocoria | Aves | Cápsula | Clonal subterráneo | No leguminosa |
| 41 | <i>Ribes brachybotrys (Wedd.) Jancz.</i> | Natural | SP41 | 267.89 | 19.20 | 1.57 | Endo-zoocoria | Insectos | Baya | Aclonal | No leguminosa |
| 42 | <i>Rosa canina L.</i> | Natural | SP42 | 3310.12 | 20.40 | 1.88 | Endo-zoocoria | Insectos | Cinorrodón | Aclonal | No leguminosa |
| 43 | <i>Satureja boliviana (Benth.) Briq.</i> | Agrícola | SP43 | 40.93 | 20.50 | 2.24 | Endo-zoocoria | Insectos | Drupa | Clonal sobre el suelo | No leguminosa |
| 44 | <i>Satureja boliviana (Benth.) Briq.</i> | Natural | SP44 | 115.42 | 19.90 | 2.12 | Endo-zoocoria | Insectos | Drupa | Clonal sobre el suelo | No leguminosa |
| 45 | <i>Schinus molle L.</i> | Agrícola | SP45 | 3732.94 | 15.90 | 1.90 | Endo-zoocoria | Insectos | Drupa | Aclonal | No leguminosa |
| 46 | <i>Schinus molle L.</i> | Natural | SP46 | 2853.64 | 25.20 | 2.40 | Endo-zoocoria | Insectos | Drupa | Aclonal | No leguminosa |
| 47 | <i>Senecio adenophyllus Meyen & Walp.</i> | Seminatural | SP47 | 283.18 | 23.60 | 1.70 | Anemocoria | Insectos | Aquenio | Aclonal | No leguminosa |
| 48 | <i>Senecio rudbeckiaefolius Meyen & Walp.</i> | Natural | SP48 | 169.22 | 12.00 | 1.87 | Anemocoria | Insectos | Aquenio | Aclonal | No leguminosa |
| 49 | <i>Senna birostris (Dombey ex Vogel) H.S. Irwin & Barneby</i> | Natural | SP49 | 1281.38 | 18.20 | 1.75 | Autocoria | Insectos | Legumbre | Aclonal | Leguminosa |
| 50 | <i>Tecoma sambucifolia Kunth</i> | Agrícola | SP50 | 1250.36 | 18.20 | 1.68 | Anemocoria | Aves | Cápsula | Aclonal | No leguminosa |
| 51 | <i>Viguiera procumbens (Pers.) S.F. Blake</i> | Natural | SP51 | 683.29 | 34.80 | 2.33 | Anemocoria | Insectos | Aquenio | Aclonal | No leguminosa |
| 52 | <i>Viguiera procumbens (Pers.) S.F. Blake</i> | Seminatural | SP52 | 747.33 | 37.30 | 2.10 | Anemocoria | Insectos | Aquenio | Aclonal | No leguminosa |

* Para acceder a toda la base de datos, puede hacerlo descargándolo del siguiente link:

https://drive.google.com/drive/folders/1LD1hUMuobhkhlu62j6pFv3xh3TqC0G_s?usp=sharing

Anexo 11. Matriz para la evaluación de la diversidad funcional

| USO SUELO | PLOT | ZONA | X | Y | Z | NDVI | CODE | Ind | AB | DAP | IVI | AF | CFN | CFP | AD | AP | TF | CL | LE |
|-------------|------|------|--------|---------|------|-------------|------|-----|--------|--------|-------|---------|-------|------|----|----|----|----|----|
| Natural | P21 | 19 L | 206433 | 8491332 | 3193 | 0.234852031 | SP1 | 17 | 1460.5 | | 0.187 | 297.96 | 20.10 | 1.93 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P22 | 19 L | 203241 | 8492452 | 3112 | 0.22158891 | SP1 | 12 | 1007.5 | | 0.187 | 297.96 | 20.10 | 1.93 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P25 | 19 L | 202655 | 8490785 | 3254 | 0.260326266 | SP1 | 3 | 215.5 | | 0.187 | 297.96 | 20.10 | 1.93 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P27 | 19 L | 202888 | 8490160 | 3202 | 0.290357351 | SP1 | 4 | 348.5 | | 0.187 | 297.96 | 20.10 | 1.93 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P30 | 19 L | 205460 | 8493215 | 3128 | 0.22787632 | SP1 | 3 | 384.0 | | 0.187 | 297.96 | 20.10 | 1.93 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Seminatural | P23 | 19 L | 205217 | 8492129 | 3105 | 0.271888942 | SP2 | 10 | 1142.5 | | 0.187 | 206.71 | 26.70 | 1.87 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P25 | 19 L | 202655 | 8490785 | 3254 | 0.260326266 | SP3 | 3 | 208.0 | | 0.020 | 80.84 | 35.00 | 2.22 | 4 | 1 | 4 | 1 | 2 |
| Natural | P27 | 19 L | 202888 | 8490160 | 3202 | 0.290357351 | SP3 | 1 | 97.5 | | 0.020 | 80.84 | 35.00 | 2.22 | 4 | 1 | 4 | 1 | 2 |
| Agrícola | P7 | 19 L | 195551 | 8488732 | 3894 | 0.27631104 | SP5 | 2 | 55.0 | | 0.090 | 2603.63 | 30.10 | 2.10 | 4 | 3 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P21 | 19 L | 206433 | 8491332 | 3193 | 0.234852031 | SP6 | 4 | 149.0 | | 0.090 | 1470.12 | 33.40 | 1.88 | 4 | 3 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P22 | 19 L | 203241 | 8492452 | 3112 | 0.22158891 | SP6 | 4 | 250.0 | | 0.090 | 1470.12 | 33.40 | 1.88 | 4 | 3 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P25 | 19 L | 202655 | 8490785 | 3254 | 0.260326266 | SP6 | 3 | 259.0 | | 0.090 | 1470.12 | 33.40 | 1.88 | 4 | 3 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P27 | 19 L | 202888 | 8490160 | 3202 | 0.290357351 | SP6 | 2 | 273.0 | | 0.090 | 1470.12 | 33.40 | 1.88 | 4 | 3 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P30 | 19 L | 205460 | 8493215 | 3128 | 0.22787632 | SP6 | 2 | 141.5 | | 0.090 | 1470.12 | 33.40 | 1.88 | 4 | 3 | 9 | 3 | 1 |
| Seminatural | P20 | 19 L | 205671 | 8493478 | 3208 | 0.219938993 | SP7 | 2 | 163.0 | | 0.090 | 1532.97 | 26.20 | 2.36 | 4 | 3 | 9 | 3 | 1 |
| Seminatural | SP28 | 19 L | 206062 | 8492786 | 3160 | 0.269957304 | SP7 | 2 | 62.0 | | 0.090 | 1532.97 | 26.20 | 2.36 | 4 | 3 | 9 | 3 | 1 |
| Seminatural | P20 | 19 L | 205671 | 8493478 | 3208 | 0.219938993 | SP8 | 2 | 76.5 | | 0.052 | 113.06 | 28.20 | 1.32 | 4 | 3 | 9 | 3 | 1 |
| Seminatural | P23 | 19 L | 205217 | 8492129 | 3105 | 0.271888942 | SP8 | 17 | 1139.5 | | 0.052 | 113.06 | 28.20 | 1.32 | 4 | 3 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P15 | 19 L | 200540 | 8488536 | 3324 | 0.386404246 | SP9 | 53 | | 1615.3 | 0.055 | 6000.08 | 31.10 | 2.14 | 4 | 1 | 8 | 1 | 1 |
| Agrícola | P7 | 19 L | 195551 | 8488732 | 3894 | 0.27631104 | SP10 | 2 | 109.0 | | 0.010 | 1388.66 | 36.90 | 2.52 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| Natural | SP14 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | 0.284817666 | SP11 | 1 | 143.0 | | 0.017 | 8.72 | 11.50 | 1.59 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P29 | 19 L | 205272 | 8494056 | 3230 | 0.21801731 | SP11 | 1 | 55.0 | | 0.017 | 8.72 | 11.50 | 1.59 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Agrícola | P24 | 19 L | 203366 | 8489769 | 3224 | 0.251312852 | SP12 | 3 | 376.5 | | 0.180 | 617.38 | 8.80 | 1.48 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | SP13 | 19 L | 194671 | 8489418 | 4020 | 0.279056817 | SP13 | 3 | 110.0 | | 0.180 | 1192.90 | 17.30 | 1.90 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | SP16 | 19 L | 196279 | 8488288 | 3875 | 0.312078148 | SP13 | 12 | 559.0 | | 0.180 | 1192.90 | 17.30 | 1.90 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P18 | 19 L | 206252 | 8491121 | 3152 | 0.218370363 | SP13 | 6 | 529.0 | | 0.180 | 1192.90 | 17.30 | 1.90 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P19 | 19 L | 207258 | 8493499 | 3427 | 0.311200142 | SP13 | 9 | 752.0 | | 0.180 | 1192.90 | 17.30 | 1.90 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P25 | 19 L | 202655 | 8490785 | 3254 | 0.260326266 | SP13 | 5 | 537.0 | | 0.180 | 1192.90 | 17.30 | 1.90 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P27 | 19 L | 202888 | 8490160 | 3202 | 0.290357351 | SP13 | 4 | 465.5 | | 0.180 | 1192.90 | 17.30 | 1.90 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P29 | 19 L | 205272 | 8494056 | 3230 | 0.21801731 | SP13 | 8 | 586.5 | | 0.180 | 1192.90 | 17.30 | 1.90 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Seminatural | P20 | 19 L | 205671 | 8493478 | 3208 | 0.219938993 | SP14 | 2 | 85.0 | | 0.180 | 525.26 | 18.50 | 1.97 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Seminatural | SP28 | 19 L | 206062 | 8492786 | 3160 | 0.269957304 | SP14 | 1 | 49.0 | | 0.180 | 525.26 | 18.50 | 1.97 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Agrícola | P7 | 19 L | 195551 | 8488732 | 3894 | 0.27631104 | SP15 | 23 | 1869.0 | | 0.176 | 343.55 | 13.30 | 1.52 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | SP13 | 19 L | 194671 | 8489418 | 4020 | 0.279056817 | SP16 | 10 | 969.0 | | 0.176 | 168.95 | 12.90 | 1.66 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | SP14 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | 0.284817666 | SP16 | 1 | 66.0 | | 0.176 | 168.95 | 12.90 | 1.66 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | SP16 | 19 L | 196279 | 8488288 | 3875 | 0.312078148 | SP16 | 2 | 132.0 | | 0.176 | 168.95 | 12.90 | 1.66 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Natural | P19 | 19 L | 207258 | 8493499 | 3427 | 0.311200142 | SP16 | 6 | 395.0 | | 0.176 | 168.95 | 12.90 | 1.66 | 4 | 1 | 9 | 3 | 1 |
| Agrícola | P7 | 19 L | 195551 | 8488732 | 3894 | 0.27631104 | SP17 | 11 | 735.0 | | 0.344 | 148.44 | 26.60 | 2.07 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | SP13 | 19 L | 194671 | 8489418 | 4020 | 0.279056817 | SP18 | 4 | 60.0 | | 0.344 | 244.11 | 21.90 | 2.11 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | SP14 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | 0.284817666 | SP18 | 2 | 72.0 | | 0.344 | 244.11 | 21.90 | 2.11 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | P21 | 19 L | 206433 | 8491332 | 3193 | 0.234852031 | SP18 | 14 | 1765.0 | | 0.344 | 244.11 | 21.90 | 2.11 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | P22 | 19 L | 203241 | 8492452 | 3112 | 0.22158891 | SP18 | 12 | 1279.0 | | 0.344 | 244.11 | 21.90 | 2.11 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | P29 | 19 L | 205272 | 8494056 | 3230 | 0.21801731 | SP18 | 15 | 1041.0 | | 0.344 | 244.11 | 21.90 | 2.11 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | P30 | 19 L | 205460 | 8493215 | 3128 | 0.22787632 | SP18 | 7 | 952.5 | | 0.344 | 244.11 | 21.90 | 2.11 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Seminatural | P20 | 19 L | 205671 | 8493478 | 3208 | 0.219938993 | SP19 | 25 | 1698.5 | | 0.344 | 44.56 | 18.50 | 2.16 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Agrícola | P7 | 19 L | 195551 | 8488732 | 3894 | 0.27631104 | SP20 | 6 | 475.0 | | 0.322 | 174.10 | 22.30 | 2.38 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Natural | P12 | 19 L | 197081 | 8489247 | 3659 | 0.288435251 | SP21 | 3 | | 27.0 | 0.322 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Natural | SP13 | 19 L | 194671 | 8489418 | 4020 | 0.279056817 | SP21 | 2 | 160.0 | | 0.322 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Natural | SP14 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | 0.284817666 | SP21 | 5 | 541.0 | | 0.322 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Natural | SP16 | 19 L | 196279 | 8488288 | 3875 | 0.312078148 | SP21 | 16 | 613.0 | | 0.322 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Natural | P18 | 19 L | 206252 | 8491121 | 3152 | 0.218370363 | SP21 | 2 | 223.5 | | 0.322 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Natural | P19 | 19 L | 207258 | 8493499 | 3427 | 0.311200142 | SP21 | 4 | 386.0 | | 0.322 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Natural | P21 | 19 L | 206433 | 8491332 | 3193 | 0.234852031 | SP21 | 2 | 57.0 | | 0.322 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Natural | P22 | 19 L | 203241 | 8492452 | 3112 | 0.22158891 | SP21 | 1 | 28.0 | | 0.322 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Natural | P25 | 19 L | 202655 | 8490785 | 3254 | 0.260326266 | SP21 | 12 | 1285.0 | | 0.322 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Natural | P27 | 19 L | 202888 | 8490160 | 3202 | 0.290357351 | SP21 | 8 | 733.0 | | 0.322 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Natural | P29 | 19 L | 205272 | 8494056 | 3230 | 0.21801731 | SP21 | 8 | 345.5 | | 0.322 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Natural | P30 | 19 L | 205460 | 8493215 | 3128 | 0.22787632 | SP21 | 12 | 1084.0 | | 0.322 | 103.70 | 27.00 | 2.34 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Seminatural | P20 | 19 L | 205671 | 8493478 | 3208 | 0.219938993 | SP22 | 7 | 529.0 | | 0.322 | 88.52 | 27.60 | 2.20 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Seminatural | P23 | 19 L | 205217 | 8492129 | 3105 | 0.271888942 | SP22 | 7 | 544.0 | | 0.322 | 88.52 | 27.60 | 2.20 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |
| Seminatural | P23 | 19 L | 205217 | 8492129 | 3105 | 0.271888942 | SP23 | 2 | 138.5 | | 0.020 | 102.85 | 25.30 | 2.38 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 |

...//continua tabla Anexo 11//

...//continua tabla Anexo 11//

| USO SUELO | PLOT | ZONA | X | Y | Z | NDVI | CODE | Ind | AB | DAP | IVI | AF | CFN | CFP | AD | AP | TF | CL | LE |
|-------------|------|------|--------|---------|------|-------------|------|-----|--------|-------|-------|---------|-------|------|----|----|----|----|----|
| Natural | P21 | 19 L | 206433 | 8491332 | 3193 | 0.234852031 | SP24 | 1 | 38.5 | | 0.017 | 912.95 | 11.60 | 1.90 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P22 | 19 L | 203241 | 8492452 | 3112 | 0.22158891 | SP24 | 1 | 40.0 | | 0.017 | 912.95 | 11.60 | 1.90 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P21 | 19 L | 206433 | 8491332 | 3193 | 0.234852031 | SP25 | 6 | 248.0 | | 0.162 | 67.77 | 14.80 | 1.42 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P22 | 19 L | 203241 | 8492452 | 3112 | 0.22158891 | SP25 | 6 | 356.5 | | 0.162 | 67.77 | 14.80 | 1.42 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P27 | 19 L | 202888 | 8490160 | 3202 | 0.290357351 | SP25 | 1 | 155.0 | | 0.162 | 67.77 | 14.80 | 1.42 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P29 | 19 L | 205272 | 8494056 | 3230 | 0.21801731 | SP25 | 11 | 731.0 | | 0.162 | 67.77 | 14.80 | 1.42 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Seminatural | P20 | 19 L | 205671 | 8493478 | 3208 | 0.219938993 | SP26 | 5 | 424.0 | | 0.162 | 45.87 | 13.70 | 1.80 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Seminatural | P23 | 19 L | 205217 | 8492129 | 3105 | 0.271888942 | SP26 | 4 | 267.0 | | 0.162 | 45.87 | 13.70 | 1.80 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Seminatural | SP26 | 19 L | 205730 | 8492975 | 3134 | 0.265561998 | SP26 | 3 | 276.5 | | 0.162 | 45.87 | 13.70 | 1.80 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Seminatural | SP28 | 19 L | 206062 | 8492786 | 3160 | 0.269957304 | SP26 | 15 | 1021.0 | | 0.162 | 45.87 | 13.70 | 1.80 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Agricola | P7 | 19 L | 195551 | 8488732 | 3894 | 0.27631104 | SP27 | 4 | 603.0 | | 0.018 | 331.83 | 29.00 | 2.55 | 2 | 1 | 6 | 1 | 1 |
| Natural | P9 | 19 L | 197052 | 8489207 | 3654 | 0.298249871 | SP28 | 38 | | 742.8 | 0.067 | 55.80 | 14.00 | 2.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P10 | 19 L | 197353 | 8489126 | 3650 | 0.419965535 | SP28 | 2 | | 17.4 | 0.067 | 55.80 | 14.00 | 2.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P12 | 19 L | 197081 | 8489247 | 3659 | 0.288435251 | SP28 | 32 | | 512.7 | 0.067 | 55.80 | 14.00 | 2.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P14 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | 0.284817666 | SP28 | 20 | | 545.9 | 0.067 | 55.80 | 14.00 | 2.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P16 | 19 L | 196279 | 8488288 | 3875 | 0.312078148 | SP28 | 7 | | 195.0 | 0.067 | 55.80 | 14.00 | 2.00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P3 | 19 L | 199963 | 8488433 | 3399 | 0.253015995 | SP29 | 10 | | 382.6 | 0.043 | 443.45 | 14.30 | 1.52 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P4 | 19 L | 197472 | 8488552 | 3729 | 0.322971374 | SP29 | 9 | | 281.6 | 0.043 | 443.45 | 14.30 | 1.52 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P10 | 19 L | 197353 | 8489126 | 3650 | 0.419965535 | SP29 | 23 | | 233.8 | 0.043 | 443.45 | 14.30 | 1.52 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P11 | 19 L | 197272 | 8488707 | 3752 | 0.297460973 | SP29 | 12 | | 479.7 | 0.043 | 443.45 | 14.30 | 1.52 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | P10 | 19 L | 197353 | 8489126 | 3650 | 0.419965535 | SP30 | 4 | | 48.7 | 0.065 | 4285.26 | 8.50 | 1.55 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Natural | P11 | 19 L | 197272 | 8488707 | 3752 | 0.297460973 | SP30 | 4 | | 112.9 | 0.065 | 4285.26 | 8.50 | 1.55 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Seminatural | P17 | 19 L | 197409 | 8489408 | 3739 | 0.18979536 | SP31 | 37 | | 405.0 | 0.065 | 4552.40 | 7.30 | 1.41 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Seminatural | P26 | 19 L | 205730 | 8492975 | 3134 | 0.265561998 | SP31 | 18 | | 343.5 | 0.065 | 4552.40 | 7.30 | 1.41 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Seminatural | P28 | 19 L | 206062 | 8492786 | 3160 | 0.269957304 | SP31 | 12 | | 181.9 | 0.065 | 4552.40 | 7.30 | 1.41 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Seminatural | P31 | 19 L | 203575 | 8490943 | 3146 | 0.349854112 | SP31 | 33 | | 416.5 | 0.065 | 4552.40 | 7.30 | 1.41 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Natural | SP13 | 19 L | 194671 | 8489418 | 4020 | 0.279056817 | SP32 | 1 | 158.0 | | 0.037 | 1774.29 | 10.30 | 1.59 | 4 | 1 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | SP14 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | 0.284817666 | SP32 | 3 | 100.0 | | 0.037 | 1774.29 | 10.30 | 1.59 | 4 | 1 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | SP16 | 19 L | 196279 | 8488288 | 3875 | 0.312078148 | SP32 | 1 | 56.0 | | 0.037 | 1774.29 | 10.30 | 1.59 | 4 | 1 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | P29 | 19 L | 205272 | 8494056 | 3230 | 0.21801731 | SP32 | 1 | 75.5 | | 0.037 | 1774.29 | 10.30 | 1.59 | 4 | 1 | 9 | 1 | 1 |
| Agricola | P24 | 19 L | 203366 | 8489769 | 3224 | 0.251312852 | SP33 | 7 | 467.0 | | 0.063 | 345.24 | 16.70 | 1.56 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Natural | P18 | 19 L | 206252 | 8491121 | 3152 | 0.218370363 | SP34 | 5 | 440.0 | | 0.063 | 99.31 | 25.90 | 1.92 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Natural | P19 | 19 L | 207258 | 8493499 | 3427 | 0.311200142 | SP34 | 1 | 81.0 | | 0.063 | 99.31 | 25.90 | 1.92 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Natural | P30 | 19 L | 205460 | 8493215 | 3128 | 0.22787632 | SP34 | 1 | 92.0 | | 0.063 | 99.31 | 25.90 | 1.92 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Natural | P29 | 19 L | 205272 | 8494056 | 3230 | 0.21801731 | SP35 | 4 | 108.5 | | 0.033 | 29.17 | 33.30 | 2.06 | 2 | 1 | 7 | 1 | 1 |
| Seminatural | SP26 | 19 L | 205730 | 8492975 | 3134 | 0.265561998 | SP36 | 3 | 152.5 | | 0.033 | 24.82 | 30.60 | 2.14 | 2 | 1 | 7 | 1 | 1 |
| Natural | P21 | 19 L | 206433 | 8491332 | 3193 | 0.234852031 | SP37 | 2 | 96.0 | | 0.131 | 1063.26 | 29.30 | 2.07 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | P22 | 19 L | 203241 | 8492452 | 3112 | 0.22158891 | SP37 | 2 | 186.0 | | 0.131 | 1063.26 | 29.30 | 2.07 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | P25 | 19 L | 202655 | 8490785 | 3254 | 0.260326266 | SP37 | 8 | 1299.5 | | 0.131 | 1063.26 | 29.30 | 2.07 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | P27 | 19 L | 202888 | 8490160 | 3202 | 0.290357351 | SP37 | 6 | 535.0 | | 0.131 | 1063.26 | 29.30 | 2.07 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | P29 | 19 L | 205272 | 8494056 | 3230 | 0.21801731 | SP37 | 1 | 43.0 | | 0.131 | 1063.26 | 29.30 | 2.07 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Seminatural | P23 | 19 L | 205217 | 8492129 | 3105 | 0.271888942 | SP38 | 11 | 957.0 | | 0.131 | 2061.02 | 17.70 | 1.94 | 4 | 3 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | P8 | 19 L | 201010 | 8485328 | 3981 | 0.345201522 | SP39 | 27 | | 396.7 | 0.025 | 432.53 | 11.40 | 2.10 | 4 | 3 | 8 | 1 | 1 |
| Natural | P13 | 19 L | 194671 | 8489418 | 4020 | 0.279056817 | SP39 | 18 | | 402.3 | 0.025 | 432.53 | 11.40 | 2.10 | 4 | 3 | 8 | 1 | 1 |
| Natural | SP14 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | 0.284817666 | SP41 | 29 | 3939.0 | | 0.364 | 267.89 | 19.20 | 1.57 | 2 | 1 | 7 | 1 | 1 |
| Natural | SP16 | 19 L | 196279 | 8488288 | 3875 | 0.312078148 | SP41 | 17 | 1656.0 | | 0.364 | 267.89 | 19.20 | 1.57 | 2 | 1 | 7 | 1 | 1 |
| Natural | P27 | 19 L | 202888 | 8490160 | 3202 | 0.290357351 | SP42 | 2 | 220.0 | | 0.011 | 3310.12 | 20.40 | 1.88 | 2 | 1 | 5 | 1 | 1 |
| Agricola | P7 | 19 L | 195551 | 8488732 | 3894 | 0.27631104 | SP43 | 9 | 323.0 | | 0.049 | 40.93 | 20.50 | 2.24 | 2 | 1 | 6 | 2 | 1 |
| Natural | SP14 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | 0.284817666 | SP44 | 7 | 189.0 | | 0.049 | 115.42 | 19.90 | 2.12 | 2 | 1 | 6 | 2 | 1 |
| Natural | SP16 | 19 L | 196279 | 8488288 | 3875 | 0.312078148 | SP44 | 2 | 43.0 | | 0.049 | 115.42 | 19.90 | 2.12 | 2 | 1 | 6 | 2 | 1 |
| Agricola | P1 | 19 L | 205530 | 8493981 | 3243 | 0.236895025 | SP45 | 11 | | 425.1 | 0.062 | 3732.94 | 15.90 | 1.90 | 2 | 1 | 6 | 1 | 1 |
| Agricola | P2 | 19 L | 205417 | 8493257 | 3119 | 0.20129256 | SP45 | 15 | | 130.4 | 0.062 | 3732.94 | 15.90 | 1.90 | 2 | 1 | 6 | 1 | 1 |
| Natural | P5 | 19 L | 206085 | 8492575 | 3113 | 0.247056007 | SP46 | 42 | | 378.6 | 0.062 | 2853.64 | 25.20 | 2.40 | 2 | 1 | 6 | 1 | 1 |
| Natural | P6 | 19 L | 206027 | 8492421 | 3123 | 0.263065517 | SP46 | 60 | | 819.4 | 0.062 | 2853.64 | 25.20 | 2.40 | 2 | 1 | 6 | 1 | 1 |
| Seminatural | SP26 | 19 L | 205730 | 8492975 | 3134 | 0.265561998 | SP47 | 3 | 350.0 | | 0.013 | 283.18 | 23.60 | 1.70 | 4 | 1 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | SP13 | 19 L | 194671 | 8489418 | 4020 | 0.279056817 | SP48 | 4 | 43.0 | | 0.013 | 169.22 | 12.00 | 1.87 | 4 | 1 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | P19 | 19 L | 207258 | 8493499 | 3427 | 0.311200142 | SP49 | 1 | 84.0 | | 0.018 | 1281.38 | 18.20 | 1.75 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| Natural | P30 | 19 L | 205460 | 8493215 | 3128 | 0.22787632 | SP49 | 2 | 116.0 | | 0.018 | 1281.38 | 18.20 | 1.75 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| Agricola | P24 | 19 L | 203366 | 8489769 | 3224 | 0.251312852 | SP50 | 3 | 315.0 | | 0.013 | 1250.36 | 18.20 | 1.68 | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| Natural | SP14 | 19 L | 195637 | 8489467 | 3792 | 0.284817666 | SP51 | 2 | 25.0 | | 0.086 | 683.29 | 34.80 | 2.33 | 4 | 1 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | SP16 | 19 L | 196279 | 8488288 | 3875 | 0.312078148 | SP51 | 2 | 130.0 | | 0.086 | 683.29 | 34.80 | 2.33 | 4 | 1 | 9 | 1 | 1 |
| Natural | P29 | 19 L | 205272 | 8494056 | 3230 | 0.21801731 | SP51 | 1 | 29.5 | | 0.086 | 683.29 | 34.80 | 2.33 | 4 | 1 | 9 | 1 | 1 |
| Seminatural | P20 | 19 L | 205671 | 8493478 | 3208 | 0.219938993 | SP52 | 14 | 1178.5 | | 0.086 | 747.33 | 37.30 | 2.10 | 4 | 1 | 9 | 1 | 1 |
| Seminatural | SP26 | 19 L | 205730 | 8492975 | 3134 | 0.265561998 | SP52 | 1 | 106.0 | | 0.086 | 747.33 | 37.30 | 2.10 | 4 | 1 | 9 | 1 | 1 |

Anexo 12. Resultados del análisis químico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 722
 Pabellón C - Of. 106

Apartado Postal 921 - Cusco Perú
 Teléfono - fax - modem: 224831



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANALISIS QUIMICO
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE QUIMICA
INFORME DE ANALISIS

Nº0673-14-LAQ

SOLICITANTE: ALVARO CHRISTIAM SILVA ESPEJO

MUESTRA : HOJAS

RESULTADO ANALISIS:

| | Nitrógeno mg/g | Fosforo mg/g |
|------|-------------------|-----------------|
| SP1 | 20.10 | 1.93 |
| SP2 | 26.70 | 1.87 |
| SP4 | 11.40 | 1.22 |
| SP5 | 30.10 | 2.10 |
| SP6 | 33.40 | 1.88 |
| SP7 | 26.20 | 2.36 |
| SP8 | 28.20 | 1.32 |
| SP9 | 31.10 | 2.14 |
| SP10 | 36.90 | 2.52 |
| SP11 | 11.50 | 1.59 |
| SP12 | 8.80 | 1.48 |
| SP13 | 17.30 | 1.90 |
| SP14 | 18.50 | 1.97 |
| SP15 | 13.30 | 1.52 |
| SP16 | 12.90 | 1.66 |
| SP17 | 26.60 | 2.07 |
| SP18 | 21.90 | 2.11 |
| SP19 | 18.50 | 2.16 |
| SP20 | 22.30 | 2.38 |
| SP21 | 27.00 | 2.34 |
| SP22 | 27.60 | 2.20 |
| SP23 | 25.30 | 2.38 |
| SP24 | 11.60 | 1.90 |
| SP25 | 14.80 | 1.42 |
| SP26 | 13.70 | 1.80 |
| SP27 | 29.00 | 2.55 |
| SP28 | 14.00 | 2.00 |
| SP29 | 14.30 | 1.52 |
| SP30 | 8.50 | 1.55 |

Cusco, 30 de Diciembre 2014

Melquides Herrera Arvelca
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE ANALISIS QUIMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 722
 Pabellón C - Of. 106

Apartado Postal 921 - Cusco Perú
 Teléfono - fax - modem: 224831



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANALISIS QUIMICO
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE QUIMICA
INFORME DE ANALISIS

Nº0674-14-LAQ

SOLICITANTE: ALVARO CHRISTIAM SILVA ESPEJO

MUESTRA : HOJAS

RESULTADO ANALISIS:

| | Nitrógeno mg/g | Fosforo mg/g |
|------|-------------------|-----------------|
| SP31 | 7.30 | 1.41 |
| SP32 | 10.30 | 1.59 |
| SP33 | 16.70 | 1.56 |
| SP34 | 25.90 | 1.92 |
| SP35 | 33.30 | 2.06 |
| SP36 | 30.60 | 2.14 |
| SP37 | 29.30 | 2.07 |
| SP38 | 17.70 | 1.94 |
| SP39 | 11.40 | 2.10 |
| SP40 | 10.00 | 1.77 |
| SP41 | 19.20 | 1.57 |
| SP42 | 20.40 | 1.88 |
| SP43 | 20.50 | 2.24 |
| SP44 | 19.90 | 2.12 |
| SP45 | 15.90 | 1.90 |
| SP46 | 25.20 | 2.40 |
| SP47 | 23.60 | 1.70 |
| SP48 | 12.00 | 1.87 |
| SP3 | 35.00 | 2.22 |
| SP49 | 18.20 | 1.75 |
| SP50 | 18.20 | 1.68 |
| SP51 | 34.80 | 2.33 |
| SP52 | 37.30 | 2.10 |

*

Cusco, 30 de Diciembre 2014



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Académicos

Milagros Herrera Arivilca
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE ANALISIS QUIMICO