

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA APLICADA**



**“PROPUESTA DE MONITOREO DE VARIABLES  
COMUNITARIAS AL EVENTO EL NIÑO (1998-2001, 2010) EN LAS  
LOMAS DE LACHAY, PERÚ”**

**Presentada por:**

**LIZ ZAIDA CASTAÑEDA CÓRDOVA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE  
EN ECOLOGÍA APLICADA**

**Lima – Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA  
MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ECOLOGÍA APLICADA**

**“PROPUESTA DE MONITOREO DE VARIABLES  
COMUNITARIAS AL EVENTO EL NIÑO (1998-2001, 2010) EN LAS  
LOMAS DE LACHAY, PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**LIZ ZAIDA CASTAÑEDA CÓRDOVA**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Mg.Sc. Juan Torres Guevara

**PRESIDENTE**

Dr. Edgar Sánchez Infantas

**PATROCINADOR**

Mg. Etienne Durt Vellut

**MIEMBRO**

Mg.Sc. Zulema Quinteros Carlos

**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A cada maestra y maestro  
que nos permiten amar la  
vida, confiar en ella y brillar  
con nuestra propia luz.

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas que aportaron en esta investigación de diferentes formas, en mi corazón hay un profundo agradecimiento.

A mis amigas y amigos que me apoyaron en varias etapas de mi tesis como Silvana Álvarez, Hernán Cunza, Analucia Serrepe y Adrián Vera. Por su apoyo en las salidas de campo a Mónica Flores, Carlos Sánchez, Úrsula Cockburn, Lucia Castillo, Indira Alva, Denisse Carrasco, José Luis Rolando, Diego Padilla, Juan Diego del Castillo, Lourdes Echevarría, Jorge Contreras, Paula de Lamo, Raúl Sánchez-Serrano, Diego Gutiérrez y Cindy Oré.

Por su aporte en mi tesis a Lissel Arnao, Dusan Luksic, Meylin Vásquez, Fiorella Manchego, Mercedes Flores, Claudia Caro, Roxana Castañeda, Diego Balbuena, Jose Alegría y Ana Cecilia Vargas. A mi asesor de tesis Edgar Sánchez por su paciencia y por aportar valiosas ideas. A mis jurados de tesis Juan Torres y Etienne Durt por su apoyo y facilidades para presentar este trabajo, y de manera especial a Zulema Quinteros.

A toda mi familia por su paciencia y calidez, a mi madre en especial por su apoyo y amor. A mis hermanos Raul Angel, Henry, Sara, y mi tío Jorge por su apoyo en las salidas de campo y en el trabajo de gabinete.

A los tesistas que realizaron los primeros trabajos en las lomas de Lachay Vanessa Texeira, Carolina Tovar, Wendy Tori, Claudia Veliz y Alfredo Giraldo.

A Senamhi por brindarme los datos meteorológicos y a los miembros de la Reserva Nacional de Lachay en especial a Dilmar Claros.

Agradezco a las lomas por permitirme apreciar su belleza, observar algunas de sus notas musicales, continuar con la curiosidad y el amor por entender sus misterios.

# ÍNDICE GENERAL

	Pag
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Las Lomas: Su definición y su origen .....	8
2.2 Las Lomas en la Historia del Perú .....	10
2.3 La flora y la fauna de las Lomas .....	17
2.4 Las Lomas: Sus características .....	21
2.5 La Clasificación de las formaciones vegetales de las Lomas .....	21
2.6 Los factores que influyen en la formación de las Lomas.....	26
2.7 Las Lomas de Lachay .....	29
2.8 Ecosistema, Comunidad y Variables comunitarias.....	33
2.9 Perturbaciones naturales y antrópicas .....	38
2.10 Evento El Niño.....	39
2.11 Manejo Adaptativo y Panarquía .....	42
2.12 Monitoreo.....	43
2.13 Grupos funcionales, Especies clave, Especies indicadoras y Especies detectoras .....	43
2.14 Áreas Naturales Protegidas .....	45
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>47</b>
3.1 Ubicación .....	47
3.2 Materiales.....	49
3.3 Métodos .....	50
3.3.1 Establecimiento de parcelas y cronograma de evaluación .....	50
3.3.2. Evaluación de la comunidad de herbáceas .....	51
3.3.3 Evaluación de la comunidad de coleópteros .....	53
3.3.4 Evaluación de la comunidad de aves.....	53
3.4 Análisis de los datos .....	54
3.4.1 La precipitación total mensual y las series de tiempo.....	54
3.4.2 Relación de la precipitación total mensual, la humedad relativa mensual y la temperatura promedio mensual del aire .....	54
3.4.3 La distribución de las Dominancias .....	55
3.4.4 Diversidad de herbáceas, coleópteros y aves .....	56

3.4.5 Evolución espacial y temporal de las variables comunitarias .....	57
3.4.6 Grupos Funcionales.....	59
3.4.7 Detección de estados multiestables .....	60
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>61</b>
4.1 Resultados .....	61
4.1.1 Variables Abióticas .....	61
4.1.1.1 La precipitación y las series de tiempo.....	61
4.1.1.2 La variación temporal de la precipitación, la humedad relativa y la temperatura del aire .....	66
4.1.1.3 La relación de la precipitación y la ATSM.....	69
4.1.1.4 La relación de la precipitación y la captación de agua .....	70
4.1.1.5 La relación de la humedad relativa y la captación de agua .....	71
4.1.2 Variables Bióticas .....	72
4.1.2.1 La composición de la comunidad de herbáceas .....	72
4.1.2.2 La composición de la comunidad de coleópteros .....	76
4.1.2.3 La composición de la comunidad de aves .....	78
4.1.2.4 La distribución de las abundancias de las variables comunitarias.....	80
4.1.2.5 La variación temporal de las variables comunitarias.....	88
4.1.3 La variación espacial de algunas variables comunitarias evaluadas en el 2010 .....	117
4.1.4 Los grupos funcionales y las especies clave .....	141
4.1.4.1 Grupos funcionales de la vegetación (herbáceas y arbustos) .....	141
4.1.4.2 Grupos funcionales de los coleópteros .....	150
4.1.4.3 Grupos funcionales en las aves.....	158
4.1.4.4 Especies clave.....	169
4.1.5 Las variables comunitarias y la detección de sus estados .....	170
4.1.5.1 Análisis estadístico .....	170
4.1.5.2 Dinámica de ecosistemas empleando atractores.....	173
4.1.6 Propuesta de variables para el monitoreo.....	177
4.2 Discusión .....	178
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>181</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>183</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>184</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pag
Cuadro 1. NPMANOVA y Bonferroni ajustado de la precipitación total mensual (mm), la humedad relativa media mensual (%) y la temperatura media mensual (°C). ....	67
Cuadro 2. Categoría del ICEN (Índice Costero El Niño) de julio de 1997 a enero de 1998. ....	67
Cuadro 3. Lista de especies de herbáceas registradas en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y enero del 2001, mayo y septiembre del 2010. ....	72
Cuadro 4. Lista de especies de coleópteros registrados en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010. ....	76
Cuadro 5. Lista de especies de aves registradas en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y enero del 2001, mayo y septiembre del 2010. ....	79
Cuadro 6. Tipos de Distribución de las abundancias de las herbáceas más abundantes en cada muestreo en 31 m <sup>2</sup> . ....	81
Cuadro 7. Especies vegetales más abundantes en los 15 muestreos en las Lomas de Lachay. ....	82
Cuadro 8. Tipos de Distribución de las coberturas de las herbáceas más abundantes en cada muestreo. ....	82
Cuadro 9. Especies vegetales con mayor cobertura total en los 15 muestreos en las Lomas de Lachay. ....	83
Cuadro 10. Tipos de Distribución de los IVIs de las herbáceas más abundantes en cada parcela por muestreo. ....	84
Cuadro 11. Tipos de Distribución de los IVIg de las herbáceas más abundantes en cada muestreo. ....	84
Cuadro 12. Tipos de Distribución de las abundancias de los coleópteros más abundantes en cada muestreo. ....	86
Cuadro 13. Especies de coleópteros más abundantes en los 19 muestreos en las Lomas de Lachay. ....	86

Cuadro 14. Tipos de Distribución de las abundancias de las aves más abundantes en cada muestreo. ....	87
Cuadro 15. Especies de aves más abundantes en los 15 muestreos en las Lomas de Lachay. ....	87
Cuadro 16. Correlación de Pearson entre la densidad total y la densidad de cada una de las especies significativas. ....	91
Cuadro 17. Correlación de Pearson entre la cobertura total y la cobertura de cada una de las especies significativas. ....	94
Cuadro 18. Variables comunitarias de la comunidad herbáceas entre febrero de 1998 y enero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	105
Cuadro 19. Variables comunitarias de la comunidad de coleópteros entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay. ....	111
Cuadro 20. Variables comunitarias de la comunidad de aves entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay. ....	116
Cuadro 21. Comparación de la densidad media empleando la Prueba U de Mann-Whitney. ....	171
Cuadro 22. Prueba de datos pareados de Wilcoxon para la Densidad comparando los mismos meses para diferentes años. ....	172
Cuadro 23. Comparación de la Diversidad IVI empleando la Prueba U de Mann-Whitney. ....	172

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pag</b>
Figura 1. Mapa de las estaciones del Monitoreo de Variables Comunitarias en la Reserva Nacional de Lachay 1998-2001, 2010. ....	48
Figura 2. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay, desde enero 1931 a octubre 1941. ....	61
Figura 3. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay, desde enero 1957 a mayo 1968.....	62
Figura 4. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay, desde julio 1997 a octubre 2016 .....	62
Figura 5. La autocorrelación de la precipitación total mensual desestacionalizada en las Lomas de Lachay, desde enero 1931 a octubre 1941. ....	63
Figura 6. La autocorrelación de la precipitación total mensual desestacionalizada en las Lomas de Lachay, desde enero 1957 a mayo 1968. ....	63
Figura 7. La autocorrelación de la precipitación total mensual desestacionalizada en las Lomas de Lachay, desde julio 1997 a octubre 2016. ....	64
Figura 8. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay, desde julio 1997 a diciembre 1998. ....	65
Figura 9. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay, desde junio 2002 a noviembre 2003. ....	65
Figura 10. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay, julio 2009 a diciembre 2010. ....	66
Figura 11. Dendrograma de la precipitación total, la humedad relativa media y la temperatura media desde julio de 1997 a diciembre del 2010. ....	68
Figura 12. Relación de la precipitación total mensual (mm) y la ATSM (°C) del Callao, 2010. ....	69
Figura 13. Relación de la precipitación total y la captación de agua de niebla, 2010...	70
Figura 14. Relación de la humedad relativa mensual y la captación de agua de niebla, 2010. ....	71

Figura 15. Composición de la Familia Botánica en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010. ....	74
Figura 16. Las 21 especies vegetales con mayor IVIg establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y enero del 2001, mayo y septiembre del 2010. ....	75
Figura 17. Composición de las Familias de coleópteros en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010. ....	78
Figura 18. Composición de las Familias de aves en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010. ....	80
Figura 19. Evolución temporal de la densidad promedio. ....	88
Figura 20. Evolución temporal de la densidad promedio (acotado en el eje “Y” en 110). ....	89
Figura 21. Evolución temporal de la densidad para cada año. ....	90
Figura 22. Evolución temporal de la densidad por meses. ....	90
Figura 23. Evolución temporal de la cobertura vegetal promedio por parcela. ....	92
Figura 24. Evolución temporal de la cobertura promedio para cada año. ....	93
Figura 25. Evolución temporal de la cobertura promedio para cada mes. ....	93
Figura 26. Evolución temporal de la diversidad alfa Densidad y la diversidad alfa IVI. ....	95
Figura 27. Evolución temporal de la riqueza de especies (S). ....	96
Figura 28. Evolución temporal del Índice de riqueza de Menhinick (DMN). ....	97
Figura 29. Evolución temporal del Índice de equidad de Pielou (J'). ....	97
Figura 30. Evolución temporal de la diversidad gamma Densidad y la diversidad gamma IVIg. ....	98
Figura 31. Evolución temporal del Índice Inverso de Simpson (Cinv Abundancia). ....	99
Figura 32. Evolución temporal del Índice Inverso de Simpson (Cinv Cobertura). ....	100

Figura 33. Evolución temporal del Índice Inverso de Simpson (Cinv Abundancia), el Índice Inverso de Simpson (Cinv Cobertura) y el Índice Inverso de Simpson (Cinv IVIg). .....	103
Figura 34. Evolución temporal de la abundancia de coleópteros en las Lomas de Lachay. ....	106
Figura 35. Evolución temporal de la riqueza de especies (S) de coleópteros en las Lomas de Lachay. ....	107
Figura 36. Evolución temporal del Índice de riqueza de Menhinick (DMN) de coleópteros en las Lomas de Lachay. ....	108
Figura 37. Evolución temporal del Índice de equidad de Pielou (J') de coleópteros en las Lomas de Lachay. ....	109
Figura 38. Evolución temporal de la diversidad alfa promedio y la diversidad gamma de coleópteros en las Lomas de Lachay. ....	110
Figura 39. Evolución temporal de la abundancia de aves en las Lomas de Lachay. ....	112
Figura 40. Evolución temporal de la riqueza de especies (S) de aves en las Lomas de Lachay. ....	112
Figura 41. Evolución temporal del Índice de riqueza de Menhinick (DMN) de aves en las Lomas de Lachay. ....	114
Figura 42. Evolución temporal del Índice de equidad de Pielou (J') de aves en las Lomas de Lachay. ....	114
Figura 43. Evolución temporal de la diversidad alfa promedio y la diversidad gamma de aves en las Lomas de Lachay. ....	115
Figura 44. La Densidad de las herbáceas en las Lomas de Lachay. Mayo 2010. ....	117
Figura 45. La Densidad de las herbáceas en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ...	118
Figura 46. La Cobertura de las herbáceas en las Lomas de Lachay. Mayo 2010. ....	118
Figura 47. La Cobertura de las herbáceas en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ...	119
Figura 48. La Diversidad alfa IVI de las herbáceas en las Lomas de Lachay. Mayo 2010. ....	120

Figura 49. La Diversidad alfa IVI de las herbáceas en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ....	120
Figura 50. La Abundancia de <i>Nicotiana paniculata</i> en las Lomas de Lachay. Mayo 2010. ....	121
Figura 51. La Abundancia de <i>Nicotiana paniculata</i> en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ....	122
Figura 52. La Abundancia de <i>Rostraria trachyantha</i> en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ....	122
Figura 53. La Abundancia de Coleópteros en las Lomas de Lachay. Junio 2002. ....	123
Figura 54. La Abundancia de Coleópteros en las Lomas de Lachay. Octubre 2002. ....	124
Figura 55. La Abundancia de Coleópteros en las Lomas de Lachay. Mayo 2010. ....	125
Figura 56. La Abundancia de Coleópteros en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.	125
Figura 57. La Abundancia de <i>Blennidus sp.</i> en las Lomas de Lachay. Junio 2002. ....	126
Figura 58. La Abundancia de <i>Blennidus sp.</i> en las Lomas de Lachay. Octubre 2002.	127
Figura 59. La Abundancia de <i>Blennidus sp.</i> en las Lomas de Lachay. Mayo 2010. ....	127
Figura 60. La Abundancia de <i>Blennidus sp.</i> en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ....	128
Figura 61. La Abundancia de Naupactini-1 en las Lomas de Lachay. Octubre 2002. .	128
Figura 62. La Abundancia de Naupactini-1 en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ....	129
Figura 63. La Abundancia de Staphylinidae-2 en las Lomas de Lachay. Junio 2002. .	130
Figura 64. La Abundancia de Staphylinidae-2 en las Lomas de Lachay. Octubre 2002. ....	130
Figura 65. La Abundancia de <i>Notiobia peruviana</i> en las Lomas de Lachay. Mayo 2010. ....	131
Figura 66. La Abundancia de <i>Notiobia peruviana</i> en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ....	131

Figura 67. La Abundancia de <i>Pelmatellus sp.</i> en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. .....	132
Figura 68. La Abundancia de Elateridae indet en las Lomas de Lachay. Junio 2002..	133
Figura 69. La Abundancia de Elateridae indet en las Lomas de Lachay. Octubre 2002. .....	133
Figura 70. La Abundancia de Elateridae indet en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.	134
Figura 71. La Abundancia de Elateridae indet en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. .....	134
Figura 72. La Diversidad alfa de las aves en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.....	135
Figura 73. La Diversidad alfa de las aves en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.	135
Figura 74. La Abundancia de las aves en las Lomas de Lachay. Mayo 2010. ....	136
Figura 75. La Abundancia de las aves en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ....	137
Figura 76. La Abundancia de <i>Zenaida auriculata</i> en las Lomas de Lachay. Mayo 2010. .....	137
Figura 77. La Abundancia de <i>Zenaida auriculata</i> en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ....	138
Figura 78. La Abundancia de <i>Zonotrichia capensis</i> en las Lomas de Lachay. Mayo 2010. ....	139
Figura 79. La Abundancia de <i>Zonotrichia capensis</i> en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ....	139
Figura 80. La Abundancia de <i>Psilopsiagon aurifrons</i> en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ....	140
Figura 81. La Abundancia de <i>Sporophila simplex</i> en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010. ....	140
Figura 82. Número de especies por grupo funcional de herbáceas en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010. ....	144

Figura 83. Abundancia por grupo funcional de herbáceas en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010. ....	144
Figura 84. Porcentaje de abundancia de las Terófitas (Th) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.....	146
Figura 85. Porcentaje de abundancia de las Caméfitas (Ch) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.....	146
Figura 86. Porcentaje de abundancia de las Geófitas (G) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	147
Figura 87. Porcentaje de abundancia de las Nanofanerófitas (Np) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.....	147
Figura 88. Abundancia de las Terófitas (Th) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	148
Figura 89. Abundancia de las Caméfitas (Ch) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	148
Figura 90. Abundancia de las Geófitas (G) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	149
Figura 91. Abundancia de las Nanofanerófitas (Np) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	149
Figura 92. Número de especies por grupo funcional de coleópteros en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010.....	151
Figura 93. Abundancia por grupo funcional de coleópteros en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010.....	151
Figura 94. Porcentaje de abundancia de Grupo Fitófago (F) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	152
Figura 95. Porcentaje de abundancia de Grupo Depredador (D) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	152

Figura 96. Porcentaje de abundancia de Grupo Saprófago (S) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	153
Figura 97. Porcentaje de abundancia de Grupo Omnívoro (O) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	153
Figura 98. Porcentaje de abundancia de Grupo Micetófago (M) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	154
Figura 99. Porcentaje de abundancia de Grupo Depredador Facultativo (DF) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	154
Figura 100. Abundancia del Grupo Fitófago (F) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	155
Figura 101. Abundancia del Grupo Depredador (D) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	155
Figura 102. Abundancia del Grupo Saprófago (S) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	156
Figura 103. Abundancia del Grupo Omnívoro (O) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	156
Figura 104. Abundancia del Grupo Micetófago (M) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	157
Figura 105. Abundancia del Grupo Depredador Facultativo (DF) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	157
Figura 106. Número de especies por grupo funcional de aves en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010. ....	159
Figura 107. Abundancia por grupo funcional de aves en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010. ....	160
Figura 108. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Granívoro-Insectívoro (G-I) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	161

Figura 109. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Insectívoro (I) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ...	161
Figura 110. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Granívoro (G) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ...	162
Figura 111. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Granívoro-Frugívoro (G-F) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	162
Figura 112. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Granívoro-Frugívoro-Herbívoro (G-F-H) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	163
Figura 113. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Granívoro-Frugívoro-Insectívoro (G-F-I) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	163
Figura 114. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Insectívoro-Nectarívoro (I-N) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	164
Figura 115. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Insectívoro-Nectarívoro (I-N) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	164
Figura 116. Abundancia del Grupo Granívoro-Insectívoro (G-I) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.....	165
Figura 117. Abundancia del Grupo Insectívoro (I) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	165
Figura 118. Abundancia del Grupo Granívoro (G) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	166
Figura 119. Abundancia del Granívoro-Frugívoro (G-F) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	166
Figura 120. Abundancia del Granívoro-Frugívoro-Herbívoro (G-F-H) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.....	167

Figura 121. Abundancia del Granívoro-Frugívoro- Insectívoro (G-F-I) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.....	167
Figura 122. Abundancia del Grupo Insectívoro-Nectarívoro (I-N) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.....	168
Figura 123. Abundancia del Grupo Nectarívoro (N) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	168
Figura 124. NMDS de la Abundancia de las Herbáceas entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	174
Figura 125. NMDS de la Cobertura de las Herbáceas entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	174
Figura 126. NMDS del IVIg de las Herbáceas entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	175
Figura 127. NMDS de la Abundancia de los coleópteros entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	175
Figura 128. NMDS de la Abundancia de los aves entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay. ....	176

## RESUMEN

Este estudio tiene el objetivo de evaluar las variables comunitarias de 3 taxa (herbáceas, avifauna y coleópteros) bajo el efecto del Evento El Niño, en la Reserva Nacional de Lachay, entre el periodo de 1998-2001 y 2010. Se emplearon los datos registrados en campo entre 1998-2001, y 2010 en 31 parcelas con 3 niveles de perturbación antrópica (12B, 8M, 11A), 15 muestreos para plantas y aves, y 19 muestreos para coleópteros porque se incorporan datos del 2002. Se estimó la composición, la abundancia, la riqueza, la equidad, la diversidad y los grupos funcionales y solo para las herbáceas la densidad, la cobertura, el IVI, las diversidades alfa densidad y alfa IVI, las diversidades gamma densidad y gamma IVIg y el  $C_{inv}$ . Se registró 9 nuevas especies de herbáceas y 7 morfoespecies de coleópteros en el 2010. La mayoría de las variables evaluadas presentaron una alta variabilidad al parecer por la alta variabilidad de algunos factores abióticos como la precipitación influenciadas por el ENSO y el Anticiclón del Pacífico Sur, para monitorear se proponen las variables  $C_{inv}$  Abundancia,  $C_{inv}$  Cobertura,  $C_{inv}$  IVI considerando si son nativas y/o endémicas, se aprecia su incremento luego de un ENSO sugiriendo que los ENSOs son activadores de la memoria histórica de los ecosistemas de Lomas. Además la abundancia y la riqueza de los coleópteros, la diversidad alfa y la riqueza de las aves. De los grupos funcionales el porcentaje de abundancia de caméfitas y de nanofanerófitas, la abundancia de los grupos depredador y saprófago. Algunas especies clave propuestas son *Solanum montanum*, *Stenomesson coccineum*, *Croton ruizianus*, *Trixis cacalioides*, *Crassula connata*, *Urocarpidium peruvianum* y *Nicotiana paniculata*, esta última cumpliendo la función de captura de agua atmosférica y como variable clave el IVIg, algunas variables están más relacionadas a detectar las condiciones de sequía.

**Palabras Clave:** Lomas de Lachay, Monitoreo, Ecosistema, Comunidad, Evento El Niño, Grupos Funcionales.

## ABSTRACT

This study aims to evaluate the community variables of 3 taxa (herbaceous, birds and beetles) under the effect of the El Niño event, in Lachay National Reserve, between the period of 1998-2001 and 2010. Data recorded in the field were used between 1998-2001 and 2010 in 31 plots with levels of anthropogenic disturbance (12B, 8M, 11A), 15 samplings for birds, plants, and 19 samplings for beetles because the 2002 data are incorporated. It was estimated the composition, abundance, richness, equity, diversity and functional groups and only herbaceous coverage, density, IVI, density alpha diversity and alpha IVI, density gamma diversity and gamma IVIg and  $C_{inv}$ . Nine new herbaceous species and 7 morphospecies beetles were recorded in 2010. Most of the variables evaluated showed a high variability apparently by the high variability of abiotic factors such as precipitation influenced by ENSO and the anticyclone of the South Pacific, to monitor proposed variables  $C_{inv}$  Abundance,  $C_{inv}$  Coverage,  $C_{inv}$  IVI considering whether they are native or endemic, it is rise after an ENSO can be seen suggesting that the ENSOs are activators of the historical memory of the Lomas ecosystems. Also the abundance and richness of beetles, alpha diversity and the richness of birds. Functional groups the percentage of abundance of chamaephytes, nanophanerophytes, the abundance of predatory and saprofago groups. Some proposed key species are *Solanum montanum*, *Stenomesson coccineum*, *Croton ruizianus*, *Trixis cacalioides*, *Crassula connata*, *Urocarpidium peruvianum* and *Nicotiana paniculata*, the latter play the role of atmospheric water capture and as a key variable IVIg, some variables are more related to detect drought conditions.

**Key words:** Lachay Hills, Monitoring, Ecosystem, Community, El Niño Event, Functional Groups.

## I. INTRODUCCIÓN

La costa peruana es una franja árida y angosta caracterizada por una topografía relativamente plana con predominancia de suelos arenosos. Se ubica en el margen oeste y al centro del continente suramericano, se origina por la presencia de la Corriente de Humboldt, que fluye a lo largo de la costa pacífica, y del efecto de la intercepción de la humedad procedente del este por la cordillera de los Andes. En algunos lugares es tan seca, que la cantidad de plantas y animales es reducida, encontrándose las comunidades vivientes más conspicuas en los oasis formados por la niebla costera, conocidas como “Lomas” (Reynel et al., 2013).

Las lomas son formaciones biológicas ubicadas a lo largo de la costa peruana a manera de “islas” en medio de uno de los desiertos más áridos del mundo. Son consideradas únicas en el planeta, porque poseen especies endémicas por su aislamiento geográfico y presentan una alta periodicidad, por lo que han sido empleadas por las culturas de la región desde hace miles de años (Torres, 1981; Tori, 2000).

En la zona de lomas se desarrolla una vegetación temporal durante el invierno austral debido a las garuas y nieblas densas y bajas. Dicha formación atmosférica se distribuye a lo largo de la costa (zona del litoral), abarcando una superficie aproximada de 800 000 a 900 000 ha, las cuales conforman unas 65 áreas o unidades de lomas. Por el carácter temporal de la vegetación y el rápido deterioro de estos pastos naturales, tienen una capacidad de soporte muy bajo. Sin embargo sirven de alimento a poblaciones de ganado caprino, ovino, vacuno entre otros, que migran temporalmente de la zona de sierra más aledaña para aprovechar el forraje (CONAM, 2006) y son refugios para la variada fauna de la costa del Perú.

La intervención humana sobre los ecosistemas áridos es antigua y se ha incrementado desde la colonia y en las últimas décadas en especial en la zona costera. Principalmente, estos ecosistemas se ven afectados en diversos sectores por la contaminación, la expansión urbana, la disminución del acuífero, la ampliación de la agricultura y la explotación minera. En la actualidad tienen una escasa representatividad en el Sistema Nacional de Áreas Naturales

Protegidas por el Estado (SINANPE), incluyendo algunas áreas de conservación (Rodríguez y Young, 2000). En especial las lomas del Perú se han visto reducidas, frente a las diferentes perturbaciones naturales y antropogénicas como el pastoreo excesivo, la tala de árboles y los asentamientos humanos.

Las crecientes presiones urbanas han afectado las lomas que se encuentran en el área metropolitana de Lima y Callao. Donde se encuentran las lomas de Amancaes, Atocongo, Pachacamac, Carabayllo y de Villa María del Triunfo. Siendo la vegetación dominante herbácea, habiendo desaparecido o disminuido drásticamente las especies arbóreas. La expansión urbana e industrial en el área de Tablada de Lurín y Atocongo produjo una disminución muy grande de la vegetación, lo cual fácilmente se aprecia en la falta de asociaciones típicas de varias especies vegetales (Aguilar, 1979). En el 2000 se formalizó un Convenio de Cementos Lima S.A. con la Asociación Club de Jardines del Perú (Floralíes) Comité Proflora y Pro-Defensa de la Naturaleza-Arequipa (PRODENA-Arequipa), para la protección y conservación del Amancay y la vegetación de Lomas en los distritos de Pachacamac y Chilca, estableciendo en 50 ha el “Santuario Privado del Amancay” (Floralíes-PRODENA-Arequipa-Asociación Atocongo, s.f.).

En el 2004 algunas áreas de las lomas de Lima Metropolitana contaban con el respaldo de autoridades locales para su protección. Era el caso de las lomas de Villa María que tenía 1,200 ha protegidas bajo una ordenanza distrital y de alrededor de 4,800 ha de lomas en el distrito de Pachacámac, bajo la denominación de “Parque Metropolitano Paul Poblet” (PNUMA, 2005).

A partir del 2010 se observa el interés del estado y la ciudadanía por conservar las lomas, creándose la Zona Reservada Lomas de Ancón según la R.M. N° 189-2010-MINAM (SINIA, 2013), que abarca una superficie de 10 962,14 ha, ubicándose en las provincias de Huaral, Lima y Canta y en el 2011 según R.M. N° 165-2011-MINAM, se crea el área de conservación privada Lomas de Atiquipa, en la provincia de Caravelí, departamento de Arequipa (SERNANP, 2013f) y se cambia la categoría de Zona Reservada San Fernando a Reserva Nacional San Fernando, según R.M. N° 017-2011-MINAM (SERNANP, 2013e) . En el Informe Geo Lima-Callao 2002-2004 en el capítulo de orientaciones para la acción se menciona: que la creación de Áreas Municipales y Regionales de Conservación o de

Corredores de conservación de la biodiversidad beneficiarán su manejo en ambientes urbanos (CONAM, 2006). Siendo uno de los principales problemas la pérdida de la cobertura vegetal y en especial de las especies forestales nativas de lomas. Lo que significa, que en la época húmeda cuando se pone verde, las áreas sean cada vez más pequeñas y que especies como la tara, el huarango, la papaya silvestre y la flor de Amancaes sean cada vez más difíciles de encontrar.

La Municipalidad Metropolitana de Lima (MML) tomó en cuenta esta recomendación, por lo que destinó esfuerzos para la conservación y recuperación de las lomas, mediante un programa denominado Lomas de Lima. Una de las principales metas del 2014 fue la propuesta para la creación de un Sistema de Conservación Regional de las Lomas de Lima Metropolitana (ACR), aproximadamente 20 000 ha de lomas costeras de la provincia de Lima, reconocido por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) del Ministerio del Ambiente y la Ordenanza que reconoce la Estructura Ecológica de Lima (MML, 2013).

Actualmente este interés por las lomas nos lleva a destacar la primera área protegida exclusivamente de lomas que fue creada en el año 1977, según D.S 310-77-AG (SERNANP, 2013b), la Reserva Nacional de Lachay (RNL), que ocupa un área de 5070 ha en la provincia de Huaura en el departamento de Lima, donde mantiene una muestra representativa de las lomas costeras y en la cual se fomenta el aprovechamiento racional. Además al encontrarse ubicada a tan solo 105 kilómetros al norte de Lima, ha mantenido un rol importante brindando un espacio para que se realice la educación ambiental y el ecoturismo, de los habitantes de la ciudad de Lima y sus alrededores como Huacho, Huaral y Chancay.

Otras dos áreas naturales protegidas que incluyen muestras del ecosistema de lomas son la Reserva Nacional de Paracas, según el D.S. 1281-75-AG (SERNANP, 2013a) y el Santuario Nacional Lagunas de Mejía, según el D.S. 015-84-AG (SERNANP, 2013c). Además el Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas según el D.S. 016-2009-MINAM (SERNANP, 2013d) establece que la investigación se considera como uno de los objetivos de su creación y una actividad inherente al sistema y a su gestión. Urge establecer políticas de uso sostenible y conservación para estas áreas que si bien no tienen la mayor diversidad biológica, sí presentan los mayores valores de endemismo y representan una biota con valiosa información genética para soportar las condiciones de aridez (MINAM, 2010).

Las lomas de Lachay como otras lomas en la antigüedad fueron empleadas por pastores trashumantes, actualmente por ser una área natural protegida en la categoría Reserva Nacional, brinda principalmente servicios recreativos y educativos; y es una área protegida importante para ser monitoreada biológicamente a largo plazo. De la comunidad ecológica de Lachay especialmente las herbáceas, las aves y los coleópteros han sido estudiados desde 1998 hasta inicios del 2001 por los profesores y tesisistas del área de ecología del departamento de biología de la UNALM. Entre 1997 y 1998 se presentó el Evento El Niño, por lo que el principal objetivo fue conocer las dinámicas de las poblaciones de algunas especies de la comunidad, sus respuestas frente a una perturbación natural como el Evento El Niño y su resiliencia. Esta comunidad se vuelve a monitorear el 2010, para hacerle un seguimiento a su comportamiento.

Por lo que la presente investigación pretende caracterizar y conocer las dinámicas más importantes de este ecosistema de lomas en tres diferentes taxa (herbáceas, avifauna y coleópteros) frente a las perturbaciones naturales, generando nuevas herramientas para la gestión.

La vegetación de las Lomas del Perú está constituida por numerosas especies herbáceas, semileñosas y leñosas. Se estima que existen más de 700 especies vegetales, entre las que destacan y dominan las temporales, muchas de ellas de muy corto periodo vegetativo. (CONAM, 2006). Según Cano et al. (1999b) para las lomas de Lachay se registra 146 plantas vasculares. La estructura de la vegetación es sumamente importante porque crea el soporte físico del ambiente terrestre, teniendo una considerable influencia sobre la distribución e interacción de varias especies de animales y porque brinda un lugar de descanso, alimentación y reproducción de estas especies (MINAG, 2002). Se relaciona estrechamente con la vida vegetal, la humedad, por lo que la fauna es más abundante en el invierno (Aguilar, 1963).

De las poblaciones de animales de las lomas, las aves son el grupo más fácil de distinguir y evaluar cuantitativamente. Las lomas de Lachay presentan 60 especies, entre residentes, visitantes y ocasionales. Siendo importante su visita en la época húmeda, porque aprovechan este hábitat para su anidamiento o la búsqueda de su alimento (MINAG, 2002).

Los artrópodos también interactúan en las lomas, es uno de los primeros grupos que fue estudiado. Aguilar (1963) registra 256 especies de artrópodos en las lomas de la costa central, siendo los coleópteros el grupo más abundante. Además este grupo es importante en las redes tróficas, porque están presentes en un alto porcentaje en la dieta de la lechuza de los arenales *Athene cunicularia* (Pulido y Aguilar, 1979), y presentan conexiones con diferentes organismos en el ecosistema.

La perturbación ecológica es un suceso puntual no habitual que genera el desplazamiento de alguna propiedad o variable de estado de una comunidad o ecosistema lejos de su valor típico. Estas perturbaciones en las Lomas de Lachay pueden ser naturales o antropogénicas, por su cercanía a Lima los visitantes pueden generar una perturbación antropogénica y por otro lado las variaciones estacionales en la disponibilidad de agua (época seca y época húmeda), constituyen perturbaciones naturales de largo plazo. La época húmeda se puede prolongar por la aparición de un Evento como El Niño, en este caso el Niño 1998, que incrementó la biomasa vegetal, y su disponibilidad para las aves (Tori, 2000; Giraldo, 2002; Véliz, 2002).

La sostenibilidad del sistema involucra el mantenimiento de la funcionalidad del mismo luego de una perturbación o el mantenimiento de los elementos necesarios para renovarlo o reorganizarlo, esta habilidad es denominada resiliencia (Walker et al., 2002). El desarrollo de la resiliencia se ha empleado en las estrategias de manejo sustentable (Marín y Delgado, 1997), así como en estrategias frente al cambio climático (Tompkins, 2002; Vordzorgbe, 2002).

Con el presente estudio se pretende realizar una aproximación al análisis de la resiliencia en los sistemas ecológico-sociales (SES) mejorando sucesivamente las actividades de gestión del ecosistema, a partir de las respuestas del mismo frente a actividades pasadas y de esa manera plantear una propuesta y desarrollar un programa de monitoreo.

Considerando que la gestión de un ecosistema se logra mediante un planteamiento, en este caso se emplea el marco conceptual del Manejo Adaptativo de Ecosistemas (MAE). Precisamente el marco conceptual del paradigma del Manejo Adaptativo de Ecosistemas (MAE) plantea a los ecosistemas funcionando como sistemas ecológico-sociales (SES) integrados en los que además de variables físicas y biológicas, existen actores humanos con

sus características sociales, económicas, psicológicas y culturales, por lo cual es una herramienta importante para la gestión de ecosistemas.

La ecología estudia los patrones y procesos naturales, fenómenos ecológicos y las causas de su permanencia o cambio. En los tres niveles: población, comunidad y ecosistema. El presente estudio permitirá conocer cómo se comportan algunos de los componentes bióticos de la comunidad de las lomas de Lachay entre los años 1998-2001 y 2010, mediante la evaluación de las variables comunitarias más importantes de tres diferentes taxa (herbáceas, avifauna y coleópteros), detectando eventuales cambios frente a las perturbaciones naturales como el Evento El Niño, evaluando algunos taxa importantes en la comunidad.

Por lo que el presente estudio tiene como objetivo principal:

- Evaluar las variables comunitarias de tres diferentes taxa (herbáceas, avifauna y coleópteros) bajo el efecto del Evento El Niño, en la Reserva Nacional de Lachay, entre el periodo de 1998-2001 y 2010.

Se plantea como objetivos secundarios:

- Describir la dinámica de la precipitación y la humedad relativa durante los ENSOs.
- Estimar las variables comunitarias (composición, densidad, abundancia, cobertura, riqueza, equidad y diversidad) de las herbáceas.
- Estimar las variables comunitarias (composición, abundancia, riqueza, equidad, diversidad) de la avifauna y de los coleópteros.
- Analizar la variación espacio-temporal de algunas variables comunitarias de las herbáceas, la avifauna y los coleópteros en el 2010.
- Identificar los grupos funcionales y las especies clave de las herbáceas, la avifauna y los coleópteros a través del evento El Niño.
- Detectar estados multiestables (estados estables alternativos o atractores) en la dinámica ecosistémica de las herbáceas, la avifauna y los coleópteros.
- Proponer el monitoreo de variables comunitarias indicadoras al evento El Niño.

Las Hipótesis planteadas son las siguientes:

La composición de las especies de los taxa (herbáceas, aves, coleópteros) se afectan en periodos donde ocurre el Evento El Niño 1997-1998.

Las variables comunitarias como la abundancia, la riqueza, la equidad, la diversidad, los grupos funcionales y las especies clave de los taxa (herbáceas, aves, coleópteros) no se afectan en periodos donde ocurre el Evento El Niño 1997-1998.

Las variables comunitarias como la densidad y la cobertura de las herbáceas no se afectan en periodos donde ocurre el Evento El Niño 1997-1998.

Los estudios en ecología tienen la limitación de no tener información suficiente para poder observar procesos ecológicos a largo plazo por ese motivo es importante comenzar a recopilar información de varios años de manera histórica, describiendo variables cualitativas y, de preferencia, cuantitativas mediante el monitoreo de variables comunitarias de diferentes taxones.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Las Lomas: Su definición y su origen

El padre Cobo (1956), en el siglo XVI describe a las lomas de la siguiente manera:

[...] en los términos de la dicha ciudad de Trujillo hasta Copiapó se continúan por toda la costa, salvo que a trechos se interrumpen con los valles y llanadas que se hacen en las orillas del mar. En estos cerros, pues, y sierra marítima haciendo una lista o faja de tres a cuatro leguas de ancho desde la marina para la tierra adentro, y larga desde donde empieza junto a Trujillo, doscientas leguas antes del cabo y término de los Llanos, caen solamente las garúas. A estos cerros que con ellas se riegan llamamos en este reino Lomas, y al tiempo que cae este rocío decimos tiempo de lomas, porque en él se visten de yerba y crían abundantes pastos [...]

Suelen comenzar las garuas por el mes de mayo y duran seis meses poco más o menos; caen muy desiguales, porque en los valles que se forman entre las lomas y en las llanadas de arenales de las riberas de la mar son más tenues y escasas que en los cerros y lomas, donde son tanto más gruesas y copiosas cuanto los cerros son más altos como vemos en la sierra de la Arena, que dista seis leguas de la ciudad de Lima (Cobo, 1956; Rostworowski, 2005).

Según Weberbauer (1945), lomas llama el habitante de la costa peruana, a aquella vegetación despertada por la humedad de las neblinas, comienza a enverdecer a mediados del invierno y seca a principios de verano. Mientras que para la RAE (2013) una loma es una altura pequeña y prolongada, generalmente se emplea para pequeñas colinas o elevaciones del terreno de poca altura. Sin embargo también es usada para la vegetación correlacionada con las neblinas que se producen en invierno y primavera; y se les denomina propiamente FORMACION DE LOMAS y se presenta en las costas del Perú y norte de Chile, constituye una de las asociaciones de plantas características de la costa occidental de Sud América (Ferreyra, 1953).

El habitante costeño denomina Loma a la vegetación espontánea que con la aparición de las neblinas a mediados del invierno empieza a verdear en quebradas y faldas de cerros que miran al mar en la costa, y que se empieza a secar a principios del verano; y para el poblador andino, es la ladera de inclinación suave, cubierta de vegetación baja (Torres, 1981).

Según Ferreyra (1953) las lomas tienen su límite meridional entre Huasco y Coquimbo, 30° L.S. (Chile) y su límite septentrional en el norte y noroeste de la ciudad de Trujillo, cerros Cabezón y Campana, 8° L.S. (Perú). Se ven favorecidas por la condensación de las neblinas traídas por los vientos que soplan de sur y suroeste, hasta una altitud de 1000 m (Brack, y Mendiola, 2010), en las lomas de Ica también se les ubica en las vertientes occidentales de los Andes, entre los 1200 y 2000 m (Whaley et al., 2010). La formación de lomas de nuestro país no se limita al territorio costanero sino también a varias islas, a pesar de que algunas de ellas se encuentran separadas de la costa. Como la isla San Gallán, frente a Pisco, la isla La Vieja situada en las aguas de la Bahía La Independencia en la Reserva Nacional de Paracas y la isla San Lorenzo frente a las costas del Callao.

Las Lomas en el Perú actualmente se extienden entre las latitudes 6°52'-18°24' L.S., presentándose en forma más intensa entre los 8 y 18° L.S., la cual corresponde a gran parte del desierto oceánico de nieblas (López, 1982), son aproximadamente de 40 a 67 lomas, con al menos 2000 km<sup>2</sup> de lomas dispersas en 144 000 km<sup>2</sup> de desierto (Tovar, 2003; Brack, y Mendiola, 2010; Dillon, 2013). Según Torres (1981) se extendían en un área aproximada de 8164 km<sup>2</sup> y representaban el 0.64% a 0.78% del total del país.

Durante el invierno la Corriente Peruana forma un manto neblinoso usualmente entre junio y setiembre, el mismo que se condensa y precipita lentamente bajo la forma de gotitas que en nuestra costa se llaman garúa y camanchaca en el sur del Perú y norte de Chile. Esta humedad atmosférica gravita sobre el suelo generando una vegetación efímera, periódica, que es conocida con el nombre de lomas. Predominan las comunidades herbáceas que se disponen en mosaicos de una policromía muy vistosa, que tapiza la costa desde Trujillo hasta Tacna, con discontinuidad en los cauces y valles (Ferreyra, 1986).

Una lluvia muy fina cae desde mayo hasta octubre, por eso la costa peruana se cubre de nubes durante seis a ocho meses al año (Canziani y Mujica, 1997), siendo los meses más húmedos julio y agosto. En el norte la vegetación se adelanta y alcanza su óptimo natural en julio y agosto. En el centro se produce entre agosto y setiembre y finalmente en el sur ocurre

entre octubre y noviembre. Algunas lomas reciben poca o ninguna precipitación y no se desarrolla la vegetación todos los años (Ferreyra, 1953). Las más abundantes lomas y las que duraban más tiempo eran las de Ilo, Atico, y Atiquipa en la diócesis de Arequipa, y en la de Lima en la sierra de la Arena, Pachacamac y Lachay (Cobo, 1956).

Para entender cómo se distribuyeron las lomas y la composición florística que se expresó, tenemos que situarnos hace millones de años en un pasado climático y en los eventos geológicos que se dieron. Nuestro desierto es uno de los más antiguos y el clima que presenta regionalmente parece haberse dado desde la época geológica del Mioceno medio, relacionado con el establecimiento de la ancestral corriente de Humboldt, así como un incremento en la intensidad del afloramiento de la capa de hielo antártico hace 13-15 millones de años y la elevación de la cordillera de los andes al menos a la mitad de la altura actual. Estos eventos se relacionan con la hiperaridez del desierto de Atacama y los desiertos del sur peruano (16° a 25° L.S.), presentando un mayor endemismo y un mayor grado de adaptaciones xéricas. Por otro lado las características edáficas entre 16° a 13° L.S., al parecer han alternado entre condiciones húmedas y xéricas durante el Pleistoceno. La extensión al norte de los 13° L.S. presenta condiciones desérticas recientes, en la época geológica del Holoceno, probablemente desde hace 5000 años (Rundel et al., 1991; Giraldo, 2002). Las glaciaciones que caracterizaron al Pleistoceno habrían capturado grandes volúmenes de agua oceánica ocasionando nuevamente regresiones alternadas en la línea del litoral, desplazando simétricamente la línea de neblina, y con ella, las formaciones de lomas. Esto habría ocasionado pulsos sucesivos de fragmentación y coalescencia en las comunidades vegetales costeras, agudizando los procesos de diversificación alopátrica de las especies de las lomas (Dillon et al., 2003; Reynel et al., 2013).

En nuestro país actualmente existen seis áreas naturales protegidas que incluyen una muestra representativa del ecosistema de lomas, siendo tres de ellas exclusivamente ecosistemas de lomas, y en el 2014 se planteó la creación de una nueva Área de Conservación Regional de las Lomas de Lima Metropolitana, lo cual muestra un interés creciente en conservar y gestionar los ecosistemas de lomas.

## **2.2 Las Lomas en la Historia del Perú**

El proceso histórico es importante, porque mediante la documentación de archivos históricos se puede intentar restablecer el ambiente costero unos cuantos siglos atrás, esta

reconstrucción puede permitir a los ecólogos apreciar los notables cambios ocurridos por la acción destructiva de la aculturación a raíz de la conquista, y tomar las decisiones adecuadas frente a la reducción de las lomas en el Perú, explicando su situación actual a partir de sus antecedentes y del conocimiento de sus formas de manejo.

Esta aproximación histórica ofrece la posibilidad de documentar e identificar los elementos fundamentales que aparentemente garantizaron un desarrollo sustentable; entre ellos, de manera especial, los instrumentos tecnológicos que lo hicieron factible. Del mismo modo, mediante la lectura histórica identificar las causas que determinaron que el manejo de las lomas dejara de ser sostenido a partir de su desestructuración a mediados del siglo XVI (Canziani y Mujica, 1997).

El antiguo poblador usó de la mejor manera el agua y domesticó diversas plantas desde leguminosas a gramíneas. A la vez que iba obteniendo del mar y las lomas los recursos necesarios para su subsistencia. Es precisamente la aparición de esta vegetación espontánea, la que habría inspirado los inicios de la agricultura por parte de los seres humanos que se desplazaban hacia el sur del continente, al descubrir lo que daba origen a las plantas, surgiendo entonces el conocimiento de las semillas, razón por la cual, dentro de la concepción humana, las lomas constituían un sustento de vida, la madre de las simientes, una “paq’arina” (Guerrero, 1996).

La documentación arqueológica, complementada por la información etnohistórica de los registros coloniales tempranos (Rostworowski, 2005), revela que en épocas prehispánicas se manejó adecuada e ingeniosamente la difícil geografía y las especiales condiciones ambientales, logrando un aprovechamiento óptimo que permitió la existencia de diversos asentamientos estables, la presencia de una nutrida población e, inclusive, el sorprendente desarrollo de notables y extensos terrazamientos agrícolas abastecidos por complejos sistemas de irrigación artificial, como también se ha documentado por el arqueólogo Elías Mujica, por sugerencia de la historiadora María Rostworowski al evaluar las lomas de Ychsma, en especial la quebrada de Malanche, también conocida como lomas de Pacta en la costa central del Perú (Canziani y Mujica, 1997, Rostworowski, 2002).

Engel (1987) menciona que encontrar e identificar restos muy antiguos de vegetales no es nada fácil; descubrió pueblos que vivieron hace 7000 años antes del presente; y en los desperdicios que rodeaban sus chozas encontró Begonias, frutos que crecen en las lomas.

Así tenemos uno de los extremos de la cadena. Antiguos sistemas agrícolas aparecen asociados físicamente a las lomas, aun cuando su funcionamiento era poco claro, como poco claras las formas de abastecimiento de agua que hicieran posible su cultivo.

A partir de la época colonial se inicia el proceso de desertificación y abandono de las lomas, no por causas ambientales sino por la acción del hombre. Con la llegada de los españoles hay un cambio sustancial en la economía andina. En el caso de las lomas, este cambio puede ser apreciado en la introducción de nuevas especies de animales, de nuevos patrones económicos y culturales que propician la tala indiscriminada de árboles y en la introducción de un nuevo tipo de organización del territorio para lo cual se reubicó a la población asentada en ellas. Estos tres cambios fueron las causas más gravitantes para la destrucción de un recurso económico de suma importancia para nuestra costa desértica, a la vez que reflejan la ignorancia del manejo sustentable de un recurso natural sumamente frágil (Rostworowski, 2005).

Entre los animales europeos introducidos en el siglo XVI estuvo la cabra, animal adaptado a un ambiente mediterráneo que le permitió desarrollar hábitos vitales para su subsistencia en aquellas condiciones, pero altamente depredador en nuestro medio. Por ejemplo, tienen una manera muy peculiar de comer destruyen las raíces al morderlas, a diferencia de nuestros camélidos que al alimentarse solo lo hacen con las hojas. Más aún las cabras tienen una manera peculiar de caminar, rodando las piedras de las laderas hacia el fondo de los cerros. En la actualidad es posible ver como las laderas sin piedras se mantienen secas todo el año, floreciendo solo aquellos lugares en donde las piedras que se han mantenido ayudan a la niebla a condensarse (Canziani y Mujica, 1997). Menciona Ruiz (1952) que eran numerosos los animales domésticos que pastaban en las lomas, cifra aumentada en aquella época por la crecida suma de animales de tiro y de cabalgaduras necesarias para el trájín entre los valles. Sus cantidades fueron por entonces muy superiores a las que pastan hoy día y ellos contribuyeron al deterioro de las lomas.

El uso intensivo de la leña para hacer fuego o de la madera para la construcción son costumbres occidentales que, al aplicarse en nuestro medio, produjeron la deforestación. En este ecosistema donde los árboles son indispensables para la regeneración de las condiciones de humedad, el resultado es aún más nefasto. Las costumbres andinas, producto de una larga apropiación de las condiciones materiales de existencia social, privilegiaron el uso de la bosta animal como combustible y del barro y la piedra para las construcciones (Canziani y Mujica, 1997).

El tercer factor de destrucción de las lomas se lo debemos al virrey Francisco Toledo y sus Ordenanzas, que obligaban a las poblaciones rurales dispersas a concentrarse o reducirse en los nuevos centros poblados funcionales a la organización colonial. Sabemos que los pobladores de las lomas fueron obligados a ir a vivir a los pueblos “reducidos”. Esta reubicación sin duda produjo un primer efecto inmediato, con el abandono de la infraestructura de lomas que obliga a un mantenimiento permanente para que el sistema, tan frágil, pueda seguir operando (Canziani y Mujica, 1997; Rostworowski, 2005).

Tanto la introducción de la ganadería foránea como la tala indiscriminada de árboles y la reducción de la población asentada en las lomas, produjeron la ruptura del sistema de manejo que posibilitó a las sociedades precolombinas la transformación de un área desértica del litoral en una zona altamente productiva (Canziani y Mujica, 1997).

Los posibles ciclos históricos del uso de las lomas desde los primeros habitantes:

Según Engel (1987), citado por Rostworowski (2005) las lomas han jugado un papel especial durante tres diferentes épocas precolombinas:

- a. La época preagrícola, cuando el modo de subsistencia se basaba en la recolección de caracoles de lomas, complementado con la caza;
- b. La época de agricultura arcaica;
- c. Las épocas tardías cuando se practicaba una agricultura intensiva y extensiva

La secuencia de ocupaciones que han tenido las lomas de la costa se puede decir que ha sido la misma para la mayoría de ellas, unas veces muy numerosas en habitantes en periodos de tiempo muy espaciados (Torres, 1981).

Hasta el momento se sabe que han sido habitadas por lo menos en 6 oportunidades (Engel, 1987; Torres, 1981):

### 1) Durante el horizonte preagrícola

La información arqueológica sugiere que aproximadamente desde 8000-4000 a. C., en el periodo de los cazadores recolectores, se usó de manera estacional para la práctica de la caza y la recolección de frutos y raíces. Los vestigios más antiguos encontrados hasta la fecha en Doña María y Lachay pertenecen a la fase precerámica terminal; es probable que estudiando el terreno más a fondo se encuentren restos indicando la presencia de cazadores preagrícolas, sobre todo en los cerros mismos de Lachay y en sus cuevitas y abrigos.

### 2) Por agricultores del maíz utilizando cerámica Chavín

Engel observo la existencia de un pequeño bosque de taras, palillos, mitos, choloques, entre otros, que se extendía a todo lo largo del camino entre terrazas de piedras; y se preguntó si no sería una plantación artificial. Frutos comestibles aparecen en los residuos en tiempos de los chavines, como el palto, la guayaba y el lúcumo. Quizás el cultivo de estos árboles tenga un origen que se remonte a 2 500 años. Otro vestigio viene a fortalecer esa sugerencia; al pie de la quebrada donde han sobrevivido esos árboles, se encontró una pequeña estructura de piedra revestida con barro, un “templete” de forma rectangular; los desperdicios que cubrían la ruina estaban llenos de cerámica Chavín del tipo conocido como “ceremonial”, lo que no significa nada ya que en varios lugares esa clase de loza se encuentra en los fogones de los más humildes pescadores o agricultores. Sin embargo la estructura parecía de una calidad superior a lo que correspondía a simples viviendas.

### 3) Por pastores post Chavín o Teatinos

El otro vestigio pertenece indudablemente a elementos influenciados por los serranos conocidos como Huari, su duración no puede ser más allá del siglo IX o X.

### 4) Por pastores durante los tiempos de la ocupación “Chancay”

Siendo el tercer grupo los Chancay, del valle vecino del sur. Chancay pertenece a los finales del siglo XV y a los comienzos del XVI.

### 5) Por ganaderos en tiempos coloniales

### 6) Por chivateros contemporáneos

Engel supone que la razón del abandono de las lomas entre cada una de estas épocas se debió a fluctuaciones climáticas y a persistentes sequías. Observa que en la actualidad, durante los inviernos fríos, las neblinas se condensan por debajo de los 200 m, mientras si los inviernos son menos fríos las neblinas tienden a remontarse. Las variaciones climáticas

cíclicas, aunque con muy pequeñas oscilaciones, son suficientes para producir el aumento o disminución de la intensidad de las neblinas existentes en las lomas, causando trastornos en su delicada y sensible formación.

Puede suponerse que existieron dos modelos de asentamientos tardíos en las lomas. Uno podría corresponder a aldeas permanentes, situadas en lugares equidistantes entre los recursos del mar y de las lomas (Moseley, 1975 citado por Rostworowski, 2005). Es un tipo de establecimiento que se repite en varios lugares tanto tempranos como tardíos. El segundo modelo sería de carácter estacional. A ellos acudirían solo durante la estación húmeda de las lomas, trasladándose luego a otra vecindad. Este supuesto parece muy probable para el Intermedio Tardío.

Según Canziani y Mujica (1997) la observación, la acumulación de conocimientos y la apropiación de las condiciones ecológicas por las poblaciones prehispánicas asentadas en el área, permitieron que estas emplearan adecuadamente las lomas en épocas tardías (ca. 600-1500). Así, transformaron su condición original mediante el desarrollo de un complejo sistema de irrigación y modificaron el paisaje desértico mediante la construcción de extensos sistemas de terrazas y el acondicionamiento de los suelos para el desarrollo de la agricultura. De esta manera se generó, en un área muy árida, una importante zona de producción.

En el marco de este tipo de manejo, es lógico suponer que si los bosques y la ecología de las lomas eran la fuente primaria y esencial de la generación y “acumulación” del recurso de agua, debió regularse su uso; y posiblemente no solo con miras a su mantenimiento y conservación, sino inclusive a su potenciamiento y a la ampliación de su extensión. De manera que, en este caso especial, el desarrollo de la agricultura no habría implicado, como usualmente sucede, la reducción o desaparición del bosque sino todo lo contrario (Canziani y Mujica, 1997).

La constatación de un manejo complejo y articulado de las zonas de lomas exige un estudio integral y multidisciplinario de aquellos aspectos que intervinieron en su manejo y transformación en una importante zona de producción. Nos encontramos no solo con una estrategia adaptativa al ambiente natural, sino más bien frente a una realización social en la cual intervino la población mediante el desarrollo de determinadas formas de organización de la producción y la generación de instrumentos tecnológicos especialmente diseñados para

el desarrollo de los procesos productivos y el mejor aprovechamiento de los recursos naturales (Canziani y Mujica, 1997).

Según la información etnohistórica en los siglos de XVI y XVII fundamentalmente se empleó durante los meses del invierno para pastar el ganado, los pastos naturales de las lomas resultaron sobreexplotados por los animales importados, su gran número contribuyó al deterioro del recurso (Rostworowski, 2005). También se inició la explotación de lomas y bosques, como proveedores de leña y vigas para las ciudades (Guerrero, 1996).

Al tratar del ambiente podemos asegurar un profundo cambio si comparamos la situación actual con la del siglo XVI. En más de cuatrocientos años, los Llanos han sufrido una transformación, una pérdida de sus recursos y han aumentado las zonas desérticas de una manera por demás alarmante (Rostworowski, 2005).

“Se sabe de la existencia de un pueblo llamado Llachay entre Huaura y Chancay, y por el pasó Hernando Pizarro y su comitiva cuando en enero de 1553 partieron de Cajamarca hacia el santuario de Pachacamac, para traer el oro del rescate” (Fernández de Oviedo, 1959). Los españoles llamaron la aldea “el pueblo de las perdices” pues no había casa que no las tuviese (Rostworowski, 2005).

A partir de la conquista, y durante los periodos colonial y republicano, las lomas fueron degradándose, principalmente a causa del sobrepastoreo de ganado domestico introducido y a la extracción de madera. En 1909 la demanda de madera para la construcción del ferrocarril Ancón-Huacho-Barranca agravó la situación. Durante el siglo XX, la cacería desmedida contribuyó a completar la alteración de este ecosistema. En 1928, las lomas costeras fueron declaradas propiedad del estado, lo que permitió 5 años después, realizar los primeros ensayos de reforestación de Lachay, en setenta hectáreas cercadas. En 1941, el área de reforestación fue ampliada a cuatrocientas hectáreas (MINAG, 2002; MINAM, 2009).

Palomares (2008) describe a las lomas de Lachay que él conoció en 1945, al ir a pastorear el ganado de su padre, según cuenta las lomas soportaban hasta 30 000 cabezas de ganado vacuno. Además describe a la avifauna presente como las palomas, los guardacaballos, los pericos cordilleranos, las tortolitas, los pamperos y las lechuzas de los arenales. En la época seca llegaban venados en grupos de docenas y las palomas desde 500 a 1000 alimentándose de las semillas, por lo que algunos cazadores la visitaban en este periodo.

En 1977 las lomas fueron declaradas Reserva Nacional, con una extensión de 5070 hectáreas, su protección estuvo a cargo de la Dirección General Forestal y de Fauna y de la Zona Agraria IV – Lima, del Ministerio de Agricultura y Alimentación. Su primer Plan Maestro fue elaborado en 1979, como instrumento básico de planificación, en él se menciona que se estableció la Reserva para detener su destrucción, y para satisfacer su requerimiento de protección y de desarrollo regional (MAA, 1979).

En tiempos recientes en las lomas de Lachay los servicios del Ministerio de Agricultura llegaron a producir, sin riego, como ensayo cebada, trigo, centeno, papas y plantas para forraje (MAA, 1979; Rostworowski, 2005). Antes y luego de ser área protegida fue empleada como recurso alimenticio por grupos de chivateros, que llegaban de las partes altas.

El segundo Plan Maestro fue elaborado en el 2002, manteniendo los objetivos de su creación (MINAG, 2002), en esta ocasión a cargo del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), del Ministerio de Agricultura, y siendo parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINANPE).

Su último Plan Maestro fue elaborado el 2013 y su vigencia es hasta el 2018. En la actualidad es administrada por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), organismo técnico especializado adscrito al Ministerio del Ambiente. Como ente rector del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE), su labor en la Reserva Nacional de Lachay (RNL) es salvaguardar los valores ecológicos, culturales e históricos del ecosistema de lomas, coordinar con los principales actores locales y regionales para llevar a cabo una gestión participativa, y conservar la biodiversidad orientada a contribuir al desarrollo económico y social del país (MINAM, 2013).

### **2.3 La flora y la fauna de las Lomas**

Los primeros datos acerca de la vegetación de las lomas fueron dados en el siglo XVIII por los botánicos españoles Hipólito Ruiz y José Pavón; y el médico botánico francés José Dombey, comisionados para la exploración botánica de los Reinos del Perú y Chile. Ellos son responsables de describir como 70 especies (Ferreira, 1953; Rundel et al., 1991).

En el siglo XIX fue el naturalista Antonio Raimondi, quién explora principalmente las lomas del sur. Luego en el siglo XX el profesor Augusto Weberbauer, da a conocer datos muy valiosos sobre el aspecto florístico de las lomas costaneras (Ferreyra, 1953; Torres, 1981; Dillon et al., 2011).

Ferreyra discípulo de Weberbauer, continúa el trabajo de su maestro explorando 12 lomas peruanas desde el sur de Mollendo hasta las lomas de Trujillo, catalogando 63 familias de fanerógamas y cerca de 400 especies (Ferreyra, 1953). Después en otro trabajo similar en 1960 registró 550 especies de fanerógamas, de las cuales unas 235 (43%) son anuales, 287 (52%) son perennes y 28 (5%) son arbustos altos y árboles (Ferreyra, 1960). Según Whaley et al. (2010) actualmente se han registrado en las formaciones de lomas peruanas cerca de 600 especies de plantas florecientes, gimnospermas, y helechos. Según Rundel et al. (1991) Dillon detalla 72, 284 géneros y 557 especies.

Al parecer cuanto mayor es la regularidad en las neblinas, mayor es la cantidad de especies. Rundel et al. (1991) compararon la cantidad de lomas y la riqueza, entre Perú y Chile, en las lomas chilenas hay una menor regularidad de las neblinas, encontrando una mayor riqueza para las lomas peruanas.

La flora de estos desiertos costeros no se halla completamente documentada; no obstante, es claro que la cantidad de especies endémicas es proporcionalmente alta en especial en las lomas del sur. Dos familias son endémicas de estos ambientes, Nolanáceas (actualmente incluidas en las Solanáceas) y Malesherbiáceas. Además otras familias botánicas características son las Apiáceas, Boragináceas, Brasicáceas, Compuestas y Gramíneas (Reynel, 2013); Ferreyra (1953) también incluye a las leguminosas o Fabáceas.

Según Whaley et al. (2010) estos ecosistemas son el hogar de muchas especies endémicas de una amplia serie de géneros, incluyendo *Astragalus* (Fabaceae), *Nolana* (Solanaceae), *Palaua* (Malvaceae), *Tiquilia* (Boraginaceae), *Leptoglossis* (Solanaceae), *Suaeda* (Chenopodiaceae) y *Ambrosia* (Asteraceae). Además el movimiento de ganado entre la sierra y la costa ha llevado a la introducción de muchas hierbas de los Andes.

Las plantas de esta formación son anuales en su mayor parte y se mezclan con otras especies tuberosas y bulbosas, llamando la atención el pequeño número de gramíneas dentro de esta

cubierta vegetal temporal (Weberbauer, 1945). Entre las especies de vida efímera, de carácter herbáceo y típicas de invierno y primavera se tiene a las siguientes: *Parietaria debilis* y *Chenopodium petiolare*. Entre las hierbas perennes, se menciona a *Nolana humifusa* y *Paspalum flavum*. Entre las plantas bulbosas, se tiene a *Fortunatia biflora*, y entre las plantas con raíces tuberosas, se tiene a *Calandrinia* sp. (Ferreya, 1953; CONAM, 2006).

Por otra parte *Salvia rhombifolia* (hierba anual), *Calceolaria pinnata* y *Vasquezia oppositifolia* están extensamente distribuidas en todas las lomas. Algunas especies como *Erodium* sp, *Paspalum flavum* y *Bromus striatus* (hierba anual), así como diversas especies de Geraniáceas, Begoniáceas, Solanáceas, Convolvuláceas y Compuestas forman parte del alimento del ganado (Ferreya, 1953).

Ferreya (1960) en la región central encuentra la presencia de algunos relictos forestales revelando que en tiempos pretéritos hubo bosques de algarrobo (*Prosopis limensis*); lúcumo (*Lucuma obovata*); boliche (*Sapindum saponaria*); huarango (*Acacia macracantha*); tara (*Caesalpinia tinctoria*); chirimoya (*Anona cherimolia*); palillo (*Capparis prisca*); higuerón (*Ficus* sp.) y mito (*Carica candicans*).

La composición de las lomas de Iguanil también nos ofrece otros temas de reflexión: casi todas sus plantas tenían uso en tiempos precolombinos: ornamental, como pasifloras (*Passiflora* sp.); medicinal, como el tabaco cimarrón (*Nicotiana* sp.); o en materia de tintes, “hierba santa” (*Cestrum* sp.) para obtener un morado vivo y el nardo para obtener amarillo anaranjado. Esto puede indicar que desde los tiempos preagrícolas la población escogió la loma por sus recursos vegetales, desarrollándose este tipo de parque botánico durante los tiempos agrícolas (Engel, 1987; Arias, 1990).

Los antiguos peruanos solían aprovechar muy bien la época de las lomas para cultivar la papa, el maíz, el maní y otros alimentos básicos de ciclo corto, cosechándolos al final del periodo de garuas. Esta costumbre ha ido desapareciendo aunque todavía prevalece en algunas lomas del sur, como en Cappac y Atiquipa en el departamento de Arequipa. También se realizaban trueques entre pobladores de la sierra y la costa, los primeros traían sus productos a lomo de llama (papa, olluco, oca, maíz, charqui y artesanías) y los intercambiaban por productos marinos (cochayuyo, pescado seco de anchoveta, bonito,

conchas de abanico, almejas secas, camarones, etc.). Este comercio también ha desaparecido (Ferreyra, 1986).

Con respecto a la fauna, es preciso analizar la importancia de las lomas y su significado en la economía yunga en tiempos prehispánicos y comparar las noticias de entonces con la realidad actual. En aquella época no era nada despreciable el volumen de los recursos alimenticios que el indígena podía obtener de las lomas con la simple conservación de su ecología. A la llegada de los españoles a estas costas, vivía en las lomas una numerosa fauna de temporada, que disminuyó progresivamente hasta extinguirse casi totalmente a fines del siglo XIX (Rostworowski, 2005).

Según Saito (1976) entre los principales animales en las lomas de Lachay se distinguían la vizcacha (*Lagidium peruanum*); dos tipos de zorros (*Lycalopex culpaeus* y *Conepatus rex*), que en la actualidad son raros de encontrar; el puma (*Puma concolor*); el huanaco (*Lama guanicoe*); el venado gris (*Odocoileus virginianus*), que han desaparecido; y entre las aves destacaba la perdiz (*Nothoprocta pentlandii*), que es residente de la Loma de Parque y de Fanerógamas especialmente.

Entre los europeos la perdiz era muy apreciada por su carne y hay noticias de entregas de cientos de ellas a los corregidores y los encomenderos cuando estaban de paso por los pueblos. Igualmente los venados fueron cazados hasta su exterminio. Antes de la Conquista, también los naturales se beneficiaban del recurso de la fauna de las lomas, pero cuidaban de no exterminar las especies. Al recurso de la caza añadiremos el de la recolección de caracoles. Es de suponer que la recolección tenía un fin comestible, aunque existe la posibilidad de algún uso especial que desconocemos (Rostworowski, 2005).

El pastoreo en las lomas no solo fue realizado por los grupos serranos como en la actualidad sino que los propios costeños poseían rebaños de camélidos. Dada la escasez de pastos en los llanos, es natural que enviaran a pastar sus llamas a las lomas durante la época de verdor. El principal objetivo de estos camélidos no era la obtención de lana o carne. El transporte debió ser la preocupación mayor de las yungas y de ahí la necesidad de adaptar los animales al medio costero. Las menciones sobre la presencia de llamas en la costa es una información dispersa en la documentación de archivos, pero positiva en los reconocimientos arqueológicos (Rostworowski, 2005).

La fauna se ve representada en su mayoría por aves e insectos, pero existen también algunas especies importantes de mamíferos, reptiles y moluscos (Tori, 2000). Según Brack (1974) los vertebrados de las lomas costeras del Perú están representados por 1 anfibio, 18 reptiles, 71 aves y 24 mamíferos. De los invertebrados son descritos 21 gastrópodos: 2 babosas y 19 caracoles (Aguilar y Arrarte, 1974). Aproximadamente 200 insectos, 38 arácnidos, 18 moluscos, 6 quilópodos, 4 crustáceos, 17 reptiles, 85 aves, 30 mamíferos y además de otros Phyla escasamente conocidos. En las lomas de Atocongo se han registrado 256 especies de artrópodos (Aguilar, 1985; Giraldo, 2002; Brack y Mendiola, 2010).

#### **2.4 Las Lomas: Sus características**

Las características más importantes de las lomas costeras (Brack y Mendiola, 2010), son las siguientes:

- a. La fuerte variación estacional en la disponibilidad de humedad: en verano (diciembre-abril) están secas y en invierno (mayo-octubre) hay gran humedad.
- b. La marcada diferencia de temperaturas: en verano es cálido (encima de 25 °C) y en invierno templado (13 °C).
- c. La marcada sucesión en el desarrollo de la vegetación. Primero crecen las algas y los musgos, que necesitan menos agua. Luego germinan las fanerógamas, floreciendo primero ciertas amarilidáceas (como el amancaes, *Ismene amancaes*), y siguen las plantas herbáceas, arbustivas y las gramíneas. Finalmente, ya en el verano y cuando todo está seco, florece la flor de trompeta (*Stenomesson coccineum*).
- d. La adaptación de la flora a la variación estacional, especialmente para sobrevivir la época seca. Muchas plantas poseen bulbos, rizomas y cebollas; otras son caducifolias; y las anuales sobreviven en forma de semillas.
- e. La adaptación de la fauna a la variación estacional. Muchas especies emigran durante la época seca; otras estivan debajo de piedras y huecos, y otras sobreviven en forma de larvas.

#### **2.5 La Clasificación de las formaciones vegetales de las Lomas**

Ferreyra (1960) distingue la vegetación de las lomas en dos tipos:

- A. Estrato herbáceo más arbustivo;

B. Estrato herbáceo más arbustivo más arbóreo más cactáceas.

Las del grupo B tienen dos pisos de vegetación:

Uno inferior constituido por hierbas y arbustos y otro piso superior compuesto de árboles y arbustillos que habitan en las laderas y cumbres de las lomas. Entre estas últimas podemos citar las de Mollendo, Chala, Atiquipa, Quilmaná, Lurín, Lachay, etc.

Según Koepcke (1961), citado por Brack (1986), realiza una clasificación de los tipos de lomas:

a) Lomas con árboles:

- *Las lomas boscosas siempre verdes*, caracterizadas por la presencia de bosques cerrados de árboles y arbustos; especialmente bien desarrollados en Atiquipa y Cháparra con bosques de *Eugenia ferreyrai* (Fam. Myrtaceae).
- *Las lomas tipo parque* con árboles aislados cubiertos de musgos, helechos y piperáceas; sobre las ramas se acumula humus en el cual crecen begonias, calceolarias, gramíneas y otras plantas. Este tipo de lomas es abundante y se halla entre los 500 y 700 m.s.n.m. A causa de la cobertura vegetal y su extensión la fauna es variada.

b) Lomas de matorral y hierbas:

- *Lomas de matorrales siempre verdes*, que se encuentran allí donde las precipitaciones son abundantes, con la presencia de matorrales siempre verdes.
- *Lomas de matorrales de hojas deciduas*, con menos humedad que las anteriores. Las especies típicas son el mito (*Carica candicans*), *Piqueria* spp. (Fam. Compositae) y *Croton* spp. (Fam. Euphorbiaceae).
- *Loma arenosa con plantas higrofíticas*, con hierbas de hojas suaves. En la época seca se la reconoce por las flores anaranjadas de *Stenomesson coccineum*, mientras que en la época húmeda florece *Nolana humifusa*, con flores azules, *Stellaria* sp. y *Drymaria weberbaueri*, con flores blancas.
- *Loma pedregosa con plantas higrofíticas*, con la flor de amancaes (*Hymenocallis amancaes*, Fam. Amarillidaceae) como planta característica, que es lo que primero florece en las lomas de la costa central.

c) Lomas de suculentas:

- *Loma de Calandrinia*, generalmente al borde de las lomas arenosas con plantas higrofíticas. La vegetación típica está conformada por suculentas como *Calandrinia* sp. (Fam. Portulacaceae) y *Oxalis* sp. (Oxalidaceae).
- *Loma de Islaya*, frecuente en el sur donde las cactáceas del género *Islaya* forman franjas de 1 a 2 km de ancho.

d) Lomas de plantas xerófitas y semixerófitas:

- *Loma de paredes rocosas con bromeliáceas*: las paredes rocosas entre y cerca de la vegetación mejor desarrollada de las lomas están cubiertas de diversas bromeliáceas, resaltando las de los géneros *Pitcairnia* y *Tillandsia*. En las grietas crecen hasta arbustos. Por la desintegración química de las rocas se han formado huecos redondeados, que juegan un rol importante como refugio de diversas aves, tanto para anidar como para pasar la noche.
- *Loma de musgos*: en las partes bajas y altas se encuentran manchas de musgos, generalmente de poca extensión, sobre rocas y suelo arenoso.
- *Loma de líquenes sobre rocas y piedras*: es la forma más primitiva de lomas y la que se presenta en las condiciones más extremas, encontrándose en medio del desierto o en las laderas expuestas a los vientos. También es el tipo de loma que se extiende más hacia el norte.
- *Loma de algas sobre suelo duro*: en la parte baja de las lomas existen extensas áreas donde se desarrollan algas azules y que dan al desierto un color negro.
- *Loma de Tillandsias* (Tillandsiales): totalmente cubiertas por bromeliáceas del género *Tillandsia* (*T. latifolia* y *T. purpurea*, principalmente), que pueden estar ubicadas en forma aislada o en las áreas más secas de lomas con otro tipo de vegetación.
- *Loma arenosa con líquenes*, ubicada en la parte inferior de las lomas de suelo arenoso, con predominancia del liquen *Cladonia rangiformis*.
- *Loma arenosa de nostoc*: grandes extensiones de los arenales en las partes bajas de las lomas pueden estar cubiertas por un polvo y grumos negros, que al contacto con la humedad se hinchan prontamente tomando una consistencia gelatinosa. Se trata del alga *Nostoc commune*. En ella son abundantes las conchillas de caracoles como *Bostryx scalariformis*.

Según Petersen (1972) el perfil típico de las lomas comprende:

1. Desierto interior (0-100 msnm), ocasionalmente zonas de gramíneas (*Distichlis spicata*).
  - Loma de *Haageocereus*, donde los cactus del género *Haageocereus* forman comunidades cerradas, a veces de gran extensión.
  - Loma de *Cereus* (Neoraimondia), con cactus del mismo género y especialmente frecuente en el sur de Perú y de Trujillo hacia el norte.
2. Zona inferior de Tillandsiales.
3. Zona semidesértica de criptogramas (200 msnm).
4. Zona de vegetación herbácea y epífita, entre los 200 a 400 msnm.
5. Zona de hierbas altas (400-500 msnm, conformada de plantas anuales, bulbosas y rizomatosas; los arbustos son escasos o ausentes. Ambiente de flora de Amancaes (Amaryllidaceae).
6. Zona de arbustos o árboles, musgos y epifitas (500 o 600 msnm). Ambiente a manera de parque. En años de gran humedad la región es apta para el cultivo.
7. Zona superior de Tillandsiales. A partir de los 700 metros de altura comienza a disminuir la abundancia de hierbas y la vegetación arbórea se vuelve rala, desapareciendo finalmente.

Ono (1982) clasifica la vegetación de las lomas de la costa peruana como:

1. Loma de herbáceas: entre 200-300 m y 250-400 m
2. Loma arbustiva: entre 300-500 m y 450-500 m
3. Loma de bromeliáceas: entre 600-800 m
4. Loma de tillandsiales: 100 y entre 300-400 m
5. Loma de cactáceas: entre 400-600 m

Según Torres (1981) la vegetación en las lomas en su mayor parte es herbácea, predominando las perennes y siendo frecuentes las bulbosas y las tuberíferas. Pocas son las gramíneas, hallándose dispersas debido al pastoreo. La vegetación arbustiva es reducida, tanto en el número de especies como en la cobertura, presentándose principalmente en las partes altas. La alta humedad atmosférica es uno de los factores de la abundancia de briofitas

y líquenes, que se instalan, ya sea en el suelo no cubierto y en las rocas, como epifitas en las ramas de los arbustos. Las cactáceas constituyen una de las pocas formaciones de vitalidad continua, se hallan en sitios pedregosos de las laderas secas, aisladas de la vegetación herbácea típica. Los líquenes fruticolosos viven sobre la tierra, las piedras y las ramas de los arbustos, pasando a constituir la única vegetación visible en los meses secos.

Según Engel (1987) el límite inferior de una loma generalmente está en los 200 m de altitud; con un altímetro fino en la mano, se puede recorrer y trazar el límite inferior de la vegetación. Existen algunas excepciones; es así que en el sur grande, más allá de Chala, la vegetación de loma se acerca hasta la playa; en tiempos anteriores han existido en varios lugares “lomas”, ubicadas entre 50 y 200 m; hoy se ven en estado fósil. Entre los 50 y 200 m de altitud viven tillandsias o “achupallas” que no se adaptaron a las lomas, demasiado húmedas. Las tillandsias también existen, a veces sobre los 1000 m, pero no es vegetación de lomas sino otra forma de vegetación del desierto.

Según Brack y Mendiola (2010), se distinguen diversos tipos de lomas:

1. Lomas con árboles: eran más abundantes en el pasado, pero debido a la deforestación han sido reducidas paulatinamente. Algunas tienen vegetación arbórea más densa y se presenta en el sur, como Atiquipa y Cháparra. Este tipo de lomas tiene fauna más abundante.

Otras se caracterizan por la presencia de árboles dispersos, que obtienen el agua de las rocas cercanas. Las especies arbóreas más importantes son la tara (*Caesalpinia spinosa*), el palillo (*Capparis prisca*) y el huarango o espino (*Acacia macracantha*). Las ramas de los árboles tienen abundancia de musgos y líquenes donde crecen helechos, piperáceas y begonias. Una cucurbitácea trepadora (*Sicyos baderoa*) puede formar en años húmedos grandes alfombras y hasta cubrir los árboles por completo.

2. Lomas de arbustos y hierbas: son de características variables. Donde la humedad del suelo es suficiente y permanece durante todo el año se encuentran lomas de arbustos siempre verdes. Donde la humedad no es suficiente se forman lomas de arbustos que reverdecen en invierno y se secan o pierden las hojas en el verano. Aquí el mito (*Carica candicans*) es una planta suculenta muy frecuente.

3. Lomas de suculentas: se caracterizan por la presencia de especies de plantas suculentas, o sea, que almacenan agua en sus tallos para sobrevivir la sequía. En algunas zonas predominan un olluco silvestre (*Oxalis* sp.) y una portulacácea (*Calandrinia* sp.), que forman

comunidades extensas. En otras zonas predominan especies de cactus (*Isalaya*, *Haageocereus* y *Cereus*) con varias especies endémicas de las lomas.

4. Lomas de xerofitas y semixerófitas: estas lomas se caracterizan por tener especies de plantas que resisten la sequía. En las paredes rocosas es característica una bromeliácea (*Pitcairnia* sp.), que crece sobre las rocas y entre las grietas. Los musgos pueden cubrir extensas áreas del desierto y de las rocas. En las zonas pedregosas, los helechos pueden cubrir importantes áreas.

En los suelos arenosos o arcillosos, el alga *Nostoc commune* tiñe el desierto de color oscuro. También son frecuentes las achupallas (*Tillandsia* spp.) y los líquenes de color blanco (*Cladonia rangiformis*), que pueden cubrir el suelo y las rocas en grandes extensiones.

## **2.6 Los factores que influyen en la formación de las Lomas**

Humboldt realizó importantes observaciones sobre la vegetación y sus condiciones climáticas, descubriendo una de las causas de la vegetación de las lomas, la corriente marina de origen antártico que lleva su nombre (Galán de Mera, 2000).

Según Saito (1976) las lomas se encuentran relacionadas con los factores siguientes: Sistemas de Corrientes en el mar peruano (Corriente peruana o de Humboldt, Corriente oceánica, Contracorriente del Perú, Corriente del Niño, Corriente submarina,), el Anticiclón del Pacífico Sur, la forma de la costa peruana y la aridez presente en ella.

La corriente peruana o de Humboldt, presenta una temperatura promedio de 13 a 14 °C en invierno (mayo a octubre) y de 15 a 17 °C en verano (noviembre a abril). Las consecuencias más importantes de la presencia de esta corriente son el afloramiento de las aguas desde el fondo, cargadas de nutrientes, y las peculiaridades del clima de la costa peruana, como la presencia del Evento El Niño, cuya intensidad y durabilidad influye de forma directa y proporcional a la presencia de lomas (MINAG, 2002).

La corriente oceánica, corre más lejos de la costa, que la corriente costera y llega hasta los 700 metros de profundidad. Sus aguas son más cálidas y están por encima de los 21°C.

La contracorriente del Perú corre en sentido contrario (Norte a Sur) que las dos anteriores y por debajo de ellas. Es la principal responsable del afloramiento de aguas profundas y se

manifiesta a partir de los 40 a 400 metros de profundidad, separa la corriente costera de la oceánica. Por épocas es superficial (verano) o sub-superficial, en el primer caso está íntimamente ligada con el fenómeno del Niño.

La corriente del Niño cuando a causa de la disminución de los vientos alisios, las corrientes costera y oceánica pierden su fuerza, se dirige desde la costa norte hacia el sur, produciendo alteraciones climáticas y oceánicas, por las temperaturas cálidas de sus aguas.

La corriente sub-marina o sub-superficial del Perú se manifiesta entre los 100 y los 200 metros de profundidad, en dirección Norte-Sur y muy pegada a la costa.

El Anticiclón del Pacífico Sur genera los vientos alisios, los mismos que conducen hacia la costa la humedad proveniente del Océano Pacífico. Cuando las aguas frías de la corriente peruana de Humboldt entran en contacto con los vientos alisios se producen las nieblas advectivas en la franja de la costa; estas, debido al efecto orográfico, ascienden cubriendo ciertas zonas con humedad desarrollando las formaciones de lomas.

La aridez de la costa peruana y de las lomas durante el verano, tiene como principales causas las siguientes: los andes, los vientos alisios, el fenómeno de la inversión térmica y las corrientes marinas (MINAG, 2002).

Según Tori (2000) la formación de las lomas depende de la nubosidad que cubre permanentemente a la costa en el invierno y parte de la primavera. Esto se da como consecuencia de la combinación de 4 factores: el sistema de corrientes frías del mar peruano, los vientos alisios provenientes del Pacífico, la presencia de la cordillera de los andes y la inversión térmica.

La cordillera de los andes, situada muy cerca de la costa del Pacífico, impide el paso de los vientos alisios húmedos provenientes del Atlántico, que producen las precipitaciones en la selva (MINAG, 2002).

El fenómeno de la inversión térmica, por el cual las aguas frías del mar enfrían la capa de aire situada encima de ellas, hasta una altura de 800 a 900 metros. Sobre la capa de neblinas que se forma, la temperatura sube bruscamente de 13°C a 24°C (MINAG 2002).

Para Ogawa et al. (1986), citados por Ramírez et al. (2000), su formación depende principalmente de tres factores: la humedad captada de las nubes advectivas que provienen del océano durante los meses de invierno, las condiciones topográficas y el límite de la distribución del banco de semillas en el suelo.

La humedad de las lomas varía según la cuantía de las garuas. Se sabe que la importancia de las precipitaciones en las lomas está unida a la vegetación existente; sobre un suelo desnudo solo se registra de 150 a 200 mm de agua por año; 300 a 400 mm en una pradera y hasta 600 mm al pie de un eucalipto (Dollfus, 1965 citado por Rostworowski, 2005).

Por encima de una superficie cubierta de plantas herbáceas, estas condensaciones no producirán agua; según Ellenberg, quien mejor conoce el tema, solo 150 milímetros en un año normal. Cuando existen árboles, el promedio anual de lluvia puede llegar a 600 milímetros, inclusive hasta los 900 en años lluviosos; es decir que el problema habría consistido en sembrar plantas estacionales capaces de germinar en el momento de formarse las primeras condensaciones, ayudándose quizás con agua de pozo como lo hacen todavía los campesinos. “Observé la técnica tal como la práctica hoy en día, un agricultor en las lomas de Pucara. Que se ayudaba a las plantas regando con agua de los pozos, es verosímil. Además se ayudaba también en canalitos que llevaban agua de filtraciones subterráneas hacia los jardines” (Engel, 1987).

El fenómeno mismo de la formación de una vegetación de oasis de neblina es mal entendido; es claro que la vegetación crece porque cae lluvia, pero, ¿Por qué cae lluvia en ciertas quebradas o cerros y no en otros? Casi se podría formular una teoría a la inversa; en ciertas áreas existió agua subterránea fósil, la cual dio vida a la vegetación, y la presencia de una cubierta vegetal multiplicó la condensación del aire húmedo; es el problema del huevo y la gallina (Engel, 1987).

Las lomas son un tema de investigación en el campo de la mecánica de los fluidos y de la meteorología; parece ser que intervienen factores topográficos como la orientación de los vientos, pedológicos y la temperatura. En suelos inapropiados como en los tablazos de Ica en el sur y además de poco habitables a consecuencia de los fuertes vientos, no se implantó una vegetación; una cadena de cerros que llega hasta 1000 m de altura y una ancha y calurosa pampa, separan la orilla del océano de la cordillera; el aire marino choca contra la cadena

costanera y pierde su humedad antes de llegar a la pendiente de los piemontes andinos (Engel, 1987).

Además, existen limitaciones de carácter altimétrico; la inversión de la temperatura que se produce a raíz de las condiciones que existen a lo largo de la costa del Pacífico, cubriéndose el aire marítimo fresco y húmedo con aire más caliente; las nubes cargadas con agua no pueden subir, se condensan y no pasan de los 1000 m; por eso la vegetación de loma no existe más arriba y el ambiente se reseca a partir de 800 m de altitud (Engel, 1987).

El banco de semillas en estas lomas provee un reservorio de poblaciones de herbáceas, en años cuando la humedad es demasiado baja para promover la germinación (Ohga, 1982).

## **2.7 Las Lomas de Lachay**

El botánico Hipólito Ruiz (1952) durante sus viajes de estudio por el Perú y Chile, entre 1777 y 1788, describe las lomas de Lachay de la manera siguiente:

“En tiempo de garúa o de aguas se visten los cerros o lomas de esta costa de muchas y diversas plantas que floridas presentan un delicioso pavimento, así para los pasajeros como para los que acuden allí a recreaciones y días de campo, teniendo nombre y fama en Lima las lomas de Lachay, que se hallan entre Arnedo y Huaura, por la diversidad de las plantas y flores, según el sentir del vulgo, que pondera ser un paraíso terrenal, cubierto de multitud de diferentes plantas siendo cuando más unas 40 especies las que causan aquel hermoso y variado pavimento de Lachay; y se hallan solas unas doce especies más sobresalientes y más abundantes que en las otras lomas de Lima, Lurín, etc. Con estas yerbas y sus raíces se mantiene copioso número de ganado de cerda, caballar y vacuno, en tiempo que allí llaman de Lomas, que es invierno. Como estas Lomas están en el camino de la costa, sirven sus plantas de pasto para el ganado de la arriería, que con los ardores del sol y el polvo de los arenales llega fatigado y deseoso de refrescar con aquellos xugosos pastos”.

Al norte de la ciudad de Lima, siguiendo la ruta de la Carretera Panamericana Norte, rumbo a Huacho, a 105 km, se encuentran las Lomas de Lachay, formando parte de la cadena litoral que comprende cerros bajos y tablazos, entre las Provincia de Chancay y Huaral, en el Departamento de Lima. Como Reserva Nacional de Lachay fue creada en 1977 por el

Decreto Supremo 310-77-AG, abarca una extensión de 5070 ha de las 900 000 ha de lomas de la costa peruana (D´Achille, 1994).

Según la clasificación de Biomas se encuentra ubicada en el Bioma seco, denominado Desierto Costero Perú-Chile (Reynel et al., 2013) y la Ecorregión del Desierto del Pacífico (Brack y Mendiola, 2010). Según la clasificación de Holdridge en el Mapa ecológico del Perú (Ordoñez, 1983; Ordoñez y Faustino, 1983; MINAG, 1995), la zona de las lomas de Lachay presenta cuatro zonas de vida: Desierto desecado-Subtropical (dd-S), Matorral desértico – Montano Bajo Subtropical (Md-MBS), Desierto perárido Montano Bajo Subtropical (dp-MBS) y Desierto superárido Subtropical (ds-S).

El nombre de la loma de Lachay parece provenir del vocablo quechua llachu, que significa “lugar cubierto de neblinas”, nombre que obtuvo debido a que su existencia depende de la presencia estacional de neblinas (MINAG, 2002).

La vegetación que se encuentra en las lomas es muy variada y ha sido descrita por el botánico Ferreyra. Predominan especies de gramíneas, herbáceas y cactáceas. Solanáceas (como el tabaquillo, así como de diversas especies de papas silvestres); escrofulariáceas espontáneas; cucurbitáceas, con exponentes como la caigua silvestre; cesalpináceas sembradas por el hombre prehispánico, cuyo exponente es la tara. Incluye árboles como el mito (*Carica candicans*) y un bosque de guayabos (*Psidium guajava*). Especies foráneas introducidas para reforestación: casuarinas, eucaliptos, pinos, cipreses y acacias. Resto de diques y escalones para la retención del agua. Paisaje de quebradas múltiples, cuyo curso principal se conoce como Río Seco (Ferreyra, 1953; Engel, 1987).

Desde el punto de vista ecológico y fitogeográfico, las lomas de Lachay se pueden dividir en dos zonas: una entre las 100 y 300 metros sobre el nivel del mar, de terreno llano, arenoso, suelto de poca humedad y otra entre los 300 y 600 metros, mas humedad formada por cerros con relieve más inclinado, en parte arcilloso y en parte rocoso. Entre estos cerros se encuentran varias quebradas angostas de poca longitud y orientadas hacia el mar (Ferreyra, 1953).

En la parte baja predomina la cianofícea *Nostoc commune*, diversos líquenes (*Anaptychia leucomelaena*, *Ramalina*, etc.); menos frecuentes y dispersos son: *Eragrostis peruviana*, *Stenomesson coccineum*, *Calandrinia ruizii*, *Drymaria weberbaueri*, *Chenopodium*

*petiolare*, *Ipomoea acutangula*, *Salvia rhombifolia*, *Nolana gayana*, *Nolana humifusa*, *Nicotiana paniculata* y otras (Ferreyra, 1953).

Arriba de los 300 metros podemos considerar la vegetación de las laderas, de las partes rocosas y quebradas. En las laderas son conspicuas las asociaciones de *Croton ruizianus*, *Nasa urens*, *Nicotiana paniculata*, *Piqueria peruviana* y *Senecio subcandidus*, luego vienen *Bromus striatus*, *Festuca megalura*, *Avena barbata*, *Eragrostis peruviana*, *Heliotropium arborescens*, *Heliotropium lanceolatum*, *Pectocarya lateriflora*, *Vasquezia oppositifolia* y *Gnaphalium*. Son bastante escasas: *Koeleria trachyantha*, *Vicia lomensis*, *Euphorbia*, *Linaria canadensis*, *Specularia perfoliata* y *Lobelia decurrens* (Ferreyra, 1953).

Las zonas rocosas contienen algunos elementos xero-térmicos encima de las rocas que no existen en la parte baja y otros hidro-térmicos debajo de aquellas o en sus grietas. Entre los primeros mencionaremos: *Usnea barbata*, *Cora pavonia* y otros líquenes crustáceos, foliosos y fruticulosos. Entre los hidro-térmicos: *Lunularia crusiata*, *Funaria hygrometrica*, *Commelina fasciculata*, *Peperomia crystallina*, *Tropaeolum*, *Oxalis* (tres especies), *Begonia octopetala*, *Bowlesia palmata*, *Tourettia lappacea*, *Astrephia chaerophylloides*, *Valeriana pinnatifida*, *Stevia melissaefolia* y *Eupatorium sternbergianum* (Ferreyra, 1953).

Las quebradas de Lachay se caracterizan por la mayor densidad de arbolillos de “Tara”, “Palillo” y “Mito”: *Caesalpinia tinctoria*, *Capparis* y *Carica candicans* respectivamente. Al llegar a la parte alta, grande es el alivio bajo la sombra fresca de una tara y hermoso su paisaje. Llama la atención la gran abundancia de plantitas epifitas que cubre las ramas y troncos de aquellos arbolillos, allí están los musgos, los líquenes, los helechos, las congonitas, las hierbas del bolsillo, las begonias y otras. Protegidas por el follaje se encuentran diversas hierbas: *Poa annua*, *Stachys arvensis*, *Calceolaria* y *Sicyos baderoa* son las más comunes (Ferreyra, 1953).

Se le puede describir por los dos flancos que presenta, uno de ellos corresponde al flanco occidental que tiene el frente hacia al mar y el otro oriental hacia el continente interior. En el flanco occidental resalta mayormente las características típicas de las lomas, donde progresan los siguientes géneros: *Stenomesson*, *Nolana*, *Calandrina*, *Vicia*, *Begonia*, *Tigridia*, *Peperonia*, que son de consistencia herbácea y *Carica*, *Capparis*, *Caesalpinia*,

plantas de porte arbóreo y leñoso, otras plantas típicas son las epifitas, como *Peperonia*, *Oxalis*, *Tillandsia*. El flanco oriental presenta una fisonomía florística diferente al interior. Además de plantas del lado occidental, que crecen en un área relativamente pequeña, aparecen zonas xerofíticas representadas por cactus de los siguientes géneros: *Haageocereus* y *Opuntia*.

Las lomas se caracterizan por ser ecosistemas frágiles, de gran adaptabilidad a cambios (MINAG, 2002). La zonificación altitudinal de estas lomas, desde el nivel del mar hasta las partes más altas es la siguiente (MINAG, 2002; Brack y Mendiola, 2010):

Parte baja: entre el nivel del mar y los 300-400 msnm se presentan el desierto costero, sin vegetación y solo arenales de color crema grisáceo, la loma de algas (*Nostoc commune*), de típico color negro, en forma de polvo en el verano y gelatinosa en el invierno; la loma de achupallas (*Tillandsia* sp.), sobre el arenal y en partes rocosas secas a la sombra del viento; y la loma de flor de trompeta (*Stenomesson coccineum*), en el arenal, con hojas en invierno y flores en el verano.

Entre los 300-400 y los 600-700 msnm se presentan la loma de croton (*Croton* sp.), con arbustos bajos y hierbas, especialmente gramíneas, la loma tipo parque, con árboles dispersos (tara, huarango, mito y palillo), especies introducidas como eucaliptos, casuarinas, pinos y con hierbas; y la loma de arbustos (*Piqueria*, *Carica* y *Croton*), en las partes al pie de las rocas y con neblinas persistentes.

Encima de los 600-700 msnm, y a la sombra del viento, son frecuentes la loma de musgos y líquenes; y la loma de cactus, en las partes más secas altas y a la sombra de los vientos.

La vegetación es variada y conformada por algas, líquenes, musgos, helechos y plantas de flores de porte herbáceo, arbustivo y arbóreo. En Lachay se han registrado 146 especies de plantas vasculares, agrupadas en 124 géneros y 52 familias. Los pteridofitos están representados por 3 especies (Cano et al., 1999b; MINAG, 2002; MINAM, 2009). Aunque los reportes desde el inicio del siglo pasado, dan un aproximado de 160 especies de plantas vasculares para las Lomas de Lachay (Cano et al., 1999a; MINAG, 2002).

La fauna está representada esencialmente por aves e insectos, pero existen también algunos caracoles, reptiles y mamíferos. Se han registrado 10 especies de caracoles, 9 especies de reptiles y 13 especies de mamíferos (MINAG, 2002; MINAM, 2009).

De los ofidios se conocen a la culebra de costa (*Alsophis elegans*) y a la jergón de costa (*Bothrops pictus*). Entre los saurios destacan las lagartijas del género *Microlophus*, con tres especies y la lagartija cabezona (*Ctenoblepharis adspersa*).

Los mamíferos más abundantes son los roedores en particular los ratones nativos *Phyllotis amicus* y *P. andium* y el ratón europeo *Mus musculus*, introducido mucho tiempo atrás a las lomas. *Phyllotis amicus*, es una especie omnívora que prefiere hábitats xerofíticos en terrenos de pendiente sumamente empinada. Generalmente se trata de lugares rocosos en los que existen escasos arbustos xerofíticos y cactáceas; y en los desiertos de *Tillandsia* (Williams, 1989). También existen, en los roquedales alejados, algunos ejemplares de la vizcacha (*Lagidium peruanum*). El grupo de los marsupiales, también está representado por la muca o zarigüeya y la marmosita (MINAM, 2009).

Se han registrado 65 especies de aves (MINAM, 2009) y más de 250 especies de insectos (MINAG, 2002). En cuanto a las aves destacan las palomas, variedades de picaflores, la perdiz serrana, el turtupilín, la lechuza de arenales (D´Achille, 1994). Entre residentes, visitantes y ocasionales. La mayor parte visita el área en la época húmeda, sea para nidificar o en búsqueda de alimento (MINAG, 2002).

Se registraron 63 especies del género *Penicillium* en los suelos de las lomas, de las cuales se reportan 24 especies nuevas para suelos peruanos y 35 para suelos áridos y desérticos (Jhoncon y Gutierrez-Correa, 1983). Otro estudio microecológico determino la capacidad celulítica de 13 especies de hongos aislados de los suelos de las lomas de Lachay (Gutierrez-Correa y Jhoncon, 1983).

## **2.8 Ecosistema, Comunidad y Variables comunitarias**

Ecosistema fue un término acuñado por Tansley, definiéndola como las unidades de base de la naturaleza en la superficie de la tierra. Un concepto que engloba lo vivo como lo inanimado. Margalef menciona dos razones para el éxito de este término: la primera es que liberó a los ecólogos de su antiguo obsesión por las unidades (biomas, biocenosis,

asociaciones, comunidades) al mostrar que tales unidades podían ser útiles, pero eran innecesarias y la segunda que proporciona un enlace con la teoría de sistemas. Por lo que son sistemas ecológicos, si consideramos a la ciencia de la complejidad podemos definirlos como sistemas complejos adaptativos (Pascual, 1997).

La biosfera se compone de individuos, que son las piezas de construcción características de los ecosistemas, pero no son los únicos componentes, sino que también debe tomarse en consideración un entorno físico: aire, agua, suelo y sus circunstancias particulares. Los individuos tienen existencia limitada y pertenecen a diferentes especies (Margalef, 2002).

Un retazo cualquiera de la biosfera es un ecosistema, empleada en el sentido de nivel de organización (Margalef, 1974). El ecosistema persiste en el tiempo, funciona, pues, como un canal de información y una parte del mensaje que proyecta hacia el futuro consiste en las proporciones entre los números de las diferentes clases de subsistemas componentes (individuos de diferentes especies o de diferentes genotipos en el ecosistema). Son sistemas que aparentemente se organizan a sí mismos, lo que también acontece con sus organismos. Su funcionamiento conduce a nuevos estados que no son idénticos a los anteriores, sino que suelen mostrar un enriquecimiento en la información. Aunque las especies pueden ser las mismas, la combinación de diferentes recursos, la organización de las diferentes relaciones tróficas y alimentarias, y otras clases de interacciones alrededor de las especies cambian de un lugar a otro y en diferentes tiempos, en la forma como los recursos se combinan a lo largo de la vida, o a medida que los individuos se mueven de unos a otros lugares en grado diverso, también en relación con la estructura espacial de los respectivos ecosistemas (Margalef, 2002).

A nivel del ecosistema, la complejidad sería una expresión del conjunto de especies presentes, de sus abundancias respectivas y de sus interacciones y como se integran sobre el tiempo y el espacio (Margalef, 2002).

Los ecosistemas así definidos son sistemas complejos y como tal caracterizados por una serie de atributos: heterogeneidad, conectividad, estructura, auto-organización, escalas e historia (Margalef, 2002; Giraldo, 2011).

Los ecosistemas persisten pero sus componentes cambian de manera inevitable. Cuando no inciden perturbaciones de origen externo al ecosistema, el cambio tiene las características de un aumento de organización, o, por lo menos, de complejidad. La sucesión estudia estos cambios. Sucesiones ecológicas se observan continuamente en nuestro alrededor, por ejemplo en la recuperación de la vegetación natural de campos abandonados. La sucesión es muy clara en la ocupación de ambientes nuevos, que estaban prácticamente desprovistos de vida, pero en los ecosistemas que ya tienen tras de sí una historia más larga, que podemos calificar de más maduros, la sucesión puede parecer limitada a la reconstrucción de áreas dañadas, como ocurre después de un golpe de viento en un bosque. Esta manifestación de la sucesión se puede comparar a la cicatrización de una herida y se califica de secundaria (Margalef, 2002).

El conjunto de la biosfera constituye un vasto ecosistema, dentro del que pueden distinguirse sucesivamente una serie de ecosistemas subordinados unos a otros. Ecosistema y comunidad son términos que no presuponen ninguna dimensión o nivel de estructura y se pueden aplicar indistintamente a cualquiera de ellos (Margalef, 1974). Según Odum (1984) es la parte viva del ecosistema, el término comunidad biótica es un término general, que se emplea para designar reuniones naturales de diversos tamaños, desde la biota de un pedazo de leña hasta los de un gran bosque.

La comunidad es una población mixta, formada por diferentes especies que viven en un espacio continuo, delimitado de manera convencional (Margalef, 1974). Es uno de los principios más importantes de la teoría ecológica, pues hace resaltar que los diversos organismos viven juntos de una manera ordenada (Hair, 1987).

Se considera comunidad a cualquier asociación o agrupamiento que incluye a varias especies. Existen una terminología amplia y con muchas controversias para definir estos colectivos de especies, entre ellos: gremios o grupos funcionales existiendo inclusive subdivisiones al interior de algunos de estos (SERNANP, 2011).

Es poco posible estudiar toda una comunidad por lo que se estudia una muestra de ella, primero porque no se puede abarcar todos los niveles de organización de un ecosistema y todas las especies presentes y segundo por los efectos de la perturbación en las diferentes especies. Huston (1994) distingue dos tipos de especies, las estructurales y las intersticiales.

Las especies estructurales, por su baja capacidad de desplazamiento, habrán desarrollado estrategias y necesidades básicamente similares entre ellas y serán fuertemente afectadas por la disminución de la diversidad producto de la exclusión competitiva. Por otro lado, las especies intersticiales que dependen de las estructurales previamente establecidas y por un factor de competencia más activo entre ellas, habrán desarrollado funciones y necesidades específicas.

Una de las variables comunitarias más importantes es la diversidad ecológica. Las medidas de diversidad ecológica constituyen herramientas importantes para evaluar y predecir impactos potenciales de las prácticas alternativas de uso de la tierra en la estructura y función de las comunidades silvestres (Hair, 1987).

La diversidad ecológica puede medirse registrando el número de especies, describiendo su abundancia relativa o usando una medida que combine los dos componentes (Magurran, 1987). Por tanto, se trata de un concepto distinto, aunque relacionado con el de diversidad biológica o biodiversidad (Pascual, 1997).

El primer concepto que forma parte de la idea de la diversidad ecológica, el número de especies, se conoce técnicamente como riqueza específica. Aunque a veces pueda ser utilizado para expresar el todo de la diversidad ecológica, realmente solo expresa una parte de ella. La segunda idea, representada por las frecuencias o proporciones entre el número de individuos de las especies presentes, se denomina equidad o equitabilidad o uniformidad.

Hace referencia a que las especies que coexisten en un ecosistema no mantienen, por lo general, el mismo número de individuos entre sí, ni un similar grado de representatividad. Este parámetro es considerado como indicador importante de las características macroscópicas de los ecosistemas, relacionado con su grado de evolución. Por eso se emplean varias fórmulas matemáticas en forma de índices, los cuales valoran o dan pesos distintos a uno o a ambos componentes.

Magurran (1987) divide los índices propuestos en tres tipos: los que miden las riquezas de especies, los que modelizan la abundancia de especies, describiendo su distribución, y los que miden la abundancia proporcional de las especies.

El primer índice de diversidad de concepto dual usado en ecología fue propuesto por Simpson. El índice de Simpson mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una población de N individuos, provengan de la misma especie. La medida de diversidad de Simpson es sensible a la abundancia de una o dos de las especies más frecuentes de la comunidad. Se usa más cuando el grado de dominancia relativa de pocas especies en la comunidad constituye el interés primario, más que cuando existe equidad de abundancia de todas las especies (Hair, 1987).

Shannon y Wiener propusieron un índice de cálculo sencillo que mide la cantidad de información sobre la base conceptual aportada por la teoría de la comunicación. La estimación se expresó en bits, cuando se emplea el logaritmo en base dos. El bit viene de comprimir en una las palabras inglesas binary digit: dígito binario. Un sistema binario consta solo de dos dígitos, de forma que en él solo podemos jugar, por ejemplo, con el 0 y el 1. Un interruptor simple habla en un lenguaje binario: abierto o cerrado; sí o no; 1 o 0. La menor unidad de información, por tanto, será un bit. Para no confundir con un byte, que es una combinación de interruptores, cuyo número hay que precisar; en informática se utilizan de ocho en ocho: son los octetos.

La fórmula general de este índice es:

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

p representa la proporción de individuos de la especie *i*ésima; por tanto, en una muestra,  $p_i$  representa la proporción de individuos de una especie (la *i*) sobre el total.

Las medidas de diversidad han de hacer referencia a un espacio, al espacio ocupado por la muestra sobre la que la diversidad se ha calculado. Una muestra muy pequeña forzosamente contendrá una representación de pocas especies. Por otra parte, al ampliar la muestra siempre es probable encontrar nuevas especies. Por lo que es preferible hablar de espectro de diversidad, en el que la diversidad está en función del tamaño de la muestra (Margalef, 1974).

La ampliación de la noción de espectro lleva a considerar el empleo de la diversidad como un método excelente para comparar muestras diferentes: si al unir las muestras la diversidad del conjunto aumenta, es una prueba de su heterogeneidad; pero si la diversidad no varía es que ambas estaban formadas por las mismas especies y en las mismas proporciones (Margalef, 1974).

Se distinguen tres niveles de diversidad en el espacio: (1) Diversidad alfa, la diversidad dentro del hábitat o diversidad intracomunitaria; (2) Diversidad beta, o diversidad entre diferentes hábitat, definida como el cambio de composición de especies a lo largo de los gradientes ambientales y (3) Diversidad gama, la diversidad de la totalidad del paisaje que puede considerarse como la composición de las diversidades de alfa y beta.

## **2.9 Perturbaciones naturales y antrópicas**

Según Huston (1994) la perturbación se define como cualquier proceso o condición ajena al funcionamiento natural de los organismos vivos. También se puede definir por su indeterminación o imprevisibilidad desde dentro de las entidades que son aptas para acumular la información y sufren de dicha perturbación. Pero las perturbaciones que se repiten muy frecuentemente son internalizadas y la capacidad de anticiparlas se convierte en condición de vida de los mismos organismos. La frecuencia y la importancia de la reinicialización se combinan con la velocidad de la sucesión, y de tal combinación resulta la apariencia de la naturaleza (Margalef, 2002).

La perturbación, en general, muestra pocas regularidades, excepto en cuanto depende de sistemas mayores. Las perturbaciones más enérgicas son menos frecuentes que las más suaves, y esta es una de las pocas regularidades formulables. Se podría relacionar con las propiedades del espacio, en el sentido que los sistemas que estudiamos están incluidos dentro de otros más extensos, en una estructura jerárquica. Desde la teoría del big bang hasta llegar al ciclo anual y a la sucesión de días y noches (Margalef, 2002).

Los ecólogos a menudo distinguen entre un acontecimiento de perturbación particular y el régimen de perturbación o patrón de perturbación que caracteriza un paisaje durante un periodo más largo. El régimen de perturbación posee características espaciales y temporales, las que incluyen un alcance o escala de intensidad, frecuencia y espacio. La intensidad se mide por la proporción del total de la biomasa o de la población de una especie, que la perturbación mata o elimina. La escala se refiere a la extensión espacial del impacto de la perturbación relativa al tamaño del paisaje afectado. La frecuencia es la cantidad promedio de perturbaciones que ocurren dentro de un intervalo de tiempo en particular. El tiempo promedio entre las perturbaciones para un área determinada es el intervalo de retorno (Smith y Smith, 2007).

La estacionalidad puede ser considerada como una perturbación que cobra importancia debido a la estocasticidad ambiental impuesta por la distribución temporal y espacial de la variable estacional, siendo la precipitación el factor determinante en la estacionalidad de las regiones tropicales (Krebs, 1985; Ramírez, 2000).

La recuperación de un sistema ante una perturbación se dará dependiendo de su resiliencia. La cuál es la capacidad de un sistema para poder integrar en su funcionamiento una perturbación, sin cambiar su estructura cualitativa. Además del mantenimiento de su estructura y su función básica. La Resilience Alliance (2007) la define como su capacidad de reorganizarse, con el fin de mantener esencialmente la misma función, la estructura, la identidad y las reacciones.

## **2.10 Evento El Niño**

El capitán de navío peruano, Camilo Carrillo, decía en 1892: "... los marinos paiteños que navegan frecuentemente cerca de la costa en embarcaciones pequeñas, conocen esta corriente y la denominan "Corriente del Niño", sin duda porque ella se hace más visible y palpable después de la Pascua de Navidad..." (Franco, 2003).

A causa de la disminución de los vientos alisios, las corrientes costera y oceánica pierden fuerza, se dirige desde la costa norte hacia el sur, produciéndose alteraciones océano-atmosféricas, por la temperatura cálida de sus aguas. Estas alteraciones se conocen como fenómeno "El Niño", que se manifiesta por la desaparición de la nubosidad y lluvias hacia el sur del territorio peruano. Desde el aspecto oceanográfico El Niño es un fenómeno a gran escala, responsable de cambios de efecto global a corto, mediano y largo plazo y que se manifiesta por la presencia de agua a temperatura anómalamente elevada en los mares de Ecuador y Perú, durante el periodo de 4 meses.

Actualmente El Niño-Oscilación Sur (ENSO), es un acontecimiento que ocurre a nivel mundial y que surge por una interacción a gran escala entre el océano y la atmósfera, representa la mayor perturbación natural en el sistema climático global (IGP, 2015). La Oscilación Sur es un descubrimiento más reciente, se refiere a una oscilación en la presión en superficie (la masa atmosférica) entre la zona tropical del Sudeste del Pacífico y las regiones de Australia e Indonesia. Cuando las aguas del Este del Pacífico son más cálidas de lo habitual (debido a El Niño) la presión del nivel del mar disminuye en el Pacífico

oriental y aumenta en el occidental. La reducción en el gradiente de presión se acompaña de un debilitamiento de los intercambios de los vientos del Este de baja latitud (Smith y Smith, 2007). También es conocido como ENOS, es un fenómeno climatológico de dos componentes. El componente oceánico es el Niño y el componente atmosférico es la oscilación del sur.

Otras veces la inyección de agua fría se hace más intensa que lo habitual y hace que la superficie del Pacífico oriental se enfríe. Esta variación se conoce como La Niña. Este fenómeno provoca sequías en Sudamérica y precipitaciones abundantes, e incluso inundaciones, en el Este de Australia (Smith y Smith, 2007).

En tiempos remotos, anteriores a la existencia de registros documentales, en los siglos VI y VII d. C. los mochicas fueron afectados por el Niño y varios movimientos sísmicos. El Niño afectó a los Moches en sus dos fuentes: la anchoveta y la agricultura, por el acceso al guano de isla (Fagan, 1999) y eventos arqueológicos como la crecida de Naylamp (~1100 d. C.) en el norte del Perú o el evento Miraflores en la Costa Sur (siglo XII) han sido asociados a manifestaciones posibles de eventos El Niño de gran magnitud (Apaéstegui et al., 2015). Es interesante mencionar según los registros históricos que durante la segunda mitad del siglo XV se registra solo un evento fuerte y dos durante el siglo XVI. Durante el siglo XVIII parecen más escasos los registros históricos y solo cuatro de estos eventos habrían sido de gran magnitud y en el siglo XIX se han reconocido 23 eventos El Niño en base a los documentos históricos, cinco de los cuales (los registrados en los años 1844-45, 1871, 1877-78, 1891 y 1899-1900) presentan una notable magnitud o, en otras palabras, han sido considerados como Niños muy fuertes (Apaéstegui et al., 2015), por lo que se puede considerar El Evento El Niño como un episodio histórico importante.

Las coincidencias de eventos EN reconstruidos en Perú y en Chile Central, en los siglos XVI, XVII y XVIII son muy contadas: 1574, 1607, 1618, 1687-88, 1748, 1783 y solo se encontró un evento fuerte correlacionado para ambos países en el año 1748, como se empleó el mismo tipo de documentos históricos se tienen dos interpretaciones al respecto la primera que los documentos son incompletos por ahora para registrar los eventos EN en los siglos XVI a XVIII y la otra interpretación alternativa, los datos documentales serían confiables, y es probable que solo desde 1817 se emplazó el sistema de teleconexión que hoy conocemos, con coincidencia de anomalías de precipitación en el norte del Perú y en la parte central de

Chile. Este fenómeno corresponde a un sistema de teleconexión que involucra los sistemas de circulación atmosférica en el conjunto del Pacífico Sur. Al respecto, es importante saber que estas manifestaciones ocurren en distintos periodos del año: lluvias de invierno en Chile central y lluvias de verano (o seca unos 6 meses después) en el norte de Perú (Ortlieb y Hocquenghem, 2001).

Actualmente se tiene más acceso a observar su evolución, es posible que cada Niño se comporte de manera diferente, es decir no se dé un Niño Típico, en la actualidad se consideran por lo menos tres tipos de Niños: el primero denominado El Niño Extraordinario, corresponde a un tipo inusual de Niño con un intenso calentamiento en el este, se dio en los años 1983 y 1998, el segundo denominado El Niño Canónico o del Pacífico Oriental, donde las anomalías de la temperatura superficial del mar en el Pacífico Oriental se propagan hacia la región central durante la fase madura del evento, se dio en los años 1980, 1987, 1988, 1992, 2004 y 2007 y el tercero recientemente conocido como El Niño Modoki o del Pacífico Central, que se caracteriza por un calentamiento del mar principalmente en el Pacífico Central Ecuatorial mas no tanto en la costa de Sudamérica, se dio en los años 1991, 1995, 2002, 2003, 2005 y 2010 (Apaéstegui et al., 2015). Estos tres tipos de Niños son reconocidos por la comunidad científica internacional, son a una escala global, sin embargo hay un tipo de Niño local, denominado Niño Costero, que afecta a nuestras costas cuando los vientos cálidos del norte empujan las aguas calientes del ecuador en pocas semanas, y además coincide con la debilitación del Anticiclón del Pacífico Sur, no es producido por las ondas calientes denominadas ondas Kelvin, por lo que no se puede pronosticar su presencia con meses de anticipación y se llama así cuando solo se calienta en nuestra costa. Este evento de manera aislada se dio en los años 1925 (Takahashi y Martínez, 2017), 1891 y 2017.

Takahashi et al. (2011) definieron índices relacionados con las temperaturas en las regiones del centro (índice C) y del este (índice E) del Océano Pacífico, luego fueron utilizados posteriormente por Lavado y Espinoza (2014) para mostrar que el calentamiento en el Pacífico Oriental (índice E) produce mayores precipitaciones en la costa norte del Perú, mientras que el calentamiento en el Pacífico central (índice C) se asocia con menores precipitaciones en las regiones andina y amazónica peruanas.

Las lomas pueden ser indicadores climáticos, se ha comprobado que una mayor concentración del periodo húmedo, correlaciona bien con la duración del periodo lluvioso en la sierra, o viceversa. Entonces, una buena temporada de lomas, significa buenas cosechas, tanto en la sierra como en la costa. Las lomas posiblemente funcionan como zonas de refugio, y los eventos El Niño funcionan como pulsaciones que son beneficiosas para ellas, fenoménicamente expresan el mismo comportamiento que la estación húmeda en un año normal, generando una biomasa alta y un cambio en la especie más abundante.

### **2.11 Manejo Adaptativo y Panarquía**

El Manejo Adaptativo de Ecosistemas (MAE) plantea la existencia de los llamados ciclos adaptativos. Se trata de las diferentes fases por las que atraviesa un Sistema Ecológico-Social (SES), el cual presenta un componente natural y social. Al inicio del desarrollo del sistema se encuentra la fase **r** caracterizada por un crecimiento rápido y explotación de los recursos disponibles. Esto le permite acumular recursos, incrementar su conexión interna y alcanzar lo que en la imagen Clementsiana de sucesión corresponde al clímax. Esta fase de acumulación y relativa estabilidad es la denominada fase **K**.

Pronto, sin embargo y sea por la presencia de perturbaciones externas o como consecuencia del propio proceso de crecimiento, existe un cambio súbito en el que se produce una liberación del capital de recursos acumulados – nutrientes, por ejemplo -. De este modo se pasa a una fase breve denominada  $\Omega$ , la cual da paso a una fase  $\alpha$ , de reinicio del ciclo. Es en esta última fase en la que se puede perder parte del capital acumulado, los nutrientes por ejemplo. Esta secuencia de cuatro fases se repite de modo continuo salvo cuando se presentan las denominadas patologías del desarrollo y el sistema queda congelado en una fase **K** (trampa de la inmovilidad) o en una fase **r** (trampa de la pobreza).

Por otro lado, estos ciclos adaptativos se encuentran anidados de modo que ciclos pequeños forman parte de ciclos más grandes y estos a su vez son parte de ciclos mayores aún. A esta estructura jerárquica se le denomina panarquía. Es la panarquía la que permite alcanzar el desarrollo sostenible, el que, en la lógica del MAE, se consigue cuando los ciclos pequeños insertan novedad en el sistema (desarrollo) en tanto que los ciclos mayores garantizan la continuidad del sistema comportándose como la memoria que almacena los resultados de experiencias pasadas exitosas (sostenibilidad).

Otra característica de los SES es que no poseen un solo estado – un solo atractor – sino que tienen más bien varios estados alternativos y el paso entre ellos puede representar no un cambio gradual sino más bien un cambio rápido y repentino. La existencia de varias cuencas de atracción es consecuencia del comportamiento complejo de los SES, comportamiento en el que hay demoras de respuesta, hay respuestas no lineales y en la que hay una desagregación espacial de los procesos (Holling et al., 2000; Walker et al., 2004; Sánchez, 2005; Resilience Alliance, 2007).

## **2.12 Monitoreo**

El monitoreo es el registro metódico y periódico de ciertas variables con el fin de conocer los cambios en el comportamiento de un sistema a lo largo del tiempo. Si se considera en particular, el monitoreo de la biodiversidad, este podrá realizarse en los diferentes niveles que implica el término, es decir, ecosistémico/paisaje, específico/poblacional, o genético. Cualquier sistema de monitoreo requiere una línea base (SERNANP, 2011); y nos permite cumplir una doble función: conocer las respuestas del ecosistema a actuaciones pasadas y contrastar el ecosistema presente con algún nivel de referencia deseable.

La biodiversidad es susceptible a cambios debido a variaciones naturales o a las actividades humanas que pueden tener efectos sobre la composición, la estructura y la diversidad de las comunidades, pudiendo dar como resultado, dependiendo de la magnitud de estos eventos, a extinciones locales o colonizaciones. Estos efectos solo pueden ser percibidos mediante un monitoreo a largo plazo. Un buen manejo de las áreas tiene que ser dinámico, debido a la alta variabilidad temporal de los parámetros físicos que caracterizan al territorio peruano, la limitada predecibilidad de las respuestas biológicas a dicha variabilidad y el dinamismo de las presiones humanas (SERNANP, 2011).

## **2.13 Grupos funcionales, Especies clave, Especies indicadoras y Especies detectoras**

Se han generado nuevas categorías y definiciones de las especies para gestionar los ecosistemas como los grupos funcionales, las especies clave, las especies indicadoras y las especies detectoras.

Se denomina grupos funcionales al agrupamiento de especies por una función que comparten, se puede entender mejor con un ejemplo, como los grupos tróficos, los cuales obtienen su energía alimenticia de formas similares. Otro enfoque que se utiliza es la

subdivisión de cada nivel trófico en grupos de especies que explotan un recurso en común de una forma similar. Estos grupos se denominan gremios. Dado que las especies dentro de un gremio obtienen su alimento a partir de un recurso compartido, existe el potencial de una fuerte interacción entre los miembros (Smith y Smith, 2007).

Las especies clave son especies que funcionan de una manera única y significativa a través de sus actividades, y su efecto en la comunidad no tiene proporción con su abundancia numérica, sin embargo una gran parte de la comunidad depende de ellas. Su eliminación inicia cambios en la estructura de la comunidad y a menudo resulta en una significativa pérdida de diversidad. Su papel en la comunidad puede ser el de crear o modificar hábitat o influir en las interacciones entre otras especies (Smith y Smith, 2007). En su concepción inicial, se consideraba especie clave a aquella que consume y controla preferentemente a otra especie que, sin este control, dominaría la comunidad (Rodríguez, 2010).

El concepto de especie clave es controversial debido a que es difícil definir cuando una especie es clave y cuál es el límite para hacer esta determinación. En ecosistemas de baja diversidad es fácil ubicar especies clave, pero en ecosistemas de alta diversidad como los bosques tropicales, el concepto cobra poca utilidad ya que suele ser más importante la funcionalidad del grupo que los efectos de una especie en particular (SERNANP, 2011).

Las especies indicadoras están adaptadas a reaccionar de forma característica a cambios en condiciones ambientales, o su diversidad parece estar correlacionada con la de muchas otras especies, es decir, son especies que evidencian los efectos de las perturbaciones en el número de otras especies que poseen requerimientos similares de hábitats (SERNANP, 2011).

Algunas de las consideraciones importantes que hay que tener presentes al tratar con indicadores ecológicos son las siguientes: (1) En general, las especies “esteno” dan mejores indicadores que las “euri”. (2) Las grandes especies suelen dar mejores indicadores que las pequeñas, con una corriente de energía puede soportarse una biomasa o una población estable mayor. (3) Antes de confiar en determinadas especies o grupos de especies como indicadoras, deberían tenerse abundantes pruebas de campo y, de ser posible la prueba experimental de que el factor en cuestión es limitativo. (4) Las relaciones numéricas entre especies, poblaciones y comunidades enteras proporcionan a menudo indicadores más

seguros que las especies singulares, toda vez que el todo refleja una mejor integración de condiciones que la parte (Odum, 1984).

Según Mateucci y Colma (1998) un indicador es un rasgo o elemento del fenosistema (conjunto de componentes fácilmente perceptibles del paisaje) que se asocia a un elemento del criptosistema (componentes no visibles pero que explican el fenosistema) y por lo tanto permite predecir su existencia. Los indicadores resultan útiles solo cuando la propiedad del criptosistema que ponen en evidencia es de difícil percepción, difícil de medir o evaluar, o la medición es costosa.

La aplicación del concepto de indicador en localidades concretas requiere el uso de métricas y definiciones operacionales, que permitan detectar al taxón o grupo de taxones que tiene cualidades indicadoras a partir de los datos obtenidos en la colecta (Giraldo, 2011). Una de las métricas propuestas más interesantes es desarrollada por Dufrene y Legendre (1997) el valor indicador (IndVal). Este valor es un algoritmo que mide simultáneamente y en términos porcentuales, el grado de especificidad y fidelidad de una especie a un determinado estado ecológico (ej. tipo de hábitat). De este algoritmo se han derivado dos definiciones operacionales de indicadores (McGeoch et al., 2002): especies características, con alta especificidad y fidelidad por un hábitat o estado ecológico (alto porcentaje de IndVal), y especies detectoras, con una moderada especificidad y fidelidad (moderado porcentaje de IndVal). Según Giraldo (2011) las especies detectoras serían las más apropiadas para el monitoreo de perturbaciones, en vista que los cambios en su abundancia a través de los estados ecológicos podrían ser indicativos de la dirección en la cual está actuando la perturbación y además, su moderada vulnerabilidad dificultaría la posibilidad de una extinción local (viabilidad en el muestreo).

## **2.14 Áreas Naturales Protegidas**

Las Áreas Naturales Protegidas son los espacios continentales y/o marinos del territorio nacional destinados a conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país (Ley N°26834 1997). Un Área Natural Protegida tiene como objetivo conservar una muestra representativa de la diversidad biológica nacional, así como los valores que se encuentran asociados a ella (Lau, 2007).

Carlos Montes sugiere un cambio de orientación en la planificación, la selección y la gestión de espacios protegidos, a la cual se ha denominado gestión ecosistémica. Esta idea parte del querer sustituir una actitud afectiva en la conservación por otra más racional. Carlos Herrera define esta actitud racional, como la de conservar sistemas funcionales completos, sobre la base de la integridad de sus relaciones biológicas y su grado de naturalidad. Esta actitud es más ambiciosa que la afectiva, porque la engloba: aspira a conservar los protagonistas de la obra mediante la preservación de su argumento. Ese argumento no es otro que la compleja red de interacciones que conecta a las especies (Pascual, 1997).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación**

La Reserva Nacional de Lachay se encuentra en los 11° 20' 48'' L.S. y 77° 19'48'' L.O. Políticamente está ubicada en los distritos de Sayán, Chancay, Huacho y Huaral de las provincias de Chancay y Huaral, a 105 Km al norte de la ciudad de Lima. Abarca una superficie total de 5070 ha, dentro de la cual se evaluó 200 ha ubicadas entre el cerro Redondo, la quebrada de Guayabito, los cerros Altos de la Capilla y el cerro Mensia (Figura 1).

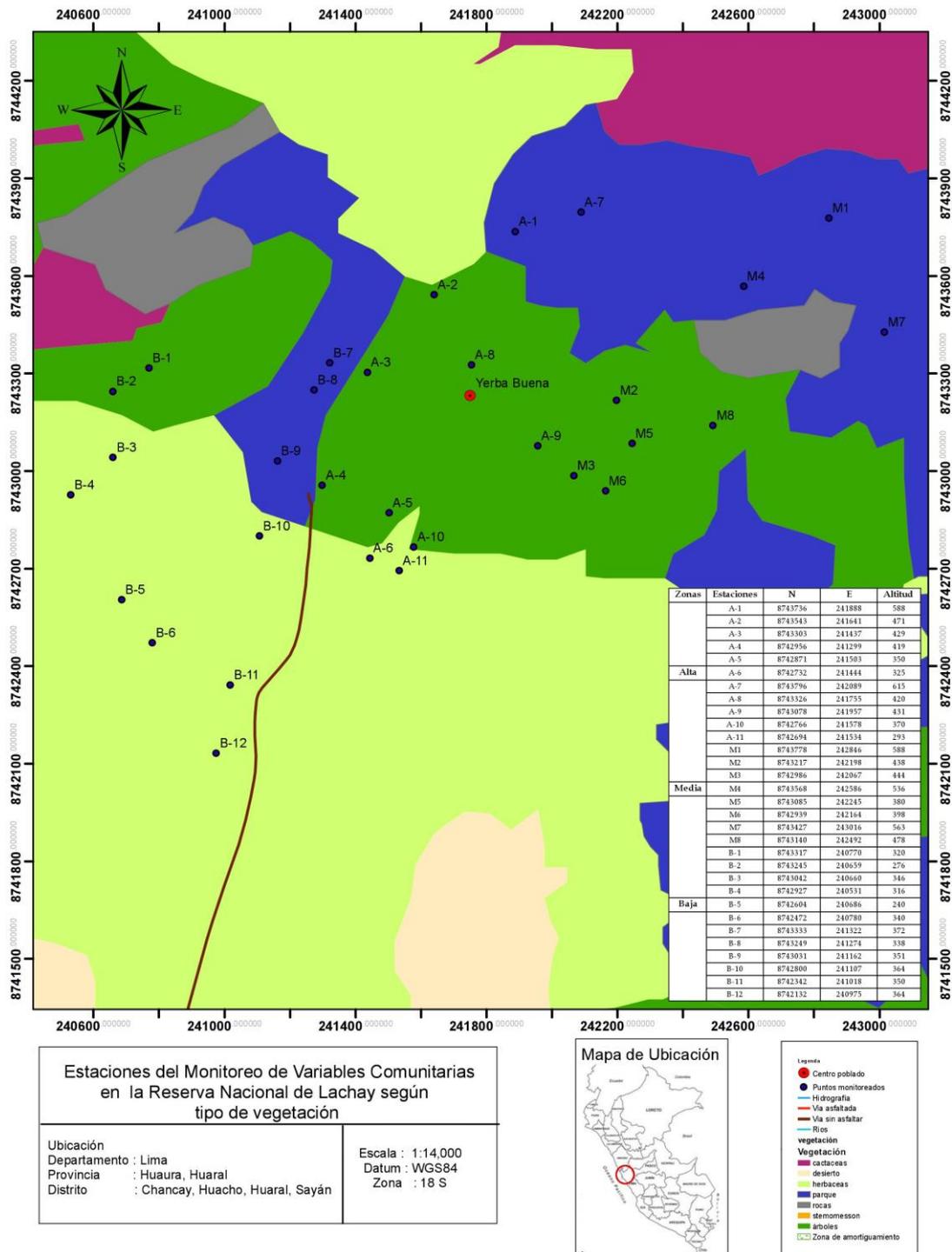
Clima: Las nieblas adventicias del Pacífico determinan dos estaciones:

Estación húmeda o de lomas: su duración varía entre 2 a 5 meses al año, iniciándose en mayo o junio hasta setiembre o noviembre. Se caracteriza por su alta humedad relativa y una temperatura media inferior a los 15°C. Son frecuentes las lloviznas y es la época de máxima incidencia de neblinas. Por estas condiciones atmosféricas, las lomas se visten de verde y comienza la floración de muchas especies de árboles, arbustos y hierbas.

Estación seca: se presenta entre diciembre y marzo, prolongándose a veces hasta abril. Se caracteriza por la ausencia de neblinas, una temperatura media de alrededor de 20°C y la humedad relativa de 79 a 82%. La ocurrencia de los eventos El Niño alteran esta estacionalidad debido a que se producen garuas de verano, que favorecen el inusual desarrollo de vegetación en este periodo (MINAG, 2002).

Geología: presenta tres estructuras geológicas depósitos eólicos recientes (Qr-e), Gabro (Kti-g) y Adamelita de Lachay (Kti-a-la). Los depósitos eólicos están presentes en toda la faja costera, constituyendo depósitos eólicos acumulados en rocas in-situ. El gabro se encuentra formando colinas cónicas en cuyas faldas se encuentran cantos de regular tamaño y proporciones, de color verde y gris oscuro y compuesto de plagiocasa básica, horblenda y piroxenos. Yacen en formaciones graníticas y entre las metamórficas antiguas. Por ultimo las Adamelitas son formaciones rocosas posteriores al gabro,

Figura 1. Mapa de las estaciones del Monitoreo de Variables Comunitarias en la Reserva Nacional de Lachay 1998-2001, 2010.



típicamente contienen artosa y plagiocasa aparte de cuarzo en mayor proporción. El mineral oscuro es la biotita aunque puede presentarse la hornablenda. La textura corresponde a granítica y granulares. Cronológicamente se les ubica en el Cretáceo superior al Terciario inferior (Ordoñez, 1983; MINAG, 2002).

**Fisiografía:** Dista unos 7 kilómetros del mar y se encuentra entre los 150 y 750 m.s.n.m. Presenta una fisiografía muy variada, con cadenas de cerros que bajan en dirección suroeste, desde 800 a 900 m.s.n.m., con pendientes a veces mayores al 70%, presentando quebradas generalmente escarpadas. Se identifican dos provincias fisiográficas, una correspondiente a la Costa Central del Perú donde predomina un clima árido y que se caracteriza por constituir una planicie eólica que ha cubierto en algunos casos quebradas aluviales y piedemontes coluvio-aluviales. La segunda provincia fisiográfica es la Cordillera Occidental de los Andes con un clima semiárido, constituido básicamente por laderas y colinas de la vertiente occidental. En ella se encuentra la vegetación natural de Lomas (Ordoñez y Faustino, 1983; MINAG, 2002).

**Suelos:** Bajo las condiciones de clima y topografía propias de las lomas no existen suelos verdaderamente zonales. Contienen regular cantidad de humus incorporado en forma de horizonte delgado superior. Se ubican principalmente en el área central, correspondiente a la formación de loma tipo parque. El contenido de humedad de los suelos de Lachay varía con la altitud entre 0,56 mm (a 300 m.s.n.m) y 2,09 mm (a 600 m.s.n.m). Existen suelos coluviales en el fondo de los valles orientados hacia el norte y hacia el sur (quebrada del cementerio Teatino, quebrada Cabeza de Toro).

### **3.2 Materiales**

Para evaluar las herbáceas en campo se emplearon: cuadrados de 1 m<sup>2</sup>, winchas, material fotográfico, cámara fotográfica, GPS, cinta marcadora, libretas de campo, lápices, plumón indeleble, cuaderno tapa de dura, papel toalla, etiquetas y hojas de datos.

Para evaluar las aves en campo se emplearon: binoculares, material fotográfico, cámara fotográfica, GPS, libretas de campo, lápices y hojas de datos.

Para evaluar los coleópteros en campo se emplearon: trampas pitfall (envases de plástico), galonera, GPS, un recipiente hermético (cooler), bolsas plásticas 12x10, cinta adhesiva, detergente, etiquetas, lampitas, etilenglicol, plumón indeleble, libretas de campo y lápices. Para el trabajo en gabinete se emplearon: microscopio estereoscópico, microscopio compuesto, alcohol al 70%, pinzas, placas Petri, viales o envases de vidrio, hojas de registro, lápiz, papel canson, cajas entomológicas y alfileres entomológicos.

Para el análisis de datos se emplearon los programas de análisis estadístico Microsoft Excel y PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (Hammer et al., 2001) y los programas de análisis gráfico Surfer 10 y ArcGIS 10.

### 3.3 Métodos

#### 3.3.1 Establecimiento de parcelas y cronograma de evaluación

Para el establecimiento de parcelas, se dividió el área en 3 zonas alta, media y baja, de acuerdo a la afluencia de visitantes del año 2000. Mediante un muestreo sistemático se establecieron 31 parcelas, ubicadas: 12 en la zona baja, 8 en la zona media y 11 en la zona alta. El nombre designado a cada una de las parcelas se encuentra de acuerdo a su ubicación dentro de esta división, así, por ejemplo la estación B1 es la primera estación de la zona de baja influencia de visitantes, la estación B2 la segunda dentro de este grupo y así sucesivamente. Las estaciones fueron ubicadas en un eje de coordenadas con su respectivo origen en las coordenadas 11° 21'59" L.S. y 77° 22'39" L.O. (Figura 1).

Se planteó un diseño longitudinal, en el que se evaluaron para las herbáceas los datos de las temporadas que corresponden a febrero-98, mayo-98, agosto-98, diciembre-1998, febrero-1999, julio-1999, septiembre-1999, noviembre-1999, febrero-2000, mayo-2000, agosto-2000, noviembre-2000, febrero-2001, mayo-2010 y setiembre-2010.

Meses	1998	1999	2000	2001	2010
Febrero	feb-98	feb-99	feb-00	feb-01	
Mayo	may-98	jul-99	may-00		may-10
Agosto	ago-98	sep-99	ago-00		sep-10
Noviembre	dic-98	nov-99	nov-00		

En rojo: Evento El Niño Muy intenso

En azul: Evento La Niña Fuerte

En verde: Evento La Niña Leve

En naranja: Evento El Niño Fuerte

Para los coleópteros se evaluaron casi todas las fechas mencionadas para la evaluación de las herbáceas, exceptuando algunas fechas que se realizaron el siguiente mes como por ejemplo en agosto-1999, en diciembre-1999, en junio-2000, en septiembre-2000, en diciembre-2000 y se incorporaron las temporadas de mayo-1999, septiembre-2001, diciembre-2001, junio-2002 y octubre 2002.

Meses	1998	1999	2000	2001	2002	2010
Febrero	feb-98	feb-99	feb-00	feb-01		
Mayo	may-98	may-99	jun-00		jun-02	may-10
Agosto	ago-98	ago-99	sep-00	set-01	oct-02	sep-10
Noviembre	dic-98	dic-99	dic-00	dic-01		

En rojo: Evento El Niño Muy intenso

En azul: Evento La Niña Fuerte

En verde: Evento La Niña Leve

En naranja: Evento El Niño Fuerte

En negro: Año Normal

Para las aves se evaluaron casi todas las fechas mencionadas para la evaluación de las herbáceas, exceptuando en una ocasión que se realizó un mes antes en junio 1999 y dos fechas que se realizaron en junio-2000 y diciembre-2000 que coincidieron con la evaluación para los coleópteros.

Meses	1998	1999	2000	2001	2010
Febrero	feb-98	feb-99	feb-00	feb-01	
Mayo	may-98	jun-99	jun-00		may-10
Agosto	ago-98	set-99	ago-00		sep-10
Noviembre	dic-98	nov-99	dic-00		

En rojo: Evento El Niño Muy intenso

En azul: Evento La Niña Fuerte

En verde: Evento La Niña Leve

En naranja: Evento El Niño Fuerte

Para realizar el análisis de las variables comunitarias se tomó en cuenta esta información, porque permite definir los diferentes periodos donde hay presencia del Evento El Niño, El Evento La Niña con sus diferentes magnitudes y además años normales, es decir sin la presencia de estos eventos. Se debe precisar que esta información es a escala oceánica, y que es valioso también considerar la información generada por la NOAA (2015) con el índice ONI (Oceanic Niño Index) y para un análisis a escala nacional el ICEN (Índice Costero El Niño) generado por el Instituto Geofísico del Perú (Takahashi et al., 2014).

### 3.3.2. Evaluación de la comunidad de herbáceas

Teixeira (2000) en su tesis “El efecto del Evento El Niño en la variación de la diversidad de la vegetación herbácea de la Reserva Nacional de Lachay” y Tovar (2003) en su tesis “Análisis de la Resiliencia de las comunidades herbáceas de las Lomas de Lachay, provincia de Huaura, Departamento de Lima después de la perturbación por el evento El Niño 1997-1998”, establecieron 31 parcelas de 1m<sup>2</sup> que cubren las zonas de Cerro Redondo, La

Quebrada Hierbabuena y el Puquial en la Reserva Nacional de Lachay (Figura 1). En el presente estudio se emplearon los datos registrados en ambas tesis, siendo 13 muestreos y se mantuvieron las mismas parcelas para los dos muestreos realizados, en las cuales se midieron solo para la comunidad de herbáceas las variables: densidad y cobertura, teniendo en total 15 muestreos.

Se describe cada una de las variables:

**Densidad:** Número de individuos por especie en cada parcela, es decir número de individuos por metro cuadrado.

**Cobertura:** Se consideró la proyección perpendicular al suelo de la especie por parcela, en forma individual para individuos aislados y en forma de parche para individuos de la misma especie que se traslapaban. Se tomaron las medidas del diámetro mayor y el diámetro menor, luego se calculó con ambos datos el área mediante la fórmula del círculo y también se midió la altura de cada individuo o grupo de individuos perpendicular al suelo.

Además se calculó la diversidad en función al Índice de Valor de Importancia (IVI), porque es un buen descriptor de la importancia de la especie en el lugar. Debido a la presencia de plantas muy pequeñas pero sumamente abundantes, y de otras, con menor cantidad de individuos pero con coberturas mayores, se pondera la densidad y la cobertura utilizando el IVI.

Para las tres comunidades se evaluaron: la composición, la abundancia, la riqueza, la equidad, la diversidad, los grupos funcionales y las especies clave.

Se describe cada una de las variables:

**Composición:** La lista de especies registradas en las parcelas.

**Abundancia:** El número de individuos de cada especie.

**Riqueza:** El número de especies en las parcelas. Es fácil de interpretar, aunque suele estar afectado por el esfuerzo de muestreo y por el tamaño de la muestra que se observa (Arnillas, 2005).

**Equidad:** Es la distribución de las abundancias relativas de los individuos de cada especie, describe en que medida las especies son abundantes por igual, es decir el grado de uniformidad (Magurran, 1987).

Diversidad: Hace referencia a la heterogeneidad que se registra en la naturaleza.

Diversidad de especies: Se calculó empleando el Índice de Shannon y Wiener en dos niveles: diversidad alfa y diversidad gamma, empleando las variables densidad y cobertura para las herbáceas y abundancia para coleópteros y aves. También se calculó para las herbáceas el Inverso del Índice de Simpson para la abundancia ( $C_{inv}$  Abundancia), la cobertura ( $C_{inv}$  Cobertura) y el IVI ( $C_{inv}$  IVI).

Grupos funcionales: Se consideraron por el tipo de formas de vida en las herbáceas, el tipo de recurso alimentario o la categoría trófica para los coleópteros y el gremio alimenticio para las aves.

Especies clave: Son especies que tienen un gran efecto sobre algún aspecto de las funciones de los ecosistemas o procesos ecosistémicos (Davic, 2003).

### **3.3.3 Evaluación de la comunidad de coleópteros**

Los coleópteros se evaluaron en las 31 estaciones establecidas para las herbáceas. En cada estación se instalaron dos trampas con un esfuerzo temporal de siete días (Ramírez et al., 2003; Giraldo, 2002). Las trampas fueron envases de plástico transparente de 9 cms de diámetro y una capacidad aproximada de 572.5 cm<sup>3</sup>, enterrados al ras del suelo y llenados a la mitad de su capacidad con una mezcla de 10% de etilenglicol, 5% de detergente y el resto de agua. Los coleópteros se determinaron utilizando las claves de Britton (1973), la colaboración y la revisión de la colección entomológica del M. Sc. Alfredo Giraldo.

### **3.3.4 Evaluación de la comunidad de aves**

Las evaluaciones de las comunidades de aves se llevaron a cabo mediante conteos de observación directa mediante el uso de binoculares, en todas las parcelas distribuidas a lo largo de toda el área de estudio. Los censos los realizaron simultáneamente 4 observadores entre las 7:00 y 10:00 a.m.. Las aves se identificaron utilizando como referencia los libros Las aves del Departamento de Lima (Koeppcke, 1964) y Las aves del Perú (Schulenberg et al., 2010).

### **3.4 Análisis de los datos**

#### **3.4.1 La precipitación total mensual y las series de tiempo**

Se empleó la autocorrelación, una técnica clásica, para el análisis de las series de tiempo, siendo una serie de tiempo una secuencia de observaciones, medidas en determinados momentos del tiempo, ordenadas cronológicamente, espaciadas de manera uniforme, así los datos usualmente son dependientes entre sí. El principal objetivo de una serie de tiempo es permitir su análisis para hacer un pronóstico.

Para evaluar la precipitación total mensual en las lomas de Lachay se empleó un análisis de autocorrelación mediante el programa PAST (Hammer et al., 2001), los datos históricos de la estación meteorológica se obtuvieron del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y fueron registrados desde el mes de agosto de 1930 hasta el mes de octubre del 2016. La data no es continua en el tiempo por lo que se separó la data que era continua en el tiempo en tres periodos, el primer periodo desde enero de 1931 a octubre de 1941, el segundo periodo desde enero de 1957 a mayo de 1968, y el tercero periodo desde julio de 1997 a octubre del 2016. La estacionalidad puede ser un componente muy fuerte en algunas series de tiempo, por lo que en esta ocasión se desestacionalizaron los datos para retirar el efecto estacional, mediante la resta a cada dato del promedio del mes al que pertenecía y luego se realizó un autocorrelograma.

Luego los datos desde el mes de julio de 1997 hasta el mes de diciembre del 2010, fueron separados en tres periodos de 18 meses donde se dieron eventos El Niño de diferentes magnitudes, el primer periodo desde julio de 1997 a diciembre de 1998, el segundo periodo desde junio de 2002 a noviembre de 2003, y el tercero periodo desde julio de 2009 a diciembre del 2010 y luego se realizó un autocorrelograma.

#### **3.4.2 Relación de la precipitación total mensual, la humedad relativa mensual y la temperatura promedio mensual del aire**

Se emplearon datos mensuales completos para las tres variables abióticas siguientes: la precipitación total mensual, la humedad relativa mensual y la temperatura promedio mensual desde julio de 1997 a diciembre del 2010, con los cuales se elaboró un dendrograma con la opción constrained, que permite generar agrupaciones o clusters en orden cronológico, empleando el análisis cluster, para luego realizar un one-way NPMANOVA, calcula valores

de F de forma análoga al ANOVA, empleando la correlación con el estadístico F con 10000 permutaciones, si se dan diferencias significativas el valor de  $p < 0,0001$ , para luego realizar la prueba de Bonferroni ajustado para comparar entre los grupos o clusters que se generaron, si hay diferencias significativas el valor de  $p < 0,05$ , todos los análisis fueron realizados con el programa PAST (Hammer et al., 2001).

Además se elaboraron gráficos relacionando la precipitación total mensual con la ATSM (anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar) del Callao y la captación de agua de niebla en las Lomas; la humedad relativa y la captación de agua de niebla en las Lomas para el año 2010.

### **3.4.3 La distribución de las Dominancias**

Para conocer la distribución de algunas variables, se adaptó el método empleado por Giraldo (2002) para la abundancia en coleópteros, para todos los taxa (herbáceas, coleópteros y aves). Se empleó histogramas los cuales permiten visualizar los distintos tipos de distribución y el conocimiento de especies dominantes, o especies que destacan en brindar un mayor aporte cuantitativo a la variable en estudio para cada muestreo, siendo las variables evaluadas la abundancia, la cobertura, el IVI y el IVIg. Se clasifican las distribuciones de abundancia de la siguiente manera:

- (1) Dominancia marcada, cuando de las especies una especie dominante se destaca de las demás por su mayor abundancia o el valor de la variable en estudio.
- (2) Dominancia exagerada, caso particular de dominancia marcada en la cual la especie se destaca de las demás porque su abundancia o el valor de la variable en estudio comprende más del 80%
- (3) Dominancia compartida, cuando dos especies destacan de las demás por sus mayores abundancias o los valores de la variable en estudio.
- (4) Distribución equitativa, cuando no hay especies que destaquen notoriamente por sus mayores abundancias o los valores de la variable en estudio.

### 3.4.4 Diversidad de herbáceas, coleópteros y aves

Para calcular la diversidad se empleó la fórmula propuesta por Shannon y Wiener (Magurran, 1987):

$$H' = -\sum_{i=1,2,\dots,S} p_i (\log_2 p_i)$$

Donde S=número de especies

El cálculo del valor  $p_i$  varió de acuerdo a la variable empleada, por ejemplo:

Abundancia:  $p_i = \text{Número de individuos de una especie} / \text{Número de individuos de todas las especies}$ .

Cobertura:  $p_i = \text{Cobertura de una especie} / \text{Cobertura de las especies}$

Diversidad alfa IVI:  $p_i = \text{IVI de cada especie} / \text{Suma del IVI de todas las especies en una parcela}$

Diversidad gamma IVI:  $p_i = \text{IVIg de cada especie} / \text{IVIg de todas las especies en una parcela}$

Para Calcular el Índice de Valor de Importancia (IVI), para cada parcela el IVI se calculó para cada especie, de la siguiente manera:

$$\text{IVI} = (n/N + c/C)$$

Donde:

n= Número de individuos de una especie en una parcela

c= Cobertura de una especie en una parcela

N= Número de individuos de todas las especies en una parcela

C= Cobertura de todas las especies en una parcela

Además se calculó el IVI de cada especie a nivel de toda la loma. Para distinguirlo del valor anterior se denominó a esta variable IVIg, y se calculó de la siguiente manera:

$$\text{IVIg} = (n/N_t + c/C_t)$$

Donde:

n= Número de individuos de una especie en un muestreo

c= Cobertura de una especie en un muestreo

$N_t$ = Número de individuos totales en un muestreo

$C_t$ = Cobertura total de todas las especies en un muestreo

La riqueza específica se calculó como el número de especies (S) presentes en los diferentes niveles y un índice de medida de riqueza ( $D_{Mn}$ ) el índice de riqueza de Menhinick (Magurran, 1987).

$$D_{Mn} = S/\sqrt{N}$$

N= número de individuos

La equidad mediante el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ), que se define como la razón entre la diversidad observada de Shannon y la diversidad máxima para ese número de especies, fue calculada con la siguiente formula:

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

Donde  $H_{max} = \log_2 S$

El Índice de Shannon y Wiener ( $H'$ ) está calculado con el logaritmo en base dos, empleando el programa PAST (Hammer et al., 2001), por lo que se multiplico al valor generado por este programa el valor de 1,44. También se calculó el Inverso del Índice de Simpson ( $C_{inv}$ ), también conocido como el Índice Reciproco de Simpson o Índice  $N_2$  de Hill, considerando el número de especies endémicas, nativas y exóticas en la vegetación presente en Lomas.

### **3.4.5 Evolución espacial y temporal de las variables comunitarias**

Se realizo gráficos de la evolución temporal de las variables comunitarias: la densidad, la cobertura vegetal y la diversidad alfa (la diversidad alfa Dens, la diversidad alfa IVI, la riqueza de especies, el Índice de riqueza de Menhinick y el Índice de equidad de Pielou) para la comunidad de herbáceas, con sus respectivos intervalos de confianza para poder observar la presencia o ausencia de la estacionalidad en las lomas para cada uno de los años muestreados. Además la evolución temporal de la Diversidad Gamma Dens y la Diversidad Gamma IVIg de la comunidad de herbáceas y el Inverso del Índice de Simpson de la abundancia ( $C_{inv}$  Abundancia), de la cobertura ( $C_{inv}$  Cobertura) y del IVIg ( $C_{inv}$  IVIg).

Para las comunidades de coleópteros y aves se evaluó la abundancia, la riqueza de especies, el Índice de riqueza de Menhinick, el Índice de equidad de Pielou, la Diversidad Alfa promedio y la Diversidad Gamma con sus respectivos intervalos de confianza.

Previamente se calculó el error estándar de los datos (la densidad, la cobertura vegetal, la riqueza de especies, el Índice de riqueza de Menhinick, el Índice de equidad de Pielou, la Diversidad Alfa Dens y la Diversidad Alfa IVI para herbáceas; la abundancia, la riqueza de especies, el Índice de riqueza de Menhinick, el Índice de equidad de Pielou y la Diversidad Alfa Promedio para coleópteros y aves), lo que indica en qué medida se desvían los datos con respecto a la media muestral.

$$Se_x = S / \sqrt{n}$$

Donde:

Se<sub>x</sub> : Error estándar de la media muestral.

S: Desviación estándar

$\sqrt{n}$  : Raíz cuadrada del Número de parcelas

Los Intervalos de confianza para la Diversidad Gamma de la comunidad de coleópteros y aves se obtuvieron mediante el programa PAST (Hammer et al., 2001), realizándose el bootstrap a un nivel de 95% de confianza.

Para la evaluación espacial se consideró la utilización de los gráficos de isolíneas de la densidad, la abundancia, la diversidad alfa ( $\pi = IVI$ ) y la diversidad alfa ( $\pi =$  número de individuos) y la abundancia de algunas especies de los datos evaluados en el 2010 mediante el programa Surfer.

Para el análisis temporal se analizó la densidad y la diversidad alfa IVI. Se compararon los 15 valores de densidad promedio, previamente para elegir la prueba estadística se evaluó la homogeneidad de las varianzas y el tipo de distribución, requisitos para realizar una prueba de Análisis de Varianza (ANOVA). Para evaluar la homogeneidad de las varianzas se empleó la prueba de Levene. Para el segundo requisito se aplicó la prueba Shapiro-Wilk, mediante el cálculo del estadístico W.

Por los resultados obtenidos en la densidad se procedió a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, con un nivel de confianza de 95% para determinar si existían diferencias significativas entre las medias de las 15 salidas de campo. Este análisis permitió la comparación de las 31 parcelas de cada muestreo y entre los diferentes muestreos (15 meses). Luego de esta prueba, se realizó una comparación posterior entre pares de medias utilizando

la prueba no paramétrica U de Mann- Whitney, con un nivel de significancia de 0.05. Además se realizó el análisis estadístico de la variación de los meses en distintos años, empleando la prueba no paramétrica de Wilcoxon para contrastar datos pareados. Para la diversidad alfa IVI se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y la prueba no paramétrica U de Mann- Whitney, con un nivel de significancia de 0.05.

Para determinar cuál de las especies puede representar el comportamiento general a nivel de toda la loma de las variables (densidad y cobertura), se empleó el coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de confianza de 95%. Para este análisis se seleccionaron aquellas especies que representaron en conjunto y en orden descendente más del 80% del valor calculado de la densidad total.

### **3.4.6 Grupos Funcionales**

Para identificar los grupos funcionales en la vegetación primero se diferenció por el hábito de crecimiento (hierbas y arbustos) y luego por las formas de vida o formas biológicas, elaborándose una ligera modificación del sistema de Raunkiaer. Se seleccionó en especial a las especies denominadas fanerófitas, nanofanerófitas, caméfitas, geófitas, hemicriptófitas, terófitas, epífitas y lianas (Raunkier, 1934; Cabrera, 1973; Margalef, 1974), empleándose literatura especializada para la clasificación de las especies evaluadas en las Lomas de Lachay (Vílchez, 1980a; Vílchez 1980b, Vílchez 1981; Péfaur, 1982; García y Gonzales, 1983; Galan de Mera et al., 1997; Vásquez, 2007; Mostacero et al., 2009; Mostacero et al., 2011; Deza et al., 2011; Jiménez y Deza, 2011; Manrique, 2011; Jiménez et al., 2012) y al no tener determinación taxonómica 13 especies no se pudieron clasificar.

Para identificar los grupos funcionales en los coleópteros se realizó una clasificación por las categorías tróficas en base a la clasificación elaborada por Giraldo (2002) con algunas modificaciones para algunos grupos por lo que se tiene 6 categorías tróficas definidas: omnívoro, fitófago, depredador, micetófago, saprófago, depredador facultativo empleando la siguiente literatura (Elgueta y Arriagada, 1989; Marinoni, 2001; Ruiz y Montiel, 2001; Ribera y Beutel, 2012; Anteparra et al., 2013; Giraldo, 2014; Porrini et al., 2014; Verdugo, 2014).

En las aves para identificar los grupos funcionales se siguió la clasificación por el gremio alimenticio elaborada por Veliz (2002) ampliándose a 11 empleando la siguiente literatura para su clasificación (Aguilar, 1979; Zeballos et al., 2000; De la Peña, 2002; De la Peña, 2006; Tellechea, 2011; Castillo, 2013; Zelada et al., 2014) y algunas especies por observación personal. Siendo agrupados como Insectívoro, Granívoro, Nectarívoro, Insectívoro-Frugívoro, Insectívoro-Nectarívoro, Insectívoro-Carnívoro, Granívoro-Insectívoro, Granívoro-Frugívoro, Granívoro-Frugívoro-Insectívoro, Granívoro-Frugívoro-Herbívoro, Granívoro-Insectívoro- Herbívoro.

### **3.4.7 Detección de estados multiestables**

La integración de la información de las diferentes taxa se realizó principalmente empleando herramientas del análisis multivariado como el dendrograma con la opción sin constrained para la abundancia de las herbáceas, las aves y los coleópteros, con las especies que aportan el 95% de la abundancia total, para luego realizar un Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), todos los análisis fueron realizados con el programa PAST (Hammer et al., 2001). Si los sistemas se autoorganizan es posible que se organicen por atractores, es decir que presente varios estados ecológicos posibles. Además tomando en cuenta la información histórica que nos cuenta de forma general las etapas por las que ha pasado la Reserva Nacional Lomas de Lachay, se trata de identificar los atractores que organizan o limitan el desarrollo de la Reserva Nacional Lomas de Lachay.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

#### 4.1.1 Variables Abióticas

##### 4.1.1.1 La precipitación y las series de tiempo

El análisis clásico de las series temporales se basa en la suposición de que los valores que toma la variable de observación es la consecuencia de tres componentes o fuentes de variación, cuya actuación conjunta da como resultado los valores medidos, estos componentes son: el componente tendencia, el componente estacional y el componente aleatorio. El componente estacional se observa cuando la serie temporal presenta cierta periodicidad o dicho de otro modo, la variación de cierto período (puede ser anual, semestral, mensual, etc.). Estos efectos son fáciles de entender y se pueden medir explícitamente o incluso se pueden eliminar de la serie de datos, a este proceso se le llama desestacionalización de la serie. En las Figuras 2, 3 y 4 se pueden apreciar el efecto estacional por lo que cada serie de tiempo fue desestacionalizada para ver si es posible observar otras fuentes de variación.

Figura 2. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay, desde enero 1931 a octubre 1941.

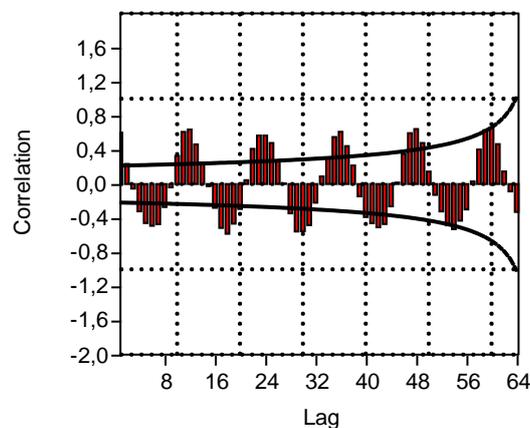


Figura 3. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay, desde enero 1957 a mayo 1968.

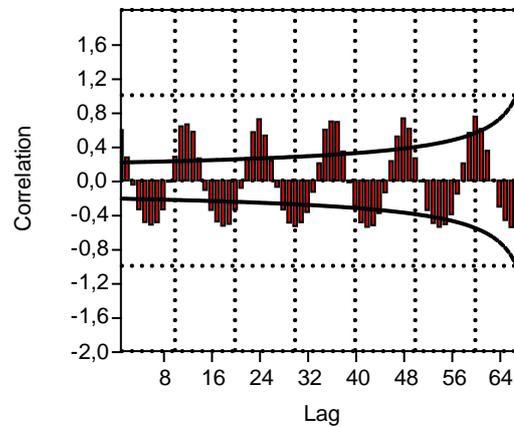
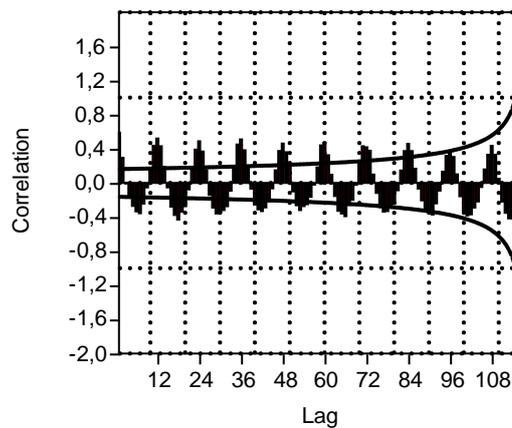


Figura 4. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay, desde julio 1997 a octubre 2016



Luego de haber sido desestacionalizadas las series de datos, ha sido más visible el efecto aleatorio, este componente no responde a ningún patrón de comportamiento, sino que es el resultado de factores fortuitos o aleatorios que inciden de forma aislada en una serie de tiempo, cuando la serie muestra este componente se le denomina ruido blanco. El otro componente es la tendencia (no aleatorio), se puede definir como un cambio a largo plazo que se produce en la relación al nivel medio, o el cambio a largo plazo de la media. La tendencia se identifica con un movimiento suave de la serie a largo plazo, denominado también ruido rojo.

Figura 5. La autocorrelación de la precipitación total mensual desestacionalizada en las Lomas de Lachay, desde enero 1931 a octubre 1941.

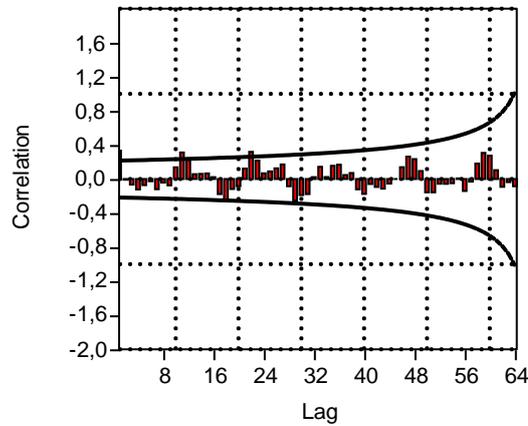
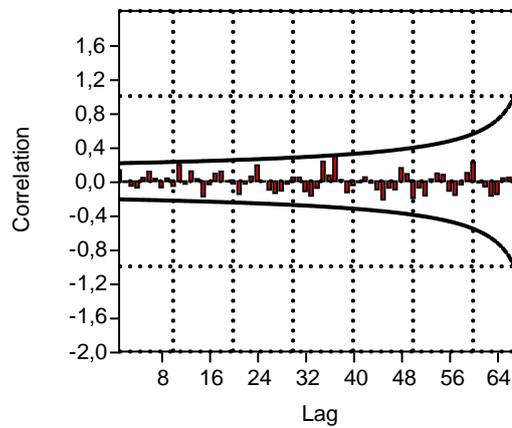
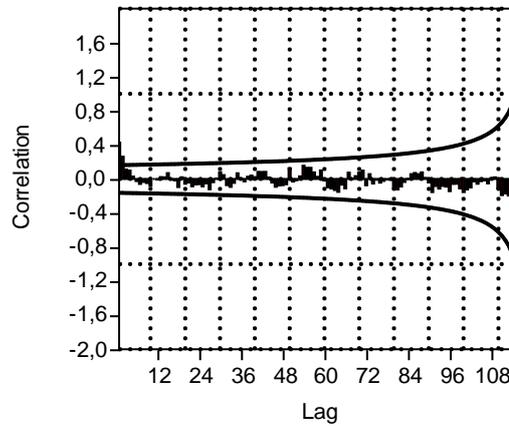


Figura 6. La autocorrelación de la precipitación total mensual desestacionalizada en las Lomas de Lachay, desde enero 1957 a mayo 1968.



La autocorrelación, es una técnica clásica simple para el análisis de series de tiempo, donde se muestra en el PAST la banda de confianza del 95% esperada para una serie de ruido blanco (no correlacionado). Por lo que en el primer periodo se puede observar que el ruido es casi blanco (Figura 5), en el segundo periodo es ruido blanco (Figura 6) y en el tercer periodo ligeramente rosado (Figura 7), es posible que si se continúa incorporando nueva data se podría observar alguna tendencia o comportamiento de esta última serie temporal.

Figura 7. La autocorrelación de la precipitación total mensual desestacionalizada en las Lomas de Lachay, desde julio 1997 a octubre 2016.



En el último periodo desde julio de 1997 a diciembre del 2010 se dieron tres Evento El Niño, por lo que fueron evaluados como 3 periodos cortos o series de tiempo de la precipitación total mensual. Al analizar estos tres ENSO, hay que tomar en cuenta que se han iniciado en meses diferentes, además que al iniciarse en medio del Océano Pacífico, el primer ENSO (Evento El Niño Muy intenso), realmente se demora en manifestarse en las Lomas de Lachay, según las instituciones como la NOAA que monitorean su aparición se inicia en marzo de 1997, sin embargo algunos investigadores entre botánicos y ecólogos de las lomas registran un retraso en el inicio de la época húmeda en las lomas, por lo que el ENSO se manifiesta recién en el mes de agosto (Figura 8), en este caso el ENSO vuelve la serie temporal en ruido blanco, donde se aprecia que llueve de manera aleatoria, hay una mayor oferta de agua pero de manera desordenada, es decir se da más entropía.

El segundo evento se inició en el mes de junio del 2002, es un ENSO (Evento El Niño Fuerte), donde se observa que se ha generado un ruido rosado y no presenta el comportamiento del ENSO 97-98 (Figura 9). El tercer evento (Evento El Niño Fuerte) que inicia en el mes de julio de 2009 tiende a enrojecerse y presenta un comportamiento similar al ENSO 97-98 (Figura 10), es posible que el primer y el tercer Evento El Niño permitan la presencia de algunas especies oportunistas, por su comportamiento desordenado, es decir generando más entropía en la precipitación, lloviendo de una manera muy variable, aunque ambos eventos se han producido de dos dinámicas diferentes

Figura 8. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay, desde julio 1997 a diciembre 1998.

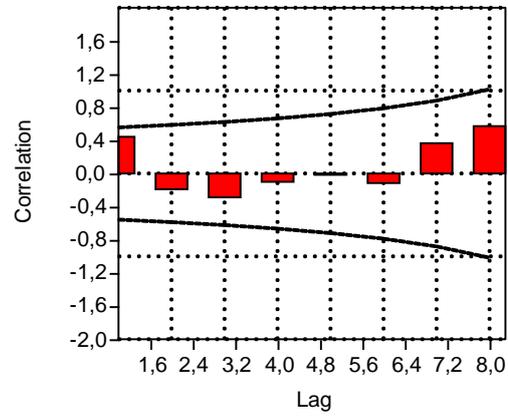


Figura 9. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay, desde junio 2002 a noviembre 2003.

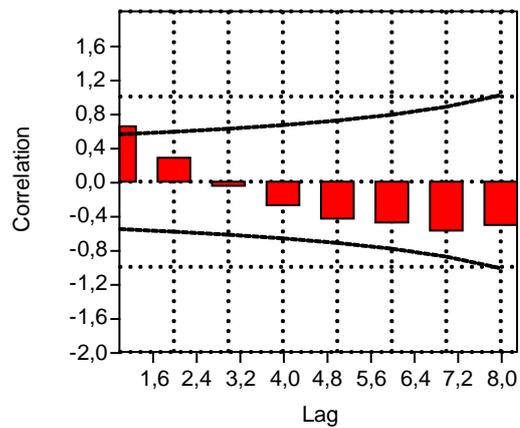
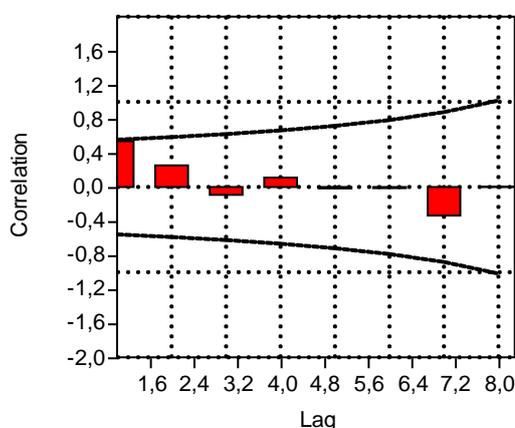


Figura 10. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay, julio 2009 a diciembre 2010.



Además hay que considerar que dos Niños pueden ser de la misma magnitud, sin embargo puede comportarse de manera muy diferente en las regiones cercanas, por ejemplo por el evento de muy fuerte intensidad de 1982-1983, se dieron condiciones de sequía en la costa sur y durante el evento de 1997-1998, también de fuerte intensidad, se observó que si podía llover en la costa sur (Ortlieb y Hocquenghem, 2001). Además ambos Niños se iniciaron en meses diferentes, el de 1983 fue mucho más difícil de pronosticar, no solo porque la ciencia no había estado tan desarrollada entonces, sino porque la costa comenzó a calentarse en agosto del año 1982, mientras que en el otro caso empezó temprano, en mayo de 1997.

#### 4.1.1.2 La variación temporal de la precipitación, la humedad relativa y la temperatura del aire

Las variables abióticas como la precipitación total mensual (mm), la humedad relativa media mensual (%) y la temperatura media mensual (°C) fueron agrupadas empleando el análisis de cluster, elaborando un dendograma con constrained desde julio 1997 hasta diciembre del 2010 (Figura 11). Al realizar el one-way NPMANOVA se encuentran diferencias significativas porque el valor de  $p < 0,0001$ , se observan 5 grupos o clusters, luego mediante la prueba de Bonferroni ajustado, que compara entre los grupos o clusters que se generaron, se encontraron algunas diferencias significativas entre los grupos cuando el valor fue  $p < 0,05$  y se resaltó de color rosado en el Cuadro 1.

Cuadro 1. NPMANOVA y Bonferroni ajustado de la precipitación total mensual (mm), la humedad relativa media mensual (%) y la temperatura media mensual (°C).

NPMANOVA					
Permutation II:		10000			
Total sum of squares:		4,186E04			
Within-group sum of squares:		3,198E04			
F:		10,66			
p(same):		9,999E-05			
Pairwise comparisons					
<input type="radio"/> p values, uncorrected significance <input type="radio"/> p values, sequential Bonferroni significance <input checked="" type="radio"/> Bonferroni-corrected p values <input type="radio"/> F values					
	jul-97	feb-98	jul-02	jun-08	oct-08
jul-97		0,005	0,0009999	1	0,016
feb-98	0,005		1	0,017	1
jul-02	0,0009999	1		0,002	1
jun-08	1	0,017	0,002		0,041
oct-08	0,016	1	1	0,041	

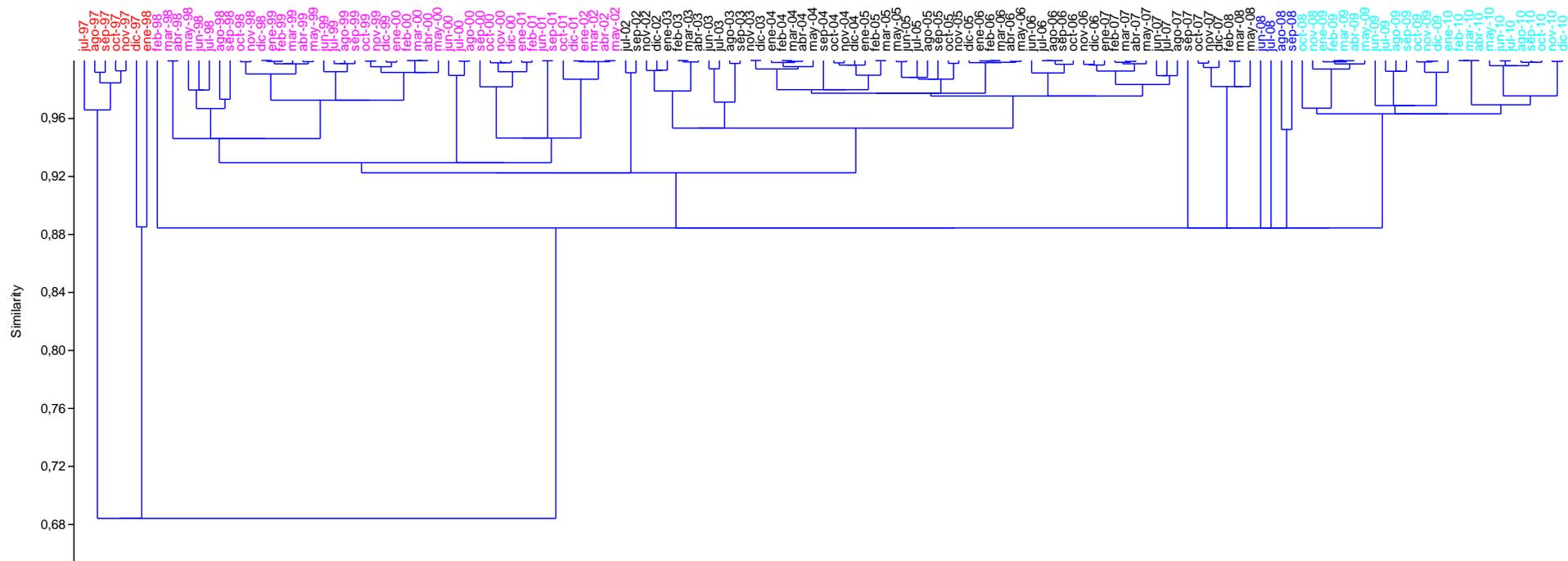
El primer grupo formado por los meses iniciales del evento El Niño 97-98, que va desde julio de 1997 a enero de 1998, coincide con una categoría del ICEN (Índice Costero El Niño) denominada Cálida Extraordinaria, al parecer estas variables abióticas son sensibles a esta categoría, que se genera con la media de tres meses de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2. Estas anomalías se calculan usando la climatología mensual calculada para el periodo base de 1981-2010 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Categoría del ICEN (Índice Costero El Niño) de julio de 1997 a enero de 1998.

Año	Mes	ICEN
1997	Julio	cálida extraordinaria
	Agosto	cálida extraordinaria
	Setiembre	cálida extraordinaria
	Octubre	cálida extraordinaria
	Noviembre	cálida extraordinaria
	Diciembre	cálida extraordinaria
1998	Enero	cálida extraordinaria

El segundo grupo está formado con el final del evento El Niño 97-98, que va desde febrero de 1998 a mayo del 2002, el tercer grupo desde julio del 2002 a mayo del 2008, el cuarto grupo desde junio del 2008 a septiembre del 2008 y por ultimo octubre del 2008 a diciembre del 2010, donde se muestran algunas diferencias significativas entre grupos (Cuadro 1). Estos cuatro grupos no presentan una diferencia clara para las otras categorías del ICEN, denominadas cálida fuerte, cálida moderada, cálida débil, fría débil, fría moderada, fría fuerte, al parecer porque no se mantienen varios meses de manera continua en la misma categoría, están más tiempo los meses en la categoría denominada neutro.

Figura 11. Dendrograma de la precipitación total, la humedad relativa media y la temperatura media desde julio de 1997 a diciembre del 2010.

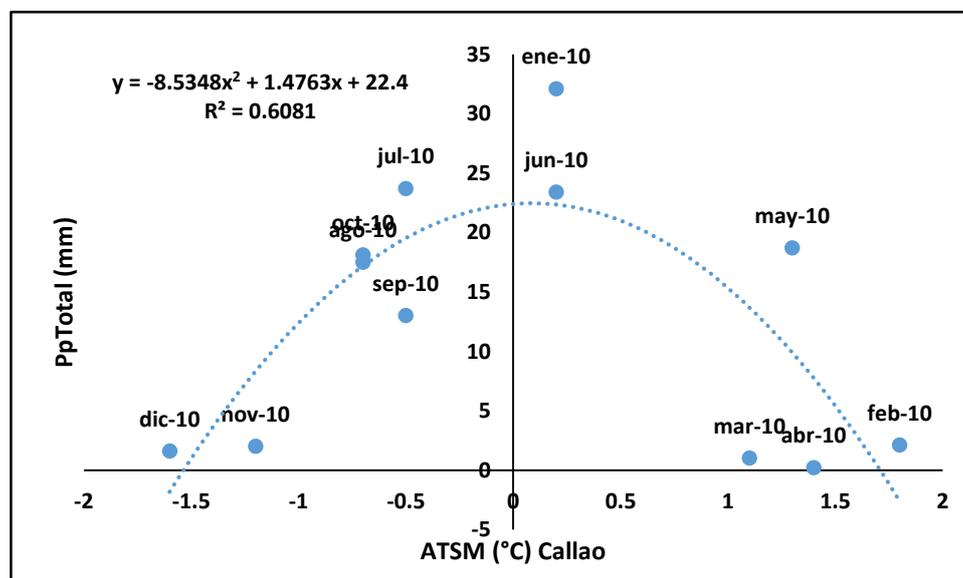


#### 4.1.1.3 La relación de la precipitación y la ATSM

Del anterior análisis observando que solo se genera un grupo relacionado a una categoría del Índice Costero, se trata de entender cómo se relaciona la precipitación total de las Lomas de Lachay con la anomalía de la temperatura superficial del mar registrada en el Callao para el año 2010. Los datos de la temperatura superficial del mar en una zona, se suelen dar como la anomalía de la temperatura mensual, que es la diferencia entre la temperatura real y la que correspondería en el mes que se evalúa (un promedio de varios años para ese mes).

Se accedió a las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (ATSM) para el año 2010 del Callao, que es el lugar más cercano a las lomas con este tipo de datos y se relacionaron con la precipitación total mensual de las Lomas de Lachay para el mismo año (Figura 12). Se puede observar entre ambas variables una relación del tipo función cuadrática ( $r = 0,78$ ), así que lo primero que hay que entender es que cuando los valores de las anomalías son positivas, estamos notando que la temperatura es más caliente de lo normal y cuando las anomalías son negativas, estamos notando que la temperatura en el mar es más fría de lo normal.

Figura 12. Relación de la precipitación total mensual (mm) y la ATSM (°C) del Callao, 2010.



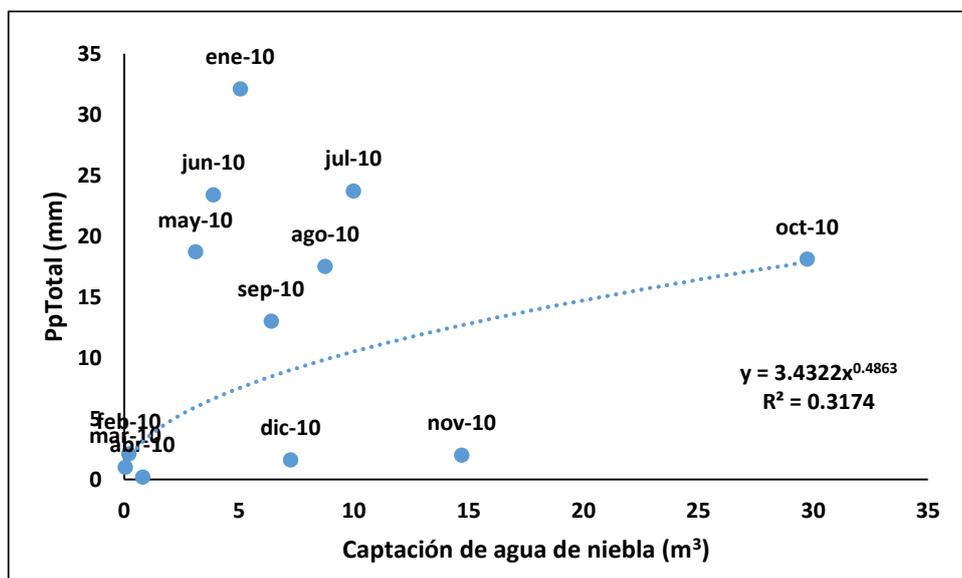
Los 6 primeros meses del año están en el eje de las anomalías positivas y los 6 finales meses están en el eje de las anomalías negativas, sin embargo la precipitación varía entre los meses por ejemplo los meses de enero y mayo, tienen valores altos para la precipitación por lo que

es posible que el Evento El Niño, no tenga un efecto continuo en todos los meses o que otros procesos en la circulación atmosférica terrestre influencien estas precipitaciones, y los meses de la época húmeda como julio, agosto, septiembre y octubre también presentan altas precipitaciones, aunque es un periodo donde se inicia el Evento La Niña, es recién en los meses de noviembre y diciembre donde las precipitaciones son bajas y se relacionan con las anomalías más negativas. Al parecer los Eventos La Niña y El Niño de menor intensidad en este ecosistema terrestre no tienen un efecto directo sino otros procesos climatológicos.

#### 4.1.1.4 La relación de la precipitación y la captación de agua

En este ítem se trata de entender cómo se relaciona la precipitación total con la captación de agua de niebla registrado en las Lomas de Lachay para el año 2010. Se puede observar entre ambas variables una relación del tipo función exponencial ( $r = 0,56$ ), como la precipitación varía entre los meses no relacionándose exactamente al periodo donde se da el Evento El Niño y las épocas estacionales.

Figura 13. Relación de la precipitación total y la captación de agua de niebla, 2010.



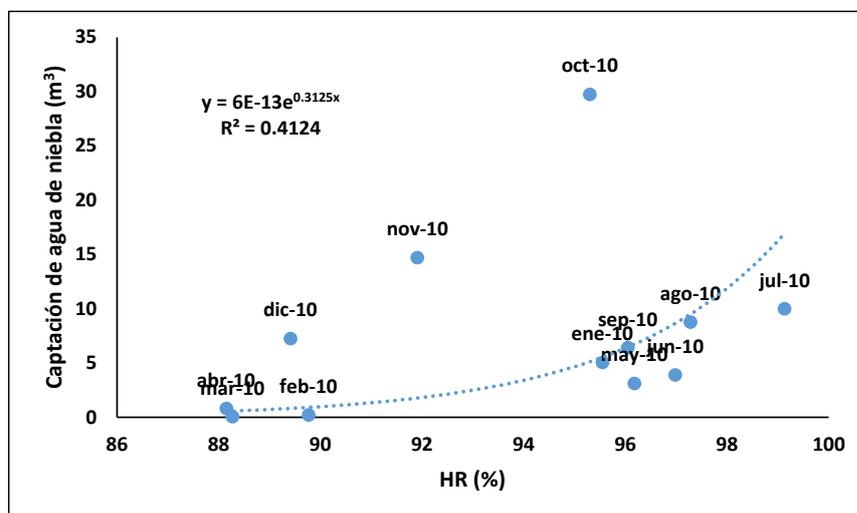
Se observa que los meses de enero y mayo presentan valores altos en la precipitación y valores no tan bajos en la captación de agua de niebla y los meses de la época húmeda como julio, agosto, septiembre también presentan un comportamiento similar, es posible el efecto de otros procesos que influyen el incremento de la Humedad atmosférica en las Lomas, porque se da una mayor captación de agua en los meses de noviembre y diciembre sin embargo las precipitaciones son bajas. Por lo que es posible que los Eventos La Niña y El

Niño de menor intensidad en las Lomas de Lachay no tienen un efecto directo, sino interactúan con otros factores.

#### 4.1.1.5 La relación de la humedad relativa y la captación de agua

En este ítem se trata de entender cómo se relaciona la humedad relativa con la captación de agua de niebla registrado en las Lomas de Lachay para el año 2010. Se puede observar entre ambas variables una relación del tipo función exponencial ( $r = 0,64$ ), la humedad relativa para el mes de enero tanto como la precipitación presentan valores muy altos comparados con los otros años, se observa que son la continuación de un año 2009 con mayores condiciones húmedas al parecer por el inicio del Evento El Niño 2009-2010, al observar los meses de enero y mayo presentan valores altos en la precipitación y valores no tan bajos en la captación de agua de niebla, sin embargo los meses de febrero, marzo y abril presentan los valores más bajos de humedad relativa, los valores más bajos de captación de agua, las precipitaciones son bajas y los valores más altos de temperatura del aire para todo el año 2010.

Figura 14. Relación de la humedad relativa mensual y la captación de agua de niebla, 2010.



Por lo que es posible que el Evento El Niño Fuerte del 2009-2010, por su comportamiento desordenado o entrópico en las Lomas se vea atenuado por otros efectos como el comportamiento del anticiclón del Pacífico Sur. Además es posible que las condiciones húmedas se mantengan cuando hay vegetación en las lomas ayudando a mantener la humedad mediante su cobertura vegetal, este proceso se ha dado anteriormente, siendo estudiado por el Ingeniero Hans Rossi en las Lomas de Lachay al evaluar la precipitación

bajo copa de eucaliptos o casuarinas y a la intemperie, mostrando una mayor precipitación el área con árboles (Ordoñez y Faustino, 1983).

#### 4.1.2 Variables Bióticas

##### 4.1.2.1 La composición de la comunidad de herbáceas

Se registró en total 18 014 individuos, 65 especies determinadas taxonómicamente distribuidas en 28 familias (Cuadro 3), empleando la base de datos del Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org/>). De los 15 muestreos realizados en los dos últimos muestreos se han incluido en las parcelas evaluadas 9 nuevas especies. En la actualidad algunas especies han cambiado su nombre científico y la familia botánica a la que pertenecen. Además actualmente dos especies de *Solanum*, como son: *Solanum montanum* y *Solanum phyllantum*, se consideran como una sola especie *Solanum montanum* (Zuloaga et al., 2008).

Cuadro 3. Lista de especies de herbáceas registradas en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y enero del 2001, mayo y septiembre del 2010.

Familia	Especie
Acanthaceae	<i>Dicliptera sp.</i>
	<i>Dyschoriste repens</i>
Amaranthaceae	<i>Alternanthera halimifolia</i>
Amaranthaceae	<i>Chenopodium petiolare</i>
Amaryllidaceae	<i>Stenomesson coccineum</i>
Apiaceae	<i>Bowlesia palmata</i>
Asparagaceae	<i>Fortunatia biflora</i>
	<i>Furcraea andina</i>
	<i>Acmella oleracea</i>
	<i>Ageratina sternbergiana</i>
	<i>Cotula australis</i>
	<i>Erigeron leptorhizon</i>
	<i>Galinsoga parviflora</i>
	<i>Galinsoga sp.</i>
	<i>Gamochaeta purpurea</i>
Asteraceae	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>
	<i>Ophryosporus peruvianus</i>
	<i>Philoglossa peruviana</i>
	<i>Senecio lomincola</i>
	<i>Sigesbeckia flosculosa</i>
	<i>Sonchus oleraceus</i>
	<i>Trixis cacalioides</i>
	<i>Vasquezia oppositifolia</i>

Cuadro 3. Continuación

Familia	Especie
Bignoniaceae	<i>Tourrettia lappacea</i>
Boraginaceae	<i>Heliotropium</i>
	<i>Heliotropium arborescens</i>
Boraginaceae	<i>Nama dichotoma</i>
Bromeliaceae	<i>Puya ferruginea</i>
Calceolariaceae	<i>Calceolaria pinnata</i>
Caryophyllaceae	<i>Drymaria divaricata</i>
Convolvulaceae	<i>Evolvulus villosus</i>
Crassulaceae	<i>Crassula connata</i>
Cucurbitaceae	<i>Sicyos baderoa</i>
Euphorbiaceae	<i>Croton alnifolius</i>
	<i>Croton ruizianus</i>
Geraniaceae	<i>Erodium moschatum</i>
Lamiaceae	<i>Hyptis sidifolia</i>
	<i>Salvia paposana</i>
Loasaceae	<i>Nasa urens</i>
Malvaceae	<i>Urocarpidium peruvianum</i>
Malvaceae	<i>Waltheria ovata</i>
	<i>Calandrinia alba</i>
Montiaceae	<i>Calandrinia sp.</i>
	<i>Cistanthe sp.</i>
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>
Onagraceae	<i>Oenothera rosea</i>
Oxalidaceae	<i>Oxalis bulbifera</i>
	<i>Andropogon sp.</i>
	<i>Avena barbata</i>
	<i>Bromus striatus</i>
	<i>Cenchrus ciliaris</i>
Poaceae	<i>Cynodon sp.</i>
	<i>Eragrostis mexicana</i>
	<i>Paspalum flavum</i>
	<i>Rostraria cristata</i>
	<i>Rostraria trachyantha</i>
	<i>Nicotiana paniculata</i>
Solanaceae	<i>Nolana humifusa</i>
	<i>Solanum montanum</i>
	<i>Solanum peruvianum</i>
	<i>Parietaria debilis</i>
Urticaceae	<i>Pilea lamioides</i>
	<i>Urtica urens</i>
Valerianaceae	<i>Astrephia chaerophylloides</i>
Verbenaceae	<i>Lippia nodiflora</i>

En lila: La especie ha cambiado de Familia taxonómica y/o Nombre Científico

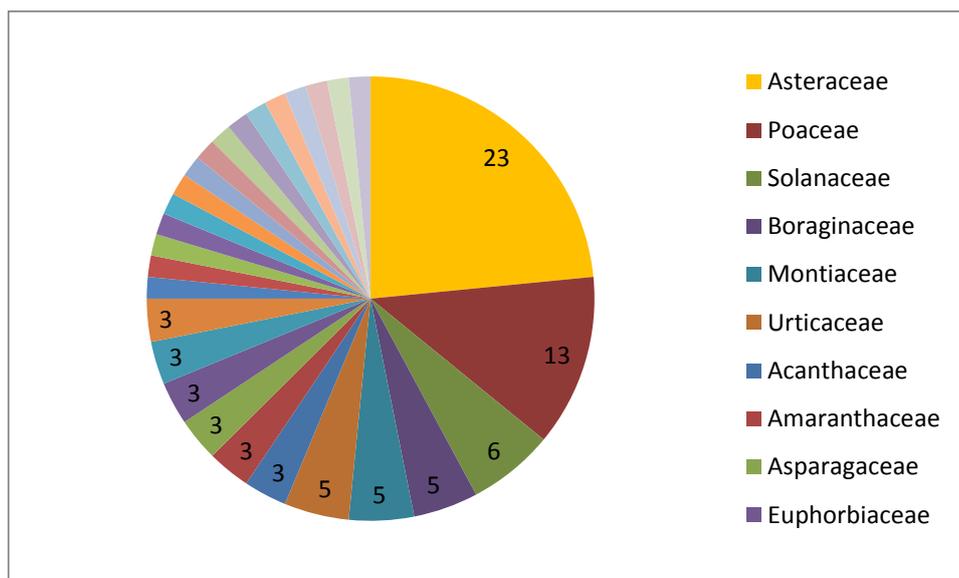
En rojo: Nueva especie en may-10.

En azul: Nueva Familia taxonómica y/o nueva especie en set-10

Las comunidades vegetales se modifican notablemente en cada estación, de modo que su estructura no es constante (Krebs 1985). Según Torres (1981) las lomas de la costa central del Perú tienen una composición florística de 61 especies de herbáceas, las cuales inician su ciclo de vida durante los meses de junio a setiembre, y culminan con la producción de semillas a fines de octubre y noviembre. En una evaluación realizada en la temporada del ENSO 97-98 en las lomas de Lachay, la composición fue de aproximadamente 146 especies de plantas vasculares, de las cuales 6 son árboles (Cano et al., 1999b), por lo que el presente estudio comparándose con esa evaluación representa un 44% de este total.

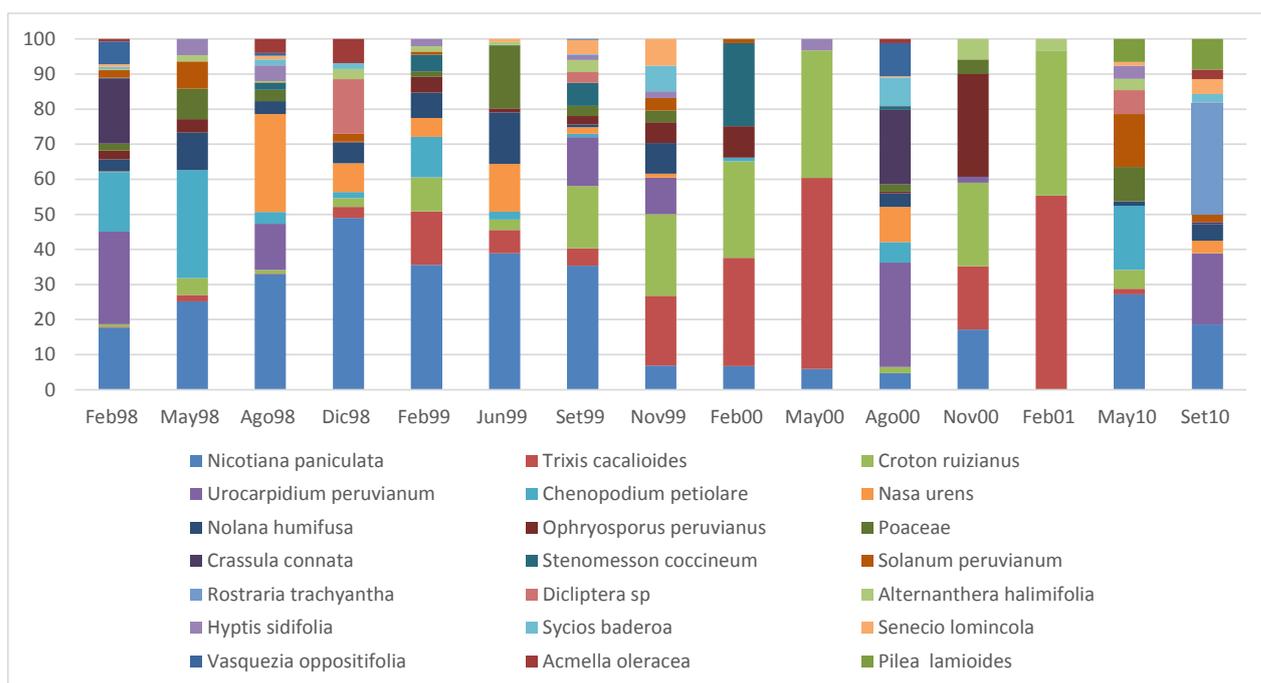
Con respecto a los estudios anteriores (Cano et al., 1999b; Tovar, 2003; Arana y Salinas, 2007) las familias más representativas en porcentaje por el número de especies siguen siendo las familias Asteraceae, Poaceae y Solanaceae (Figura 15). Según un estudio de las lomas de Tacahuay las familias Asteraceae, Malvaceae, Solanaceae y Amaranthaceae han sido las más representativas desde finales del Pleistoceno tardío hasta la actualidad (Velásquez, 2013). En las lomas de Ancón y Carabayllo durante el niño 1997-1998 las familias más representativas fueron Asteraceae, Solanaceae, Poaceae y Boraginaceae (Cano et al., 2001), similar a las Lomas de Lachay.

Figura 15. Composición de la Familia Botánica en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010.



Las familias más representativas por el número de individuos o la abundancia fueron las familias Crassulaceae (23,7%), Malvaceae (17,5%), Solanaceae (13,7%) y Asteraceae (13,2%). Si consideramos el Índice de Valor de Importancia (IVI), las familias más representativas fueron Solanaceae (28.8%), Asteraceae (21.82%), Euphorbiaceae (13.42%), Malvaceae (7,64%), Chenopodiaceae (6,37%), Poaceae (5,65%) y Loasaceae (5%).

Figura 16. Las 21 especies vegetales con mayor IVI<sub>g</sub> establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y enero del 2001, mayo y septiembre del 2010.



Para visualizar mejor la composición de especies se graficaron las 21 especies que contienen el mayor porcentaje de IVI<sub>g</sub>. Se mantiene la presencia de *Nicotiana paniculata*, como una de las especies más abundantes (Figura 16). Además en las lomas de Lachay y las lomas de Ancón y Carabayllo los efectos del evento EN 1997-1998 se caracterizaron por la abundancia relativa de algunas especies como *Nicotiana paniculata*, *Nolana humifusa*, *Solanum peruvianum* todas ellas de la familia Solanaceae (Cano et al., 1999b; Cano et al., 2001), y *Rostraria trachyantha* que predomina en el último monitoreo, la cual ha sido registrada como especie dominante en el año 1996 y 1999 en los estudios realizados por investigadores de la Universidad Nacional de San Marcos (Arana et al., 1999).

#### 4.1.2.2 La composición de la comunidad de coleópteros

Se registró un total de 24 229 individuos considerando 19 muestreos, distribuidos en 22 familias y 70 especies (Cuadro 4). En los dos últimos muestreos se registran 7 nuevas morfoespecies, y algunas especies han cambiado su categoría taxonómica, porque en los anteriores muestreos fueron determinadas a nivel de familia y en la actualidad han sido determinadas a nivel de género.

Cuadro 4. Lista de especies de coleópteros registrados en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010.

Familia	Morfo (especies)
Anthicidae	<i>Anthicidae-1</i> <i>Ischyropalpus sp.1</i> <i>Ischyropalpus sp.2</i>
Bostrychidae	<i>Micrapate sp.</i>
Carabidae	<i>Blennidus sp.</i> <i>Calosoma rufipenne</i> Harpalinae-1 Harpalinae-2 <i>Notiobia peruviana</i> <i>Pelmatellus sp.</i>
Cerambycidae	<i>Cerambycidae-1</i>
Chrysomelidae	<i>Epitrix sp.</i>
Cleridae	Cleridae indet.
Clambidae	<i>Clambus sp.</i>
Coccinellidae	<i>Cycloneda sanguinea</i> Coccinellidae-1 Coccinellidae-2 Coccinellidae-3 Coccinellidae-4 <i>Coccinellidae-5</i>
Colydiidae	Colydiidae indet.
Curculionidae	<i>Conotrachelus sp.</i> Curculionidae-1 Curculionidae-2 <i>Macrostylus puberulus</i> <i>Macrostylus sp. 1</i> <i>Macrostylus sp. 2</i> Naupactini-1 Naupactini-2 Tropiphorini-1 Tropiphorini-2
Elateridae	Elateridae indet.
Histeridae	Histeridae indet. <i>Saprinus sp.</i>
Lathridiidae	Lathridiidae-1 Lathridiidae-2
Leiodidae	<i>Leiodidae-1</i>

Cuadro 4. Continua

Familia	Morfo (especies)
Mordellidae	Mordellistena sp.1
	<i>Mordellistena sp. 2</i>
Mycetophagidae	Mycetophagidae-1
	Mycetophagidae-2
Nitidulidae	<i>Camptodes sp.</i>
	<i>Carpophilus sp.</i>
Pselaphidae	Pselaphinae-1
	Pselaphinae-2
	<i>Pseudomeloe sp.</i>
Scarabaeidae	Scarabaeidae indet.
Staphylinidae	Scaphidiinae-1
	Staphylinidae-1
	Staphylinidae-2
	Staphylinidae-3
	Staphylinidae-4
	Staphylinidae-5
	Staphylinidae-6
Tenebrionidae	<i>Ammophorus rubripes</i>
	<i>Blapstinus sp.</i>
	<i>Epitragopsis olivaceous</i>
	<i>Evaniosomus orbygnianus</i>
	<i>Parepitragus sp.</i>
	<i>Psammetichus costatus</i>
	<i>Scotobius crassus</i>
	<i>Scotobius exaratus</i>
	<i>Scotobius weyrauchi</i>
	Tenebrionidae-2
	Tenebrionidae-3
	Tenebrionidae-4
	Tenebrionidae-5
	Tenebrionidae-6
	Tenebrionidae-7
Trogidae	<i>Omorgus suberosus</i>

En lila: La especie ha cambiado de Familia taxonómica y/o Nombre Científico

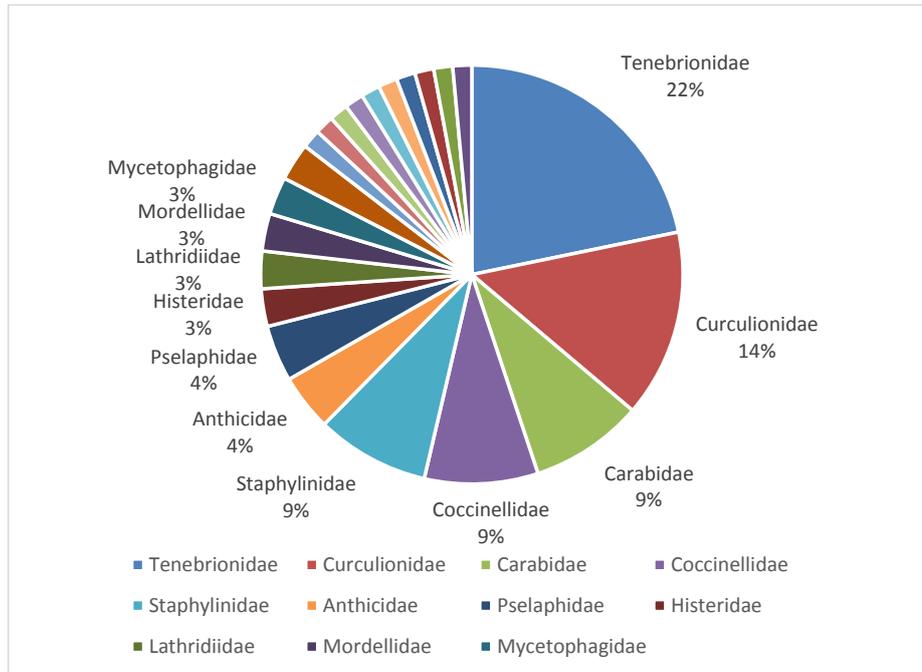
En rojo: Nueva especie en may-10.

En azul: Nueva Familia taxonómica y/o nueva especie en set-10

Las familias más abundantes fueron Tenebrionidae (26,3%), Carabidae (21,8%) y Curculionidae (19,4%), siguen siendo las familias más abundantes, sin embargo Curculionidae fue desplazada por Carabidae al aumentar el porcentaje de individuos colectados al considerar los últimos 4 muestreos. Se incorporan 2 nuevas familias: Cerambicidae y Leiodidae, con una morfoespecie para cada una. Las familias más

representativas en porcentaje por el número de especies fueron Tenebrionidae, Curculionidae, Carabidae, Coccinellidae y Staphylinidae (Figura 17).

Figura 17. Composición de las Familias de coleópteros en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010.



#### 4.1.2.3 La composición de la comunidad de aves

Se registró 7 889 individuos, pertenecientes a 31 especies, 17 familias en los 15 muestreos, manteniendo los criterios con respecto a no incluir en la evaluación a las especies de las familias Accipitridae y Falconidae porque requieren por su forma de desplazamiento una metodología distinta y las cinco especies de picaflores son consideradas como Familia Trochilidae, porque no es fácil identificarlas por la velocidad de vuelo y cuando hay una densa neblina (Tori, 2000; Veliz, 2002). Sin las restricciones mencionadas para comparar los datos se registraron 40 especies ubicadas en 19 familias y 8 ordenes (Cuadro 5).

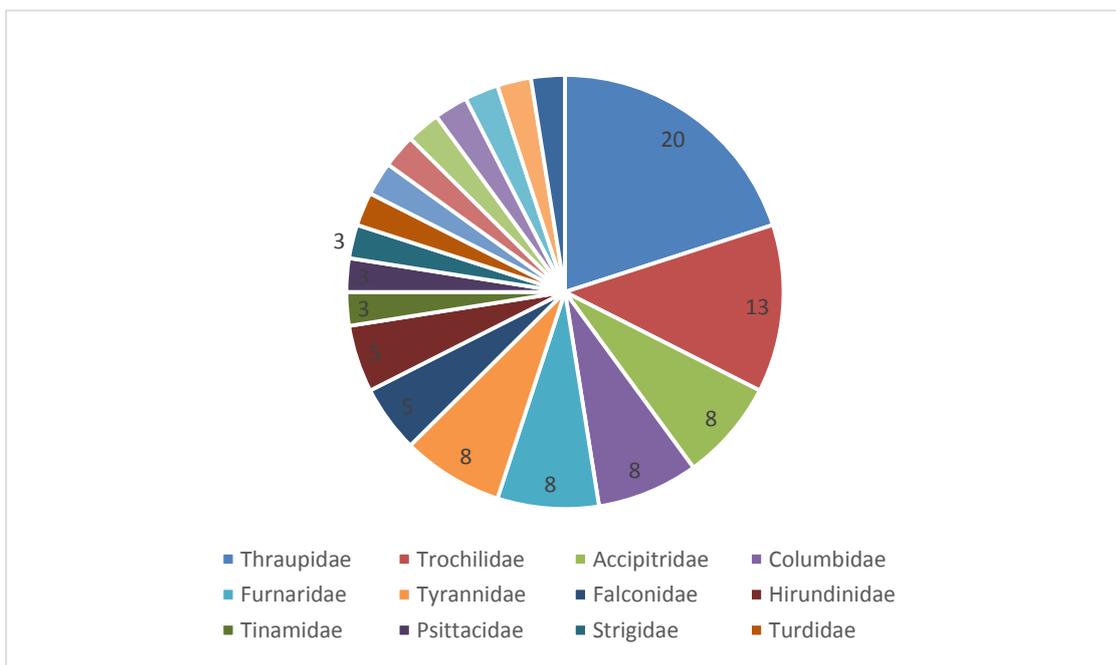
Cuadro 5. Lista de especies de aves registradas en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y enero del 2001, mayo y septiembre del 2010.

Orden	Familia	Especie
Tinamiformes	Tinamidae	<i>Nothoprocta pentlandi</i>
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>
		<i>Geranoaetus melanoleucus</i>
		<i>Parabuteo unicinctus</i>
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>
		<i>Falco sparverius</i>
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>
		<i>Metropelia ceciliae</i>
		<i>Zenaida auriculata</i>
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Psilopsiagon aurifrons</i>
Strigiformes	Strigidae	<i>Athene cucularia</i>
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia amazilia</i>
		<i>Colibri coruscans</i>
		<i>Myrtis fanny</i>
		<i>Rhodopis vesper</i>
		<i>Thaumastura cora</i>
Passeriformes	Furnaridae	<i>Geositta crassirostris</i>
		<i>Geositta maritima</i>
		<i>Geositta peruviana</i>
	Tyrannidae	<i>Muscigralla brevicauda</i>
		<i>Muscisaxicola maclovianus</i>
		<i>Pyrocephalus rubinus</i>
	Turdidae	<i>Turdus chiguanco</i>
	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>
	Hirundinidae	<i>Petrochelidon fulva</i>
		<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>
	Motacillidae	<i>Anthus lutescens</i>
	Icteridae	<i>Sturnella bellicosa</i>
	Fringilidae	<i>Carduelis magellanica</i>
	Parulidae	<i>Geothlypis aequinoctialis</i>
	Thraupidae	<i>Catamenia analis</i>
<i>Conirostrum cinereum</i>		
<i>Phrygilus alaudinus</i>		
<i>Poospiza hispaniolensis</i>		
<i>Sicalis luteola</i>		
<i>Sicalis raimondii</i>		
<i>Sporophila simplex</i>		
<i>Volatinia jacarina</i>		
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	

En lila: La especie ha cambiado de Orden taxonómica y/o Familia taxonómica y/o Nombre Científico

Según el Congreso Ornitológico Internacional (COI) algunas especies han cambiado de orden y de familia taxonómica. Por lo que las familias más abundantes fueron Columbidae (30,1%), Emberizidae (20,6%) y Thraupidae. (14,2 %), debido a que varias especies que pertenecían a la familia Emberizidae han pasado a la familia Thraupidae. Las familias más representativas en porcentaje por el número de especies fueron Thraupidae y Trochilidae (Figura 18).

Figura 18. Composición de las Familias de aves en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010.



#### 4.1.2.4 La distribución de las abundancias de las variables comunitarias

##### 4.1.2.4.1 Comunidad de Herbáceas

Se empleó histogramas los cuales permitieron caracterizar los distintos tipos de distribución de estas 4 variables (la abundancia, la cobertura, el IVI y el IVIg) y el conocimiento de las especies dominantes en los diferentes periodos de evaluación. El criterio para la clasificación de estas distribuciones se explica en el capítulo III.

Se incluye la información sobre los grupos funcionales, las formas de vida o las formas biológicas a los que pertenecen como Terófitas (Th), Caméfitas (Ch), Geófitas (G) y Nanofanerófitas (NP) y el origen de estas especies de herbáceas que pueden ser Nativas (Nat), Endémicas (E), Introducidas a las Lomas (Int) y Exóticas (Ex).

Las distribuciones de las abundancias, las coberturas, los IVIs y los IVIg se muestran en los cuadros 6, 8, 10 y 11 respectivamente. En el cuadro 6 podemos apreciar que no existe una relación de los tipos de dominancia de la abundancia con la presencia del ENSO o la estacionalidad propiamente, la dominancia más frecuente para la mayoría de los muestreos es la dominancia marcada, sin embargo hay que tomar en cuenta que en las primeras salidas donde se da el ENSO en el 98 y tres muestreos del año 1999 la especies muestran una distribución equitativa.

Cuadro 6. Tipos de Distribución de las abundancias de las herbáceas más abundantes en cada muestreo en 31 m<sup>2</sup>.

Muestreos	Tipo de Abundancia	Especies abundantes/ 31 m <sup>2</sup>
Feb98	Distribución equitativa	<i>Crassula connata</i> (Th,Nat), <i>Chenopodium petiolare</i> (Ch,Nat e Int) y <i>Urocarpidium peruvianum</i> (Th, Nat e Int)
May98	Distribución equitativa	<i>Chenopodium petiolare</i> (Ch,Nat e Int) , <i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E) y Poaceae
Ago98	Distribución equitativa	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E) , <i>Nasa urens</i> (Th,Nat) y <i>Urocarpidium peruvianum</i> (Th, Nat e Int)
Dic98	Dominancia compartida	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E) y <i>Dicliptera sp.</i> (Ch, Nat)
Feb99	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Jun99	Distribución equitativa	Poaceae, <i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E) y <i>Nasa urens</i> (Th,Nat)
Set99	Distribución equitativa	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E), <i>Urocarpidium peruvianum</i> (Th, Nat e Int) y <i>Stenomesson coccineum</i> (G,Nat, E)
Nov99	Distribución equitativa	<i>Urocarpidium peruvianum</i> (Th, Nat e Int), <i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat) y <i>Croton ruizianus</i> (NP, Nat)
Feb00	Dominancia marcada	<i>Stenomesson coccineum</i> (G,Nat, E)
May00	Dominancia marcada	<i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat),
Ago00	Dominancia marcada	<i>Crassula connata</i> (Th,Nat)
Nov00	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Feb01	Dominancia marcada	<i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat)
May10	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Set10	Dominancia marcada	<i>Rostraria trachyantha</i> (Th,Nat)

Lo más resaltante al nivel de los grupos funcionales es que la mayoría de estas especies abundantes son terófitas (Th) y nanofanerófitas (NP). Para los meses de febrero y mayo del 98, periodos influenciados por el ENSO se observa la presencia de especies típicas de invierno y primavera como *Crassula connata*, *Chenopodium petiolare* y *Nicotiana paniculata*. Según Texeira (2000) estas dos últimas especies comparten hábitat en las lomas de Lachay. En función a su procedencia la mayoría de estas especies son Nativas, es decir originarias del Perú, algunas además de Nativas son Endémicas de las lomas o Introducidas de otros ecosistemas del País.

Se incluye también información detallada del número de individuos de la especie vegetal más abundante de cada muestreo, porque permite apreciar un menor número de individuos en los meses de noviembre, febrero y mayo, luego del ENSO, relacionados con el periodo

de menor disponibilidad de agua. Además en el último muestreo se nota la dominancia de una especie nativa como *Rostraria trachyantha* (Cuadro 7).

Cuadro 7. Especies vegetales más abundantes en los 15 muestreos en las Lomas de Lachay.

Muestreos	Número de Individuos	Especie
Feb98	840	<i>Crassula connata</i>
May98	233	<i>Chenopodium petiolare</i>
Ago98	303	<i>Nicotiana paniculata</i>
Dic98	148	<i>Nicotiana paniculata</i>
Feb99	43	<i>Nicotiana paniculata</i>
Jun99	112	<i>Poaceae</i>
Set99	95	<i>Nicotiana paniculata</i>
Nov99	13	<i>Urocarpidium peruvianum</i>
Feb00	25	<i>Stenomesson coccineum</i>
May00	10	<i>Trixis cacalioides</i>
Ago00	3420	<i>Crassula connata</i>
Nov00	11	<i>Nicotiana paniculata</i>
Feb01	9	<i>Trixis cacalioides</i>
May10	45	<i>Nicotiana paniculata</i>
Set10	626	<i>Rostraria trachyantha</i>

Cuadro 8. Tipos de Distribución de las coberturas de las herbáceas más abundantes en cada muestreo.

Muestreos	Tipo de Cobertura	Especies con mayor cobertura (cm <sup>2</sup> )
Feb98	Dominancia compartida*	<i>Urocarpidium peruvianum</i> (Th, Nat e Int) y <i>Nicotiana paniculata</i> (Th, Nat, E)
May98	Distribución equitativa	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th, Nat, E), <i>Nolana humifusa</i> (Th, Nat, E) y <i>Chenopodium petiolare</i> (Ch, Nat e Int)
Ago98	Dominancia compartida*	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th, Nat, E) y <i>Nasa urens</i> (Th, Nat)
Dic98	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th, Nat, E)
Feb99	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th, Nat, E)
Jun99	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th, Nat, E)
Set99	Dominancia compartida	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th, Nat, E) y <i>Croton ruizianus</i> (NP, Nat)
Nov99	Dominancia marcada	<i>Croton ruizianus</i> (NP, Nat)
Feb00	Dominancia compartida	<i>Croton ruizianus</i> (NP, Nat) y <i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat)
May00	Dominancia compartida	<i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat) y <i>Croton ruizianus</i> (NP, Nat)
Ago00	Dominancia marcada	<i>Urocarpidium peruvianum</i> (Th, Nat e Int)
Nov00	Dominancia marcada	<i>Ophryosporus peruvianus</i> (Th, Nat)
Feb01	Dominancia compartida	<i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat) y <i>Croton ruizianus</i> (NP, Nat)
May10	Distribución equitativa	<i>Solanum peruvianum</i> (Th, Nat e Int), <i>Croton alnifolius</i> (NP, Nat, E) y <i>Chenopodium petiolare</i> (Ch, Nat e Int)
Set10	Distribución equitativa	<i>Urocarpidium peruvianum</i> (Th, Nat e Int), <i>Pilea lamioides</i> (Ch, Nat, E) y <i>Rostraria trachyantha</i> (Th, Nat)

\*Tomar en cuenta que febrero-98 y agosto-98 es la proyección de cada individuo y no del parche de vegetación

Con respecto a la distribución de las coberturas, predominan en los muestreos la dominancia compartida y la dominancia marcada, sin embargo hay que tomar en cuenta que en las dos últimas salidas la dominancia presento una distribución equitativa. En función a los grupos funcionales predominan las terófitas (Th) y las nanofanerófitas (NP) y según su procedencia las especies nativas como *Nicotiana paniculata*, *Nasa urens*, *Croton ruizianus*, *Trixis cacalioides* y *Urocarpidium peruvianum* (Cuadro 8). Según Texeira (2000) en las lomas de Lachay *Nicotiana paniculata* y *Nasa urens* comparten el hábitat. Las especies con mayores coberturas en la mayoría de muestreos son *Nicotiana paniculata* y *Urocarpidium peruvianum* (Cuadro 9). Algunas especies presentan adaptaciones a las gradientes de humedad como las especies del genero *Croton* por tener las hojas deciduas.

Cuadro 9. Especies vegetales con mayor cobertura total en los 15 muestreos en las Lomas de Lachay.

Fecha	Cobertura total (cm <sup>2</sup> /31m <sup>2</sup> )	Especie
Feb98	201 451.30	<i>Urocarpidium peruvianum</i>
May98	55 200.00	<i>Nicotiana paniculata</i>
Ago98	181 423,72	<i>Nicotiana paniculata</i>
Dic98	117 062.78	<i>Nicotiana paniculata</i>
Feb99	66 367.04	<i>Nicotiana paniculata</i>
Jun99	112 775.45	<i>Nicotiana paniculata</i>
Set99	45 374.60	<i>Nicotiana paniculata</i>
Nov99	23 672.16	<i>Croton ruizianus</i>
Feb00	28 241.12	<i>Croton ruizianus</i>
May00	12 870.15	<i>Trixis cacalioides</i>
Ago00	139 711.57	<i>Urocarpidium peruvianum</i>
Nov00	19 850.20	<i>Ophryosporus peruvianus</i>
Feb01	16 605.32	<i>Trixis cacalioides</i>
May10	50 922.27	<i>Solanum peruvianum</i>
Set10	66 863.52	<i>Urocarpidium peruvianum</i>

Con respecto a la distribución de los IVIs, predomina la dominancia marcada, en función a los grupos funcionales predominan las terófitas (Th) y las nanofanerófitas (NP) y según su procedencia las especies nativas como *Nicotiana paniculata*, *Croton ruizianus*, *Trixis cacalioides*, *Urocarpidium peruvianum* y *Ophryosporus peruvianus* (Cuadro 10). Según Texeira (2000) el ENSO 97-98 favorece en las lomas de Lachay la presencia de *Nicotiana paniculata* y la distribución equitativa del IVI de las especies. En el cuadro 11 las distribuciones de IVIg muestran una predominancia en la dominancia marcada ligeramente frente a la dominancia compartida. Los grupos funcionales con mayor IVIg son terófitas (Th)

y Nanofanerófitas (NP), los periodos influenciados por el ENSO presentan especies típicas de invierno y primavera como *Chenopodium petiolare* y *Nicotiana paniculata*.

Cuadro 10. Tipos de Distribución de los IVIs de las herbáceas más abundantes en cada parcela por muestreo.

Muestréos	Tipo de IVI	Especies con mayor IVI
Feb98	Distribución equitativa	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E), <i>Urocarpidium peruvianum</i> (Th, Nat e Int) y <i>Chenopodium petiolare</i> (Ch,Nat e Int)
May98	Distribución equitativa	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E), <i>Chenopodium petiolare</i> (Ch,Nat e Int) y <i>Nolana humifusa</i> (Th,Nat,E)
Ago98	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Dic98	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Feb99	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Jun99	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Set99	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Nov99	Dominancia compartida	<i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat) y <i>Croton ruizianus</i> (NP, Nat)
Feb00	Dominancia marcada	<i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat)
May00	Dominancia marcada	<i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat)
Ago00	Dominancia marcada	<i>Urocarpidium peruvianum</i> (Th, Nat e Int)
Nov00	Dominancia compartida	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E) y <i>Ophryosporus peruvianus</i> (Th, Nat)
Feb01	Dominancia compartida	<i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat) y <i>Croton ruizianus</i> (NP, Nat)
May10	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Set10	Dominancia marcada	<i>Urocarpidium peruvianum</i> (Th, Nat e Int)

Cuadro 11. Tipos de Distribución de los IVIg de las herbáceas más abundantes en cada muestreo.

Muestréos	Tipo de IVIg	Especies con mayor IVIg
Feb98	Dominancia marcada	<i>Urocarpidium peruvianum</i> (Th, Nat e Int)
May98	Dominancia compartida	<i>Chenopodium petiolare</i> (Ch,Nat e Int) y <i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Ago98	Dominancia compartida	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E) y <i>Nasa urens</i> (Th,Nat)
Dic98	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Feb99	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Jun99	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Set99	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Nov99	Dominancia compartida	<i>Croton ruizianus</i> (NP, Nat) y <i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat)
Feb00	Distribución equitativa	<i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat), <i>Croton ruizianus</i> (NP, Nat) y <i>Stenomesson coccineum</i> (G,Nat, E)
May00	Dominancia compartida	<i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat) y <i>Croton ruizianus</i> (NP, Nat)
Ago00	Dominancia compartida	<i>Urocarpidium peruvianum</i> (Th, Nat e Int) y <i>Crassula connata</i> (Th,Nat)
Nov00	Dominancia marcada	<i>Ophryosporus peruvianus</i> (Th, Nat)
Feb01	Dominancia compartida	<i>Trixis cacalioides</i> (NP, Nat) y <i>Croton ruizianus</i> (NP, Nat)
May10	Dominancia marcada	<i>Nicotiana paniculata</i> (Th,Nat,E)
Set10	Dominancia marcada	<i>Rostraria trachyantha</i> (Th,Nat)

En resumen en la distribución de las abundancias, predomina la distribución marcada seguida por la distribución equitativa sin embargo hay una mayor relación de los meses en los periodos del ENSO 98 y luego de él con la distribución equitativa. En la distribución de las coberturas también predomina la dominancia marcada, seguida por la distribución compartida, se observa similitud entre mayo de 1998 y mayo de 2010 las cuales presentan la distribución equitativa, en ambas se encontraba *Chenopodium petiolare*, una especie caméfito, y otras especies que si bien son diferentes en ambos meses, todas son solanáceas. En la distribución de los IVIs predomina la dominancia marcada y en el periodo del ENSO 98 la distribución equitativa, y en la distribución de los IVIg predomina la dominancia marcada, seguida de la dominancia compartida, no hay diferencias o algún tipo de relación notoria con los meses donde se dieron los ENSO. Si nos referimos a la dominancia para todas las variables, en la mayoría predomina la dominancia marcada, es decir la dominancia de una especie.

#### **4.1.2.4.2 Comunidad de Coleópteros**

Se empleó el método de Giraldo (2002) para la abundancia de coleópteros. Se empleó histogramas los cuales permiten visualizar los distintos tipos de distribución y el conocimiento de especies dominantes para cada muestreo y los grupos funcionales a los que pertenecen. Se clasifican las distribuciones de la abundancia de la siguiente manera:

- (1) Dominancia marcada, cuando de las especies la especie dominante se destaca de las demás por su mayor abundancia.
- (2) Dominancia exagerada, caso particular de dominancia marcada en la cual la especie comprende más del 80%.
- (3) Dominancia compartida, cuando dos especies se destacan de las demás por sus mayores abundancias.
- (4) Distribución equitativa, cuando no hay especies que destaquen notoriamente por sus mayores abundancias.

La dominancia marcada es la distribución más frecuente, los grupos funcionales más frecuentes son los depredadores y los fitófagos, en los muestreos relacionados al ENSO se aprecian que las especies más abundantes generalmente son depredadoras, como

Cuadro 12. Tipos de Distribución de las abundancias de los coleópteros más abundantes en cada muestreo.

Muestréos	Tipo de Abundancia	Especies abundantes/ 31 m <sup>2</sup>
Feb98	Dominancia marcada	<i>Calosoma rufipenne</i> (D)
May98	Dominancia exagerada	<i>Blennidus sp.</i> (D)
Ago98	Dominancia marcada	<i>Blennidus sp.</i> (D)
Dic98	Dominancia compartida	Elateridae indet. (F) y Naupactini-1 (F)
Feb99	Dominancia compartida	<i>Ammophorus rubripes</i> (S) y <i>Clambus sp.</i> (M)
May99	Distribución equitativa	Elateridae indet. (F), <i>Blennidus sp.</i> (D) y <i>Notiobia peruviana</i> (O)
Ago99	Distribución equitativa	Naupactini-1 (F), Elateridae indet. (F) y Coccinellidae-1 (D)
Dic99	Dominancia marcada	<i>Notiobia peruviana</i> (O)
Feb00	Dominancia marcada	<i>Evaniosomus orbygnianus</i> (S)
Jun00	Dominancia compartida	Coccinellidae-1 (D) y <i>Blennidus sp.</i> (D)
Set00	Dominancia marcada	Naupactini-2 (F)
Dic00	Dominancia marcada	Naupactini-1 (F)
Feb01	Dominancia exagerada	<i>Evaniosomus orbygnianus</i> (S)
Set01	Dominancia marcada	<i>Blennidus sp.</i> (D)
Dic01	Dominancia marcada	Naupactini-1 (F)
Jun02	Dominancia marcada	<i>Blennidus sp.</i> (D)
Oct02	Dominancia marcada	Staphylinidae-2 (D)
May10	Dominancia marcada	<i>Notiobia peruviana</i> (O)
Set10	Dominancia compartida	<i>Pelmatellus sp.</i> (O) y Elateridae indet. (F)

Cuadro 13. Especies de coleópteros más abundantes en los 19 muestreos en las Lomas de Lachay.

Muestréos	Número de Individuos	Especie
Feb98	290	<i>Calosoma rufipenne</i>
May98	485	<i>Blennidus sp.</i>
Ago98	566	<i>Blennidus sp.</i>
Dic98	351	Elateridae indet.
Feb99	117	<i>Ammophorus rubripes</i> y <i>Clambus sp.</i>
May99	75	Elateridae indet.
Ago99	143	Naupactini-1
Dic99	77	<i>Notiobia peruviana</i>
Feb00	107	<i>Evaniosomus orbygnianus</i>
Jun00	223	Coccinellidae-1
Set00	531	Naupactini-2
Dic00	518	Naupactini-1
Feb01	3 230	<i>Evaniosomus orbygnianus</i>
Set01	543	<i>Blennidus sp.</i>
Dic01	602	Naupactini-1
Jun02	173	<i>Blennidus sp.</i>
Oct02	1 192	Staphylinidae-2
May10	116	<i>Notiobia peruviana</i>
Set10	292	<i>Pelmatellus sp.</i>

*Calosoma rufipenne*, *Blennidus*, Staphylinidae-2 y un omnívoro como *Notiobia peruviana* (Cuadro 12). Las especies con mayor abundancia en los muestreos fueron *Evaniosomus orbygnianus* y Staphylinidae-2 (Cuadro 13).

#### 4.1.2.4.3 Comunidad de Aves

Se empleó el método de Giraldo (2002) para la distribución de la abundancia de aves, siendo la dominancia marcada la más frecuente, el grupo funcional más frecuente G-F-I (Granívoro-Frugívoro-Insectívoro), y luego G-F (Granívoro-Frugívoro),

Cuadro 14. Tipos de Distribución de las abundancias de las aves más abundantes en cada muestreo.

Muestreos	Tipo de Abundancia	Especies abundantes/ 31 m <sup>2</sup>
Feb98	Dominancia marcada	<i>Zonotrichia capensis</i> (G-F-I)
May98	Dominancia marcada	<i>Zonotrichia capensis</i> (G-F-I)
Ago98	Dominancia compartida	<i>Zonotrichia capensis</i> (G-F-I) y <i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (I)
Dic98	Dominancia marcada	<i>Zenaida auriculata</i> (G-F)
Feb99	Dominancia marcada	<i>Zenaida auriculata</i> (G-F)
Jun99	Distribución equitativa	<i>Zonotrichia capensis</i> (G-F-I), <i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (I), <i>Troglodytes aedon</i> (I) y <i>Zenaida auriculata</i> (G-F)
Set99	Dominancia marcada	<i>Zenaida auriculata</i> (G-F)
Nov99	Dominancia marcada	<i>Zenaida auriculata</i> (G-F)
Feb00	Dominancia marcada	<i>Zenaida auriculata</i> (G-F)
May00	Dominancia marcada	<i>Zonotrichia capensis</i> (G-F-I)
Ago00	Dominancia marcada	<i>Zonotrichia capensis</i> (G-F-I)
Dic00	Dominancia marcada	<i>Zonotrichia capensis</i> (G-F-I)
Feb01	Dominancia marcada	<i>Zonotrichia capensis</i> (G-F-I)
May10	Dominancia marcada	<i>Zenaida auriculata</i> (G-F)
Set10	Distribución equitativa	<i>Zonotrichia capensis</i> (G-F-I), <i>Psilopsiagon aurifrons</i> (H-F-G), <i>Sporophila simplex</i> (G-F-I) y <i>Zenaida auriculata</i> (G-F)

Cuadro 15. Especies de aves más abundantes en los 15 muestreos en las Lomas de Lachay.

Muestreos	Número de Individuos	Especie
Feb98	243	<i>Zonotrichia capensis</i>
May98	132	<i>Zonotrichia capensis</i>
Ago98	131	<i>Zonotrichia capensis</i>
Dic98	366	<i>Zenaida auriculata</i>
Feb99	209	<i>Zenaida auriculata</i>
Jun99	32	<i>Zonotrichia capensis</i>
Set99	147	<i>Zenaida auriculata</i>
Nov99	84	<i>Zenaida auriculata</i>
Feb00	118	<i>Zenaida auriculata</i>
Jun00	78	<i>Zonotrichia capensis</i>
Ago00	272	<i>Zonotrichia capensis</i>
Dic00	127	<i>Zonotrichia capensis</i>
Feb01	126	<i>Zonotrichia capensis</i>
May10	99	<i>Zenaida auriculata</i>
Set10	150	<i>Zonotrichia capensis</i>

Las especies representativas fueron *Zonotrichia capensis* y *Zenaida auriculata* respectivamente de cada uno de estos grupos funcionales (Cuadro 14). Las cuales también presentan el mayor número de individuos (Cuadro 15).

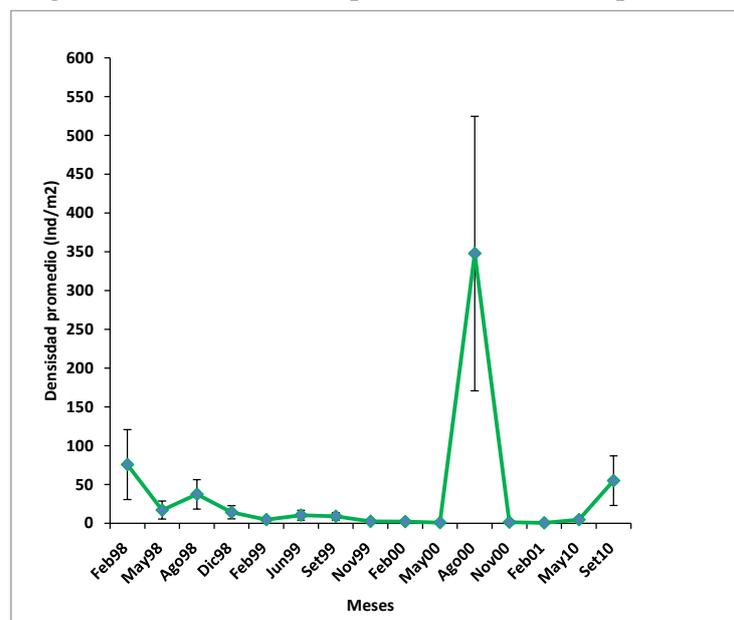
#### 4.1.2.5 La variación temporal de las variables comunitarias

##### 4.1.2.5.1 Comunidad de Herbáceas

La abundancia, la densidad promedio, la cobertura vegetal, la diversidad alfa Densidad, la diversidad alfa IVI, el número de especies o la riqueza de especies, el Índice de riqueza de Menhinick ( $D_{MN}$ ), el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ), la diversidad gamma Densidad, la diversidad gamma IVI<sub>g</sub>, el Índice Inverso de Simpson ( $C_{inv}$  Abundancia), el Índice Inverso de Simpson ( $C_{inv}$  Cobertura) y el Índice Inverso de Simpson ( $C_{inv}$  IVI) de la comunidad de las herbáceas han sido evaluadas en las 31 parcelas en 15 ocasiones o muestreos.

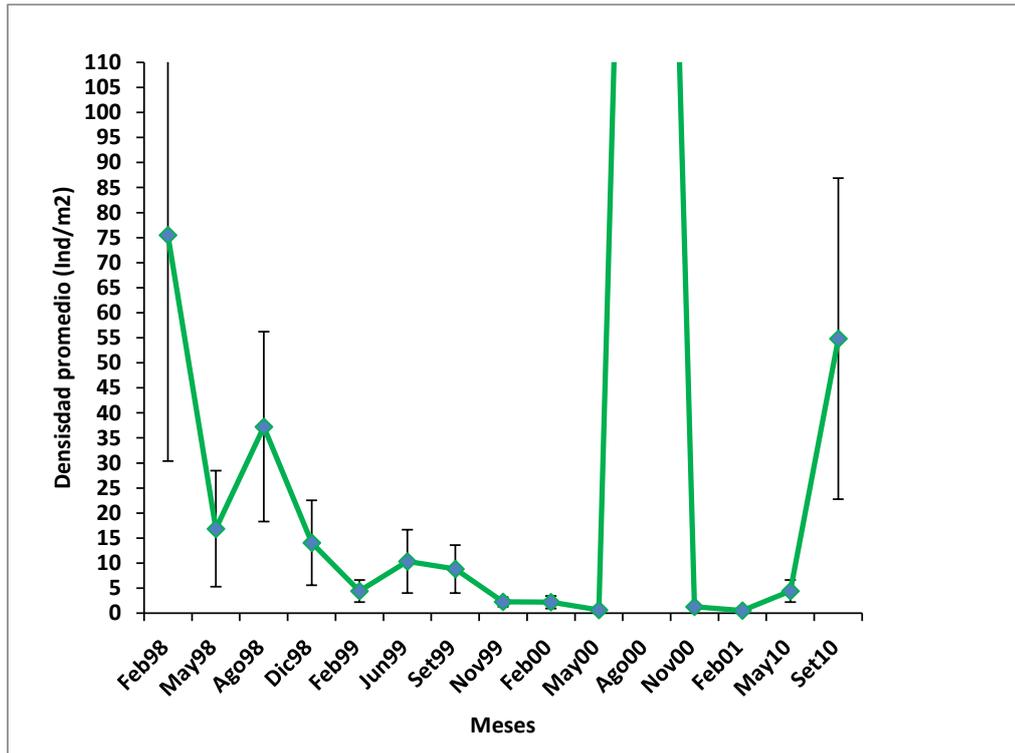
Para entender las variables comunitarias se considera a la abundancia como la cantidad total registrada en la muestra de la variable en estudio, en este caso el número de individuos, es el parámetro más usual para evaluar las poblaciones de plantas y animales pertenecientes a un ecosistema. El número de individuos por especie se puede interpretar como el número de historias individuales susceptibles de garantizar la continuación de una especie (Arnillas, 2005).

Figura 19. Evolución temporal de la densidad promedio.



La densidad promedio es el número de individuos por metro cuadrado, en este estudio es equivalente a la abundancia, se observa a través de los meses una variación significativa sin un patrón particular (Figura 19), los intervalos de confianza muestran una alta variación de la densidad promedio en el interior de cada parcela, por lo que para visualizar mejor se elabora la Figura 20, donde el eje y muestra el valor máximo en 110 ind/m<sup>2</sup>.

Figura 20. Evolución temporal de la densidad promedio (acotado en el eje “Y” en 110).



Además los intervalos de confianza permiten observar, que el mes de agosto del 2000 no se parece a ningún otro mes, con respecto a febrero de 1998 los meses similares a su abundancia son agosto de 1998 y setiembre del 2010, con respecto a mayo de 1998 los meses similares son desde agosto de 1998 hasta setiembre de 1999, y mayo y setiembre del 2010. Para mayo del 2010 los meses similares a su abundancia son mayo de 1998 y desde diciembre de 1998 hasta febrero del 2000, con respecto a setiembre de 2010 los meses similares son desde febrero de 1998 hasta agosto de 1998.

Figura 21. Evolución temporal de la densidad para cada año.

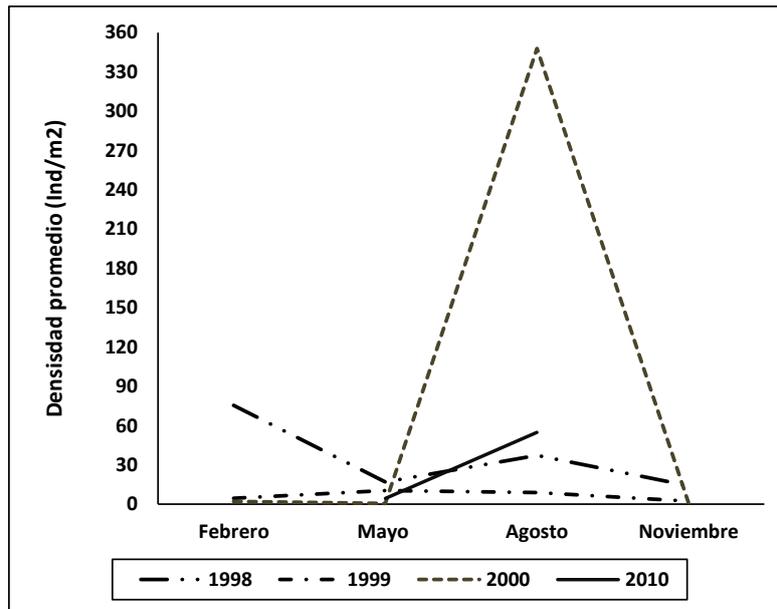
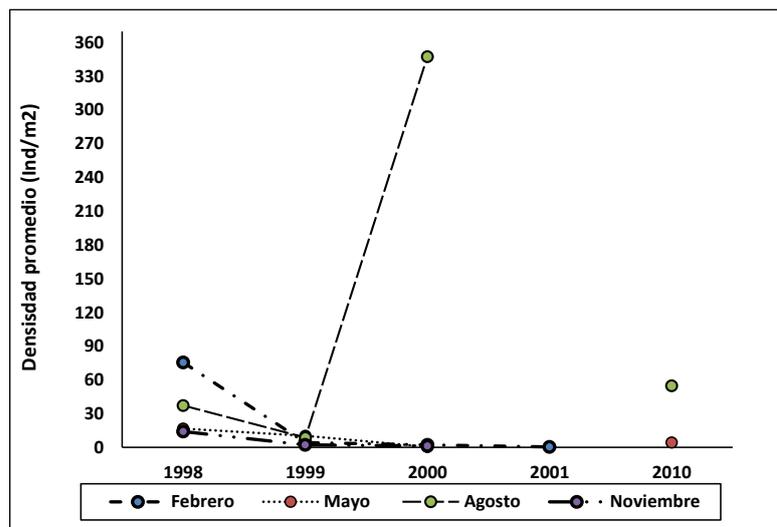


Figura 22. Evolución temporal de la densidad por meses.



En las Figuras 21 y 22 se puede apreciar mejor las dinámicas de la densidad en los diferentes años y meses, se aprecia como las poblaciones suelen tener una alta variabilidad, la alta variabilidad es lo normal, es decir lo anormal es lo normal en las dinámicas de estas poblaciones. Además la relación entre el impacto del ENSO no es lineal ni proporcional según lo que se puede observar para esta variable. La abundancia relativa de especies vegetales cambia también en respuesta a la estacionalidad durante el año por diferencias en sus patrones temporales por las tasas de germinación y/o por el crecimiento de las plantas (Bullock 1996). Por ejemplo el mes de agosto del 2000 (Ago00) tiene el mayor número de individuos, por la contribución de las especies *Crassula connata* y *Urocarpidium peruvianum*.

En el cuadro 16 se puede apreciar a las 15 especies que su densidad muestra una relación positiva significativa con la densidad total, la mayoría de estas especies son anuales, agrupadas en el grupo funcional de las terófitas, las cuales tienen una tasa de germinación alta y crecen rápidamente, presentando estrategias de las especies tipo r.

Cuadro 16. Correlación de Pearson entre la densidad total y la densidad de cada una de las especies significativas.

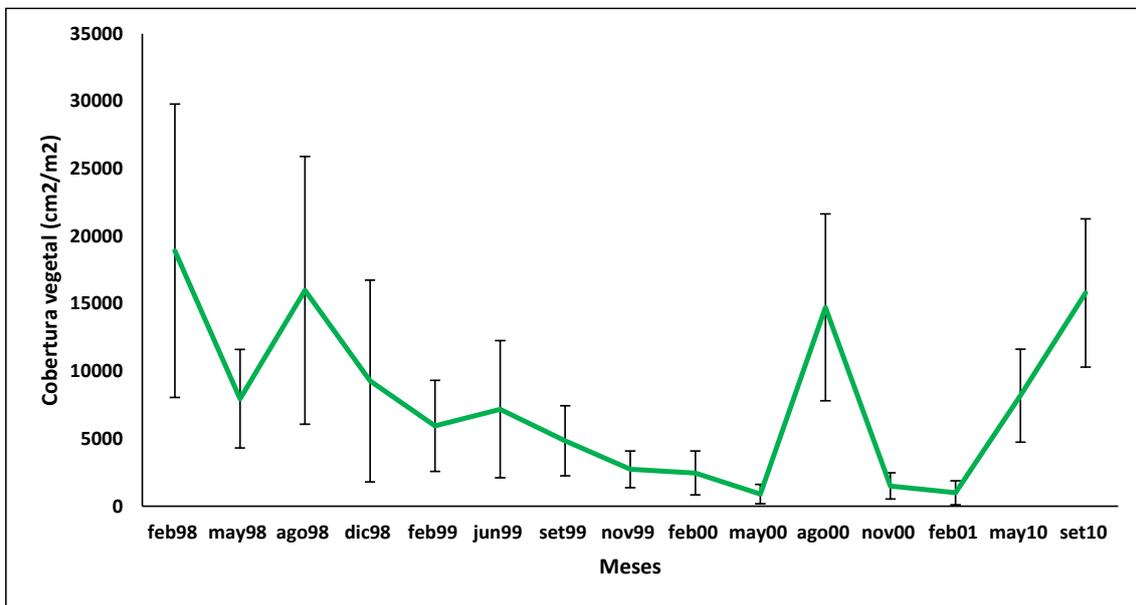
Especies	N	Coefficiente de Pearson	Sig.
<i>Urocarpidium peruvianum</i>	15	0.998	0.000
<i>Crassula connata</i>	15	0.98	0.000
<i>Vasquezia oppositifolia</i>	15	0.98	0.000
<i>Solanum montanum</i>	15	0.975	0.000
<i>Calandrinia alba</i>	15	0.968	0.000
<i>Parietaria debilis</i>	15	0.968	0.000
<i>Drymaria divaricata</i>	15	0.967	0.000
<i>Nolana humifusa</i>	15	0.966	0.000
<i>Poaceae</i>	15	0.887	0.000
<i>Nasa urens</i>	15	0.87	0.000
<i>Chenopodium petiolare</i>	15	0.86	0.000
<i>Acmella oleracea</i>	15	0.806	0.000
<i>Nicotiana paniculata</i>	15	0.792	0.000
<i>Stenomesson coccineum</i>	15	0.68	0.005
<i>Ophryosporus peruvianus</i>	15	0.556	0.031
<i>Trixis cacalioides</i>	15	-0.481	0.069
<i>Croton ruizianus</i>	15	0.319	0.247

En azul: La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

La cobertura es una variable muy empleada en plantas y se le asocia habitualmente a la capacidad de una especie de conseguir recursos, como la luz solar (Matteucci y Colma, 1982). El porcentaje de herbáceas en el periodo de lomas (época húmeda) es mayor, disminuyendo al paso de los meses, predominando especies de los géneros *Bromus*, *Sycios*, *Philoglossa*, *Vasquezia*, etc. alcanzando áreas cubiertas casi por encima del 50% del área total (Torres 1981; Torres y López 1982; Torres 1986). En las épocas de diciembre, solo se presentan algunas especies como *Erigeron* sp., *Stenomesson* sp. y *Nicotiana paniculata*. La cobertura disminuye a valores menores del 10% del área total, compuesta solamente de sub-arbustos, arbustos y árboles.

Los intervalos de confianza permiten observar una alta variabilidad para la cobertura entre los meses, con respecto a febrero de 1998 los meses similares son desde agosto de 1998 hasta junio de 1999, luego agosto del 2000, mayo y setiembre del 2010, con respecto a mayo de 1998 los meses similares son desde febrero de 1998 hasta setiembre de 1999, luego agosto del 2000, mayo y setiembre del 2010. Para mayo del 2010 los meses similares a su cobertura son desde febrero de 1998 hasta setiembre de 1999, luego agosto del 2000 y setiembre del 2010, con respecto a setiembre del 2010 los meses similares son desde febrero de 1998 hasta diciembre de 1998, y además junio de 1999, agosto 2000 y mayo 2010 (Figura 23).

Figura 23. Evolución temporal de la cobertura vegetal promedio por parcela.



Al observar las Figuras 24 y 25 se puede apreciar que los meses de mayo y agosto en el año 1998 con el mes de mayo y setiembre del 2010 tienen un comportamiento similar, al parecer solanáceas como *Nicotiana paniculata* son las que aportan más cobertura en estos periodos. En casi todos los trabajos realizados en las lomas, especialmente en la costa central, la especie que predomina es *Nicotiana paniculata* (Torres 1981; Arias 1990).

Figura 24. Evolución temporal de la cobertura promedio para cada año.

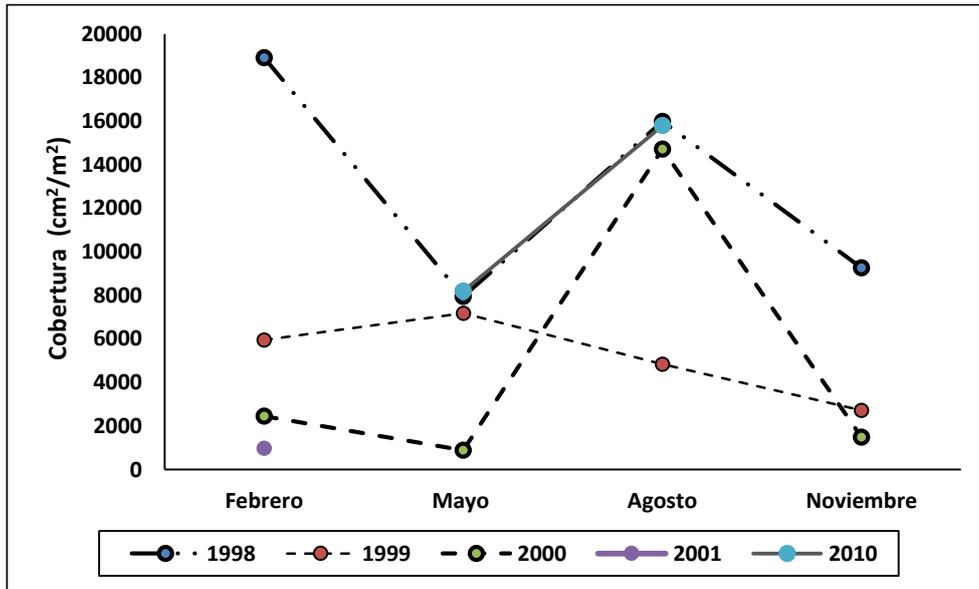
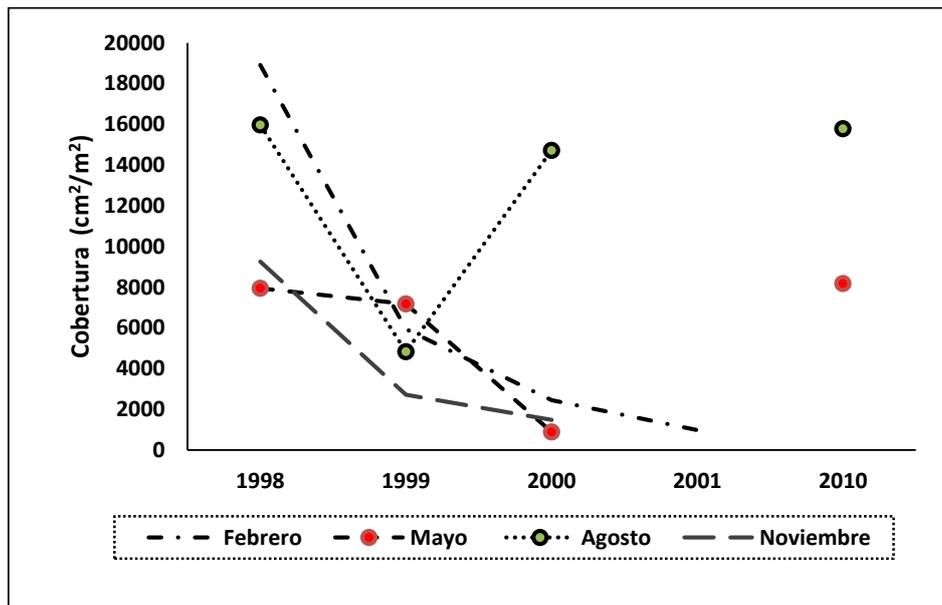


Figura 25. Evolución temporal de la cobertura promedio para cada mes.



El mayor número de especies más correlacionadas pertenecen a la familia de las solanáceas (Cuadro 17), resaltando la especie *Nicotiana paniculata*.

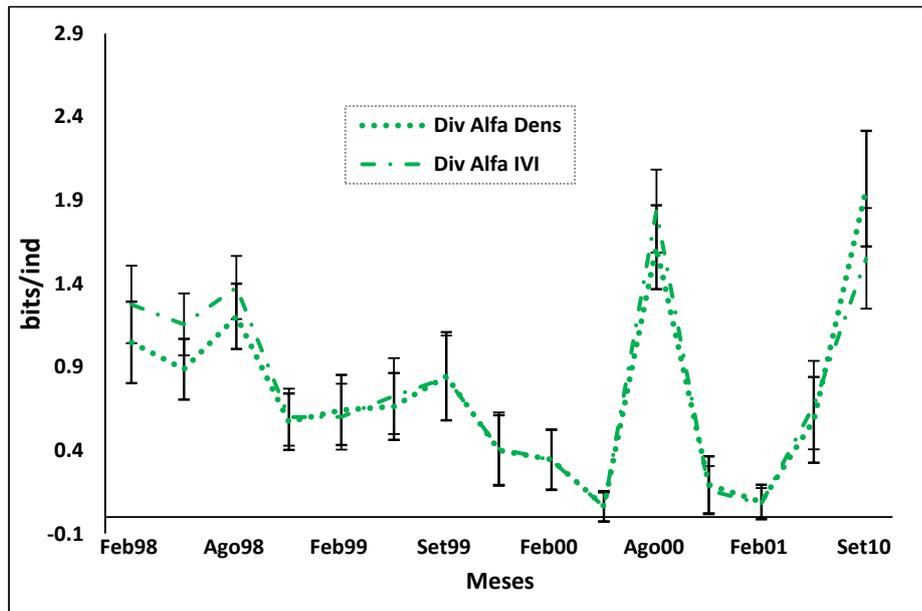
Cuadro 17. Correlación de Pearson entre la cobertura total y la cobertura de cada una de las especies significativas.

Especies	N	Coefficiente de Pearson	Sig.
<i>Acmella oleracea</i>	15	0.835	0.000
<i>Urocarpidium peruvianum</i>	15	0.767	0.001
<i>Nolana humifusa</i>	15	0.656	0.008
<i>Nicotiana paniculata</i>	15	0.655	0.008
<i>Vasquezia oppositifolia</i>	15	0.626	0.013
<i>Solanum montanum</i>	15	0.576	0.025
<i>Chenopodium petiolare</i>	15	0.546	0.035
<i>Nasa urens</i>	15	0.522	0.046
<i>Sycios baderoa</i>	15	0.517	0.048
<i>Astrephia chaerophylloides</i>	15	0.606	0.017
<i>Trixis cacalioides</i>	15	-0.593	0.019

La diversidad en particular de las especies, puede variar incluso dentro del ciclo anual debido a que en determinada época del año ciertas especies están en fase quiescente y son difícilmente observables, mientras que en otras presentan actividad y, por ello pueden observarse en el campo. Este fenómeno, conocido como la estacionalidad, es más notoria, cuando mayores diferencias ambientales, en general climáticas, se aprecien entre una época y otra del año (Ramírez 2000). Como se ha podido observar en la alta variabilidad de la precipitación en el subcapítulo sobre las variables abióticas.

La diversidad en general como concepto en ecología hace referencia a la heterogeneidad que se registra en la naturaleza. La diversidad alfa, como parámetro macroscópico de una comunidad, ha mostrado menores variabilidades espaciales que las abundancias poblacionales. Además, al estimarse en una escala logarítmica homogeniza más aún los registros y disminuye las varianzas. En ese sentido, suele exigir tamaños de muestra que están dentro de las restricciones de tiempo, espacio y recursos que hacen viable un programa de monitoreo. La limitación que tiene, sin embargo, es que es insensible al cambio en la composición de la comunidad estudiada, por lo que es valioso incorporar ambas variables. En este caso la diversidad alfa Densidad y la diversidad alfa IVI presentan un comportamiento muy similar, se puede observar como los intervalos de confianza traslapan entre ellas (Figura 26).

Figura 26. Evolución temporal de la diversidad alfa Densidad y la diversidad alfa IVI.



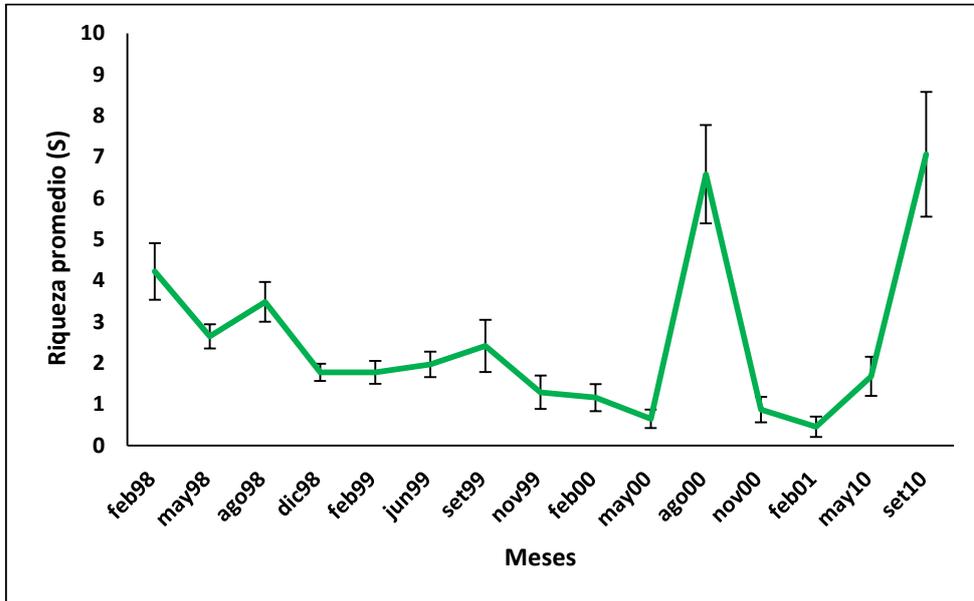
Además los intervalos de confianza permiten observar para la diversidad alfa densidad una alta variabilidad entre los meses, con respecto a febrero de 1998 los meses similares son desde mayo de 1998 hasta setiembre de 1999, exceptuando diciembre de 1998, luego mayo del 2010. Con respecto a mayo de 1998 los meses similares son desde febrero de 1998 hasta setiembre de 1999, luego mayo del 2010. Para mayo del 2010 los meses similares son desde febrero de 1998 hasta febrero del 2000, exceptuando agosto de 1998, luego noviembre 2000, con respecto a setiembre de 2010 es similar a agosto 2000 (Figura 26).

Para la diversidad alfa IVI, se puede observar que el mes de febrero de 1998 es similar a los meses de mayo de 1998, agosto de 1998, setiembre de 1999 y setiembre de 2010, el mes de mayo de 1998 presenta el mismo comportamiento. Para mayo del 2010 los meses similares son desde diciembre de 1998 hasta febrero del 2000, con respecto a setiembre de 2010 es similar a los meses febrero de 1998, agosto de 1998, diciembre de 1998 y agosto del 2000 (Figura 26).

La riqueza específica, con respecto al número de especies, denominada riqueza de especies (S), fue evaluada como riqueza promedio entre todas las parcelas, para todos los muestreos mensuales se registran más especies en los muestreos de agosto-2000 y setiembre-2010, registrando más especies que los meses donde se dio el Evento El Niño 98, se puede observar como la riqueza de especies (Figura 27) influencia el comportamiento de la diversidad alfa

(H'), sea la diversidad alfa Densidad y la diversidad alfa IVI , ambas variables muestran similar comportamiento (Figura 26).

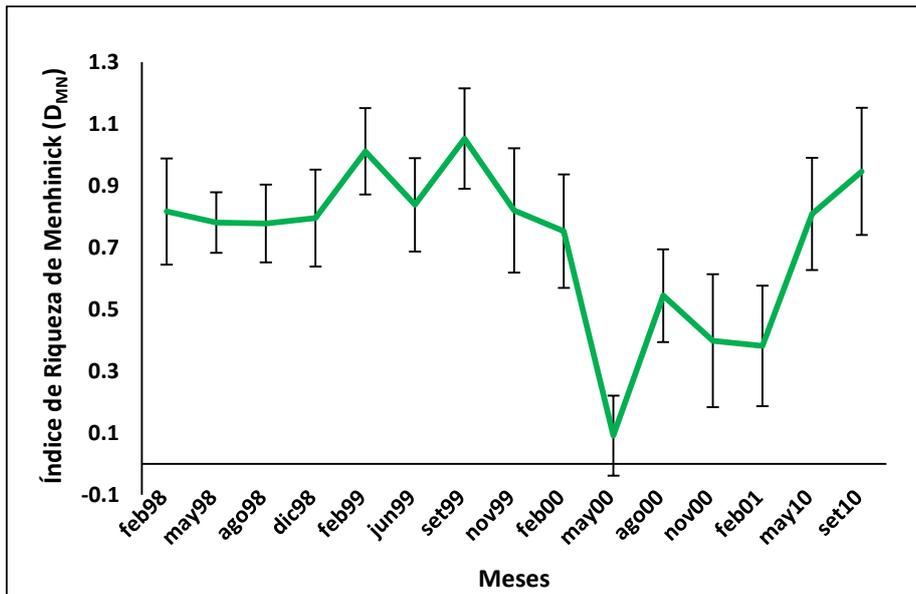
Figura 27. Evolución temporal de la riqueza de especies (S).



Los intervalos de confianza permiten observar para la riqueza de especies variabilidad entre los meses, con respecto a febrero de 1998 es similar a agosto de 1998. Con respecto a mayo de 1998 es similar a setiembre de 1999. Para mayo del 2010 los meses similares son desde diciembre de 1998 hasta febrero del 2000, con respecto a setiembre de 2010 es similar a agosto 2000 (Figura 27).

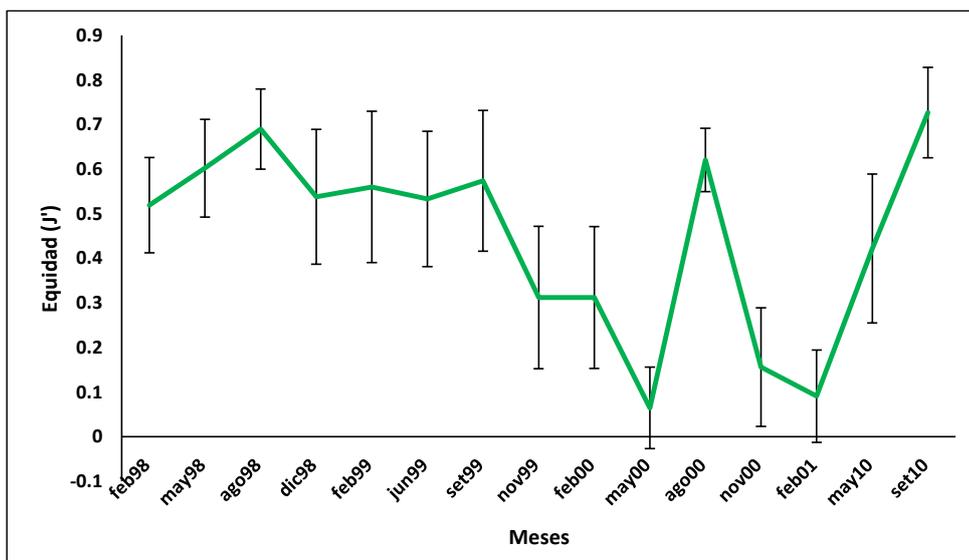
Con respecto al Índice de riqueza de Menhinick  $D_{MN}$ , en los intervalos de confianza no se observan diferencias notorias entre los meses, se puede notar una menor fluctuación entre los meses, solo mayo del 2000 presenta el valor más bajo, como se sabe para el cálculo se toma en cuenta el número de especies y la abundancia, los cuales presentan valores muy bajos para este mes. Los intervalos de confianza permiten observar para la riqueza de Menhinick  $D_{MN}$  con respecto a febrero de 1998 que los meses similares son desde mayo de 1998 a febrero del 2000, luego agosto del 2000, mayo 2010 y setiembre del 2010. Con respecto a mayo de 1998 los meses similares son desde febrero de 1998 a junio de 1999, luego noviembre de 1999, febrero del 2000, mayo del 2010 y setiembre del 2010. Para mayo del 2010 los meses similares son desde febrero de 1998 hasta febrero del 2000, luego agosto del 2000 y setiembre del 2010. En el caso del setiembre de 2010 son desde febrero de 1998 hasta febrero del 2000 y mayo del 2010 (Figura 28).

Figura 28. Evolución temporal del Índice de riqueza de Menhinick ( $D_{MN}$ ).



La equidad evaluada mediante el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) no presenta diferencias notorias entre los meses con presencia del ENSO, solo hay tres meses con valores bajos, que influencia los valores del Índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) por presentar pocos individuos y especies (Figura 29).

Figura 29. Evolución temporal del Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ).

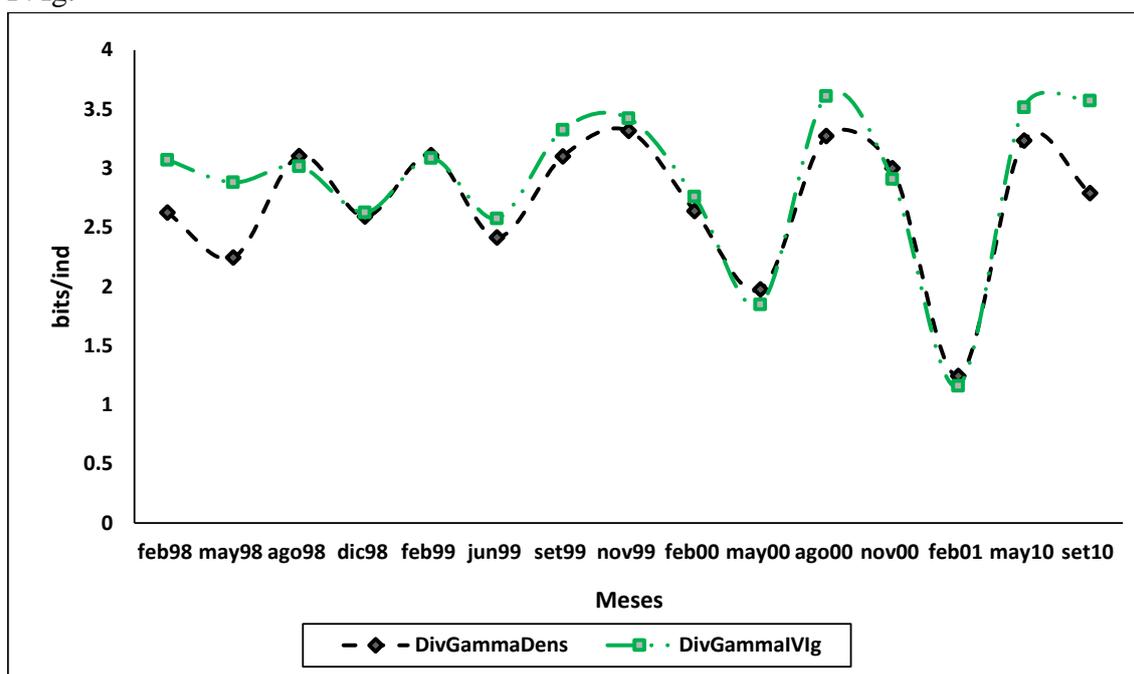


Los intervalos de confianza permiten observar para el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) para febrero de 1998 el mismo comportamiento que el Índice de riqueza de Menhinick ( $D_{MN}$ ). Con respecto a mayo de 1998 los meses similares son desde febrero de 1998 a setiembre de

1999, luego agosto del 2000, mayo del 2010 y setiembre del 2010. Para mayo del 2010 los meses similares son desde febrero de 1998 hasta febrero del 2000, luego agosto del 2000, noviembre del 2000 y setiembre del 2010. En el caso del setiembre de 2010 son desde mayo de 1998 hasta setiembre del 1999 y agosto del 2000 (Figura 29).

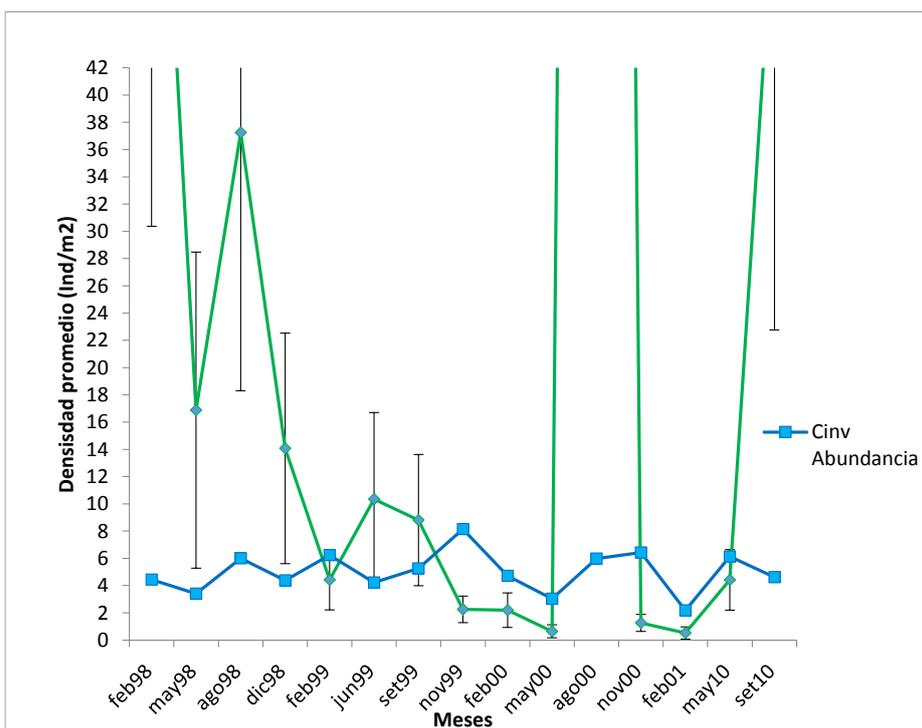
La diversidad gamma  $IVIg$  al compararla con la diversidad gamma Densidad, en el tiempo presenta un ligero incremento al inicio de la evaluación y al final de la misma, siendo los valores más altos los que presentan los dos últimos muestreos del 2010, similares a agosto del 2000. Presentando un comportamiento de picos y valles entre mes y mes del ENSO 1998 hasta el mes de junio de 1999, para luego tener un comportamiento más estacional, y para el ENSO 2010 hay una tendencia similar al ENSO 1998. Hay que tomar en cuenta que ambas variables responden al comportamiento en toda la loma.

Figura 30. Evolución temporal de la diversidad gamma Densidad y la diversidad gamma  $IVIg$ .



El Índice Inverso de Simpson, es un índice que no depende del logaritmo en su fórmula, es sensible a cambios de igualdad, se ha evaluado tomando en cuenta el tipo de especies vegetales, en especial observando el comportamiento temporal de las especies nativas, para aportar en la observación y reflexión de la integridad ecológica de las lomas.

Figura 31. Evolución temporal del Índice Inverso de Simpson (Cinv Abundancia).



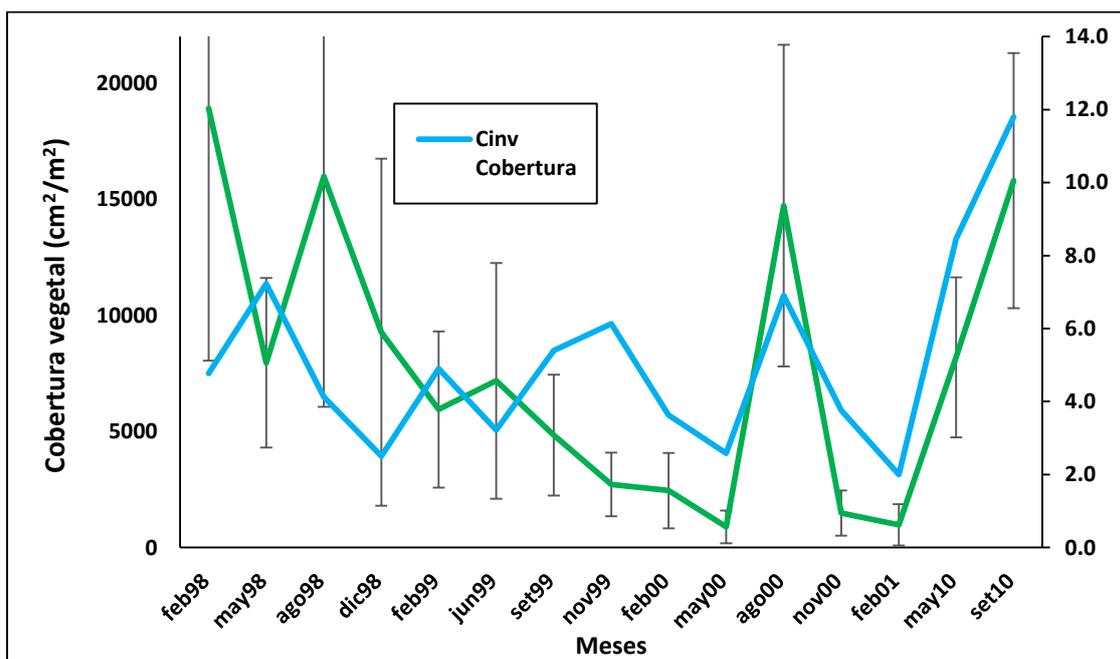
Se ha evaluado la abundancia ( $C_{inv}$  Abundancia), la cual es fácil de interpretar porque el valor informa del número de especies que predominan, es decir las más abundantes, por lo que se puede apreciar que en la evolución temporal no hay gran diferencia entre el número de especies más importantes por su abundancia (Figura 31). Sin embargo al evaluar la composición de cuáles son estas especies se puede apreciar que la mayoría de ellas son especies nativas del Perú, en la mayoría de muestreos se da la presencia de una a dos especies endémicas de las Lomas, y en solo dos muestreos la presencia de una especie exótica.

Se observan dos comportamientos uno para los meses con mayor abundancia de individuos y otro para los meses con menor abundancia de individuos, hay un ligero incremento de especies endémicas cuando es un mes con pocos individuos, con la excepción del mes de febrero del 2001. A continuación se describe la composición de especies para los meses como febrero de 1998, mayo de 1998, agosto de 1998 y diciembre de 1998, la especie endémica *Nicotiana paniculata* es una de las especies más abundantes y las especies nativas como *Chenopodium petiolare*, *Urocarpidium peruvianum*, *Acmella oleracea*, *Nasa urens* y *Crassula connata*. Luego los meses como febrero de 1999, junio de 1999, setiembre de 1999 y noviembre de 1999, mantienen dentro de las especies endémicas a *Nicotiana paniculata* como una de las especies más abundantes y se incorporan *Nolana humifusa* y *Philoglossa*

*peruviana*. Dentro de las especies nativas se mantienen *Chenopodium petiolare*, *Urocarpidium peruvianum*, *Nasa urens* y se incorporan *Stenomesson coccineum*, *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*. Para los meses como febrero del 2000, mayo del 2000, agosto del 2000 y noviembre del 2000, la especie endémica *Nicotiana paniculata* es una de las especies más abundantes y se incorporan *Calandrinia alba*, *Oxalis lomana* y las especies nativas que se mantienen son *Chenopodium petiolare*, *Urocarpidium peruvianum*, *Stenomesson coccineum*, *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*, se incorpora de nuevo *Crassula connata* y las nuevas especies son *Vasquezia oppositifolia*, *Alternanthera halimifolia* y *Ophryosporus peruvianus*. En el mes de febrero del 2000 se presenta una especie exótica *Cynodon sp.* y el mes de febrero del 2001, tiene un comportamiento singular porque presenta pocos individuos siendo dos especies nativas como *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides* las predominantes.

Para los meses de mayo y setiembre del 2010, se mantiene la especie endémica *Nicotiana paniculata* y se incorpora *Pilea lamioides*. Las especies nativas que se mantienen son *Chenopodium petiolare*, *Urocarpidium peruvianum* y las nuevas especies son *Erigeron leptorhizon*, *Rostraria trachyantha* y *Galinsoga parviflora*. Además el mes de mayo del 2010 tiene una especie exótica *Urtica urens*.

Figura 32. Evolución temporal del Índice Inverso de Simpson (Cinv Cobertura).



En la Cobertura vegetal ( $C_{inv}$  Cobertura), se observa en la evolución temporal gran diferencia para las últimas evaluaciones siendo un mayor número de especies las que aportan para obtener valores altos de cobertura vegetal, aunque los valores de cobertura total sean similares a los meses de mayo y agosto del 98 (Figura 32). Al evaluar la composición de las especies se puede apreciar para el mes de agosto de 1998, la especie endémica *Nicotiana paniculata* y en los meses como febrero de 1998, mayo de 1998, diciembre de 1998 se incorpora a *Nolana humifusa* y las especies nativas como *Chenopodium petiolare*, *Urocarpidium peruvianum*, *Nasa urens*, *Vasquezia oppositifolia*, *Ophryosporus peruvianus*, *Solanum peruvianum*, *Hyptis sidifolia* y *Croton ruizianus*. Luego los meses como febrero de 1999, junio de 1999, mantienen las mismas especies endémicas. Dentro de las especies nativas se mantienen *Nasa urens*, *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*. En cambio solo el mes de setiembre de 1999 presenta únicamente a la especie endémica *Nicotiana paniculata*, de las especies nativas se incluye a *Dicliptera* sp. y se mantienen *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*. Para los meses como noviembre de 1999, febrero del 2000 y mayo del 2000, la especie endémica *Senecio lomincola* solo está presente para el mes de noviembre y las especies nativas que se mantienen son *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*, se incorpora de nuevo *Ophryosporus peruvianus* y las nuevas especies son *Sycios baderoa*, *Tourrettia lappacea* y *Lippia nodiflora*. En el mes de agosto del 2000 las especies endémicas presentes son *Nolana humifusa* y *Calandrinia alba*, se mantiene *Sycios baderoa*, reaparece *Urocarpidium peruvianum*, *Nasa urens*, *Vasquezia oppositifolia* y se incorpora *Solanum montanum*.

El mes de febrero del 2001 no se parece a ningún otro mes, no presenta ninguna especie endémica, las especies nativas presentes son *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*. El mes de noviembre del 2000 presenta las especies nativas *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*, e incorpora de nuevo a *Ophryosporus peruvianus*, y la presencia de una nueva especie endémica *Oxalis lomana*.

Para el mes de mayo del 2010, reaparece la especie endémica *Nicotiana paniculata* y se incorpora *Pilea lamioides*. Las especies nativas que reaparecen son *Chenopodium petiolare*, *Solanum peruvianum*, *Dicliptera* sp., *Croton ruizianus* y se incorpora *Croton alnifolius*. Al comparar el mes de setiembre del 2010, es el mes que más especies endémicas presenta, mantiene las especies presentes en mayo y se reincorporan *Nolana humifusa*, *Senecio lomincola* y aparece *Bromus striatus*. La especie nativa que se mantiene es *Solanum*

*peruvianum*, reaparece *Urocarpidium peruvianum* y las nuevas especies nativas son *Boerhavia coccinea*, *Dyschoriste repens*, *Galinsoga parviflora*, *Puya ferruginea* y *Rostraria trachyantha*.

En la Figura 33 se muestran el Índice Inverso de Simpson para la abundancia, la cobertura vegetal y el IVIg, se trata de interpretar cuales fueron las especies más abundantes en los tres casos y relacionarlos para apreciar la integridad ecológica de las lomas.

Se puede observar como el  $C_{inv}$  IVIg integra el aporte de las especies más abundantes y sus coberturas. Al describir la composición de especies para los meses como febrero de 1998 y mayo de 1998, son las especies endémicas como *Nicotiana paniculata* y *Nolana humifusa*, y las especies nativas como *Chenopodium petiolare*, *Crassula connata* *Urocarpidium peruvianum*, *Vasquezia oppositifolia* y *Solanum peruvianum* las más abundantes. Luego los meses de agosto de 1998 y diciembre de 1998, mantiene la especie endémica *Nicotiana paniculata* y la especie nativa que se mantiene es *Urocarpidium peruvianum* y las nuevas especies son *Acmella oleracea*, *Dicliptera* sp., *Hyptis sidifolia* y *Nasa urens*. Para los meses como febrero de 1999 y junio de 1999, se mantiene *Nicotiana paniculata* y reaparece *Nolana humifusa*, con respecto a las especies nativas se mantiene *Nasa urens*, reaparece *Chenopodium petiolare* y las nuevas especies son *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*. En cambio setiembre de 1999 y noviembre de 1999, mantienen dentro de las especies endémicas a *Nicotiana paniculata*, *Nolana humifusa* solo para noviembre de 1999 y se incorpora *Senecio lomincola*. Dentro de las especies nativas se mantienen *Urocarpidium peruvianum*, *Croton ruizianus*, *Trixis cacalioides* y se incorpora *Stenomesson coccineum* para setiembre y para noviembre *Sycios baderoa* y *Tourrettia lappacea*.

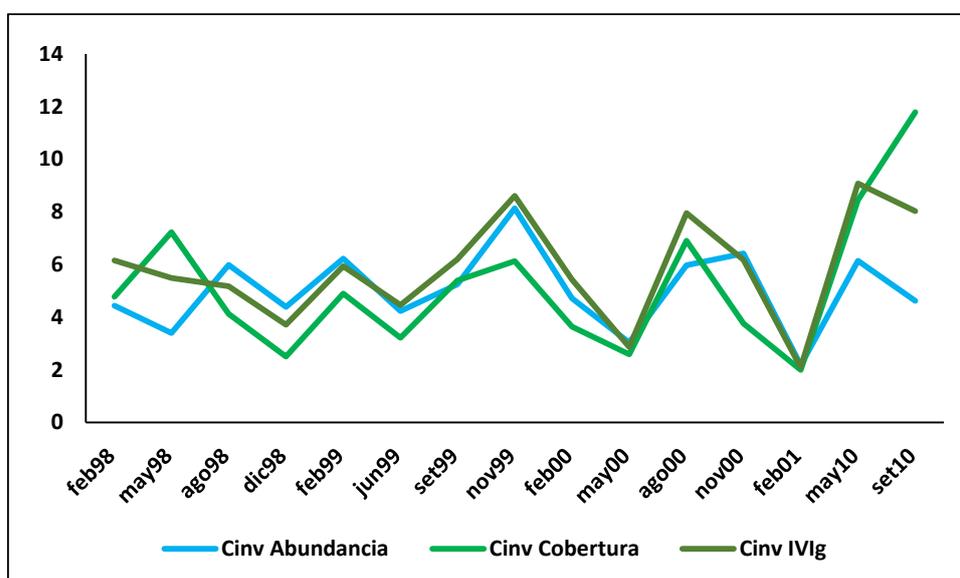
Para los meses como febrero del 2000 y mayo del 2000, las especies nativas que se mantienen son *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*, para febrero se incorpora de nuevo *Stenomesson coccineum* y la nueva especie *Ophryosporus peruvianus*; y *Lippia nodiflora* para mayo. Se presenta una especie exótica *Cynodon* sp. para el mes de febrero del 2000.

En el mes de agosto del 2000 las especies endémicas presentes son *Nicotiana paniculata* y *Calandrinia alba*, reaparece *Sycios baderoa*, *Urocarpidium peruvianum*, *Nasa urens*, *Vasquezia oppositifolia*, *Chenopodium petiolare* y *Crassula connata*.

El mes de febrero del 2001, las especies nativas presentes son *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*. El mes de noviembre del 2000 presenta las especies nativas *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*, reaparece *Ophryosporus peruvianus* e incorpora a *Alternanthera halimifolia*.

Para el mes de mayo del 2010, reaparece la especie endémica *Nicotiana paniculata* y se incorpora *Pilea lamioides*. Las especies nativas que reaparecen son *Chenopodium petiolare*, *Solanum peruvianum*, *Dicliptera* sp. y se incorpora *Croton alnifolius*. Al comparar el mes de setiembre del 2010, es el mes que más especies endémicas presenta, mantiene las especies presentes en mayo y se reincorpora *Nolana humifusa* y aparece *Bromus striatus*. La especie nativa que reaparece *Urocarpidium peruvianum* y las nuevas especies nativas son *Dyschoriste repens*, *Galinsoga parviflora* y *Rostraria trachyantha*. Además el mes de mayo del 2010 tiene una especie exótica *Urtica urens*.

Figura 33. Evolución temporal del Índice Inverso de Simpson (Cinv Abundancia), el Índice Inverso de Simpson (Cinv Cobertura) y el Índice Inverso de Simpson (Cinv IVIg).



En resumen para los tres  $C_{inv}$  se encuentran más especies nativas para el Perú y de una a dos especies endémicas como las más abundantes, solo en dos ocasiones aparece una especie exótica, en las variables abundancia e IVI del  $C_{inv}$ . Si bien al observar a los tres  $C_{inv}$ , se puede elegir al  $C_{inv}$  IVI como el más integrador, se puede resaltar que cuando se evalúa el  $C_{inv}$  cobertura solo predominan especies nativas y endémicas, y hay una ligera influencia del ENSO 98 en su permanencia hasta setiembre de 1999. Por lo que se puede notar que la loma

presenta momentos donde hay un mayor aporte de las especies endémicas luego de un ENSO, se aprecia esto para el último muestreo donde se tiene el mayor número de especies de endémicas siete por su cobertura y cuatro por su IVI. Por lo que se podría sugerir que los ENSOS son activadores de la memoria histórica de los ecosistemas de Lomas para la variable biótica vegetación.

En un año normal las lomas presentan la época de invierno entre mayo y octubre, generando un manto de neblina entre junio y setiembre donde se encuentra la mayor cantidad de especies de plantas, la mayor humedad se presenta en julio y agosto, y el mayor esplendor de la vegetación entre agosto y setiembre. Las especies *Nolana humifusa*, *Nasa urens* y *Sycios baderoa* requieren exclusivamente del agua de la neblina, además de bajos niveles de luminosidad y están relacionadas a bajas temperaturas (Texeira, 1999).

Según Torres (1981) en un año sin el ENSO, inician su ciclo de vida las herbáceas 20 especies en junio, 17 especies en julio y 15 especies en setiembre, predominando un mayor número de individuos en el mes de agosto. Se puede observar en el cuadro 18 para la riqueza de especies específica de la vegetación evaluada mensualmente para el periodo 1998, 1999, 2000, 2001 y 2010 una alta variabilidad entre años, presentando los valores más altos en febrero de 1998 y agosto de 1998, influenciados por el ENSO 98, para el año 1999 es en el mes de setiembre, para el 2000 es el mes de agosto y para el 2010 es el mes de setiembre, se nota como la estación húmeda da las condiciones para la aparición de nuevas especies. Por lo que la estacionalidad puede ser considerada dentro del espectro de perturbaciones, como una perturbación anticipada, cuyos ciclos oscilantes son percibidos por el reloj biológico de los organismos vivos.

Al parecer los ENSOS permiten que la estación húmeda se adelante y dure más por lo que se dan condiciones para que la estocasticidad ambiental condicione la intensidad, la distribución e inclusive la ausencia de la variable estacional, en donde la perturbación se considera más crítica para las comunidades. Como se puede observar para el mes de febrero del 2001 donde se evalúan solo tres especies.

En el siguiente cuadro se presentan todos los valores de las variables comunitarias evaluadas:

Cuadro 18. Variables comunitarias de la comunidad herbáceas entre febrero de 1998 y enero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

Muestras	Densidadprom. (Ind/m <sup>2</sup> )	Cobertura (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	N (# de ind.)	S (# de sps.)	# sps. promedio S/#estac.	HALfa Dens	HALfa IVI	DMn alfa (riqueza)	J'alfa (equidad)	HGamma Dens	HGamma IVIg	D <sub>Mn</sub> (riqueza)	GF (# de gf.)
feb-98	75,52	18911,75	2341	29	0,94	1,05	1,27	4,23	0,52	2,63	3,07	0,60	6
may-98	16,87	7951,61	523	13	0,42	0,89	1,16	2,65	0,60	2,25	2,88	0,57	4
ago-98	37,26	15981,86	1155	24	0,77	1,21	1,38	3,48	0,69	3,10	3,02	0,71	5
dic-98	14,06	9268,23	436	15	0,48	0,57	0,6	1,77	0,54	2,59	2,63	0,72	3
feb-99	4,42	5943,90	137	14	0,45	0,64	0,6	1,77	0,56	3,11	3,09	1,20	5
jul-99	10,35	7175,91	321	13	0,42	0,65	0,73	1,97	0,53	2,42	2,58	0,73	5
set-99	8,81	4837,68	273	23	0,74	0,84	0,84	2,42	0,57	3,10	3,33	1,39	4
nov-99	2,26	2722,02	70	15	0,48	0,40	0,41	1,29	0,23	3,32	3,42	1,79	5
feb-00	2,19	2451,60	68	11	0,35	0,34	0,34	1,16	0,18	2,64	2,76	1,33	5
may-00	0,65	891,98	20	6	0,19	0,06	0,06	0,19	0,06	1,98	1,85	1,34	3
ago-00	347,71	14720,83	10779	40	1,29	1,59	1,84	6,58	0,62	3,27	3,61	0,39	8
nov-00	1,26	1489,07	39	11	0,35	0,19	0,16	0,58	0,13	3,00	2,91	1,76	5
feb-01	0,52	983,49	16	3	0,10	0,09	0,08	0,19	0,06	1,25	1,16	0,75	2
may-10	4,42	8190,33	137	17	0,55	0,58	0,67	1,68	0,42	3,24	3,52	1,45	3
sep-10	54,81	15795,26	1699	28	0,90	1,97	1,55	7,06	0,73	2,79	3,57	0,68	5

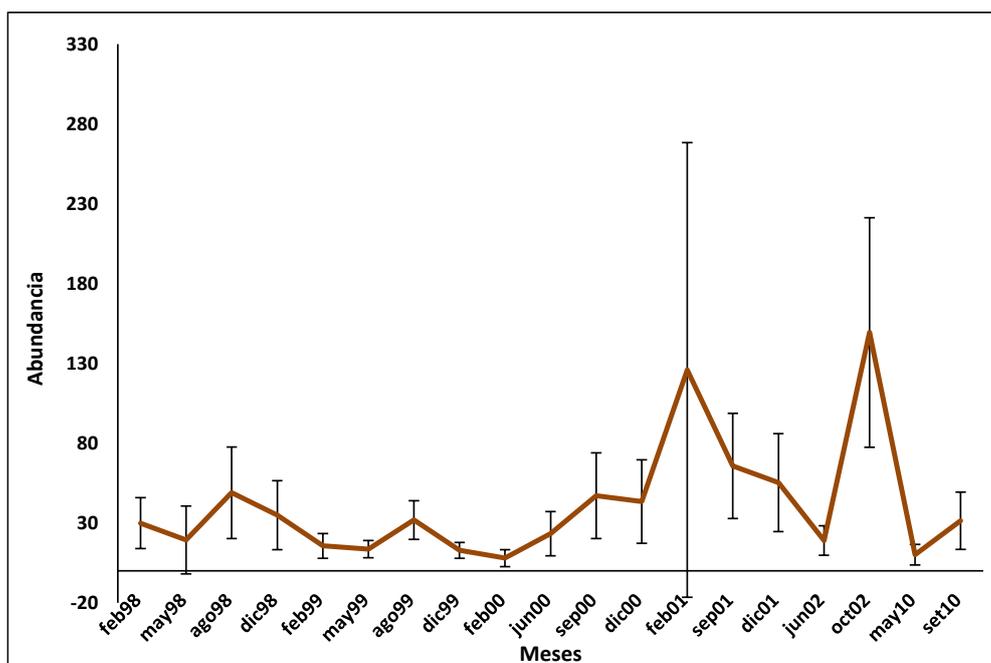
Al evaluar todas las variables se puede observar una gran heterogeneidad en la comunidad de la vegetación, esta variabilidad se puede generar por la influencia de diferentes factores como la estacionalidad que ha sido evaluada en relación a la riqueza de especies. Además de la topografía, los mecanismos de dispersión, la abundancia de las fuentes de semillas, la distancia y la posición entre los individuos, la competencia intra e interespecífica, y el tiempo de formación de la comunidad vegetal, por lo que a este nivel no se observa una tendencia clara en las diferentes variables evaluadas. Resaltando el mes de agosto del 2000 con los valores más altos para el mayor número de variables como la densidad promedio, la abundancia (N), la riqueza de especies (S), la riqueza promedio, los grupos funcionales (GF), la equidad y las diversidades (HALfa IVI, H Gamma Dens y H Gamma IVIg), presentando valores altos de Humedad Relativa % y Precipitación total, también considerando los dos meses anteriores, por lo que ambas condiciones pueden haber favorecido la germinación y permanencia de varias especies en especial las anuales, porque la mayoría pertenecen al grupo funcional terófitas.

#### 4.1.2.5.2 Comunidad de Coleópteros

La abundancia, la diversidad alfa, el número de especies o la riqueza de especies, el Índice de riqueza de Menhinick (D<sub>MN</sub>), el Índice de equidad de Pielou (J') y la diversidad gamma de la comunidad de los coleópteros han sido evaluados en las 31 parcelas en 19 ocasiones o muestreos.

La abundancia de los coleópteros en las lomas presentan dos momentos o picos para el mes de febrero 2001 y octubre 2002, en el primer pico hay bastante heterogeneidad entre las parcelas evaluadas, sin embargo para el segundo pico se muestran diferencias con casi todos los muestreos exceptuando las evaluaciones realizadas en el 2001.

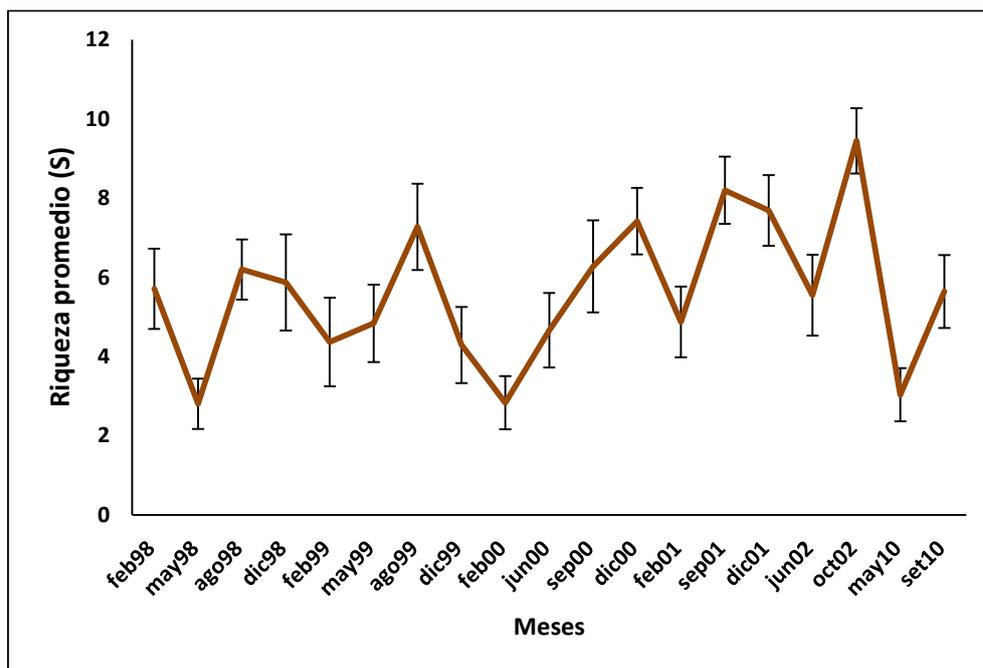
Figura 34. Evolución temporal de la abundancia de coleópteros en las Lomas de Lachay.



Los intervalos de confianza permiten observar para la abundancia, que el mes de febrero de 1998 es parecido a los meses que comprenden desde mayo de 1998 hasta diciembre de 1999, luego de junio del 2000 hasta junio del 2002 y setiembre del 2010. Con respecto a mayo de 1998 los meses similares son desde febrero de 1998 a junio del 2002, luego mayo del 2010 y setiembre del 2010. Para junio del 2002 los meses similares son desde febrero de 1998 hasta febrero del 2001, luego diciembre del 2001, mayo del 2010 y setiembre del 2010. El mes de octubre del 2002 es similar a febrero del 2001, setiembre del 2001 y diciembre del 2001. En cambio el mes de mayo del 2010 se parece a los meses de febrero de 1998, mayo de 1998, diciembre de 1998, febrero de 1999, mayo de 1999, diciembre de 1999, febrero del 2000, junio del 2000 y setiembre del 2010. En el caso del setiembre de 2010 es similar a los meses desde febrero de 1998 hasta diciembre del 1999, luego desde junio del 2000 a junio del 2002 y mayo del 2010 (Figura 34).

La riqueza de especies (S), fue evaluada como riqueza promedio entre todas las parcelas, para todos los muestreos mensuales se registran más especies en el mes de octubre-2002, siendo un mes representativo para el Evento El Niño Fuerte 2002, se puede observar como la riqueza de especies (Figura 35) influencia el comportamiento de la diversidad alfa (H').

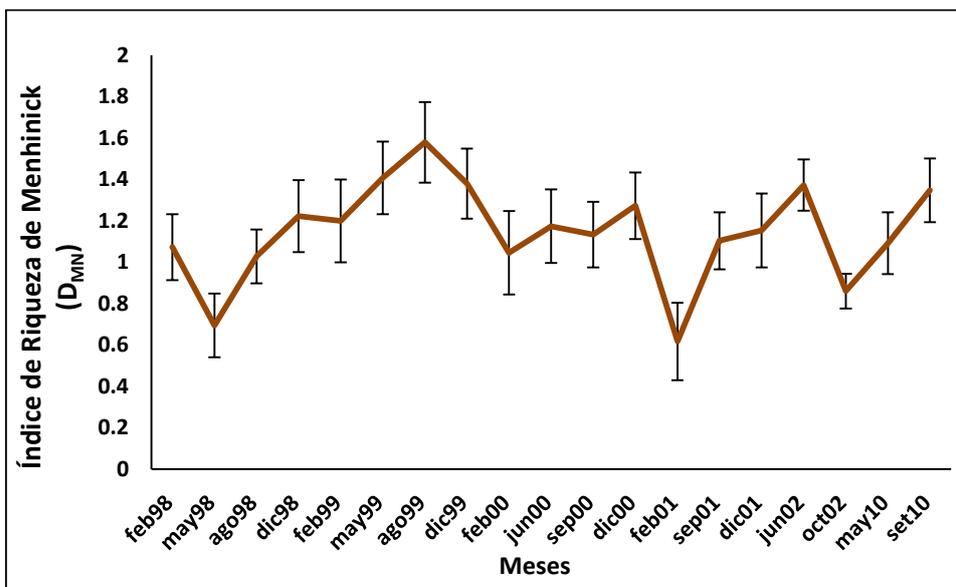
Figura 35. Evolución temporal de la riqueza de especies (S) de coleópteros en las Lomas de Lachay.



Los intervalos de confianza permiten observar para la riqueza de especies que no hay una tendencia entre los meses, con respecto a febrero de 1998 los meses similares son desde mayo de 1998 hasta diciembre de 1999, luego desde junio del 2000 a junio del 2002, mayo y setiembre del 2010. Con respecto a mayo de 1998 los meses similares son desde febrero de 1998 hasta junio del 2002, mayo y setiembre del 2010. Para junio del 2002 los meses similares son desde febrero de 1998 hasta febrero del 2001, diciembre del 2001, mayo y setiembre del 2010. Sin embargo octubre del 2002 es similar a febrero del 2001, septiembre del 2001, diciembre del 2001. Para mayo del 2010 los meses similares son desde febrero de 1998, mayo del 1998, diciembre de 1998, febrero de 1999, mayo de 1999, diciembre de 1999, febrero del 2000, junio del 2000, febrero del 2001, junio del 2002 y setiembre del 2010. Por último el mes de setiembre de 2010 se parece a los meses desde febrero de 1998 hasta diciembre de 1999, luego desde junio del 2000 a junio del 2002, y mayo del 2010 (Figura 35).

Con respecto al Índice de riqueza de Menhinick  $D_{MN}$ , con respecto a los intervalos de confianza no se observan diferencias notorias entre los meses, se puede notar dos meses con los valores más bajos, como se sabe para el cálculo se toma en cuenta el número de especies y la abundancia.

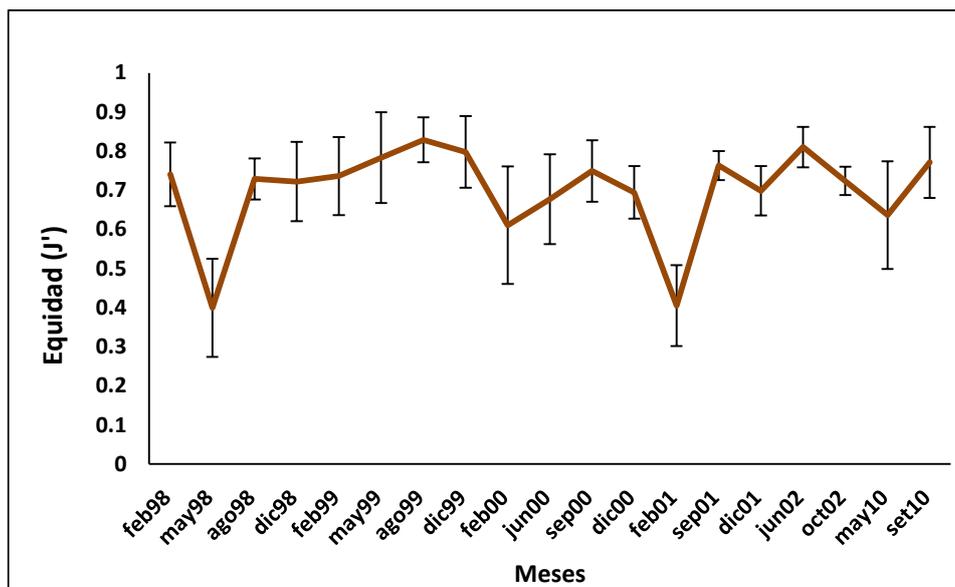
Figura 36. Evolución temporal del Índice de riqueza de Menhinick ( $D_{MN}$ ) de coleópteros en las Lomas de Lachay.



Los intervalos de confianza permiten observar para la riqueza de Menhinick  $D_{MN}$  con respecto a febrero de 1998 los meses similares que son desde agosto de 1998 a diciembre de 2000, luego de setiembre del 2001 a octubre del 2002, mayo 2010 y setiembre 2010. Con respecto a mayo de 1998 los meses similares son febrero de 2001 y octubre del 2002, luego para junio del 2002 los meses similares son desde febrero de 1998 hasta diciembre del 2000, diciembre del 2001 y setiembre del 2010. Mientras que octubre del 2002 es similar a los meses desde febrero de 1998 hasta agosto de 1998, febrero de 2000 y febrero de 2001. Para mayo del 2010 los meses similares son febrero de 1998, desde agosto de 1998 hasta mayo de 1999, de diciembre de 1999 a diciembre del 2000, de setiembre del 2001 a diciembre del 2001, luego setiembre del 2010. En el caso de setiembre del 2010 es similar a febrero de 1998, además desde diciembre de 1998 hasta diciembre del 2000, setiembre del 2001 a junio del 2002 y mayo del 2010 (Figura 36).

La equidad fue evaluada mediante el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) no presenta diferencias notorias entre los meses con presencia del ENSO, solo hay dos meses con valores bajos, que influencia los valores del Índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) para la Diversidad alfa promedio y la Diversidad gamma.

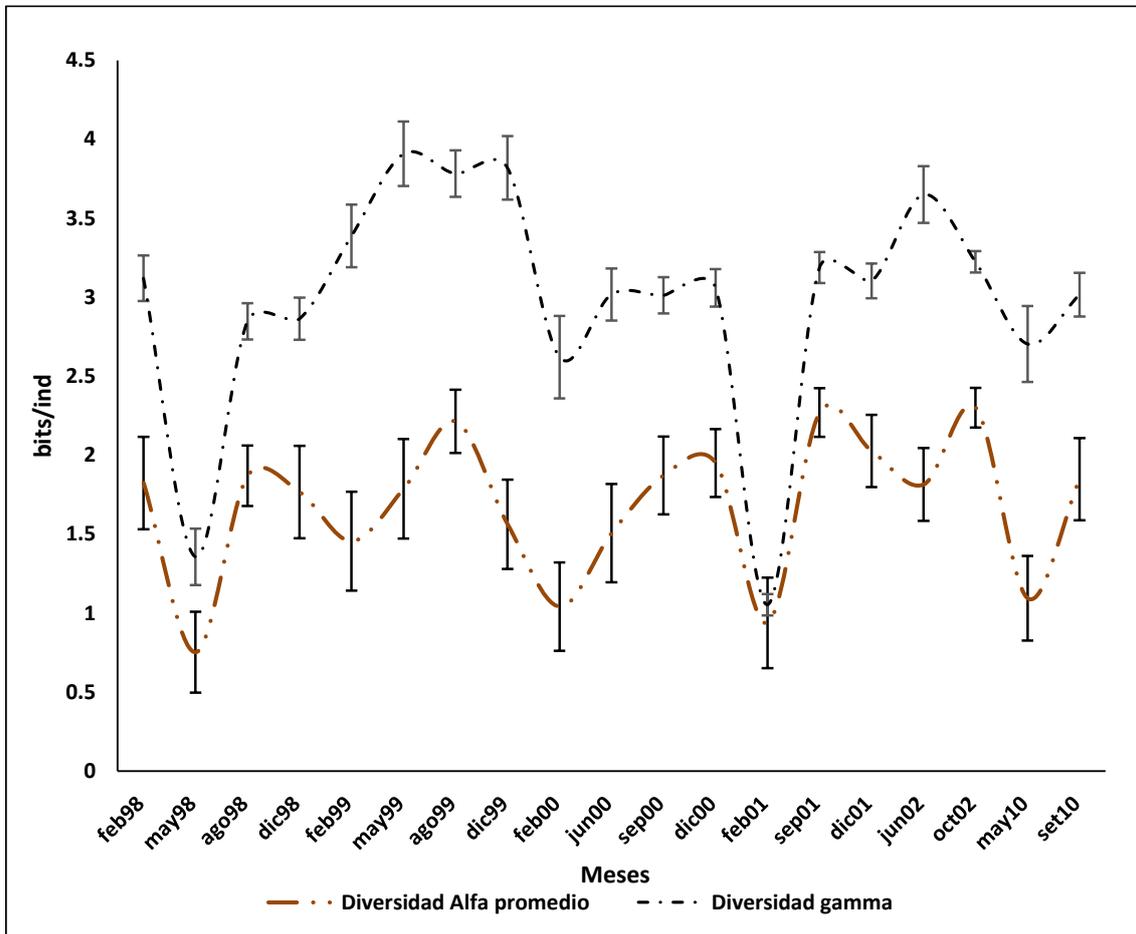
Figura 37. Evolución temporal del Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) de coleópteros en las Lomas de Lachay.



Los intervalos de confianza permiten observar para el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) para febrero de 1998 el mismo comportamiento entre los meses que el Índice de riqueza de Menhinick ( $D_{MN}$ ). Con respecto a mayo de 1998 los meses similares son febrero del 2000 y febrero del 2001, luego para junio del 2002 los meses similares son febrero de 1998, desde agosto de 1998 hasta diciembre de 1999, junio del 2000, setiembre del 2000, setiembre del 2001, diciembre del 2001, mayo y setiembre del 2010. Mientras que octubre del 2002 es similar a los meses febrero de 1998, desde agosto de 1998 hasta mayo de 1999, desde diciembre de 1999 a diciembre del 2000, setiembre del 2001, diciembre del 2001, mayo y setiembre del 2010. Para mayo del 2010 los meses similares son desde febrero de 1998 hasta mayo de 1999, desde diciembre de 1999 hasta octubre del 2002, luego setiembre del 2010. En el caso del setiembre de 2010 son febrero de 1998, desde agosto de 1998 hasta diciembre del 2000, desde setiembre del 2001 a octubre del 2002, mayo del 2010 (Figura 37).

La diversidad gamma al compararla con la diversidad alfa promedio en el tiempo presenta valores más altos, solo acercándose para el valor más bajo que es en el mes de febrero del 2001. Hay que tomar en cuenta que ambas variables responden al comportamiento en toda la loma, pero con respecto a sus dinámicas los valores más altos y picos difieren, por ejemplo para la Diversidad gamma los valores mas altos los presentan febrero, mayo, agosto, diciembre de 1999 y junio del 2002, en el caso de la Diversidad Alfa promedio los picos no son tan diferentes de los otros meses, sin embargo destacan agosto de 1999, septiembre del 2001 y octubre del 2002 (Figura 38).

Figura 38. Evolución temporal de la diversidad alfa promedio y la diversidad gamma de coleópteros en las Lomas de Lachay.



En el siguiente cuadro se presentan todos los valores de las variables comunitarias evaluadas.

Cuadro 19. Variables comunitarias de la comunidad de coleópteros entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay.

Muestreos	N	S	Nprom	Sprom	HAifa	DMnalfa	J'alfa	Hgamma	DMngamma	GF
feb-98	932	25	30	0,81	1,82	1,07	0,74	3,12	0,82	6
may-98	604	20	19	0,65	0,75	0,72	0,40	1,36	0,81	5
ago-98	1469	24	47	0,77	1,87	1,03	0,73	2,85	0,63	5
dic-98	1083	29	35	0,94	1,77	1,22	0,72	2,86	0,88	5
feb-99	470	32	15	1,03	1,46	1,20	0,74	3,39	1,48	5
may-99	424	32	14	1,03	1,79	1,41	0,78	3,91	1,55	6
ago-99	926	30	30	0,97	2,21	1,58	0,83	3,78	0,99	5
dic-99	399	28	13	0,90	1,56	1,38	0,80	3,82	1,40	5
feb-00	240	19	8	0,61	1,04	1,05	0,61	2,62	1,23	5
jun-00	700	25	23	0,81	1,51	1,17	0,68	3,02	0,94	5
sep-00	1460	27	47	0,87	1,87	1,13	0,75	3,01	0,71	5
dic-00	1347	35	43	1,13	1,95	1,27	0,69	3,06	0,95	6
feb-01	3905	27	126	0,87	0,94	0,62	0,41	1,05	0,43	6
set-01	2040	32	66	1,03	2,27	1,10	0,76	3,19	0,71	6
dic-01	1715	31	55	1,00	2,03	1,15	0,70	3,10	0,75	5
jun-02	592	35	19	1,13	1,81	1,37	0,81	3,65	1,44	6
oct-02	4631	26	149	0,84	2,30	0,86	0,72	3,22	0,38	6
may-10	317	19	10	0,61	1,09	1,09	0,64	2,70	1,07	6
sep-10	975	25	31	0,81	1,85	1,35	0,77	3,02	0,80	6

Con respecto al número de especies, los muestreos del año de 1999 registran más especies, así como el muestreo de diciembre-2000 y junio del 2002 registran más especies que los otros muestreos (Cuadro 19). Según un estudio de la dieta de la lechuga de los arenales (*Athene cunicularia*) en la época seca de enero a junio de 1999, la cual fue una época de baja productividad, su dieta fue un 85% de artrópodos, y el 30% eran coleópteros los cuales predominaron frente a los otros grupos (Zelaya et al., 1999).

Además al evaluar las variables se puede observar también una gran heterogeneidad en la comunidad de coleopteros, la abundancia y la riqueza de especies no muestra una relación con la estacionalidad. La mayor abundancia se da en octubre del 2002 y de ahí continúa el mes de febrero del 2001, donde se evalúa muy poca vegetación en la loma. Es posible que cuando se incrementa la vegetación la relación es inversa con la abundancia de coleópteros y/o la búsqueda de condiciones más frescas generen condiciones para una captura más efectiva, a este nivel no se observa una tendencia clara en las diferentes variables evaluadas. El mes de octubre del 2002 también tiene los valores más altos de la diversidad (HAifa), y el mes de mayo de 1999 los valores más altos de la diversidad gamma (Hgamma). A

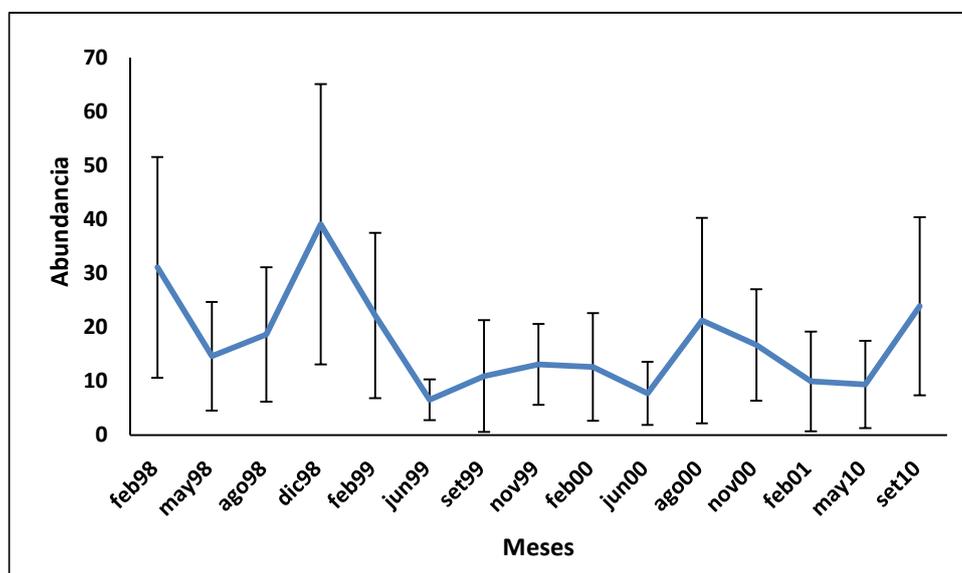
diferencia de la comunidad de la vegetación en la comunidad de los coleópteros los grupos funcionales (GF) se mantienen entre cinco o seis para todos los muestreos.

#### 4.1.2.5.3 Comunidad de Aves

La abundancia, la diversidad alfa, el número de especies o la riqueza de especies, el Índice de riqueza de Menhinick ( $D_{MN}$ ), el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) y la diversidad gamma de la comunidad de las aves han sido evaluadas en las 31 parcelas en 15 ocasiones o muestreos.

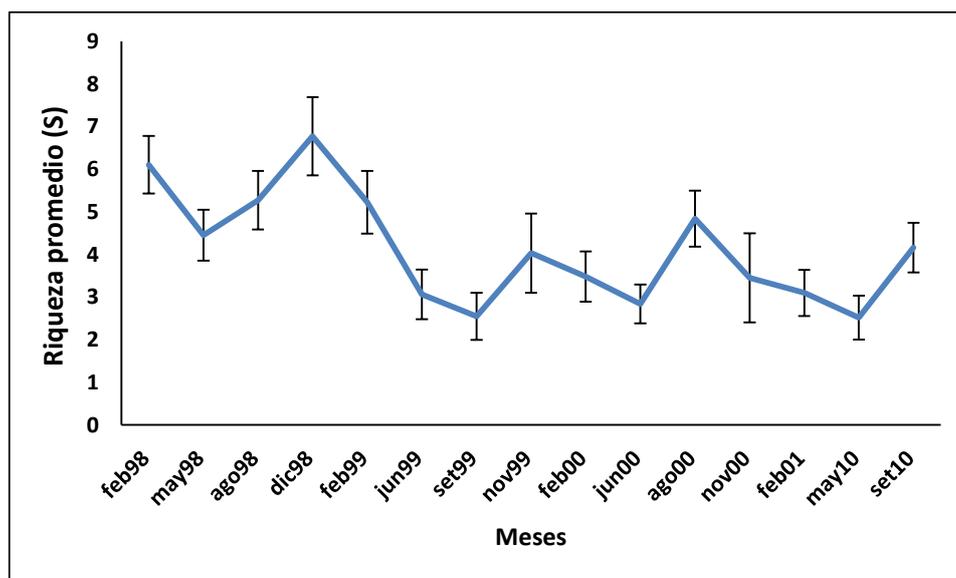
La abundancia de las aves en las lomas presentan un momento o pico para el mes de diciembre de 1998, sin embargo no se muestran diferencias con casi todos los muestreos exceptuando junio de 1999. Los intervalos de confianza permiten observar para la abundancia, que el mes de febrero de 1998 es parecido a los meses que comprenden desde mayo de 1998 hasta febrero de 1999, luego de setiembre de 1999 hasta febrero del 2001, finalmente con mayo y setiembre del 2010. Con respecto a mayo de 1998, mayo del 2010 y setiembre del 2010 no se encontraron diferencias con ningún mes (Figura 39).

Figura 39. Evolución temporal de la abundancia de aves en las Lomas de Lachay.



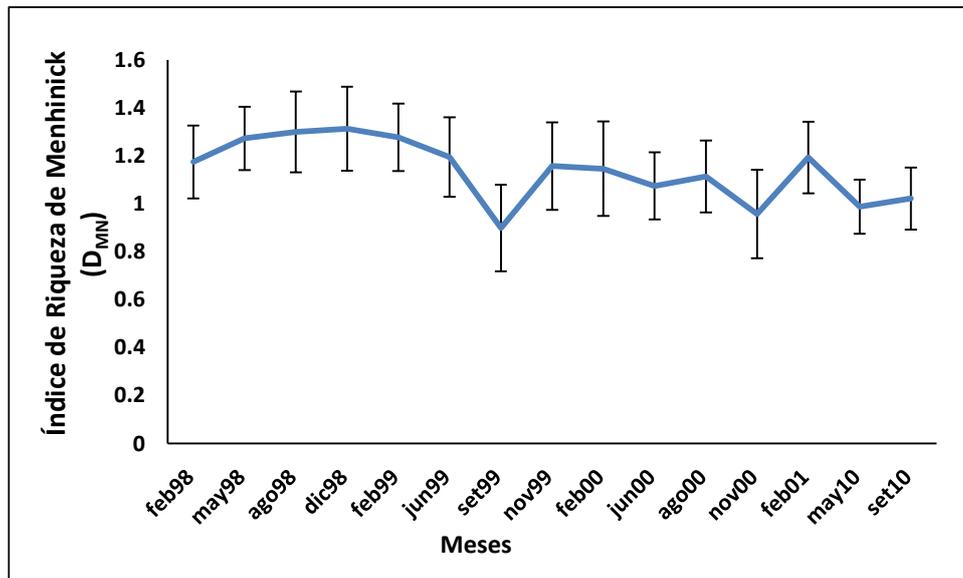
La riqueza de especies ( $S$ ), fue evaluada como riqueza promedio entre todas las parcelas, para todos los muestreos mensuales se registran más especies en el mes de diciembre-1998. Los intervalos de confianza permiten observar para la riqueza de especies que es mayor para los meses del año 1998, con respecto a febrero de 1998 los meses similares son desde agosto

de 1998 hasta febrero de 1999. Con respecto a mayo de 1998 los meses similares son agosto de 1998, febrero de 1999, noviembre de 1999, febrero del 2000, agosto del 2000, noviembre del 2000 y setiembre del 2010. Para mayo del 2010 los meses similares son junio de 1999, setiembre de 1999, febrero del 2000, junio del 2000, noviembre del 2000 y febrero del 2001. Por último el mes de setiembre de 2010 se parece a los meses como mayo de 1998, agosto de 1998, febrero de 1999, luego agosto del 2000 y noviembre del 2000 (Figura 40).



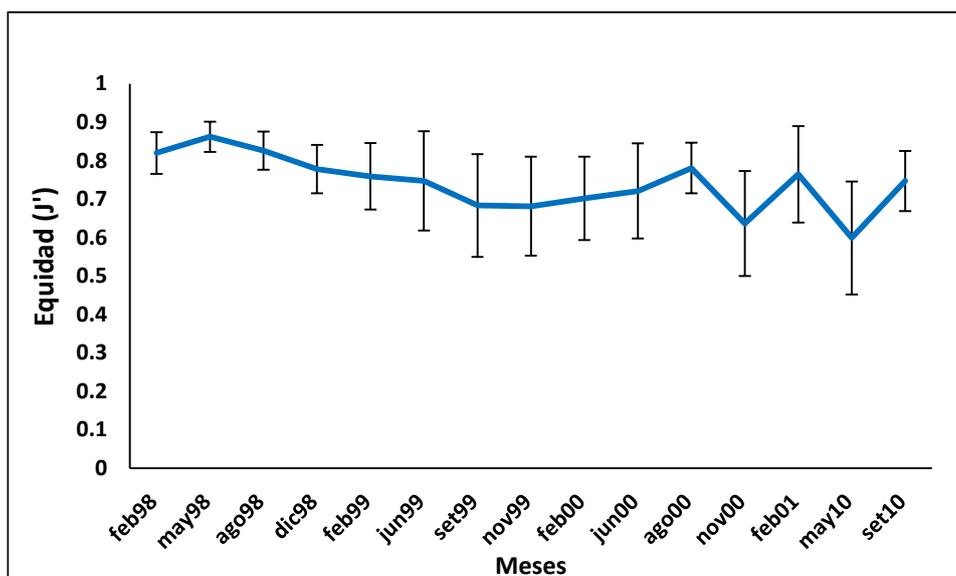
Para el Índice de riqueza de Menhinick  $D_{MN}$ , con respecto a los intervalos de confianza no se observan diferencias notorias entre los meses, solo un mes donde se puede notar el valor más bajo. Los intervalos de confianza permiten observar para la riqueza de Menhinick  $D_{MN}$  con respecto al mes de febrero de 1998 que no se existen diferencias, para mayo de 1998 los meses similares son setiembre de 1999, noviembre del 2000, mayo y setiembre del 2010. Siendo los meses similares para mayo del 2010 febrero de 1998, desde junio de 1999 hasta febrero del 2001, luego setiembre 2010. En el caso del setiembre de 2010 no se encontraron diferencias (Figura 41).

Figura 41. Evolución temporal del Índice de riqueza de Menhinick ( $D_{MN}$ ) de aves en las Lomas de Lachay.



La equidad evaluada mediante el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) no presenta diferencias notorias entre los meses, ligeramente los valores mas altos son para los muestreos de 1998, que influencia los valores del Índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) para la Diversidad alfa promedio.

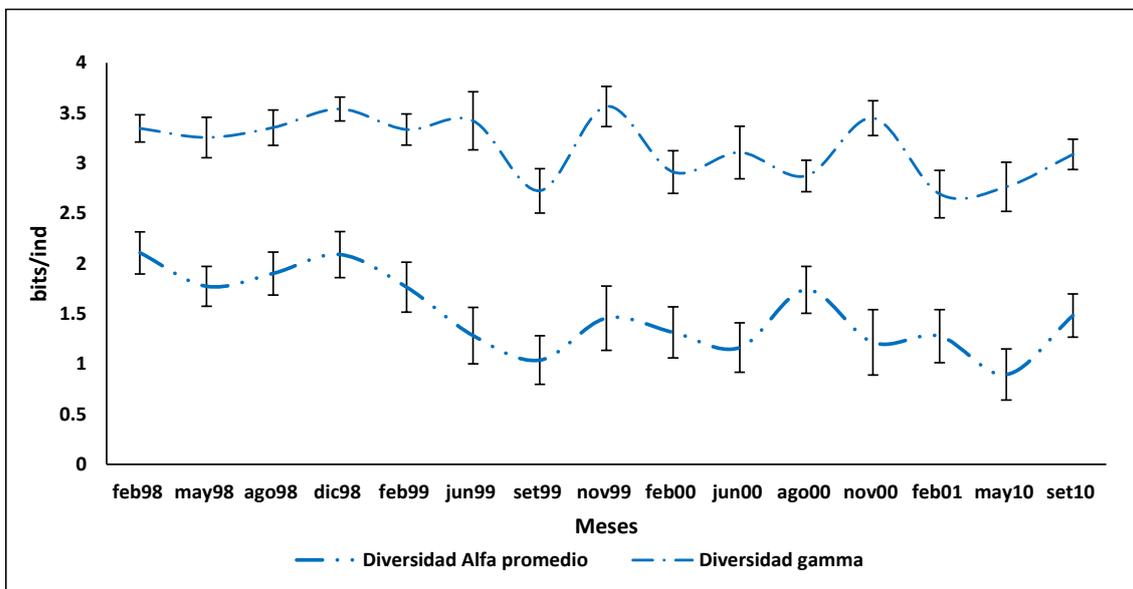
Figura 42. Evolución temporal del Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) de aves en las Lomas de Lachay



Los intervalos de confianza permiten observar para el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) para febrero de 1998 no hay diferencias con los otros meses, con respecto a mayo de 1998 los meses similares son setiembre de 1999, noviembre de 1999, febrero del 2000, noviembre del 2000 y mayo del 2010. Los meses similares para mayo del 2010 son desde diciembre de 1998 hasta febrero del 2001. En el caso del setiembre de 2010 son febrero de 1998, desde agosto de 1998 hasta febrero del 2001 y mayo del 2010 (Figura 42).

La diversidad gamma al compararla con la diversidad alfa promedio, en el tiempo presenta valores más altos, ambas variables responden al comportamiento en toda la loma, sus dinámicas son similares para el año de 1998, presentan un valor bajo para el mes de setiembre de 1999, luego mantienen una tendencia hasta el mes de febrero del 2000, luego el comportamiento entre ambas se vuelve inverso, hasta que vuelven a la misma tendencia en los dos últimos muestreos. Además hay que resaltar que para la Diversidad Alfa promedio los valores mas altos son los cuatros muestreos del año de 1998, sin embargo para la diversidad gamma se dan tres picos cercanos a esos valores en los meses febrero de 1999, junio de 1999, noviembre de 1999 y noviembre del 2000 (Figura 43).

Figura 43. Evolución temporal de la diversidad alfa promedio y la diversidad gamma de aves en las Lomas de Lachay.



En el siguiente cuadro se presentan todos los valores de las variables comunitarias evaluadas:

Cuadro 20. Variables comunitarias de la comunidad de aves entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay.

Muestreos	N	S	Nprom	Sprom	Halfa	DMnalf	J'alfa	Hgamma	D <sub>Mn</sub> gamm	GF
feb-98	902	20	31	6	2,11	1,17	0,82	3,35	0,67	9
may-98	453	15	15	4	1,78	1,27	0,86	3,26	0,70	8
ago-98	541	23	19	5	1,90	1,30	0,83	3,36	0,99	11
dic-98	1.212	23	39	7	2,09	1,31	0,78	3,55	0,66	10
feb-99	688	18	22	5	1,77	1,28	0,76	3,34	0,69	10
jun-99	203	16	7	3	1,29	1,20	0,75	3,43	1,12	9
set-99	339	16	11	3	1,04	0,90	0,68	2,73	0,87	9
nov-99	406	19	13	4	1,46	1,16	0,68	3,57	0,94	11
feb-00	392	16	13	3	1,32	1,15	0,70	2,92	0,81	10
jun-00	239	17	8	3	1,17	1,08	0,72	3,11	1,10	9
ago-00	658	17	21	5	1,74	1,11	0,78	2,88	0,66	10
dic-00	517	19	17	3	1,22	0,96	0,64	3,46	0,84	10
feb-01	308	17	10	3	1,28	1,19	0,76	2,70	0,97	9
may-10	290	15	9	3	0,90	0,99	0,60	2,77	0,88	8
sep-10	741	17	24	4	1,49	1,02	0,75	3,09	0,62	8

La riqueza de especies entre muestreos presenta los valores más altos para agosto y diciembre de 1998, y también este último mes presenta la mayor abundancia, y junio de 1999 la menor abundancia, no hay una tendencia relacionada a la estacionalidad. Es posible que cuando se incrementa la vegetación la relación se va volviendo directa, porque la abundancia que presentan cuando se da el ENSO de 1998, no se vuelve a repetir, tomando en cuenta que el agua es el mayor de los limitantes para las aves en época seca, en la época húmeda son las restricciones de la alimentación y el hábitat para la protección, descanso y reproducción, es decir la complejidad estructural del hábitat (Sánchez, 1992).

La época húmeda es la que predomina para todo el año de 1998, es por eso que al mantener una mayor complejidad estructural la vegetación se dan las condiciones para que sean más abundantes y tengan la mayor riqueza de especies. Los muestreos del año de 1998 presentan los valores más altos de la diversidad (Halfa) y del Índice de equidad de Pielou (J'). A diferencia de la comunidad de la vegetación y la comunidad de los coleópteros los grupos funcionales (GF) para las aves presentan más grupos funcionales los cuales son entre ocho a once para todos los muestreos, presentando una mayor diversidad de formas de elegir sus recursos alimentarios.

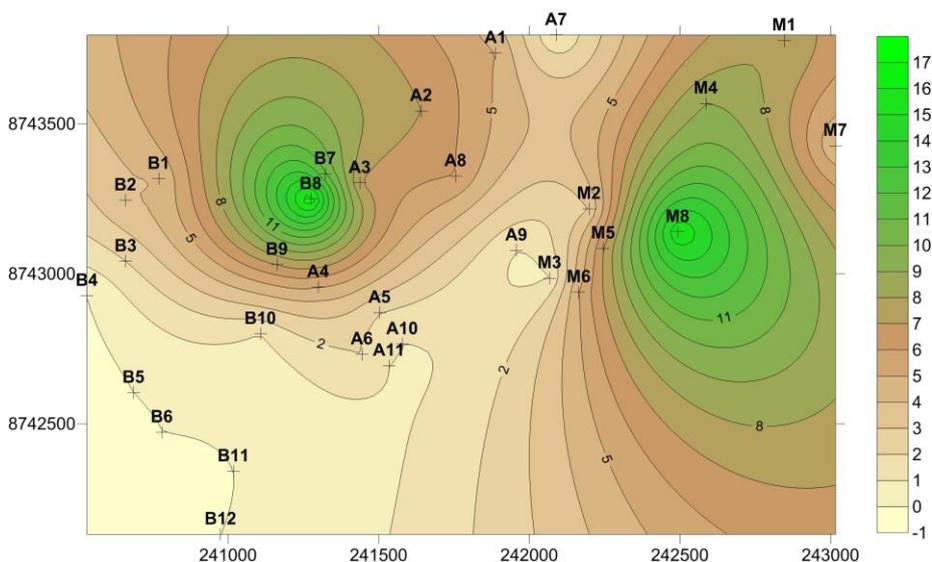
### 4.1.3 La variación espacial de algunas variables comunitarias evaluadas en el 2010

Las especies mediante el proceso de la sucesión ocupan ambientes nuevos desprovistos temporalmente de vida, que por los procesos de organización interna se suceden de forma coherente. Por lo que para la comunidad de herbáceas se van a incorporar la variación espacial de la densidad, la cobertura, la diversidad alfa IVI, la abundancia y las especies mas abundantes, tomando en cuenta los muestreos de los meses de mayo y setiembre del 2010.

Como se puede apreciar la densidad de las herbáceas para el mes de mayo del 2010 se centra en dos núcleos o áreas que se ubican en el centro de las estaciones de muestreo B8 y M8 (Figura 44) de ahí se expanden a otras estaciones, además presenta una menor densidad al compararla con el mes de setiembre del 2010, que presenta tres núcleos que se ubican en el centro de B9, B11 y M5 (Figura 45).

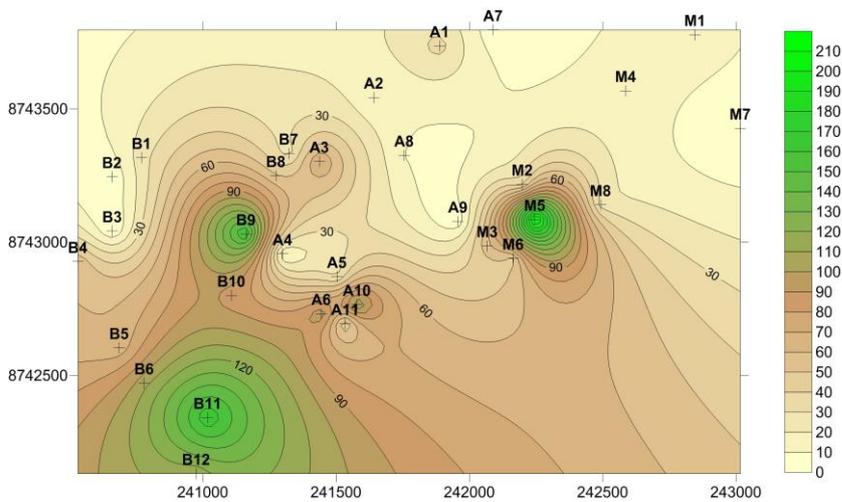
Para el mes de mayo del 2010, las estaciones M8 y B8 se encuentran en altitudes diferentes 478 msnm y 338 msnm respectivamente, en dos tipos de vegetación Árboles y Parque respectivamente, en dos tipos de uso zonificadas anteriormente como zona de Uso Público y zona de Recuperación y actualmente denominadas zona de uso turístico y recreativo y zona de aprovechamiento directo respectivamente.

Figura 44. La Densidad de las herbáceas en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.



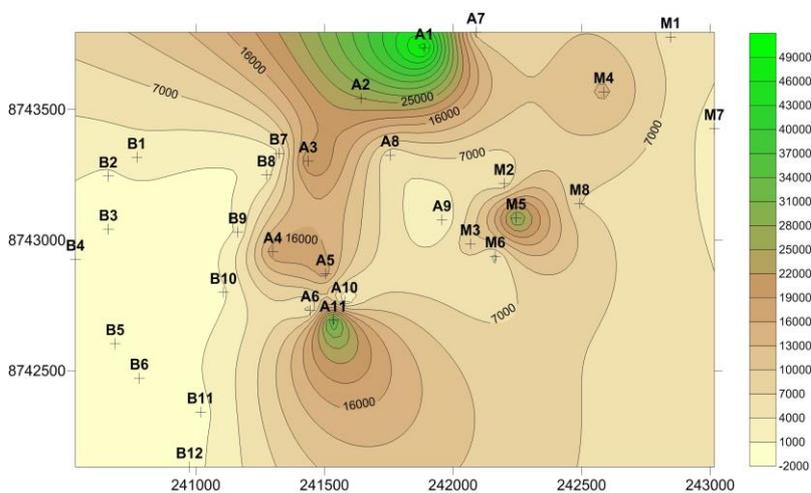
Para setiembre M5 y B9 se ubican en las altitudes 380 msnm y 351 msnm respectivamente y se encuentran en los tipos de vegetación y zonas de uso descritos anteriormente. En cambio B11 se encuentra en una altitud muy cercana a B9 (350 msnm) y en el mismo tipo de zona de uso, pero incorpora en la clasificación un nuevo tipo de vegetación denominado Herbáceas, donde se encuentra la mayor densidad. Se observa como la expansión se inicia en mayo y se incrementa en setiembre, por las condiciones climáticas favorables para la aparición de la vegetación.

Figura 45. La Densidad de las herbáceas en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



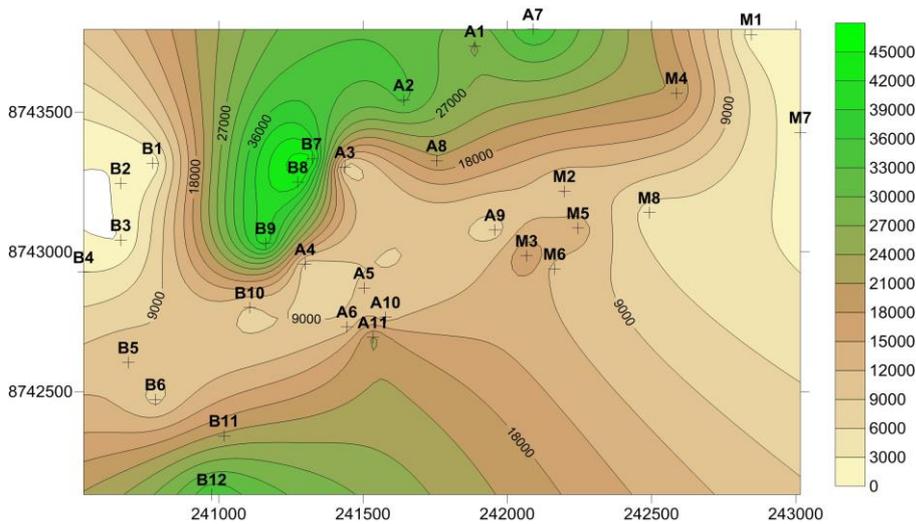
Sin embargo la cobertura de las herbáceas para el mes de mayo del 2010 se centra en tres núcleos que son representados por las estaciones de muestreo A1, A11 y M5 (Figura 46) y para el mes de setiembre del 2010 presenta tres núcleos que se ubican en A7, B8 y B12 (Figura 47).

Figura 46. La Cobertura de las herbáceas en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.



Las estaciones A1, A11 y M5 para el mes de mayo del 2010, se encuentran en altitudes diferentes 588 msnm, 293 msnm y 380 msnm respectivamente, en tres tipos de vegetación Parque, Herbáceas y Árboles respectivamente, en tres tipos de uso zonificadas antes como Histórico Cultural, zona de Recuperación y zona de Uso Público y actualmente denominadas zona de uso turístico y recreativo y zona de aprovechamiento directo.

Figura 47. La Cobertura de las herbáceas en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



Para setiembre las estaciones A7, B8 y B12 se ubican en las altitudes 615 msnm, 338 msnm y 364 msnm respectivamente y se encuentran en dos tipos de vegetación Parque y Herbáceas y en las zonas de uso descritas anteriormente. Se observa una mayor expansión de la cobertura que se extiende entre A7 y B8, en la parte central se ubica la vegetación tipo Árboles entre la vegetación tipo Parque. Se observa como la expansión se inicia en mayo y se incrementa notoriamente en setiembre, por las condiciones climáticas favorables para la aparición de la vegetación.

Además la diversidad alfa IVI de las herbáceas que para el mes de mayo del 2010 se centra en dos núcleos que son representados por las estaciones de muestreo A2 y M5 (Figura 48), que presenta valores mas bajos al compararla con el mes de setiembre del 2010, que presenta cuatro núcleos que se ubican en B7, A5, M5 y B12 (Figura 49). En el mes de mayo del 2010, las estaciones A2 y M5 se encuentran en las altitudes de 471 msnm y 380 msnm respectivamente, en un tipo de vegetación denominado Árboles, y en un tipo de uso zonificada antes en zona de Uso Público y actualmente denominadas zona de uso turístico y recreativo.

Figura 48. La Diversidad alfa IVI de las herbáceas en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.

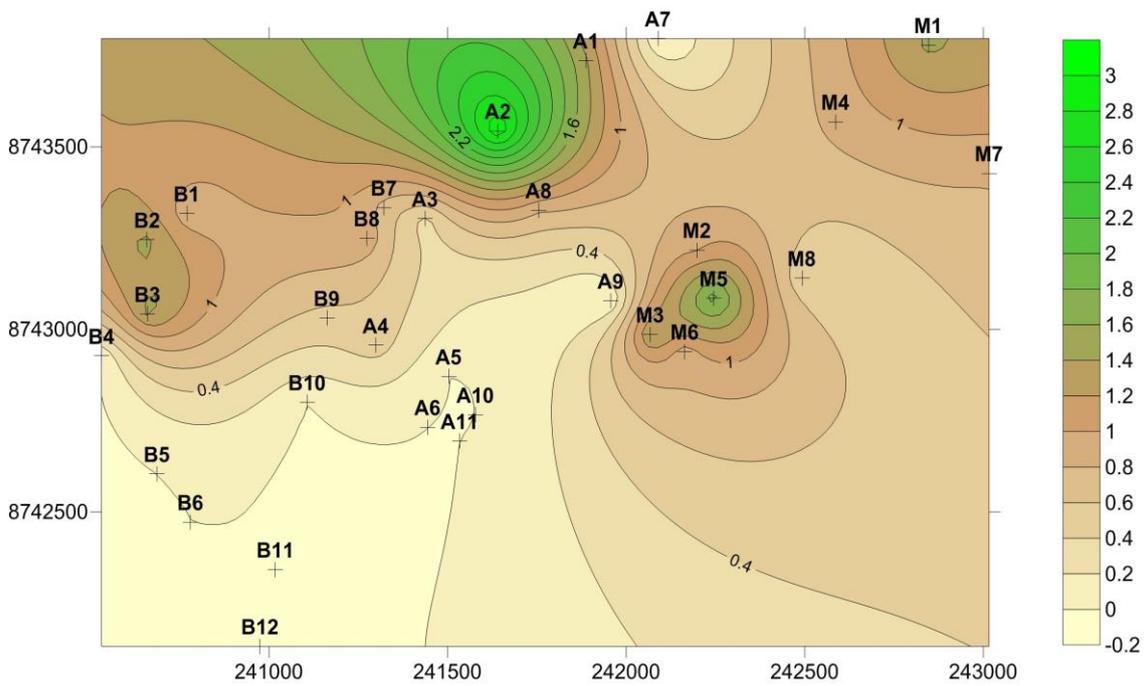
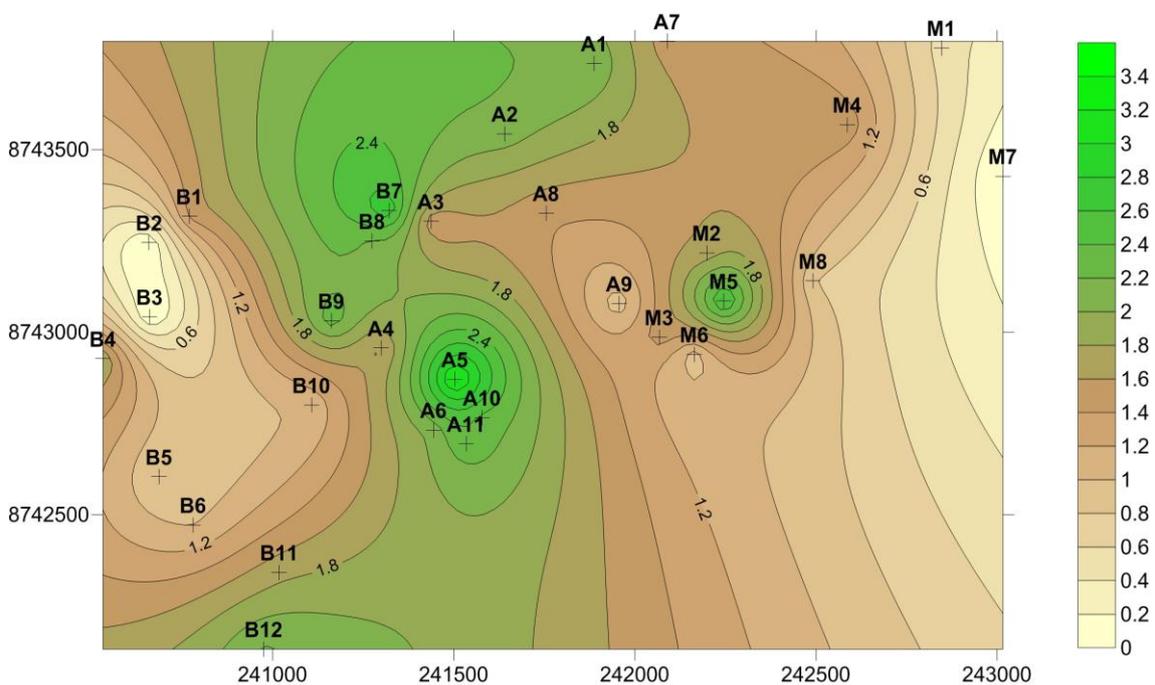


Figura 49. La Diversidad alfa IVI de las herbáceas en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



Para el mes de setiembre además de M5 y B12 que se dio la información sobre ellos anteriormente se encuentran B7, A5 ubicados a 372 msnm y 350 msnm respectivamente y se encuentran en el tipo de vegetación Parque y Árboles, y la zona de Recuperación y la zona de Uso Público respectivamente, y actualmente denominadas zona de aprovechamiento directo y zona de uso turístico y recreativo, se observa una mayor expansión de la diversidad

del IVI en las lomas que se extiende entre B7, A5 y B12, en la parte central se ubica la vegetación tipo Árboles entre la vegetación tipo Parque y Herbáceas.

Además la abundancia de *Nicotiana paniculata* para el mes de mayo del 2010 se centra en un núcleo ubicado en la estación de muestreo M8 (Figura 50), presentando un menor valor al compararla con el mes de setiembre del 2010, que presenta dos núcleos que se ubican en M5 y B6 (Figura 51). En el mes de mayo del 2010, la estación M8 ubicada a 478 msnm se encuentra en el tipo de vegetación Árboles, la zona de Uso Público y zona de uso turístico y recreativo actualmente y para el mes de setiembre M5 se ubica a 380 msnm y en el mismo tipo de vegetación y zonificación que M8 y B6 se ubica a 340 msnm, en el tipo de vegetación Herbáceas, y la zona de Protección estricta y actualmente denominada zona de aprovechamiento directo, se observa una mayor abundancia de *Nicotiana paniculata* en esta área.

Figura 50. La Abundancia de *Nicotiana paniculata* en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.

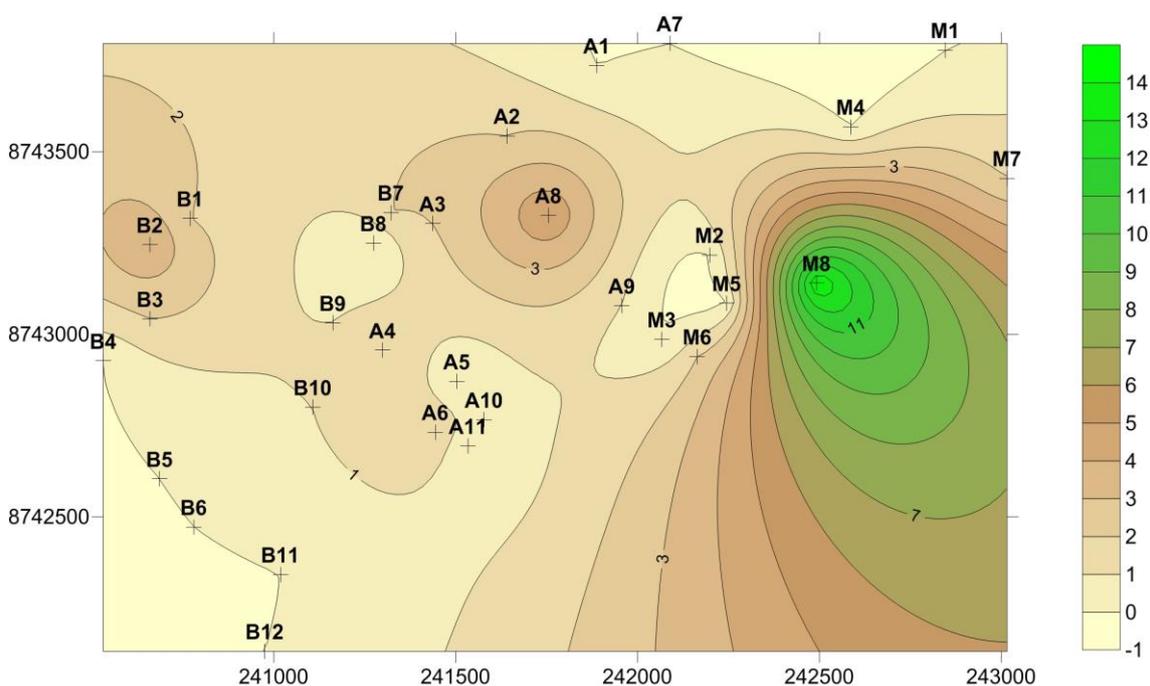


Figura 51. La Abundancia de *Nicotiana paniculata* en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.

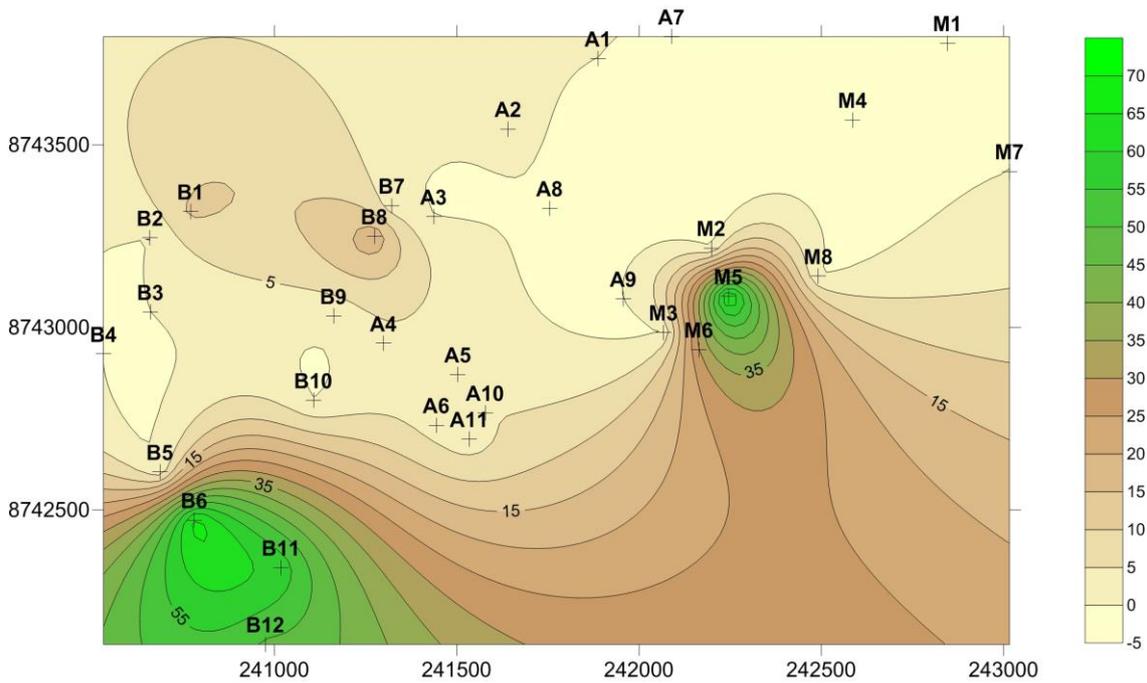
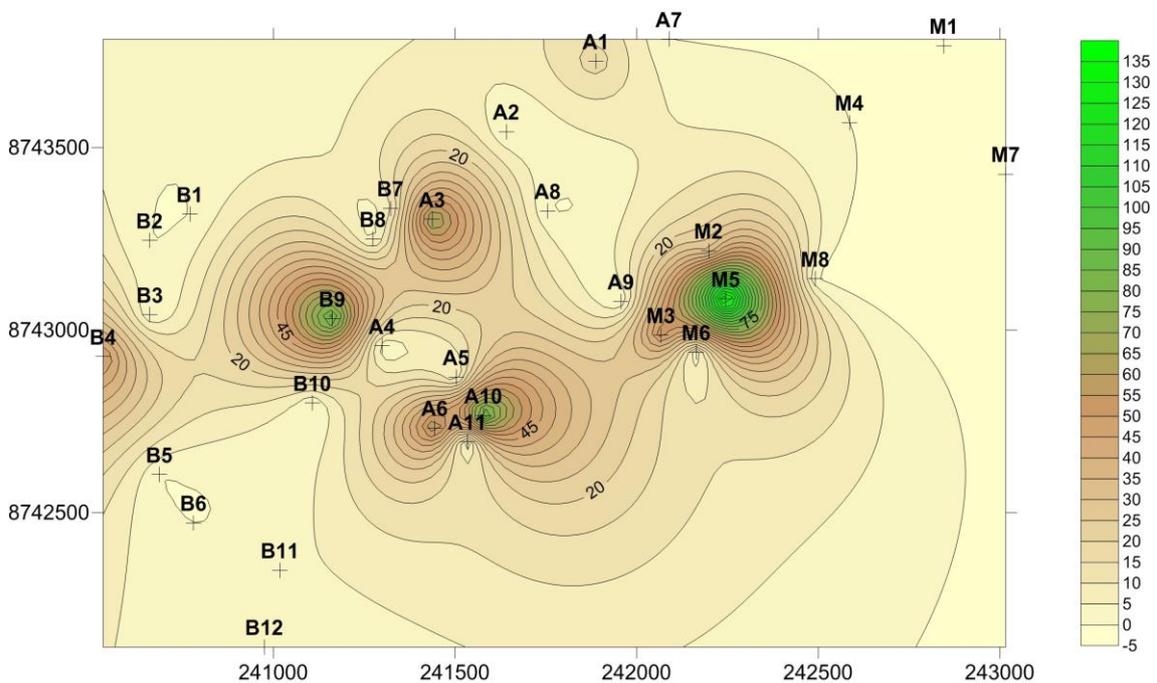


Figura 52. La Abundancia de *Rostraria trachyantha* en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



Además de *Nicotiana paniculata*, otra de las especies más abundantes fue *Rostraria trachyantha* que apareció en el mes de setiembre del 2010, presentando tres núcleos que se ubican en M5, B9 y A10 (Figura 52). Las estaciones se ubicaron a 380 msnm, 351 msnm y 370 msnm se encuentra en el tipo de vegetación Árboles y Parque, la zona de Uso Público,

zona de Recuperación y zona Histórico Cultural respectivamente, actualmente denominadas zona de uso turístico y recreativo, zona de aprovechamiento directo y zona histórico cultural respectivamente, se observa una mayor abundancia de *Rostraria trachyantha* en la estación M5.

Para la comunidad de coleópteros se van a incorporar la variación espacial de la abundancia y las especies más abundantes, tomando en cuenta los muestreos de los meses de junio del 2002, octubre del 2002, mayo del 2010 y setiembre del 2010. Se puede observar en la abundancia de los coleópteros para el mes de junio del 2002 se centra en tres núcleos que son representados por las estaciones de muestreo B6, B9, M2 y M7 (Figura 53), el mes de octubre del 2002 presenta cinco centros ubicados en B2, B6, A5, A1 y M7 además presenta una mayor abundancia (Figura 54), el mes de mayo del 2010 presenta dos núcleos en las estaciones B4 y M1 (Figura 55) y el mes de setiembre del 2010, que presenta tres núcleos que se ubican en B10, A2 y A10 (Figura 56).

Figura 53. La Abundancia de Coleópteros en las Lomas de Lachay. Junio 2002.

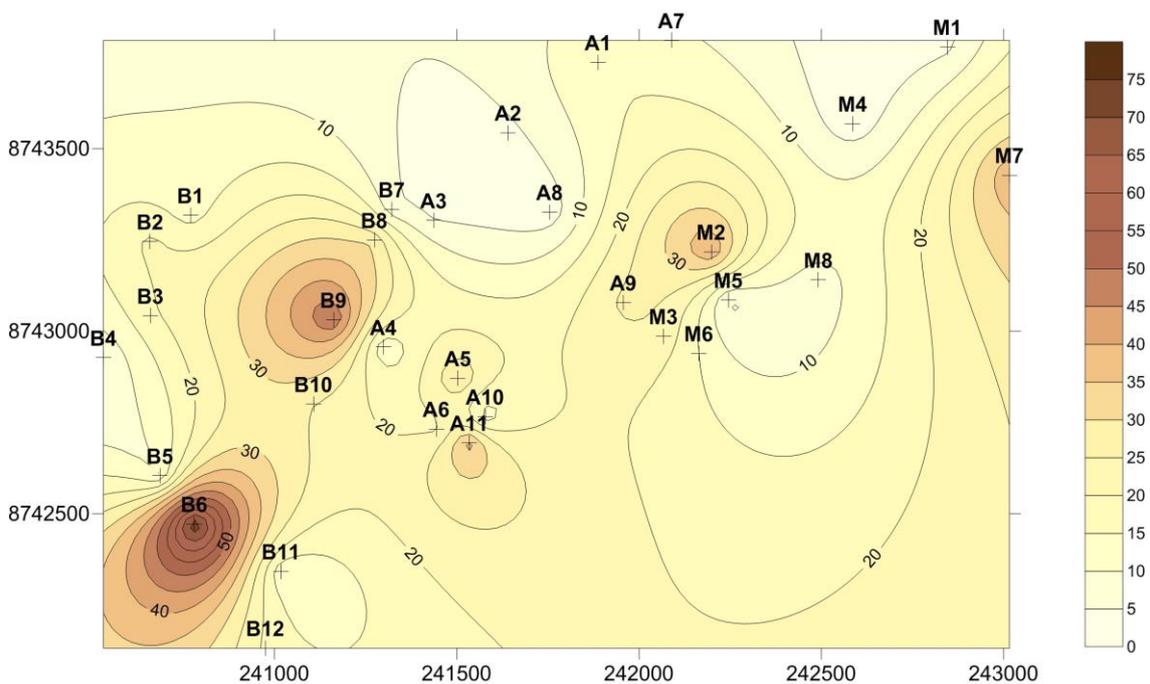
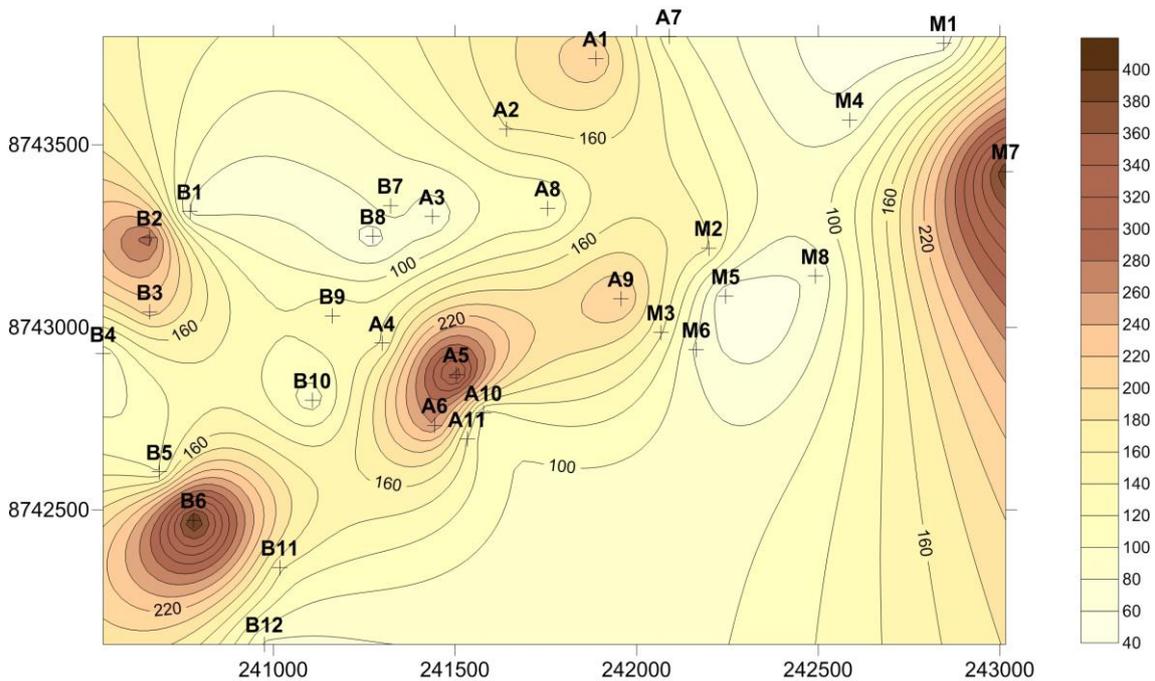


Figura 54. La Abundancia de Coleópteros en las Lomas de Lachay. Octubre 2002.



Para el mes de junio del 2002, las estaciones B6, B9, M2 y M7 se encuentran en altitudes diferentes como 340 msnm, 351 msnm, 438 msnm y 563 msnm respectivamente, en tres tipos de vegetación Herbáceas, Parque, Árboles y Parque respectivamente, en tres tipos de uso zonificadas antes en zona de Protección Estricta, zona de Recuperación y zona de Uso Público y actualmente denominadas zona de aprovechamiento directo, zona de uso turístico y recreativo y zona histórico cultural.

En el mes de octubre del 2002, las estaciones B2, B6, A5, A1 y M7 se encuentran en altitudes diferentes como 276 msnm, 340 msnm, 350 msnm, 588 msnm y 563 msnm respectivamente, en tres tipos de vegetación Árboles, Herbáceas, Árboles, Parque y Parque respectivamente, en tres tipos de uso zonificadas antes en zona de Protección Estricta, zona de Uso Público y zona Histórico cultural y actualmente denominadas zona de aprovechamiento directo, zona de uso turístico y recreativo y zona histórico cultural.

Para el mes de mayo del 2010, las estaciones B4 y M1 se encuentran en altitudes diferentes como 316 msnm y 588 msnm respectivamente, en dos tipos de vegetación Herbáceas y Parque respectivamente, en dos tipos de uso zonificadas antes en zona de Protección Estricta y zona de Recuperación y actualmente denominada zona de aprovechamiento directo.

Figura 55. La Abundancia de Coleópteros en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.

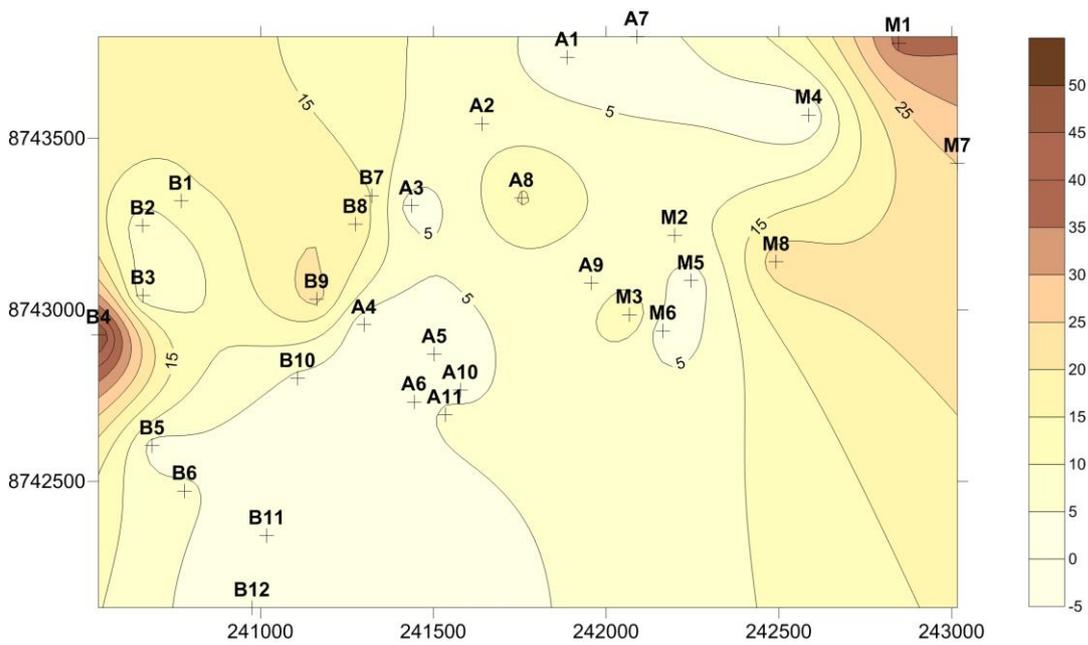
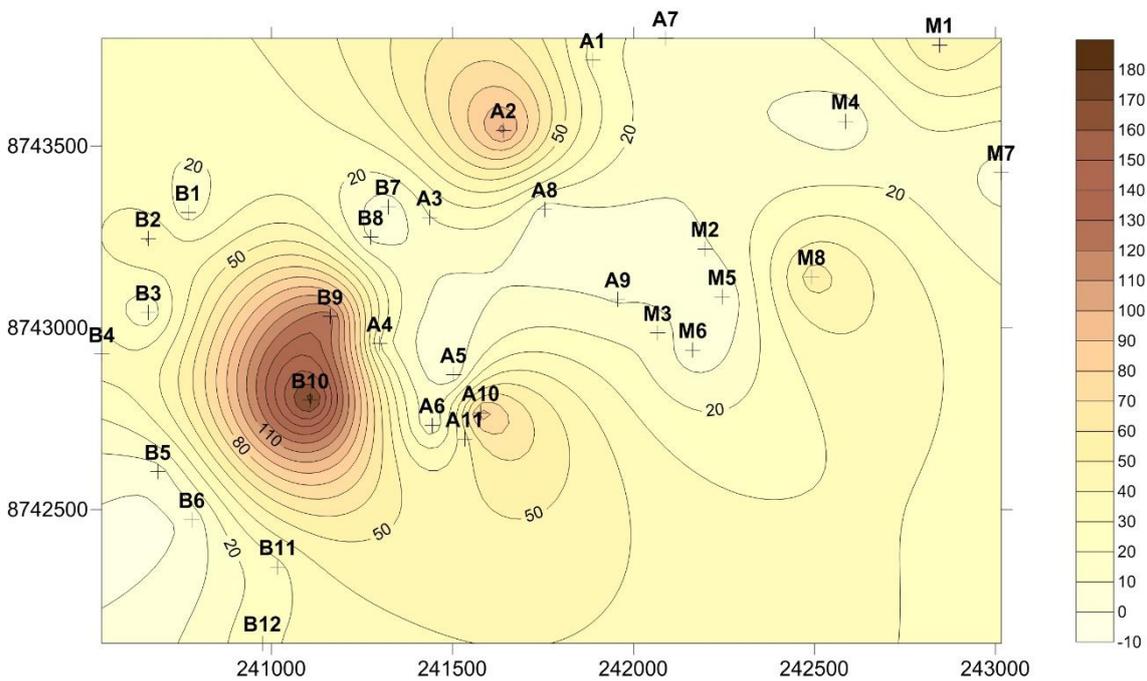


Figura 56. La Abundancia de Coleópteros en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



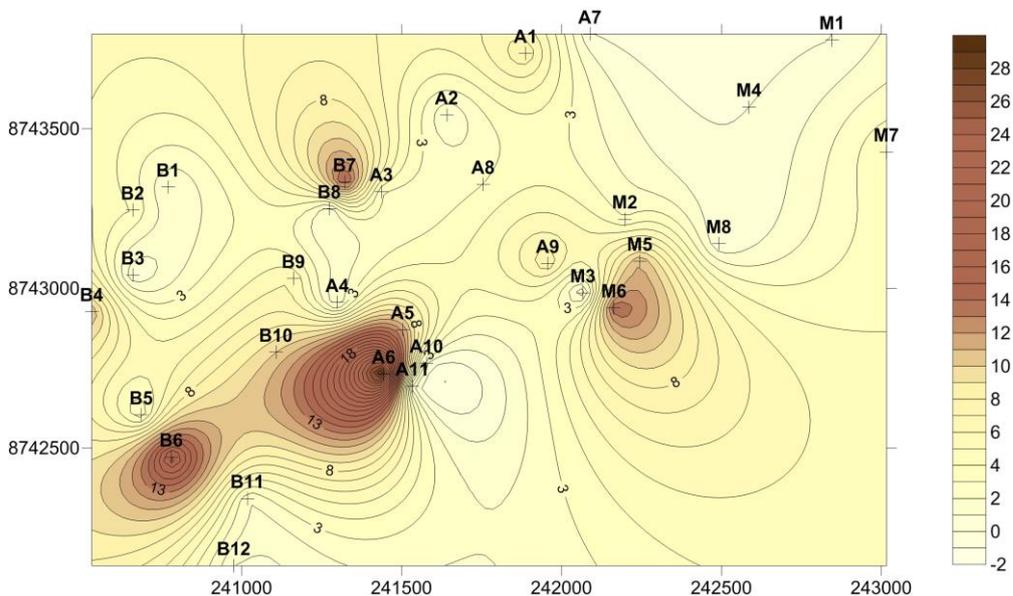
Para el mes de setiembre del 2010, las estaciones B10, A2 y A10 se encuentran en altitudes diferentes como 364 msnm, 471 msnm y 370 msnm respectivamente, en dos tipos de vegetación Herbáceas y Árboles respectivamente, en tres tipos de uso zonificadas

antes en zona de zona de Recuperación, zona de Uso Público y zona Histórico Cultural y actualmente denominadas zona de aprovechamiento directo, zona de uso turístico y recreativo y zona histórico cultural.

Se puede observar en la abundancia de *Blennidus sp.* para el mes de junio del 2002 se centra en cuatro núcleos que son representados por las estaciones de muestreo B6, A6, B7 y M6 (Figura 57), el mes de octubre del 2002 presenta una estación ubicada en M6 además presenta una mayor abundancia (Figura 58), el mes de mayo del 2010 presenta dos núcleos en las estaciones B2 y B5 (Figura 59) y el mes de setiembre del 2010, que presenta cuatro núcleos que se ubican en B5, B7, B9 y A11 (Figura 60).

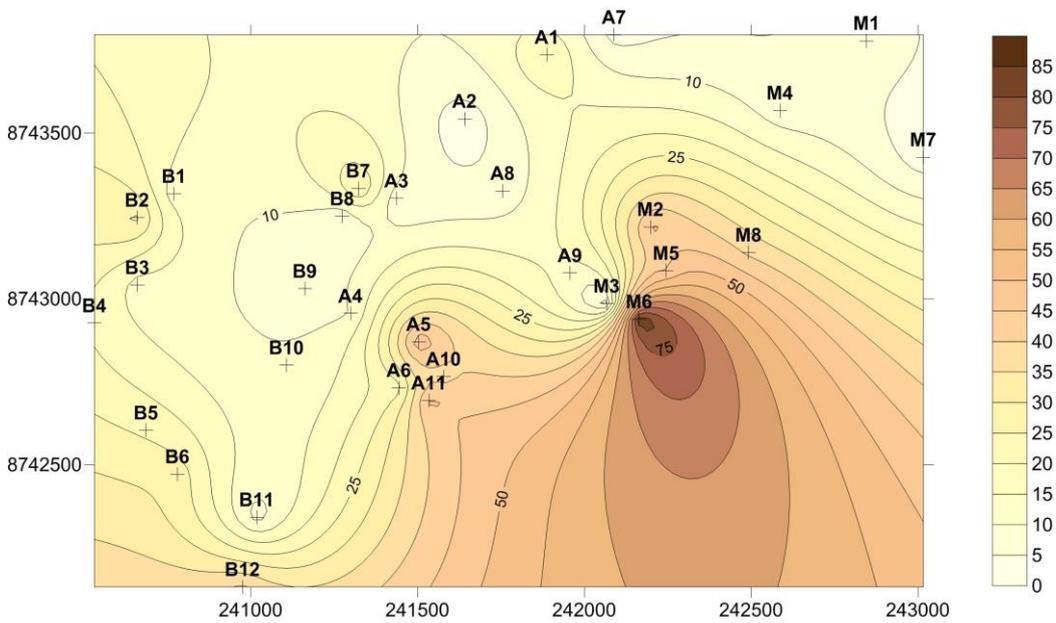
Para el mes de junio del 2002, las estaciones B6, A6, B7 y M6 se encuentran en las altitudes 340 msnm, 325 msnm, 372 msnm y 398 msnm respectivamente, en tres tipos de vegetación Herbáceas, Parque y Árboles respectivamente, en dos tipos de uso zonificadas antes en zona de Protección Estricta y zona de Uso Público y actualmente denominadas zona de aprovechamiento directo y zona histórico cultural.

Figura 57. La Abundancia de *Blennidus sp.* en las Lomas de Lachay. Junio 2002.



En el mes de octubre del 2002, la estación M6 se encuentra en la altitud de 398 msnm, en la vegetación Árboles, en el tipo de uso zonificada antes en zona de Uso Público y actualmente denominada zona histórica cultural.

Figura 58. La Abundancia de *Blennidus sp.* en las Lomas de Lachay. Octubre 2002.



Para el mes de mayo del 2010, las estaciones B2 y B5 se encuentran en altitudes diferentes como 276 msnm y 240 msnm respectivamente, en dos tipos de vegetación Árboles y Herbáceas respectivamente, en el tipo de uso zonificada antes en zona de Protección Estricta y actualmente denominada zona de aprovechamiento directo.

Figura 59. La Abundancia de *Blennidus sp.* en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.

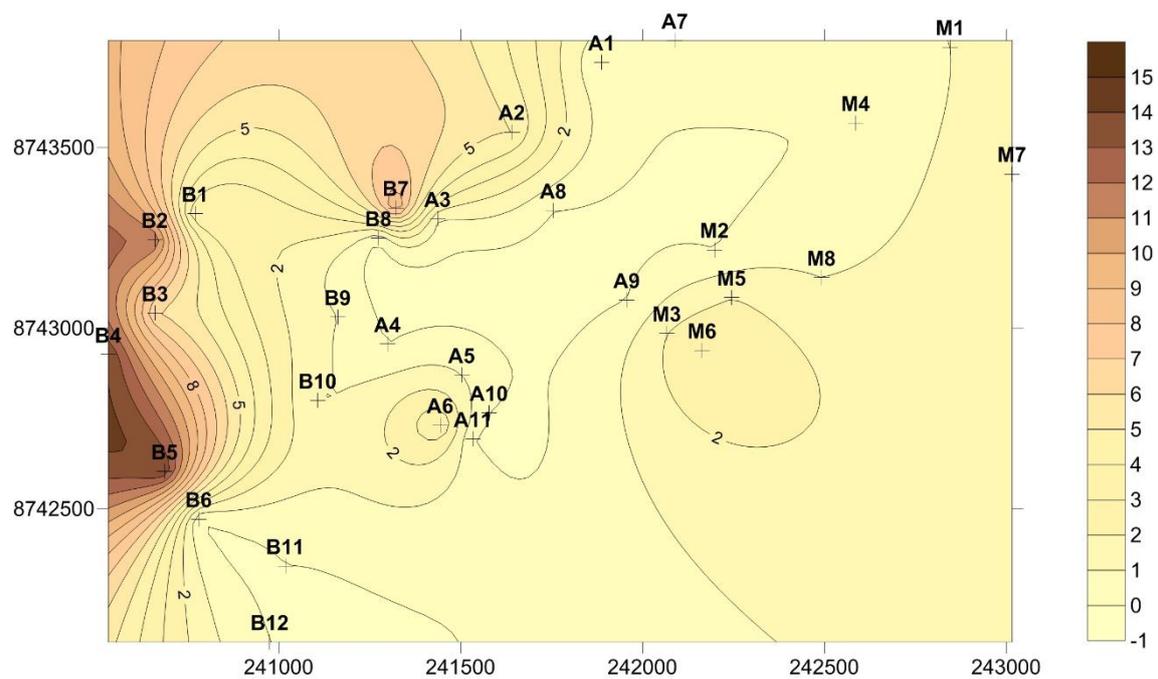
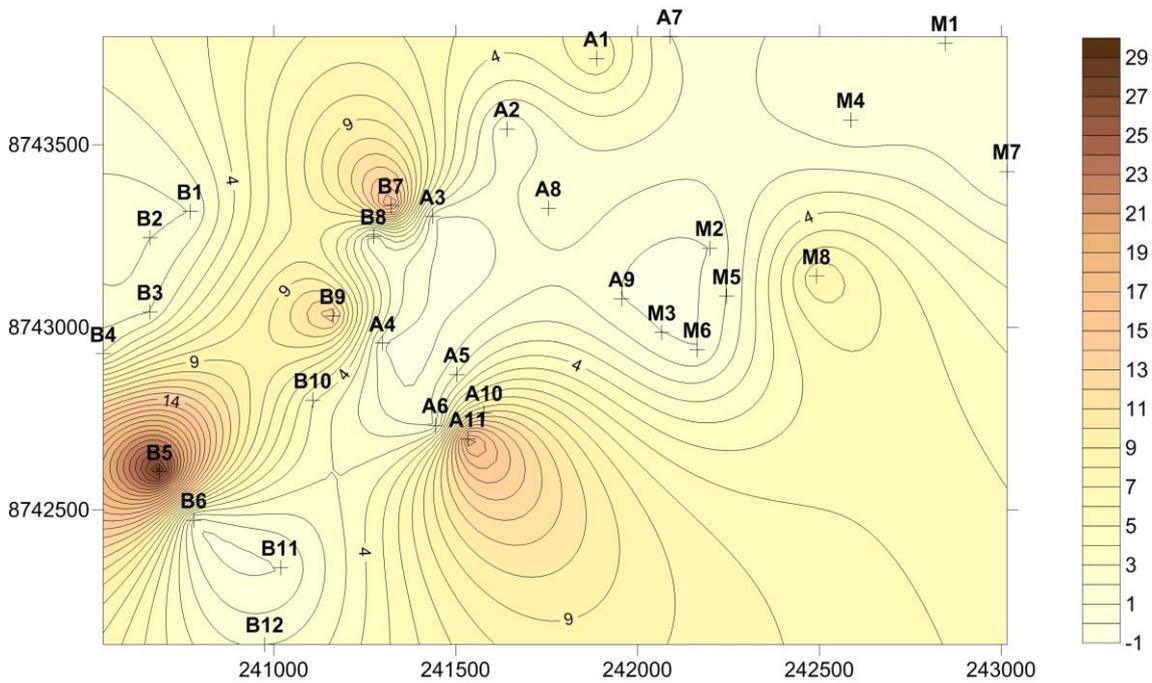
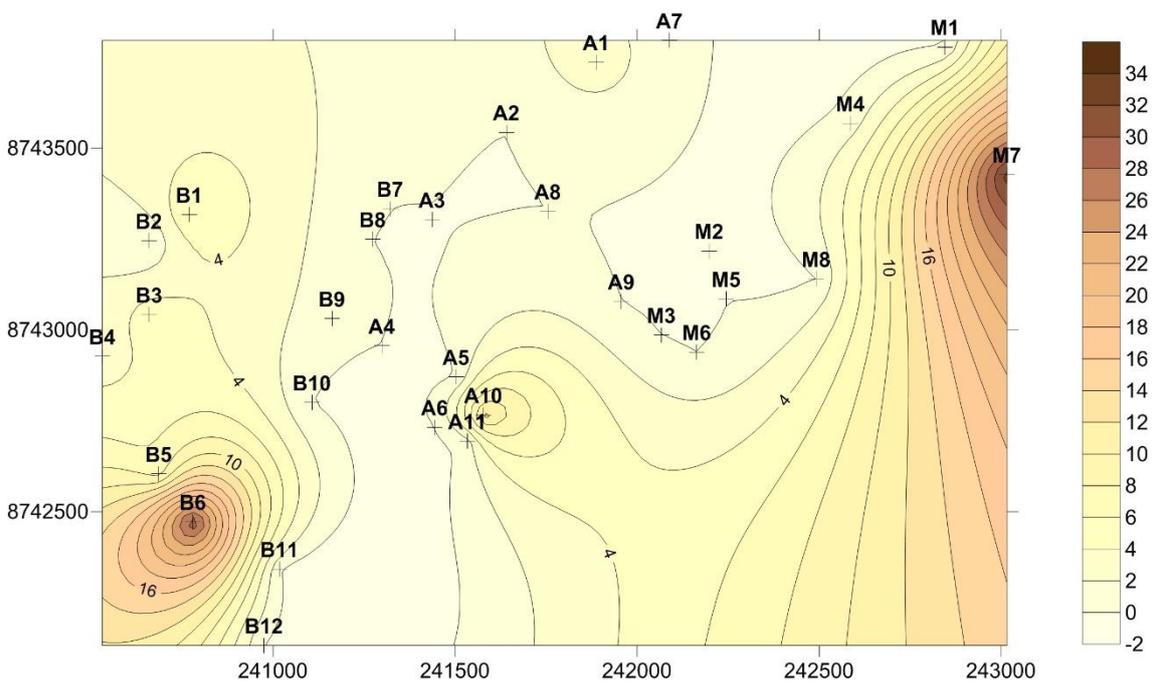


Figura 60. La Abundancia de *Blennidus sp.* en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



Para el mes de setiembre del 2010, las estaciones B5, B7, B9 y A11 se encuentran en altitudes diferentes como 240 msnm, 372 msnm, 351 msnm y 293 msnm respectivamente, en dos tipos de vegetación Herbáceas, Parque y Árboles respectivamente, en tres tipos de uso zonificadas antes en zona de Protección Estricta y zona de Recuperación y actualmente denominada zona de aprovechamiento directo.

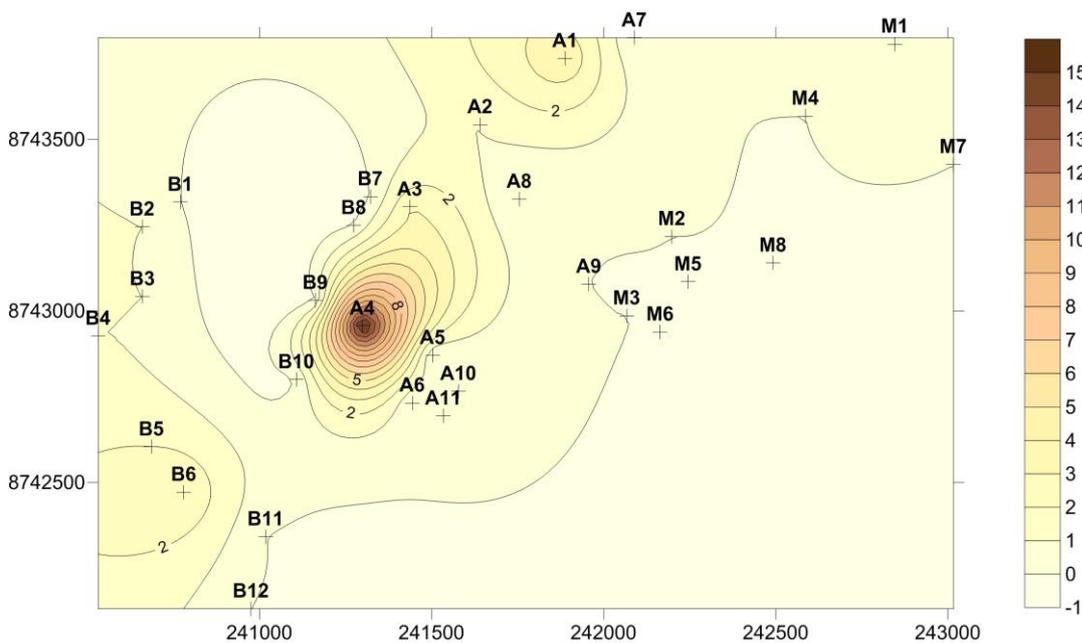
Figura 61. La Abundancia de Naupactini-1 en las Lomas de Lachay. Octubre 2002.



Se puede observar en la abundancia de Naupactini-1 para el mes de octubre del 2002 presenta dos estaciones ubicadas en B6 y M7 además presenta una mayor abundancia (Figura 61) y el mes de setiembre del 2010 que se ubica en A4 (Figura 62).

En el mes de octubre del 2002, las estaciones B6 y M7 se encuentran en altitudes diferentes como 340 msnm y 563 msnm respectivamente, en dos tipos de vegetación Herbáceas y Parque respectivamente, en dos tipos de uso zonificadas antes en zona de Protección Estricta y zona de Uso Público y actualmente denominadas zona de aprovechamiento directo y zona histórico cultural. Para el mes de setiembre del 2010, la estación A4 se encuentran en altitudes diferentes como 364 msnm, en dos tipos de vegetación Herbáceas y Árboles respectivamente, en tres tipos de uso zonificadas antes en zona de zona de Recuperación, zona de Uso Público y zona Histórico Cultural y actualmente denominadas zona de aprovechamiento directo, zona de uso turístico y recreativo y zona histórico cultural.

Figura 62. La Abundancia de Naupactini-1 en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



Se puede observar en la abundancia de Staphylinidae-2 para el mes de junio del 2002 se centra en tres núcleos que son representados por las estaciones de muestreo M2, B2 y A2 (Figura 63) y el mes de octubre del 2002 presenta dos núcleos ubicados en B2 y M6 además presenta una mayor abundancia (Figura 64). Para el mes de junio del 2002, las estaciones M2, B2 y A2 se encuentran en las altitudes 438 msnm, 276 msnm y 471 msnm respectivamente, en un tipo de vegetación Árboles respectivamente, en tres tipos de uso zonificadas antes en zona de Recuperación, zona de Protección Estricta y zona de Uso

Público y actualmente denominadas zona de recuperación, zona de aprovechamiento directo y zona uso turístico y recreativo.

Figura 63. La Abundancia de Staphylinidae-2 en las Lomas de Lachay. Junio 2002.

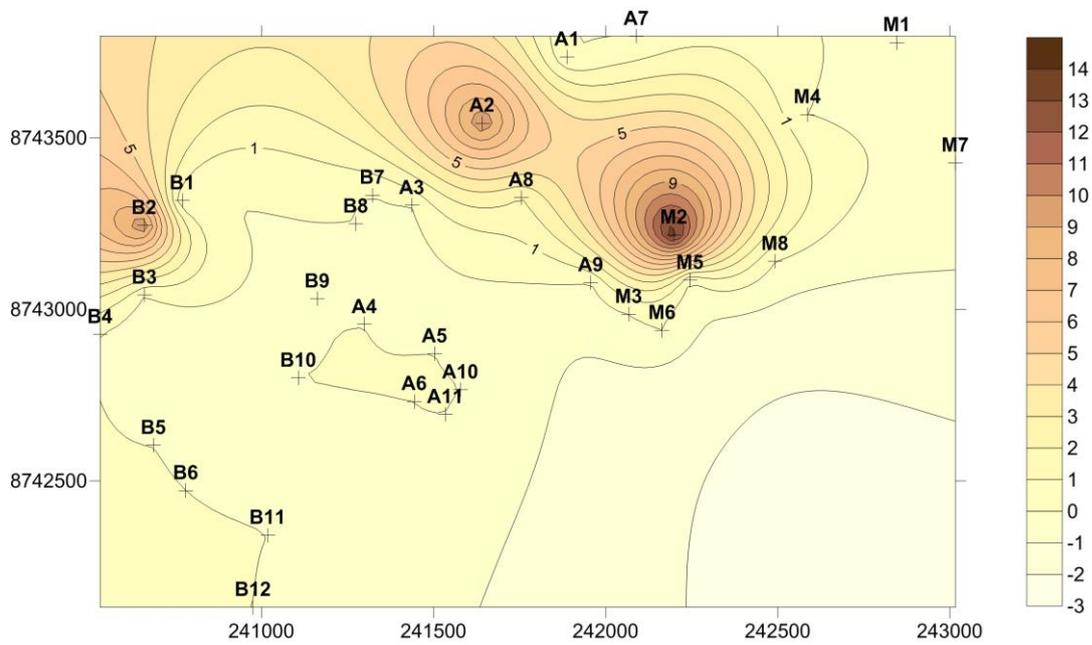
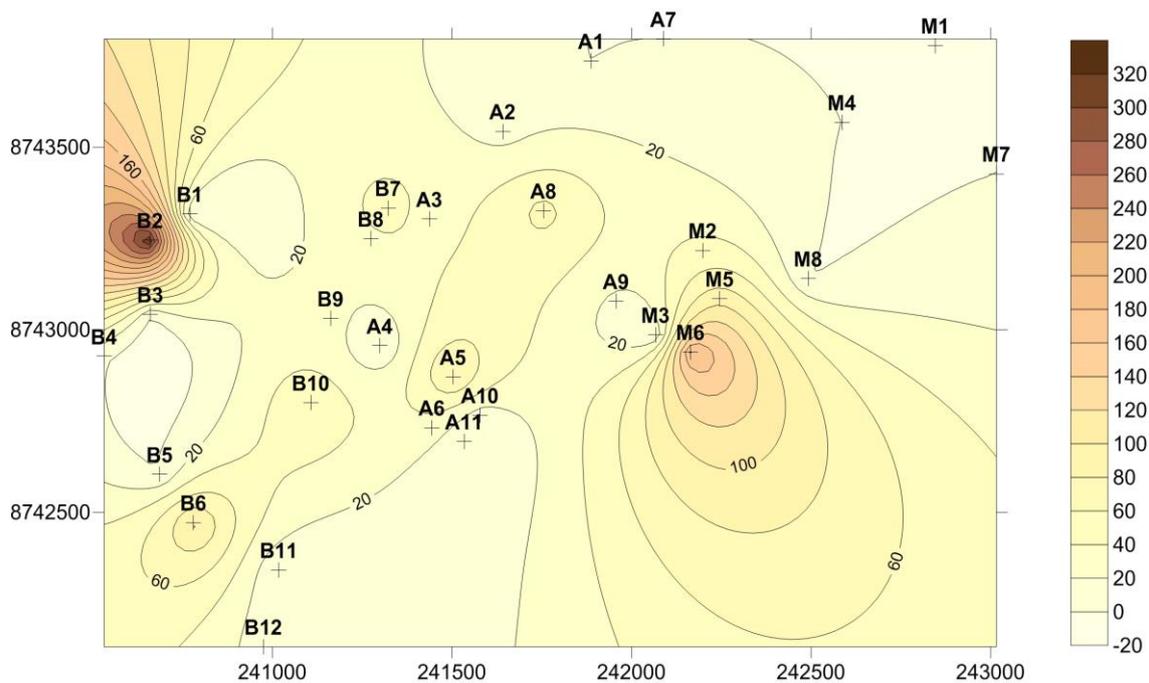


Figura 64. La Abundancia de Staphylinidae-2 en las Lomas de Lachay. Octubre 2002.



En el mes de octubre del 2002, las estaciones B2 y M6 se encuentran en las altitudes de 276 msnm y 398 msnm, en la vegetación Árboles, en los tipos de uso zonificada antes en zona de Protección Estricta y zona de Uso Público y actualmente denominadas zona de aprovechamiento directo y zona histórica cultural.

Se puede observar en la abundancia de *Notiobia peruviana* para el mes de mayo del 2010 se centra en un núcleo que es representado por la estación de muestreo A11 (Figura 65) y el mes de setiembre del 2010 presenta en un núcleo ubicado en B5 (Figura 66).

Figura 65. La Abundancia de *Notiobia peruviana* en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.

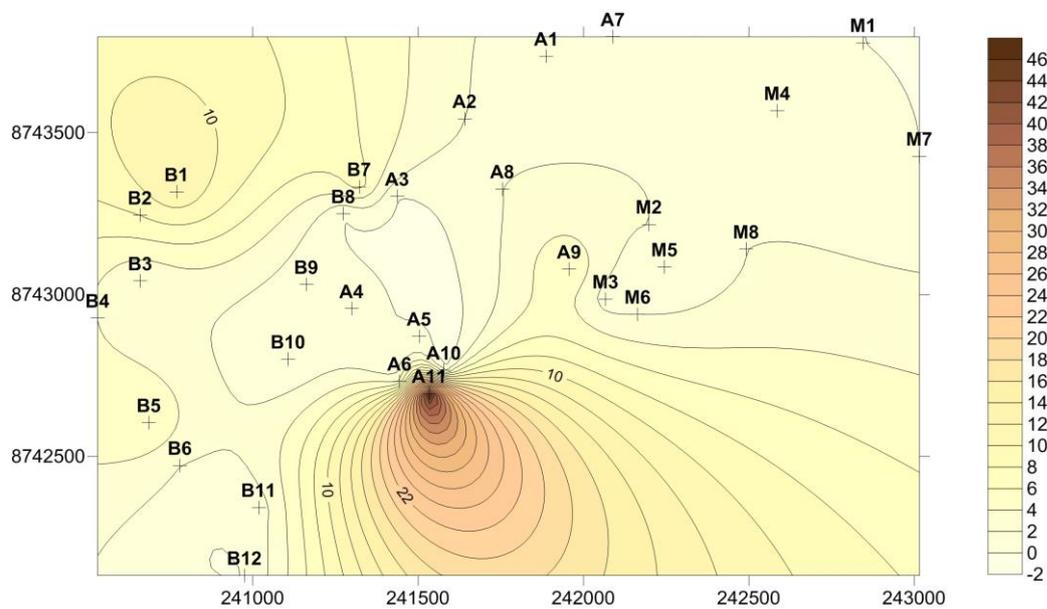
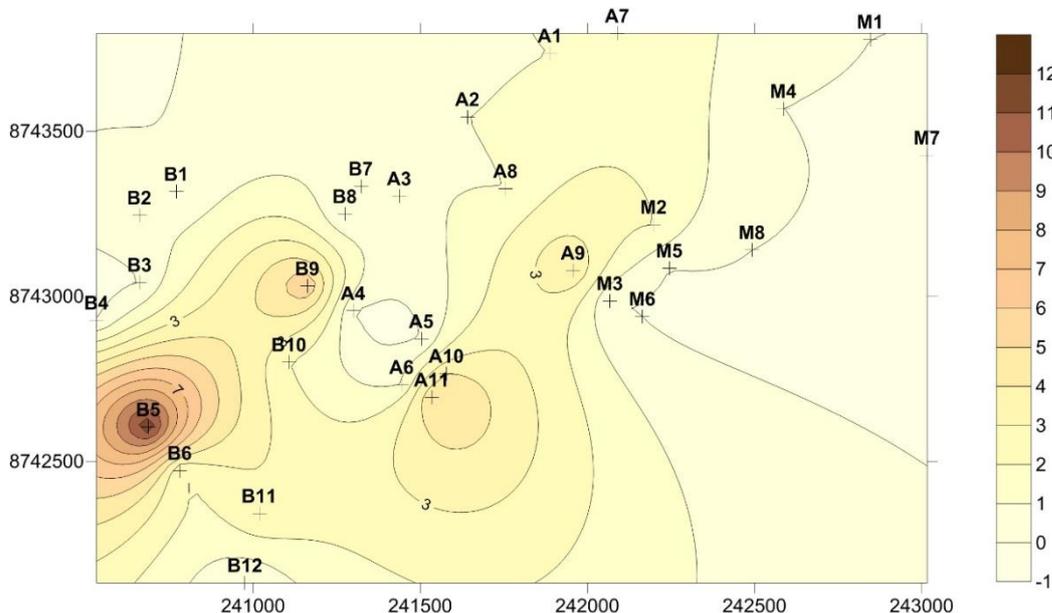


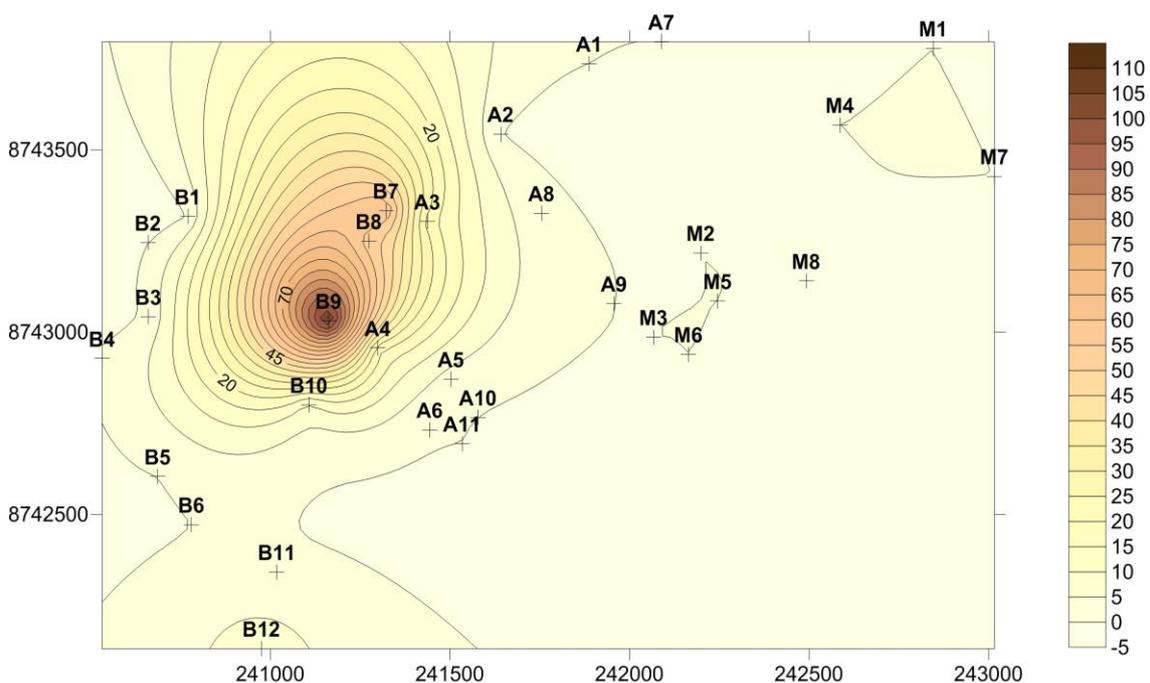
Figura 66. La Abundancia de *Notiobia peruviana* en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



Para el mes de mayo del 2010, la estación A11 se encuentra en la altitud de 293 msnm, en un tipo de vegetación Herbáceas, en el tipo de uso zonificada antes en zona de Recuperación y actualmente denominada zona de aprovechamiento directo. Para el mes de setiembre del 2010, la estación B5 se encuentra en la altitud de 240 msnm, en el tipo de vegetación Herbáceas, en el tipo de uso zonificada antes en zona de Protección Estricta y actualmente denominada zona de aprovechamiento directo.

Se puede observar en la abundancia de *Pelmatellus sp.* para el mes de setiembre del 2010 presenta en un núcleo ubicado en B9 (Figura 67), se encuentra en la altitud de 351 msnm, en el tipo de vegetación Parque, en el tipo de uso zonificada antes en zona de Recuperación y actualmente denominada zona de aprovechamiento directo.

Figura 67. La Abundancia de *Pelmatellus sp.* en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



Se puede observar en la abundancia de Elateridae indet para el mes de junio del 2002 se centra en un núcleo en la estación B10 (Figura 68), el mes de octubre del 2002 presenta cuatro centros ubicados en B1, B3, A4 y M3 (Figura 69), el mes de mayo del 2010 presenta un núcleo en la estación A3 (Figura 70) y el mes de setiembre del 2010, que presenta un núcleo que se ubica en A4 (Figura 71).

Figura 68. La Abundancia de Elateridae indet en las Lomas de Lachay. Junio 2002.

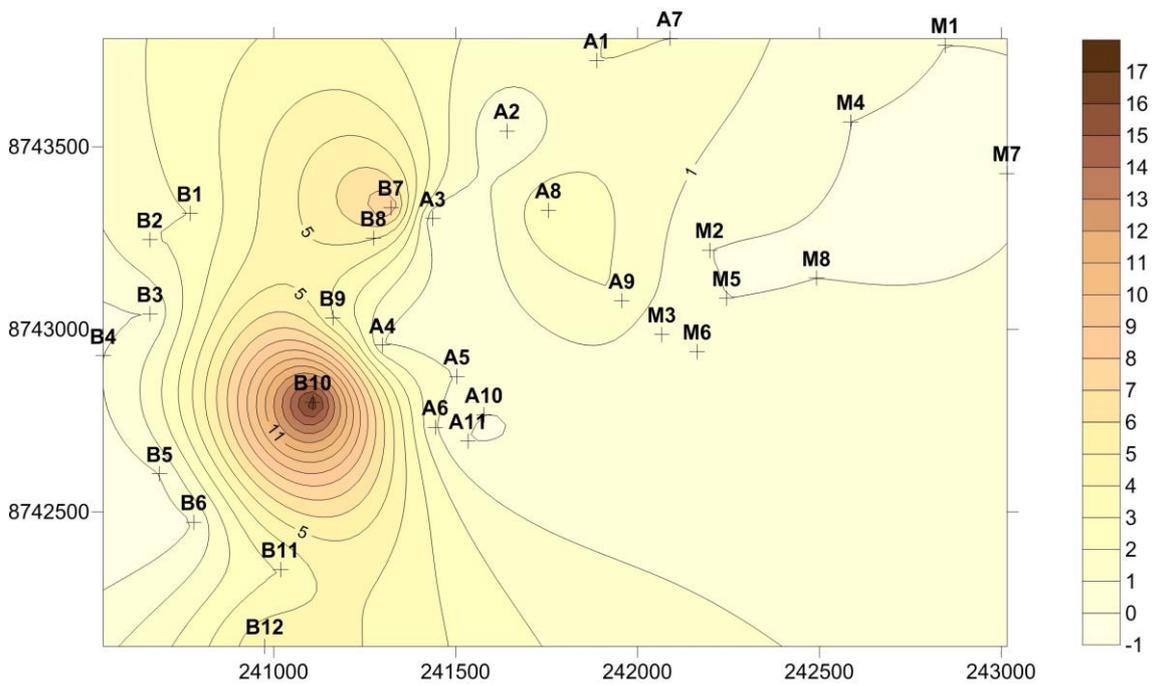
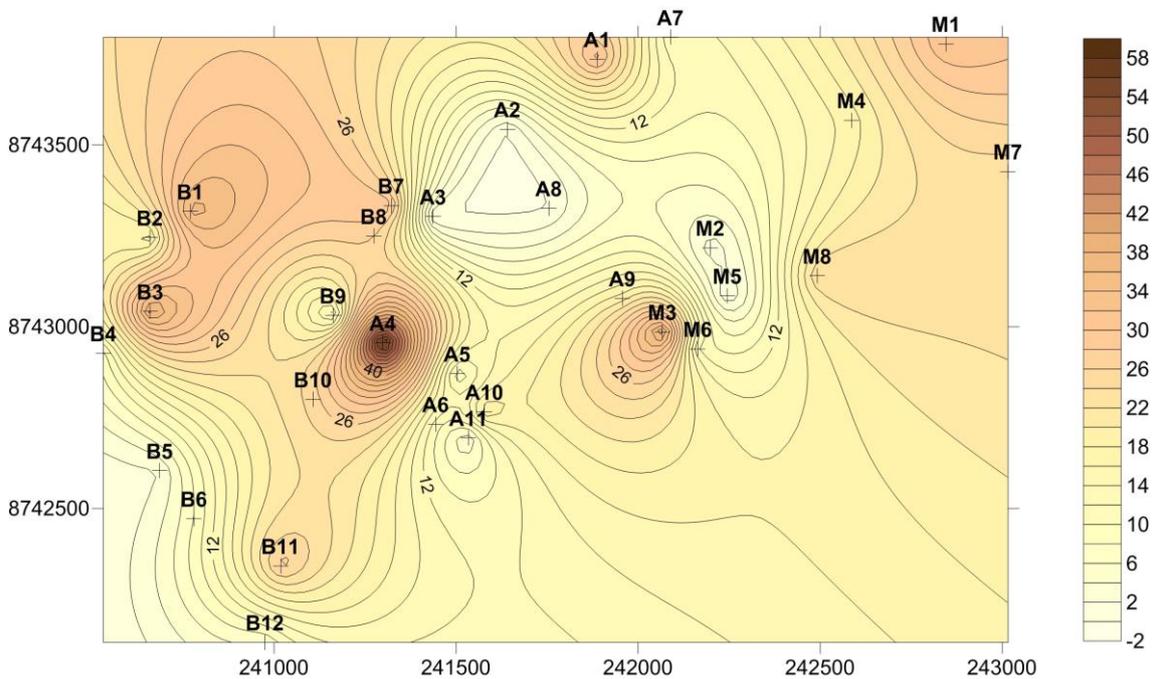


Figura 69. La Abundancia de Elateridae indet en las Lomas de Lachay. Octubre 2002.



Para el mes de junio del 2002, la estación B10 se encuentra en la altitud 364 msnm, en el tipo de vegetación Herbáceas, en el tipo de uso zonificada antes en zona de Recuperación y actualmente denominada zona de aprovechamiento directo. En el mes de octubre del 2002, las estaciones B1, B3, A4 y M3 se encuentran en las altitudes de 320 msnm, 346 msnm, 419

msnm y 444 msnm, en los tipos de vegetación Árboles y Herbáceas, en el tipo de uso zonificada antes en zona de Protección Estricta y zona de Uso Público y actualmente denominada zona de aprovechamiento directo y zona de uso turístico y recreativo.

Figura 70. La Abundancia de Elateridae indet en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.

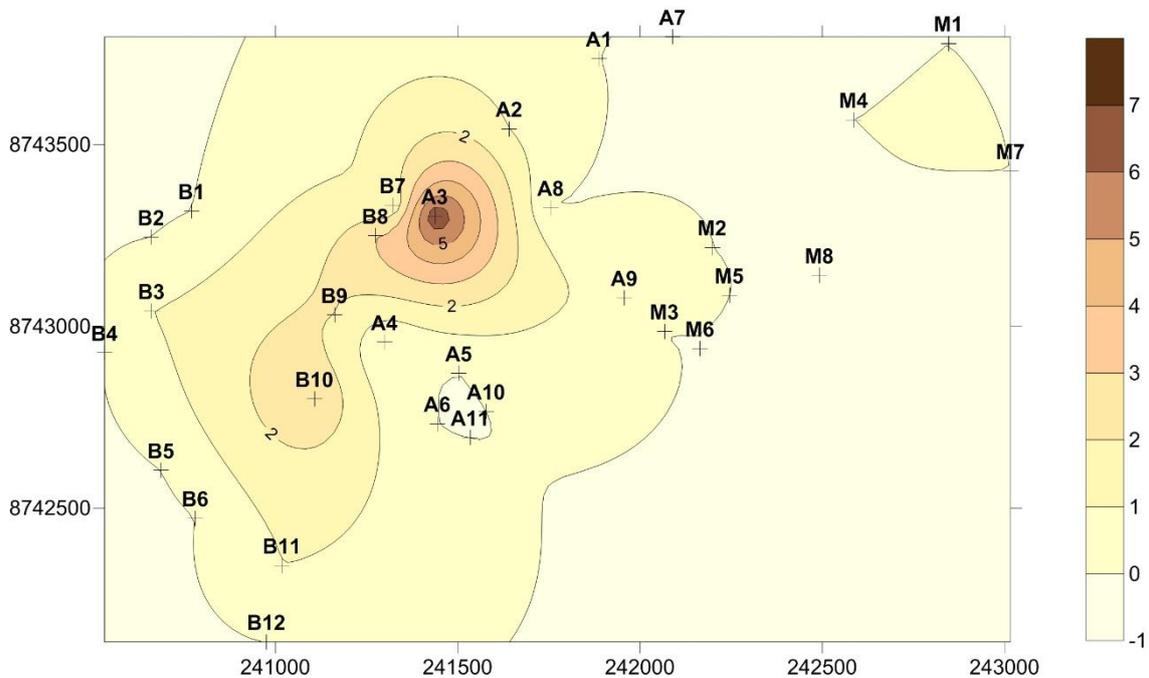
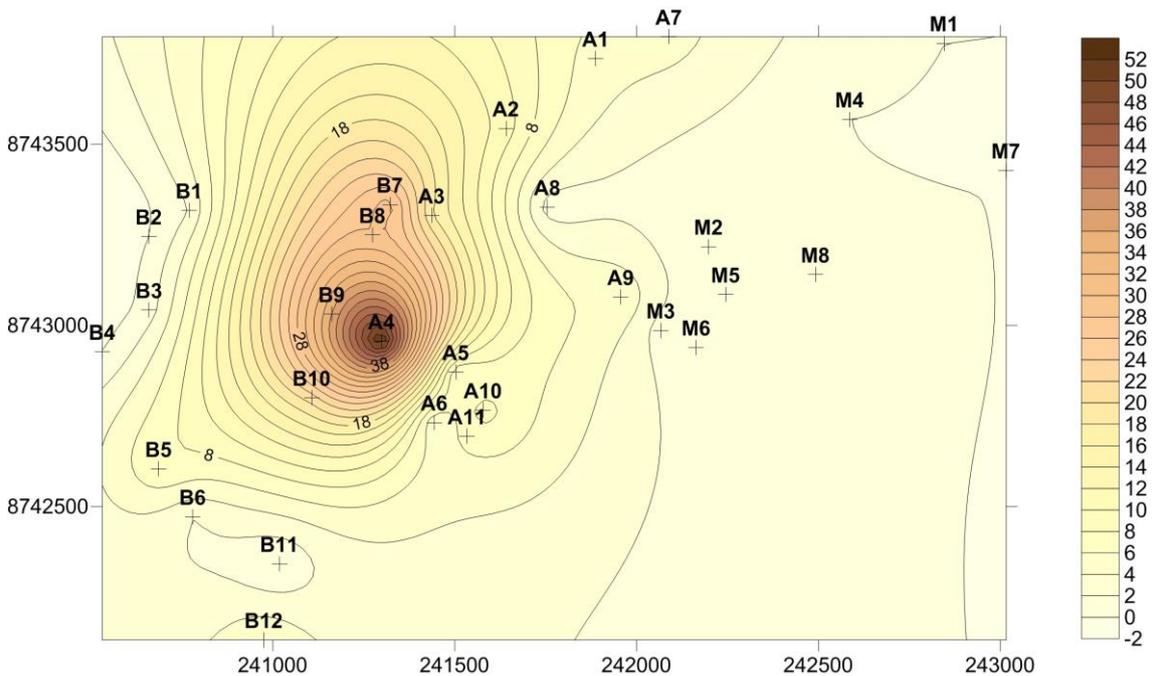


Figura 71. La Abundancia de Elateridae indet en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



Para el mes de mayo del 2010, la estación A3 se encuentra en la altitud de 429 msnm, en el tipo de vegetación Árboles, en el tipo de uso zonificada antes en zona de Uso Público y actualmente denominada zona de uso turístico y recreativo. Para el mes de setiembre del 2010, la estación A4 se encuentra en la altitud de 419 msnm, en el tipo de vegetación Árboles, en el tipo de uso zonificada antes en zona de Uso Público y actualmente denominada zona de uso turístico y recreativo.

Figura 72. La Diversidad alfa de las aves en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.

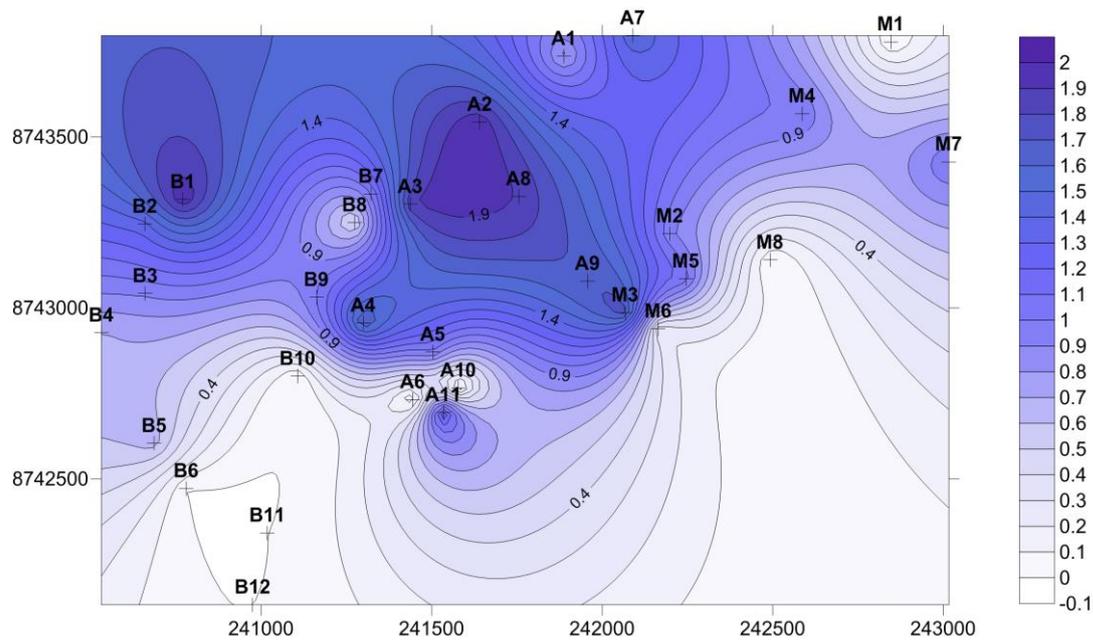
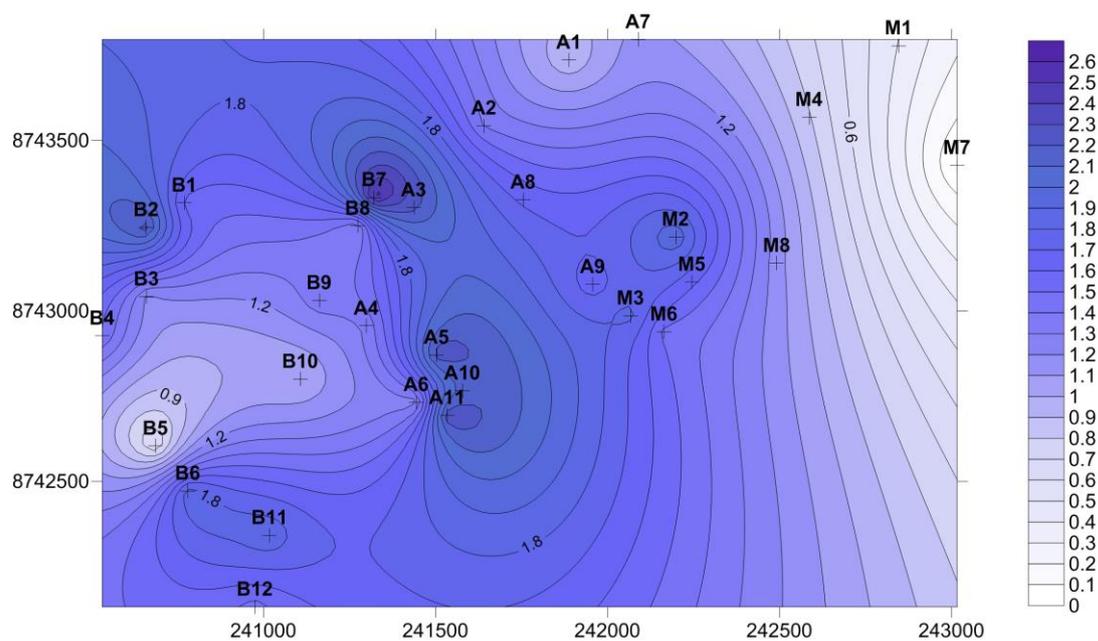


Figura 73. La Diversidad alfa de las aves en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



Para la comunidad de aves se van a incorporar la variación espacial de la diversidad de alfa, la abundancia y las especies más abundantes, tomando en cuenta los muestreos de los meses de mayo del 2010 y setiembre del 2010. Se puede observar la diversidad de alfa para el mes de mayo del 2010, se dan dos núcleos uno en la estación B1 y otro entre las estaciones A3, A2 y A8 (Figura 72). Para el mes de setiembre del 2010 se dan cuatro núcleos en las estaciones B2, B7, A10 y M2 (Figura 73). Se observa como la expansión se inicia en mayo y se incrementa en setiembre prácticamente en casi toda la loma.

Se puede observar en la abundancia de las aves para el mes de mayo del 2010 presenta dos núcleos en las estaciones M6 y B1 (Figura 74) y el mes de setiembre del 2010, que presenta varios núcleos destacando los que se ubican en M6, A11 y M1 (Figura 75). Este fenómeno de máxima dispersión ecológica en la llamada época húmeda de la loma corresponde a lo observado en las Lomas de Paloma y en las Lomas de Lachay donde en periodos húmedos se registró gran dispersión de la ornitofauna y en las Lomas de Lachay se registró una máxima concentración de especies en la época seca alrededor de la que era la única fuente de agua en esa zona (Sánchez y Velasquez, 1980).

Figura 74. La Abundancia de las aves en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.

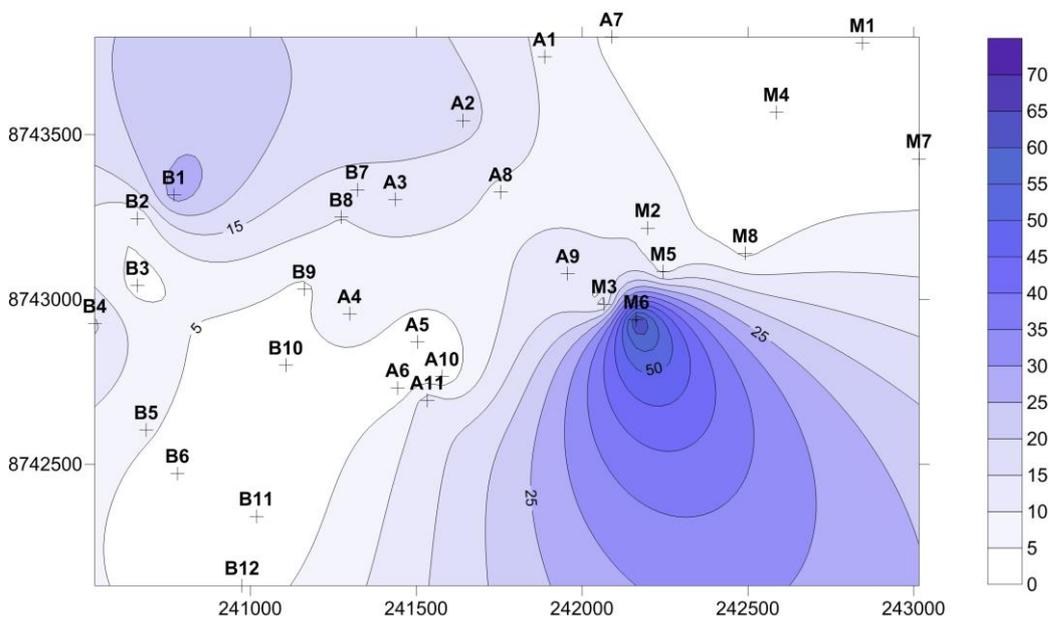
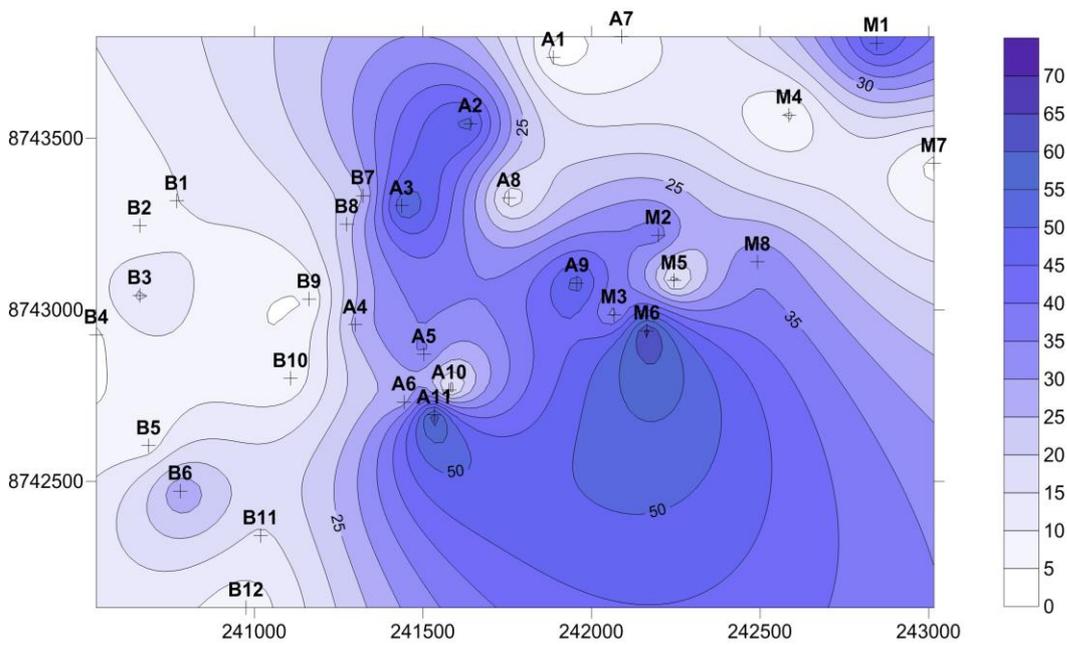
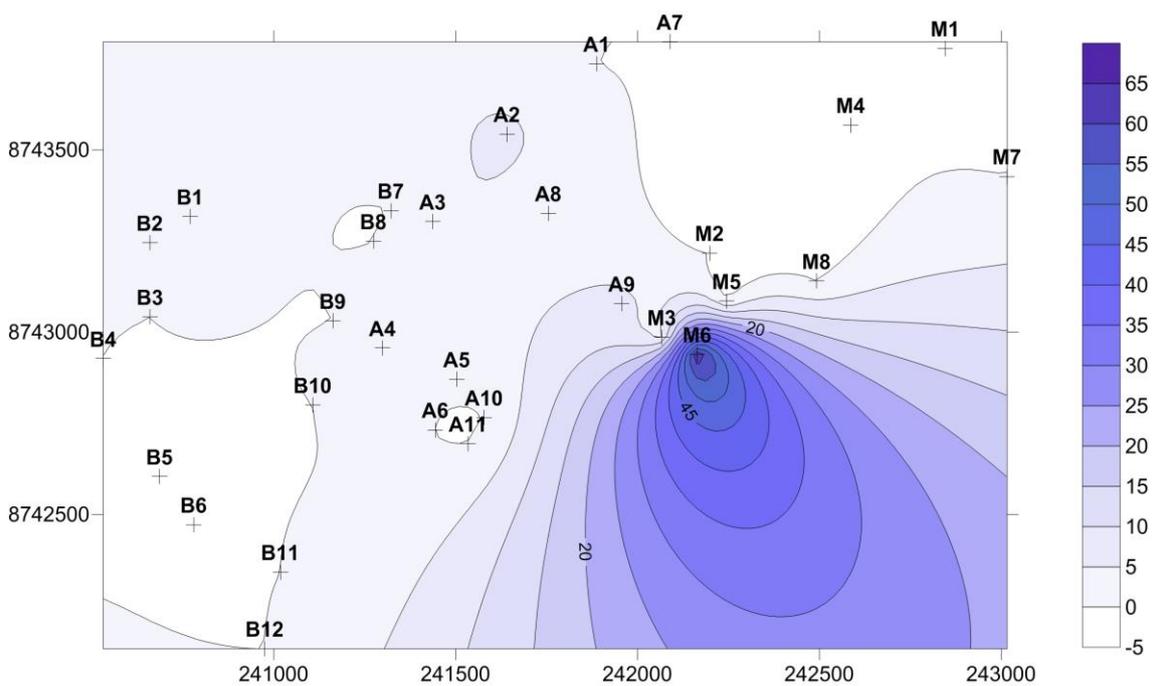


Figura 75. La Abundancia de las aves en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



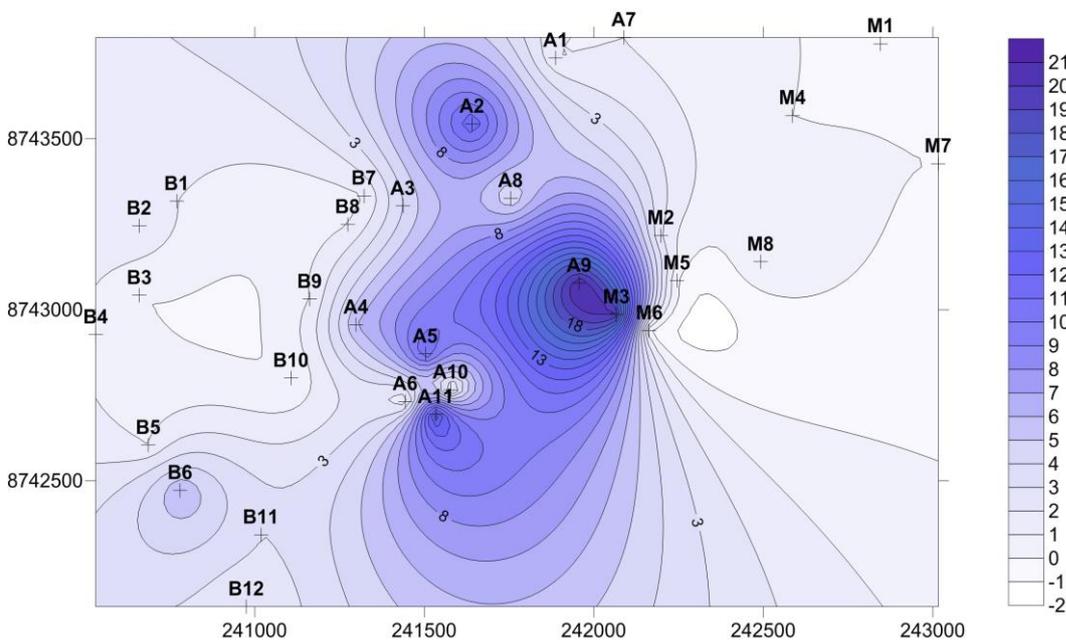
Se puede observar en la abundancia de *Zenaida auriculata* para el mes de mayo del 2010 presenta un núcleo en la estación M6 (Figura 76) y el mes de setiembre del 2010, que presenta tres núcleos que se ubican en M3, A9 y A2 (Figura 77).

Figura 76. La Abundancia de *Zenaida auriculata* en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.



Para el mes de mayo del 2010, la estación M6 se encuentra en la altitud de 398 msnm, en el tipo de vegetación Árboles, en el tipo de uso zonificada antes en zona de Uso Público y actualmente denominada zona histórico cultural. Para el mes de setiembre del 2010, las estaciones M3, A9 y A2 se encuentran en las altitudes de 444 msnm, 431 msnm y 471 msnm respectivamente, en el tipo de vegetación Árboles, en el tipo de uso zonificada antes como zona de Uso Público y actualmente denominada zona de uso turístico y recreativo.

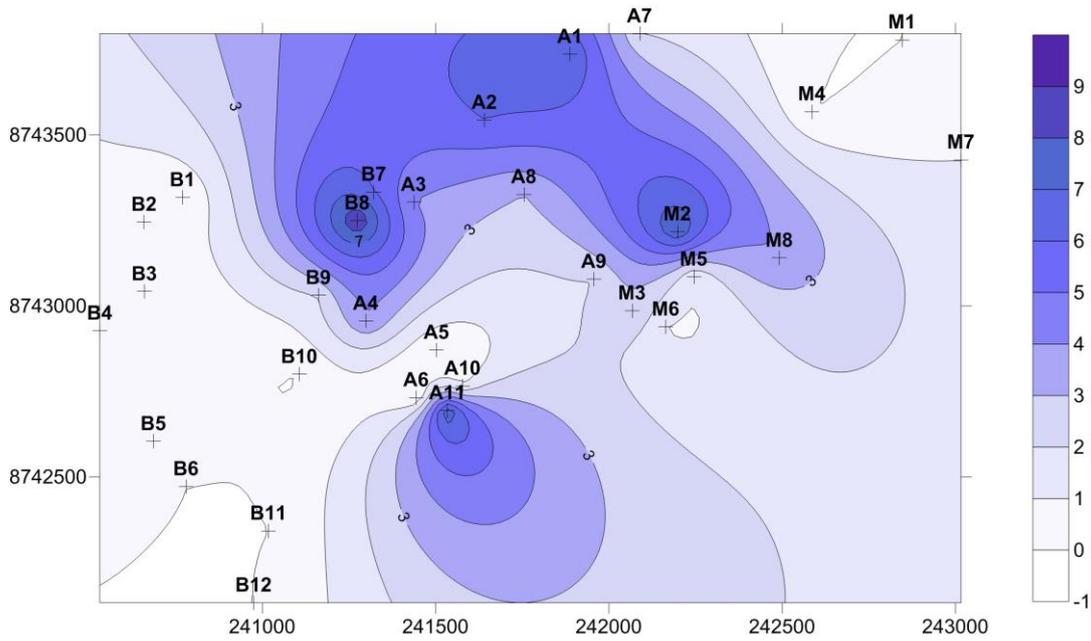
Figura 77. La Abundancia de *Zenaida auriculata* en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



Se puede observar en la abundancia de *Zonotrichia capensis* para el mes de mayo del 2010 presenta varios núcleos de los que destacan B8, M2 y A11 (Figura 78) y el mes de setiembre del 2010, que presenta dos núcleos que se ubican en A4 y A2 (Figura 79).

Para el mes de mayo del 2010, las estaciones B8, M2 y A11 se encuentran en las altitudes de 338 msnm, 438 msnm y 293 msnm respectivamente, en el tipo de vegetación Parque, Árboles y Herbáceas, en el tipo de uso zonificada antes como zona de Recuperación y actualmente denominada zona de aprovechamiento directo, zona de recuperación y zona de aprovechamiento directo respectivamente.

Figura 78. La Abundancia de *Zonotrichia capensis* en las Lomas de Lachay. Mayo 2010.



Para el mes de setiembre del 2010, las estaciones A2 y A4 se encuentran en las altitudes de 471 msnm y 419 msnm respectivamente, en el tipo de vegetación Árboles, en el tipo de uso zonificada antes como zona de Uso Público y actualmente denominada zona de uso turístico y recreativo.

Figura 79. La Abundancia de *Zonotrichia capensis* en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.

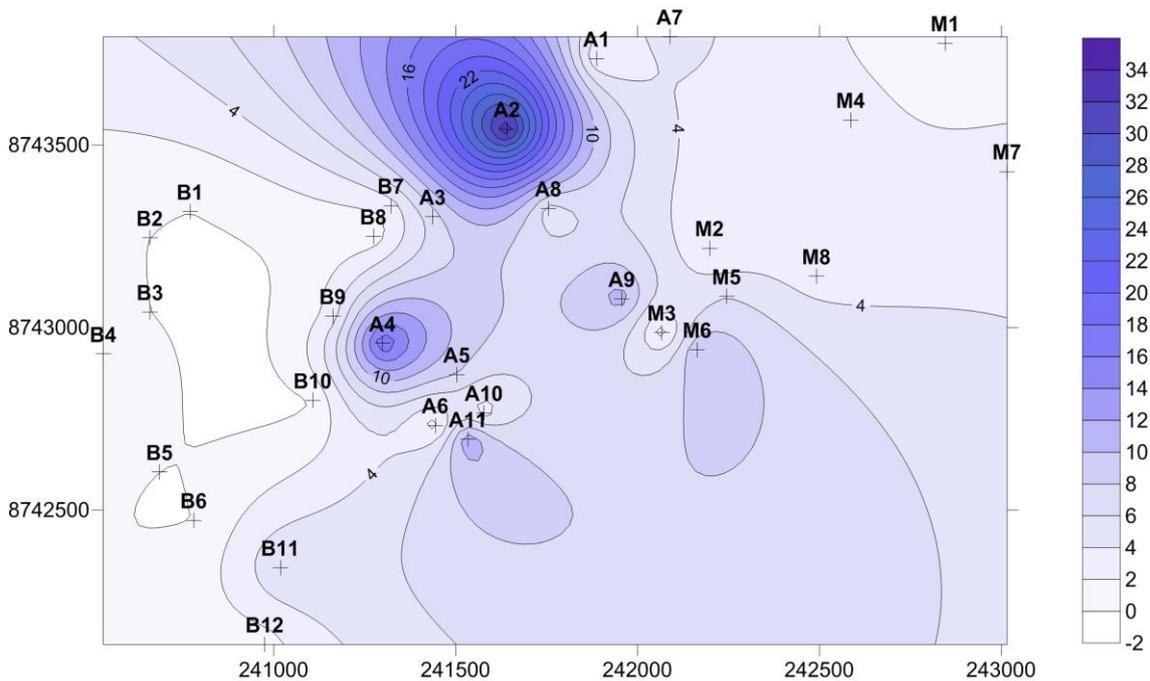
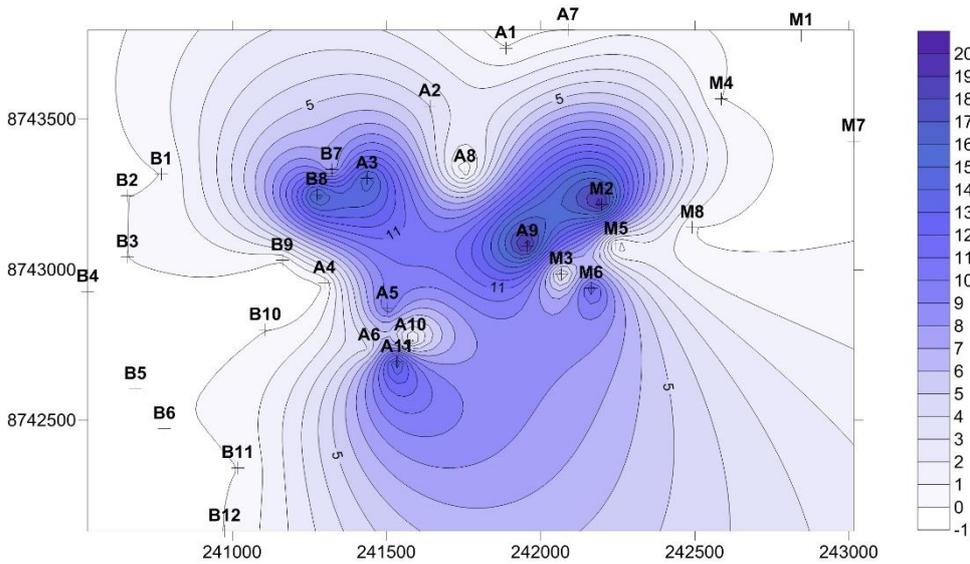
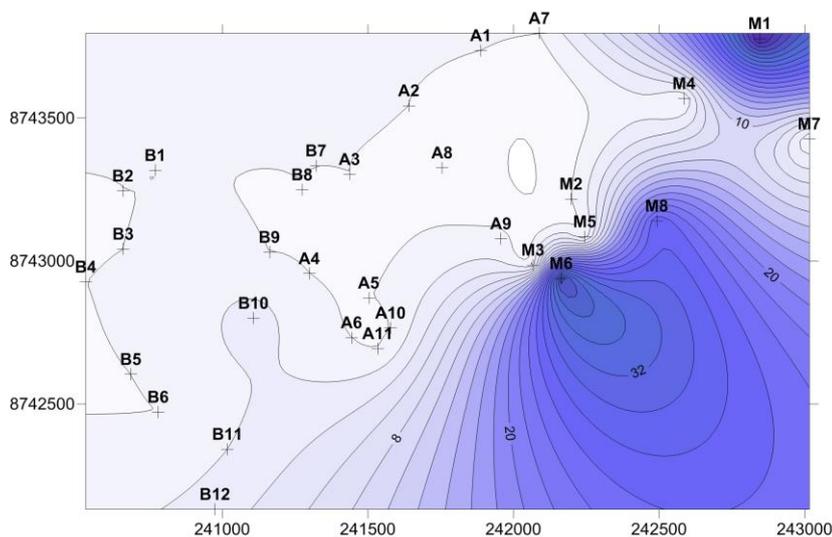


Figura 80. La Abundancia de *Psilopsiagon aurifrons* en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



Se puede observar en la abundancia de *Psilopsiagon aurifrons* para el mes de setiembre del 2010, que presenta varios núcleos de los que destacan B8, A3, M2, A9, M6 y A11 (Figura 80). Para el mes de setiembre del 2010, las estaciones B8, A3, M2, A9, M6 y A11 se encuentran en las altitudes de 338 msnm, 429 msnm, 438 msnm, 431 msnm, 398 msnm y 293 msnm respectivamente, en el tipo de vegetación Parque, Árboles y Herbáceas, predominando en la vegetación denominada Árboles, en el tipo de uso zonificada antes como zona de Recuperación y zona de Uso Público y actualmente denominadas zonas de aprovechamiento directo, zona de uso turístico y recreativo, zona de recuperación y zona histórico cultural.

Figura 81. La Abundancia de *Sporophila simplex* en las Lomas de Lachay. Setiembre 2010.



Se puede observar en la abundancia de *Sporophila simplex* para el mes de setiembre del 2010, que presenta dos núcleos que se ubican en M6 y M1 (Figura 81), se encuentran en las altitudes de 398 msnm y 588 msnm respectivamente, en los tipos de vegetación Árboles y Parque, en los tipos de uso zonificados antes como zona de Uso Público y zona de Recuperación y actualmente denominadas zona histórico cultural y zona de aprovechamiento directo.

En resumen de las variables evaluadas para la variación espacial, se observó en la comunidad de herbáceas como la densidad, la cobertura y la diversidad alfa IVI se incrementan y se expanden al pasar de mayo del 2010 a setiembre del 2010 entre más estaciones ubicadas en la loma, es decir el paso de una época seca no tan seca a una época húmeda se refleja en ellas. En la comunidad de avifauna para la abundancia de *Zenaida auriculata*, el comportamiento que se observa es que la población se concentra con un mayor número de individuos en mayo del 2010 y en setiembre del 2010 se distribuye en más estaciones pero con una menor abundancia.

#### **4.1.4 Los grupos funcionales y las especies clave**

Huston (1994) plantea que la diversidad de cualquier comunidad, o de cualquier subconjunto de esta, puede dividirse en dos componentes. En primer lugar el número de tipos funcionales de organismos, y en segundo lugar el número de especies análogas dentro de un mismo tipo funcional. Por definición, diferentes tipos funcionales usan diferentes recursos, por lo que las interacciones competitivas entre tipos diferentes se minimizan. Contrariamente las especies dentro un mismo tipo funcional usan los mismos recursos, por lo que las interacciones competitivas se vuelven muy intensas.

En el presente estudio se han clasificado los 3 taxa evaluados en sus tipos funcionales denominándolos grupos funcionales, las herbáceas se agruparon en función a sus estrategias de vida; los coleópteros y las aves a su alimentación.

##### **4.1.4.1 Grupos funcionales de la vegetación (herbáceas y arbustos)**

Para la vegetación se generaron 8 grupos funcionales tomando en cuenta las formas de vida o biológicas empleando de base el sistema de Raunkier (1934) con algunas modificaciones. Este sistema consiste esencialmente en la forma en la que las plantas atraviesan el invierno

o la estación desfavorable, en este caso la época de sequía. Dicho carácter se relaciona con la altura de las yemas de reemplazo. Se agregó una categoría más porque una especie se encuentra entre dos grupos funcionales (Manrique, 2011).

Previamente se detalla cómo las plantas se agrupan de acuerdo a sus ciclos de vida (García y González, 1983), pudiendo ser:

**Anuales:** Su ciclo biológico es menos de un año, periodo durante el cual producen sus semillas.

**Bianuales:** Las que cumplen su ciclo en 1 o 2 años, el primero es de crecimiento vegetativo en el segundo florecen y después fenecen.

**Perennes:** Aquellas cuyo periodo vegetativo es mayor de dos años.

Las especies fueron clasificadas en los siguientes 9 grupos funcionales terófitas, geófitas, hemicriptófitas, caméfitas, fanerófitas, nanofanerófitas, epífitas, lianas, terófito/hemicriptófito (Raunkier, 1934; Cabrera, 1973; Margalef, 1974). Siendo definidas a continuación:

**Terófitas (Th):** son vegetales que carecen de yemas de renuevo, de modo que, después de florecer y fructificar, la planta muere. Las únicas yemas de renuevo son las de los embriones de las semillas. Se trata, por consiguiente de hierbas anuales y bianuales.

**Geófitas (G):** es un tipo de criptófitas, son aquellas plantas herbáceas que son perennes o bianuales con una reducción periódica del ramaje, la reducción periódica de las partes aéreas es total y las yemas de renuevo yacen bajo tierra como órganos de reserva, la parte aérea muere año tras año, y las yemas quedan protegidas en bulbos, tubérculos, rizomas o raíces gemíferas. Estos órganos de reserva pueden ser (1) rizomas, los cuales pueden asegurar la multiplicación de una planta además de su reproducción por semillas, (2) bulbos, órganos destinados a la acumulación de reservas (3) tubérculos o raíces reservantes y (4) cáudice o tallos reservantes. Un ejemplo son las papas silvestres.

**Hemicriptófitas (H):** es una posición intermedia entre las caméfitas y las geófitas, son vegetales cuyas yemas de renuevo están a ras del suelo. La parte aérea muere todos los años

después de la fructificación, y quedan las yemas de renuevo protegidas por la hojarasca y los detritos vegetales. Numerosos pastos pertenecen a este grupo, así como ciertas dicotiledóneas de hojas arrosetadas.

Caméfitas (Ch): Vegetales con la parte inferior leñosa y persistente y cuyas yemas de renuevo se elevan a menos 30 cm del suelo. Se incluyen aquí arbustos enanos o en cojín, y los llamado sufrutíces, que poseen yemas a poca altura de las que nacen ramas de duración anual que se llevan las hojas y las flores.

Fanerófitas (Ph): Vegetales cuyas yemas de renuevo se elevan a más de 30 cm del suelo, o cuyas ramas no mueren periódicamente hasta dicho límite. Plantas de 2 metros a más.

Nanofanerófitas (Np): Son los arbustos, cuyos tallos se ramifican desde su base y miden menos de 2 metros.

Epífitas (E): Vegetales que viven sobre otras plantas sin nutrirse de ellas como parásitos. A este grupo pertenecen muchas bromeliáceas.

Lianas (L): Vegetales que germinan en el suelo enraizadas durante toda su vida y crecen sobre otras plantas que les brindan soporte para mantenerse erectas y crecer en dirección a la luz.

Terófitas/Hemicriptófitas (Th/H)

Las terófitas (Th) son el grupo funcional que tiene el mayor número de especies y la mayor abundancia (Figuras 82 y 83), en las lomas de Lachay se confirma esta predominancia de las especies vegetales temporales que tienen un corto periodo vegetativo, así como también se observó la mayor presencia de especies terófitas en las lomas de Villa María (Vásquez, 2007).

Figura 82. Número de especies por grupo funcional de herbáceas en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010.

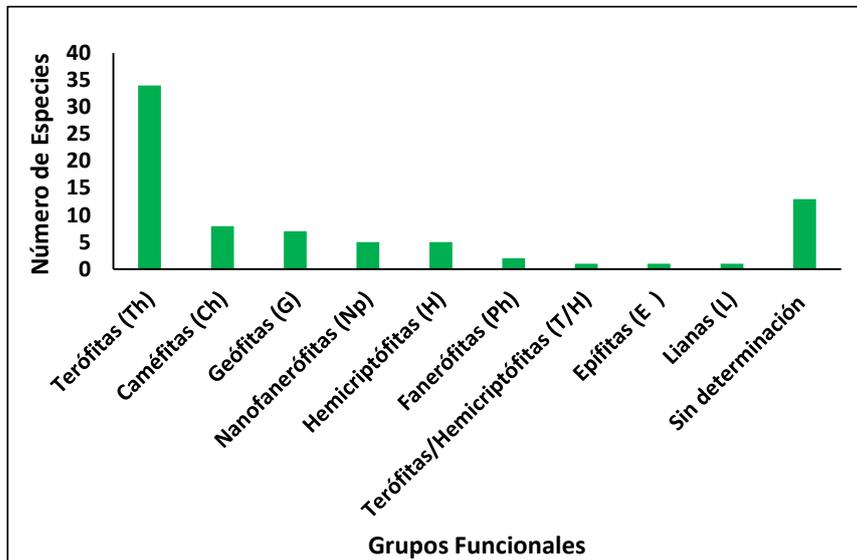
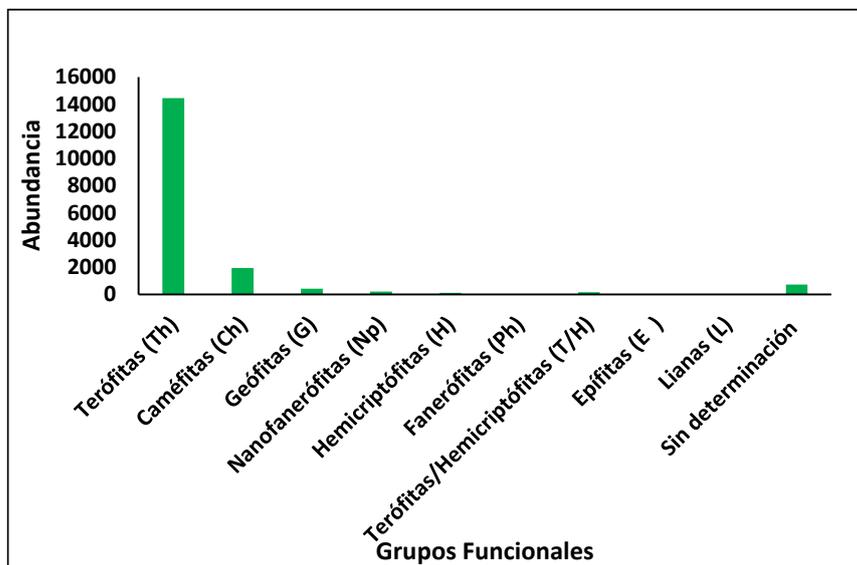


Figura 83. Abundancia por grupo funcional de herbáceas en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010.



Esta forma de vida predomina en las lomas porque la mayoría de especies vegetales de lomas están adaptadas a permanecer en estado de latencia mediante sus semillas, son capaces de resistir condiciones adversas en la época seca durante varios años sin perder su poder germinativo, siendo las mejores adaptadas a este tipo de ecosistema (Brack, 1986). Para las

lomas del sur Péfaur (1982) menciona una mayor dominancia de las terófitas y caméfitas, mostrando el mismo patrón que las lomas de Lachay, sin embargo la dominancia es compartida entre terófitas (36%) y caméfitas (28%), en cambio en Lachay para este estudio la dominancia es de las terófitas (80%).

Si evaluamos los grupos funcionales en el tiempo, los más representativos a lo largo de la evaluación son las terófitas (Th), las caméfitas (Ch), las geófitas (G) y las nanofanerófitas (NP). Se sabe que los ecosistemas de lomas por su cercanía al mar reciben la influencia de los eventos El Niño (EN), fenómeno climático oceanográfico que se origina en la zona ecuatorial del Pacífico y que se caracteriza por el sobrecalentamiento de las aguas superficiales marinas, las mismas que al ser arrastradas hacia las costas de Sudamérica, debido a cambios en la dirección general de los vientos alisios, provocan incrementos considerables en los volúmenes de precipitación sobre el litoral y las vertientes occidentales de la cordillera de la costa, donde la neblina queda atrapada. Estos nuevos aportes de humedad permiten la germinación de la vegetación anual o efímera que solo responde a altas concentraciones de humedad en el suelo, cuando llueve ocasionalmente iniciándose a si un proceso de reverdecimiento temporal. En las lomas de Mejía en este periodo al mejorar las condiciones climáticas de la zona favoreció principalmente a la vegetación herbácea integrada por plantas anuales y efímeras (Talavera et al., 2001). En este caso es posible que se de esta influencia en Las Lomas de Lachay, pero no sea el único aporte para que se den altas concentraciones de humedad que permiten que se incrementen las terófitas, se observan tres picos uno en el mes de agosto de 1998, otro en agosto del 2000 y por ultimo setiembre del 2010, el primer pico es por la influencia del ENSO 98, los otros dos se sugieren que pueden ser por una influencia del comportamiento del anticiclón del pacífico sur. Además por la precipitación tan elevada que se dio por el ENSO 98, hay una gran abundancia de las terófitas para el mes de febrero de 1998, que no se asemeja a ningún otro mes de febrero.

En las caméfitas se observa cuatro valores altos en los meses de febrero y mayo de 1998, al parecer por la influencia del ENSO1998, también se da en el mes de mayo del 2010 podría sugerir una influencia del ENSO2010, sin embargo también se da en el mes de diciembre de 1998 por lo que se podría estar hablando de una influencia del ENSO con demoras de respuesta y/o la influencia de la predominancia de las terófitas en agosto de 1998 y una mayor equidad entre ambas para diciembre del 2010. Lo cual podría sugerir a las camefitas

como un grupo clave relacionado con los diferentes niveles o intensidades del ENSO, que estas condiciones permiten el rebrote de estos pequeños arbustos.

Figura 84. Porcentaje de abundancia de las Terófitas (Th) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

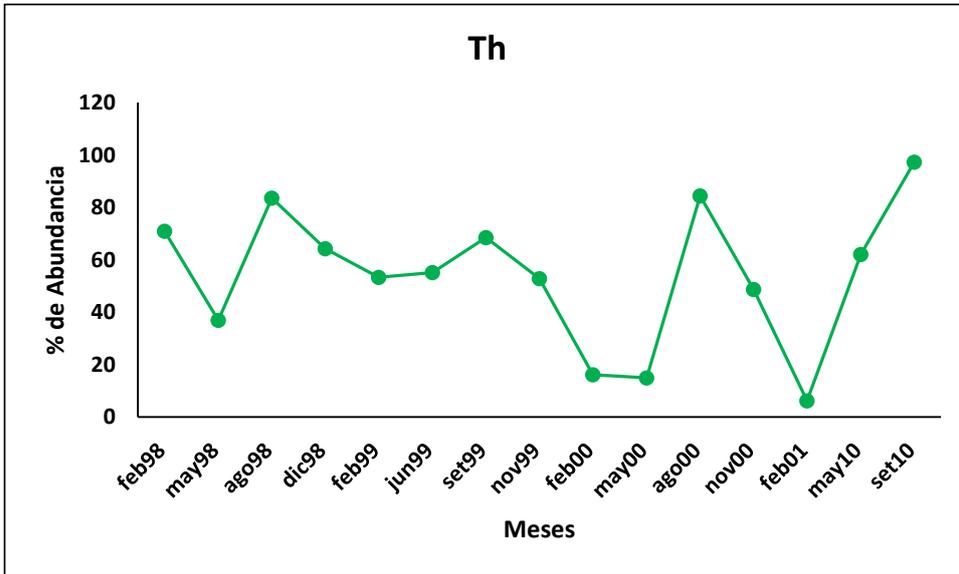
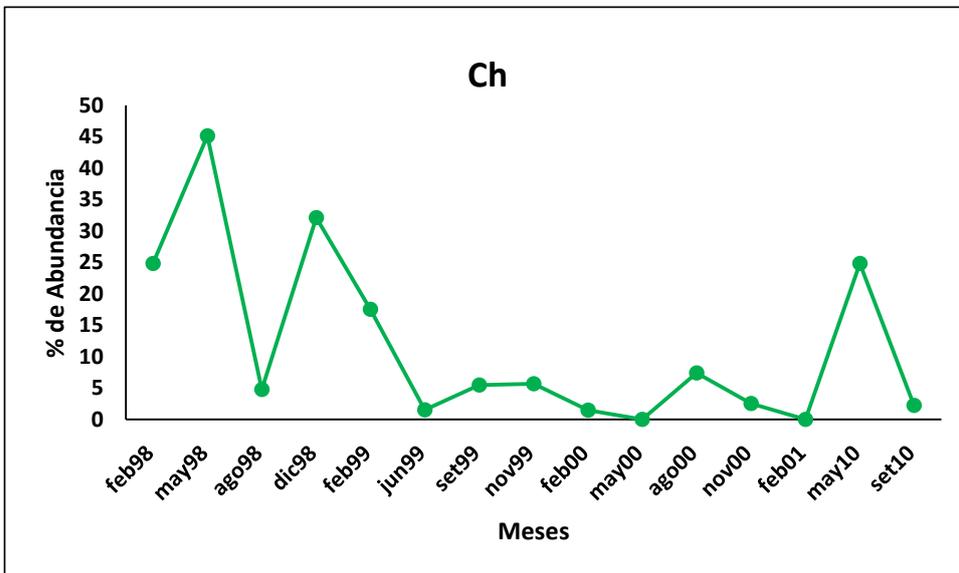


Figura 85. Porcentaje de abundancia de las Caméfitas (Ch) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



En las geófitas se observa un pico en el mes de febrero del 2000, al parecer están más relacionadas a las condiciones de sequía, en este mes no se dio la precipitación y por las adaptaciones que presentan, es decir, por la presencia de los órganos de reserva pueden permanecer en situaciones donde la comunidad tienen muy pocos individuos vegetativos,

las dos especies que estuvieron presentes fueron *Cynodon* sp. y *Stenomesson coccineum*. En el grupo de las nanofanerófitas se observa dos picos en los meses de mayo del 2000 y de febrero del 2001, al parecer están más relacionadas a los meses con el menor número de individuos y a la época seca, sin embargo por su función estructural en las condiciones más inhóspitas, son el grupo funcional que se sugiere monitorear.

Figura 86. Porcentaje de abundancia de las Geófitas (G) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

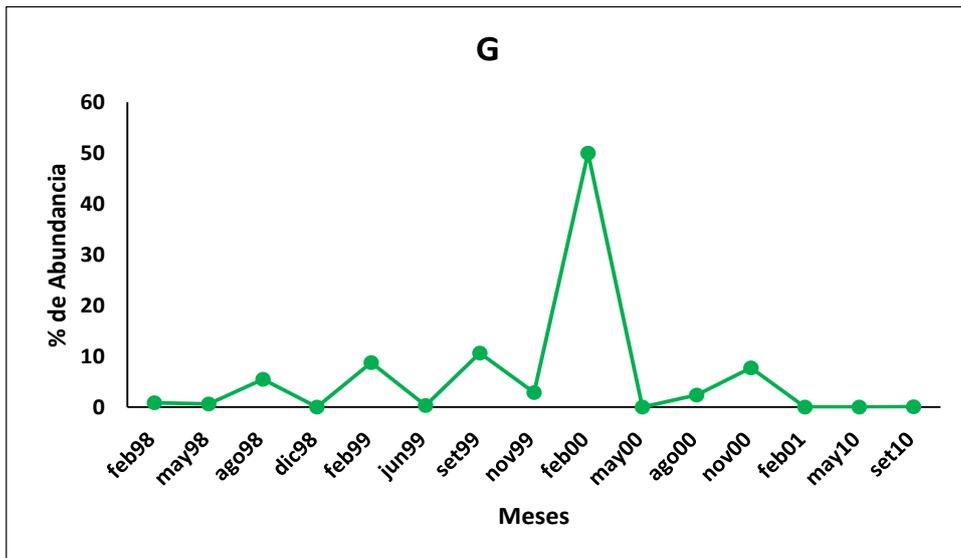
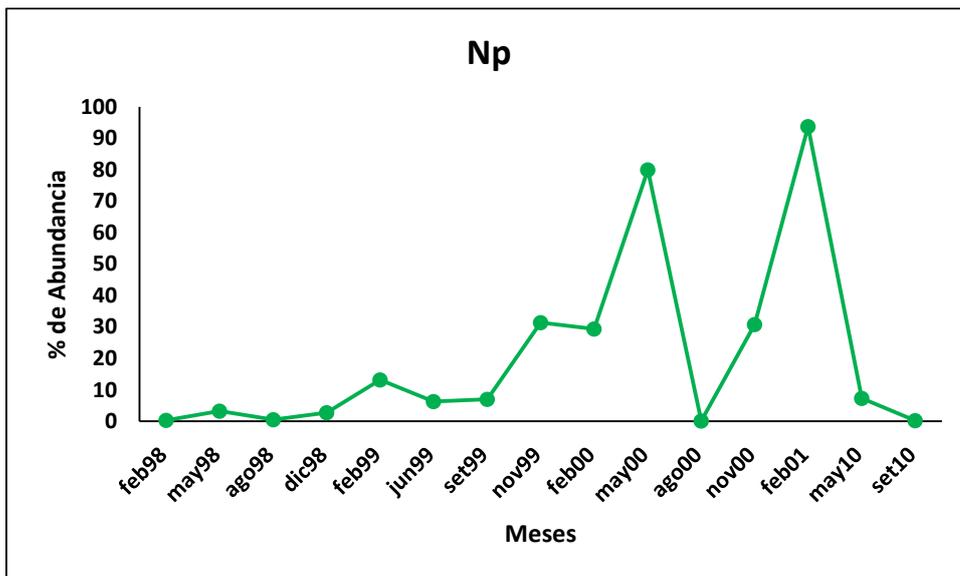


Figura 87. Porcentaje de abundancia de las Nanofanerófitas (Np) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



Para entender cuál es la dinámica en cada parcela con respecto a los grupos funcionales, se muestran la variación en el tiempo de la abundancia de los grupos funcionales en las parcelas mostrando sus intervalos de confianza, se toma en cuenta los mismos grupos funcionales más representativos.

Figura 88. Abundancia de las Terófitas (Th) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

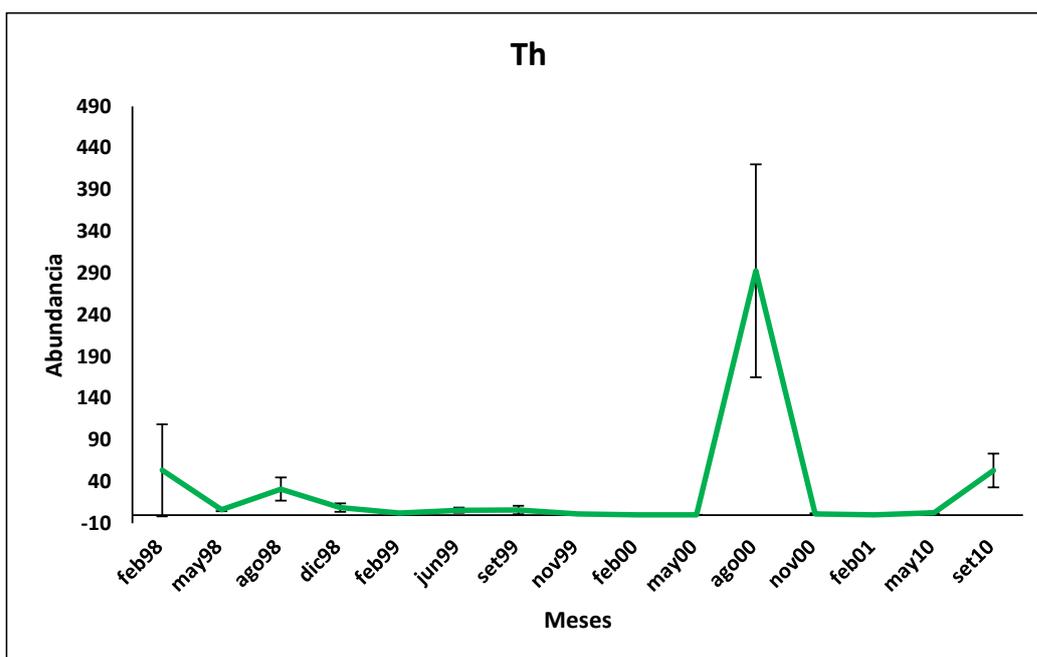
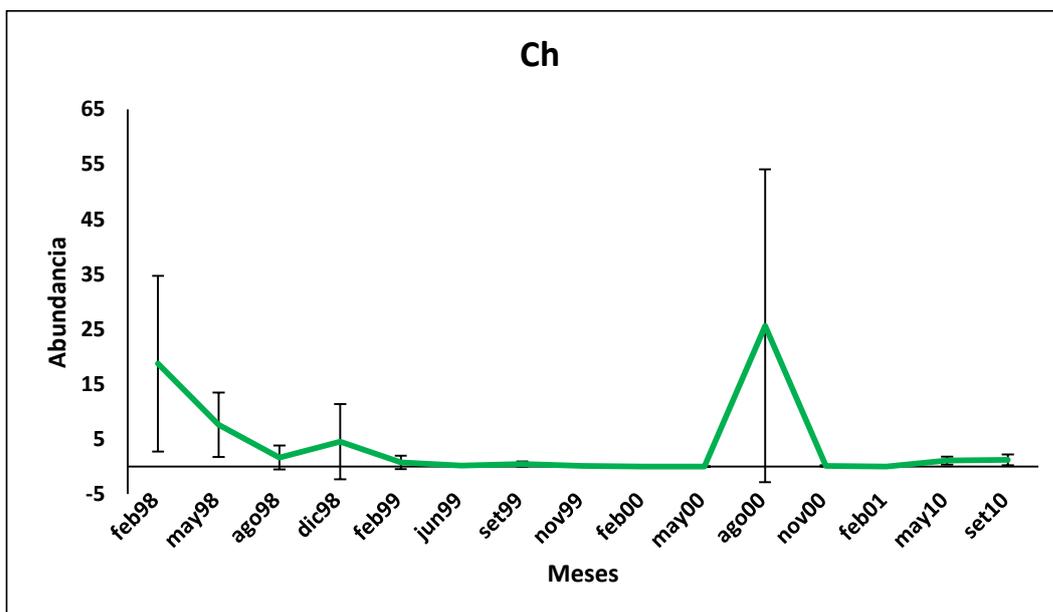


Figura 89. Abundancia de las Caméfitas (Ch) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



En las terófitas se observa al mes de agosto del 2000, es un mes donde se incrementan notoriamente y heterogeneamente en la loma, ningún mes se va a parecer a este mes sugiriendo que pueden ser por una influencia del comportamiento del anticiclón del pacífico sur. En las caméfitas se observa también una alta heterogeneidad en los meses que son más abundantes resaltando este comportamiento en los meses de agosto del 2000, febrero de 1998 y diciembre de 1998.

Figura 90. Abundancia de las Geófitas (G) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

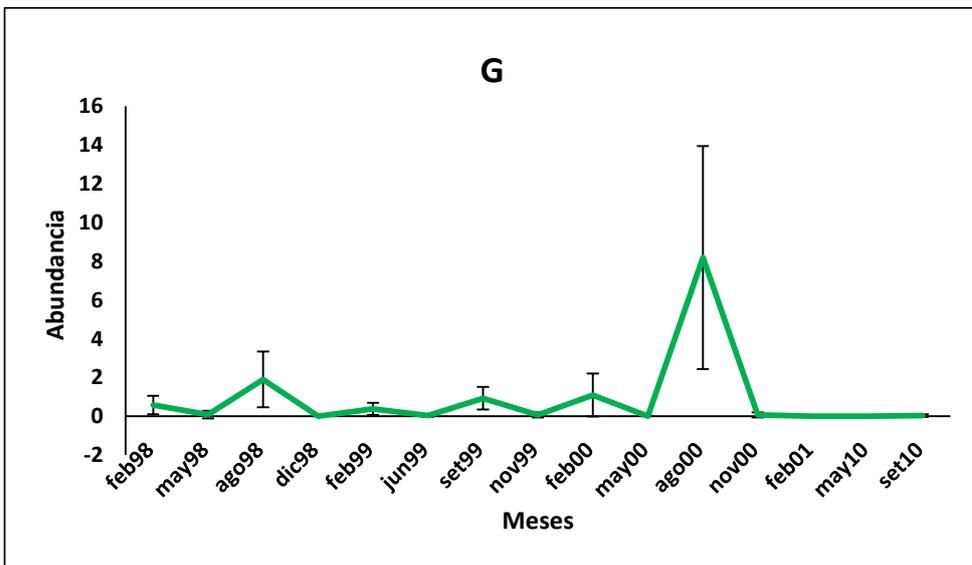
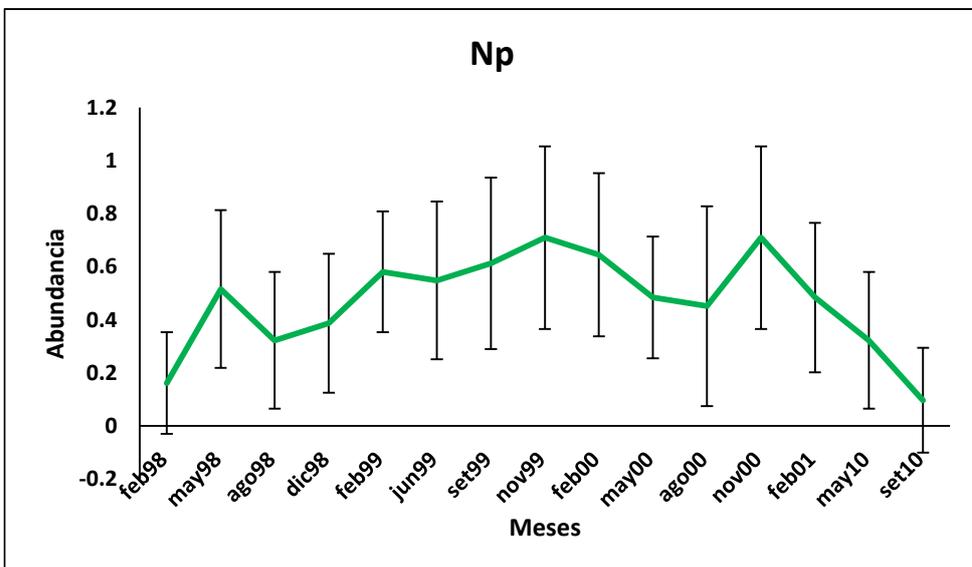


Figura 91. Abundancia de las Nanofanerófitas (Np) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



Si se observa a las geofitas se aprecia también el mismo comportamiento para el mes de agosto del 2000 y agosto de 1998 los cuales comparten dos especies *Solanum montanum* y *Stenomesson coccineum*, y en las nanofanerofitas todos los meses son muy heterogeneos y no difieren al comparar sus intervalos de confianza.

En resumen al evaluar el porcentaje de abundancia y la abundancia de los grupos funcionales de la vegetación en los 15 muestreos no se logra observar del todo para este estudio una tendencia o patron vinculado solo con el ENSO 98 o el ENSO 2010 de menor intensidad. Sin embargo el porcentaje de abundancia de caméfitas estaría acercándose a mostrar una relación con los dos ENSOS por los que han pasado en el tiempo los grupos funcionales. Con respecto a la época seca o condiciones de sequia se sugiere hacerle un seguimiento a las nanofanerofitas por ser las especies estructurales que se mantienen todo el año.

#### **4.1.4.2 Grupos funcionales de los coleópteros**

Para los coleópteros se generaron grupos funcionales en base a la clasificación trófica sugerida por Giraldo (2002), y se agregaron 3 categorías más tomando en cuenta la revisión de bibliografía actualizada.

Las 7 categorías son las siguientes:

Omnívoro: combina la dieta de fitófagos y depredadores.

Fitófago: comedores de tallos, hojas, polen o semillas.

Depredador: consumidor de otros tipos de artrópodos.

Micetófago: consumidor de hongos (micelio).

Saprófago: consumidor de cualquier tipo de materia orgánica en descomposición

Saprófago-Depredador facultativo

Depredador/Saprófago

Micetófago/Saprófago

Los Fitófagos (F) son el grupo funcional que tiene el mayor número de especies y la mayor abundancia (Figuras 92 y 93) y de ahí le siguen los Depredadores y los Saprófagos para ambas categorías.

Figura 92. Número de especies por grupo funcional de coleópteros en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010.

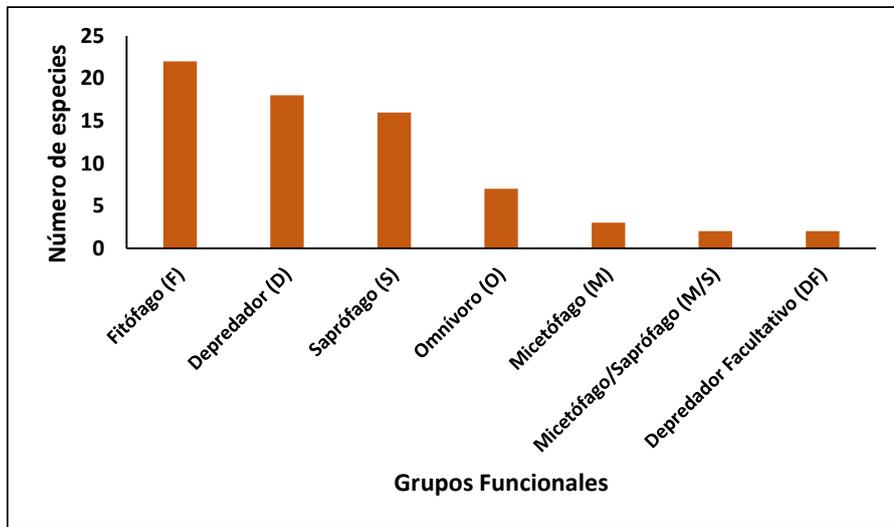
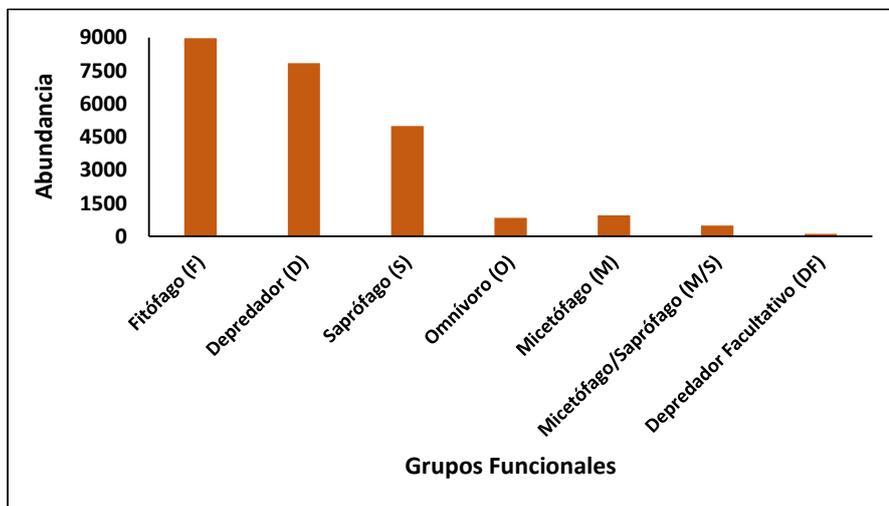
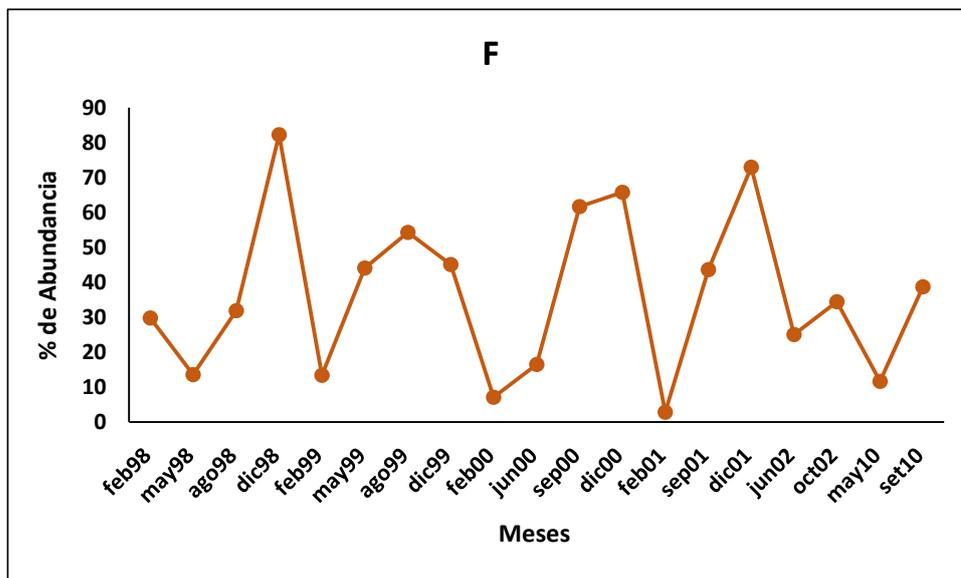


Figura 93. Abundancia por grupo funcional de coleópteros en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010



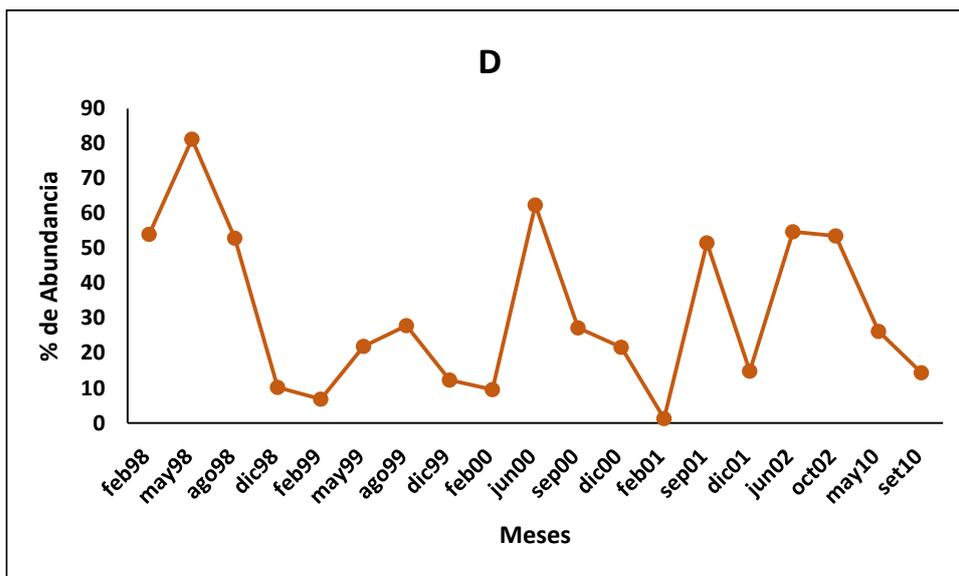
Si evaluamos los grupos funcionales en el tiempo, los más representativos a lo largo de la evaluación son fitófago (F), depredador (D), saprófago (S), omnívoro (O), micetófago (M) y depredador facultativo (DF). En el grupo de los fitófagos se observan cuatro picos uno en el mes de diciembre de 1998, otro en setiembre y diciembre del 2000 y por ultimo diciembre del 2001, al parecer el porcentaje de abundancia de los fitófagos tiene una relación inversa con los ENSOS no son el grupo que se beneficia bajo estas condiciones o mejor dicho hay otros grupos como los depredadores que se ven favorecidos.

Figura 94. Porcentaje de abundancia de Grupo Fitófago (F) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



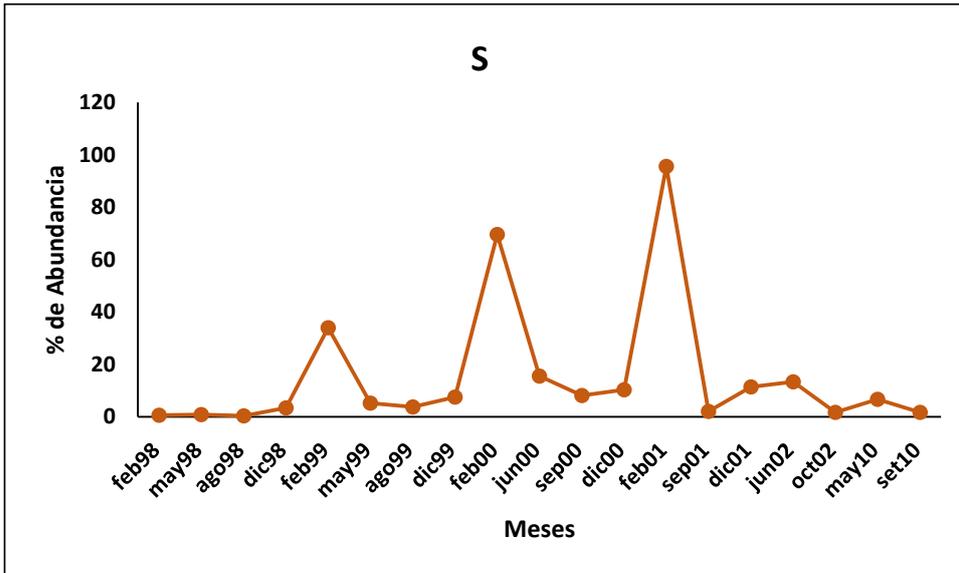
En el grupo de los depredadores se observan un pico en el mes de mayo de 1998, al parecer por la influencia del ENSO 98, que involucra también al mes de febrero y agosto de 1998, sin embargo no se puede explicar la oscilación en el mes de junio del 2000.

Figura 95. Porcentaje de abundancia de Grupo Depredador (D) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



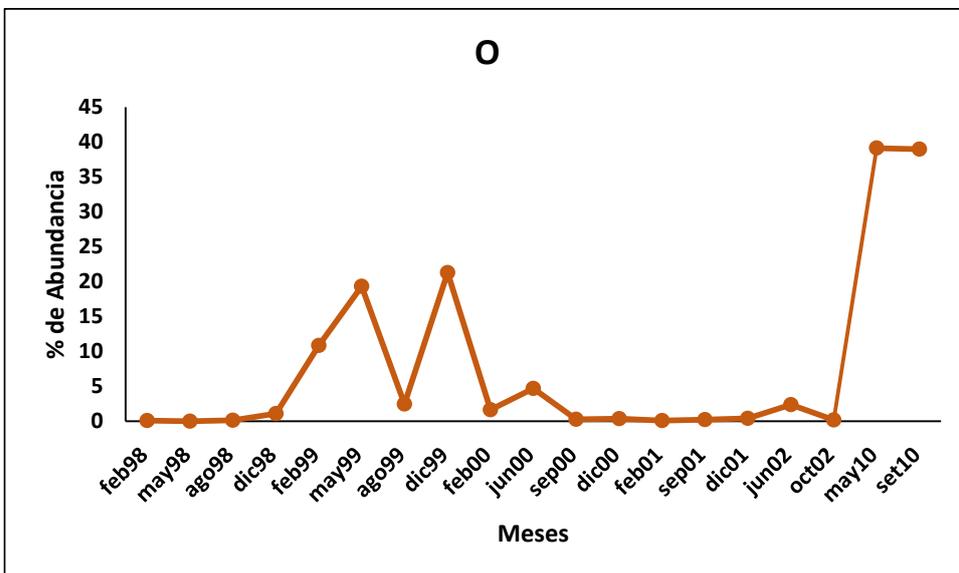
En el grupo de los saprófagos se observan tres picos uno en el mes de febrero de 1999, otro en febrero del 2000 y por ultimo febrero del 2001, al parecer el porcentaje de abundancia de los saprófagos están relacionados con la época seca y la recuperación de la estacionalidad luego del efecto del ENSO98.

Figura 96. Porcentaje de abundancia de Grupo Saprófago (S) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



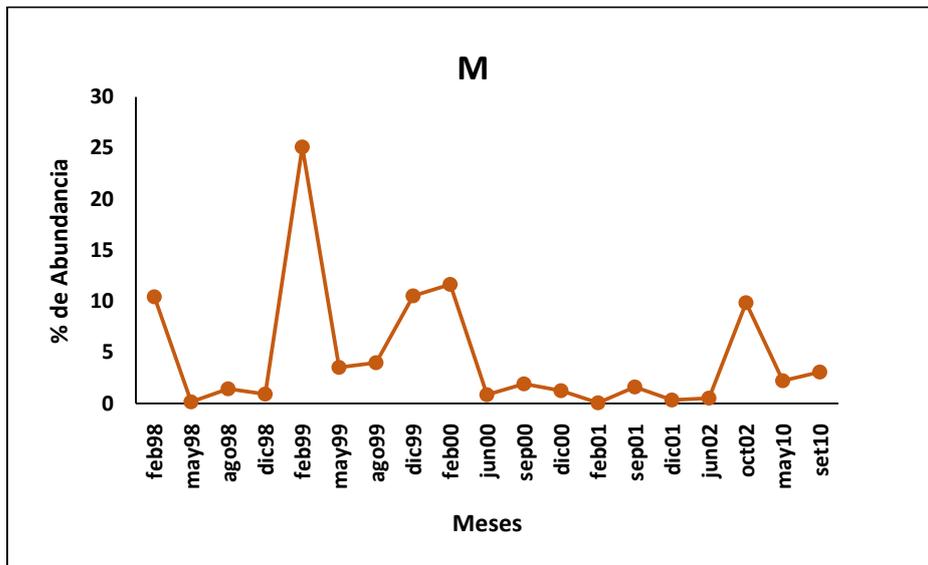
En el grupo de los omnívoros se observan los valores mas altos para el mes de mayo del 2010 y setiembre del 2010, es un nuevo comportamiento en la data temporal.

Figura 97. Porcentaje de abundancia de Grupo Omnívoro (O) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



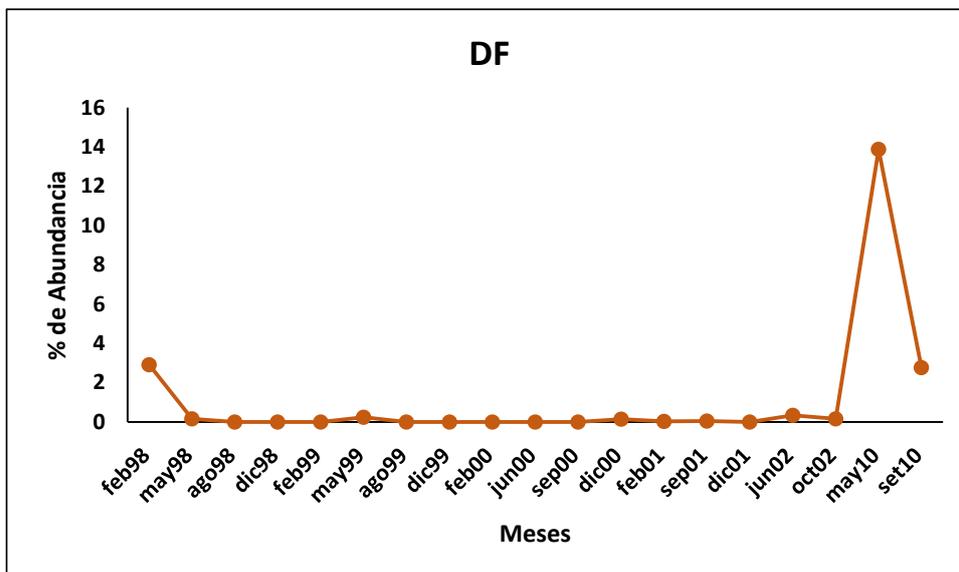
Por otro lado en el grupo de los micetófagos se observan cinco valores altos uno en el mes de febrero de 1998, el porcentaje mas alto en febrero de 1999, luego diciembre de 1999, febrero del 2000 y octubre del 2002.

Figura 98. Porcentaje de abundancia de Grupo Micetófago (M) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



En el grupo de los depredadores facultativos se observan un pico en el mes de mayo de 2010, presenta muy pocas apariciones en el tiempo.

Figura 99. Porcentaje de abundancia de Grupo Depredador Facultativo (DF) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



Para entender cuál es la dinámica en cada parcela con respecto a los grupos funcionales, se muestran la variación en el tiempo de la abundancia de los grupos funcionales en las parcelas mostrando sus intervalos de confianza. En los fitófagos se observa que no hay diferencias notorias en los meses que se dieron los ENSOs frente a los otros meses evaluados, se da una alta variabilidad entre ellos, se tiene que considerar que la precipitación también tiene una alta variabilidad y pueda tener relación con los ciclos de vida de los fitófagos.

Figura 100. Abundancia del Grupo Fitófago (F) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

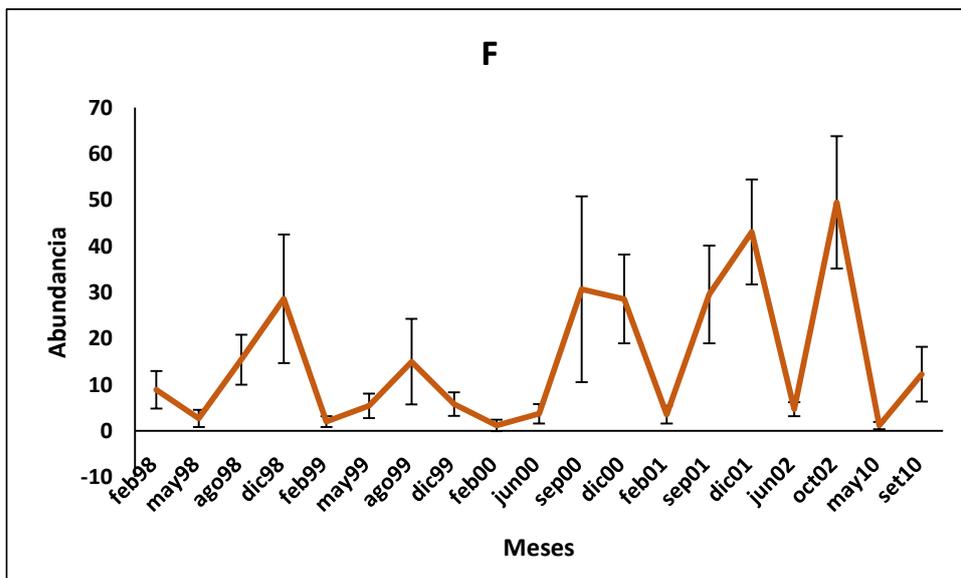
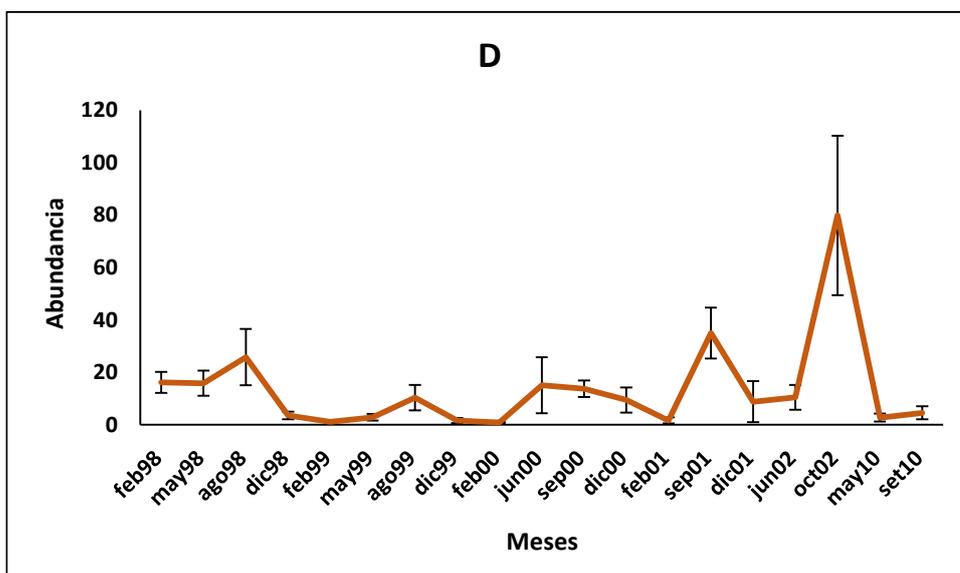
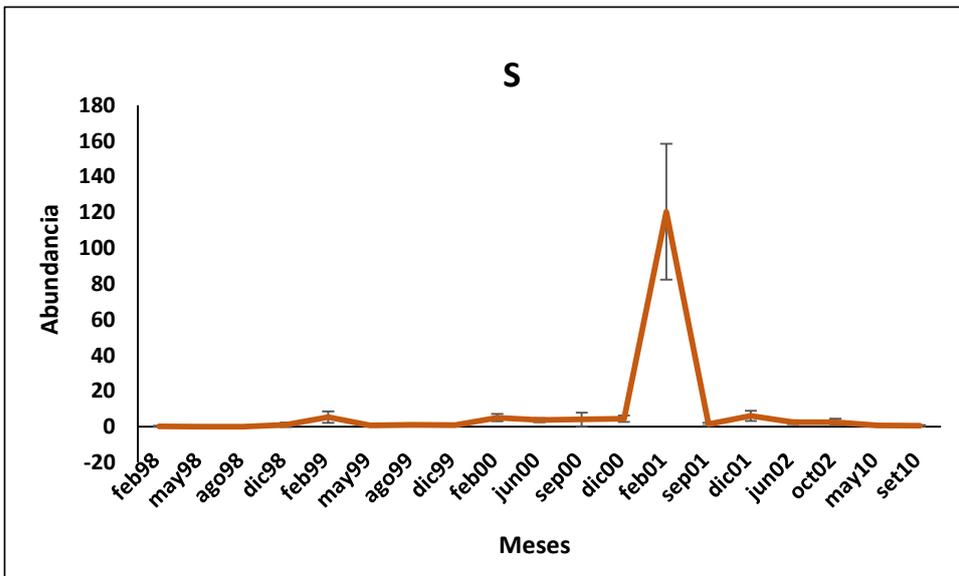


Figura 101. Abundancia del Grupo Depredador (D) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



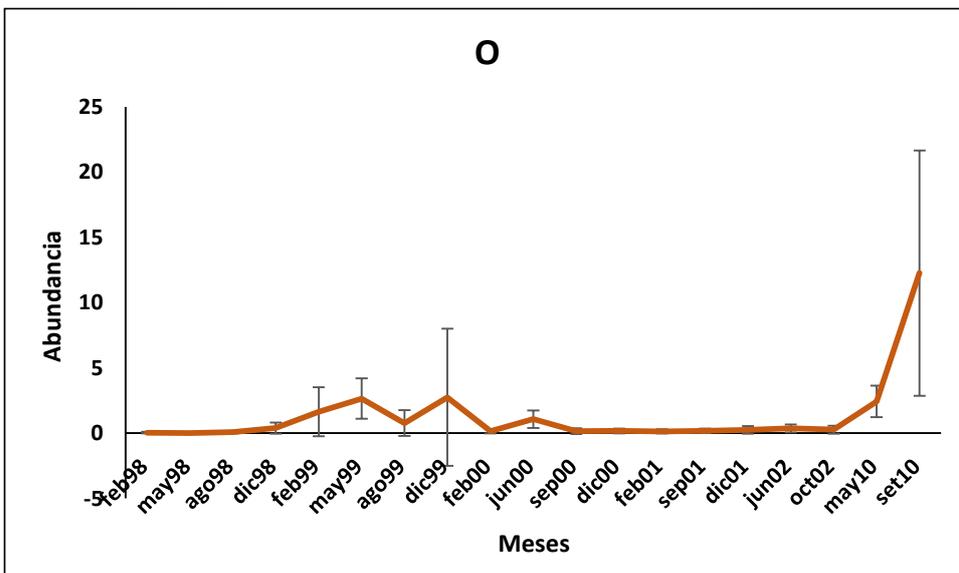
En los depredadores se observa que ningún mes se parece a octubre del 2002, este mes presenta el valor más alto y está relacionado con un ENSO y en los saprófagos el mes de febrero del 2001 no se parece a ninguno, siendo un mes de época seca.

Figura 102. Abundancia del Grupo Saprófago (S) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



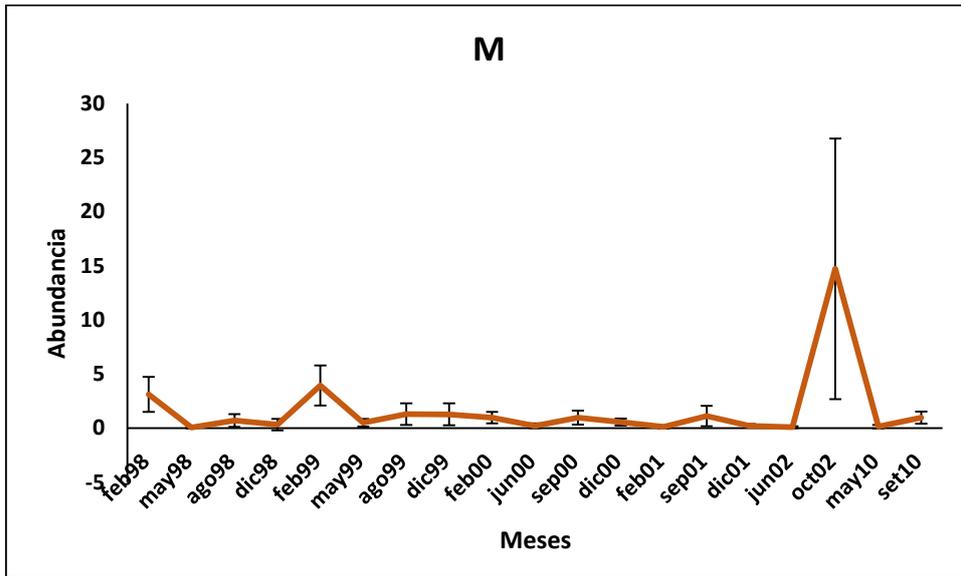
Si se observa a los omnívoros se aprecia también variabilidad entre los meses y más heterogeneidad en los meses como setiembre del 2010 que presenta el valor más alto.

Figura 103. Abundancia del Grupo Omnívoro (O) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



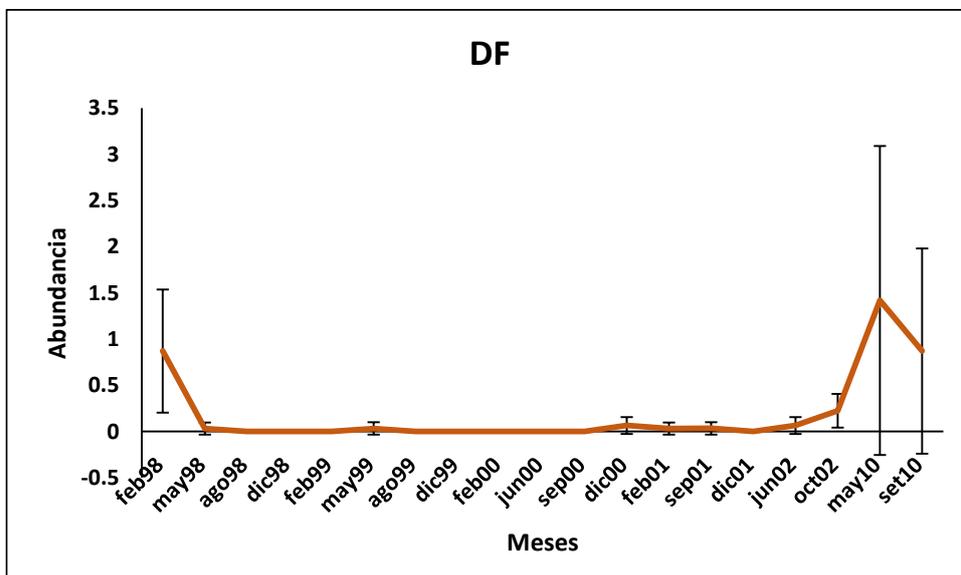
Por otro lado en los micetófagos se aprecia también variabilidad entre los meses y más heterogeneidad en el mes de octubre del 2002 que presenta el valor más alto.

Figura 104. Abundancia del Grupo Micetófago (M) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



Por ultimo en los depredadores facultativos se aprecia también variabilidad entre los meses y más heterogeneidad en las parcelas de los meses de febrero de 1998, mayo del 2010 y setiembre del 2010, el mayor valor se da en mayo aunque realmente es un porcentaje muy bajo.

Figura 105. Abundancia del Grupo Depredador Facultativo (DF) entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



En resumen al evaluar el porcentaje de abundancia y la abundancia de los grupos funcionales de los coleopteros en los 19 muestreos no se logra observar del todo para este estudio una tendencia o patron vinculado solo con el ENSO 98 o los ENSOS de menor intensidad. Sin embargo el porcentaje de abundancia de los depredadores se estaría acercando a mostrar una relación con el ENSO98 por los que han pasado en el tiempo los grupos funcionales. Con respecto a la época seca o condiciones de sequia se sugiere hacerle un seguimiento al porcentaje de abundancia de los saprófagos al parecer muestran la recuperación de esta comunidad frente a la perturbación que genero el ENSO del 98. Además la abundancia del grupo depredador se relaciona con el mes de octubre del 2002 y la abundancia del grupo saprófago se relaciona con el mes de febrero del 2001.

#### **4.1.4.3 Grupos funcionales en las aves**

Para las aves se generaron grupos funcionales en base a los gremios alimenticios sugerido por Veliz (2002) y se agregaron 3 categorías más tomando en cuenta la revisión de bibliografía actualizada y con algunos cambios en las categorías por la observación personal en campo de las especies alimentándose de una mayor variedad de alimentos.

Las 11 categorías son las siguientes:

Insectívoro: consumen artrópodos terrestres o voladores.

Granívoro: se alimentan de granos de diferentes especies vegetales y de diferentes tamaños.

Nectarívoro: consumen el néctar de las flores y cumplen la función de polinizadores.

Insectívoro-Frugívoro: es un grupo mixto porque se alimentan de artrópodos terrestres o voladores y a la vez se pueden alimentar de frutos de diferentes especies vegetales, actuando como dispersores de semillas en el ecosistema.

Insectívoro-Nectarívoro: es un grupo mixto porque se alimentan de artrópodos terrestres o voladores y a la vez pueden consumir el néctar de las flores y cumplen la función de polinizadores.

Insectívoro-Carnívoro: es un grupo mixto porque se alimentan de artrópodos terrestres o voladores y se alimentan de otros vertebrados.

Granívoro-Insectívoro: es un grupo mixto porque se alimentan de granos de diferentes especies vegetales y de diferentes tamaños y a la vez de artrópodos terrestres terrestres o voladores.

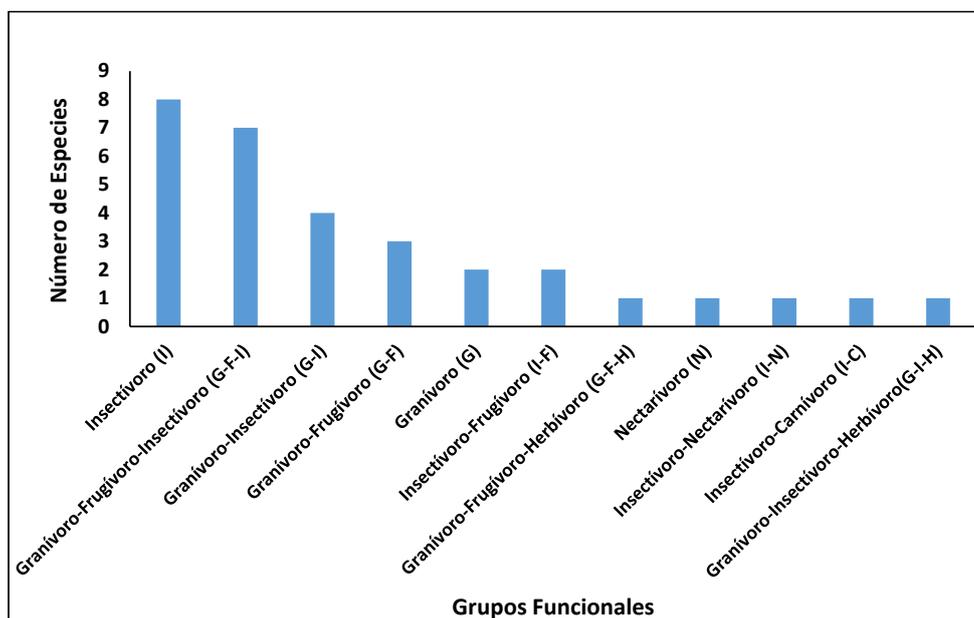
Granívoro-Frugívoro: es un grupo mixto porque se alimentan de granos de diferentes especies vegetales y de diferentes tamaños y se pueden alimentar de frutos de diferentes especies vegetales, actuando como dispersores de semillas en el ecosistema.

Granívoro-Frugívoro-Insectívoro: es un grupo mixto porque se alimentan de granos de diferentes especies vegetales y de diferentes tamaños, a la vez se pueden alimentar de frutos de diferentes especies vegetales y artrópodos terrestres o voladores.

Granívoro-Frugívoro-Herbívoro: es un grupo mixto porque se alimentan de granos de diferentes especies vegetales y de diferentes tamaños, a la vez se pueden alimentar de frutos de diferentes especies vegetales y brotes de plantas.

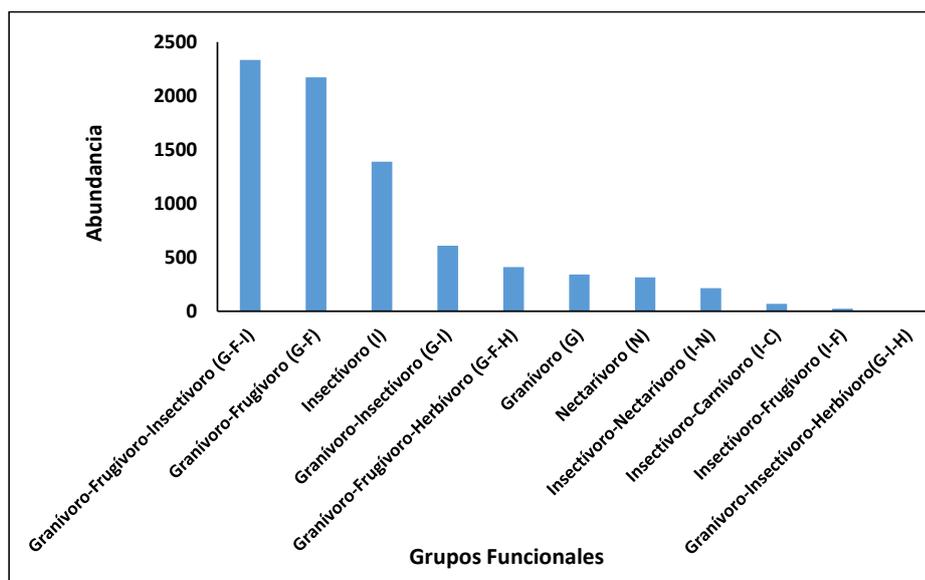
Granívoro-Insectívoro- Herbívoro: es un grupo mixto mixto porque se alimentan de granos de diferentes especies vegetales y de diferentes tamaños, a la vez de artrópodos terrestres terrestres o voladores y brotes de plantas.

Figura 106. Número de especies por grupo funcional de aves en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010.



El grupo Insectívoro (I) es el grupo funcional que tiene el mayor número de especies seguido muy de cerca por Granívoro-Frugívoro-Insectívoro (Figuras 106), siendo este último el grupo funcional que presenta la mayor abundancia y le sigue el grupo Granívoro-Frugívoro (Figuras 107).

Figura 107. Abundancia por grupo funcional de aves en las 31 parcelas establecidas en las Lomas de Lachay, entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010.



Si evaluamos los grupos funcionales en el tiempo, los más representativos a lo largo de la evaluación son Granívoro-Insectívoro (G-I), Insectívoro (I), Granívoro (G), Granívoro-Frugívoro (G-F), Granívoro-Frugívoro-Herbívoro (G-F-H), Granívoro-Frugívoro-Insectívoro (G-F-I), Insectívoro-Nectarívoro (I-N) y Nectarívoro (N). En el grupo de los granívoros-insectívoros se observa una alta variabilidad entre los meses dándose el valor mas alto en el mes de noviembre del 2000 (Figura 108).

En el grupo de los insectívoros se observan tres picos uno en el mes de agosto de 1998, otro en junio de 1999 y por ultimo mayo del 2000, al parecer el porcentaje de abundancia de los insectívoros tiene una influencia del ENSO98 pero con demoras de respuesta. Sin embargo en el grupo de los granívoros se observa un solo pico en el mes de febrero del 2000, al parecer el porcentaje de abundancia de los insectívoros podría estar relacionado cuando las condiciones de la época seca se normalizan. En el grupo de los granívoros-frugívoros se observa alta variabilidad con cinco picos uno en el mes de diciembre de 1998, luego febrero y setiembre del 1999, febrero del 2000 y por ultimo mayo del 2010.

En el grupo de los granívoros-frugívoros-herbívoros se observan dos picos en el mes de febrero de 1998 y setiembre del 2010.

Figura 108. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Granívoro-Insectívoro (G-I) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y setiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

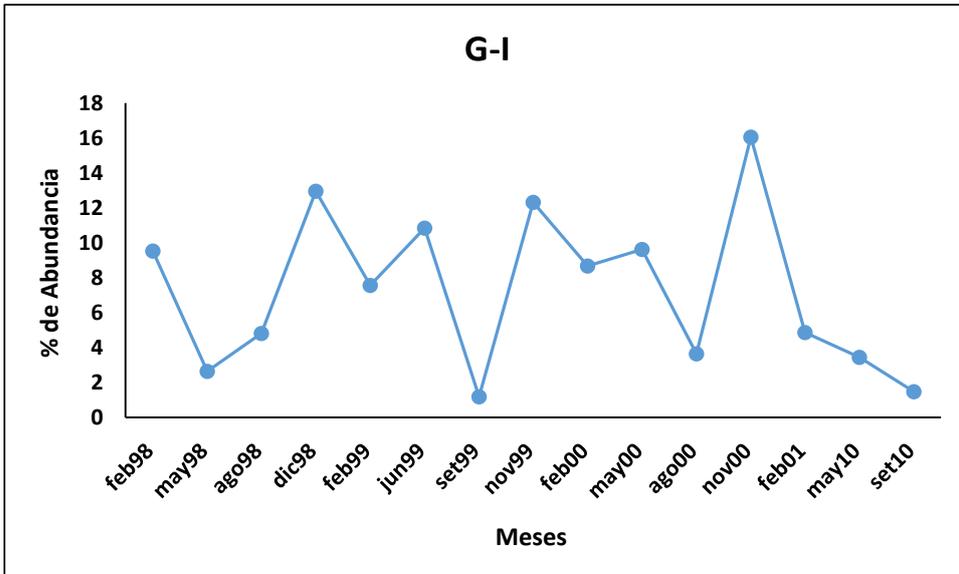


Figura 109. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Insectívoro (I) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y setiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

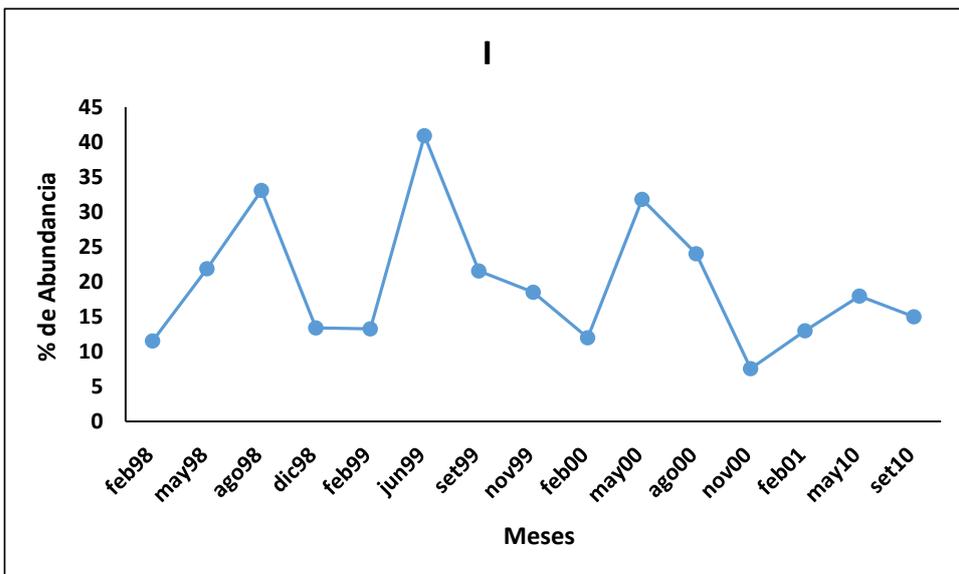


Figura 110. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Granívoro (G) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

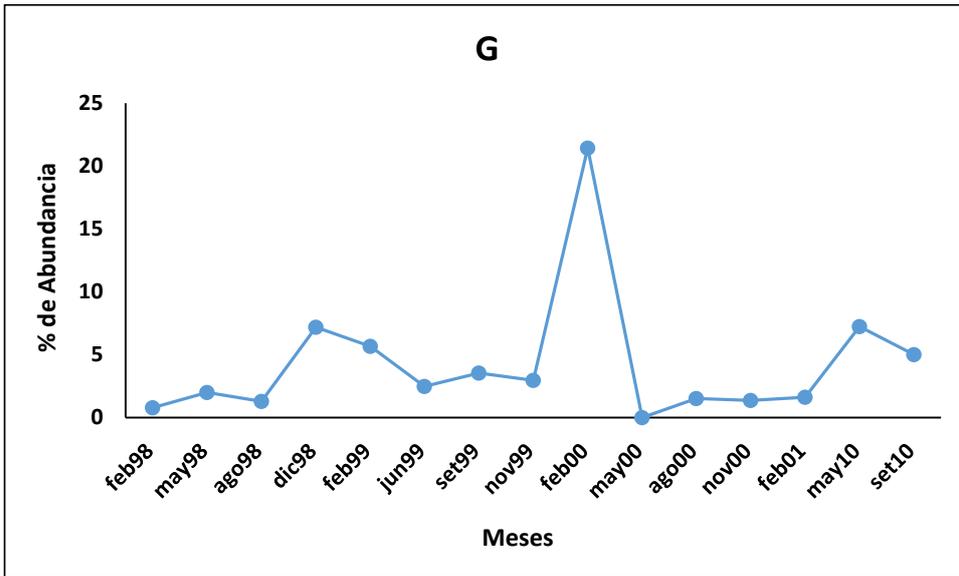


Figura 111. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Granívoro-Frugívoro (G-F) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

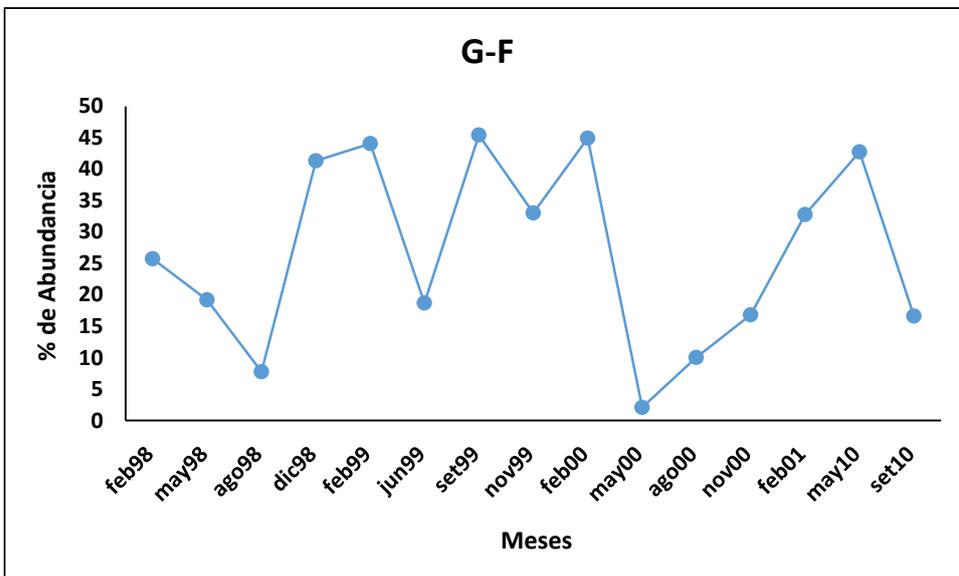
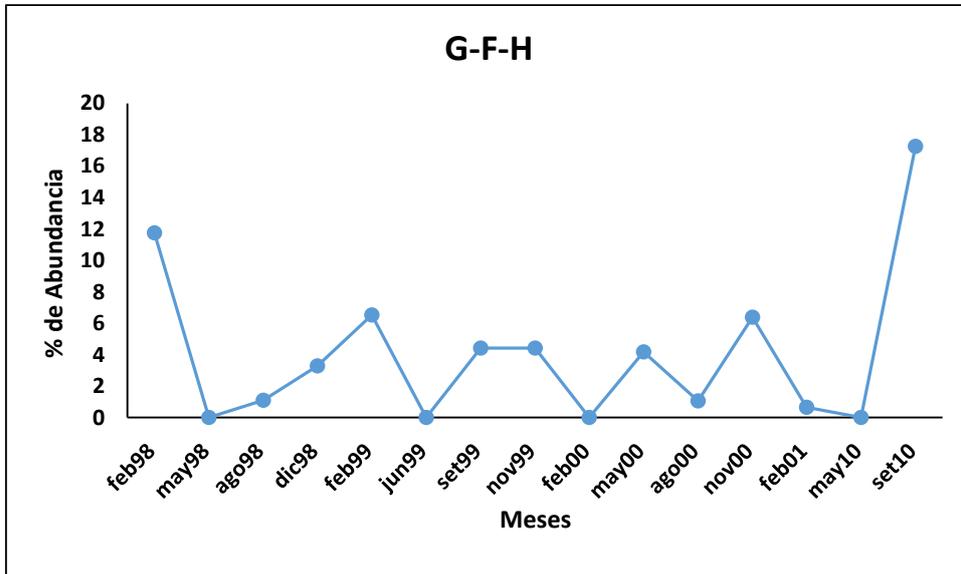
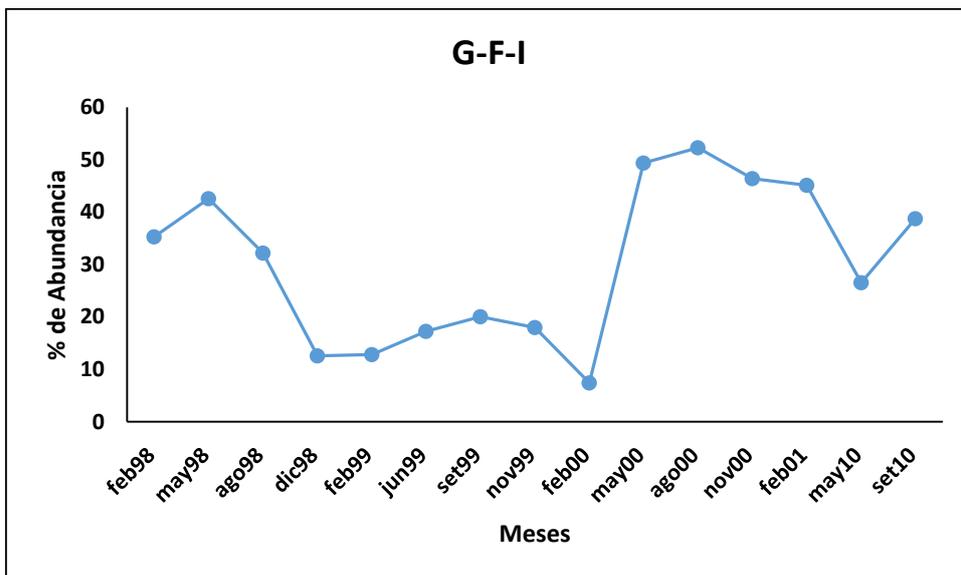


Figura 112. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Granívoro-Frugívoro-Herbívoro (G-F-H) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



En el grupo de los granívoros-frugívoros-insectívoros se observan tres comportamientos en el tiempo, al parecer el ENSO1998 genera valores medios luego disminuyen y luego se incrementan desde mayo del 2000, y vuelve a valores medios en el ENSO2010.

Figura 113. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Granívoro-Frugívoro- Insectívoro (G-F-I) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



En el grupo de los insectívoros-nectarívoros se observan un pico en el mes de agosto de 1998 y en el grupo de los nectarívoros se observan valores altos en mayo de 1998 y agosto de 1998, en febrero de 1999 y junio de 1999, y luego solo en noviembre de 1999 y noviembre de 2000 y por último en setiembre del 2010.

Figura 114. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Insectívoro-Nectarívoro (I-N) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y setiembre del 2010 en las Lomas de

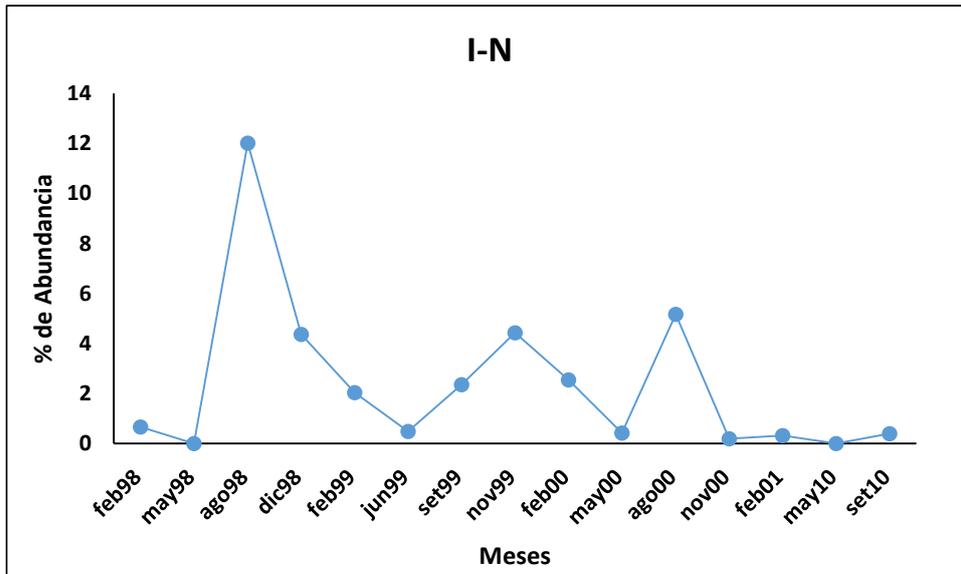
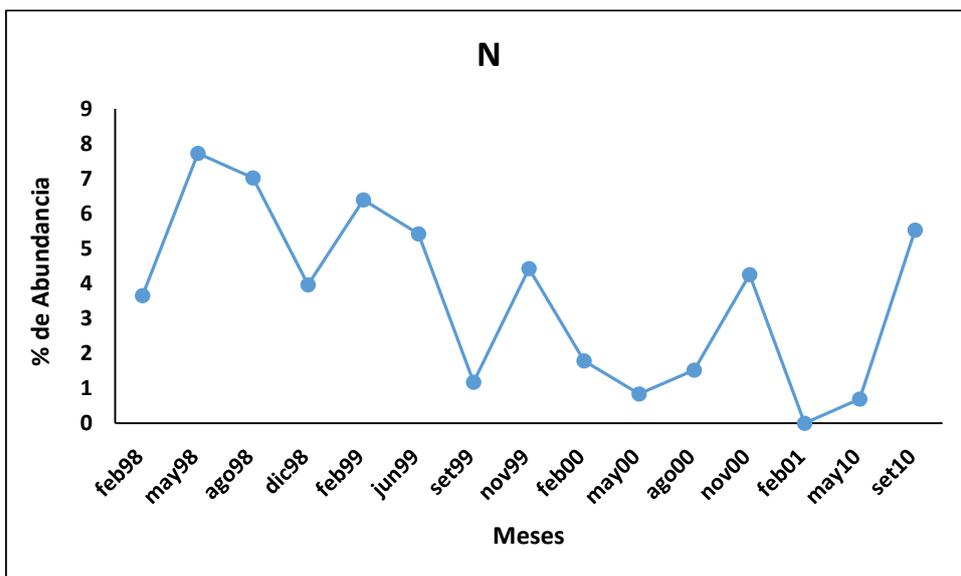


Figura 115. Porcentaje de abundancia del grupo funcional Insectívoro-Nectarívoro (I-N) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y setiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



Para entender cuál es la dinámica en cada parcela con respecto a los grupos funcionales, se muestran la variación en el tiempo de la abundancia de los grupos funcionales en las parcelas mostrando sus intervalos de confianza. Si se observa a los granívoros-insectívoros se aprecia alta variabilidad entre los meses sin embargo por los intervalos que presenta no hay diferencias notorias.

Figura 116. Abundancia del Grupo Granívoro-Insectívoro (G-I) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

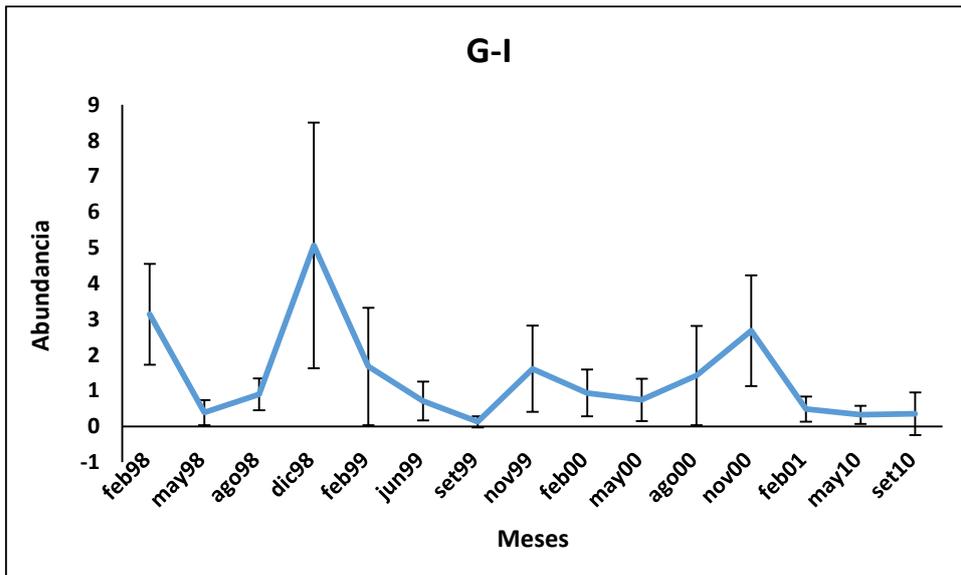
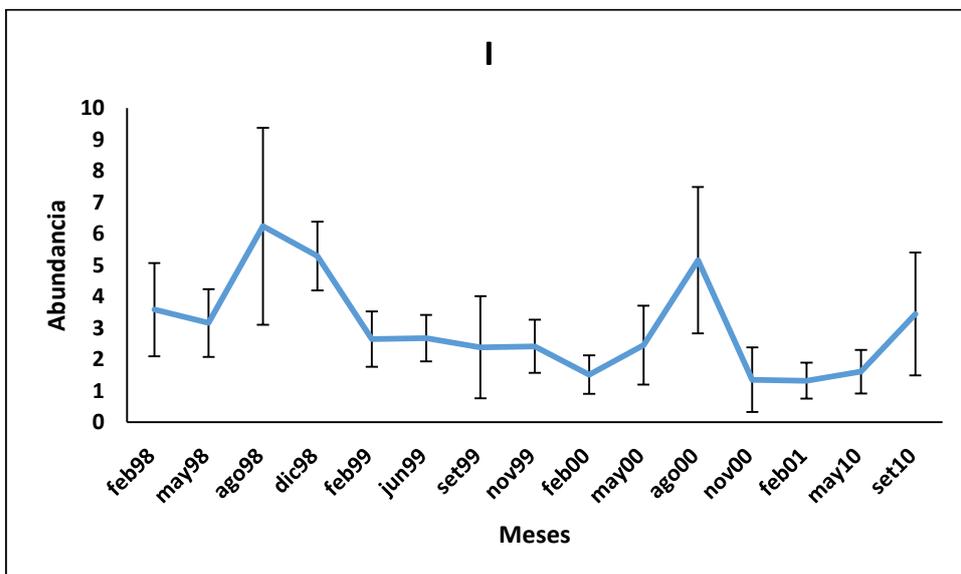


Figura 117. Abundancia del Grupo Insectívoro (I) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



Si se observa a los insectívoros se aprecia también alta variabilidad entre los meses y más heterogeneidad en los meses como agosto de 1998 y agosto del 2000 que presentan los valores más altos. Por otro lado en los granívoros se aprecia también alta variabilidad entre los meses y más heterogeneidad en el mes de diciembre de 1998 y febrero del 2000.

Figura 118. Abundancia del Grupo Granívoro (G) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

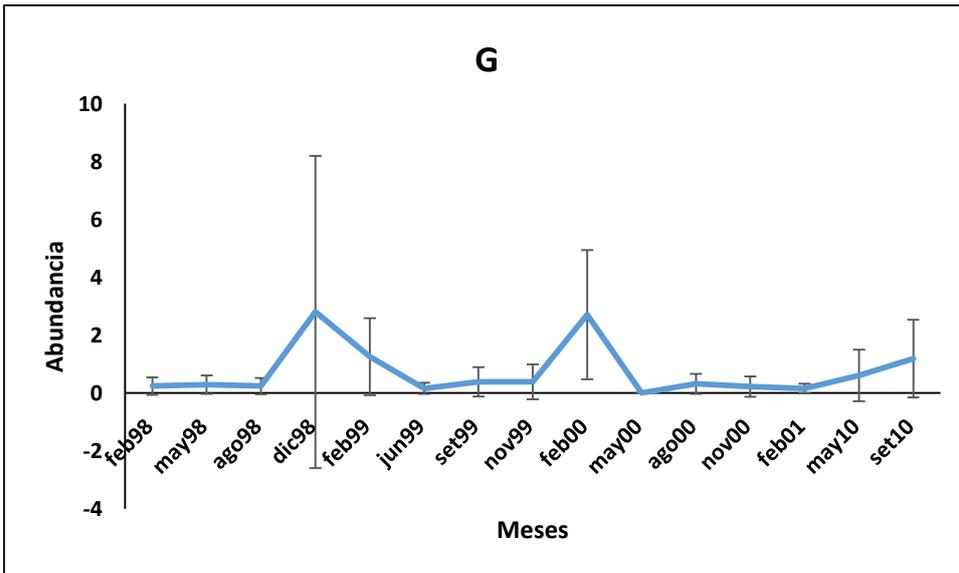
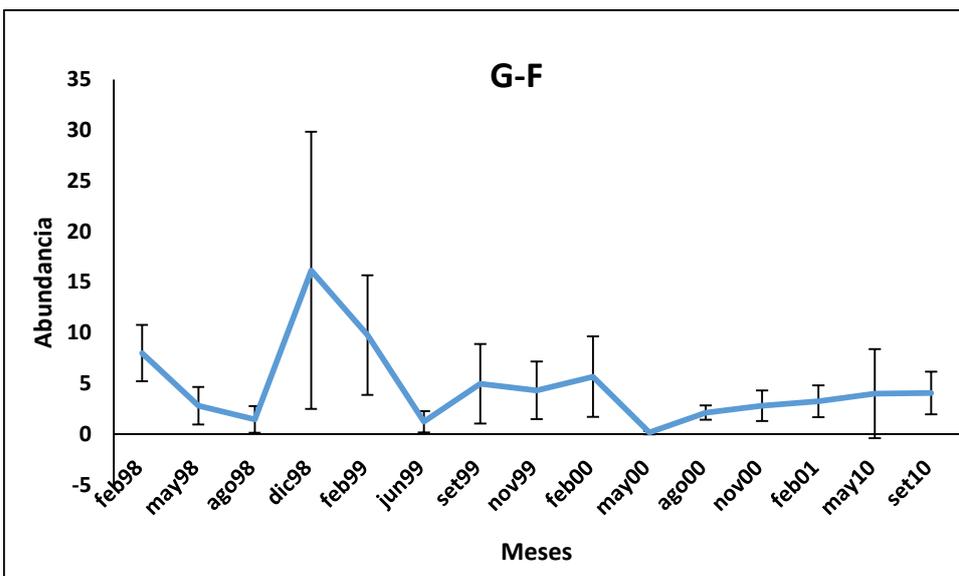


Figura 119. Abundancia del Granívoro-Frugívoro (G-F) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



Si se observa a los granívoros- frugívoros se aprecia también variabilidad entre los meses y más heterogeneidad en los meses como diciembre de 1998 que presenta el valor más alto y febrero de 1999. Si se observa a los granívoros-frugívoros- herbívoros se aprecia también alta variabilidad entre los meses y más heterogeneidad en los meses como febrero de 1998 y setiembre del 2010 que presentan los valores más altos.

Figura 120. Abundancia del Granívoro-Frugívoro-Herbívoro (G-F-H) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y setiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

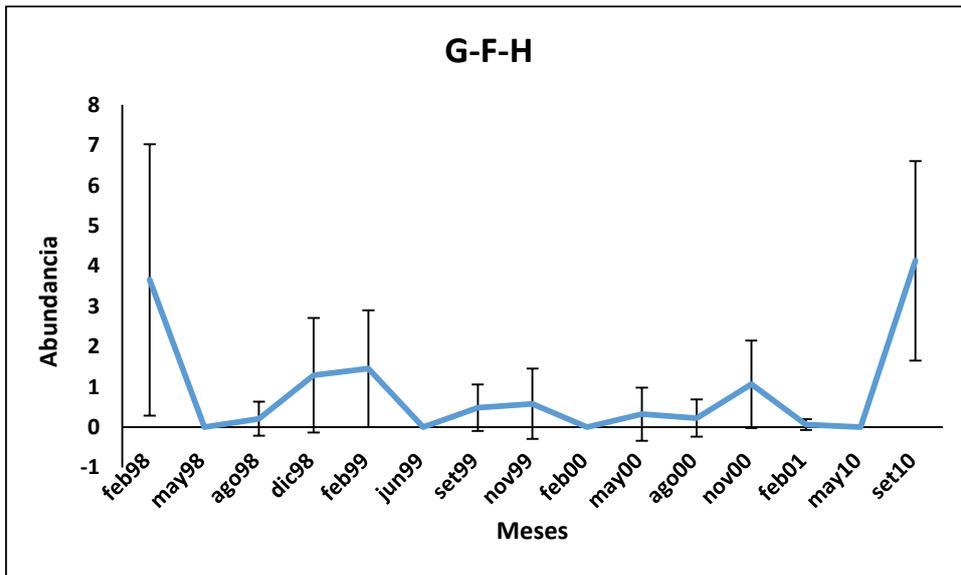
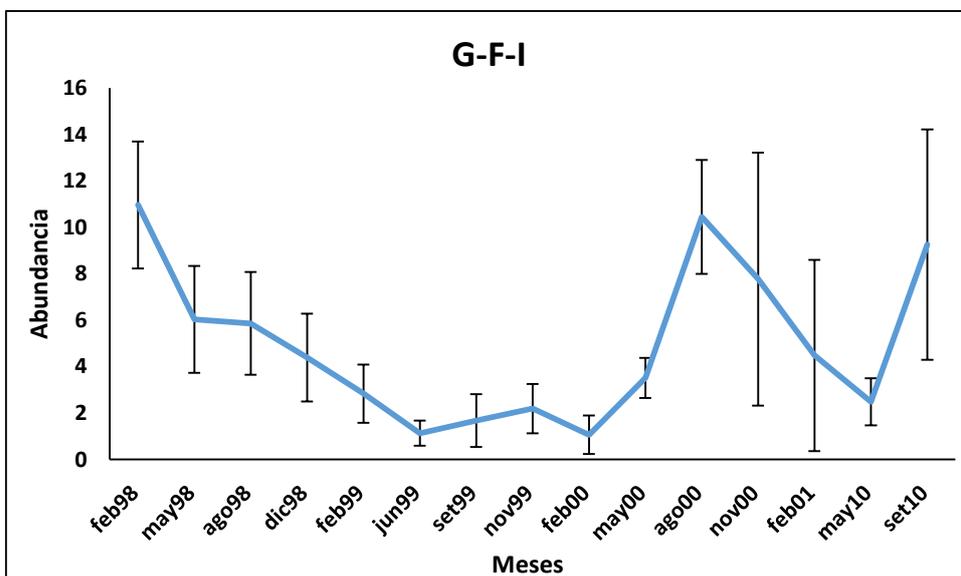


Figura 121. Abundancia del Granívoro-Frugívoro- Insectívoro (G-F-I) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y setiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



En los granívoros-frugívoros- insectívoros se aprecia el siguiente comportamiento entre los meses, febrero de 1998 presenta un valor alto que lo diferencia de los meses que van desde mayo de 1998 hasta mayo del 2000, luego es similar a agosto del 2000, noviembre del 2000, febrero del 2001 y setiembre del 2010. En los insectívoros- nectarívoros se aprecia el siguiente comportamiento entre los meses, agosto de 1998 es similar a diciembre de 1998 y agosto del 2000.

Figura 122. Abundancia del Grupo Insectívoro-Nectarívoro (I-N) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y setiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

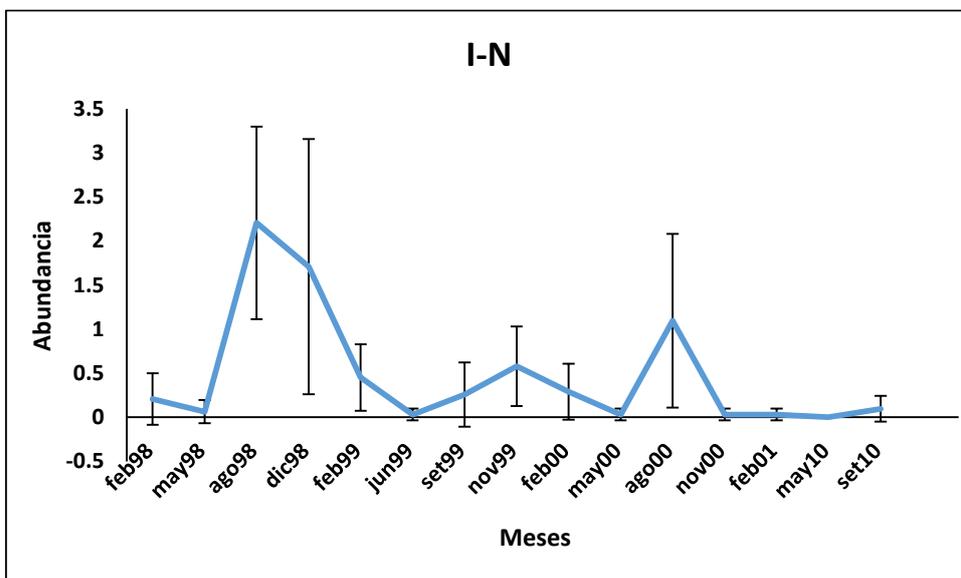
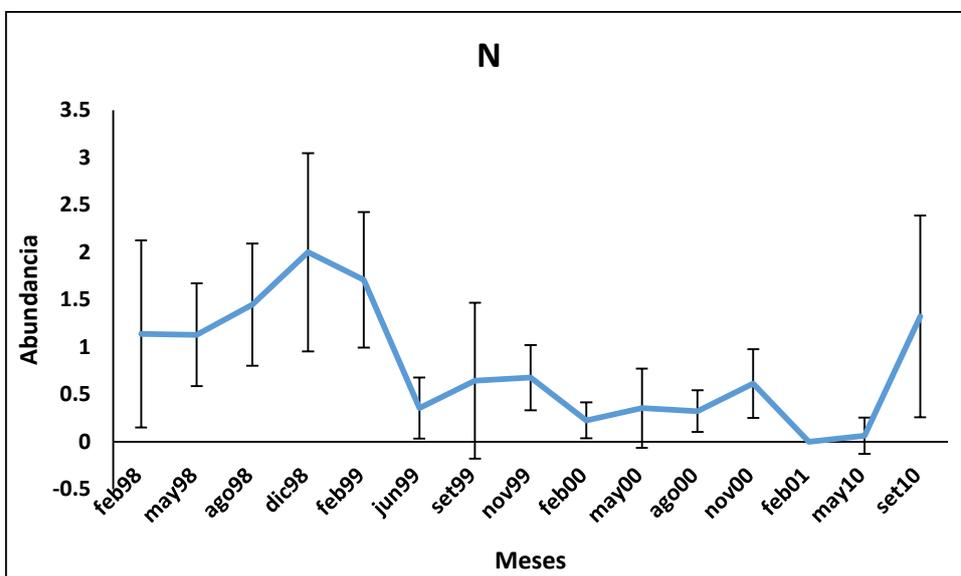


Figura 123. Abundancia del Grupo Nectarívoro (N) entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y setiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



En los nectarívoros se aprecia el siguiente comportamiento entre los meses, una alta variabilidad y heterogeneidad donde no se observa una tendencia porque los intervalos de confianza no los diferencian según la estacionalidad.

En resumen al evaluar el porcentaje de abundancia y la abundancia de los grupos funcionales de la ornitofauna en los 15 muestreos no se logra observar para este estudio una tendencia o patrón vinculado con los ENSOs, es posible que la ausencia en las parcelas de la ornitofauna influya en estos resultados.

#### **4.1.4.4 Especies clave**

Según Davic (2003) una especie clave puede crear o modificar un hábitat e influenciar en las interacciones, por lo que se pueden considerar las especies más abundantes de cada grupo funcional como un tipo de especie clave. Según las evaluaciones de los grupos funcionales en la vegetación del grupo funcional de las geófitas *Solanum montanum* y *Stenomesson coccineum*, son consideradas las especies clave. Según Galan de Mera et al. (1997) *Stenomesson coccineum* es una especie endémica de los andes, que también se encuentra en la costa, al igual que otro grupo de especies costeras lo cual reflejaría el origen andino del desierto del Pacífico. Para las lomas de Lachay ha sido de las pocas especies que han estado presentes en un mes sin precipitación. Estudios en las lomas de Tacahuay muestran su relación con las especies altoandinas, la actividad de pastoreo, la transhumancia y los eventos climáticos, determinando de manera importante los biotipos vegetales que en la actualidad se desarrollan en este ecosistema (Velásquez, 2013), es posible que este proceso tenga un comportamiento similar en todas las lomas.

De los grupos funcionales de las nanofanerófitas *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides* son las especies que van a dar estructura a la loma cuando otras especies no tengan las condiciones para mantenerse en estado vegetativo. Por ejemplo para las lomas de Tacahuay la composición florística que presenta, se desarrolló a mediados del Holoceno siendo las especies *Caesalpinia spinosa*, *Fuertesimalva peruviana*, *Nolana* sp., *Baccharis* sp., *Althernanthera* sp., *Bidens* sp., *Grindelia* sp., *Conyza* sp., *Senecio* sp. y *Croton* sp., las que ocuparon estas lomas por periodos de tiempo más largos. Las especies *Sonchus oleraceus*, *Erodium* sp., *Olea europea*, *Erigeron* sp., *Heliotropium* sp., *Solanum* sp. y *Fuertesimalva chilensis* estuvieron presentes desde periodos Inca/Hispanico (Velásquez, 2013). Por lo que se puede considerar a *Croton* con una permanencia mas larga en las lomas lo que permite

tener mejores condiciones adaptativas. De los grupos funcionales de las terófitas las especies a elegir son *Crassula connata*, *Urocarpidium peruvianum* y *Nicotiana paniculata*, puede crecer *Crassula connata* asociada a *Nicotiana paniculata*, la cual es una especie de la flora andina que se ha adaptado a las lomas y cumple varios servicios como la captura de agua atmosférica y favorece la polinización por insectos nectaríferos y picaflores, además se le encuentra en casi todos los muestreos en diferentes cantidades. De los grupos funcionales de las caméfitas se va a considerar a *Chenopodium petiolare*, que puede crecer en diferentes tipos de ambiente y también es considerada un recurso genético.

Según las evaluaciones de los grupos funcionales en los coleópteros, del grupo funcional de los fitófagos hay que considerar a las especies Elateridae indet, Naupactini-2 y Naupactini-1. Del grupo funcional de los depredadores se eligen a *Blennidus sp.*, Staphylinidae-2 y Coccinellidae-1. Del grupo funcional de los saprófagos son representativos *Evaniosomus orbygnianus* y *Ammophorus rubripes*. Del grupo funcional de los omnívoros se consideran a *Notiobia peruviana* y *Pelmatellus sp.*

Según las evaluaciones de los grupos funcionales en las aves, del grupo funcional de los granívoros-insectívoros las especies elegidas son *Phrygilus alaudinus* y *Volatinia jacarina*. Del grupo funcional de los insectívoros son tres especies que pueden destacar *Pygochelidon cyanoleuca*, *Troglodytes aedon* y *Pyrocephalus rubinus*. Del grupo funcional de los granívoros se tomara en cuenta las dos especies que pertenecen a este grupo *Metropelia ceciliae* y *Sicalis raimondii*. Del grupo funcional granívoros-frugívoros se pueden destacar *Zenaida auriculata* y *Columbina cruziana*. Del grupo funcional granívoros-frugívoros-herbívoros solo esta representada por *Psilopsiagon aurifrons*. Del grupo funcional granívoros-frugívoros-insectívoros se destacan dos especies *Zonotrichia capensis* y *Sturnella bellicosa*. Del grupo funcional insectívoros-nectarívoros solo esta representada por *Conirostrum cinereum* y el grupo funcional nectarívoros esta representado por toda la Familia Trochilidae.

#### **4.1.5 Las variables comunitarias y la detección de sus estados**

##### **4.1.5.1 Análisis estadístico**

Se compararon los 15 valores de densidad promedio, se procedió a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Obteniendo como resultado que las medias de la densidad de las salidas de campo siguen mostrando diferencias significativas ( $p=0,000000144$ ). Luego

se realizó una comparación posterior entre pares de medias utilizando la prueba no paramétrica U de Mann- Whitney, con un nivel de significancia de 0.05 (Cuadro 21). Empleando esta prueba estadística se observan algunas diferencias significativas (en azul) entre los muestreos realizados, para poder complementar esta información se puede observar la variación temporal de la densidad para cada año y la variación temporal de la densidad por meses.

Se compararon los 15 valores de la diversidad alfa IVI, se procedió a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Obteniendo como resultado que las medias de la densidad de las salidas de campo siguen mostrando diferencias significativas ( $p=9,79E-38$ ). Luego se realizó una comparación posterior entre pares de medias utilizando la prueba no paramétrica U de Mann- Whitney, con un nivel de significancia de 0.05 (Cuadro 23). Empleando esta prueba estadística se observan algunas diferencias significativas (en azul) entre los muestreos realizados.

Cuadro 21. Comparación de la densidad media empleando la Prueba U de Mann- Whitney.

	Feb98	May98	Ago98	Dic98	Feb99	Jun99	Set99	Nov99	Feb00	May00	Ago00	Nov00	Feb01	May10	Set10
Feb98		0,0376	0,5841	0,059	0,037	0,0224	0,317	0,032	0,008	9E-04	0,025	0,008	3E-04	0,092	0,957
May98	0,0376		0,1264	0,812	0,953	0,9453	0,239	0,927	0,684	0,286	6E-05	0,671	0,156	0,675	0,041
Ago98	0,5841	0,1264		0,1933	0,126	0,1055	0,655	0,123	0,045	0,008	0,007	0,042	0,003	0,245	0,608
Dic98	0,059	0,812	0,1933		0,8495	0,7491	0,345	0,872	0,511	0,182	1E-04	0,488	0,091	0,864	0,067
Feb99	0,037	0,953	0,126	0,8495		0,8808	0,251	0,987	0,626	0,235	4E-05	0,589	0,122	0,723	0,04
Jun99	0,022	0,945	0,106	0,749	0,8808		0,1812	0,844	0,746	0,311	4E-05	0,733	0,164	0,58	0,029
Set99	0,317	0,239	0,655	0,345	0,251	0,1812		0,2331	0,084	0,015	0,001	0,08	0,005	0,445	0,291
Nov99	0,032	0,927	0,123	0,872	0,987	0,8439	0,2331		0,5791	0,202	3E-05	0,566	0,097	0,698	0,032
Feb00	0,008	0,684	0,045	0,511	0,626	0,7464	0,084	0,5791		0,477	6E-06	0,987	0,267	0,36	0,01
May00	9E-04	0,286	0,008	0,182	0,235	0,3108	0,015	0,202	0,477		6E-07	0,479	0,684	0,107	0,001
Ago00	0,025	6E-05	0,007	1E-04	4E-05	4E-05	0,001	3E-05	6E-06	6E-07		6E-07	1E-07	1E-04	0,025
Nov00	0,008	0,671	0,042	0,488	0,589	0,7327	0,08	0,566	0,987	0,479	6E-07		0,274	0,347	0,008
Feb01	3E-04	0,156	0,003	0,091	0,122	0,1636	0,005	0,097	0,267	0,684	1E-07	0,274		0,0515	4E-04
May10	0,092	0,675	0,245	0,864	0,723	0,5804	0,445	0,698	0,36	0,107	1E-04	0,347	0,0515		0,081
Set10	0,957	0,041	0,608	0,067	0,04	0,0285	0,291	0,032	0,01	0,001	0,025	0,008	4E-04	0,081	

En azul: La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

Cuadro 22. Prueba de datos pareados de Wilcoxon para la Densidad comparando los mismos meses para diferentes años.

	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre
1998-1999	0.008	0.66	0.01	0.24
1998-2000	0.001	0.002	0.0000009	0.24
1998-2001	0.00005943	-	-	-
1998-2010	-	0.19	0.78	-
1999-2000	0.18	0.007	0.000001	0.047
1999-2001	0.00024414	-	-	-
1999-2010	-	0.88	0.015	-
2000-2001	0.004	-	-	-
2000-2010	-	0.005	0.0002	-

En azul: La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

Cuadro 23. Comparación de la Diversidad IVI empleando la Prueba U de Mann-Whitney.

	Feb98	May98	Ago98	Dic98	Feb99	Jun99	Set99	Nov99	Feb00	May00	Ago00	Nov00	Feb01	May10	Set10
Feb98		0,5403	0,5127	3,49E-05	6,57E-05	0,00271	0,01768	3,39E-06	4,17E-07	2,72E-10	0,0022	7,82E-09	4,89E-10	0,00062	0,09249
May98	0,5403		0,0448	2,48E-05	0,00011	0,00763	0,04263	2,41E-05	6,47E-07	2,83E-09	1,32E-05	3,55E-08	3,36E-09	0,00094	0,03411
Ago98	0,5127	0,0448		0,0000	6,23E-07	3,49E-05	0,00079	2,77E-07	5,36E-09	1,19E-10	0,00631	9,12E-10	1,36E-10	1,36E-05	0,3565
Dic98	3,49E-05	2,48E-05	0,0000		0,8658	0,2975	0,2691	0,1232	0,02473	1,45E-05	7,64E-10	0,00028	2,99E-05	0,8327	8,36E-06
Feb99	6,57E-05	0,00011	6,23E-07	0,8658		0,3528	0,2691	0,218	0,05036	0,00021	2,09E-09	0,00173	0,0003	0,888	1,55E-05
Jun99	0,00271	0,00763	3,49E-05	0,2975	0,3528		0,7783	0,05553	0,0092	5,02E-05	3,70E-08	0,00048	7,40E-05	0,4903	0,00016
Set99	0,01768	0,04263	0,00079	0,2691	0,2691	0,7783		0,0276	0,00618	2,41E-05	1,64E-06	0,00018	3,49E-05	0,3313	0,00081
Nov99	3,39E-06	2,41E-05	2,77E-07	0,1232	0,218	0,05553	0,0276		0,7091	0,04121	3,66E-09	0,153	0,05922	0,151	1,58E-06
Feb00	4,17E-07	6,47E-07	5,36E-09	0,02473	0,05036	0,0092	0,00618	0,7091		0,05204	3,56E-10	0,1881	0,07044	0,06312	2,57E-07
May00	2,72E-10	2,83E-09	1,19E-10	1,45E-05	0,00021	5,02E-05	2,41E-05	0,04121	0,05204		7,11E-11	0,5264	0,8437	0,00024	2,95E-09
Ago00	0,0022	1,32E-05	0,00631	7,64E-10	2,09E-09	3,70E-08	1,64E-06	3,66E-09	3,56E-10	7,11E-11		1,80E-10	7,11E-11	8,80E-08	0,1788
Nov00	7,82E-09	3,55E-08	9,12E-10	0,00028	0,00173	0,00048	0,00018	0,153	0,1881	0,5264	1,80E-10		0,6523	0,00161	1,00E-08
Feb01	4,89E-10	3,36E-09	1,36E-10	2,99E-05	0,0003	7,40E-05	3,49E-05	0,05922	0,07044	0,8437	7,11E-11	0,6523		0,0004	3,98E-09
May10	0,00062	0,00094	1,36E-05	0,8327	0,888	0,4903	0,3313	0,151	0,06312	0,00024	8,80E-08	0,00161	0,0004		2,72E-05
Set10	0,09249	0,03411	0,3565	8,36E-06	1,55E-05	0,00016	0,00081	1,58E-06	2,57E-07	2,95E-09	0,1788	1,00E-08	3,98E-09	2,72E-05	

En las variables evaluadas de la densidad y la diversidad alfa IVI empleando las pruebas no paramétricas que la mayoría de los meses difieren entre sí, en especial con el mes de agosto del 2000, se observan diferencias notorias, exceptuando para la diversidad alfa IVI con el mes de setiembre del 2010. Según Péfaur (1982) los cambios del número de especies y la densidad se encuentran entre las respuestas más conspicuas de la comunidad de plantas del desierto a la modificación del clima, siendo el principal factor limitante el agua.

Para ecosistemas desérticos como el desierto costero de Coquimbo la disponibilidad de agua es el primer factor limitante para la germinación de arbustos, los cuales requieren 15 mm de precipitación para germinar y más de 100 mm para establecerse, por lo que solo alcanza esos valores cuando se da el Fenómeno El Niño (Squeo y Martínez, 2007), son comunidades que se ven favorecidas por el ENSO. La precipitación es pues la variable estacional de mayor importancia para las regiones tropicales, ejerciendo las temporadas secas y de lluvias efectos importantes en la estructura de la comunidad (Krebs 1985). Así, el efecto de las sequías en las comunidades vegetales puede ser evidenciado por la muerte de individuos, por la reducción de crecimiento y/o por la producción, dispersión y germinación de semillas, pudiendo este estrés por agua modificar la habilidad competitiva de las especies (Chesson y Case 1986). Según Pimm (1991), hay una tendencia de las especies de plantas a balancear el tiempo de florecimiento para minimizar la competencia interespecífica, siendo pocas las especies que son capaces de florear durante el final de la estación seca (Ramírez 2000).

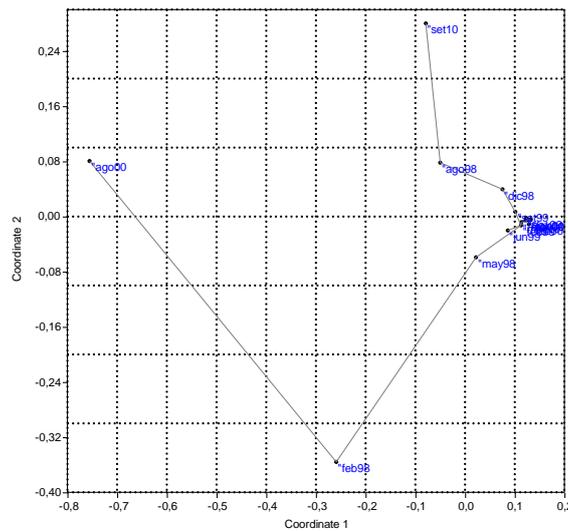
Arana y Salinas (2007) han realizado un seguimiento a la evaluación de la vegetación en las Lomas de Lachay durante más de 8 años, mostrando una alta variación estacional e interanual, tanto en la composición y la abundancia, los mayores valores de la riqueza y la abundancia de plantas se registraron en los inviernos, sin embargo variaciones importantes entre los años también fueron observados, típicamente dependientes de la presencia de los eventos El Niño (EN) y La Niña (LN). Se reconocieron seis patrones de respuesta poblacional de las especies herbáceas: Aparición en EN, Incremento en EN, Disminución en EN, Incremento en LN, Disminución en LN e incremento en el periodo post-EN. Además señalan que la fragilidad de un ecosistema está íntimamente relacionada con las características intrínsecas del ecosistema como la riqueza y la diversidad particulares de cada ecosistema, su resiliencia, su endemismo, su carácter relictivo, la insularidad y la disyunción, también con el grado de peligro al que está expuesto.

#### **4.1.5.2 Dinámica de ecosistemas empleando atractores**

Se empleó una herramienta del análisis multivariado el NMDS, para evaluar las variables bióticas, en especial la abundancia de todas las especies que aportan el 95%, para evaluar con las especies representativas del ecosistema, para entender el estado del ecosistema de lomas y su evolución en el tiempo. Este enfoque, además, permite seleccionar variables de acuerdo a su comportamiento en la dinámica del ecosistema en su conjunto; denominadas variables clave (Davic, 2003).

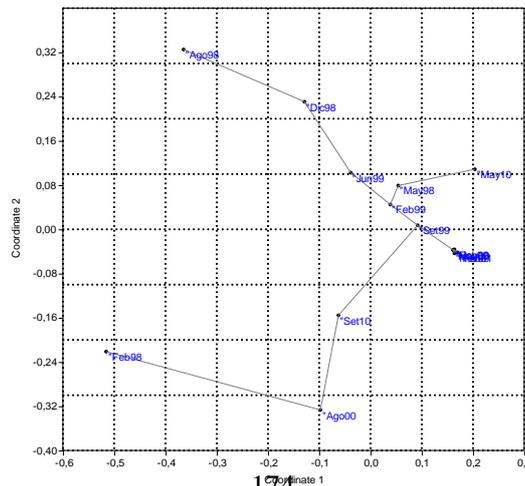
Para la abundancia de las herbáceas previamente se realizó el análisis de cluster con las opciones Euclidiana, Correlación, Morisita y Raup Crick, la correlación más alta se dio con la opción Euclidiana (0,9977) y que presento el valor de Stress (0,03954) más adecuado comparándolo con los otros Indices de Similitud.

Figura 124. NMDS de la Abundancia de las Herbáceas entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



Para la cobertura de las herbáceas previamente se realizó el análisis de cluster con las opciones Euclidiana, Correlación, Morisita y Raup Crick, la correlación más alta se dio con la opción Euclidiana (0,9517) y que presento el valor de Stress (0,08106) más adecuado comparándolo con los otros Indices de Similitud.

Figura 125. NMDS de la Cobertura de las Herbáceas entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



Para el IVIg de las herbáceas previamente se realizó el análisis de cluster con las opciones Euclidiana, Correlación, Morisita y Raup Crick, la correlación más alta se dio con la opción Correlación (0,8593) y que presento el valor de Stress (0,1291) más adecuado comparándolo con los otros Indices de Similitud.

Figura 126. NMDS del IVIg de las Herbáceas entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

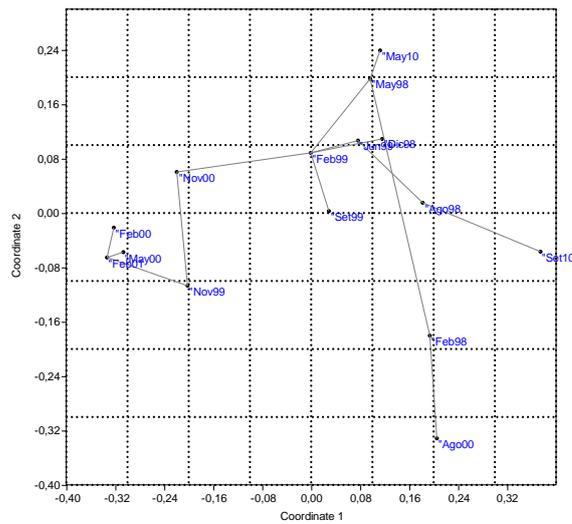


Figura 127. NMDS de la Abundancia de los coleópteros entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

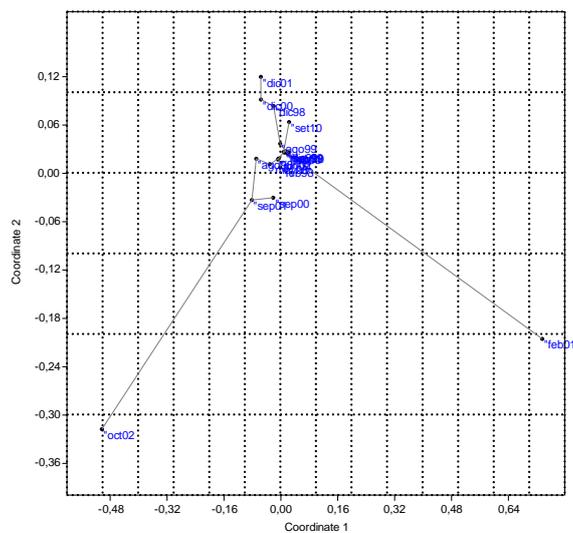
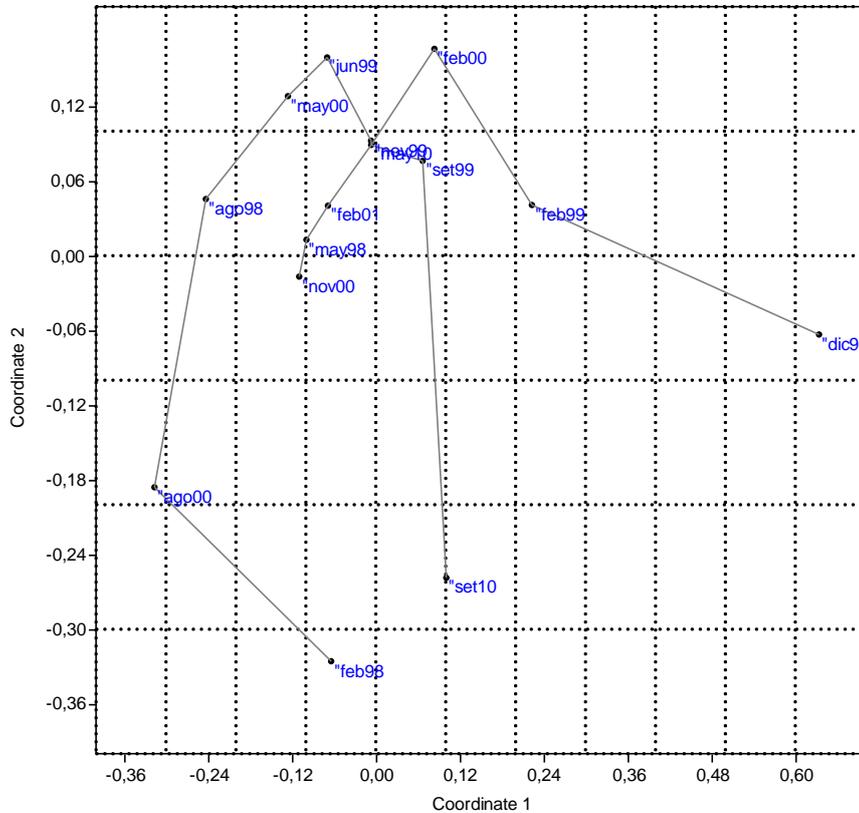


Figura 128. NMDS de la Abundancia de los aves entre febrero de 1998 y febrero del 2001, mayo y septiembre del 2010 en las Lomas de Lachay.



Para la abundancia de los coleópteros previamente se realizó el análisis de cluster con las opciones Euclidiana, Correlación, Morisita y Raup Crick, la correlación más alta se dio con la opción Euclidiana (0,9961) y que presentó el valor de Stress (0,1253) más adecuado comparándolo con los otros Índices de Similitud. Por otro lado para la abundancia de las aves previamente se realizó el análisis de cluster con las opciones Euclidiana, Correlación, Morisita y Raup Crick, la correlación más alta se dio con la opción Euclidiana (0,9156) y que presentó el valor de Stress (0,1086) más adecuado comparándolo con los otros Índices de Similitud.

Las especies sean plantas o animales mediante su conducta seleccionan el hábitat, por ejemplo por medio de la producción de semillas que germinan en condiciones ambientales determinadas. Los factores bióticos, es decir otras especies pueden limitar la distribución por la depredación, el parasitismo, la enfermedad o la competencia. Los factores abióticos, como la temperatura ambiental, la disponibilidad del agua, la luz solar, el viento, la humedad, la estructura física, el pH y la composición mineral de las rocas y el suelo limitan la distribución

de las plantas y en consecuencia de los animales que se alimentan de ella (Campbell y Reece, 2007). Esta investigación al emplear el enfoque multitaxico nos permite notar que cada taxón dice algo diferente. Como la menciona la teoría de las perturbaciones al tener diferentes escalas de percepción los diferentes organismos perciben el entorno de diferentes maneras, por lo tanto experimentan diferentes efectos como consecuencia de la perturbación. En este caso las tres variables bióticas, se encuentran en tres escalas no solo físicas, sino también biológicas por lo que las plantas herbáceas, los coleópteros y las aves, nos muestran la discontinuidad de la naturaleza.

Se puede apreciar este comportamiento en el análisis multivariado para las tres taxa e inclusive para la vegetación sus variables tienden a tener un propio comportamiento, la variable IVIg de las herbáceas permite diferenciar los periodos donde las condiciones del entorno presentan una menor disponibilidad de agua. La abundancia de los coleópteros permite notar la influencia del ENSO 2002 y un mes con las condiciones más notorias de una época seca y la abundancia de las aves se permite apreciar el efecto del ENSO del 98 con demoras de respuesta, siendo beneficioso para las aves casi al finalizar esta perturbación.

#### **4.1.6 Propuesta de variables para el monitoreo**

Se puede observar que cada taxón ha tenido su propio comportamiento por lo que las variables a sugerir que sean evaluadas pueden ser complementarias, se sugieren las variables comunitarias de la vegetación  $C_{inv}$  Abundancia,  $C_{inv}$  Cobertura,  $C_{inv}$  IVI, tomando en cuenta el tipo de especies que se encuentren pueden ser endémicas, nativas u otra categoría para evaluar la integridad de la loma, en las variables comunitarias de los coleópteros la abundancia y la riqueza de especies y en las variables comunitarias de las aves la diversidad alfa y la riqueza de especies

En los grupos funcionales se han elegido el porcentaje de abundancia de caméfitas y el grupo funcional de las nanoferófitas, de los grupos funcionales de los coleópteros la abundancia del Grupo Depredador y del Grupo Saprófago. Con respecto a las especies mas importantes de los grupos funcionales se encontraron como especies clave del grupo funcional de las geófitas a *Solanum montanum* y *Stenomesson coccineum*, del grupo funcional de las nanofanerófitas a *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides* y del grupo funcional de las terófitas a *Crassula connata*, *Urocarpidium peruvianum* y *Nicotiana paniculata*.

De todas las variables evaluadas se considera como variable clave el IVIg de la vegetación, que permite diferenciar la gradiente de humedad entre los meses porque expresa el aporte de la abundancia y la cobertura vegetal de la vegetación.

## **4.2 Discusión**

Este ítem se tiene que iniciar reconociendo que El Niño 97-98, para la data que se pudo obtener, presenta las precipitaciones más altas de los registros históricos, lo que permite apreciar que no se parece a ningún otro ENSO. Además desde el enfoque espacial cada ENSO tiene efectos diferentes en las escalas global y regional, generando una alta incertidumbre en la precipitación y la humedad a nivel local primero a nivel del mar, segundo en el litoral costero y por último en la loma, donde no se observan regularidades.

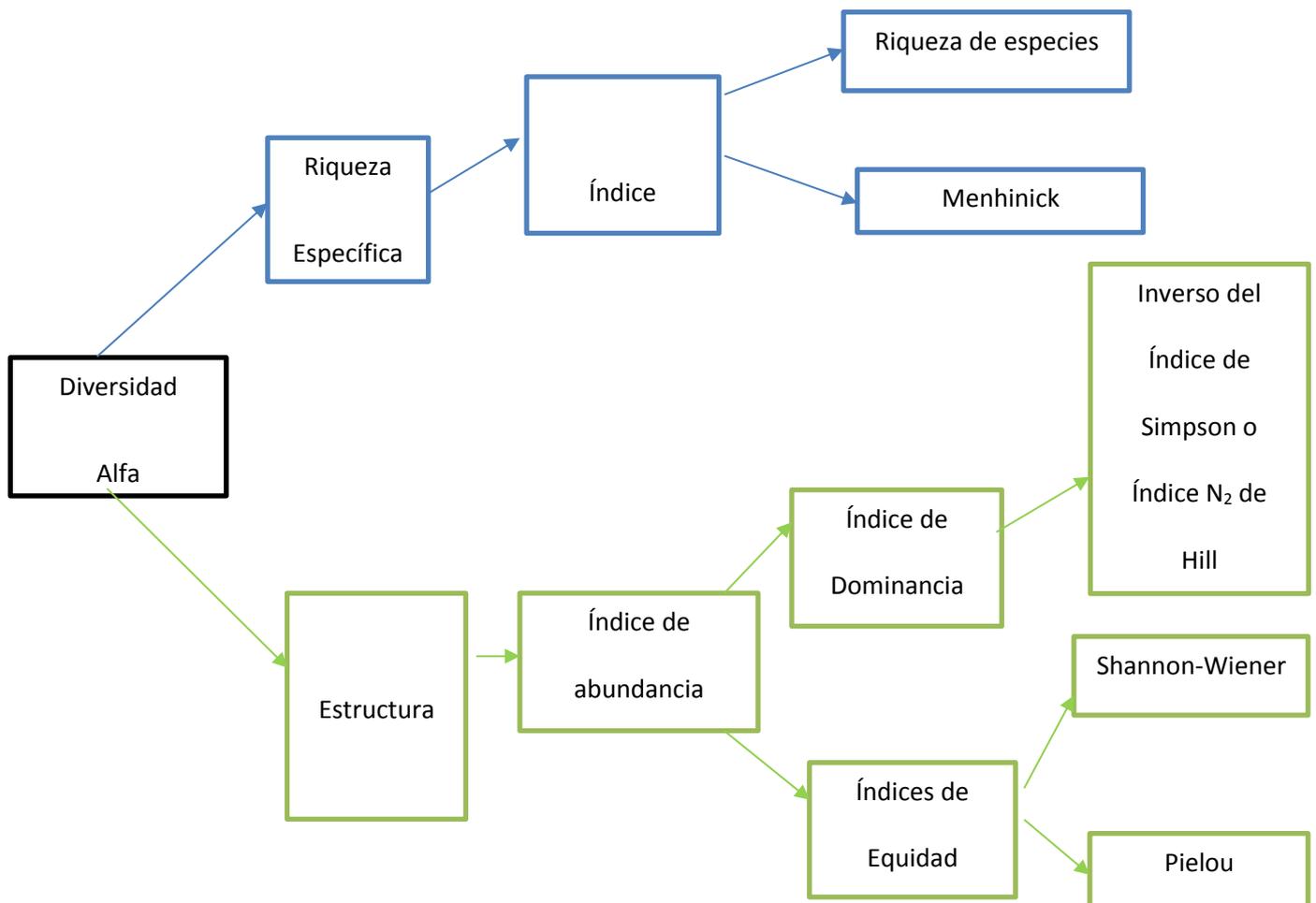
Para entender el contexto del entorno se evaluaron algunas variables abióticas desde dos enfoques, para el primero se observó el comportamiento de las series de tiempo de la precipitación total en especial el periodo desde julio de 1997 a octubre del 2016 presentando ligeramente un ruido rosado, luego como se sabe que en el transcurso de este periodo se dieron tres Eventos El Niño.

Para cada ENSO el inicio y la intensidad fue diferente, en el primer evento el ENSO 97-98 la serie temporal se vuelve en ruido blanco, donde se aprecia que llueve de manera aleatoria, presenta una mayor oferta de agua pero de manera desordenada, es decir se da más entropía en el sistema. En el segundo evento 2002-2003 se genera ruido rosado y en el tercer evento 2009-2010 la serie tiende a enrojarse y presenta un comportamiento similar al ENSO 97-98. Es posible que el primer y el tercer Evento El Niño permitan la presencia de algunas especies oportunistas, por su comportamiento desordenado, es decir generando más entropía en la precipitación, lloviendo de una manera muy variable, aunque ambos eventos se inician de procesos diferentes.

Para el segundo enfoque las variables abióticas como la precipitación total mensual (mm), la humedad relativa media mensual (%) y la temperatura media mensual (°C) fueron agrupadas empleando el análisis de cluster, elaborando un dendograma con constrained desde julio 1997 hasta diciembre del 2010, esto permite reconocer que el primer grupo que se genera está relacionado con el periodo de inicio del Niño 97-98, en especial con la categoría Cálida Extraordinaria del ICEN (Índice Costero El Niño).

La mayoría de las variables comunitarias de la vegetación, los coleópteros y las aves presentan una alta variabilidad temporal no mostrando una relación o patrón definido con el ENSO 98, mostrando que la naturaleza es evolutiva y no se observan trayectorias únicas. Sin embargo al evaluar uno de los Índices y el tipo de especies que presenta permite observar el comportamiento de los ENSOs, sugiriendo un mayor aporte de las especies endémicas luego de un ENSO, se aprecia esto para el último muestreo donde se tiene el mayor número de especies de endémicas ( $C_{inv}$  Cobertura siete y  $C_{inv}$  IVI cuatro). Por lo que se podría sugerir que los ENSOS son activadores de la memoria histórica de los ecosistemas de Lomas para la variable biótica vegetación. Como para los coleópteros se tiene un mayor registro histórico, la abundancia y la riqueza de especies permiten observar el comportamiento del ENSO 2002 y las aves mediante la diversidad alfa y la riqueza de especies permiten observar el comportamiento del ENSO 1998.

Las variables comunitarias evaluadas fueron:



**Fuente:** Elaboración propia modificada de Moreno (2001).

Según Huston (1994) los procesos regionales como la historia geológica y evolutiva, la especiación, las tasas de extinción, los patrones de dispersión y de migración se vuelven más importantes en la determinación del número de tipos funcionales en una comunidad que los procesos locales (vinculados a la competencia y la mortalidad). Por otro lado, dentro de un mismo grupo funcional la competencia, uno de los procesos locales que afectan la mortalidad (como son la predación, la herbivoría, el parasitismo y las enfermedades), toma particular importancia en la historia de los individuos presentes y por lo tanto en la determinación de los impactos sobre la diversidad. La competencia hace que dentro de un mismo grupo funcional, bajo condiciones de alto crecimiento poblacional y bajas tasas e intensidades de disturbios, la diversidad se vea reducida por exclusión competitiva. Además por consideraciones evolutivas plantea que las especies sésiles como las plantas mantienen interacciones competitivas más fuertes que las especies móviles, como los animales. Estos últimos al desplazarse para buscar los recursos que necesitan interactuaron competitivamente de modo más intenso en el pasado, y por lo tanto ya han reducido los niveles de competencia por exclusión competitiva. Se requiere tener mas información de estos procesos a escala local, es decir ¿Las especies de las lomas de Lachay cumplen este postulado?.

Los enfoques sobre las lomas pueden ser complementarios, si se considera las lomas como un sistema, se puede tomar en cuenta el enfoque de Earls (1989) sobre la ley de requisito de variedad de Ashby al explicar las características de los sistemas agrícolas hispánicos. Donde la capacidad de organización y modificación del entorno es limitado, y la única forma de asegurar cumplir con esta ley es que el sistema fluctúe más que el entorno, las herbáceas de las lomas tienen que tener estructuras de vida latente, es decir semillas, como respuesta a los periodos de sequía y una alta capacidad de crecimiento poblacional en años con mayor disponibilidad de agua (Sánchez, 1992). Como este ecosistema presenta una alta variabilidad en la oferta de agua, considerando la presencia de El Niño, se tiene que considerar que existen por lo menos 3 diferentes tipos de Niños y que la memoria histórica de la loma posibilita una mayor oportunidad a las especies endémicas y nativas para expresarse bajo esas condiciones, es lo que se ha podido apreciar con esta data temporal de 15 muestreos para la vegetación y podría estar dándose otra dinámica para beneficiar su permanencia.

## V. CONCLUSIONES

- Al evaluar las series de tiempo de la precipitación total mensual desestacionalizada se observa que cada Evento El Niño tiene su propio comportamiento, además se aprecia en el primer y el tercer Evento El Niño a la precipitación con una alta variabilidad generando la presencia de algunas especies oportunistas como *Nicotiana paniculata*.

- Para el año 2010 presentan una relación no lineal, la precipitación total mensual de las Lomas de Lachay con las ATSM (Anomalías mensuales de la Temperatura Superficial del Mar) del Callao del tipo cuadrática ( $r = 0,78$ ) y la humedad relativa con la captación de agua de niebla del tipo exponencial ( $r = 0,64$ ). Al parecer los Eventos La Niña y El Niño de menor intensidad no tienen un efecto directo sino son la precipitación, la humedad relativa y la captación de agua una expresión de la variabilidad temporal (estocasticidad ambiental).

- En las herbáceas se registraron 65 especies distribuidas en 28 familias, en los dos últimos muestreos se han incluido 9 nuevas especies y las familias representativas por el Índice de Valor de Importancia (IVI) fueron Solanaceae, Asteraceae y Euphorbiaceae. En las aves 31 especies distribuidas en 17 familias, representativas por la abundancia Columbidae, Emberizidae y Thraupidae.

- Se registraron en los coleópteros 24 229 individuos, 70 especies distribuidas en 22 familias, en los dos últimos muestreos se han incluido 7 nuevas morfoespecies. Las familias representativas por la abundancia son Tenebrionidae, Carabidae y Curculionidae y por el número de especies son Tenebrionidae, Curculionidae, Carabidae, Coccinellidae y Staphylinidae.

- La mayoría de las variables comunitarias de la vegetación, los coleópteros y las aves presentan una alta variabilidad temporal no mostrando una relación o patrón definido con el ENSO 98, es decir presentan un metapatrón que expresa la falta de patrón.

- En las herbáceas las especies nativas y los grupos funcionales terófitas (Th) y caméfitas (Ch) están relacionados al ENSO 98, en los coleópteros el grupo funcional depredadores (D) está más relacionado a los ENSO 1998 y 2002, y el grupo funcional Omnívoro (O) al ENSO 2010. En las aves *Zonotrichia capensis* y *Zenaida auriculata* están relacionadas al ENSO 1998 y 2010 respectivamente.

- De los grupos funcionales sugeridos a monitorear son el porcentaje de abundancia de caméfitas y las nanoferófitas, los porcentajes de abundancia del Grupo Depredador y del Grupo Saprofago. De las especies clave de las geófitas *Solanum montanum* y *Stenomesson coccineum*, de las nanofanerófitas *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*, especies estructurales que se mantienen en el tiempo de manera constante. De los grupos funcionales de las terófitas las especies a elegir son *Crassula connata*, *Urocarpidium peruvianum* y *Nicotiana paniculata*.

- Al evaluar en el tiempo la variable clave más importante es el IVI<sub>g</sub> de la vegetación. Desde el monitoreo mediante el seguimiento histórico se sugieren las variables comunitarias ( $C_{inv}$  Abundancia,  $C_{inv}$  Cobertura,  $C_{inv}$  IVI) porque permiten observar el comportamiento de los ENSO 1998 y 2010. En el  $C_{inv}$  Cobertura predominan especies nativas y endémicas, sugiriendo más especies endémicas luego de un ENSO, se aprecia esto para el último muestreo donde se tiene el mayor número de especies endémicas ( $C_{inv}$  Cobertura siete y  $C_{inv}$  IVI cuatro). Por lo que se podría sugerir que los ENSOs activan la memoria histórica de los ecosistemas de Lomas para la vegetación. Además la abundancia y la riqueza de especies de los coleópteros, permiten observar el comportamiento del ENSO 2002 y la diversidad alfa y la riqueza de especies de las aves permiten observar el comportamiento del ENSO 1998.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda continuar el análisis de la precipitación total mensual incorporando nueva data para observar alguna tendencia o comportamiento de esta serie temporal y analizar las variables abióticas (temperatura media mensual y humedad relativa) a largo plazo. Además de evaluar la variabilidad espacial de estas variables abióticas en la loma.
- Se recomienda continuar con el monitoreo de las variables bióticas y complementarlas con la evaluación de las siguientes variables abióticas: anomalías mensuales de la Temperatura Superficial del Mar de la estación más cercana, la textura y la humedad del suelo, la captación del agua de neblina y considerar en el diseño de investigación la ecología del paisaje.
- Se recomienda continuar las evaluaciones en los futuros eventos El Niño y La Niña, de diferentes magnitudes.
- Se sugiere realizar estudios de la dieta de las especies de coleópteros, en especial de los depredadores y de las aves en las Lomas de Lachay tomando en cuenta la estacionalidad.
- Se sugiere incorporar a los actores sociales para complementar y validar las variables que consideran importantes en los Eventos El Niño en las Lomas de Lachay.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, P. 1963. Los artrópodos de las lomas de los alrededores de Lima. Revista peruana de entomología agrícola. 6(1): 109-114.
- Aguilar, P. 1979. Apreciaciones sobre la vegetación y flora de las lomas del Morro Solar, Tablada de Lurín y Atocongo. Anales Científicos 12: 79–84.
- Aguilar, P. 1979. Artrópodos presentes en la dieta de la “lechuza de los arenales” en las lomas de Lachay, Lima. 12: 79–84. Rev. Per. Ent. 22(1): 91-94.
- Aguilar, P. 1985. Fauna de las lomas costeras del Perú. Boletín de Lima 7(41): 17–28.
- Aguilar, P. G; Arrarte, J. 1974. Moluscos de las lomas costeras del Perú. Anales Científicos UNA La Molina. 12(3): 93-98.
- Anteparra, M; Redolfi, I; Arellano, C. 2014. *Parepitragus pulverulentus* y *Epitragopsis olivaceus* (Coleoptera: Tenebrionidae) en un olivar ecológico (*Olea europaea* L.) en la costa central del Perú. Aporte Santiaguino Revista de Investigación. 6(2): 98-107.
- Apaéstegui, J; Takahashi, K; Ortlieb, L; Sifeddine, A; Macharé, J. 2015. El Fenómeno El Niño durante el último milenio. Boletín Técnico El Niño 2(2): 1-8.
- Arana, C; Salinas, L. 2007. Fragilidad de los ecosistemas de Lomas Costeras del Perú Central. Dilloniana 5(1): 32-35.
- Arana, C; Cano, A; Roque, J; La Torre, M. 1999. Seminario-Taller Impacto de los eventos “El Niño Oscilación Sur” sobre la diversidad biológica de América Latina. Influencia de los eventos “El Niño” y “La Niña” sobre la dominancia de especies de plantas herbáceas de las Lomas de Lachay. Lima, Perú, CONCYTEC, p. 9.
- Arias, CA. 1990. Productividad Primaria, Estacionalidad y Uso de la Vegetación de las Lomas de Atiquipa. Departamento de Arequipa. Tesis para optar el título de Biólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. 117 p.

- Arnillas, CA. 2005. Medición de Perturbaciones en Ecosistemas de Puna mediante la distribución relativa de Herbáceas. Evaluación en la Microcuenca del río Pantache, Prov. de Huancavelica. Tesis para optar el título de Biólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. 189 p.
- Brack, A. J. 1974. Los vertebrados de las lomas costeras del Perú. *Anales Científicos UNA La Molina*. 12(3): 85-92.
- Brack, A. J. 1986. La Fauna. In *Gran Geografía del Perú Naturaleza y Hombre*. Barcelona, Manfer-Juan Mejía Baca, Tomo 3. p. 73-87.
- Brack, A; Mendiola, C. 2010. *Ecología del Perú*. Tercera edición. Lima, Perú. Asociación Editorial Bruño. 496 p.
- Britton, E.B. 1973. Coleoptera (Beetles). En: *The insects of Australia*. Melbourne University Press. 1029 pp.
- Bullock, J. 1996. Plants. En: Sutherland, W. (edit). *Ecological census techniques a handbook*. Cambridge University Press. 432 p.
- Cabrera, A. L. 1973. *Biogeografía de América Latina*. Washington D.C. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. 120 pp.
- Cano, A; La Torre, M; León, B; Arana, C; Roque, J. 1999a. Seminario-Taller Impacto de los eventos “El Niño Oscilación Sur” sobre la diversidad biológica de América Latina. Cambios en flora vascular de las lomas del desierto costero del Perú: ¿Ausencias temporales o extinciones locales?. Lima, Perú, CONCYTEC, p. 6.
- Cano, A; Roque, J; Arakaki, M; Arana, C; La Torre, M; Llerena, N; Refulio, N. 1999b. Diversidad florística de las lomas de Lachay (Lima) durante el evento “El Niño 1997-98”. En: *El Niño 1997-98 y su impacto sobre los ecosistemas marino y terrestre*. Tarazona, J; Castillo, E (eds.). *Revista peruana de biología*. Volumen extraordinario: 125-132.
- Cano, A; Arakaki, M; Roque, J; La Torre, M; Refulio, N; Arana, C. 2001. Flora Vascular en las lomas de Ancón y Carabayllo Lima, Perú durante El Niño 1997-98. En: *El Niño en América Latina Impactos Biológicos y Sociales*. Tarazona, J; Arntz, W; Castillo, E (eds.). Lima, Perú, CONCYTEC. 259-265.

Canziani, J; Mujica, E. 1997. Atiquipa: un caso prehispánico de manejo sustentable en ecología de Lomas. In González, E; Revesz, B; Tapia, M. editores. Perú: El problema agrario en debate. Seminario Permanente e Investigación Agraria VI. Lima-Perú. p. 503-526.

Castillo, LN. 2013. Abundancia Relativa y diversidad de la avifauna como indicadores del estado del ecosistema: campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar el título de Biólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. 149 p.

Cobo, B. 1956. Historia del Nuevo Mundo. Obras del Padre Bernabé Cobo de la compañía de Jesús. Edición del Padre Francisco Mateos S. J. Madrid. Ediciones Atlas. Biblioteca de Autores Españoles, Tomo I. 439 p.

CONAM (Consejo Nacional del Ambiente). 2006. GEO Perú 2002-2004: Informe Nacional del Estado del Ambiente, Lima, Perú. 294 p.

D´Achille, B. 1994. Kuntursuyo: Perú, Parques Nacionales y otras áreas de conservación ecológica. El territorio del cóndor. Ediciones Peisa. Banco Latino. Lima-Perú. 358 p.

Davic, RD. 2003. Linking Keystone Species and Functional Groups: A New Operational Definition of the Keystone Species Concept. En: Conservation Ecology 7(1):1-14.

De la Peña, MR. 2002. Nuevas observaciones en la alimentación de las aves. Revista FAVE – Ciencias Veterinarias. 1(2): 59-64.

De la Peña, MR. 2006. Observaciones de campo en la forma de capturar el alimento por algunas aves. Revista FAVE – Ciencias Veterinarias. 5(1-2): 25-35.

Deza, C; Jiménez, R; Ibáñez, D. 2011. Flora Vasculare de las lomas de Manchay. Cuaderno de Investigación – Jardín Botánico Parque de las Leyendas, 1: 26- 34.

Dillon, MO. 2013. South America. Pacific Coast: CPD Site SA42. LOMAS FORMATIONS Peru. Field Museum of Natural History, Center for Evolutionary and Environmental Biology, Department of Botany (en línea). Chicago, US. Consultado 18 ago. 2013. Disponible en <http://botany.si.edu/projects/cpd/sa/sa42.htm>

Dillon, MO; Nakazawa, M; Leyva, S. 2003. El Niño in Peru: Biology and Culture over 10,000 years. Fieldiana Botany, New Series 43: 1-9.

Dillon, MO; Leyva, S; Zapata, M; Lezama, P; Quipuscoa, V. 2011. Catalogo florístico de las Lomas peruanas. Arnaldoa. 18(1): 7-32.

- Dufrene M; Legendre P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67(3): 345-366.
- Elgueta, M; Arriagada, G. 1989. Estado actual del conocimiento de los coleópteros de Chile (Insecta: Coleoptera). *Rev. Chilena Ent.* 17: 5-60.
- Engel, FA. 1987. De las begonias al Maíz. Vida y producción en el Perú Antiguo. Lima, Centro de Investigaciones de Zonas Áridas (CIZA). Universidad Nacional Agraria, La Molina. 255 p.
- Fagan, BM. 2010. La corriente de El Niño y el destino de las civilizaciones: inundaciones, hambrunas y emperadores. Gedisa. Barcelona. 347 p.
- Fernández de Oviedo, G. 1959. Historia General y Natural de las Indias. Estudio preliminar y Edición de Juan Pérez de Tudela Bueso. Madrid. Ediciones Atlas. Biblioteca de Autores Españoles, Tomo V. 493 p.
- Ferreyra, R. 1953. Comunidades Vegetales de algunas Lomas Costaneras del Perú. Lima, PE, Estación Experimental Agrícola de La Molina. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Agricultura. Programa Cooperativo de Experimentación Agropecuaria. 88 p. (Boletín no. 53).
- Ferreyra, R. 1960. Algunos aspectos fitogeográficos del Perú. *Revista del Instituto de Geografía. U.N.M.S.M.* 6: 41-88.
- Ferreyra, R. 1986. Flora y Vegetación del Perú. In *Gran Geografía del Perú Naturaleza y Hombre*. Barcelona, Manfer-Juan Mejía Baca, Tomo 2. p. 63-69.
- Floralíes (El Club de Jardines del Perú “Floralies”)/PRODENA-AREQUIPA (Pro-Defensa de la Naturaleza-Arequipa)/ Asociación Atocongo. s.f. Santuario del Amancay. “Plan para Protección y Conservación del Amancay y Vegetación de Lomas en los Distritos de Pachacamac y Chilca”. 12 p.
- Franco, E. 2003. El Niño en el Perú: viejos y nuevos temas. *Zonas Áridas* 7: 105-118.
- Galan de Mera, A; Vicente Orellana, J.A.; Lucas Garcia, J.A. 1997. Phytogeographical sectoring of the Peruvian coast. *Global Ecology and Biogeography Letters* 6 (5): 349-367.
- Galán de Mera, A. 2000. Los estudios de vegetación en el Perú. De la Fisionomía a la Fitosociología. *Arnaldoa*, 7 (1-2): 39-48.

García, J; González, J.1983. Manual de Malezas en el Perú, Comunes en caña de azúcar. Lima, Perú. Hortus S.A. 224 p.

Giraldo, AE. 2002. Análisis de los patrones de variación espacio-temporal de las poblaciones de coleópteros en la Reserva Nacional de Lachay durante el periodo 1998-2001. Tesis para optar el título de Biólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. 254 p.

Giraldo, AE. 2011. Análisis crítico de las metodologías para el monitoreo de comunidades de artrópodos terrestres en evaluación ambiental: su adecuación a la realidad peruana. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en la especialidad de Ecología Aplicada. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. 303 p.

Giraldo, AE. 2014. Nuevos registros de *Blennidus* Motschulsky, 1865 y *Calleida* Dejean, 1825 (Coleoptera: Carabidae) para Perú. Rev. Peru. Entomol. 49(2): 143-148.

Guerrero, J. 1996. Las lomas, los bosques y su mensaje. Symbiosis. 2(1): 31-40.

Gutierrez-Correa, M; Jhoncon, J. 1983. Estudios Microecológicos en los Suelos de las Lomas Lachay (Perú). 4. Hongos Celulíticos. Zonas Áridas 3: 103-105.

Hair, J. 1987. Medida de la diversidad ecológica. In: Rodríguez, R. Manual de técnicas y gestión de vida silvestre. Canadá. p. 283-289.

Hammer Ø., Harper D.A.T. & P.D. Ryan. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1):9. 178kb.  
[http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).

Holling, C.S; Folke, C; Gunderson, L; Maler, K-G. 2000. Proyecto "Resilience of Ecosystems, Economic systems and Institutions". En: The Resilience Alliance. Case Statement-July 2000. Reporte Final. The John D. and Catherine T. Mac Arthur Foundation.

Huston, M. 1994. Biological Diversity. The coexistence of species on changing landscapes. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom. 681 p.

Jhoncon, J; Gutierrez-Correa, M. 1983. Ecología de *Penicillium* en los Suelos de las Lomas de Lachay (Perú).2. Distribución. Zonas Áridas 3: 91-94.

- Jiménez, R; Deza, C. 2011. Flora Vasculare de las lomas de Iguanil. Cuaderno de Investigación – Jardín Botánico Parque de las Leyendas, 2: 5- 15.
- Jiménez, R; Deza, C; Rebaza, G; Chipana, R; Canto, N. 2012. Avances en el estudio de la Flora Vasculare de las lomas de Caringa-Chamaure, San Bartolo, Lima-Perú. Cuaderno de Investigación – Jardín Botánico Parque de las Leyendas, 5: 28- 40.
- Koepcke, H.W. 1961. Synökologische Studien an der westseite der peruanischen Anden. Bonner Geog. Abh. Heft 29. 320 p.
- Koepcke M. 1964. Las Aves del Departamento de Lima. Talleres Gráfica Morson S.A., Lima, Perú. 118 p.
- Krebs, Ch. 1985. Ecología. Estudio de la Distribución y la Abundancia. Harla, S.A. de C.V. 2. Ed. México, D.F. 753 p.
- Lau, ME. 2007. Estrategias para gestionar la relación entre un ANPE y su área de influencia. Trabajo Monográfico para Optar el título Profesional de Biólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. 52 p.
- Lavado, W; Espinoza, J. 2014. Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú. Revista Brasileira de Meteorologia 29(2): 171-182.
- López, C. 1982. Zonas áridas y desertificación en el Perú. Zonas Áridas 1: 1-18.
- MAA (Ministerio de Agricultura y Alimentación). 1979. Plan Maestro Reserva Nacional de Lachay. Dirección General Forestal y de Fauna – UNALM – Programación de Cooperación Técnica de Nueva Zelanda, Lima, Perú. 40 p.
- Magurran, A. 1987. Diversidad Ecológica y su Medición. Ediciones VEDRA. Bangor. 200 p.
- Manrique, RS. 2011. El Niño Southern Oscillation and its effect on fog oases along the peruvian and chilean coastal deserts. Ph.D. Thesis. Alma Mater Studiorum-Università di Bologna. 102 p.
- Margalef, R. 1974. Ecología. Ediciones omega. Barcelona, España. 951 p.
- Margalef, R. 2002. Teoría de los Sistemas ecológicos. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México D.F, México. 290 p.

- Marín, V; Delgado, L. 1997. Nueva estrategia para un desarrollo sustentable: Manejo Ecosistémico de los Recursos Naturales. *Ambiente y Desarrollo*. 13(2): 70-76.
- Marinoni, R. 2001. Os grupos tróficos em Coleoptera. *Rvta bras. Zool.* 18(1): 205-224.
- Matteucci, DS; Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la OEA. Programa Regional desarrollo Científico y Tecnológico. p. 168.
- Matteucci, DS; Colma, A. 1998. El papel de la vegetación como indicadora del Ambiente. In Mateucci, DS; Buzai, GD. eds. *Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial*. 1 ed. Buenos Aires, Editorial Universitaria de Buenos Aires. p. 293-320.
- McGeoch M; Van Rensburg BJ; Botes A. 2002. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology*, 39: 661-672.
- MINAG (Ministerio de Agricultura). 1995. Mapa Ecológico del Perú. Guía explicativa. INRENA, Lima, Perú. 134 p.
- MINAG (Ministerio de Agricultura). 2002. Plan Maestro de la Reserva Nacional de Lachay 2003-2007. INRENA, Lima, Perú. 67 p.
- MINAM (Ministerio del Ambiente del Perú). 2009. Guía de Flora y Fauna de Lachay. Ed. A Tabini. 2 ed. Lima, Perú. 111 p.
- MINAM (Ministerio del Ambiente del Perú). 2010. Cuarto Informe Nacional sobre la Aplicación del Convenio de Diversidad Biológica: Años 2006-2009 - Capítulos I, II, III, IV, Apéndices y Anexos Áreas Protegidas. Ministro de Ambiente, Lima, Perú. 184 p.
- MINAM (Ministerio del Ambiente del Perú). 2013. Plan Maestro de la Reserva Nacional de Lachay 2013-2018. SERNANP, Lima, Perú. 27 p.
- Missouri Botanical Garden. 2014. Base de datos del Missouri Botanical Garden. Consultado 27 set. 2014. Disponible en: <http://www.tropicos.org/>
- MML (Municipalidad Metropolitana de Lima). 2013. Programas Lomas de Lima (en línea). Lima, PE. Consultado 7 ago. 2013. Disponible en <http://www.munlima.gob.pe/limaambiental/lomas-de-lima-presentacion>
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, España. 84 p.

Mostacero, J; Mejía F; Gamarra, O. 2009. *Fanerógamas del Perú: Taxonomía, Utilidad y Ecogeografía*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – CONCYTEC. Trujillo, PE. 1331 p.

Mostacero, J; Castillo, F; Mejía, F; Gamarra, OA; Charcape, JM; Ramírez, RA. 2011. *Plantas Medicinales del Perú: Taxonomía, Ecografía. Fenología y Etnobotánica*. Asamblea Nacional de Rectores. Trujillo, PE. 909 p.

NOAA. 2015. Base de Data Histórica El Niño/ La Niña Episodios (1950-presente) ERSST.v3b (ONI). Consultado 27 set. 2015. Disponible en: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears\\_ERSSTv3b.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_ERSSTv3b.shtml)

Odum, E. 1984. *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. México, D.F. 639 p.

Ohga, N. 1982. Buried seed population in soil in the Lomas Vegetation. In Ono, M. ed. A preliminary report of taxonomic and ecological studies on the lomas vegetation in the Pacific coast of Peru. Makino Herbarium, Tokyo Metropol. Univ. Tokyo. p 53-80.

Ono, M. 1982. Classification of the Lomas Vegetation in Peruvian Coast. In Ono, M. ed. A preliminary report of taxonomic and ecological studies on the lomas vegetation in the Pacific coast of Peru. Makino Herbarium, Tokyo Metropol. Univ. Tokyo. p 11-17.

Ordoñez, JL. 1983. *Metodología para la evaluación del Potencial Hídrico de las lomas costeras, utilizando sistemas de percepción remota*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Programa Académico de Ingeniería Agrícola. 112 p.

Ordoñez, JL; Faustino J. 1983. Evaluación del Potencial Hídrico en Lomas Costeras del Perú (Lomas de Lachay – Iguanil). *Zonas Áridas* 3: 29-42.

Ortlieb, L; Hocquenghem, A. 2001. Reconstrucción del Registro Histórico de Eventos El Niño en el Perú: Un estado de Avance. En Tarazona, J; Arntz, W.E; Castillo de Maruenda, E. eds. *El Niño en América Latina: Impactos Biológicos y Sociales*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Lima. p 361-379.

Palomares, A. 2008. Lachay Las Lomas que yo conocí (en línea). Lima, PE. Consultado 12 feb. 2014. Disponible en

[http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/publicaciones/RN\\_lahcya/Libro%20%20Lachay.pdf](http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/publicaciones/RN_lahcya/Libro%20%20Lachay.pdf)

Pascual, JA. 1997. El Arca de la Biodiversidad: de Genes, Especies y Ecosistemas. Editorial Celeste. Madrid, España. 368 p.

Péfaur, JE. 1982. Dynamics of Plant Communities in the Lomas of Southern Peru. *Vegetatio* 49(3): 163-171.

Petersen G. 1972. Geografía y Geología General del litoral peruano. In: Historia Marítima del Perú. Edit. Ausonia, Lima, Perú. Tomo I, Vol. I, pp 5-214.

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2005. GEO Lima y Callao 2005: Perspectivas del Medio Ambiente Urbano, Lima, Perú. 238 p.

Porrini, DP; Castro, AV; Cicchino, AC. 2014. Los carábidos (Coleoptera: Carabidae) asociados a los remanentes de bosque nativo en la Reserva Natural Municipal Laguna de los Padres, Buenos Aires. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 73(1-2): 35-48.

Pulido, VM; Aguilar, PG. 1979. Artrópodos presentes en la dieta de la “Lechuza de los Arenales” en las Lomas de Lachay, Lima. *Revista Peruana de Entomología* 22(1): 91-94.

RAE (Real Academia Española). 2013. Diccionario de la Lengua Española – Vigésima segunda edición (en línea). Consultado 19 ago 2013. Disponible en <http://lema.rae.es/drae/?val=loma>

Ramírez, DA. 2000. Sensibilidad al Cambio Estacional de Algunos Componentes del Ecosistema de Leñosas Pertenecientes a la cuenca del Rio Cajamarca, Febrero 1998-Febrero 1999. Tesis para optar el título de Biólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias. 145 p.

Ramírez, D; Sánchez, E; Quinteros Z. 2000. El muestreo como herramienta en el monitoreo de la diversidad y cobertura vegetal de la Loma “Morro Quemado”, Reserva Nacional de Paracas, Pisco-Perú. *Arnaldoa*, 7 (1-2): 49-64.

Ramírez, DA; Pérez, D.H; Sánchez, E; Arellano, G. 2003. Esfuerzo de muestreo para la evaluación de la diversidad colectada en pit-fall en la Reserva Nacional de Lachay – Perú. *Ecología Aplicada*, 1(1): 37-42.

Raunkier, C. 1934. The Life forms of plants and statistical plant geography. Oxford Univ. Press. 147 p.

Resilience Alliance. 2007. Assessing and managing resilience in social-ecological systems: Volume 2. Supplementary notes to the practitioners workbook. 52 p.

Reynel, C; Pennington, R. T; Särkinen, T. 2013. Cómo se formó la Diversidad Ecológica del Perú. Lima, PE, Jesús Bellido M. 412 p.

Ribera, I; Beutel, R. 2012. Coleópteros. En: Vargas, P; Zardoya, R. (Eds.). El Árbol de la Vida: Sistemática y evolución de los seres vivos. Madrid. 617 p.

Rodríguez, J. 2010. Ecología. Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, S.A.) 2. Ed. Madrid, España. 502 p.

Rodríguez, LO; Young, KR. 2000. Biological Diversity of Peru: Determining Priority Areas for Conservation. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 29(6): 329-337.

Rostworowski, M. 2002. Pachacamac y el Señor de los Milagros: una trayectoria milenaria; El Señorío de Pachacamac: el informe de Rodrigo Cantos de Andrade; Señoríos indígenas de Lima y Canta. Lima. Instituto de Estudios Peruanos (IEP). 411 p. (Obras Completas II; Serie Historia Andina, 25).

Rostworowski, M. 2005. Recursos naturales renovables y pesca, siglos XVI y XVII; Curacas y sucesiones, costa norte. Lima. Instituto de Estudios Peruanos (IEP). 330 p. (Obras Completas IV; Serie Historia Andina, 29).

Ruiz, H. 1952. Relación histórica del viage, que hizo a los reynos del Perú y Chile el botánico D. Hipólito Ruiz en el año 1777 hasta el 1788, en cuya época regreso a Madrid. 2da. Ed. Enmendada y completada. Madrid. Talleres Gráficos Bermejo. 2 tomos.

Ruiz, M; Montiel, A. 2001. Introducción al conocimiento de la entomofauna del olivar en la provincia de Jaén. Aspectos Cuantitativos (II). *Bol. San. Veg. Plagas.* 27: 531-560.

Rundel, PW; Dillon, MO; Palma, B; Mooney, HA; Gulmon, SL; Ehleringer, JR. 1991. The phytogeography and ecology of the coastal Atacama and Peruvian deserts. *ALISO* 13(1): 1-49.

Saito Diaz, CS. 1976. Base para el establecimiento y manejo de una unidad de conservación en las lomas de Lachay. Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales. 219 p.

Sánchez, E; Velasquez, D. 1980. Estudio preliminar de la Fauna de la Loma de Paloma. Centro de Investigaciones de Zonas Aridas. Lima, Perú. CIZA – UNA.

Sánchez, E. 1992. Diversidad y Estabilidad de Comunidades de Aves en la Reserva Nacional de Lachay. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en la especialidad de Conservación de Recursos Forestales. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales.

Sánchez, E. 2005. VII. Acerca del estado de conservación de los bofedales. En: Evaluación Ambiental de Bofedales del área del proyecto de Minas Conga. Informe Final. FDA-Yanacocha. 352 p.

Schulenberg, T; Stotz, D; Lane, D; O'Neill, J ; Parker, T. 2010. Aves de Perú. Field Museum of Natural History. Innovación Gráfica S.A. Lima, Perú. 660 p. Serie Biodiversidad Corbidi 01.

SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado). 2011. Lineamientos para el monitoreo de biodiversidad en áreas naturales protegidas. 55 p.

SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado). 2013a. Legislación sobre áreas naturales protegidas. Decreto Supremo N° 1281-75-AG (en línea). Lima, PE. Consultado 7 ago. 2013. Disponible en <http://legislacionanp.org.pe/reserva-nacional-de-paracas/>

SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado). 2013b. Legislación sobre áreas naturales protegidas. Decreto Supremo N° 310-77-AG (en línea). Lima, PE. Consultado 7 ago. 2013. Disponible en <http://legislacionanp.org.pe/reserva-nacional-de-lachay/>

SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado). 2013c. Legislación sobre áreas naturales protegidas. Decreto Supremo N° 015-84-AG (en línea). Lima, PE. Consultado 7 ago. 2013. Disponible en <http://legislacionanp.org.pe/santuario-nacional-lagunas-de-mejia/>

SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado). 2013d. Legislación sobre áreas naturales protegidas. Decreto Supremo N° 016-2009-MINAM (en línea). Lima, PE. Consultado 7 ago. 2013. Disponible en <http://legislacionanp.org.pe/aprueban-nuevo-plan-director/>

SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado). 2013e. Legislación sobre áreas naturales protegidas. Decreto Supremo N° 017-2011- MINAM (en línea). Lima, PE. Consultado 7 ago. 2013. Disponible en <http://legislacionanp.org.pe/reserva-nacional-san-fernando/>

SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado). 2013f. Legislación sobre áreas naturales protegidas. Resolución Ministerial N° 165-2011-MINAM (en línea). Lima, PE. Consultado 7 ago. 2013. Disponible en <http://legislacionanp.org.pe/acp-lomas-de-atiquipa/>

SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental). 2013. Resolución Ministerial N° 189-2010-MINAM (en línea). Lima, PE. Consultado 7 ago. 2013. Disponible en <http://sinia.minam.gob.pe/index.php?accion=verElemento&idElementoInformacion=369&idformula=>

Smith, TM; Smith RL. 2007. Ecología. Pearson Educación, S.A. 6. Ed. Madrid, España. 776 p.

Talavera, C; Jiménez, P; Ortega, A; Villegas, L; Villasante, F. 2001. Productividad primaria de las plantas anuales durante El Niño 1997-98 en las lomas de Mejía (Islay, Arequipa – Perú). En: El Niño en América Latina Impactos Biológicos y Sociales. Tarazona, J; Arntz, W; Castillo, E (eds.). Lima, Perú, CONCYTEC. 267-270.

Takahashi, K; Montecinos, A; Goubanova, K; Dewitte, B. 2011. ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *Geophysical Research Letters* 38(10): L10704.

Takahashi, K; Mosquera, K; Reupo, J. 2014. El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización. Instituto Geofísico del Perú. *Boletín Técnico* 1(2):8-9.

Takahashi, K; Martinez, A. 2017. The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. *Climate Dynamics* p 1-27.

Teixeira, V. 2000. El efecto del evento El Niño en la variación de la vegetación herbácea de la Reserva Nacional de Lachay. Tesis para optar el título de Biólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias. 78 p.

Tellechea, G. 2011. Variación estacional de la dieta del misto *Sicalis luteola* en el Departamento de Colonia. Tesina para optar por el grado de Licenciado en Ciencias Biológicas. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República Uruguay, Facultad de Ciencias. 26 p.

Tompkins, E; Adger, WN; Brown, K. 2002. Institutional networks for inclusive coastal management in Trinidad and Tobago. *Environment and Planning A* 34(6): 1095-1111.

Tori, W. 2000. Análisis de los patrones de variación espacio-temporal de las poblaciones de aves de la Reserva Nacional Lachay. Tesis para optar el título de Biólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias. 127 p.

Torres, JJ. 1981. Productividad Primaria y Cuantificación de los Factores Ecológicos que la Determinan, en las Lomas Costaneras del Centro del Perú. Tesis para optar el título de Biólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias. 105 p.

Tovar, C. 2003. Análisis de la Resiliencia de las comunidades herbáceas de las Lomas de Lachay, provincia de Huaura, Departamento de Lima después de la perturbación por el evento El Niño 1997-1998. Tesis para optar el título de Bióloga. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias. 128 p.

Vásquez, M. 2007. Aspectos de la estructura y dinámica de la vegetación herbácea de las Lomas de Villa Maria (Lima) mediante la comparación de dos métodos de muestreo. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Lima, Perú. Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. 157 p.

Velásquez, M. 2013. Variación de la composición florística de las lomas de Tacahuay desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Tacna-Perú). Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en la especialidad de Ecología Aplicada. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. 137 p.

- Veliz, C. 2002. Resiliencia en comunidades de aves en la Reserva Nacional de Lachay luego del evento El Niño 1997-98. Tesis para optar el título de Bióloga. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias. 113 p.
- Verdugo, A. 2014. Morfología de los estadios inmaduros, biología y comportamiento de *Trox cotodognanensis* Compte, 1986 en Cádiz (Coleoptera: Scarabaeoidea: Trogidae). Revista gaditana de Entomología. 5(1): 211-224.
- Vílchez, O. 1980a. Plantas invasoras de los Campos Cultivados de La Molina. Boletín de Lima. 2(8): 75-85.
- Vílchez, O. 1980b. Plantas invasoras de los Campos Cultivados de La Molina (2ª parte). Boletín de Lima. 2(9): 81-86.
- Vílchez, O. 1981. Plantas invasoras de los Campos Cultivados de La Molina (Conclusión). Boletín de Lima. 2 (10): 54-62.
- Vordzorgbe, SD. 2002. Manejo del Riesgo y Adaptación: Reflexiones con Implicaciones para África. En: SEMINARIO 14. Reunión del Grupo de Expertos del PNUD Integración de la Reducción de Desastres con la Adaptación del Cambio Climático. Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas. 179 p.
- Walker, B; Carpenter, S; Anderies, J; Abel, N; Cumming, GM; Janssen, M; Lebel, L; Norberg, J; Peterson GD; Pritchard R.. 2002. Resilience Management in Social-ecological Systems: a Working Hypothesis for a Participatory Approach (en línea). Conservation Ecology 6(1): 14. Consultado 17 ago. 2013. Disponible en <http://www.ecologyandsociety.org/vol6/iss1/art14/>
- Walker, B; Holling CS; Carpenter SR; Kinzig. A. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems (en línea). Ecology and Society 9(2): 5. Consultado 17 ago. 2013. Disponible en <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5>
- Weberbauer, A. 1945. El mundo vegetal de los Andes peruanos. Estación Experimental Agrícola de La Molina. Dirección de Agricultura. Ministerio de Agricultura. Lima, Perú. 776 p.
- Whaley, O; Orellana, A; Pérez, E; Tenorio, M; Quinteros, F; Mendoza, M; Pecho, O. 2010. Plantas y Vegetación de Ica, Perú – Un recurso para su restauración y conservación. Royal Botanic Gardens, Kew. 94 p.

Williams, M. 1989. Estudio comparativo de la Bioenergética de *Phyllotis amicus* provenientes de la Reserva Nacional de Lachay y la Bioenergética *Phyllotis andium* provenientes de Canta. Tesis para optar el título de Biólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias. 91 p.

Zeballos, H; Villegas, L; Gutiérrez, R; Caballero, K; Jiménez, P. 2000. Vertebrados de las lomas de Atiquipa y Mejía del sur del Perú. *Rev. Ecol. Lat Am.* 7(3): 11-18.

Zelada, W; Polláck, L; Medina, C; Castillo, H. 2014. Vertebrados del sistema lomal Cerro Campana, Trujillo, Perú. *Arnaldoa* 21(1): 221-240.

Zuloaga, F. O., O. Morrone, M. J. Belgrano, C. Marticorena & E. Marchesi. 2008. Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 107(1-3): i-xcvi, 1-3348.