

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE
EL USO DE LIQUENES EN LA MICROCUENCA DEL LAGO
POMACOCHAS, DISTRITO FLORIDA, PROVINCIA
BONGARÁ, DEPARTAMENTO AMAZONAS, 2016 - 2017”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORA : Br. WENDI GUADALUPE LLATANCE OYARCE
ASESOR : Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES
COASESOR : M.Sc. ELÍAS ALBERTO TORRES ARMAS

CHACHAPOYAS – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE
EL USO DE LIQUENES EN LA MICROCUENCA DEL LAGO
POMACOCHAS, DISTRITO FLORIDA, PROVINCIA BONGARÁ,
DEPARTAMENTO AMAZONAS, 2016 - 2017”

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORA : Br. WENDI GUADALUPE LLATANCE OYARCE
ASESOR : Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES
COASESOR : M.Sc. ELÍAS ALBERTO TORRES ARMAS

CHACHAPOYAS – PERÚ

2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por darme fortaleza, fe y sabiduría. También con inmenso cariño a mis padres Celma Esperanza Oyarce Rojas y Sabino Llatance Escobedo, por todo su apoyo inquebrantable en todos los aspectos de mi vida, por orientarme con sus consejos y ser un claro ejemplo de superación.

A mis hermanos Neecker Arturo Llatance Oyarce y Gretsy Gabriela Llatance Oyarce, por su confianza, cariño, comprensión y su apoyo incondicional en mi superación; a mi abuelita María Mercedes Rojas Camán, quien ha sido mi guía espiritual en todo este recorrido y a todos los que aportaron con un granito de arena para culminar una etapa de vital importancia en mi vida personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por la contribución en nuestra profesionalización efectuados por los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

De manera especial, mis agradecimientos a mi asesor Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres y coasesor Ms. C. Elías Torres Armas por brindarme su apoyo y valioso tiempo en el asesoramiento de esta investigación.

También agradezco al liquenólogo Ángel Manuel Ramírez Ordaya y al Doctor Manuel Milla Pino, por su apoyo como investigadores, por sus aportes teóricos y científicos para el desarrollo de la presente de investigación y por ser ejemplos de perseverancia, preparación y dedicación en el camino al éxito.

A mi familia, por su respaldo moral y económico durante el desarrollo de la carrera profesional.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Ph. D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

Rector

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Vicerrector Académico

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

Vicerrectora de Investigación

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

M.Sc. ROSALYNN YOHANNA RIVERA LOPEZ

Directora de Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

VISTO BUENO DEL ASESOR

En mi calidad de docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hago constar que he asesorado el proyecto y la ejecución de la tesis titulada “**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE EL USO DE LÍQUENES EN LA MICROCUENCA DEL LAGO POMACOCHAS, DISTRITO FLORIDA, PROVINCIA BONGARÁ, DEPARTAMENTO AMAZONAS, 2016 - 2017**” de la tesista Wendi Guadalupe Llatance Oyarce egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza – Amazonas, de igual forma doy el visto bueno y me comprometo a orientar el levantamiento de observaciones y respaldar la sustentación de la tesis.

Se expide la presente, a solicitud de la interesada, para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas, 09 de octubre de 2017

Dr. OSCAR ANDRES GAMARRA TORRES

Asesor

VISTO BUENO DEL COASESOR

En mi calidad de docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hago constar que he asesorado el proyecto y la ejecución de la tesis titulada “**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE EL USO DE LÍQUENES EN LA MICROCUENCA DEL LAGO POMACOCHAS, DISTRITO FLORIDA, PROVINCIA BONGARÁ, DEPARTAMENTO AMAZONAS, 2016 - 2017**” de la tesista Wendi Guadalupe Llatance Oyarce egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza – Amazonas, de igual forma doy el visto bueno y me comprometo a orientar el levantamiento de observaciones y respaldar la sustentación de la tesis.

Se expide la presente, a solicitud de la interesada, para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas, 09 de octubre de 2017

M. Sc. ELÍAS ALBERTO TORRES ARMAS

Coasesor

JURADO EVALUADOR

M.Sc. ROSALYNN YOHANNA RIVERA LÓPEZ
PRESIDENTE

Lic. JOSE LUIS QUISPE OSORIO
SECRETARIO

Ing. JUAN ALBERTO ROMERO MONCADA
VOCAL

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	IV
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	V
VISTO BUENO DEL ASESOR	VI
VISTO BUENO DEL COASESOR.....	VII
JURADO EVALUADOR	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE FÓRMULAS	XVII
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
RESUMEN.....	XIX
ABSTRACT	XX
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
III. MARCO TEÓRICO	3
3.1. Antecedentes de la investigación.....	3
3.2. Base teórica.....	4
3.2.1. Contaminación ambiental.....	4
3.2.2. Contaminación en la Microcuenca del Lago Pomacochas.....	5
3.2.3. Uso actual de suelo.....	5
3.2.4. Contaminación atmosférica.....	5
3.2.5. Bioindicadores ambientales.....	6

3.2.6.	Líquenes	8
3.2.7.	Líquenes como organismos bioindicadores.	8
3.2.8.	Taxonomía.....	9
3.2.9.	División de líquenes.	10
3.2.10.	Diversidad de líquenes.....	10
3.2.11.	Líquenes como bioindicadores.	11
3.3.	Definición de términos básicos.....	12
IV.	MATERIAL Y MÉTODOS	16
4.1.	Área de estudio	17
4.2.	Diseño de estudio.....	19
4.3.	Periodo de muestreo y puntos de muestreo	20
4.4.	Muestreo de Líquenes.....	20
4.5.	Reconocimiento de especies y recolección de datos	20
4.6.	Análisis de datos	20
✓	Índice de Shannon - Wiener.....	20
✓	Índice de Pureza Atmosférico (IPA).....	21
✓	Índice de Pureza Atmosférico Mejorado (IPAM).....	22
V.	RESULTADOS	23
5.1.	Composición.....	23
5.1.1.	Riqueza de especies.....	24
5.2.	Frecuencia de especies liquénicas	26
5.3.	Sensibilidad y tolerancia de especies liquénicas a la contaminación	30
5.4.	Índice de Pureza Atmosférica (IPA).....	31
	Análisis de varianza para los valores de IPA de los diez usos de suelo.....	31
5.5.	Índice de Pureza Atmosférica Modificado (IPAM).....	35
VI.	DISCUSIÓN.....	38

VII.	CONCLUSIONES	41
VIII.	RECOMENDACIONES	42
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
X.	ANEXOS.....	47
10.1.	ANEXO I. Trabajo de campo (Muestreo y recolección de datos).....	48
10.2.	ANEXO II. Formularios para registro de diversidad y frecuencia de líquenes	53
10.3.	ANEXO III. Descripción de los puntos de muestreo.....	54
10.4.	ANEXO IV. Gráficas de IPA de los diez usos de suelo	75
10.5.	ANEXO V. Gráficas de IPAM de los diez usos de suelo	84
10.6.	ANEXO VI. Fotografías de las especies de líquenes con sus respectivos nombres.	101
10.7.	ANEXO VII. Constancia de reconocimiento de muestras.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujo metodológico para la determinación de la calidad del aire de la Microcuenca del Lago Pomacochas.....	16
Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio, Microcuenca del Lago Pomacochas	18
Figura 3. Tipo de líquenes (Fruticuloso, Folioso, Crustáceo) por uso de suelo.....	25
Figura 4. Muestra Graphis sp.1 (liquen crustáceo)	27
Figura 5. Muestra de Parmotrema sp.2 (liquen folioso).....	27
Figura 6. Muestra de Ramalia sp.1 (liquen fruticuloso).....	27
Figura 7. Muestra de Lecidea sp (liquen crustáceo).....	28
Figura 8. Frecuencia de las cuatro especies más representativas del estudio por cada uso de suelo.	29
Figura 9. IPA de los usos de suelo	31
Figura 10. Análisis espacial de los valores de IPA del área de estudio, según los tipos de calidad de aire en la tabla 5.....	34
Figura 11. IPAM de los usos de suelo.....	35
Figura 12. Análisis espacial de los valores de IPAM del área de estudio, según los tipos de calidad de aire en la tabla 6.	37
Figura 13. Reconocimiento del área de la microcuenca del Lago Pomacochas.....	48
Figura 14. Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) del forofito (<i>Alnus acuminata</i>)	48
Figura 15. Medición de la altura del piso de 1.00 m (para colocar la rejilla)	49
Figura 16. Colocación de la rejilla sobre el tronco del forofito.	49
Figura 17. Toma de coordenadas del forofito con el GPS.	50
Figura 18. Conteo de especies por cuadrante de la rejilla.	50
Figura 19. Recolección de especies para su posterior reconocimiento.	51
Figura 20. Especie de muestra recolectada, lista para colocar en la bolsa de papel para su posterior reconocimiento.....	51
Figura 21. Especie de muestra recolectada colocada en la bolsa de papel.....	52
Figura 22. Rotulación de muestra colectada.	52
Figura 23. IPA del uso de suelo bosque abierto alto.....	75
Figura 24. IPA del uso de suelo bosque denso bajo.....	75

Figura 25. IPA del uso de suelo pastos enmalezados.....	76
Figura 26. IPA del uso de suelo bosque abierto bajo.	76
Figura 27. IPA del uso de suelo tejido urbano continuo.	77
Figura 28. IPA del uso de suelo pastos limpios.	78
Figura 29. IPA del uso de suelo pastos limpios.	78
Figura 30. IPA del uso de suelo pastos limpios.	79
Figura 31. IPA del uso de suelo pastos limpios.	79
Figura 32. IPA del uso de suelo bosque denso alto.....	80
Figura 33. IPA del uso de suelo bosque denso alto.....	80
Figura 34. IPA del uso de suelo bosque denso alto.....	81
Figura 35. IPA del uso de suelo pastos arbolados.....	81
Figura 36. IPA del uso de suelo pastos arbolados.....	82
Figura 37. IPA del uso de suelo vegetación herbácea/arbustiva.	83
Figura 38. IPA del uso de suelo mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.....	83
Figura 39. IPAM del uso de suelo bosque abierto alto.	84
Figura 40. IPAM del uso de suelo bosque denso bajo.	84
Figura 41. IPAM del uso de suelo pastos enmalezados.	85
Figura 42. IPAM del uso de suelo bosque abierto bajo.	85
Figura 43. IPAM del uso de suelo tejido urbano continuo.....	86
Figura 44. IPAM del uso de suelo pastos limpios.....	87
Figura 45. IPAM del uso de suelo pastos limpios.....	87
Figura 46. IPAM del uso de suelo pastos limpios.....	88
Figura 47. IPAM del uso de suelo pastos limpios.....	88
Figura 48. IPAM del uso de suelo pastos limpios.....	89
Figura 49. IPAM del uso de suelo pastos limpios.....	89
Figura 50. IPAM del uso de suelo pastos limpios.....	90
Figura 51. IPAM del uso de suelo pastos limpios.....	90
Figura 52. IPAM del uso de suelo pastos limpios.....	91
Figura 53. IPAM del uso de suelo pastos limpios.....	91
Figura 54. IPAM del uso de suelo pastos limpios.....	92
Figura 55. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.	93
Figura 56. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.	93

Figura 57. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.	94
Figura 58. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.	94
Figura 59. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.	95
Figura 60. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.	96
Figura 61. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.	96
Figura 62. IPAM del uso de suelo pastos arbolados	97
Figura 63. IPAM del uso de suelo pastos arbolados	97
Figura 64. IPAM del uso de suelo pastos arbolados	98
Figura 65. IPAM del uso de suelo vegetación herbácea/arbustiva.....	99
Figura 66. IPAM del uso de suelo mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.	100
Figura 67. Especie Usnea spp. (Liquen fruticuloso)	101
Figura 68. Especie Ramalia sp.1 (liquen fruticuloso)	101
Figura 69. Especie Chrysothrix sp. (Liquen crustaceos).....	101
Figura 70. Especie Parmotrema sp. 2 (liquen folioso)	101
Figura 71. Especie Microlejeunea bullata (liquen crustaceos).....	101
Figura 72. Especie cf. Physcia sp. 2 (liquen folioso)	101
Figura 73. Especie Teloschistes sp. 2 (liquen fruticuloso).....	102
Figura 74. Especie cf. Lecidea sp. 1 (liquen crustáceos)	102
Figura 75. Especie cf. Ascomycete 1 (liquen crustáceos).....	102
Figura 76. Especie Graphis sp. 1 (liquen crustáceos).....	102
Figura 77. Especie Heterodermia sp. 4 (liquen fruticuloso)	102
Figura 78. Especie Pertusaria (liquen crustáceos).....	102
Figura 79. Especie Caloplaca sp. 1 (liquen crustáceos)	103
Figura 80. Especie Parmotrema sp. 3 (liquen folioso)	103
Figura 81. Especie Parmotrema reticulatum (liquen folioso).....	103
Figura 82. Especie Ascomycete 2 (liquen crustáceos).....	103
Figura 83. Especie cf. Ascomycete 3 (liquen crustáceos).....	103
Figura 84. Especie Frullania ericoides (liquen fruticuloso)	103
Figura 85. Especie Frullania brasiliensis Raddi (liquen fruticuloso)	104
Figura 86. Especie Graphis sp. 2 (liquen crustáceos).....	104
Figura 87. Especie Pertusaria sp (liquen crustáceos)	104
Figura 88. Especie Cryptothecia (liquen crustáceos)	104

Figura 89. Especie <i>Phaeographis</i> sp. 1 (liquen crustáceos).....	104
Figura 90. Especie <i>Arthonia vinosa</i> (liquen crustáceos).....	104
Figura 91. Especie <i>Ascomycete</i> 3 (liquen crustáceos).....	105
Figura 92. Especie cf. <i>Niebla</i> sp. 1 (liquen folioso).....	105
Figura 93. Especie <i>Heterodermia</i> sp. 2 (liquen folioso).....	105
Figura 94. Especie <i>Lobaria</i> (liquen folioso).....	105
Figura 95. Especie <i>Ramalina</i> sp. 2 (liquen fruticuloso).....	105
Figura 96. Especie <i>Usnea</i> sp.1 (liquen fruticuloso).....	105
Figura 97. Especie <i>Usnea</i> sp. 2 (liquen fruticuloso).....	106
Figura 98. Especie <i>Candelariella</i> spp. (Liquen crustáceos).....	106
Figura 99. Especie <i>Lecanora intumescens</i> (liquen crustáceos).....	106
Figura 100. Especie <i>Frullania ericoides</i> sp. (Liquen fruticuloso).....	106
Figura 101. Especie <i>Parmotrema</i> sp. 5 (liquen folioso).....	106
Figura 102. Especie <i>Teloschistes</i> sp. 1 (liquen fruticuloso).....	106
Figura 103. Especie <i>Teloschistes</i> spp (liquen folioso).....	107
Figura 104. Especie <i>Rhizocarpon</i> (liquen crustáceos).....	107
Figura 105. Especie cf. <i>Buellia</i> sp. 2 (liquen folioso).....	107
Figura 106. Especie <i>Heterodermia</i> sp. 1 (liquen folioso).....	107
Figura 107. Especie <i>Lecanora</i> sp. 1 (liquen folioso).....	107
Figura 108. Especie <i>Chrysothrix</i> sp. 2 (liquen crustáceos).....	107
Figura 109. Especie <i>Arthonia leucopellaea</i> (liquen folioso).....	108
Figura 110. Especie <i>Parmotrema</i> sp. 6 (liquen folioso).....	108
Figura 111. Especie <i>Leptogium</i> spp. (Liquen crustáceos).....	108
Figura 112. Especie <i>Phaeophyscia</i> sp. 1 (liquen folioso).....	108
Figura 113. Especie cf. <i>Ascomycete</i> 4 (liquen crustáceos).....	108
Figura 114. Especie <i>Everniastrum</i> sp. (Liquen folioso).....	108
Figura 115. Especie <i>Phaeophyscia</i> sp. 2 (liquen folioso).....	109
Figura 116. Especie <i>Hypotrachyna</i> sp. 3 (liquen crustáceos).....	109
Figura 117. Especie <i>Graphis</i> sp. 3 (liquen crustáceos).....	109
Figura 118. Especie cf. <i>Malmidea</i> sp. 1 (liquen crustáceos).....	109
Figura 119. Especie cf. <i>Malmidea</i> sp. 2 (liquen crustáceos).....	109
Figura 120. Especie <i>Leptogium</i> sp. 2 (liquen folioso).....	109

Figura 121. Especie <i>Leptogium</i> sp. 1 (liquen folioso)	110
Figura 122. Especie <i>Collema</i> sp. 1 (liquen folioso)	110
Figura 123. Especie <i>Collema</i> sp. 2 (liquen folioso)	110

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1. Índice de Shannon – Wiener.....	21
Fórmula 2. IPA.....	21
Fórmula 3. IPAM.....	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los puntos de muestreo de los diferentes usos de suelos	19
Tabla 2. Número de estaciones según tamaño muestral.....	19
Tabla 3. Taxa de especies de líquenes en la Microcuenca del Lago Pomacochas.....	23
Tabla 4. Riqueza e Índice de Shannon – Wiener	26
Tabla 5. Resultados de la comparación de estaciones para cada uso de suelo en función del IPA	32
Tabla 6. Tipo de calidad de aires establecido en función al valor de Índice de Pureza Atmosférico y de la alteración/naturalidad del aire en la zona de muestreo.....	33
Tabla 7. Tipos de calidad de aire establecidas en función al valor de Índice de Pureza Atmosférico Modificado y de la alteración/naturalidad del aire en la zona de muestreo.	36
Tabla 8. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Bosque abierto alto” en la Microcuenca del Lago Pomacochas	54
Tabla 9. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Bosque denso bajo” en la Microcuenca del Lago Pomacochas	55
Tabla 10. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Pastos enmalezados” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.....	56
Tabla 11. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Bosque abierto bajo” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.....	56
Tabla 12. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Tejido urbano continuo” en la Microcuenca del Lago Pomacochas	57
Tabla 13. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Pastos limpios” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.....	58
Tabla 14. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Bosque denso alto” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.....	66
Tabla 15. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Pastos arbolados” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.....	70
Tabla 16. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Vegetación arbustiva / herbácea” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.	72
Tabla 17. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.....	73

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad de aire de la Microcuenca del Lago Pomacochas, provincia Bongará, departamento Amazonas. Para ello se establecieron 530 estaciones a lo largo de los diez tipos usos de suelo; se determinó la riqueza de especies, tolerancia a la contaminación de las especies, Índice de Pureza Atmosférica (IPA), Índice de Pureza Atmosférica Modificado (IPAM); la riqueza de especies se analizó con el índice de Shannon-Wiener, se establecieron diferencias en IPA e IPAM entre los usos de suelo con un análisis de varianza, con el fin de determinar la calidad de aire, el resultado nos da la existencia de cinco tipos de calidad de aire de acuerdo a la naturalidad y/o alteración, en los usos de suelo Tejido Urbano Continuo y Pastos Limpios muestran una calidad de aire con alteración media, en la cual se ve una intervención antrópica significativa y los usos de suelo Bosque Denso Alto, Vegetación Herbácea/Arbustiva y Mosaico de Cultivos una calidad de aire con una naturalidad media y con una mínima intervención antrópica. Las comunidades de líquenes epífitos resultaron ser excelentes indicadores biológicos para detectar zonas de mayor y menor calidad de aire.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the air quality of the Lake basin of the Pomacochas Lake, Bongará province, Amazonas department. For this, 530 stations were established along the ten types of land uses; species richness, species contamination tolerance, IPA, Modified Atmospheric Purity Index (IPAM); species richness was analyzed with the Shannon-Wiener index, differences were established in IPA and IPAM between the land uses with an analysis of variance, in order to determine the air quality, the result gives us the existence of five types of air quality according to the naturalness and / or alteration, in the land uses. Continuous Urban Fabric and Clean Pastures show a quality of air with average alteration, in which a significant anthropic intervention is seen and the land uses Forest Denso Alto, Vegetation Herbaceous / Shrub and Cultivation Mosaic a quality of air with an average naturalness and with a minimum anthropic intervention. Epiphytic lichen communities proved to be excellent biological indicators for detecting areas of higher and lower air quality.

I. INTRODUCCIÓN

El incremento de la emisión de compuestos tóxicos al aire, en las últimas décadas es un problema en aumento en los países en vía de desarrollo, como resultado del crecimiento urbano e industrial (Rubiano, 1987). La calidad del aire es un factor importante para determinar las condiciones adecuadas para los asentamientos en los centros urbanos. Y el aumento del parque automotriz dentro de la urbe implica mayor demanda de recursos, lo que da como resultado una mayor generación de desechos y un incremento en la contaminación del medio (García y Guerrero, 2006).

Los líquenes epífitos han sido ampliamente utilizados como bioindicadores de la contaminación del aire; debido a sus características morfológicas y fisiológicas (organismos poquilo-hídricos), carecen de mecanismos que regulen la captación y pérdida de agua y temperatura (Gradstein *et al.*, 2001), de forma que están en estrecha relación con el ambiente y dependen de nutrientes aéreos además están completamente expuestos a los contaminantes presentes en el aire (Rubiano, 1987; Izco, 2000; Kett *et al.*, 2008).

Varios estudios sostienen que los altos valores de los Índices de Pureza Atmosférica (IPA) y diversidad de líquenes se pueden registrar en áreas libres de contaminantes (Lijteroff *et al.*, 2009). Adicionalmente se ha documentado que el IPA y la diversidad de estos organismos responden a los niveles de contaminación provenientes de otras fuentes como industrias y parque automotor (García *et al.*, 1999). A nivel internacional las investigaciones relacionadas con la utilización de líquenes para la determinación de la calidad del aire son muy amplias especialmente en el continente europeo; pero los estudios en Perú son escasos y específicamente en la provincia de Bongará, región Amazonas no existen investigaciones sobre calidad de aire. La presente investigación busca determinar de manera indirecta la calidad del aire a lo largo de diferentes zonas de uso de la microcuenca del lago Pomacochas usando líquenes epífitos.

II. OBJETIVOS

2.1.Objetivo general

Determinar la calidad del aire de la Microcuenca del Lago Pomacochas usando líquenes como bioindicadores.

2.2.Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar zona de estudio con la ayuda del mapa de uso actual de suelo.
- ✓ Determinar la diversidad y composición liquénica en la Microcuenca del Lago Pomacochas.
- ✓ Elaborar mapas de calidad de aire en la microcuenca del Lago Pomacochas mediante el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) y el Índice de Pureza Atmosférica Mejorado (IPAM).

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la investigación

Rubiano (1987), en su estudio Líquenes como indicadores de contaminación en el Complejo Industrial de Betania y la Termoeléctrica de Zipaquirá en Colombia estableció especies tolerantes y sensibles a la contaminación.

Conti y Cecchetti (2001), evaluaron el índice de pureza atmosférica en Veneto – Italia, basado en el número, frecuencia y tolerancia presentes en cada área, obtuvo una tabla con cinco niveles de índice de pureza atmosférica además obtuvieron una mala calidad de aire por la presencia de óxidos de nitrógeno.

Fernández y Terrón (2003), en su estudio “Biomonitorización de la calidad del aire en los alrededores de La Robla (León)” buscó determinar la calidad del aire con el Índice de Pureza y obtuvo siete escalas de intervalos de Índice de Pureza Atmosférica.

Lijteroff y Satoni (2006), en su estudio “Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores en la provincia de San Luis, Argentina”, estudió la comunidad de líquenes de la ciudad de Juana Koslay, en la cual comparó un área urbana de crecimiento poblacional rápido versus dos áreas testigos sin fuentes de contaminación y se obtuvo que las tres áreas no presentan diferencias estadísticamente significativas en valores de IPA.

Canseco *et al.*, (2006), en su estudio “Comunidades de líquenes: indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia” evaluó la calidad de aire en la ciudad de La Paz, usando el Índice de Pureza Atmosférico y los resultados muestran que en áreas de alta intensidad vehicular, es más contaminada y menor diversidad de líquenes, por otro lado las zonas con menor contaminación son las que registran mayor diversidad liquénica y mayores valores de cobertura y presencia.

Riquelme (2008), en su estudio “Evaluación del uso de líquenes como indicadores biológicos de contaminación atmosférica en la Quebrada de la Plata, Región Metropolitana” en Chile; evaluó la calidad de aire usando IPA e IPAM y obtuvo cuatro clases de IPA (Alta, Media – Alta, Baja) y cinco clases de IPAM (Muy Alta, Alta, Media, Baja, Muy Baja).

Darré (2011), estudió las comunidades de líquenes epífitos de tres parques urbanos de Montevideo – Uruguay para detectar posibles efectos de la contaminación atmosférica en una parte de la biodiversidad local. Reflejó en tres índices de pureza atmosférica (IPA) derivados de las mediciones ecológicas de los líquenes.

Cango (2015), evaluó la calidad del aire en once estaciones de muestreo de Loja - Ecuador, donde se registró la presencia y cobertura de líquenes sobre árboles de *Salix humboldtiana*. Se determinó los niveles de contaminación mediante el Índice de Pureza Atmosférica (IPA). Las comunidades de líquenes resultaron ser excelentes indicadores biológicos para detectar zonas de mayor y menor contaminación.

3.2.Base teórica

3.2.1. Contaminación ambiental.

Se conoce como contaminación ambiental a la presencia de sustancias tóxicas sólidas, líquidas o gaseosas, que son de origen natural o antropogénico, que alteran la calidad del ambiente dando consigo cambios en la temperatura, clima y pueden causar daños en la salud de los seres vivos (Cockerman y Shane, 1994; Segura, 2013).

✓ Consecuencias de la contaminación ambiental

La contaminación atmosférica es uno de los principales problemas que se están evidenciando en el planeta, y está causando problemas a la salud de los seres vivos ya que el aumento de smog está alterando la calidad del aire (Solis y Lopez, 2003; Segura, 2013).

Los problemas de las emisiones industriales o domésticas, tienen efectos inmediatos a nivel local o regional, que afectan a la atmósfera y repercuten en el clima del

planeta (Marbán *et al.*, 1999), teniendo consecuencias en el bienestar del ser humano como: el incremento de enfermedades graves y crónicas del sistema respiratorio en niños jóvenes, adultos y ancianos, lo cual reduce la esperanza de vida y la capacidad de respuesta de los niños en la escuela (Cárdenas, 2004).

Segura, (2013) afirma que la contaminación del aire afecta en la productividad de las empresas y del personal, causando ausentismo en los puestos de trabajo, llevando consigo costos de diagnóstico, tratamiento y cura de la enfermedad, en muchos casos siendo incluso necesario algunos días de hospitalización, por lo tanto generando días laborables perdidos por enfermedad.

3.2.2. Contaminación en la Microcuenca del Lago Pomacochas

En la Microcuenca del lago Pomacochas uno de los principales problemas ambientales es el crecimiento poblacional y expansión de la ganadería y agricultura, el parque automotor, el inadecuado manejo de los residuos, de sustancias desechadas en las diferentes actividades humanas, domésticas y agropecuarias están dando como resultado dentro de la urbe diferentes tipos de contaminación: suelo, agua y aire.

3.2.3. Uso actual de suelo

El uso del suelo es el uso que los seres humanos hacemos de la superficie terrestre. Abarca la gestión y modificación del medio ambiente natural para convertirlo en un ambiente construido tal como campos de sembradío, pasturas y asentamientos humanos.

3.2.4. Contaminación atmosférica

Según Sarmiento (2000), la atmósfera es la mezcla de gases mantenida alrededor del planeta por efecto de gravedad, compuesta por varias capas, siendo la troposfera la capa en donde se desarrolla la vida con los procesos de condensación y evaporación inmediata a la superficie de la tierra. Mientras que por el término contaminación se puede entender como la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones superiores a lo establecidas en la legislación vigente. La integración de estos dos conceptos permite definir a la contaminación atmosférica como la presencia de ciertas sustancias y/o formas de energía en el aire, en concentraciones, niveles o permanencia lo suficientemente altos

como para constituir un riesgo a la salud y a la calidad de vida de la población, y a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental (Zaror, 2000). El mismo autor señala que los contaminantes atmosféricos pueden ser clasificados como primarios, si son emitidos directamente a la atmósfera por procesos naturales o antropogénicos, y se incluyen entre estos a las partículas atmosféricas, compuestos de azufre, compuestos de nitrógeno, compuestos orgánicos, compuestos metálicos, ruido y radiaciones ionizantes. También pueden ser clasificados como contaminantes secundarios, en el caso de generarse a partir de reacciones químicas que ciertos contaminantes primarios sufren en la atmósfera, como es el caso del ozono troposférico.

3.2.5. Bioindicadores ambientales.

Los bioindicadores ambientales son organismos o comunidades que responden a alteraciones ambientales que nos permiten detectar contaminantes con mayor facilidad, no existe una definición única para los indicadores ambientales estos conceptos varían de acuerdo a los objetivos que se quiera responder (Segura, 2013). Un bioindicador ambiental es un parámetro que proporciona información para describir el estado del ambiente o área. Son organismos que se relacionan directamente con los efectos ambientales (antrópicos o naturales), cuya presencia nos da información sobre ciertas características (físicoquímicas, biológicas y ecológicas), del medio (Hawksworth *et al.*, 2005).

Un indicador debe ser: exacto y específico, comprensible, fácil de interpretar y sensible a los cambios (Hawksworth *et al.*, 2005). Su utilización radica en que son instrumentos de medición que nos permiten monitorear el estado y variación de los recursos naturales, identificar y cuantificar el impacto de los contaminantes sobre dichos organismos vivos (Segura, 2013).

✓ Importancia de bioindicadores ambientales.

La importancia de los indicadores ambientales radica en establecer la situación actual del medio y evaluar el desempeño de las políticas ambientales que están encaminadas al desarrollo sustentable (Capó, 2002). Estos deben proporcionar la suficiente información de las condiciones ambientales, presiones ambientales y respuestas, para entender claramente el fenómeno que se está tratando (OCDE,

2006). El valor de los indicadores descansa precisamente que debe responder a cambios del ambiente y las actividades humanas (OCDE, 2006).

✓ **Tipos de bioindicadores ambientales.**

Capó, (2002) y Segura, (2013) los clasifican atendiendo diferentes criterios, según la sensibilidad que muestran frente a los cambios del medio estos se los clasifican en especies muy sensibles, sensibles, poco sensibles y resistentes. Además los clasifican de acuerdo como responden a los estímulos; de la siguiente manera:

- **Detectores.-** Individuos que viven naturalmente en el área y muestran cambios en su vitalidad, mortalidad, abundancia y capacidad reproductiva, por los cambios que se dan en su medio.
- **Explotadores.-** Individuos que de forma más o menos repentina, se hacen abundantes en el medio, por la falta de competidores, que han sido eliminados por las perturbaciones que se da en el medio.
- **Centinelas.-** Individuos sensibles, que se introducen artificialmente en el medio y funcionan como alarmas, ya que son los primeros en verse afectados al estar en contacto con un contaminante.
- **Acumuladores.-** Se los determina a ciertos bioindicadores acumuladores ya que son capaces de absorber y almacenar cantidades medibles de algún contaminante.
- **Biomonitores.-** Indican la presencia de contaminantes o perturbaciones en el medio no solo de forma cualitativa sino también de forma cuantitativa; pueden ser pasivos (son naturales en la zona que esté considerando), o activos (son introducidos por el hombre mediante trasplantes).

Según Market *et al.*, (1997) los clasifica de acuerdo con la forma de manifestación:

- **Indicadores de reacción.-** Son aquellos que responden sensiblemente a los agentes contaminantes y son usados sobre su funcionamiento fisiológico y ecológico.
- **Indicadores de acumulación.-** Son aquellos que fácilmente acumulan una gama de agentes contaminantes.

Los clasifica según su origen:

- **Biomonitores pasivos.-** son organismos que naturalmente se encuentran en el área de estudio.
- **Biomonitores activos:** son organismos traídos (trasplantados) al área de estudio desde otros sitios durante un periodo específico de tiempo y bajo condiciones controladas.

3.2.6. Líquenes

Los líquenes son organismos de crecimiento lento y una asociación de un hongo (micobionte) y un alga (fotobionte). El hongo se encarga de proteger al alga de las radiaciones directas al sol, brindarle agua y sales minerales mientras que el alga realiza la fotosíntesis y proporciona nutrientes (Literoff *et al.*, 2009). El hongo es el que da la forma al talo y a los cuerpos fructíferos, lo que algunas veces es influenciado por el alga. Estructuralmente, las algas se pueden encontrar distribuidas al azar, en una matriz gelatinosa, a través del talo, o en una compacta capa bajo el córtex superior o inferior, predominando solo en unos pocos casos, ya que es el hongo el que principalmente domina el talo adoptando forma de arbusto o barba (líquen fruticoso), de hoja (líquen folioso) o de costra (líquen crustáceo) (Ainsworth y Bisby, 1971). Los mismos autores señalan que el hongo se reproduce sexualmente (generalmente por ascocarpos) y el alga lo hace asexualmente (ya sea por simple fragmentación, soredios o isidios). En cuanto a su ecología, Redon (1987), señala que los líquenes han desarrollado una gran plasticidad permitiéndoles ocupar variados sustratos, como rocas (líquenes saxícolas) o cortezas de árboles (líquenes epífitos cortícolas).

3.2.7. Líquenes como organismos bioindicadores.

Los primeros indicios se dieron a partir del siglo XIX, en donde se los empezó a ver como especies indicadoras del medio, pero no fue hasta 1960 que se descubrió que estos individuos absorben el dióxido de azufre del medio, aproximadamente un 30%, debido a que al estar expuestos a varias repeticiones de sustancias tóxicas llegan a bioacumular dicho contaminante el cual influye negativamente e impide cumplir su rol ecológico (fotosíntesis, fijación de nitrógeno) (Hawksworth, 2005; Froehlich, 2006). Estos procesos llegan a causar daños en la estructura física (deformaciones)

de estos organismos hasta provocar la muerte del mismo (Hawksworth, 2005; Froehlich, 2006). A partir de eso se empezó a tomar en cuenta a los organismos liquénicos como bioindicadores de la calidad ambiental ya que son sensibles al dióxido de azufre (SO₂) y gases fluorados (F) (Froehlich, 2006).

Los líquenes son usados como indicadores de radiación U-V (Rubio *et al.*, 2002), también poseen reacciones de tolerancia al contaminante (Barreno, 1997), características que los destacan como bioindicadores por excelencia.

Los líquenes se utilizan para monitoreo de contaminación atmosférica, tanto como indicadores de reacción visible (demuestran síntomas visibles frente a una cantidad determinada de tóxicos) o como indicadores de acumulación (no muestran daños visibles frente a una determinada cantidad de tóxicos, pero los acumulan en sus tejidos) (Rubio *et al.*, 2002). Además, pueden ser utilizados para monitoreo pasivo (análisis de indicadores en sus hábitats naturales) o para monitoreo activo (introducción de especies desde un hábitat no contaminado a un área de observación que se presume contaminada) (Rubio *et al.*, 2002). Los líquenes epífitos se consideran como los mejores bioindicadores de la contaminación atmosférica ya que las características de las cortezas sobre las que habitan son constantes para cada especie, constituyendo así un sustrato homogéneo (Steubing *et al.*, 2001).

3.2.8. Taxonomía

Según Redon (1987), el liquen al corresponder a una asociación entre dos organismos, es un concepto biológico y no taxonómico, y la sistemática moderna los ha ubicado dentro del sistema de los hongos (Reino Fungi). De estos, son alrededor de 16.000 los ascomicetes liquenizados y representan el 99% del total de especies. Según Literoff *et al.*, (2009) Las especies de algas encontradas en los líquenes pueden ser clorofitas o cianofitas y los hongos que intervienen en la asociación son **Ascomycetes, Basidiomycetes o Phicomycetes**, la delimitación de sus categorías sistemáticas es la siguiente:

- Familias.- Los aspectos más importantes son la ontogenia de los ascocarpos, el desarrollo de los tejidos estériles que rodean los ascos, la estructura de los ascos, la forma y color de las esporas, las estructuras vegetativas, el contenido químico y el tipo de alga.

- Géneros.- Para su identificación, en la actualidad se utiliza la estructura anatómica, el contenido químico y la ontogenia de los ascocarpos. Aunque tradicionalmente se utilizaba la forma y color de las esporas, el borde de los ascocarpos, la forma de crecimiento y el tipo de ficobionte.
- Especies.- la identificación precisa de esta categoría, reviste una mayor dificultad que en los casos anteriores. En las formas crustosas se utiliza el tamaño y estructura de las esporas; en las formas foliosas y fruticulosas se analiza la presencia de soredios, isidios, cilios, tomento y cefalodios.

3.2.9. División de líquenes.

Los líquenes por su aspecto externo han sido clasificados en tres grupos bien definidos (Barreno, 1997; Litteroff *et al.*, 2009).

- ✓ **Crustáceos.-** Siempre en estrecho contacto con el sustrato del cual no se pueden separar sin ser destruidos. Carecen de córtex inferior o de órganos de sujeción, se sujetan al sustrato por medio de la médula o de un hipotalo.
- ✓ **Foliosos.-** Generalmente laminares, tendidos sobre el sustrato, estratificado, con organización dorsoventral y cara inferior diferenciada. Sus lóbulos son separables del sustrato al cual pueden estar muy o laxamente adheridos, pero siempre constan de algún órgano de sujeción como rizinas.
En ocasiones son cortos y casi simples. Pueden ser erectos, colgantes, ascendentes.
- ✓ **Fruticulosos.-** Sobresalen siempre, al sustrato que sujetan a veces por una mínima superficie, discos basales o hapterios. Por lo general son distintamente ramificados, con aspectos de pequeños arbustivos o bien con lóbulos que se estrechan profundamente.

3.2.10. Diversidad de líquenes.

A nivel mundial se han descubierto entre 10000 y 20000 especies de líquenes (Chapman, 2009).

Estos organismos se los puede encontrar distribuidos en los polos hasta los trópicos, desde zonas a nivel del mar, hasta en los picos de las montañas, y sobre todo tipo de

superficie o sustrato desde suelo, rocas, cortezas de árboles, incluso hasta en las espaldas de insectos vivos (Barreno y Pérez, 2003; Cubas *et al.*, 2010; Segura, 2013).

3.2.11. Líquenes como bioindicadores.

Como en todas las ciudades, el deterioro de la calidad del ambiente se reflejado en la pérdida del agua, la calidad del aire junto a este se suma la tala de árboles y deterioro de espacios verdes (Estrabou, *et al.*, 2011).

Donde los líquenes pueden reaccionar de manera diferente a estas amenazas de contaminación, en estudios hechos por el señor Barkman (1958, 1969) clasifica según la reacción que estos presenten:

- a) Siendo uno de los primeros factores el dióxido de azufre (SO₂) alterando las especies y las cortezas de los árboles alcanzando una acidificación.
- b) La eutrofización en el agua atmosférica causando cambio en las especies de los líquenes.

Los líquenes son usados como indicadores de radiación U-V (Rubio *et al.*, 2002), también poseen reacciones de tolerancia al contaminante (Barreno, 1997), características que los destacan como bioindicadores por excelencia.

Los líquenes se utilizan para monitoreo de contaminación atmosférica, tanto como indicadores de reacción visible (demuestran síntomas visibles frente a una cantidad determinada de tóxicos) o como indicadores de acumulación (no muestran daños visibles frente a una determinada cantidad de tóxicos, pero los acumulan en sus tejidos) (Rubio *et al.*, 2002). Además, pueden ser utilizados para monitoreo pasivo (análisis de indicadores en sus hábitats naturales) o para monitoreo activo (introducción de especies desde un hábitat no contaminado a un área de observación que se presume contaminada) (Rubio *et al.*, 2002). Los líquenes epífitos se consideran como los mejores bioindicadores de la contaminación atmosférica ya que las características de las cortezas sobre las que habitan son constantes para cada especie, constituyendo así un sustrato homogéneo (Steubing *et al.*, 2001).

Los líquenes epífitos fueron reconocidos en 1986 como bioindicadores de aire (Nylander 1866). A partir de 1930 aumentaron los estudios en Europa,

complementados con mapas. Aunque actualmente los estudios de líquenes como bioindicadores en Sudamérica son escasos (Estrabou *et al.*, 2011).

Una de las alternativas para la evaluación del aire es la aplicación de organismos vivos tales como líquenes, ya que los métodos convencionales para la evaluación tales como filtros de aire y colectores de deposición requieren altos costos para la implementación, operación y mantenimiento. Por ser un indicador biológico de los efectos contaminantes del aire y su diversidad, se está convirtiendo en rutina en varios países, ya que es rápido en las predicciones de la salud humana y lo económico que puede salir un estudio con estos organismos (Cislaghi y Nimis, 1997).

Es importante dar a conocer su ventaja para realizar trabajos de investigación con estas especies, la razón es su capacidad de absorción de agua y acumulación de nutrientes de la atmósfera hace que no tolere la contaminación dando respuesta a una alarma de prevención, en cuanto a cambios morfológicos, aspectos químicos y físicos, alterando la actividad enzimática y actividades como fotosíntesis y respiración. Incluso su crecimiento, reproducción y muerte por su imposibilidad de excretar el exceso de contaminantes absorbidos en el aire, siendo la bioacumulación el proceso de la descarga de la biota en el entorno que lo rodea (Conti y Cecchetti, 2000).

Numerosos estudios estiman que este problema se debe a los altos niveles de dióxido de azufre afectando la corteza de los arboles produciendo su acidificación (Herk, 2001).

3.3. Definición de términos básicos.

Cefalodios.- estructuras globosas, verrugosas, escuamulosas, coraloides o fruticulosas, que contienen cianobacterias e hifas del hongo, en líquenes donde el fotobionte primario es un alga verde. Pueden tener aspecto de agallas, en el interior o en el exterior de los talos y muchos de ellos tienen una estructura interna cerebriforme (de ahí el nombre). En realidad, se trata de un nuevo morfotipo del hongo. Son especialmente frecuentes en los géneros *Peltigera* y *Lobaria*.

Cilios.- son apéndices filiformes, constituidos por haces compactos de hifas que se sitúan en el margen de los lóbulos o de las lacinias de los talos. Pueden tener el aspecto de pestañas, pelos alargados y finos o de rizinas situadas en el margen talino de apotecios.

Córtex.- capa de anatomía y grosor variable, en la cara superior y/o inferior de los talos. Formada mediante la cohesión y empaquetamiento de hifas (plecténquimas). Allí se pueden acumular algunas sustancias, como el ácido úsnico, la atranorina o la parietina, relacionadas con la protección del aparato fotosintético del fotobionte. También se pueden acumular pigmentos coloreados en las paredes de las hifas.

Cortícola.- (v. epífito) que crece sobre la corteza de plantas leñosas (árboles y arbustos).

Disco.- en los apotecios, parte central formada por la capa superior del himenio cuya superficie está expuesta; puede ser cóncava, plana o convexa, coloreada y, por lo general, rodeada por un margen o excípulo.

Dorsiventral.- talo que tiene la cara superior y la inferior muy distintas de color y /o estructura.

Epifito.- liquen que vive sobre las cortezas de las plantas leñosas (árboles y arbustos), sin estar conectado orgánicamente con ellas. El pH de las cortezas es un factor ecológico importante para algunos líquenes y de selección de la flora epífita.

Esporas.- células generativas que reproducen nuevos individuos sin necesidad de fusionarse. Las de origen sexual se forman después de meiosis en los ascos (ascosporas). Las de reproducción asexual se llaman conidios.

Estructura heterómera.- Organización de algas en el tejido del talo en el cual las algas están más o menos homogéneamente distribuidas por el talo, sin tomar capas o estratos definidos.

Fotobionte.- Parte del liquen que realiza la fotosíntesis y está compuesta por el alga.

Forofito.- Planta portadora de líquenes epífitos.

Hifa.- filamento microscópico pluricelular del hongo que constituye su unidad estructural. Puede ser muy variada en formas, colores, grosor de las paredes y consistencias.

Himeno.- en el ascoma la zona donde se sitúan los ascos (con ascosporas) junto con las paráfisis estériles. Está compuesto de hifas haploides y de hifas ascógenas dicarióticas.

Isidios.- prolongaciones o protuberancias de morfología variada que surgen de la cara superior del talo, por tanto, están siempre corticados y en su interior hay hifas y células del fotobionte; propágulos simbióticos.

Lacinia, -ado.- cada una de las ramificaciones aplanadas de los talos fruticulosos. Pueden ser lisas, alveoladas, canaliculadas o angulosas.

Lóbulos.- prolongaciones o divisiones de las láminas de los talos, que no se separan de él. Los extremos pueden ser redondeados, truncados, afilados, etc. Y los márgenes pueden recurvarse, encrespase o ser planos. Se ramifican de maneras muy diversas y pueden estar muy adheridos al sustrato o levantarse muy laxamente sobre él.

Médula.- (v. heterómero) es una capa fúngica que suele ocupar el mayor volumen en el talo. Está constituida generalmente por un conjunto de hifas laxamente entremezcladas (aracnoide), de aspecto algodonoso con espacios que permiten la aireación del talo.

Micobionte.- La parte de líquen compuesta por el hongo.

Parietina.- sustancia liquénica de color amarillo, naranja o rojo; forma cristales, rojo violáceo intenso; se acumula en el córtex o discos de apotecios.

Pelo.- cortas prolongaciones de hifas simples sobre las superficies de los talos. Pueden ser cortos y rígidos o algodonosos. Suelen agruparse en zonas dando lugar a un tomento.

Rizinas.- Filamentos formados por hifas agrupadas, simples o ramificadas, que crecen en la superficie inferior del talo de un líquen folioso y le sirven para fijarse al sustrato.

Simbiosis.- Vida en común de dos o más organismos, con beneficio mutuo para los participantes o simbiosis.

Soredio.- propágulo vegetativo exclusivo de líquenes. Consta de unas pocas células de fotobionte envueltas por una capa laxa de hifas, no sobrepasan las 50 μm , pueden ser

farináceos o granuloso en función del tamaño. Se originan, bien de manera difusa en la superficie del talo, o más comúnmente, en áreas delimitadas (soraliós).

Talino (margen o excípulo).- borde que rodea al disco de algunos apotecios (v. lecanorino) y que contiene células del mismo fotobionte que el talo. Relativo al talo.

Talo.- cuerpo vegetativo de los líquenes que se forma mediante la asociación estable hongo-fotobionte (alga verde o cianobacteria) y da como resultado la formación de un talo de estructura compleja que difiere de cualquiera de los simbioses en estado de vida libre. Los dos extremos de complejidad son los de estructura homómera y los de heterómera (dorsiventral). En ocasiones puede tener dos fotobiontes, en ese caso el primario es un alga verde y el secundario una cianobacteria.

Taxonomía.- Ciencia que se encarga de denominar, describir y clasificar a los organismos vivos.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la determinación de la calidad del aire de la microcuenca del Lago Pomacochas usando líquenes epífitos, la metodología usada se resumió y se presenta en el siguiente flujo metodológico (Figura 1).

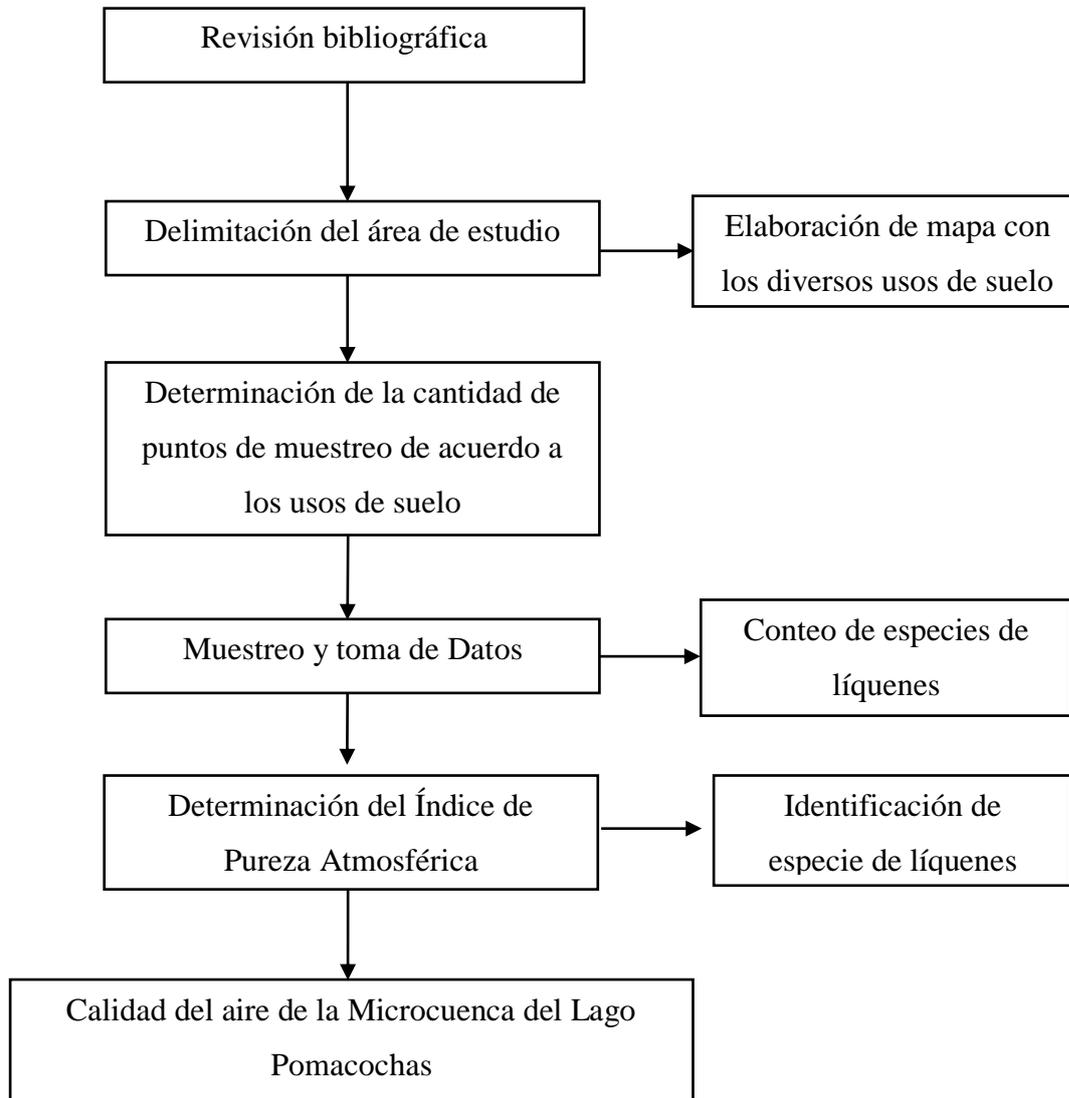


Figura 1. Flujo metodológico para la determinación de la calidad del aire de la Microcuenca del Lago Pomacochas.

4.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la región Amazonas, provincia de Bongará, distrito de Florida en toda la Microcuenca del Lago Pomacochas localizada a 2225 msnm; siendo el área total de 6386.62 hectáreas, abarcando en gran parte de su extensión a la agrupación vegetal *Alnus acuminata*.

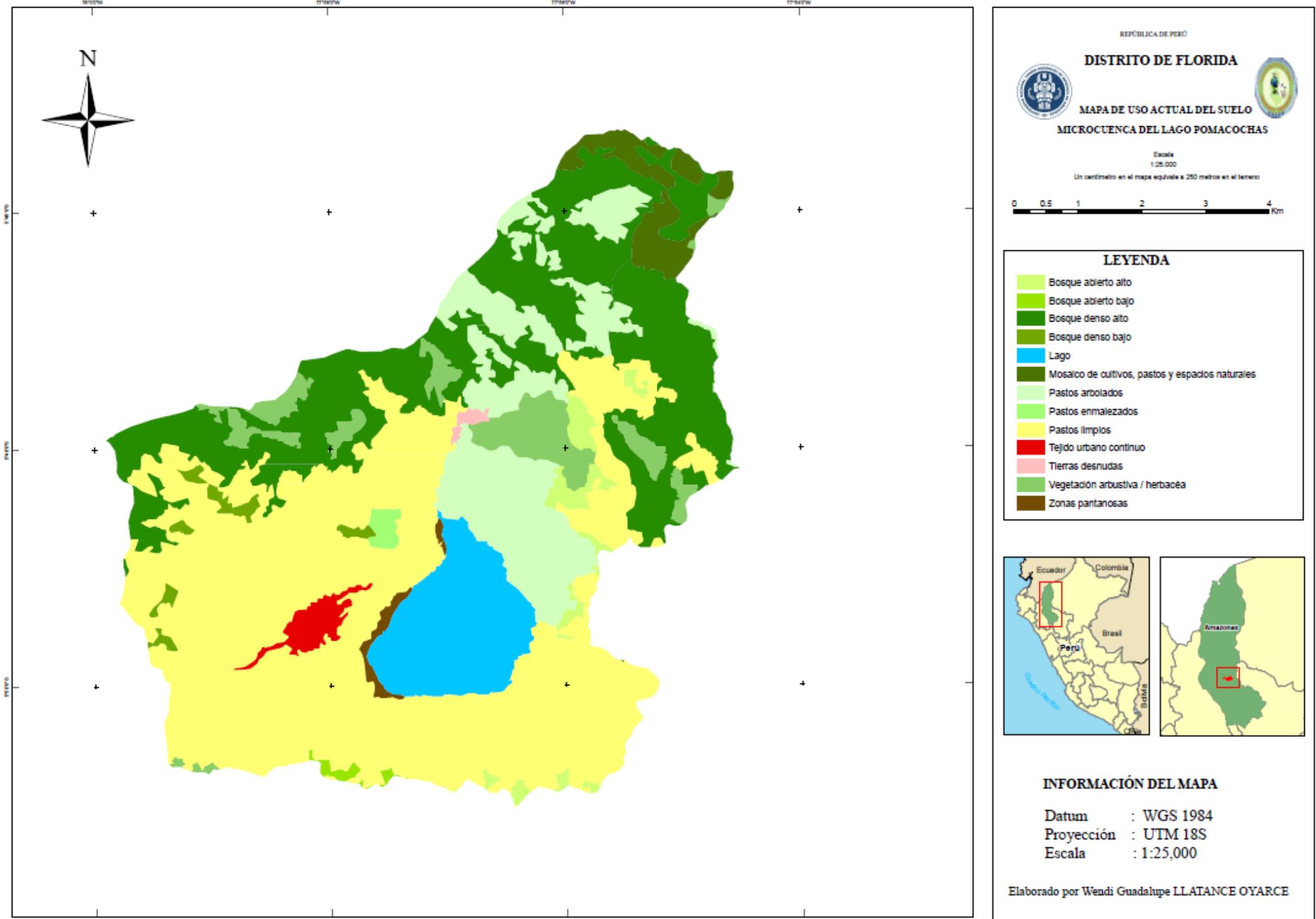


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio, Microcuenca del Lago Pomacochas

4.2. Diseño de estudio

Se definieron 530 estaciones de muestreo ubicados a lo largo de la Microcuenca del Lago Pomacochas, las cuales fueron georreferenciadas (Datum WGS 84, Zona 18 Sur). En la tabla 1 se indican las estaciones de muestreo en los diferentes usos de suelo.

Tabla 1. Descripción de los puntos de muestreo de los diferentes usos de suelos

Uso de Suelo		Área (ha)	N° de estaciones	N° de árboles	
Territorio artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	67.2	6	18
	Áreas agrícolas	Pastos	Pasto limpios	2856.76	257
		Pastos arbolados	750.13	68	204
		Pastos enmalezados	25.35	2	6
Bosques y áreas mayormente naturales	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	166.41	15	45
		Bosques	Bosque denso bajo	61.69	6
		Bosque abierto bajo	20.26	2	6
		Bosques denso alto	1506.97	136	408
		Bosque abierto alto	115.66	10	30
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación arbustiva / herbácea	311.09	28	84

Del mismo modo se asignó el número de estaciones (Tabla 1) de acuerdo al área total de cada uso actual de suelo, esto fue tomado basándonos en la metodología de Asta *et al.*, (2003) (Tabla 2).

Tabla 2. Número de estaciones según tamaño muestral.

Tamaño de la unidad muestral	0,25 x 0,25 km	0,5 x 0,5 km	1 x 1 km
Número de estaciones	3 - 4	4 - 6	6 - 12

Fuente: Asta *et al.*, (2003)

4.3.Periodo de muestreo y puntos de muestreo

El periodo de muestreo fue en una sola etapa y abarcó los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2016, se desarrolló todos los días incluidos los días de llovizna. Como el muestreo es preferencial los puntos fueron georreferenciadas en el momento del muestreo.

4.4.Muestreo de Líquenes

En cada una de las estaciones de monitoreo, fueron seleccionados tres árboles (forofitos) de la especie *alnus acuminata* más cercanos al centro de la estación, con la finalidad de homogenizar el sustrato por cuanto el crecimiento de líquenes epífitos depende de las características del hospedero. Los forofitos seleccionados tuvieron al menos 30 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), no mayor de 30° de inclinación y sin daños en su corteza vegetal. En cada forofito se registró la frecuencia y la cobertura de líquenes en un área de 20 x 50 cm dividido en 10 cuadrículas de 10 x 10 cm, apoyada verticalmente sobre el tronco del árbol a una altura de 1 m del suelo. Los líquenes (muestras) fueron colectadas, depositadas en un sobre de papel los cuales fueron rotuladas como muestra 1, muestra 2, muestra 3, muestra n; para luego ser identificadas.

4.5.Reconocimiento de especies y recolección de datos

Luego de realizar los apuntes necesarios para obtener el IPA y el IPAM, las muestras fueron dejadas a cargo del biólogo (liquenólogo Ángel Manuel Ramírez Ordaya para su reconocimiento (Ver Anexo VIII).

4.6.Análisis de datos

✓ Índice de Shannon - Wiener.

Este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores importantes: el número de especies presentes y su abundancia relativa. (Vargas *et al.*, 2016).

Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad, en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5(Pla, 2006).

Según (Kerckhoff, 2010) los valores típicos son generalmente entre 1,5 y 3,5 en la mayoría de los estudios ecológicos, y el índice es rara vez superior a 4. Este índice aumenta a medida que la riqueza y la uniformidad u homogeneidad de la comunidad es mayor. Ver fórmula 1.

Fórmula 1. Índice de Shannon - Wiener

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_{10} p_i$$

Donde:

S: Número de especies (la riqueza de especies)

p_i : proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n_i/N

n_i : número de individuos de la especie i

N : número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

✓ Índice de Pureza Atmosférico (IPA)

La calidad del aire en cada una de las estaciones se determinó con el Índice de Pureza Atmosférico (IPA), propuesto por Le Blanc y De Sloover, (1970), cuya expresión matemática se indica en la fórmula 2, se llegara a determinar la calidad del aire, tomando en cuenta la frecuencia, cobertura, el número de forofitos por estación y el factor de tolerancia de cada especie, con el que se llegó a determinar las especies sensibles y tolerantes a la contaminación, que ha sido aplicado en diversas investigaciones.

Fórmula 2. IPA

$$IPA = \frac{\sum f}{N}$$

Donde:

f = porcentaje de especies.

N= número de árboles muestreados por estación

Calatayud y Sanz (2000) sugieren que para utilizar escalas basadas en el cálculo del IPA, es importante que se adapten para cada territorio, ya que la sensibilidad de las distintas especies difiere. Según los investigadores, esta sensibilidad viene relacionada también con factores climáticos o distribución de la especie en el extremo de su área de distribución puede ser más sensible que en una zona donde esté en su óptima condición.

✓ **Índice de Pureza Atmosférico Mejorado (IPAM).**

Según Lijteroff y Santoni (2002), cuya expresión matemática se indica en la fórmula 3. Este índice aporta mayor sensibilidad en áreas de climas más rigurosos y mayor contaminación, donde el número de taxas es más reducido. Corresponde a una modificación del IPA, incluyendo en su fórmula una razón entre el factor de riqueza local y total.

Fórmula 3. IPAM

$$IPAM = \sum f/N * (S_{\text{área}}/S_{\text{total}})$$

Donde:

S_{área}: número de especies en la estación de monitoreo.

S_{total}: número total de especies.

f y N son los mismos del índice anterior

También realizó un análisis de varianza sobre los datos de IPA e IPAM; se usó el programa ArcGis para generar mapas de tipos de calidad de aire establecidas en función al intervalo del Índice de Pureza Atmosférico y de la alteración/naturalidad en la zona.

Los análisis se realizaron con el paquete estadístico Statistix 8 y la hoja de cálculo Microsoft Excel 2013.

V. RESULTADOS

5.1.Composición

En las 530 estaciones de muestreo establecidas, se estudiaron un total de 1590 forofitos en los cuales se encontró 57 especies; 25 crustáceos, 21 foliosos y 11 fruticulosos y estos pertenecen a 18 familias (Tabla 3).

Tabla 3. Taxa de especies de líquenes en la Microcuenca del Lago Pomacochas.

Familia	Especies	Tipo
PARMELIACEAE	<i>Usnea</i> sp.1	Fruticuloso
	<i>Usnea</i> sp.2	Fruticuloso
	<i>Usnea</i> sp. 3	Fruticuloso
	<i>Parmotrema reticulatum</i>	Folioso
	<i>Parmotrema</i> sp.1	Folioso
	<i>Parmotrema</i> sp.2	Folioso
	<i>Parmotrema</i> sp.3	Folioso
	<i>Parmotrema</i> sp.4	Folioso
	<i>cf. Physcia</i> sp.	Folioso
	<i>Hypotrachyna</i> sp.	Crustoso
CHRYSOTHRICHACEAE	<i>Chrysothrix</i> sp.1	Crustoso
	<i>Chrysothrix</i> sp.2	Crustoso
RAMALINACEAE	<i>Ramalina</i> sp. 1	Fruticuloso
	<i>Ramalina</i> sp. 2	Fruticuloso
	<i>cf. Niebla</i> sp.	Folioso
PHYSCIACEAE	<i>Heterodermia</i> sp.1	Fruticuloso
	<i>Heterodermia</i> sp.2	Folioso
	<i>Heterodermia</i> sp.3	Folioso
	<i>cf. Buellia</i> sp.	Folioso
	<i>Phaeophyscia</i> sp. 1	Folioso
	<i>Phaeophyscia</i> sp. 2	Folioso
TELOSCHISTACEAE	<i>Teloschistes</i> sp.1	Folioso
	<i>Teloschistes</i> sp.2	Fruticuloso
	<i>Teloschistes</i> sp.3	Fruticuloso
	<i>Caloplaca</i> sp.	Crustoso
CF. MALMIDEACEAE	<i>cf. Malmidea</i> sp. 1	Crustoso
	<i>cf. Malmidea</i> sp. 2	Crustoso
CF. ASCOMYCETE	<i>Ascomycete</i> 1	Crustoso
	<i>cf. Ascomycete</i> 2	Crustoso

	<i>cf. Ascomycete 3</i>	Crustoso
	<i>cf. Ascomycete 4</i>	Crustoso
GRAPHIDACEAE	<i>Graphis sp. 1</i>	Crustoso
	<i>Graphis sp. 2</i>	Crustoso
	<i>Graphis sp. 3</i>	Crustoso
	<i>Phaeographis sp.</i>	Crustoso
LECANORACEAE	<i>Lecanora intumescens</i>	Crustoso
	<i>Lecanora sp. 1</i>	Folioso
ARTHONIAEAE	<i>Cryptothecia</i>	Crustoso
	<i>Arthonia vinosa</i>	Crustoso
	<i>Arthonia leucopellaea</i>	Folioso
	<i>Ascomycete 5</i>	Crustoso
COLLEMATACEAE	<i>Leptogium sp.1</i>	Folioso
	<i>Leptogium sp.2</i>	Folioso
	<i>Leptogium sp.3</i>	Crustoso
	<i>Collema sp. 1</i>	Folioso
	<i>Collema sp. 2</i>	Folioso
LEJEUNEACEA	<i>Microlejeunea bullata</i>	Crustoso
LOBARIAEAE	<i>Lobaria</i>	Folioso
CANDELARIAEAE	<i>Candelariella sp.</i>	Crustoso
PERTUSARIAEAE	<i>Pertusaria sp.1</i>	Crustoso
	<i>Pertusaria sp.2</i>	Crustoso
FRULLANIA	<i>Frullania ericoides</i>	Fruticuloso
	<i>Frullania brasiliensis Raddi</i>	Fruticuloso
	<i>Frullania ericoides sp.</i>	Fruticuloso
RHIZOCARPACEAE	<i>Rhizocarpon</i>	Crustoso
CF. LECIDEAEAE	<i>cf. Lecidea sp. 1</i>	Crustoso

5.1.1. Riqueza de especies

En la figura 3 se muestra la cantidad de tipos de líquenes presentes en cada uso de suelo; se puede observar que en el uso de suelo pastos limpios presenta más número de líquenes y la riqueza de líquenes presente con respecto a la morfología del liquen es acorde con la teoría de Hale (1969), lo mismo pero inversamente ocurre en el uso de suelo Bosque Abierto Bajo se presenta la menor riqueza de líquenes. También se puede observar que en todos los usos de suelo que cumple la teoría en la cual nos explica que los líquenes de tipo crustáceo son más resistentes a la contaminación ambiental, en consecuencia es este tipo de liquen el cual tiene más presencia en los usos de suelo.

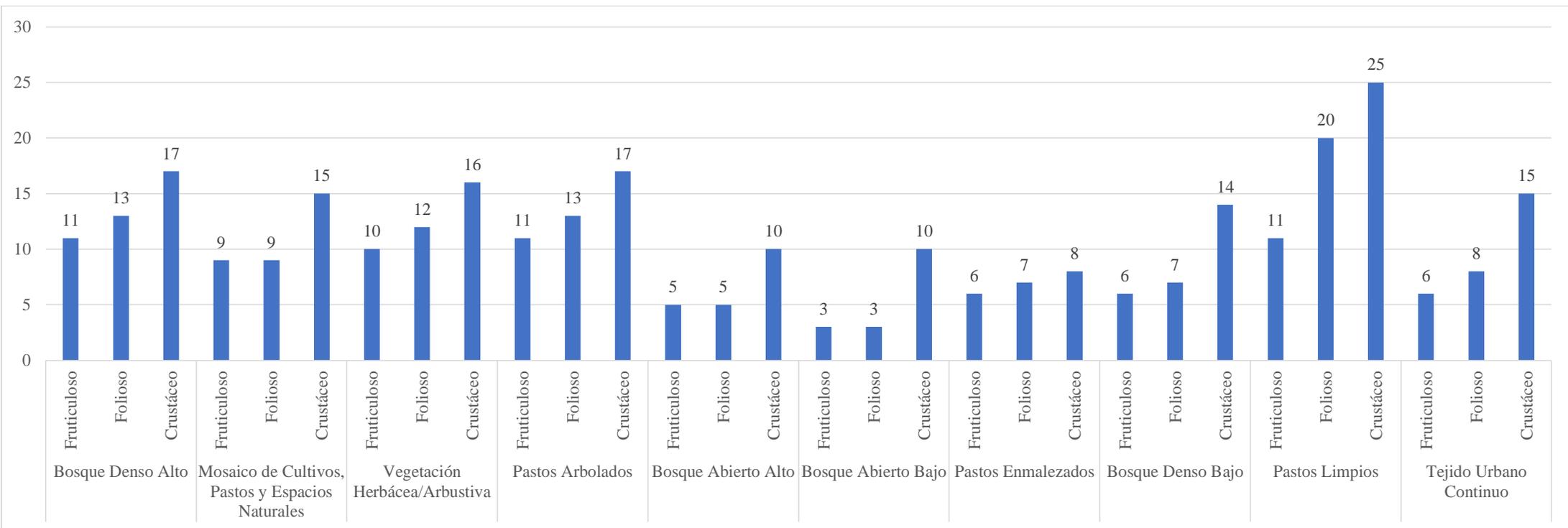


Figura 3. Tipo de líquenes (Fruticuloso, Folioso, Crustáceo) por uso de suelo.

En la tabla 4 se puede observar la riqueza de especies que presenta cada uso de suelo, el uso de suelo Pastos Limpios presenta mayor riqueza de especies, en cambio el uso de suelo Bosque Abierto Bajo presenta menor riqueza de especies; también se puede decir que respecto al índice de diversidad de Shannon-Wiener que el uso de suelo Bosque Abierto Bajo cuenta con menor valor y el uso de suelo Pastos Limpios cuenta con mayor valor.

Uso de Suelo	Riqueza	Índice de Shannon - Wiener
Bosque Denso Alto	41	1.43
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	33	1.38
Vegetación Herbácea / Arbustiva	38	1.41
Pastos Arbolados	41	1.34
Bosque Abierto Alto	20	1.23
Bosque Abierto Bajo	16	1.18
Pastos Enmalezados	21	1.30
Bosque Denso Bajo	27	1.35
Pastos Limpios	56	1.52
Tejido Urbano Continuo	29	1.40

Tabla 4. Riqueza e Índice de Shannon – Wiener

5.2.Frecuencia de especies líquénicas

De las cincuenta y siete especies reconocidas, las cuatro especies más representativas de la Microcuenca del Lago Pomacochas son: *Graphis* sp.1, la cual fue vista en 1485 forofitos (Fig. 7), *Parmotrema* sp. 2, vista en 1357 forofitos (Fig. 8), *Ramalina* sp. 1, vista en 1256 forofitos (Fig. 9) y *cf. Lecidea* sp. 1, vista en 1133 forofitos (Fig. 10).



Figura 4. Muestra *Graphis* sp.1 (liquen crustáceo)



Figura 5. Muestra de *Parmotrema* sp.2 (liquen folioso)



Figura 6. Muestra de *Ramalia* sp.1 (liquen fruticuloso)



Figura 7. Muestra de *Lecidea* sp (liquen crustáceo)

En cifras generales, se presentaron con mayor frecuencia las especies crustáceas, seguidas por las foliosas y fruticulosas.

En cuanto a la distribución espacial, es en el uso de suelo bosque abierto bajo donde la mayoría de las especies presentaron menor frecuencia.

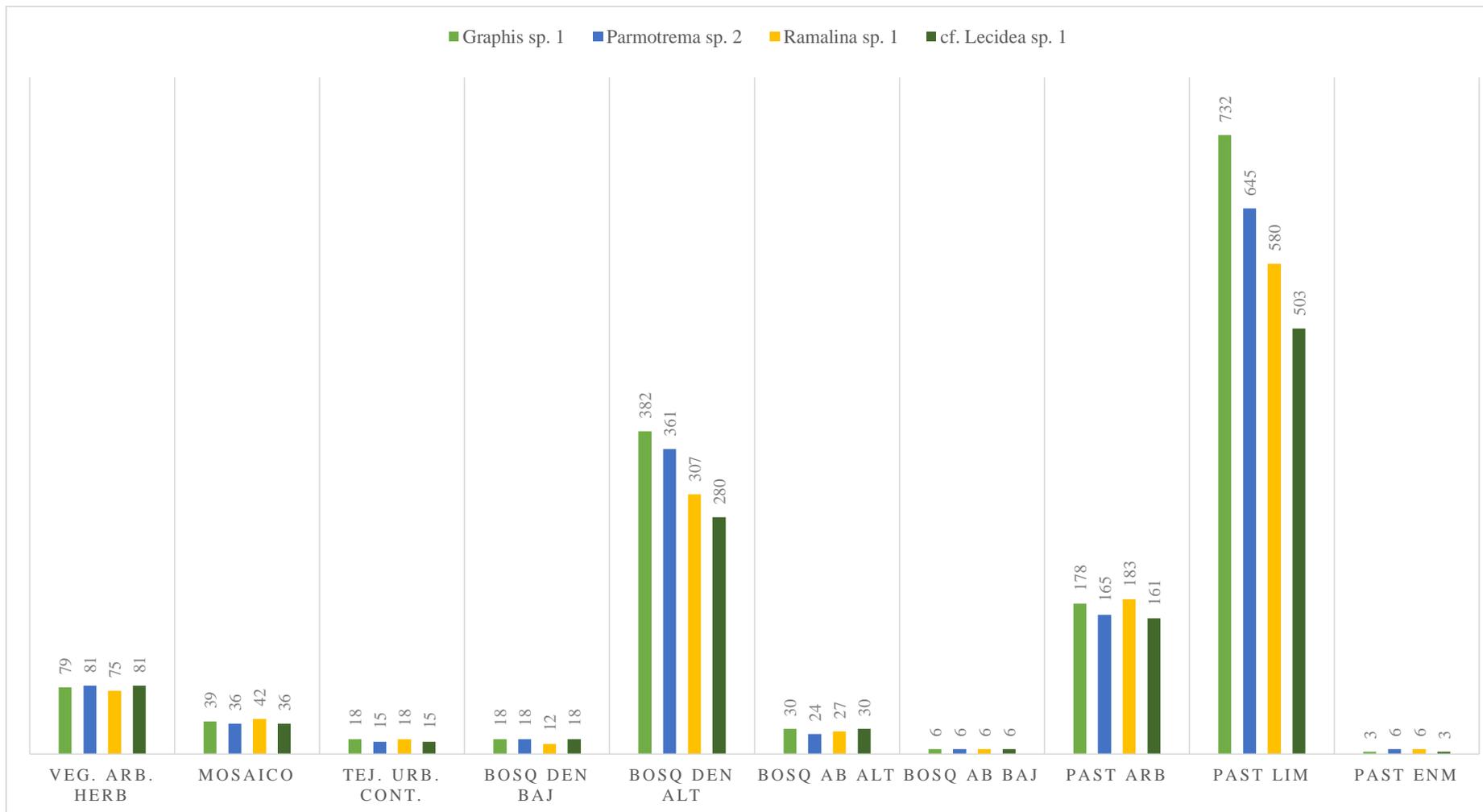


Figura 8. Frecuencia de las cuatro especies más representativas del estudio por cada uso de suelo.

En la figura 11, al analizar el comportamiento de cada una de las especies, se puede observar que las cuatro especies más representativas del estudio presentan una mayor similitud de frecuencia en los usos de suelo vegetación arbustiva/herbácea, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Tejido urbano continuo, bosque abierto alto, bosque abierto bajo y pastos enmalezados, en cambio en los usos de suelo bosque denso alto y pastos limpios presentan menos similitud ya que en dichos usos de suelo la especie *cf. Lecidea* sp.1 se presenta en menor número a comparación de las otras tres especies, en cambio la especie *Graphis* sp.1 se presenta en mayor cantidad respecto a las tres especies antes mencionadas en el gráfico y finalmente en el uso de suelo pastos arbóreos las cuatro especie (*Graphis* sp.1, *Parmotrema* sp.2, *Ramalia* sp.1 y *cf. Lecidea* sp.1), presentan poca diferencia en la cantidad de presencia en los diversos forofitos de dicho uso de suelo.

5.3.Sensibilidad y tolerancia de especies líquénicas a la contaminación

El factor de tolerancia está relacionado con el número de especies asociadas y con el número de estaciones en la que la especie i está presente por lo tanto las 57 especies de acuerdo a la tolerancia a la contaminación están de la siguiente forma: *Graphis* sp. 1, *Parmotrema* sp. 2, *Ramalina* sp. 1, *cf. Lecidea* sp. 1, *Usnea* spp, *Chrysothrix* sp, *Teloschistes* sp. 2, *Cryptothecia*, *cf. Ascomycete* 1, *Phaeographis* sp. 1, *Caloplaca* sp. 1, *Pertusaria*, *Graphis* sp. 2, *Usnea* sp.1, *Parmotrema* sp. 3, *Microlejeunea bullata*, *Frullania brasiliensis Raddi*, *Heterodermia* sp. 4, *Frullania ericoides*, *Pertusaria* sp, *Candelariella* spp, *Usnea* sp. 2, *Heterodermia* sp. 1, *cf. Ascomycete* 1, *Lobaria*, *cf. Niebla* sp. 1, *Ramalina* sp. 2, *Parmotrema reticulatum*, *Graphis* sp. 3, *Everniastrum* sp, *cf. Ascomycete* 4, *Ascomycete* 3, *Lecanora* sp. 1, *cf. Malmidea* sp. 1, *cf. Buellia* sp. 2, *cf. Physcia* sp. 2, *Heterodermia* sp. 2, *Teloschistes* sp. 2, *Arthonia leucopellaea*, *Rhizocarpon*, *Lecanora intumescens*, *Ascomycete* 2, *Teloschistes* sp. 1, *Parmotrema* sp. 5, *Parmotrema* sp. 6, *Phaeophyscia* sp. 2, *Arthonia vinosa*, *cf. Malmidea* sp. 2, *Leptogium* sp. 1, *Chrysothrix* sp. 2, *Phaeophyscia* sp. 1, *Leptogium* sp. 1, *Leptogium* sp. 2, *Hypotrachyna* sp. 3, *Collema* sp. 1, *Collema* sp. 2, *Frullania ericoides*, las cuales han sido escritas correlativamente de acuerdo a su tolerancia a la contaminación atmosférica.

5.4. Índice de Pureza Atmosférica (IPA)

Los valores del IPA de los usos de suelo fluctúan entre 43 y 75.1, con un máximo en el uso de suelo bosque denso alto y un mínimo en el uso de suelo tejido urbano continuo y reflejo una tendencia de disminución de la calidad del aire de acuerdo a la intervención antrópica que tiene cada uso de suelo, se puede observar en la figura 12. Se graficó el IPA de cada uno de los usos de suelo, se puede observar en el anexo V.

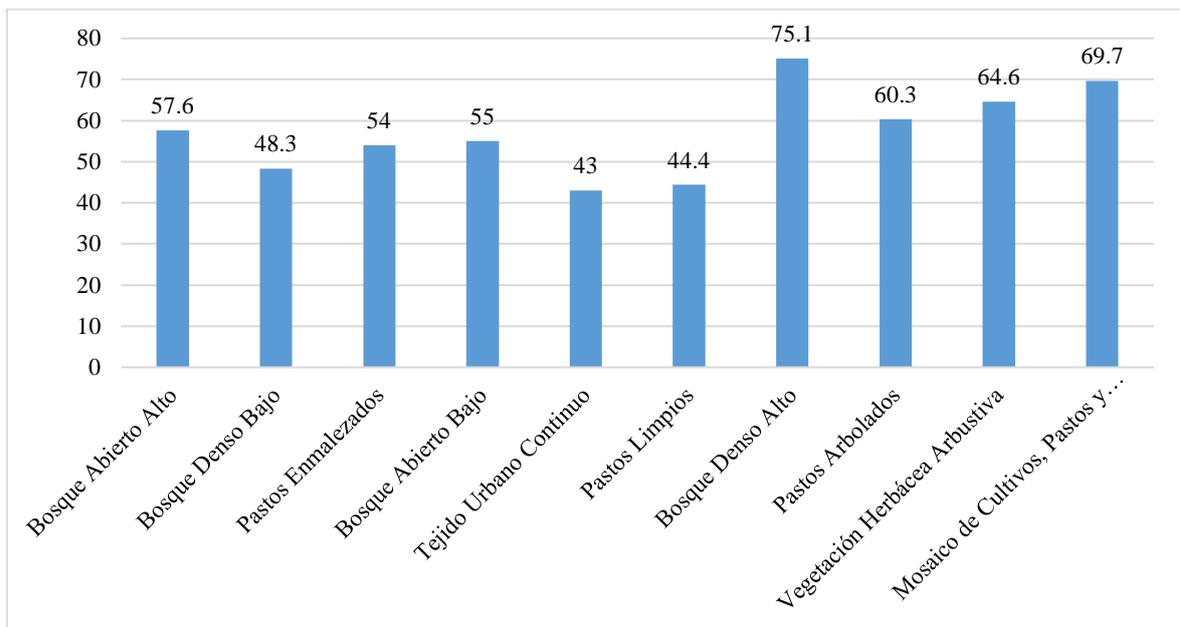


Figura 9. IPA de los usos de suelo

Análisis de varianza para los valores de IPA de los diez usos de suelo.

- ✓ *Análisis de varianza para los valores de IPA de cada una de las estaciones por usos de suelo.*

En este análisis de varianza se comparó las estaciones entre estaciones de un mismo uso de suelo para obtener diferencias entre IPA y se obtuvo los siguientes resultados (Ver tabla 4).

Tabla 5. Resultados de la comparación de estaciones para cada uso de suelo en función del IPA

Uso de Suelo	Análisis de Varianza		Prueba de Comparaciones Múltiples (Tuckey) Estaciones con mayor IPA
	F	P	
Bosque Abierto Alto	47.7	0.0000 **	9, 10
Bosque Denso Bajo	31.4	0.0000 **	11
Pastos Enmalezados	0.43	0.5482 ns	17, 18 (las estaciones no son significativas y se consideran las únicas dos estaciones como un solo grupo homogéneo)
Bosque Abierto Bajo	25.6	0.0072 **	20
Tejido Urbano Continuo	124	0.0000 **	21
Pastos Limpios	119	0.0000 **	59
Bosque Denso Alto	138	0.0000 **	370
Pastos Arbolados	174	0.0000 **	452
Vegetación Herbácea/Arbustiva	41.6	0.0000 **	489
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	91.0	0.0000 **	516

** Sumamente significativo ($P < 0.01$)

* Significativo ($P < 0.05$)

ns: no significativo ($P > 0.05$)

Como se puede observar en la tabla 4 el análisis de varianza que se realizan en las estaciones de cada uno de los usos de suelo respecto al IPA nos dice que nueve usos de suelo si presentan diferencia significativa respecto a sus estaciones en cambio el uso de suelo pastos enmalezados no presentan diferencia significativa y solo presenta un solo conjunto homogéneo.

✓ **Análisis de varianza para los valores de IPA de los diez usos de suelo.**

Se comparó los usos de suelo entre los usos de suelo de la microcuenca del lago Pomacochas para ver si existen diferencias significativas entre IPA y se vio que si existe diferencia significativa. Se encontró cinco tipos de calidad de aire dependiendo de la alteración y/o naturalidad de los cuales los usos de suelo se ubican en la calidad de aire de alteración media, naturalidad baja y naturalidad media (Ver tabla 5).

En el tipo de calidad de aire de alteración media se encontraban los usos de suelo tejido urbano continuo y pastos limpios, en el tipo de calidad de aire de naturalidad baja se encuentran los usos de suelo Bosque Abierto Bajo, Bosque Denso Alto, Pastos Enmalezados, Bosque Abierto Bajo y Pastos Arbolados, en el tipo de calidad de aire de naturalidad media se encuentran los usos de suelo Bosque Denso Alto, Vegetación Herbácea / Arbustiva y Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales.

Tabla 6. Tipo de calidad de aires establecido en función al valor de Índice de Pureza Atmosférico y de la alteración/naturalidad del aire en la zona de muestreo

Tipo de Calidad de Aire	Valores de I.P.A	Alteración / Naturalidad	Usos de suelo
A	9.30 – 33.70	Alteración alta	
B	33.7 – 48.30	Alteración media	Tejido Urbano Continuo y Pastos Limpios
C	48.30 -62.30	Naturalidad Baja	Bosque Abierto Bajo, Bosque Denso Alto, Pastos Enmalezados, Bosque Abierto Bajo y Pastos Arbolados
D	62.30 – 78.00	Naturalidad media	Bosque Denso Alto, Vegetación Herbácea / Arbustiva y Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales
E	78.00 – 121.70	Naturalidad Alta	

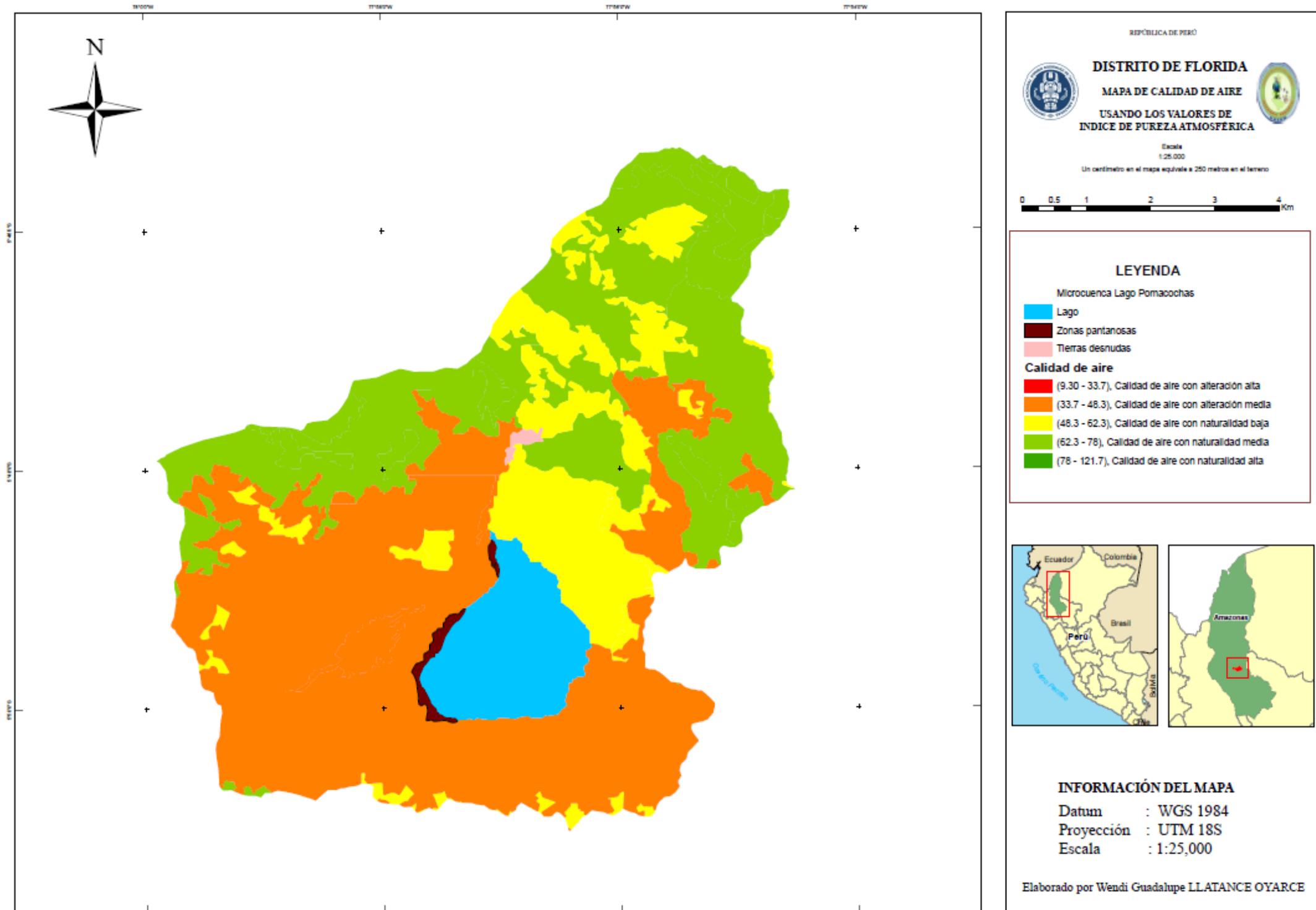


Figura 10. Análisis espacial de los valores de IPA del área de estudio, según los tipos de calidad de aire en la tabla 5

5.5. Índice de Pureza Atmosférica Modificado (IPAM)

Si bien los valores obtenidos en el IPAM siguen una tendencia similar que los valores de I.P.A, se observa un ajuste en los valores del usos de suelo ver figura 13.

Además se graficó el IPAM de los diferentes usos de suelo se puede observar en las figuras del anexo VI.

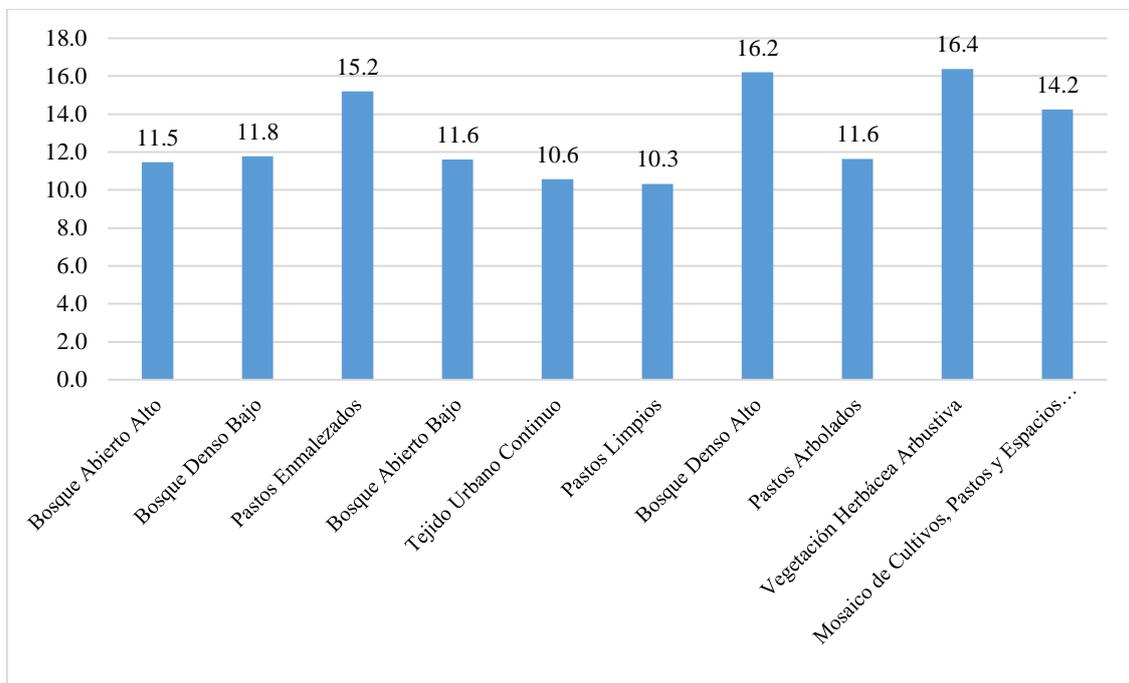


Figura 11. IPAM de los usos de suelo

Al igual que en el índice anterior, se realizó un análisis de varianza entre los usos de suelo a los valores IPAM donde se puede aseverar que, si existe diferencia estadísticamente significativa entre los usos de suelo. Luego, al aplicar análisis de varianza, se pudo observar cinco tipos de calidad de aire dependiendo de la alteración y/o naturalidad de los cuales los usos de suelo se agrupan en los tipos de calidad de aire de naturalidad baja y naturalidad media (ver tabla 6) En el tipo de calidad de aire de naturalidad baja se encuentran los usos de suelo Bosque Abierto Alto, Bosque Denso Bajo, Bosque Abierto Bajo, Tejido Urbano Continuo, Pastos Limpios, Pastos Arbolados, lo que indica que presenta una calidad de aire con una naturalidad baja con una intervención antrópica moderada y en el tipo de calidad de aire de naturalidad media se encuentran los usos de suelo Pastos Enmalezados, Bosque Denso Alto, Vegetación Herbácea/Arbustiva e indica un calidad de aire con una naturalidad media y con una intervención antrópica baja.

Tabla 7. Tipos de calidad de aire establecidas en función al valor de Índice de Pureza Atmosférico Modificado y de la alteración/naturalidad del aire en la zona de muestreo.

Tipos de Calidad de Aire	Valores de I.P.A.M	Alteración / Naturalidad	Usos de suelo
A	0.8 – 6	Alteración Alta	
B	6 – 9.40	Alteración Media	
C	9.40 – 13.40	Naturalidad Baja	Bosque Abierto Alto, Bosque Denso Bajo, Bosque Abierto Bajo, Tejido Urbano Continuo, Pastos Limpios, Pastos Arbolados. Pastos Enmalezados, Bosque
D	13.40 – 18.200	Naturalidad Media	Denso Alto, Vegetación Herbácea/Arbustiva
E	18.200 – 38.400	Naturalidad Alta	

Sin embargo, a diferencia de la tabla anterior (Tabla 6. Tipos de calidad de aire establecidas en función del intervalo de índice de Pureza Atmosférico Modificado y de la alteración/naturalidad del aire en la zona de muestreo) se puede observar que el IPAM solo se agrupa en solo dos tipos de calidad de aire a diferencia del IPA ya que este se agrupa en dos tipos y dependido principalmente del número de especies presentes en cada uso de suelo.

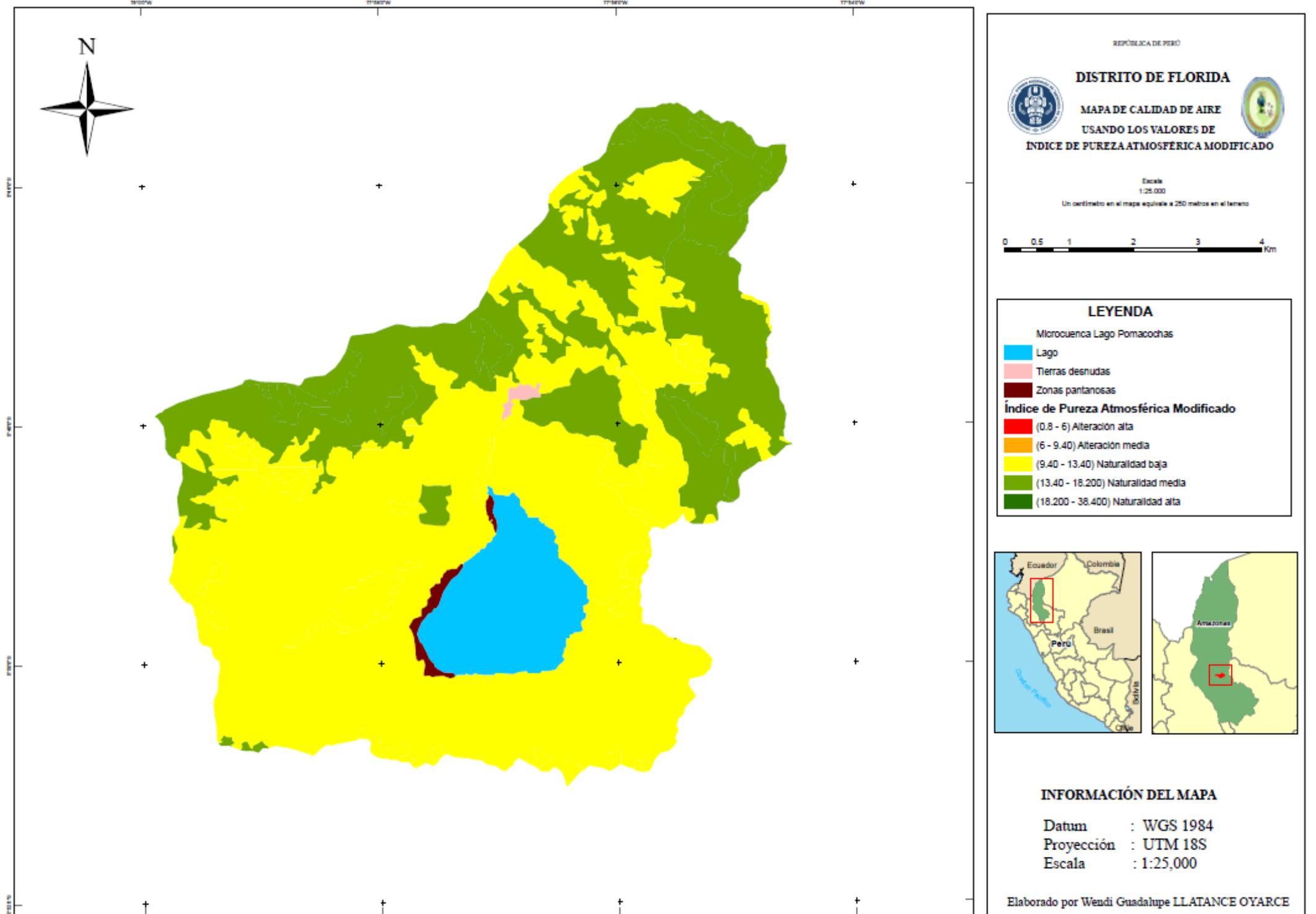


Figura 12. Análisis espacial de los valores de IPAM del área de estudio, según los tipos de calidad de aire en la tabla 6.

VI. DISCUSIÓN

Se registraron diecisiete familias expresadas en cincuenta y siete especies, el resultado es relativamente alto a comparación a lo encontrado en otros estudios como son 19 especies en el estudio de Lijteroff y Satoni (2006), en San Luis – Argentina, 27 especies encontradas en la ciudad de La Paz Canseco *et al.*, (2006), 20 especies encontradas en Montevideo Darré (2011), pero a diferencia del estudio de Cango (2008) en el cual evaluó la calidad de aire de la ciudad de Loja – Ecuador se obtuvo 70 especies se puede decir que se obtuvo un número de líquenes mayor que el estudio realizado, esto se debe a que existe mayor variación entre las tres zonas estudiadas.

Según Hale (1969), los líquenes crustáceos son más tolerantes a la contaminación atmosférica y los líquenes fruticulosos son menos tolerantes, esto si concuerda con la investigación realizada, ya que en los diez tipos de usos de suelo que presenta el estudio todos tienen un mayor número de líquenes crustáceos.

También se pudo observar la diversidad y frecuencia de especies las cuales nos indican las especies más tolerantes y sensibles a la contaminación atmosférica y los resultados dicen que las especies más tolerantes son *Graphis sp. 1*, *Parmotrema sp. 2*, *Ramalina sp. 1* y *cf. Lecidea sp. 1* y las especies sensibles son *Hypotrachyna sp. 3*, *Collema sp. 1*, *Collema sp. 2*, *Frullania ericoides*. Si comparamos con otros estudios como Segura (2013) se puede decir que si presentan similitud en sus especies tolerantes ya que aparecen las especies *Ramalina celastri* y *Parmotrema chinense*, a diferencia de las especies sensibles no presentan similitud. El estudio de Riquelme (2008) también es similar en el tema de las especies tolerantes ya que presentan las especies *Lecidea sp* y *Ramalia chilensis*. A diferencia del estudio de Lijteroff *et al.*, (2006) este no presenta similitud en especies tolerantes y/o sensibles a la contaminación se puede decir que los ecosistemas son muy diferentes uno de los factores influyentes puede ser la geografía del lugar y los factores antropogénicos. El estudio de Rubiano (1987) establece a las especies *Heterodermia cf.*, *Parmotrema perlatum*, *Teloschistes exilis* y *Ramalina celastri* como las más tolerantes a la contaminación; también señala como especies sensibles a *Heterodermia hypoluccia*, *Heterodermia flabellata*, *Usnea sp.* *Parmotrema sp.* y *Lobaria sp.* Al comparar la investigación realizada en la Microcuenca del Lago Pomacochas se puede observar que las especies *Heterodermia* se comportan de manera similar ya que

son tolerantes y sensibles a la contaminación, pasa algo similar con la especie *Parmotrema* es tolerante y sensible a la contaminación. Esto se debe ya que en el estudio de Rubiano de 1987 se analizó un ecosistema diferente al cual hemos estudiado, pero sin embargo el comportamiento de algunas especies aún siguen siendo similares.

En el contexto indicado los líquenes de tipo fruticuloso son menos tolerantes, se puede observar que este tipo de líquen está ausente en 66 estaciones y de estas, las estaciones que presentan menor IPA son 11; lo que nos lleva a concluir que los líquenes Fruticulosos se restringen a lugares con mejor calidad de aire, a excepción de las especies *Parmotrema sp. 2*, *Ramalina sp.* que se constituyen como especies tolerantes a la contaminación. Ya que se ha podido observar en varias zonas el crecimiento de estas especies con longitudes muy pequeñas.

Del mismo modo (2001) se establecieron cinco niveles de IPA (Muy alto nivel de contaminación (0 – 12,5), Alto nivel de contaminación (12.6 - 25), Moderado nivel de contaminación (25 – 37.5), bajo nivel de contaminación (37.5 - 50) y Muy bajo nivel de contaminación (mayor de 50)).

Fernández y Terrón (2003) obtuvo siete escalas de intervalos de Índice de Pureza Atmosférica (Alteración muy alta (36 -42), Alteración alta (42 - 48), Alteración media (48 -58), Naturalidad baja (54 -60), Naturalidad media (60 - 66), Naturalidad alta (66 - 72) y Naturalidad muy alta (mayor a 72)).

Darré (2011) establece calidad de aire (Muy Buena, Buena, Aceptable, Inadecuada, Mala, Muy Mala), esto se pudo realizar ya que anteriormente a este estudio la Intendencia de Montevideo (IMM) realizó un estudio más a profundidad y estableció categorías de índice de calidad de aire para estudios posteriores en bioindicadores.

En este estudio de calidad de aire de la Microcuenca del Lago Pomacochas no se tiene estudios anteriores por lo cual tomamos la sugerencia de Calatayud y Sanz (2000) en la cual sugieren que para utilizar escalas basadas en el cálculo del IPA, es importante que se adapten para cada territorio, ya que la sensibilidad de las distintas especies difiere. Así que se establecieron cinco tipos de calidad de aire de acuerdo a las alteraciones y/o naturalidad para IPA (alteración alta (9.30 – 33.70), alteración media (33.70 – 48.30), naturalidad baja (48.30 – 62.30), naturalidad media (62.30 – 78.00) y naturalidad alta (78.00- 121.70)) de los cuales los se puede observar que los usos de suelo tienen: calidad

de aire de alteración media, naturalidad baja y naturalidad media, si se compara con las escalas del estudio de Conti y Cecchetti (2001) se puede decir que tenemos un moderado nivel de contaminación, bajo nivel de contaminación y muy bajo nivel de contaminación lo cual si se asemeja a nuestros resultados y a la cantidad de intervención antrópica en el medio por lo tanto se puede decir que estos dos ecosistemas son similares.

Si se compara con Fernandez y Terrón (2003) se puede decir que se tiene una alteración alta, alteración media, naturalidad baja, naturalidad media, naturalidad alta y naturalidad muy alta lo cual en la mayoría no guarda concordancia con el medio estudiado por lo que se puede decir que estos ecosistemas no son similares.

Además en la Microcuenca también se establecieron cinco tipos de calidad de aire de acuerdo a las alteraciones y/o naturalidad para IPAM (alteración alta (0.8 – 6), alteración media (6 – 9.40), naturalidad baja (9.40 – 13.40), naturalidad media (13.40 – 18.200) y naturalidad alta (18.200 - 38.400)) de los cuales los se puede observar que los usos de suelo tienen calidad de aire de naturalidad baja y naturalidad media, a comparación del IPA se puede decir que este índice aporta mayor rigurosidad al analizar ya que toma en el análisis no solo a la frecuencia de especies sino también considera al número de especies presente (Lijteroff y Santoni (2002)), ya que si se observa que de acuerdo al IPA los usos de suelo se clasifican en tres tipos de calidad de aire y de acuerdo al IPAM se clasifican en dos tipos. Pero para estudios generales el IPA es el índice comúnmente usado por diferentes autores.

A pesar de que el IPA arroja valores numéricos para cada una de las estaciones, este método se lo considera cualitativo, ya que no muestra resultados de concentraciones de contaminantes, o a cuál contaminante se le puede atribuir los resultados obtenidos, sino más bien indica la calidad de aire circundante en la estación de muestreo, por lo que se considera un método complementario de detección rápida de los métodos de medición físico-químicos (Segura, 2013).

VII. CONCLUSIONES

- ✓ AL caracterizar la zona de estudio se encontró trece usos de suelo, de los cuales no se tomó en cuenta a los usos de suelo lago, zonas pantanosas y tierras desnudas ya que no presentaban condiciones adecuadas.
- ✓ Se identificó un total de cincuenta y siete especies pertenecientes a dieciocho familias de las cuales veinticinco son crustáceos, veintiuno foliosas y once son fruticulosas.
- ✓ Los líquenes del tipo crustáceo son las más tolerantes a la contaminación, mientras que las del tipo fruticuloso son más sensibles. A diferencia de las especies *Parmotrema sp.2* (liquen folioso) y *Ramalia sp.1* (liquen fruticuloso) son especies que con el tiempo han podido adaptarse a la contaminación del medio y ser tolerantes a la contaminación.
- ✓ Hubo mayor especies liquénicas en el uso de suelo pastos limpios. Según el IPA se vio que la calidad de aire de este uso de suelo era bajo, esto se debe a que la mayor cantidad de especies en este uso de suelo son más tolerantes a la contaminación atmosférica.
- ✓ Según el análisis estadístico, se pudo observar que el IPA se agrupó en cinco tipos de calidad de aire según alteraciones/naturalidad los usos de suelo donde hay mayor intervención antrópica el IPA es más bajo como son tejido urbano continuo y pastos limpios con 43 y 44.3 respectivamente. Además se puede ver que el resultado del uso de suelo Bosque Denso Alto es alto respecto a los demás con un resultado de 75.1.
- ✓ A consecuencia que no hay ningún estudio actualmente, se ha optado establecer zonas liquénicas.
- ✓ La escala propuesta de calidad de aire por intervalos de Índice de Pureza Atmosférica y de la alteración/naturalidad únicamente puede ser aplicada en esta zona o en otras semejantes, constituyendo un punto de partida para estudios semejantes en otras áreas.

VIII. RECOMENDACIONES

- ✓ Monitorear periódicamente la calidad de aire fijando puntos estratégicos de muestreo para la aplicación de la metodología IPA.
- ✓ Realizar estudios a profundidad para saber cuáles son los contaminantes atmosféricos que existen en dicha zona y en qué proporción se puede atribuir los resultados obtenidos del Índice de Pureza Atmosférica IPA.
- ✓ Se debería establecer proyectos de monitoreo de calidad de aire donde se utilice en conjunto los métodos físico-químicos y biológicos con el propósito de obtener información más completa sobre la calidad de aire.
- ✓ Aumentar los esfuerzos en investigación de la flora liquénica en la región Amazonas.
- ✓ La metodología empleada en este trabajo, puede ser aplicada en diversos lugares para identificar muchos de los impactos al medio ambiente.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ainsworth, G. y Bisby, G. (1971). *Dictionary of the fungi: Including the lichens*. Kwe: Commonwealth Mycological Institute.
- Asta, J., Erhardt, W., Ferretti, M., y Fornasier, F. (2003). *European guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental stress*. 24 de enero de 2017, de Comunidad Europea Sitio web: <http://www.thebls.org.uk/content/documents/eumap.pdf>.
- Barreno, E. (1977). *Liquenes, Micoficobiosis y Micorrizas*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.
- Barreno, E. 1997. Hongos simbioses: *Líquenes, micoficobiosis y micorrizas*. En: Izco J., Barreno E., Brugués M., Costa M., Devesa J., Fernández F., Gallardo T., Llimona X., Salvo E., Talavera S. y Valdés, B. (Eds) Botánica. Madrid, McGraw-Hill/Interamericana de España.
- Barreno, E., y Pérez, S. (2003). *Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias*. Oviedo: KRK Ediciones.
- Cango P. (2015). *Briófitos y líquenes epífitos como organismos bioindicadores de la calidad del aire de la ciudad de Loja*. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero en Gestión Ambiental. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Canseco, A., Anze, R., & Franken, M. (2006). *Comunidades de líquenes: indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia*. ACTA NOVA, pp 286-307.
- Calatayud, L., Sanz, M (2000). *Guía de Liquenes Epífitos*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid, 185.
- Capó, M. (2002). *Principios de ecotoxicología. In Diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente*. Madrid: McGraw-Hill.
- Cárdenas, E. (2004). *Contaminación atmosférica y medios de transporte en la ciudad de Toluca*. Mexico: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Chapman, A. (2009). *Numbers of Living Species in Australia and the World*. Australia: Australian Biodiversity Information Services.
- Cislaghi, C. y Nimis, P. (1997). *Lichens, air pollution and lung cancer*. Nature 387 (1): 463 – 464.
- Cockerman, L., y Shane, B. (1994). *Basic Environmental Toxicology*. Boca Raton: CRC.

- Conti, M. y Cecchetti G. (2001). Biological Monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment. *Environmental pollution*. 114, (7); pp 471 -492.
- Cubas, P., Núñez, J., Crespo, A., y Divakar P.K. (2010). *Líquenes: que son y su uso como bioindicadores*. GEMM. 24 de enero, de GEMM Sitio web: https://www.aulados.net/GEMM/Documentos/San_Quintin_Innova/Liquenes_que_son_uso.pdf.
- Darre, E. (2011). *Líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en Montevideo – Uruguay*. Redalyc, pag 1-5.
- Estrabou, C., Stiefkens L., Hadid, M. (2004). *Efectos de contaminación del aire sobre la morfología y reproducción de cuatro especies de líquenes*. *Ecología en Bolivia* 39 (2): pp 33 -45.
- Fernandez, A. y Terron, A. (2003). Biomonitorización de la calidad del aire en los alrededores de La Robla (León). *Revista científica técnica de ecología y medio ambiente*.
- García S. y Guerrero M. (2006). *Indicadores de sustentabilidad ambiental en la gestión de espacios verdes. Parque urbano Monte Calvario, Tandil, Argentina*. *Geografía Norte Grande*, 35, pp.45-57.
- García, P., Ros, M., y Guerra J. (1999). *Briófitos como bioindicadores de calidad botánica en zonas áridas del sudeste español. En Sierras de filabres, cabrera, alhamilla y cabo de gata*. Almería, España: Acta Botánica Malacitana., pp. 113 – 131.
- Gradstein, S.R., Churchill, S. P. y Salazar-Allen, N.. (2001). *Guide to the Bryophytes of Tropical America. Memoirs of the New York Botanical Garden*, 86, pp. 1-577.
- Hale, M. 1969. How to know the Lichens. Iowa, W.C. Brown Co. 226 p.
- Hawksworth L; Iturriaga T y Crespo A. (2005). *Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22, pp.71-82.
- Herk C. (2001). *Bark Ph and susceptibility to toxic air pollutants as independent causes of changes in epiphytic lichen composition in space and time*. *Lichenol* 33 (9): 419 – 441.
- Izco, J. (2000). *Botánica*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

- Kett A, Dong S, Andrachuk H, y Craig B. (2008). *Aprendiendo con Líquenes: Uso de Líquenes Epífitos como Indicadores Biológicos de Contaminación del Aire*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Kerkhoff. (2010). biology.kenyon.edu. Recuperado el 02 de Septiembre de 2016, de Measuring biodiversity of ecological communities: <http://biology.kenyon.edu/courses/biol229/diversity.pdf> .
- Laura, V., Campos, S., Uribe, J., y Aguirre J. (2008). *Santa María, Líquenes, Hepáticas y Musgos*. Bogotá D.C. Colombia: Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia.
- Le Blanc, F., y De Sloover, J. (1970). *Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity*. International Society for Tropical Ecology. pp.40-52.
- Literoff, R., Lima, L., y Prieri, B. (2009). UNAM. Recuperado el 28 de enero de 2017, de <http://www.journals.unam.mx/index.php/rica/article/viewFile/21588/21602>
- Lijteroff, R. y Santoni, C. (2006). Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores en la Provincia de San Luis, Argentina. *Int. Contam. Ambient*, 22 (1), pp 49 -58.
- Lijteroff, R. y Santoni, C. (2002). *Propuesta para modificación del cálculo del Índice de Pureza Atmosférica (I.P.A) utilizando comunidades liquénicas*. 25 de enero, de San Luis, Argentina Sitio web: http://www.cricyt.edu.ar/eco2004/Resumenes/EU_murales.html.
- Marbán, L. (1999). *Contaminación con Metales Pesados en un Suelo de la Cuenca del Río Reconquista*. Ecología Austral, 9, pp. 15-19.
- Nylander, W. (1866). Les Lichens Du Jardin Luxembourg. *Bot.fr* 13 (2): pp 364 - 372
- Pla, L. (2006). *Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza*. Interciencia, I, 31.
- Redón, J. (1987). *Líquenes Antárticos*. Santiago: Instituto Antártico Chileno.
- Riquelme F. (2008). *Evaluación del uso de líquenes como indicadores biológicos de contaminación atmosférica en la Quebrada de la Plata, Región Metropolitana* (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Rubiano L. (1987). *Delimitación de áreas de isocontaminación en Cali y Medellín utilizando líquenes como bioindicadores*. Pérez Arbelaezia; 1(4): pp.7-41.
- Rubio, C., Fernandez, E., Hidajgo, M., y Quilhot, W. (2002). *Effect of solar UV-B radiation in the accumulation of rhizocarpic acid in a lichen species from alpine*

zones of Chile. 28 de enero, de Soc. Chil. Quím Sitio web:
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S036616442002000100012&script=sci_arttext.

- Sarmiento, F. (2000). *Diccionario de Ecología*. Cambridge: Harvard University Press.
- Segura, S. (2013). *Caracterización De La Contaminación Atmosférica En Seis Parques Recreacionales Del Distrito Metropolitano De Quito Mediante El Uso De Bioindicadores*. (tesis de pregrado). Universidad Central Del Ecuador, Ecuador.
- Simpson, E. (1949). *Measurement of diversity*. Nature, I, 163.
- Solis, L., y López, J. (2003). *Principios básicos de la Contaminación Ambiental*. México: México.
- Steubing, L., Godoy, R., y Alberdi, M. (2001). *Métodos de Ecología Vegetal*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Vargas, N, Lujan M, Navarro G y Flores, R. (2016) *Aplicabilidad de líquenes bioindicadores como herramienta de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cochabamba*. Cochabamba, Bolivia.
- Zaror, C. (2000). *Introducción a la Ingeniería Ambiental para la Industria de Procesos*. Concepción: Universidad de Concepción.

X. ANEXOS

10.1. ANEXO I. Trabajo de campo (Muestreo y recolección de datos).



Figura 13. Reconocimiento del área de la microcuenca del Lago Pomacochas.



Figura 14. Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) del forofito (*Alnus acuminata*).



Figura 15. Medición de la altura del piso de 1.00 m (para colocar la rejilla).



Figura 16. Colocación de la rejilla sobre el tronco del forofito.



Figura 17. Toma de coordenadas del forofito con el GPS.



Figura 18. Conteo de especies por cuadrante de la rejilla.



Figura 19. Recolección de especies para su posterior reconocimiento.



Figura 20. Especie de muestra recolectada, lista para colocar en la bolsa de papel para su posterior reconocimiento.



Figura 21. Especie de muestra recolectada colocada en la bolsa de papel.



Figura 22. Rotulación de muestra colectada.

10.2. ANEXO II. Formularios para registro de diversidad y frecuencia de líquenes.

Especie de árbol: <i>Alnus aluminata</i>		Biotipo		
Coordenadas				
	Nombre de la especie	Crust.	Foliac.	Frutic.
ESPECIE 1				
ESPECIE 2				
ESPECIE 3				
ESPECIE 4				
ESPECIE 5				
ESPECIE 6				
ESPECIE 7				
ESPECIE 8				
ESPECIE 9				
ESPECIE n				
N° Especies				
Total:				
I.P.A = (cr+fl+fr)				

Especie de árbol: <i>Alnus aluminata</i>		Biotipo		
Coordenadas				
	Nombre de la especie	Crust.	Foliac.	Frutic.
ESPECIE 1				
ESPECIE 2				
ESPECIE 3				
ESPECIE 4				
ESPECIE 5				
ESPECIE 6				
ESPECIE 7				
ESPECIE 8				
ESPECIE 9				
ESPECIE n				
N° Especies				
Total:				
I.P.A = (cr+fl+fr)				

Especie de árbol: <i>Alnus aluminata</i>		Biotipo		
Coordenadas				
	Nombre de la especie	Crust.	Foliac.	Frutic.
ESPECIE 1				
ESPECIE 2				
ESPECIE 3				
ESPECIE 4				
ESPECIE 5				
ESPECIE 6				
ESPECIE 7				
ESPECIE 8				
ESPECIE 9				
ESPECIE n				
N° Especies				
Total:				
I.P.A = (cr+fl+fr)				

Especie de árbol: <i>Alnus aluminata</i>		Biotipo		
Coordenadas				
	Nombre de la especie	Crust.	Foliac.	Frutic.
ESPECIE 1				
ESPECIE 2				
ESPECIE 3				
ESPECIE 4				
ESPECIE 5				
ESPECIE 6				
ESPECIE 7				
ESPECIE 8				
ESPECIE 9				
ESPECIE n				
N° Especies				
Total:				
I.P.A = (cr+fl+fr)				

Especie de árbol: <i>Alnus aluminata</i>		Biotipo		
Coordenadas				
	Nombre de la especie	Crust.	Foliac.	Frutic.
ESPECIE 1				
ESPECIE 2				
ESPECIE 3				
ESPECIE 4				
ESPECIE 5				
ESPECIE 6				
ESPECIE 7				
ESPECIE 8				
ESPECIE 9				
ESPECIE n				
N° Especies				
Total:				
I.P.A = (cr+fl+fr)				

Especie de árbol: <i>Alnus aluminata</i>		Biotipo		
Coordenadas				
	Nombre de la especie	Crust.	Foliac.	Frutic.
ESPECIE 1				
ESPECIE 2				
ESPECIE 3				
ESPECIE 4				
ESPECIE 5				
ESPECIE 6				
ESPECIE 7				
ESPECIE 8				
ESPECIE 9				
ESPECIE n				
N° Especies				
Total:				
I.P.A = (cr+fl+fr)				

Especie de árbol: <i>Alnus aluminata</i>		Biotipo		
Coordenadas				
	Nombre de la especie	Crust.	Foliac.	Frutic.
ESPECIE 1				
ESPECIE 2				
ESPECIE 3				
ESPECIE 4				
ESPECIE 5				
ESPECIE 6				
ESPECIE 7				
ESPECIE 8				
ESPECIE 9				
ESPECIE n				
N° Especies				
Total:				
I.P.A = (cr+fl+fr)				

10.3. ANEXO III. Descripción de los puntos de muestreo.

Tabla 8. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Bosque abierto alto” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.

Uso actual de suelo	Número	Estaciones	Coordenadas		Especies
			Sur	Oeste	
Bosque abierto alto	1	Estación N° 1	05° 48' 30.5"	077° 56' 0.5"	
	2	Estación N° 2	05° 50' 52.7"	077° 56' 3.4"	Usnea spp, Ramalia sp.1, Chrysothrix sp, Parmotrema sp. 2, Microlejeunea bullata, cf. Physcia sp.2, Teloschistes sp.2, cf. Lecidea sp.1, cf. Ascomycete 1, Graphis sp.1, Heterodermia sp. 4, Pertusaria, Caloplaca sp.1, Parmotrema sp.3, Parmotrema Reticulatum, Ascomycete 2, Ascomicete 3, Frulania Brasiliensis Raddi, Graphis sp. 2
	3	Estación N° 3	05° 48' 17.0"	077° 56' 2.7"	
	4	Estación N° 4	05° 48' 15.8"	077° 55' 45.4"	
	5	Estación N° 5	05° 47' 25.6"	077° 55' 28.0"	
	6	Estación N° 6	05° 48' 51.5"	077° 55' 42.8"	
	7	Estación N° 7	05° 49' 19.6"	077° 55' 52.9"	
	8	Estación N° 8	05° 49' 27.8"	077° 56' 0.0"	
	9	Estación N° 9	05° 47' 45.5"	077° 55' 50.8"	
	10	Estación N° 10	05° 47' 56.2"	077° 55' 48.5"	

Tabla 9. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Bosque denso bajo” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.

Uso actual de suelo	Número	Estaciones	Coordenadas		Especies
			Sur	Oeste	
Bosque denso bajo	1	Estación N° 11	05° 48' 45.9"	077° 57' 45.0"	Usnea spp, Ramalia sp.1, Chrysothrix sp, Parmotrema sp. 2, Microlejeunea bullata,
	2	Estación N° 12	05° 48' 15.4"	077° 59' 15.1"	Teloschistes sp.2, cf. Lecidea sp.1, cf. Ascomycete 1, Graphis sp.1, Heterodermia sp. 4,
	3	Estación N° 13	05° 48' 41.1"	077° 59' 17.7"	Pertusaria, Caloplaca sp.1, Parmotrema sp.3, Parmotrema Reticulatum, Ascomycete 2,
	4	Estación N° 14	05° 49' 14.0"	077° 59' 22.5"	Ascomicete 3, Frulania Brasiliensis Raddi,
	5	Estación N° 15	05° 49' 23.4"	077° 59' 27.8"	Graphis sp. 2, Pertusaria sp, Cryptothecia, Phaeographis sp.1, cf. Ascomycete 1, cf. Niebla
	6	Estación N° 16	05° 48' 32.7"	077° 58' 48.1"	sp.1, Heterodermia sp.2, Lobaria, Ramalia sp. 2

Tabla 10. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Pastos enmalezados” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.

Uso actual de suelo	Número	Estaciones	Coordenadas		Especies
			Sur	Oeste	
Pastos Enmalezados	1	Estación N° 17	05° 48' 35.1"	077° 57' 34.9"	Usnea spp, Ramalia sp.1, Chrysothrix sp, Parmotrema sp. 2, Teloschistes sp.2, cf. Lecidea sp.1, cf. Ascomycete 1, Graphis sp.1, Pertusaria, Graphis sp. 2, Pertusaria sp, Phaeographis sp. 1, cf. Niebla sp.1, Heterodermia sp.2, Ramalia sp.2, Usnea sp.1
	2	Estación N° 18	05° 48' 45.4"	077° 57' 31.9"	

Tabla 11. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Bosque abierto bajo” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.

Uso actual de suelo	Número	Estaciones	Coordenadas		Especies
			Sur	Oeste	
Bosque abierto bajo	1	Estación N° 19	05° 50' 46.8"	077° 57' 32.5"	Usnea spp, Ramalia sp.1, Parmotrema sp. 2, Microlejeunea Bullata, Teloschistes sp.2, cf. Lecidea sp.1, cf. Ascomycete 1, Graphis sp.1, Pertusaria,
	2	Estación N° 20	05° 50' 43.3"	077° 58' 3.0"	Parmotrema sp.3, Frullania ericoides, Graphis sp.2, Pertusaria sp, Cryptothecia, Candelariella spp, Lecanora instrumescens

Tabla 12. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Tejido urbano continuo” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.

Uso actual de suelo	Número	Estaciones	Coordenadas		Especies
			Sur	Oeste	
Tejido Urbano Continuo	1	Estación N° 21	05° 49' 29.8"	077° 58' 15.5"	Usnea spp, Ramalia sp.1, Chrysothrix sp, Parmotrema sp. 2, Microlejeunea Bullata, Teloschistes sp.2, cf.
	2	Estación N° 22	05° 49' 18.5"	077° 57' 52.8"	Lecidea sp.1, cf. Ascomycete 1, Graphis sp.1, Pertusaria, Caloplaca sp.1, Parmotrema Reticulatum,
	3	Estación N° 23	05° 49' 35.1"	077° 58' 11.3"	Ascomycete 3, Frullania Ericoide, Frullania
	4	Estación N° 24	05° 49' 17.2"	077° 58' 0.3"	Brasiliensis Raddi, Graphis sp.2, Pertusaria sp, Cryptothecia, Phaeographis sp.1, cf. Ascomycete 1, cf.
	5	Estación N° 25	05° 49' 45.2"	077° 58' 37.2"	Niebla sp.1, Heterodermia sp.2, Lobaria, Ramalia sp.2,
	6	Estación N° 26	05° 49' 26.0"	077° 58' 6.5"	Usnea sp.1, Candelariella spp, Lecanora Intumescens, Parmotrema sp.5, Heterodermia sp.1

Tabla 13. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Pastos limpios” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.

Uso actual de suelo	Número	Estaciones	Coordenadas		Especies
			Sur	Oeste	
Pastos Limpios	1	Estación N° 27	05° 49' 0.4"	077° 59' 0.8"	Usnea spp, Ramalia sp.1,
	2	Estación N° 28	05° 48' 45.6"	077° 58' 45.6"	Chrysothrix sp, Parmotrema
	3	Estación N° 29	05° 49' 0.6"	077° 58' 15.3"	sp. 2, Microlejeunea
	4	Estación N° 30	05° 48' 45.8"	077° 58' 0.3"	Bullata, Cf. Physcia sp.2,
	5	Estación N° 31	05° 49' 0.4"	077° 58' 45.1"	Teloschistes sp2, cf.
	6	Estación N° 32	05° 49' 30.3"	077° 59' 15.5"	Lecidea sp.1, cf.
	7	Estación N° 33	05° 50' 04.8"	077° 56' 26.7"	Ascomycete 1, Graphis
	8	Estación N° 34	05° 48' 07.2"	077° 55' 03.6"	sp.1, Heterodermia sp.4,
	9	Estación N° 35	05° 47' 56.7"	077° 54' 56.1"	Pertusaria, Caloplaca sp.1,
	10	Estación N° 36	05° 48' 06.0"	077° 54' 52.3"	Parmotrema sp.3,
	11	Estación N° 37	05° 48' 13.6"	077° 54' 49.2"	Parmotrema reticulatum,
	12	Estación N° 38	05° 49' 37.6"	077° 59' 49.2"	Ascomycete 2, Ascomycete
	13	Estación N° 39	05° 50' 18.6"	077° 59' 28.9"	3, Frullania ericordes,
	14	Estación N° 40	05° 47' 19.6"	077° 55' 57.8"	Frullania Brasiliensis
	15	Estación N° 41	05° 47' 20.5"	077° 57' 43.7"	Raddi, Graphis sp.2,
	16	Estación N° 42	05° 47' 28.5"	077° 57' 32.3"	Pertusaria sp,
	17	Estación N° 43	05° 47' 33.6"	077° 57' 37.4"	Cryptothecia, Phaeographis
	18	Estación N° 44	05° 47' 35.8"	077° 57' 20.6"	sp.1, Arthonia Vinosa, Cf.
	19	Estación N° 45	05° 47' 30.4"	077° 55' 5.5"	Ascomycete 1, cf. Niebla
	20	Estación N° 46	05° 47' 21.5"	077° 55' 21.8"	sp.1, Heterodermia sp. 2,
	21	Estación N° 47	05° 47' 42.7"	077° 55' 52.6"	Lobaria, Ramalia sp.2,
	22	Estación N° 48	05° 47' 20.3"	077° 55' 47.6"	Usnea sp. 1, Usnea sp.2,
	23	Estación N° 49	05° 47' 20.0"	077° 55' 47.5"	Candelariella spp. Lecanora
	24	Estación N° 50	05° 47' 17.6"	077° 55' 50.5"	Instumescens, Parmotrema
	25	Estación N° 51	05° 47' 37.6"	077° 55' 37.9"	sp. 5, Teloschistes sp.1,
	26	Estación N° 52	05° 47' 43.4"	077° 55' 46.5"	Teloschistes sp.2,
	27	Estación N° 53	05° 47' 51.4"	077° 55' 45.3"	Rhizocarpon, cf. Buellia
	28	Estación N° 54	05° 48' 0.8"	077° 55' 43.6"	sp.2, Heterodermia sp.1,
	29	Estación N° 55	05° 48' 12.7"	077° 55' 43.4"	Lecanoraspp.1, Chrysothrix

30	Estación N° 56	05° 48' 18.9"	077° 55' 45.6"	sp.2,	Arthonia
31	Estación N° 57	05° 48' 20.1"	077° 55' 42.1"	Leucopellaea,	Parmotrema
32	Estación N° 58	05° 48' 27.1"	077° 55' 37.8"	sp.6,	Leptogium sp.1,
33	Estación N° 59	05° 48' 38.3"	077° 55' 55.7"	Phaeophyscia	sp.1, cf.
34	Estación N° 60	05° 48' 34.2"	077° 55' 43.6"	Ascomycete	4,
35	Estación N° 61	05° 48' 41.1"	077° 55' 34.5"	Evereniastrum	sp,
36	Estación N° 62	05° 48' 47.4"	077° 55' 35.5"	Phaeophyscia	sp.2,
37	Estación N° 63	05° 49' 6.5"	077° 55' 50.4"	Hypotrachyna	sp.3, Graphis
38	Estación N° 64	05° 49' 16"	077° 55' 50.4"	sp.3, cf. Malmidea	sp.1, cf.
39	Estación N° 65	05° 49' 20.3"	077° 55' 49.9"	Malmidea	sp.2, Leptogium
40	Estación N° 66	05° 49' 30.7"	077° 55' 65.5"	sp.1,	Leptogium sp.2,
41	Estación N° 67	05° 49' 32.3"	077° 56' 0.2"	Collema	sp.1, Collema sp.2.
42	Estación N° 68	05° 49' 34.8"	077° 55' 48.9"		
43	Estación N° 69	05° 49' 17.4"	077° 56' 7.2"		
44	Estación N° 70	05° 49' 43.5"	077° 56' 11.6"		
45	Estación N° 71	05° 49' 49.7"	077° 56' 24.7"		
46	Estación N° 72	05° 49' 49.7"	077° 56' 11.6"		
47	Estación N° 73	05° 49' 46.6"	077° 58' 49.1"		
48	Estación N° 74	05° 49' 53.7"	077° 56' 3.4"		
49	Estación N° 75	05° 49' 58.0"	077° 55' 53.7"		
50	Estación N° 76	05° 49' 49.9"	077° 55' 45.4"		
51	Estación N° 77	05° 49' 47.0"	077° 55' 33.4"		
52	Estación N° 78	05° 49' 58.3"	077° 55' 52.4"		
53	Estación N° 79	05° 50' 4.7"	077° 55' 7.6"		
54	Estación N° 80	05° 50' 3.7"	077° 55' 36.6"		
55	Estación N° 81	05° 50' 12.3"	077° 55' 51.7"		
56	Estación N° 82	05° 50' 4.5"	077° 55' 22.0"		
57	Estación N° 83	05° 49' 53.6"	077° 55' 23.1"		
58	Estación N° 84	05° 50' 17.6"	077° 55' 26.4"		
59	Estación N° 85	05° 50' 17.6"	077° 55' 52.4"		
60	Estación N° 86	05° 50' 26.6"	077° 56' 0.5"		
61	Estación N° 87	05° 50' 23.6"	077° 55' 30.0"		
62	Estación N° 88	05° 50' 27.2"	077° 55' 35.0"		

63	Estación N° 89	05° 50' 33.2"	077° 55' 43.4"
64	Estación N° 90	05° 50' 57.4"	077° 55' 58.8"
65	Estación N° 91	05° 50' 32.1"	077° 55' 49.7"
66	Estación N° 92	05° 50' 27.1"	077° 56' 0.9"
67	Estación N° 93	05° 50' 18.1"	077° 56' 7.5"
68	Estación N° 94	05° 50' 30.0"	077° 56' 11.7"
69	Estación N° 95	05° 50' 24.7"	077° 56' 15.9"
70	Estación N° 96	05° 50' 34.5"	077° 56' 17.7"
71	Estación N° 97	05° 50' 28.4"	077° 56' 26.9"
72	Estación N° 98	05° 50' 15.0"	077° 56' 22.0"
73	Estación N° 99	05° 50' 22.0"	077° 56' 29.2"
74	Estación N° 100	05° 50' 37.8"	077° 56' 37.2"
75	Estación N° 101	05° 50' 28.7"	077° 56' 45.1"
76	Estación N° 102	05° 50' 19.6"	077° 56' 42.2"
77	Estación N° 103	05° 50' 15.4"	077° 56' 53.4"
78	Estación N° 104	05° 15' 23.2"	077° 57' 0.1"
79	Estación N° 105	05° 50' 36.2"	077° 56' 56.1"
80	Estación N° 106	05° 50' 34.3"	077° 56' 49.2"
81	Estación N° 107	05° 50' 44.3"	077° 57' 0.3"
82	Estación N° 108	05° 50' 33.4"	077° 57' 7.4"
83	Estación N° 109	05° 45' 43.4"	077° 57' 11.4"
84	Estación N° 110	05° 50' 35.4"	077° 57' 7.4"
85	Estación N° 111	05° 50' 17.5"	077° 57' 11.5"
86	Estación N° 112	05° 50' 22.6"	077° 56' 47.0"
87	Estación N° 113	05° 49' 30.8"	077° 59' 29.1"
88	Estación N° 114	05° 50' 26.9"	077° 57' 15.3"
89	Estación N° 115	05° 50' 43.0"	077° 57' 19.5"
90	Estación N° 116	05° 50' 35.9"	077° 57' 37.2"
91	Estación N° 117	05° 50' 29.5"	077° 57' 22.9"
92	Estación N° 118	05° 50' 22.9"	077° 57' 29.1"
93	Estación N° 119	05° 50' 13.1"	077° 57' 43.9"
94	Estación N° 120	05° 50' 41.9"	077° 57' 33.3"
95	Estación N° 121	05° 50' 33.3"	077° 57' 45.0"

96	Estación N° 122	05° 50' 37.7"	077° 57' 49.8"
97	Estación N° 123	05° 50' 43.8"	077° 57' 58.9"
98	Estación N° 124	05° 49' 25.5"	077° 59' 50.4"
99	Estación N° 125	05° 49' 33.5"	077° 59' 30.4"
100	Estación N° 126	05° 49' 20.6"	077° 59' 37.4"
101	Estación N° 127	05° 49' 14.7"	077° 59' 28.3"
102	Estación N° 128	05° 49' 0.7"	077° 59' 38.2"
103	Estación N° 129	05° 48' 19.7"	077° 59' 37.2"
104	Estación N° 130	05° 48' 9.8"	077° 59' 36.1"
105	Estación N° 131	05° 48' 0.0"	077° 59' 24.0"
106	Estación N° 132	05° 48' 6.0"	077° 59' 24.0"
107	Estación N° 133	05° 48' 14.0"	077° 59' 26.0"
108	Estación N° 134	05° 48' 6.9"	077° 59' 10.3"
109	Estación N° 135	05° 48' 15.72"	077° 59' 00.3"
110	Estación N° 136	05° 48' 26.5"	077° 59' 23.5"
111	Estación N° 137	05° 48' 19.3"	077° 59' 19.6"
112	Estación N° 138	05° 48' 24.8"	077° 59' 15.5"
113	Estación N° 139	05° 48' 27.1"	077° 58' 49.6"
114	Estación N° 140	05° 48' 37.4"	077° 59' 32.9"
115	Estación N° 141	05° 49' 10.1"	077° 59' 17.5"
116	Estación N° 142	05° 49' 23.1"	077° 58' 20.6"
117	Estación N° 143	05° 49' 57.1"	077° 59' 15.5"
118	Estación N° 144	05° 48' 37.2"	077° 59' 12.4"
119	Estación N° 145	05° 48' 49.2"	077° 57' 49.4"
120	Estación N° 146	05° 48' 19.4"	077° 58' 23.3"
121	Estación N° 147	05° 48' 49.0"	077° 58' 6.4"
122	Estación N° 148	05° 50' 44.0"	077° 58' 40.1"
123	Estación N° 149	05° 50' 6.1"	077° 58' 15.1"
124	Estación N° 150	05° 50' 21.4"	077° 59' 0.3"
125	Estación N° 151	05° 49' 49.7"	077° 58' 57.2"
126	Estación N° 152	05° 50' 22.3"	077° 58' 47.9"
127	Estación N° 153	05° 49' 37.5"	077° 59' 9.8"
128	Estación N° 154	05° 48' 49.9"	077° 58' 47.9"

129	Estación N° 155	05° 49' 4.9"	077° 58' 47.0"
130	Estación N° 156	05° 49' 7.9"	077° 57' 39.0"
131	Estación N° 157	05° 48' 41.6"	077° 57' 23.5"
132	Estación N° 158	05° 49' 52.1"	077° 58' 37.9"
133	Estación N° 159	05° 49' 22.4"	077° 57' 55.1"
134	Estación N° 160	05° 49' 51.4"	077° 58' 4.3"
135	Estación N° 161	05° 49' 33.6"	077° 58' 56.4"
136	Estación N° 162	05° 49' 7.8"	077° 58' 21.0"
137	Estación N° 163	05° 50' 02.9"	077° 57' 45.6"
138	Estación N° 164	05° 50' 15.9"	077° 57' 30.6"
139	Estación N° 165	05° 50' 30.1"	077° 58' 0.7"
140	Estación N° 166	05° 50' 30.9"	077° 57' 15.9"
141	Estación N° 167	05° 50' 45.3"	077° 57' 15.6"
142	Estación N° 168	05° 50' 15.2"	077° 57' 45.4"
143	Estación N° 169	05° 50' 30.2"	077° 57' 45.7"
144	Estación N° 170	05° 50' 45.8"	077° 57' 29.7"
145	Estación N° 171	05° 50' 15.4"	077° 57' 15.0"
146	Estación N° 172	05° 50' 45.5"	077° 57' 0.4"
147	Estación N° 173	05° 50' 45.4"	077° 56' 45.7"
148	Estación N° 174	05° 51' 03.4"	077° 56' 29.9"
149	Estación N° 175	05° 50' 15.4"	077° 55' 45.1"
150	Estación N° 176	05° 50' 15.1"	077° 56' 15.9"
151	Estación N° 177	05° 50' 30.0"	077° 55' 45.8"
152	Estación N° 178	05° 50' 03.0"	077° 56' 15.8"
153	Estación N° 179	05° 50' 15.1"	077° 56' 0.8"
154	Estación N° 180	05° 50' 15.2"	077° 56' 31.9"
155	Estación N° 181	05° 50' 03.4"	077° 56' 0.0"
156	Estación N° 182	05° 50' 15.7"	077° 56' 45.1"
157	Estación N° 183	05° 50' 30.1"	077° 56' 15.2"
158	Estación N° 184	05° 50' 15.1"	077° 57' 0.2"
159	Estación N° 185	05° 50' 30.2"	077° 56' 0.3"
160	Estación N° 186	05° 50' 0.8"	077° 55' 45.5"
161	Estación N° 187	05° 50' 30.1"	077° 56' 32.6"

162	Estación N° 188	05° 49' 45.8"	077° 56' 0.6"
163	Estación N° 189	05° 50' 30.6"	077° 55' 32.5"
164	Estación N° 190	05° 49' 45.8"	077° 56' 15.5"
165	Estación N° 191	05° 50' 45.6"	077° 56' 15.3"
166	Estación N° 192	05° 50' 45.0"	077° 55' 45.2"
167	Estación N° 193	05° 50' 15.3"	077° 55' 32.1"
168	Estación N° 194	05° 50' 07.3"	077° 55' 0.0"
169	Estación N° 195	05° 50' 0.3"	077° 55' 15.9"
170	Estación N° 196	05° 50' 0.1"	077° 55' 31.6"
171	Estación N° 197	05° 49' 45.3"	077° 55' 45.5"
172	Estación N° 198	05° 49' 30.4"	077° 56' 15.4"
173	Estación N° 199	05° 49' 15.4"	077° 55' 45.5"
174	Estación N° 200	05° 48' 33.7"	077° 56' 0.7"
175	Estación N° 201	05° 48' 45.5"	077° 55' 45.8"
176	Estación N° 202	05° 48' 45.6"	077° 55' 31.7"
177	Estación N° 203	05° 48' 45.0"	077° 55' 45.7"
178	Estación N° 204	05° 48' 30.1"	077° 55' 31.7"
179	Estación N° 205	05° 48' 15.5"	077° 55' 30.8"
180	Estación N° 206	05° 47' 30.8"	077° 55' 30.8"
181	Estación N° 207	05° 47' 30.5"	077° 55' 45.6"
182	Estación N° 208	05° 47' 30.0"	077° 55' 45.6"
183	Estación N° 209	05° 47' 15.2"	077° 56' 0.4"
184	Estación N° 210	05° 50' 30"	077° 57' 30"
185	Estación N° 211	05° 47' 45.8"	077° 57' 0.5"
186	Estación N° 212	05° 48' 0.8"	077° 57' 15.2"
187	Estación N° 213	05° 47' 45.8"	077° 57' 30.1"
188	Estación N° 214	05° 48' 30.2"	077° 57' 45.3"
189	Estación N° 215	05° 49' 0.2"	077° 57' 15.6"
190	Estación N° 216	05° 50' 0.2"	077° 58' 30.7"
191	Estación N° 217	05° 49' 0.5"	077° 57' 30.5"
192	Estación N° 218	05° 50' 37.8'	077° 56' 46.0"
193	Estación N° 219	05° 50' 35.5"	077° 56' 47.2"
194	Estación N° 220	05° 49' 45.2"	077° 58' 15.3"

195	Estación N° 221	05° 50' 30.7"	077° 58' 45.7"
196	Estación N° 222	05° 49' 0.4"	077° 59' 30.5"
197	Estación N° 223	05° 48' 30.1"	077° 59' 0.5"
198	Estación N° 224	05° 49' 30.9"	077° 59' 46.9"
199	Estación N° 225	05° 50' 31.1"	077° 59' 30.8"
200	Estación N° 226	05° 50' 0.9"	077° 59' 15.2"
201	Estación N° 227	05° 50' 0.9"	077° 58' 0.3"
202	Estación N° 228	05° 49' 15.8"	077° 59' 15.9"
203	Estación N° 229	05° 49' 15.8"	077° 59' 45.9"
204	Estación N° 230	05° 48' 30.7"	077° 58' 15.1"
205	Estación N° 231	05° 47' 45.6"	077° 57' 15.7"
206	Estación N° 232	05° 49' 15.6"	077° 57' 45.9"
207	Estación N° 233	05° 49' 45.3"	077° 59' 30.5"
208	Estación N° 234	05° 50' 31.4"	077° 58' 30.8"
209	Estación N° 235	05° 48' 15.4"	077° 58' 0.8"
210	Estación N° 236	05° 50' 31.5"	077° 59' 15.9"
211	Estación N° 237	05° 50' 32.6"	077° 56' 56.2"
212	Estación N° 238	05° 50' 31.8"	077° 58' 15.3"
213	Estación N° 239	05° 48' 0.5"	077° 57' 30.9"
214	Estación N° 240	05° 49' 15.0"	077° 58' 30.4"
215	Estación N° 241	05° 49' 45.0"	077° 58' 01.4"
216	Estación N° 242	05° 48' 45.6"	077° 58' 30.8"
217	Estación N° 243	05° 49' 45.2"	077° 59' 0.1"
218	Estación N° 244	05° 48' 15.8"	077° 57' 15.2"
219	Estación N° 245	05° 50' 15.8"	077° 59' 15.3"
220	Estación N° 246	05° 49' 15.6"	077° 58' 45.3"
221	Estación N° 247	05° 49' 0.6"	077° 57' 45.6"
222	Estación N° 248	05° 49' 15.3"	077° 57' 30.6"
223	Estación N° 249	05° 49' 30.0"	077° 59' 01.9"
224	Estación N° 250	05° 50' 0.0"	077° 58' 45.0"
225	Estación N° 251	05° 49' 0.4"	077° 59' 15.0"
226	Estación N° 252	05° 50' 15.4"	077° 58' 45.1"
227	Estación N° 253	05° 50' 0.3"	077° 59' 0.0"

228	Estación N° 254	05° 49' 15.2''	077° 57' 30.2''
229	Estación N° 255	05° 50' 15.1''	077° 58' 15.3''
230	Estación N° 256	05° 49' 44.0''	077° 58' 45.8''
231	Estación N° 257	05° 50' 29.0''	077° 59' 0.1''
232	Estación N° 258	05° 50' 15.0''	077° 58' 30.2''
233	Estación N° 259	05° 50' 0.9''	077° 58' 14.4''
234	Estación N° 260	05° 50' 15.8''	077° 59' 0.8''
235	Estación N° 261	05° 50' 15.0''	077° 58' 0.0''
236	Estación N° 262	05° 40' 26.4''	077° 57' 16.6''
237	Estación N° 263	05° 49' 45.2''	077° 59' 15.6''
238	Estación N° 264	05° 48' 30.8''	077° 57' 15.0''
239	Estación N° 265	05° 48' 30.7''	077° 58' 0.1''
240	Estación N° 266	05° 50' 29.7''	077° 57' 16.3''
241	Estación N° 267	05° 49' 30.1''	077° 57' 45.2''
242	Estación N° 268	05° 48' 45.2''	077° 57' 16.1''
243	Estación N° 269	05° 48' 30.3''	077° 57' 30.0''
244	Estación N° 270	05° 50' 14.9''	077° 57' 46.2''
245	Estación N° 271	05° 50' 14.9''	077° 57' 46.4''
246	Estación N° 272	05° 50' 14.4''	077° 58' 26.6''
247	Estación N° 273	05° 48' 14.3''	077° 57' 45.6''
248	Estación N° 274	05° 49' 30.1''	077° 58' 30.7''
249	Estación N° 275	05° 49' 14.8''	077° 58' 15.4''
250	Estación N° 276	05° 48' 46.7''	077° 59' 15.4''
251	Estación N° 277	05° 50' 13.7''	077° 58' 25.4''
252	Estación N° 278	05° 49' 30.5''	077° 58' 45.2''
253	Estación N° 279	05° 49' 0.4''	077° 58' 30.1''
254	Estación N° 280	05° 48' 45.4''	077° 59' 00.1''
255	Estación N° 281	05° 49' 00.1''	077° 58' 00.9''
256	Estación N° 282	05° 48' 45.1''	077° 58' 15.9''
257	Estación N° 283	05° 49' 15.0''	077° 59' 00.9''

Tabla 14. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Bosque denso alto” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.

Uso actual de suelo	Número	Estaciones	Coordenadas		Especies
			Sur	Oeste	
Bosque denso alto	1	Estación N° 284	05° 48' 45.6''	077° 59' 30.2''	Usnea spp, Ramalia sp.1,
	2	Estación N° 285	05° 48' 30.7''	077° 59' 30.3''	Chrysothrix sp,
	3	Estación N° 286	05° 48' 15.0''	077° 59' 45.8''	Parmotrema sp.2,
	4	Estación N° 287	05° 48' 0.8''	077° 59' 45.7''	Micolejeunea Bullata, cf.
	5	Estación N° 288	05° 48' 0.5''	077° 59' 30.4''	Physcia sp.2,
	6	Estación N° 289	05° 48' 0.4''	077° 59' 15.2''	Teloschistes sp.2, cf.
	7	Estación N° 290	05° 48' 30.6''	077° 58' 30.6''	Lecidea sp.1, cf.
	8	Estación N° 291	05° 47' 45.6''	077° 59' 15.7''	Ascomycete 1, Graphis
	9	Estación N° 292	05° 47' 30.8''	077° 57' 30.8''	sp.1, Heterodermia sp.4,
	10	Estación N° 293	05° 47' 30.4''	077° 57' 15.9''	Pertusuaría Caloplaca
	11	Estación N° 294	05° 48' 0.3''	077° 59' 0.0''	sp.1, Parmotrema sp.3,
	12	Estación N° 295	05° 48' 15.5''	077° 58' 30.7''	Patmotrema
	13	Estación N° 296	05° 48' 0.1''	077° 58' 30.6''	Reticulatum,
	14	Estación N° 297	05° 49' 03.9''	077° 58' 44.4''	Ascomycete 2,
	15	Estación N° 298	05° 47' 45.6''	077° 57' 15.7''	Ascomycete 3, Frullania
	16	Estación N° 299	05° 47' 45.9''	077° 58' 0.9''	ericoides, Frullania
	17	Estación N° 300	05° 47' 30.3''	077° 58' 0.0''	Brasiliensis Raddi,
	18	Estación N° 301	05° 47' 15.2''	077° 58' 0.0''	Graphis sp.2 Pertusuaría
	19	Estación N° 302	05° 47' 15.8''	077° 57' 45.5''	sp, Cryptothecia,
	20	Estación N° 303	05° 47' 15.5''	077° 57' 30.0''	Phaeographis sp.1, cf.
	21	Estación N° 304	05° 47' 15.5''	077° 57' 15.9''	Ascomycete 1, cf. Niebla
	22	Estación N° 305	05° 47' 30.7''	077° 57' 45.1''	sp.1, Heterodermia sp 2,
	23	Estación N° 306	05° 47' 15.4''	077° 57' 0.4''	Lobaria, Ramalia sp. 2,
	24	Estación N° 307	05° 47' 15.4''	077° 56' 15.8''	Usnea sp.1, Usnea sp.2,
	25	Estación N° 308	05° 47' 30.5''	077° 57' 0.8''	Candelaria spp.
	26	Estación N° 309	05° 49' 03.4''	077° 58' 45.7''	Lecanora Instumescens,
	27	Estación N° 310	05° 46' 30.9''	077° 56' 45.3''	Parmotrema sp.5,
	28	Estación N° 311	05° 46' 15.8''	077° 56' 30.4''	Teloschistes sp.1,
	29	Estación N° 312	05° 46' 30.8''	077° 56' 30.7''	Teloschistes sp.2,

30	Estación N° 313	S 05° 46' 30.3''	077° 56' 15.0''	Rhizocarpon, cf. Buellia
31	Estación N° 314	S 05° 46' 45.1''	077° 56' 15.2''	sp.2, Heterodermia sp.1,
32	Estación N° 315	S 05° 47' 15.1''	077° 55' 45.7''	Lecanora sp.1, Arthonia
33	Estación N° 316	S 05° 47' 0.9''	077° 56' 0.1''	Leucopellaea,
34	Estación N° 317	S 05° 46' 45.2''	077° 56' 0.1''	Phaeophyscia sp.1
35	Estación N° 318	S 05° 46' 30.2''	077° 56' 0.1''	
36	Estación N° 319	S 05° 47' 15.4''	077° 55' 45.8''	
37	Estación N° 320	S 05° 47' 45.5''	077° 55' 30.6''	
38	Estación N° 321	S 05° 48' 0.2''	077° 55' 30.2''	
39	Estación N° 322	S 05° 48' 30.6''	077° 55' 15.2''	
40	Estación N° 323	S 05° 47' 45.2''	077° 55' 15.2''	
41	Estación N° 324	S 05° 48' 0.5''	077° 55' 0.0''	
42	Estación N° 325	S 05° 48' 0.3''	077° 54' 45.3''	
43	Estación N° 326	S 05° 47' 45.7''	077° 54' 45.0''	
44	Estación N° 327	05° 47' 45.5''	077° 55' 0.7''	
45	Estación N° 328	05° 47' 30.6''	077° 55' 0.6''	
46	Estación N° 329	05° 47' 15.4''	077° 55' 15.0''	
47	Estación N° 330	05° 47' 15.1''	077° 55' 0.6''	
48	Estación N° 331	05° 47' 0.3''	077° 55' 0.3''	
49	Estación N° 332	05° 47' 0.0''	077° 55' 15.4''	
50	Estación N° 333	05° 46' 45.4''	077° 55' 0.2''	
51	Estación N° 334	05° 46' 45.4''	077° 55' 15.5''	
52	Estación N° 335	05° 46' 45.0''	077° 55' 30.5''	
53	Estación N° 336	05° 46' 30.0''	077° 55' 45.3''	
54	Estación N° 337	05° 46' 30.4''	077° 55' 30.3''	
55	Estación N° 338	05° 46' 15.2''	077° 56' 0.3''	
56	Estación N° 339	05° 46' 0.2''	077° 56' 0.4''	
57	Estación N° 340	05° 46' 0.2''	077° 56' 15.5''	
58	Estación N° 341	05° 45' 45.2''	077° 56' 0.6''	
59	Estación N° 342	05° 45' 45.3''	077° 55' 45.9''	
60	Estación N° 343	05° 45' 45.7''	077° 55' 30.7''	
61	Estación N° 344	05° 45' 45.6''	077° 55' 15.4''	
62	Estación N° 345	05° 46' 0.8''	077° 55' 0.9''	

63	Estación N° 346	05° 45' 45.9''	077° 55' 0.5''
64	Estación N° 347	05° 48' 52.0''	077° 59' 30.6''
65	Estación N° 348	05° 48' 47.3''	077° 59' 18.4''
66	Estación N° 349	05° 48' 50.4''	077° 59' 37.5''
67	Estación N° 350	05° 48' 0.9''	077° 59' 30.8''
68	Estación N° 351	05° 48' 30.4''	077° 59' 15.4''
69	Estación N° 352	05° 48' 39.2''	077° 59' 41.8''
70	Estación N° 353	05° 48' 31.8''	077° 59' 37.5''
71	Estación N° 354	05° 48' 23.8''	077° 59' 38.3''
72	Estación N° 355	05° 48' 10.5''	077° 59' 48.9''
73	Estación N° 356	05° 48' 7.5''	077° 59' 41.8''
74	Estación N° 357	05° 48' 55.3''	077° 59' 57.7''
75	Estación N° 358	05° 47' 50.4''	077° 59' 45.9''
76	Estación N° 359	05° 47' 53.0''	077° 59' 35.1''
77	Estación N° 360	05° 47' 47.3''	077° 59' 27.1''
78	Estación N° 361	05° 47' 52.1''	077° 59' 22.0''
79	Estación N° 362	05° 47' 53.1''	077° 59' 15.9''
80	Estación N° 363	05° 48' 5.1''	077° 59' 6.3''
81	Estación N° 364	05° 47' 46.9''	077° 59' 7.3''
82	Estación N° 365	05° 48' 4.0''	077° 58' 55.4''
83	Estación N° 366	05° 47' 53.1''	077° 59' 3.4''
84	Estación N° 367	05° 48' 13.7''	077° 58' 45''
85	Estación N° 368	05° 48' 12.5''	077° 59' 57.0''
86	Estación N° 369	05° 48' 11.4''	077° 58' 40.8''
87	Estación N° 370	05° 48' 0.4''	077° 58' 45.9''
88	Estación N° 371	05° 48' 0.5''	077° 58' 37.2''
89	Estación N° 372	05° 47' 45.7''	077° 58' 57.4''
90	Estación N° 373	05° 48' 7.9''	077° 58' 40.4''
91	Estación N° 374	05° 48' 15.7''	077° 58' 13.4''
92	Estación N° 375	05° 48' 9.6''	077° 58' 22.3''
93	Estación N° 376	05° 48' 3.6''	077° 58' 18.1''
94	Estación N° 377	05° 47' 33.3''	077° 57' 22.1''
95	Estación N° 378	05° 48' 11.2''	077° 58' 0.2''

96	Estación N° 379	05° 48' 7.2"	077° 57' 43.2"
97	Estación N° 380	05° 48' 0.3"	077° 57' 49.4"
98	Estación N° 381	05° 48' 0.4"	077° 57' 39.5"
99	Estación N° 382	05° 48' 7.1"	077° 57' 55.5"
100	Estación N° 383	05° 48' 3.0"	077° 58' 7.7"
101	Estación N° 384	05° 47' 47.0"	077° 57' 34.5"
102	Estación N° 385	05° 47' 52.9"	077° 58' 12.4"
103	Estación N° 386	05° 47' 43.0"	077° 57' 35.6"
104	Estación N° 387	05° 47' 58.9"	077° 58' 5.5"
105	Estación N° 388	05° 47' 47.8"	077° 58' 7.7"
106	Estación N° 389	05° 47' 39.8"	077° 58' 13.9"
107	Estación N° 390	05° 47' 34.6"	077° 58' 10.1"
108	Estación N° 391	05° 47' 16.7"	077° 58' 13.3"
109	Estación N° 392	05° 47' 37.8"	077° 57' 52.4"
110	Estación N° 393	05° 46' 41.6"	077° 56' 24.2"
111	Estación N° 394	05° 46' 20.3"	077° 55' 38.7"
112	Estación N° 395	05° 45' 35.3"	077° 55' 38.8"
113	Estación N° 396	05° 48' 15.3"	077° 55' 13.7"
114	Estación N° 397	05° 46' 18.3"	077° 55' 48.8"
115	Estación N° 398	05° 47' 8.3"	077° 55' 11.6"
116	Estación N° 399	05° 47' 8.3"	077° 55' 12.6"
117	Estación N° 400	05° 47' 20.5"	077° 55' 6.4"
118	Estación N° 401	05° 47' 49.5"	077° 55' 9.4"
119	Estación N° 402	05° 48' 42.7"	077° 55' 42.2"
120	Estación N° 403	05° 48' 24.8"	077° 55' 23.0"
121	Estación N° 404	05° 46' 41.9"	077° 55' 24.0"
122	Estación N° 405	05° 46' 35.9"	077° 56' 38.9"
123	Estación N° 406	05° 46' 53.9"	077° 55' 6.9"
124	Estación N° 407	05° 48' 41.1"	077° 55' 13.8"
125	Estación N° 408	05° 47' 8.1"	077° 54' 53.6"
126	Estación N° 409	05° 47' 19.2"	077° 57' 34.6"
127	Estación N° 410	05° 47' 21.3"	077° 58' 4.5"
128	Estación N° 411	05° 45' 49.4"	077° 56' 7.3"

129	Estación N° 412	05° 47' 5.6"	077° 57' 2.3"
130	Estación N° 413	05° 45' 54.5"	077° 55' 23.1"
131	Estación N° 414	05° 45' 33.7"	077° 55' 45.0"
132	Estación N° 415	05° 47' 33.7"	077° 54' 48.0"
133	Estación N° 416	05° 47' 42.7"	077° 57' 6.0"
134	Estación N° 417	05° 47' 52.9"	077° 54' 53.4"
135	Estación N° 418	05° 46' 18.9"	077° 56' 36.9"
136	Estación N° 419	05° 47' 6.0"	077° 56' 19.7"

Tabla 15. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Pastos arbolados” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.

Uso actual de suelo	Número	Estaciones	Coordenadas		Especies
			Sur	Oeste	
Pastos Arbolados	1	Estación N° 420	05° 46' 0.5"	077° 55' 30.1"	Usnea spp, Ramalia sp.1,
	2	Estación N° 421	05° 46' 0.9"	077° 55' 45.0"	Chrysothrix sp,
	3	Estación N° 422	05° 47' 0.4"	077° 55' 45.3"	Parmotrema sp.2,
	4	Estación N° 423	05° 46' 45.6"	077° 55' 45.9"	Microlejeunea Bullata,
	5	Estación N° 424	05° 47' 0.6"	077° 56' 30.8"	cf. Physcia sp.2, cf.
	6	Estación N° 425	05° 46' 45.6"	077° 56' 45.02"	Lecidea sp.1, cf.
	7	Estación N° 426	05° 46' 45.6"	077° 57' 0.03"	Ascomycete 1, Graphis
	8	Estación N° 427	05° 47' 30.3"	077° 56' 45.2"	sp.1, Heterodermia sp.4,
	9	Estación N° 428	05° 48' 30.3"	077° 57' 0.2"	Pertusaria, Caloplaca sp.
	10	Estación N° 429	05° 48' 45.5"	077° 56' 30.2"	1, Parmotrema sp. 3,
	11	Estación N° 430	05° 48' 15.8"	077° 56' 30.0"	Parmotrema
	12	Estación N° 431	05° 48' 15.3"	077° 57' 0.8"	Reticulatum,
	13	Estación N° 432	05° 49' 15.1"	077° 56' 15.5"	Ascomycete 2,
	14	Estación N° 433	05° 49' 0.3"	077° 56' 15.6"	Ascomycete 3, Frullania
	15	Estación N° 434	05° 48' 30.4"	077° 56' 45.8"	ericoides, Frullania
	16	Estación N° 435	05° 49' 0.4"	077° 56' 0.0"	Brasiliensis Raddi,
	17	Estación N° 436	05° 48' 45.6"	077° 56' 15.3"	Graphis sp.2 Pertusaria
	18	Estación N° 437	05° 48' 15.9"	077° 56' 45.7"	sp, Cryptothecia,
	19	Estación N° 438	05° 48' 31.0"	077° 56' 30.3"	Phaeographis sp.1,
	20	Estación N° 439	05° 48' 30.05"	077° 56' 15.4"	Arthonia Vinosa, cf.

21	Estación N° 440	05° 48' 15.3''	077° 56' 15.9''	Ascomycete 1, cf. Niebla
22	Estación N° 441	05° 47' 30.9''	077° 56' 15.6''	sp.1, Heterodermia sp.2,
23	Estación N° 442	05° 47' 0.02''	077° 56' 15.3''	Lobaria, Ramalia sp.2,
24	Estación N° 443	05° 47' 30.2''	077° 56' 30.0''	Usnea sp.1, Usnea sp.2,
25	Estación N° 444	05° 46' 58.8''	077° 54' 57.3''	Candelariella spp,
26	Estación N° 445	05° 45' 57.6''	077° 56' 23.1''	Lecanora intumescens,
27	Estación N° 446	05° 46' 7.9''	077° 56' 34.1''	Parmotrema sp.5,
28	Estación N° 447	05° 46' 3.2''	077° 55' 58.8''	Teloschistes sp.1,
29	Estación N° 448	05° 46' 10.5''	077° 56' 13.8''	Teloschistes sp. 2, Cf.
30	Estación N° 449	05° 46' 7.5''	077° 56' 27.6''	Buellia sp.2,
31	Estación N° 450	05° 46' 2.4''	077° 56' 28.3''	Heterodermia sp.1,
32	Estación N° 451	05° 46' 0.8''	077° 56' 27.5''	Lecanora sp.1,m
33	Estación N° 452	05° 46' 29.0''	077° 56' 7.2''	Arthonia Leucopellaea,
34	Estación N° 453	05° 46' 37.5''	077° 55' 52.6''	Leptogium sp.1.
35	Estación N° 454	05° 46' 12.7''	077° 55' 42.3''	
36	Estación N° 455	05° 47' 3.9''	077° 56' 15.5''	
37	Estación N° 456	05° 56' 7.8''	077° 58' 24.4''	
38	Estación N° 457	05° 46' 58.0''	077° 55' 52.3''	
39	Estación N° 458	05° 46' 49.0''	077° 55' 30.3''	
40	Estación N° 459	05° 47' 7.7''	077° 55' 50.2''	
41	Estación N° 460	05° 45' 50.9''	077° 55' 31.3''	
42	Estación N° 461	05° 48' 0.4''	077° 56' 52.3''	
43	Estación N° 462	05° 48' 44.5''	077° 56' 59.3''	
44	Estación N° 463	05° 49' 28.3''	077° 56' 14.1''	
45	Estación N° 464	05° 48' 20.4''	077° 56' 57.7''	
46	Estación N° 465	05° 49' 10.8''	077° 56' 22.3''	
47	Estación N° 466	05° 48' 3.8''	077° 56' 33.3''	
48	Estación N° 467	05° 48' 36.4''	077° 56' 3.3''	
49	Estación N° 468	05° 48' 49.4''	077° 56' 55.2''	
50	Estación N° 469	05° 48' 45.3''	077° 56' 0.1''	
51	Estación N° 470	05° 49' 7.6''	077° 56' 6.3''	
52	Estación N° 471	05° 48' 58.9''	077° 56' 29.1''	
53	Estación N° 472	05° 48' 28.7''	077° 56' 40.1''	

54	Estación N° 473	05° 48' 48.8"	077° 56' 24.2"
55	Estación N° 474	05° 48' 29.0"	077° 56' 53.2"
56	Estación N° 475	05° 48' 36.9"	077° 56' 38.0"
57	Estación N° 476	05° 48' 27.1"	077° 56' 19.0"
58	Estación N° 477	05° 47' 38.1"	077° 56' 34.0"
59	Estación N° 478	05° 49' 18.0"	077° 56' 5.0"
60	Estación N° 479	05° 49' 29.0"	077° 58' 29.0"
61	Estación N° 480	05° 47' 21.2"	077° 56' 22.0"
62	Estación N° 481	05° 47' 16.3"	077° 56' 43.7"
63	Estación N° 482	05° 46' 45.7"	077° 57' 3.9"
64	Estación N° 483	05° 46' 49.7"	077° 56' 16.9"
65	Estación N° 484	05° 48' 41.8"	077° 56' 17.9"
66	Estación N° 485	05° 47' 30.8"	077° 56' 2.9"
67	Estación N° 486	05° 47' 13.9"	077° 56' 33.8"
68	Estación N° 487	05° 48' 3.1"	077° 56' 27.0"

Tabla 16. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Vegetación arbustiva / herbácea” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.

Uso actual de suelo	Número	Estaciones	Coordenadas		Especies
			Sur	Oeste	
Vegetación Arbustiva / Herbácea	1	Estación N° 488	05° 47' 37.5"	077° 59' 7"	Usnea spp, Ramalia sp.1,
	2	Estación N° 489	05° 47' 37.5"	077° 59' 2"	Chrysothrix sp, Parmotrema
	3	Estación N° 490	05° 47' 54.5"	077° 58' 49.6"	sp.2, Microlejeunea Bullata,
	4	Estación N° 491	05° 47' 45"	077° 58' 57"	cf. Physcia sp.2,
	5	Estación N° 492	05° 47' 37.5"	077° 58' 57.5"	Teloschistes sp.2, cf.
	6	Estación N° 493	05° 47' 45.2"	077° 58' 48.3"	Lecidea sp.1, cf.
	7	Estación N° 494	05° 47' 15"	077° 57' 4.9"	Ascomycete 1, Graphis
	8	Estación N° 495	05° 46' 0.2"	077° 54' 45.9"	sp.1, Heterodermia sp.4,
	9	Estación N° 496	05° 48' 30.2"	077° 55' 0.7"	Pertusaria, Caloplaca sp. 1,
	10	Estación N° 497	05° 48' 1.2"	077° 56' 0.6"	Parmotrema sp. 3,
	11	Estación N° 498	05° 48' 15.4"	077° 55' 15.2"	Parmotrema Reticulatum,
	12	Estación N° 499	05° 48' 0.1"	077° 55' 15.4"	Ascomycete 3, Frullania

13	Estación N° 500	05° 49' 45.9"	077° 56' 30.1	ericoides, Frullania
14	Estación N° 501	05° 48' 15.8"	077° 56' 1.8"	Brasiliensis Raddi, Graphis
15	Estación N° 502	05° 49' 46.7"	077° 56' 1.6"	sp.2, Pertusaria sp,
16	Estación N° 503	05° 47' 45.8"	077° 57' 45.0"	Cryptothecia, Phaeographis
17	Estación N° 504	05° 47' 16.1"	077° 58' 15.9"	sp.1, cf. Ascomycete 1, cf.
18	Estación N° 505	05° 47' 45.1"	077° 58' 30.9"	Niebla sp.1, Heterodermia
19	Estación N° 506	05° 47' 50.8"	077° 58' 0.9"	sp.2, Lobaria, Ramalia sp. 2,
20	Estación N° 507	05° 47' 53.8"	077° 56' 37.8"	Usnea sp.1, Usnea sp.2,
21	Estación N° 508	05° 47' 52.2"	077° 56' 19.4"	Candelariella spp, Lecanora
22	Estación N° 509	05° 47' 47.4"	077° 55' 28.6"	Instrumescens, Parmotrema
23	Estación N° 510	05° 47' 32.3"	077° 56' 12.6"	sp.5, Teloschistes sp.2,
24	Estación N° 511	05° 48' 1.5"	077° 55' 23.4"	Rhizocarpon, cf. Buellia
25	Estación N° 512	05° 49' 18.6"	077° 47' 52.7"	sp.2, Heterodermia sp.1,
26	Estación N° 513	05° 47' 22.5"	077° 57' 3.6"	Lecanora sp.1, Arthonia
27	Estación N° 514	05° 47' 35.3"	077° 58' 20.3"	Leucopellaea, Parmotrema
28	Estación N° 515	05° 48' 2.1"	077° 55' 5.8"	sp.6.

Tabla 17. Descripción de los puntos de muestreo del uso de suelo “Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales” en la Microcuenca del Lago Pomacochas.

Uso actual de suelo	Número	Estaciones	Coordenadas		Especies
			Sur	Oeste	
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1	Estación N° 516	05° 45' 30.4"	077° 56' 0.4"	Usnea spp, Ramalia sp.1, Chrysothrix sp, Parmotrema
	2	Estación N° 517	05° 45' 15.4"	077° 55' 45.8"	sp.2, Microlejeunea Bullata,
	3	Estación N° 518	05° 45' 15.5"	077° 55' 30.8"	cf. Physcia sp.2, Teloschistes sp.2, cf.
	4	Estación N° 519	05° 45' 30.4"	077° 55' 45.7"	Lecidea sp.1, cf.
	5	Estación N° 520	05° 45' 30.9"	077° 55' 15.3"	Ascomycete 1, Graphis sp.1, Heterodermia sp.4,
	6	Estación N° 521	05° 45' 30.8"	077° 55' 45.4"	Pertusaria, Caloplaca sp. 1,
	7	Estación N° 522	05° 45' 30.8"	077° 55' 0.7"	Parmotrema sp. 3,

8	Estación N° 523	05° 46' 0.3"	077° 55' 15.0"	Parmotrema Reticulatum, Ascomycete 3, Frullania
9	Estación N° 524	05° 46' 3.1"	077° 54' 45.2"	ericoides, Frullania
10	Estación N° 525	05° 46' 17.1"	077° 55' 9.7"	Brasiliensis Raddi, Graphis sp.2, Pertusuarua sp,
11	Estación N° 526	05° 46' 27.9"	077° 55' 22.1"	Cryptothecia, Phaeographis sp.1, cf. Ascomycete 1, cf.
12	Estación N° 527	05° 45' 48.1"	077° 54' 41.1"	Niebla sp.1, Heterodermia sp.2, Lobaria, Ramalia sp. 2,
13	Estación N° 528	05° 45' 40.2"	077° 55' 12.1"	Usnea sp.1, Lecanora
14	Estación N° 529	05° 45' 42.4"	077° 54' 56.8"	Instrumescens, Teloschistes sp.1, Rhizocarpon, cf.
15	Estación N° 530	05° 46' 15.5"	077° 55' 18.6"	Buellia sp.2, Lecanora sp.1

10.4. ANEXO IV. Gráficas de IPA de los diez usos de suelo.

(bosque abierto alto, bosque denso bajo, pastos enmalezados, bosque abierto bajo, tejido urbano continuo, pastos limpios, bosque denso alto, pastos arbolados, vegetación herbácea/arbustiva y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales).

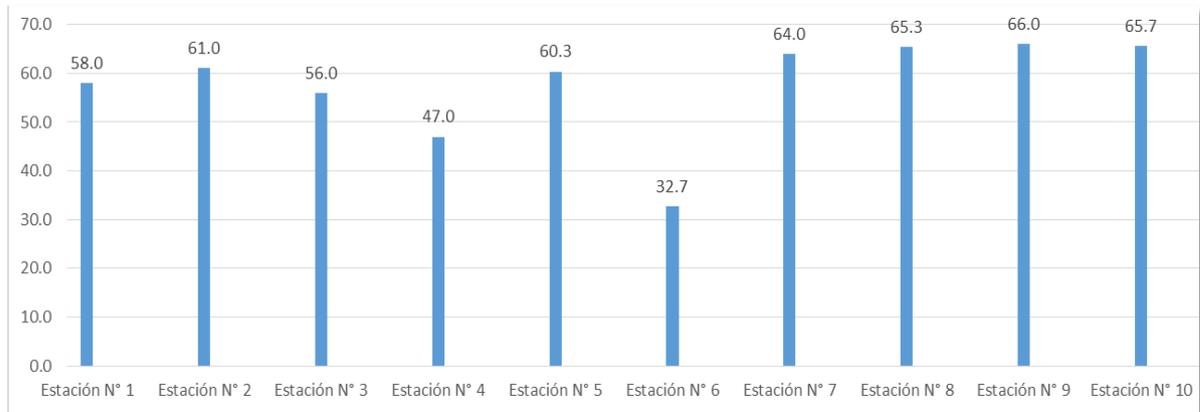


Figura 23. IPA del uso de suelo bosque abierto alto.

En el uso de suelo bosque abierto alto se vio que en la estación N° 9 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 65.7 y la estación N° 6 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 32.7.

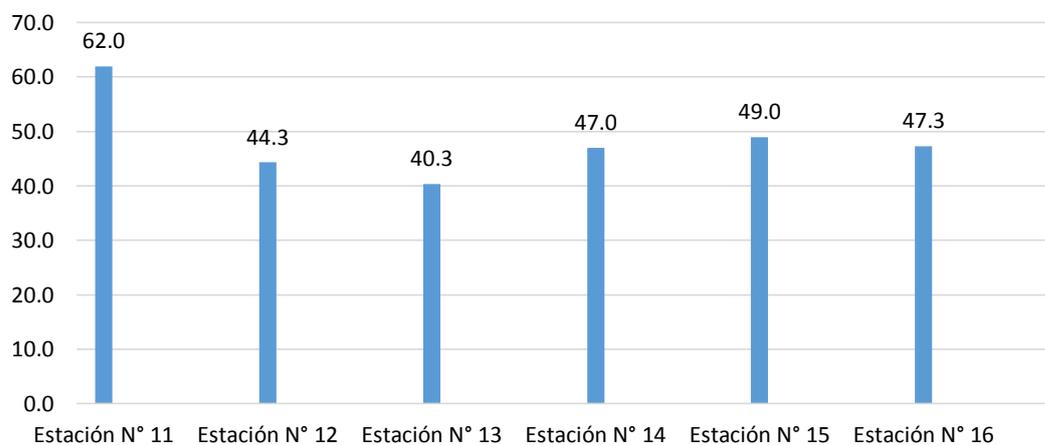


Figura 24. IPA del uso de suelo bosque denso bajo.

En el uso de suelo bosque denso bajo se vio que en la estación N° 11 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 62.0 y la estación N° 13 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 40.3.

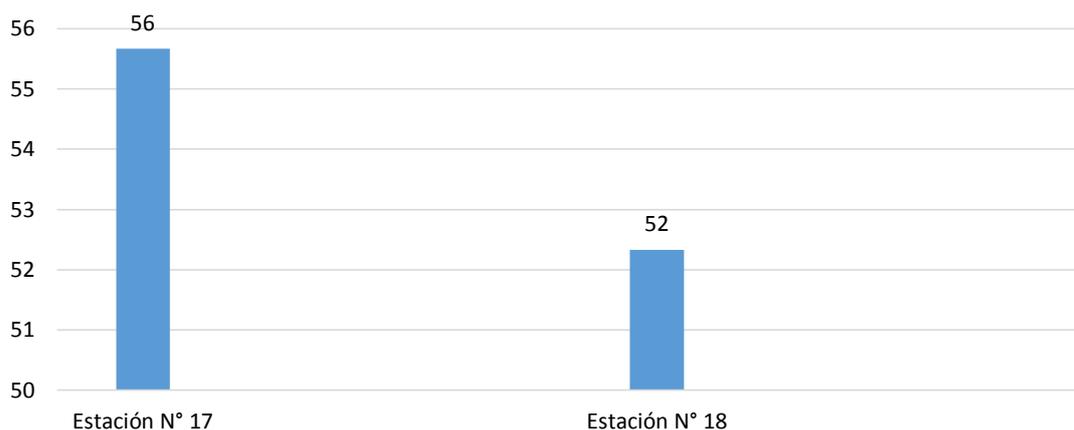


Figura 25. IPA del uso de suelo pastos enmalezados.

En el uso de suelo pastos enmalezados se vio que en la estación N° 17 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 56 y la estación N° 18 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 52.

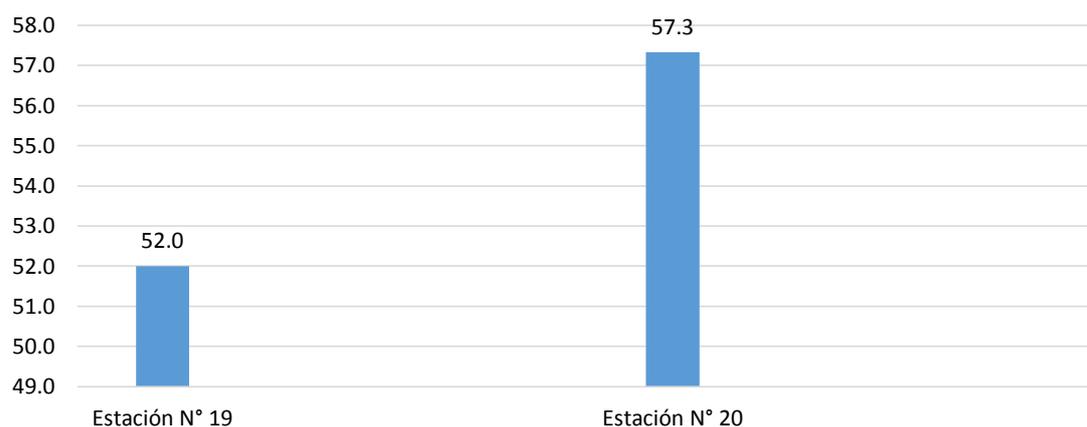


Figura 26. IPA del uso de suelo bosque abierto bajo.

En el uso de suelo bosque abierto bajo se vio que en la estación N° 20 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 57.3 y la estación N° 19 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 52.0.

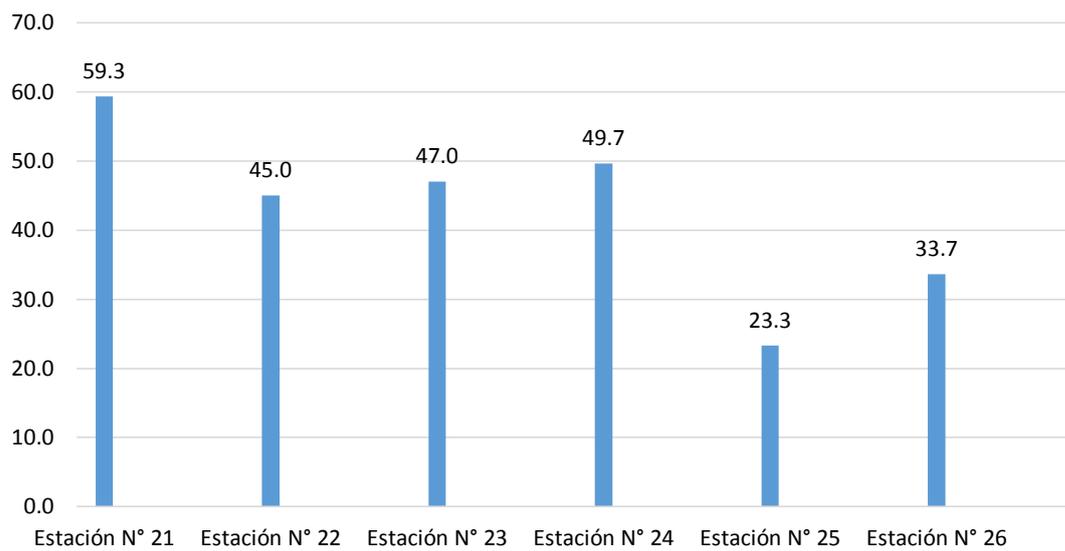


Figura 27. IPA del uso de suelo tejido urbano continuo.

En el uso de suelo tejido urbano continuo se vio que en la estación N° 21 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 59.3 y la estación N° 25 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 23.3.

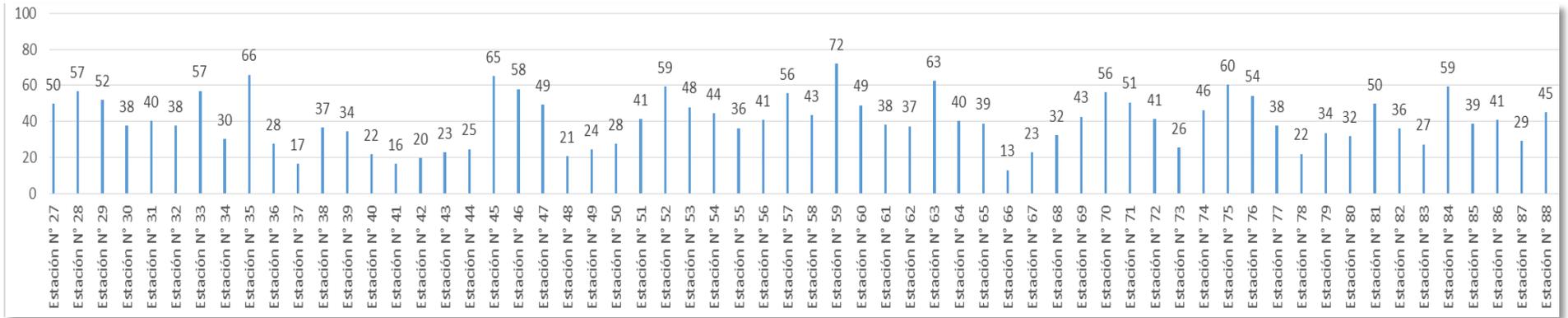


Figura 28. IPA del uso de suelo pastos limpios.

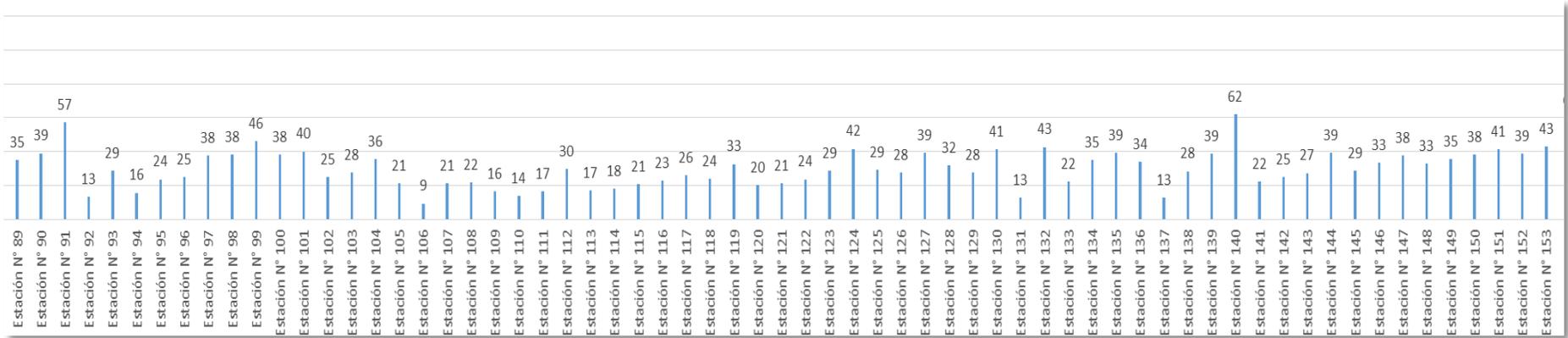


Figura 29. IPA del uso de suelo pastos limpios.

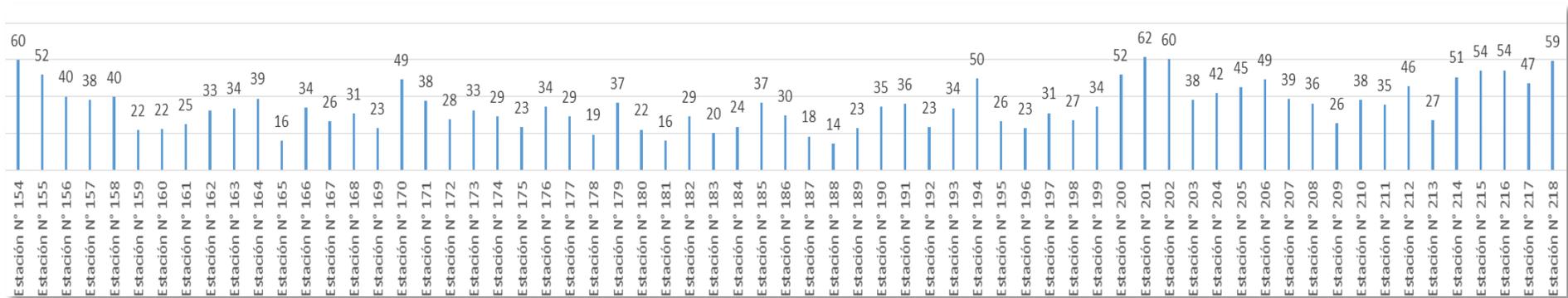


Figura 30. IPA del uso de suelo pastos limpios.

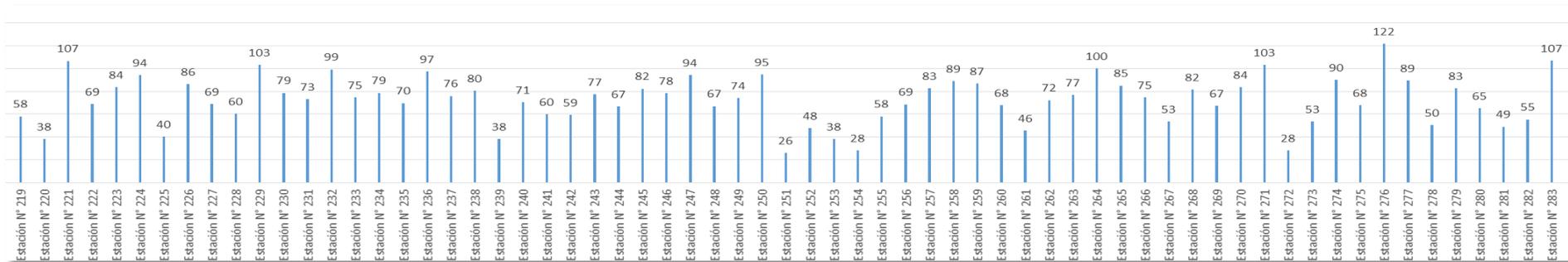


Figura 31. IPA del uso de suelo pastos limpios.

En el uso de suelo pastos limpios se vio que en la estación N° 276 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 122 y la estación N° 106 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 9.

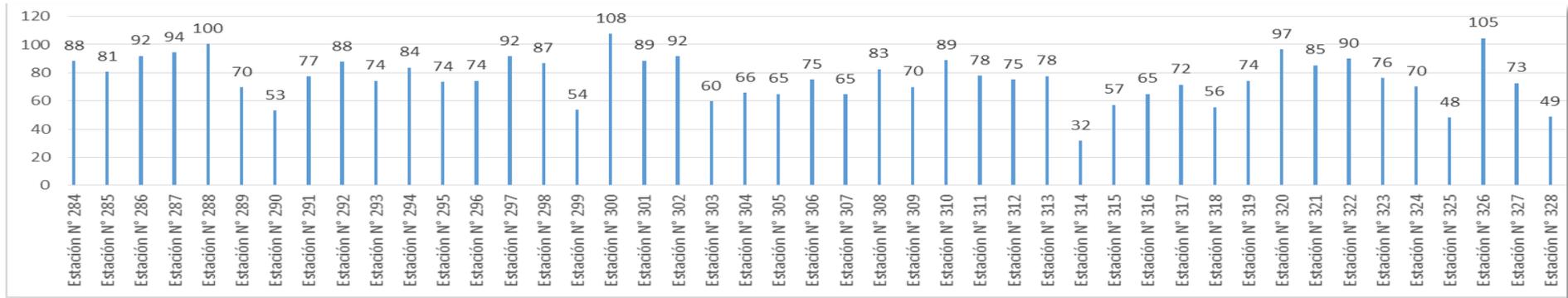


Figura 32. IPA del uso de suelo bosque denso alto.

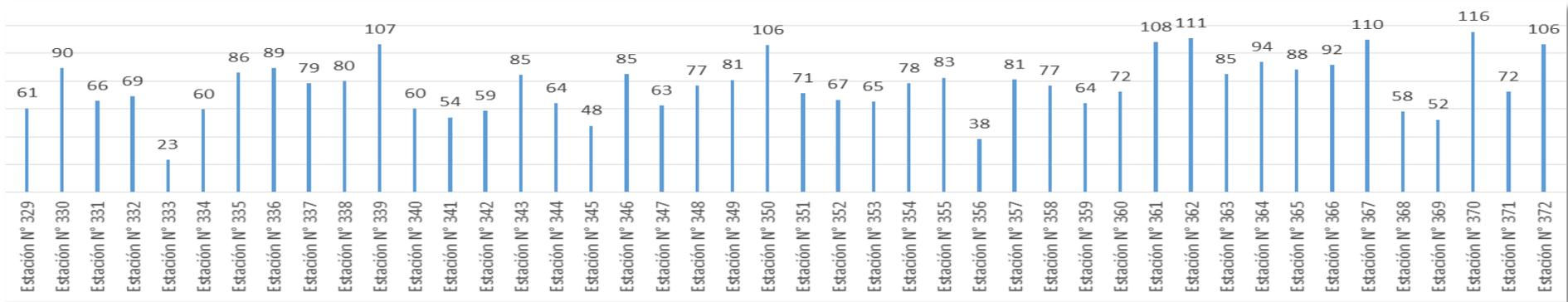


Figura 33. IPA del uso de suelo bosque denso alto.

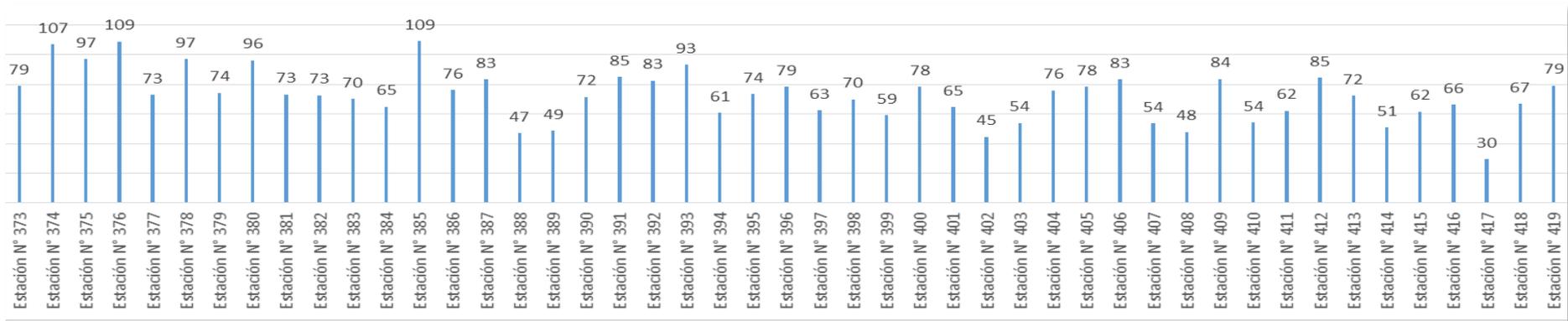


Figura 34. IPA del uso de suelo bosque denso alto.

En el uso de suelo bosque denso alto se vio que en la estación N° 370 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 116 y la estación N° 333 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 23.

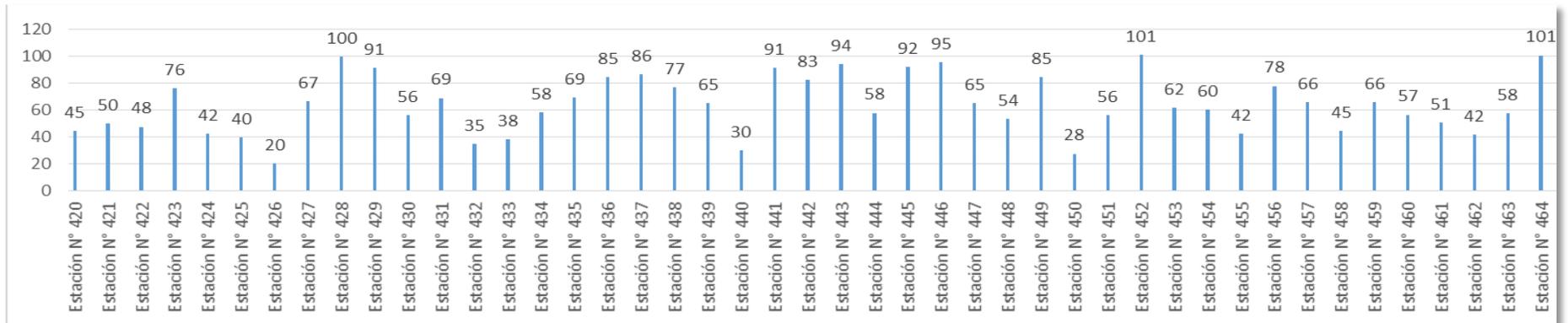


Figura 35. IPA del uso de suelo pastos arbolados.

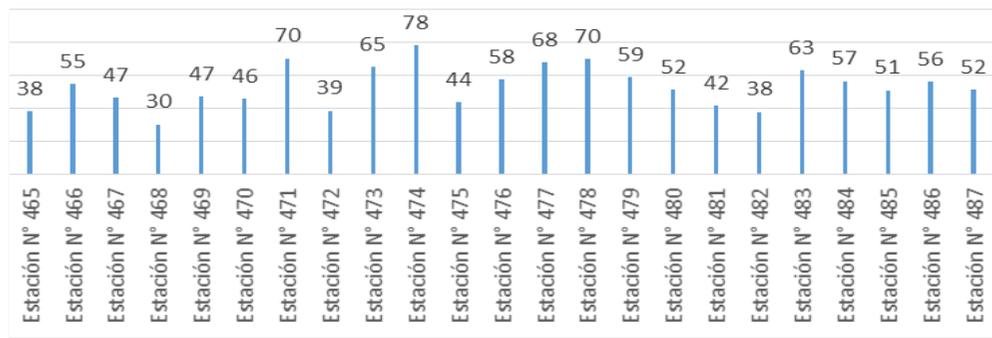


Figura 36. IPA del uso de suelo pastos arbolados.

En el uso de suelo pastos arbolados se vio que en las estaciones N° 452 y 464 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 101 y la estación N° 426 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 20.

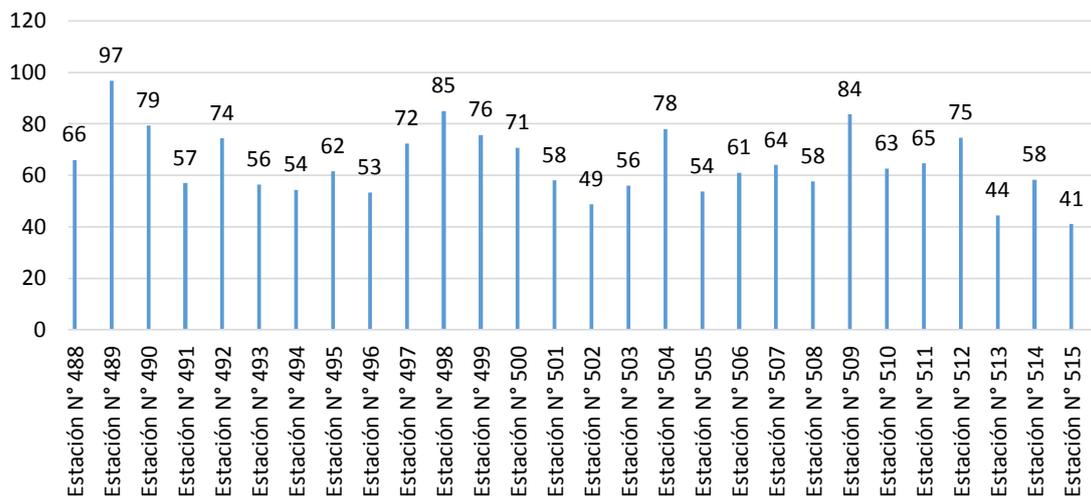


Figura 37. IPA del uso de suelo vegetación herbácea/arbustiva.

En el uso de suelo vegetación herbácea/arbustiva se vio que en la estación N° 489 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 97 y la estación N° 515 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 41.

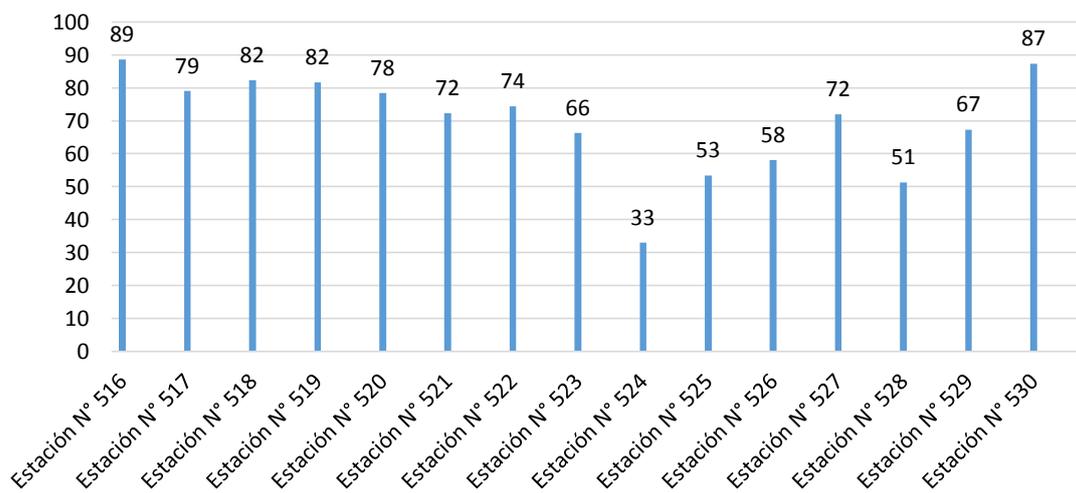


Figura 38. IPA del uso de suelo mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

En el uso de suelo mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales se vio que en la estación N° 516 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 89 y la estación N° 524 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 33.

10.5. ANEXO V. Gráficas de IPAM de los diez usos de suelo.

(bosque abierto alto, bosque denso bajo, pastos enmalezados, bosque abierto bajo, tejido urbano continuo, pastos limpios, bosque denso alto, pastos arbolados, vegetación herbácea/arbustiva y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales).

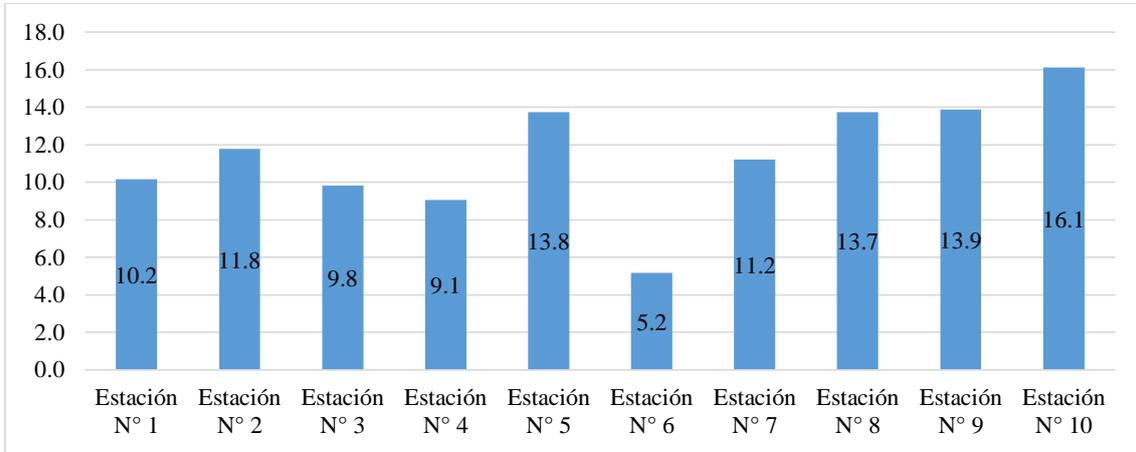


Figura 39. IPAM del uso de suelo bosque abierto alto.

En el uso de suelo bosque abierto alto se vio que en la estación N° 10 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica Modificado con un total de 16.1 y la estación N° 6 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 5.2.

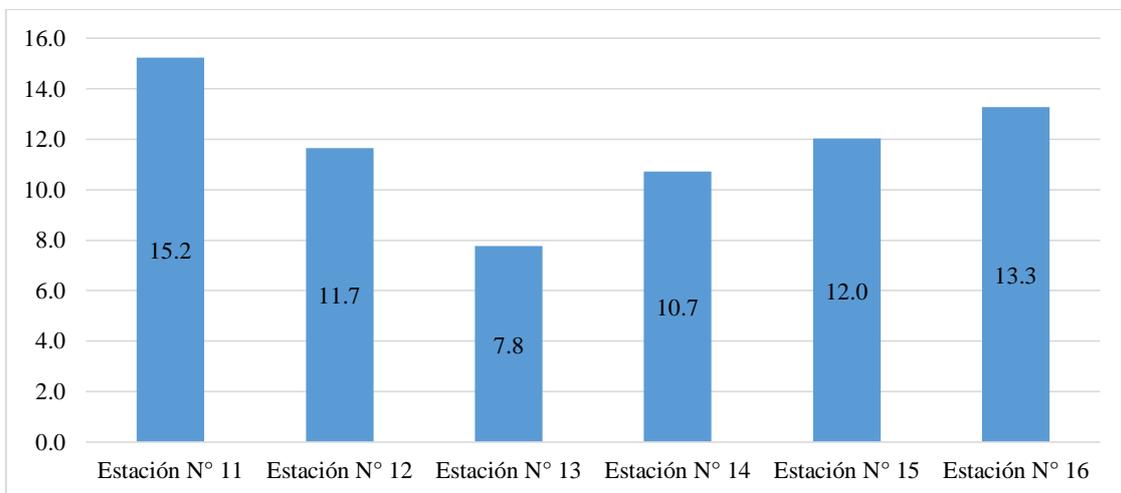


Figura 40. IPAM del uso de suelo bosque denso bajo.

En el uso de suelo bosque denso bajo se vio que en la estación N° 11 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica Modificado con un total de 15.2 y la estación N° 13 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 7.8.

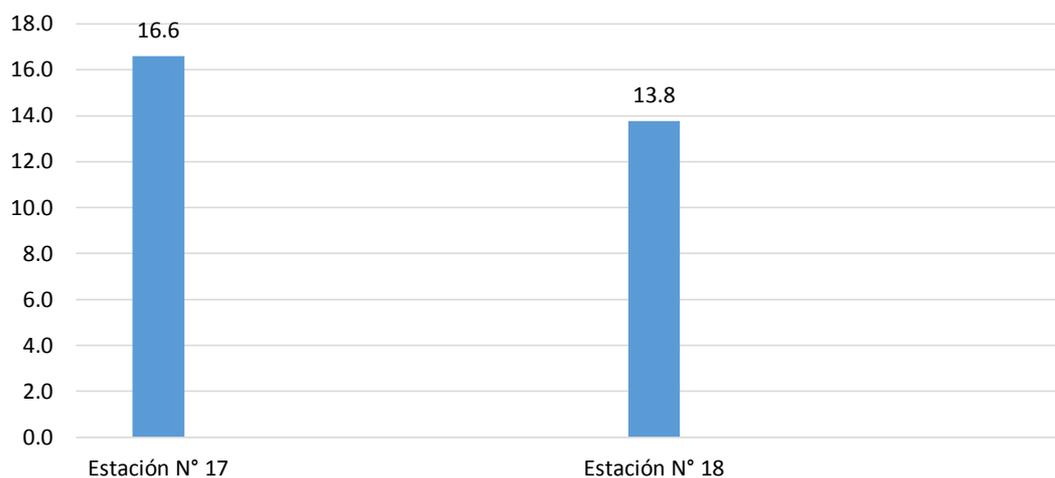


Figura 41. IPAM del uso de suelo pastos enmalezados.

En el uso de suelo pastos enmalezados se vio que en la estación N° 17 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica Modificado con un total de 16.6 y la estación N° 18 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 13.8.

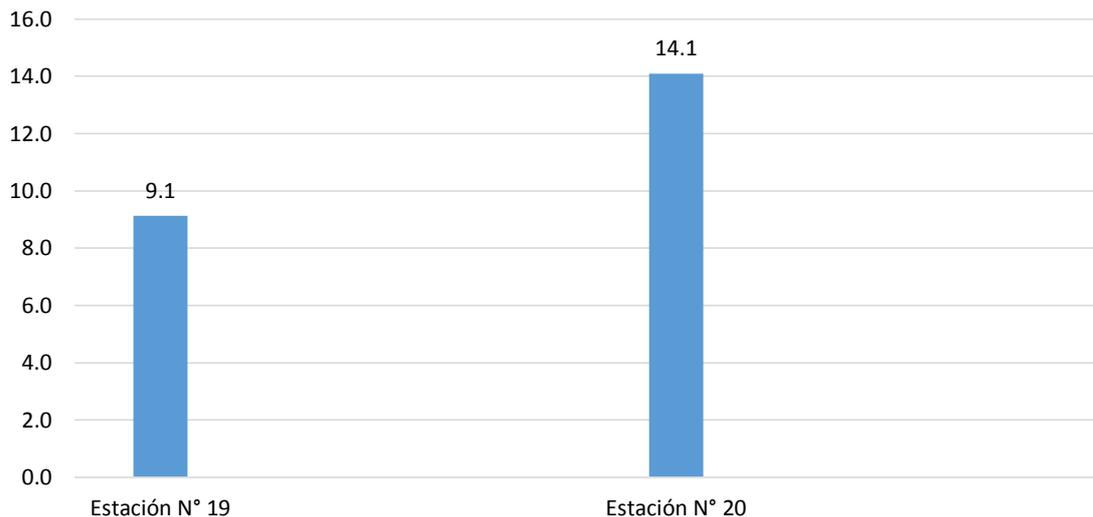


Figura 42. IPAM del uso de suelo bosque abierto bajo.

En el uso de suelo bosque abierto bajo se vio que en la estación N° 20 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica Modificado con un total de 14.1 y la estación N° 19 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 9.1.

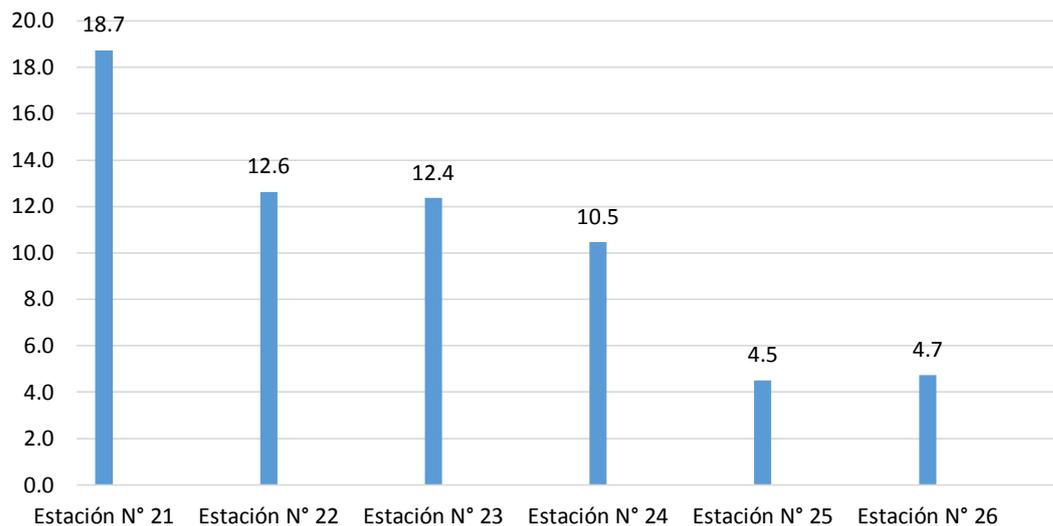


Figura 43. IPAM del uso de suelo tejido urbano continuo.

En el uso de suelo tejido urbano continuo se vio que en la estación N° 21 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica Modificado con un total de 18.7 y la estación N° 25 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 4.5.

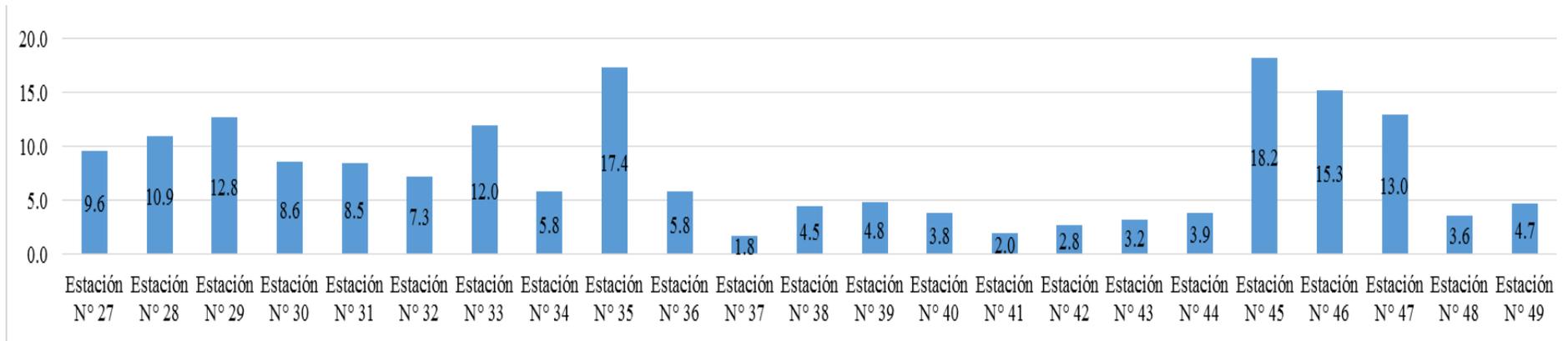


Figura 44. IPAM del uso de suelo pastos limpios.

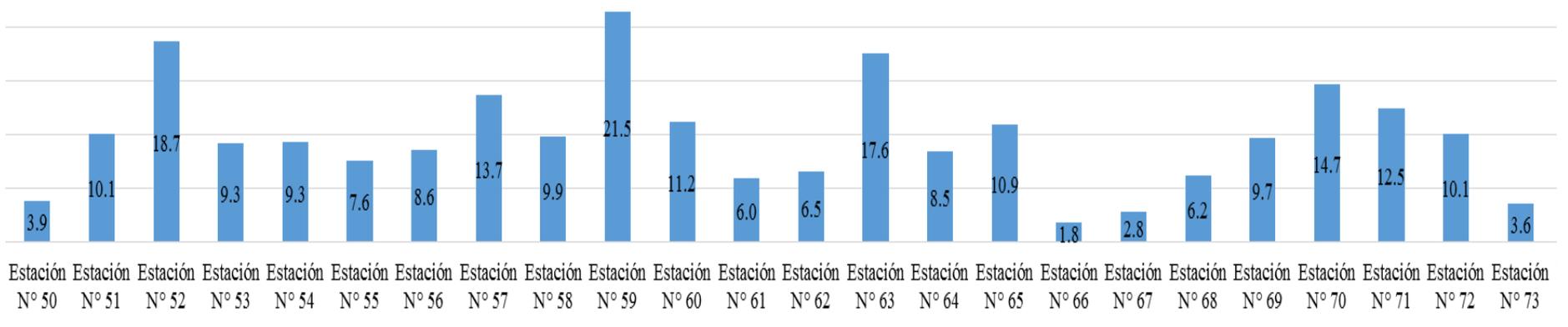


Figura 45. IPAM del uso de suelo pastos limpios.

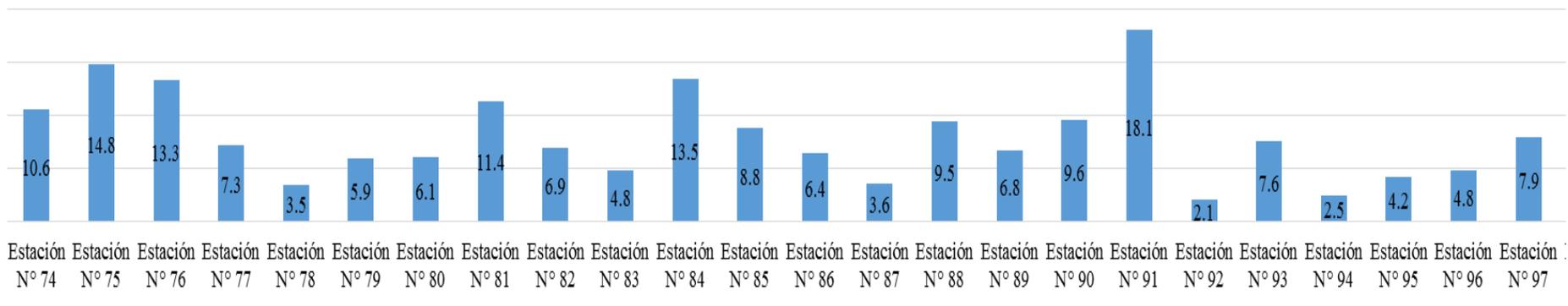


Figura 46. IPAM del uso de suelo pastos limpios.

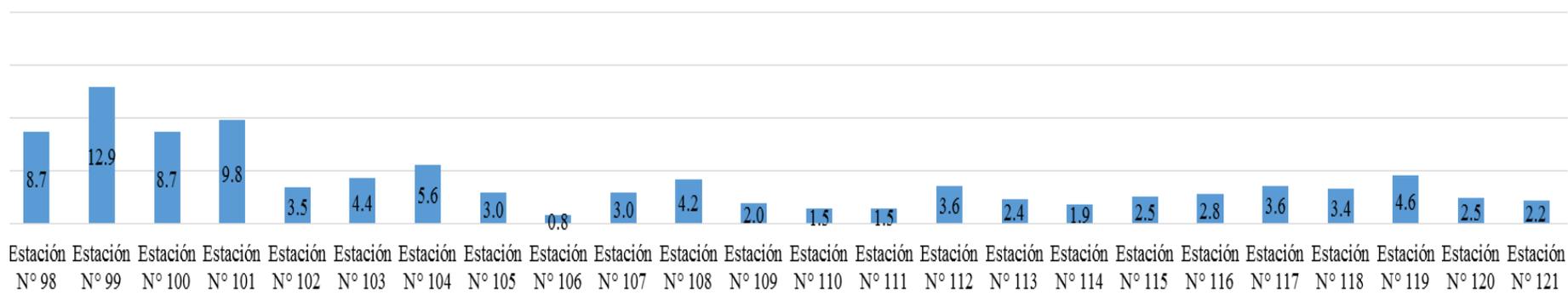


Figura 47. IPAM del uso de suelo pastos limpios.

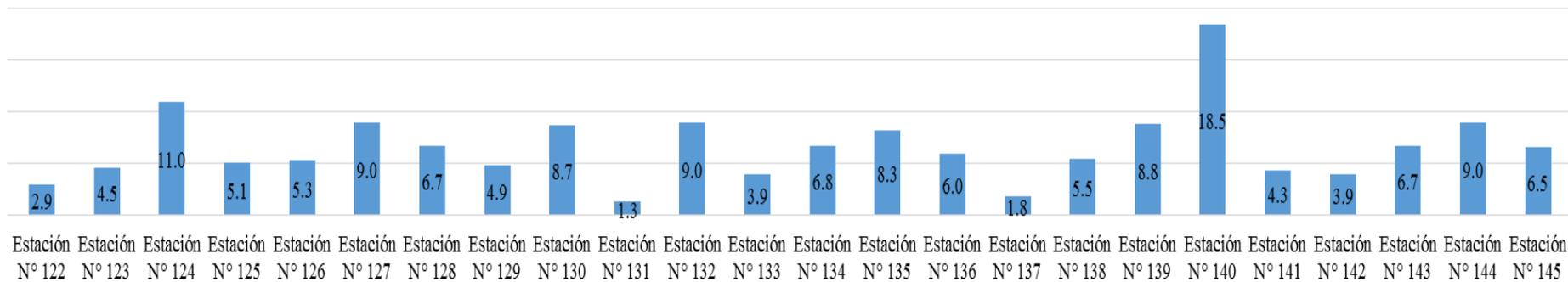


Figura 48. IPAM del uso de suelo pastos limpios.

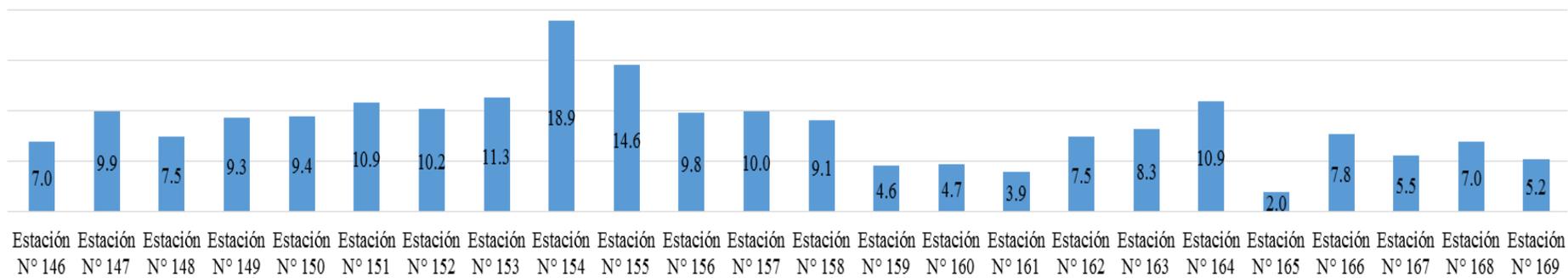


Figura 49. IPAM del uso de suelo pastos limpios.

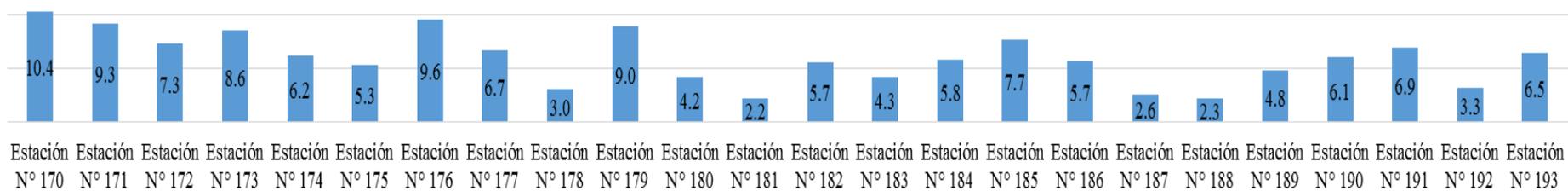


Figura 50. IPAM del uso de suelo pastos limpios.

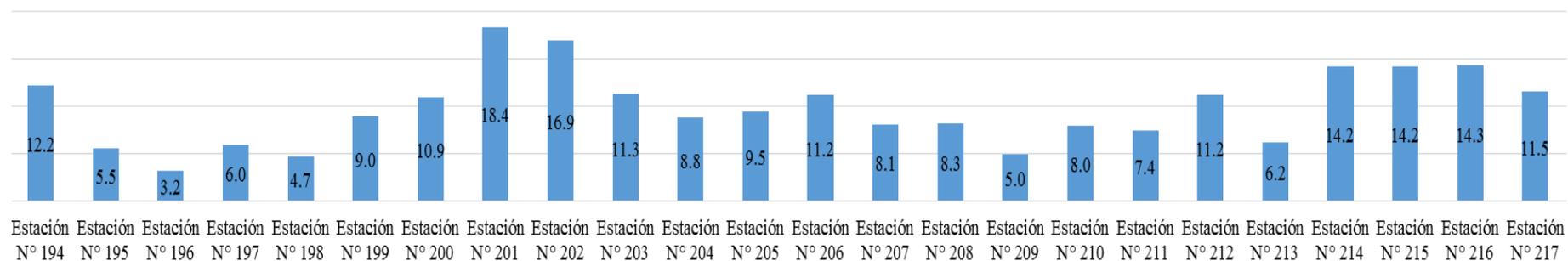


Figura 51. IPAM del uso de suelo pastos limpios.

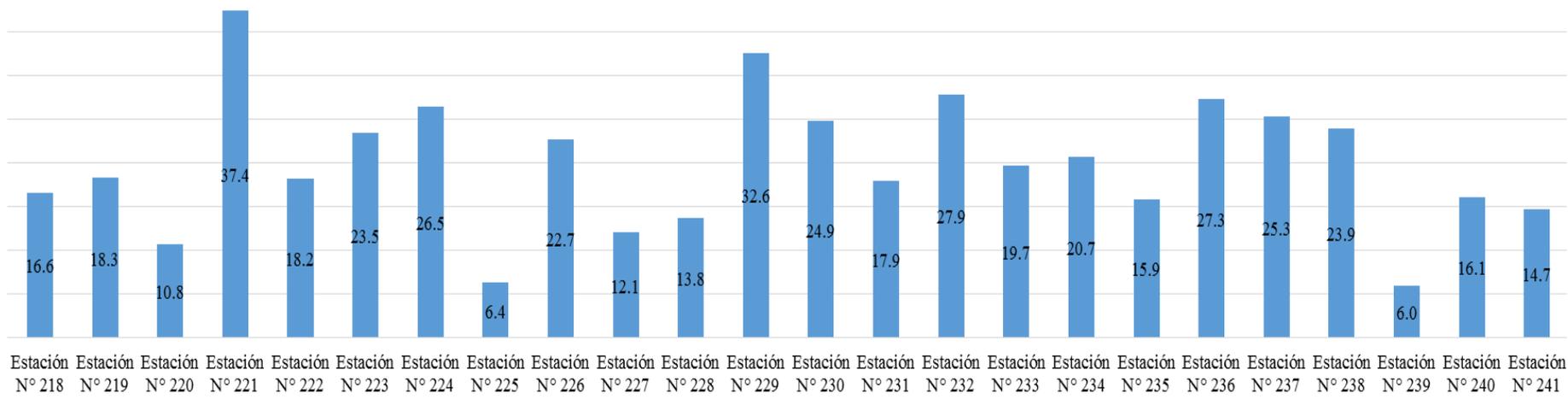


Figura 52. IPAM del uso de suelo pastos limpios.

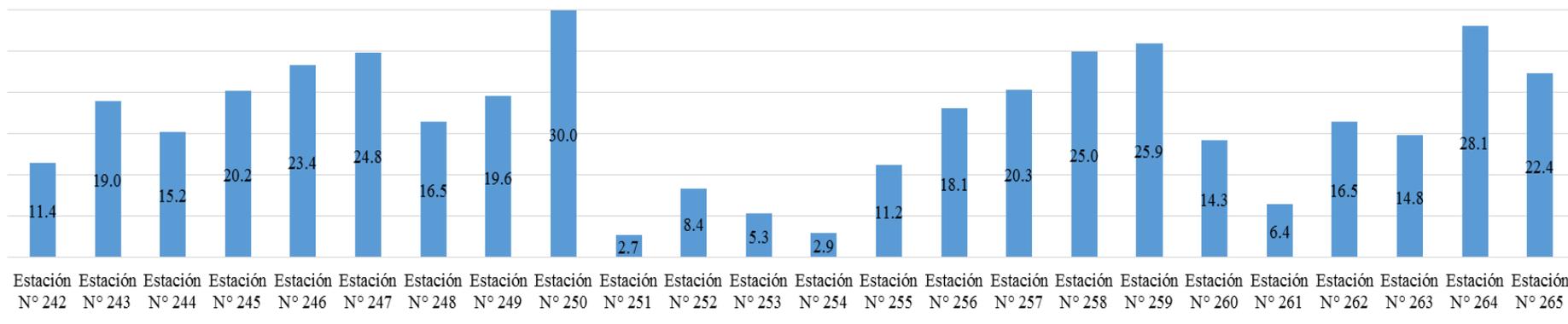


Figura 53. IPAM del uso de suelo pastos limpios.

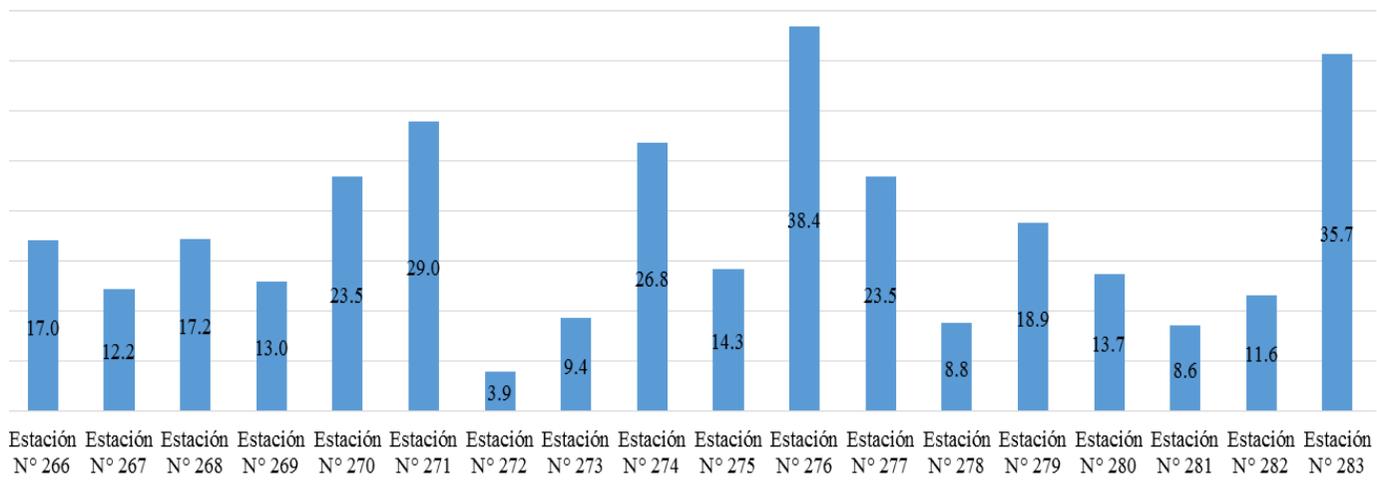


Figura 54. IPAM del uso de suelo pastos limpios.

En el uso de suelo pastos enmalezados se vio que en la estación N° 221 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica Modificado con un total de 37 y las estaciones N° 110, 111 y 131 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 1.

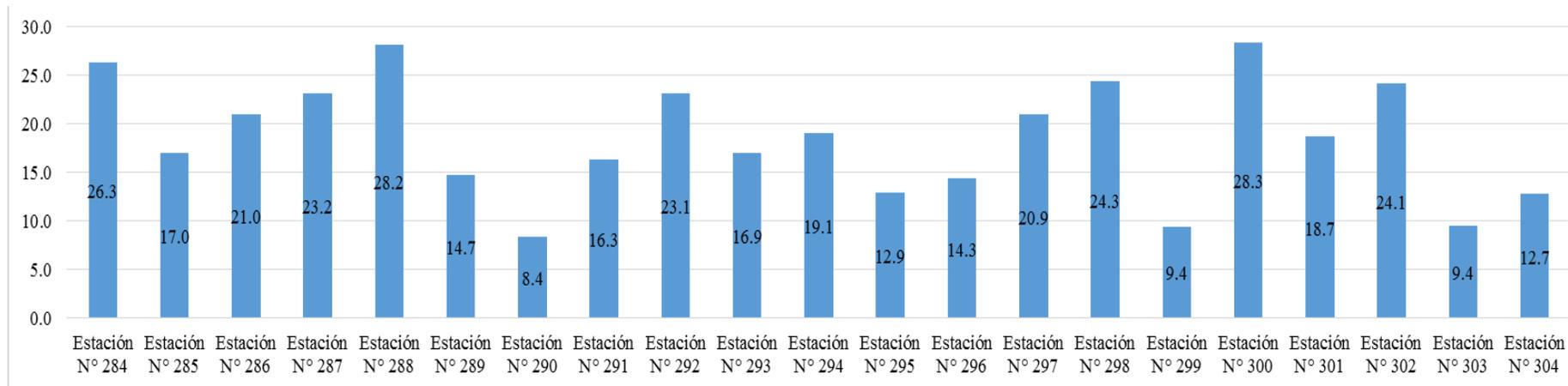


Figura 55. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.

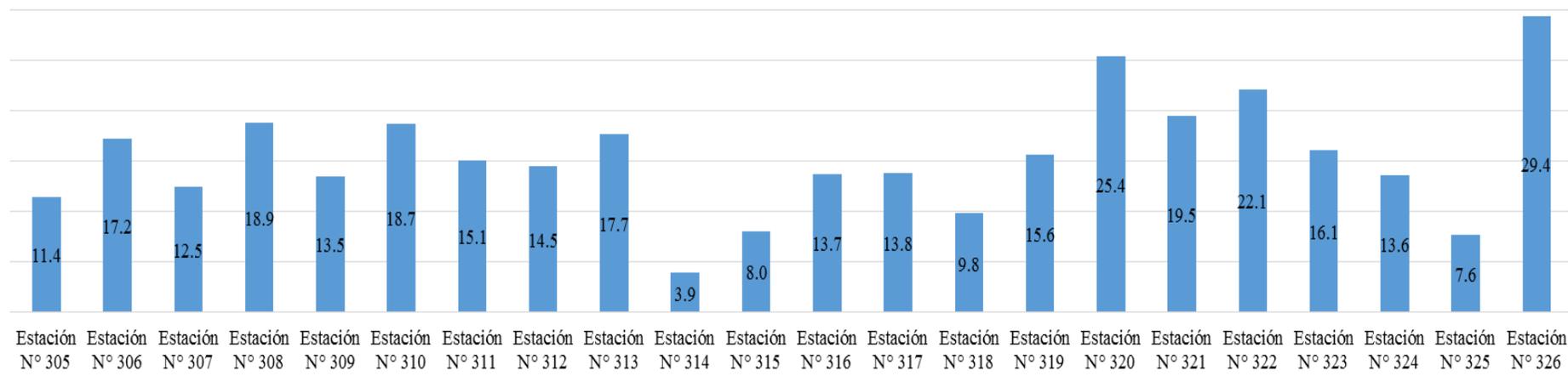


Figura 56. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.

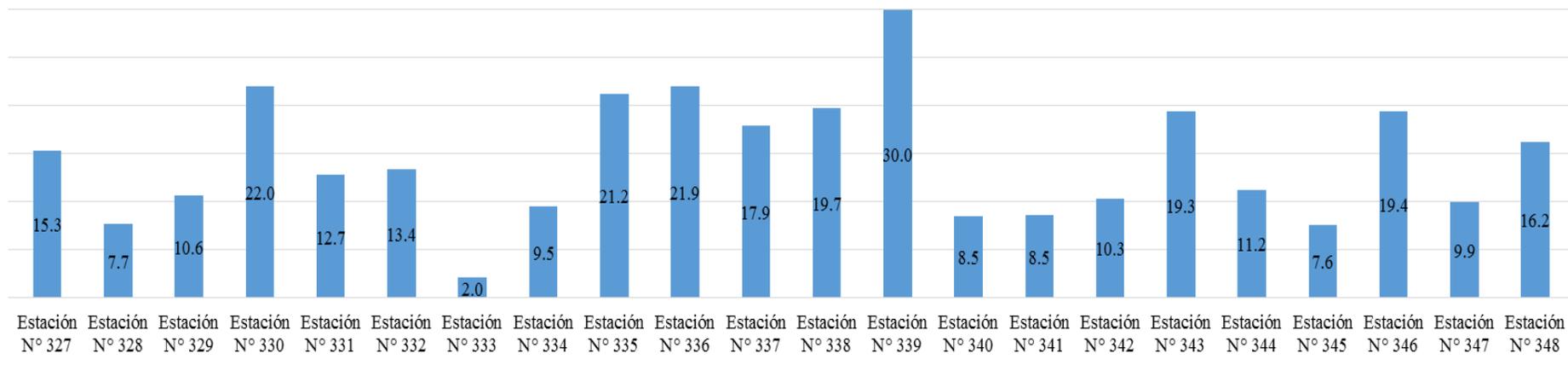


Figura 57. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.

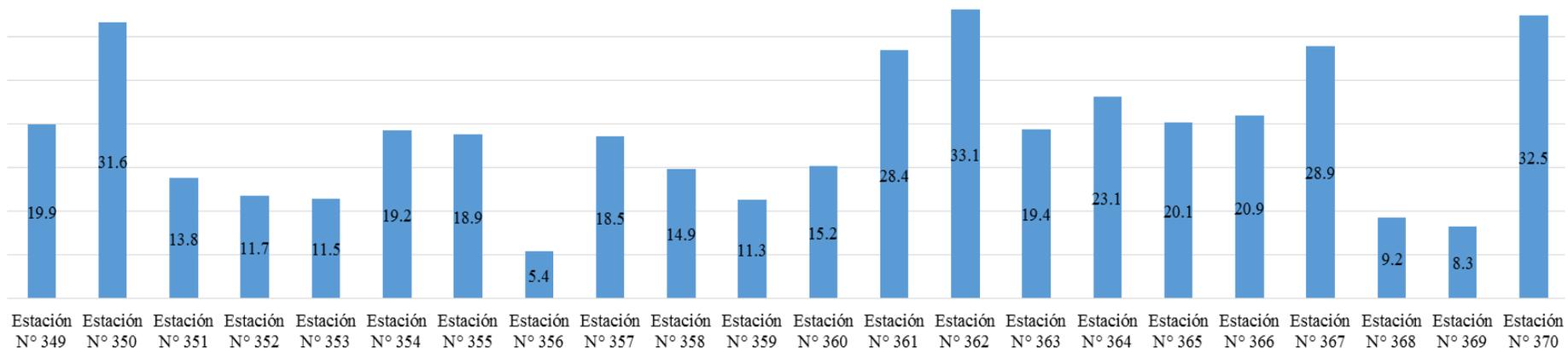


Figura 58. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.

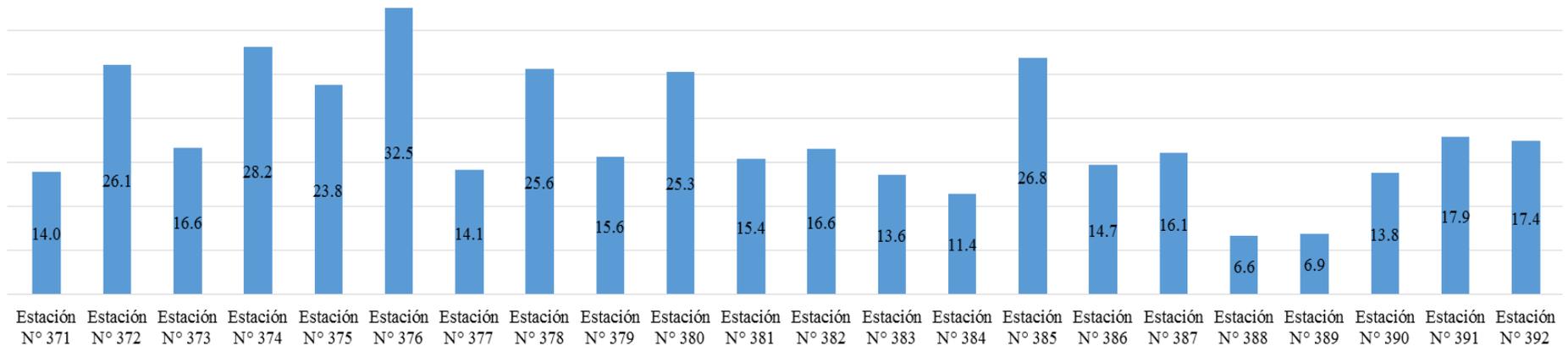


Figura 59. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.

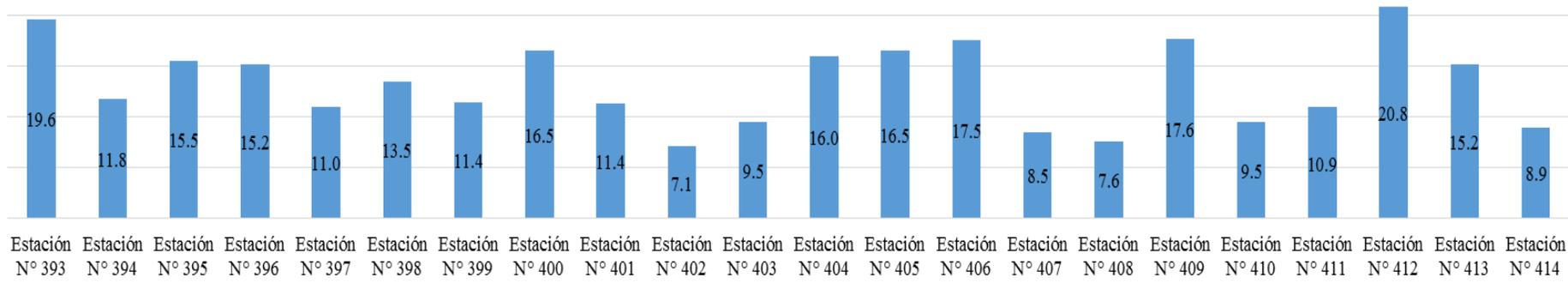


Figura 60. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.

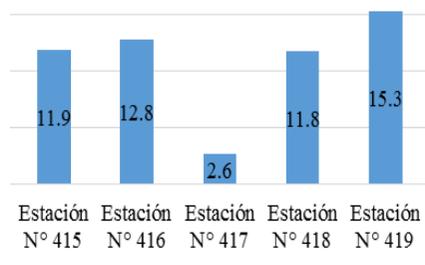


Figura 61. IPAM del uso de suelo bosque denso alto.

En el uso de suelo bosque denso alto se vio que en las estaciones N° 362 y 376 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica Modificado con un total de 33 y la estación N° 333 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 2.

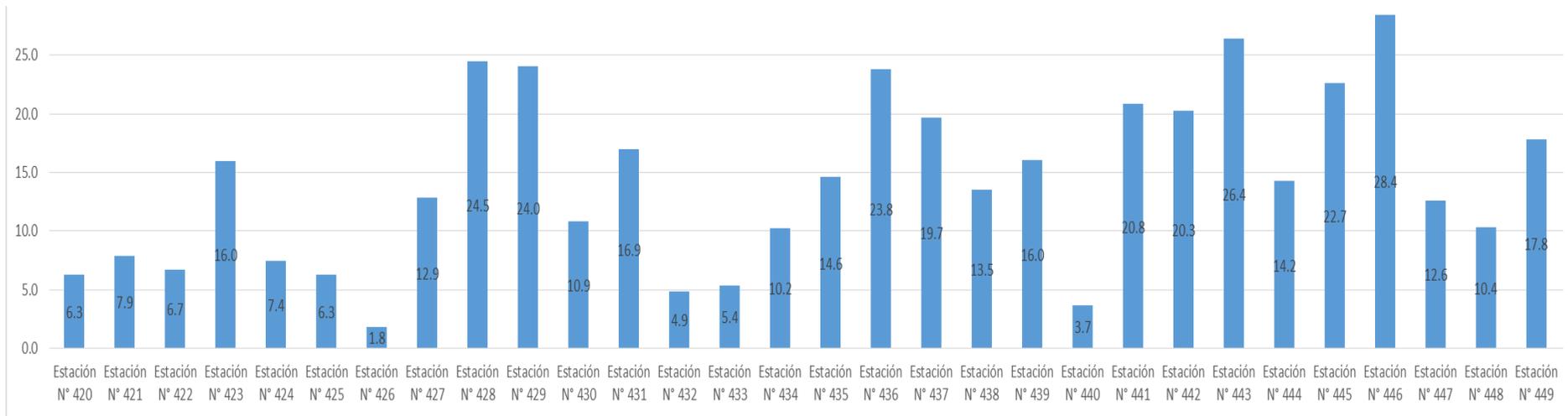


Figura 62. IPAM del uso de suelo pastos arbolados.

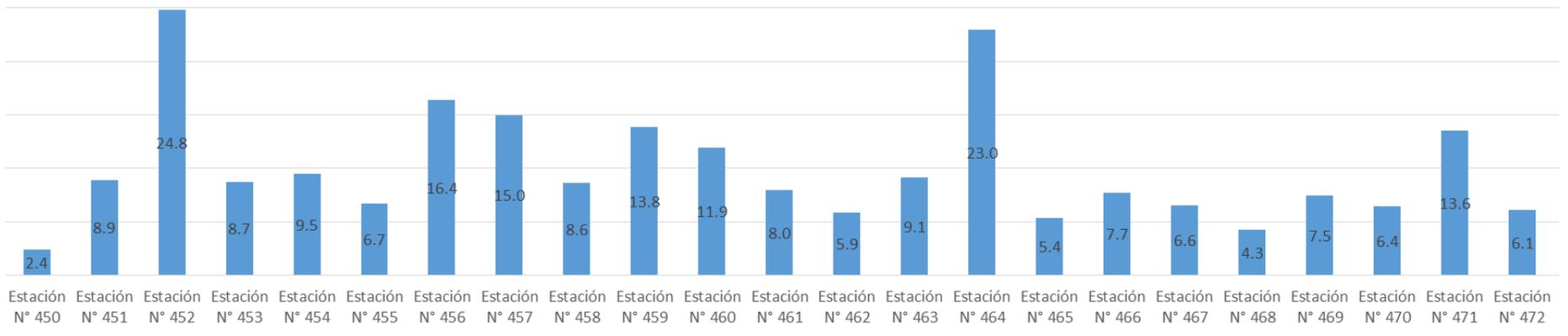


Figura 63. IPAM del uso de suelo pastos arbolados.

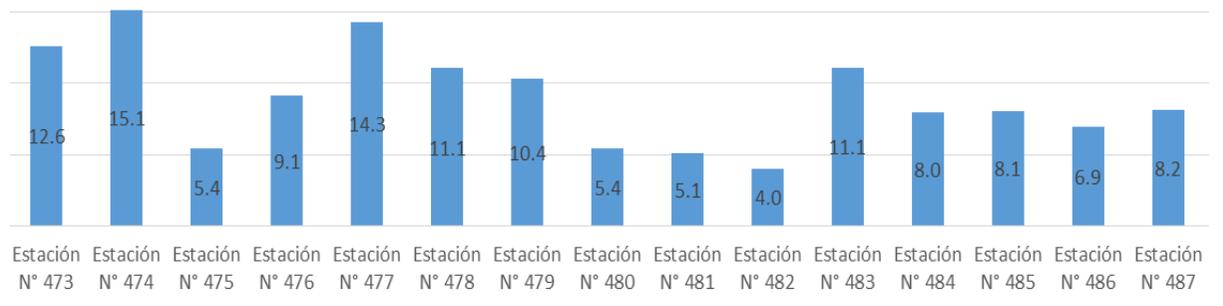


Figura 64. IPAM del uso de suelo pastos arbolados.

En el uso de suelo pastos arbolados se vio que en la estación N° 446 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica Modificado con un total de 28 y las estaciones N° 426 y 450 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 2.

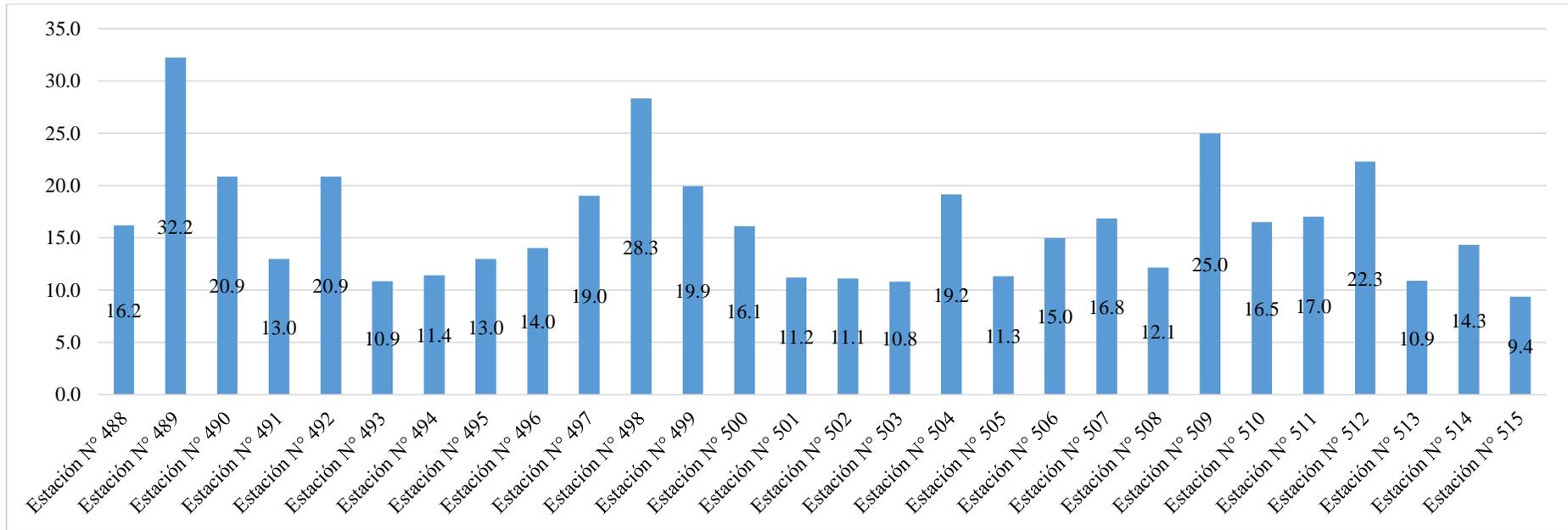


Figura 65. IPAM del uso de suelo vegetación herbácea/arbustiva.

En el uso de suelo vegetación herbácea/arbustiva se vio que en la estación N° 489 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica Modificado con un total de 32 y la estación N° 515 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 9.

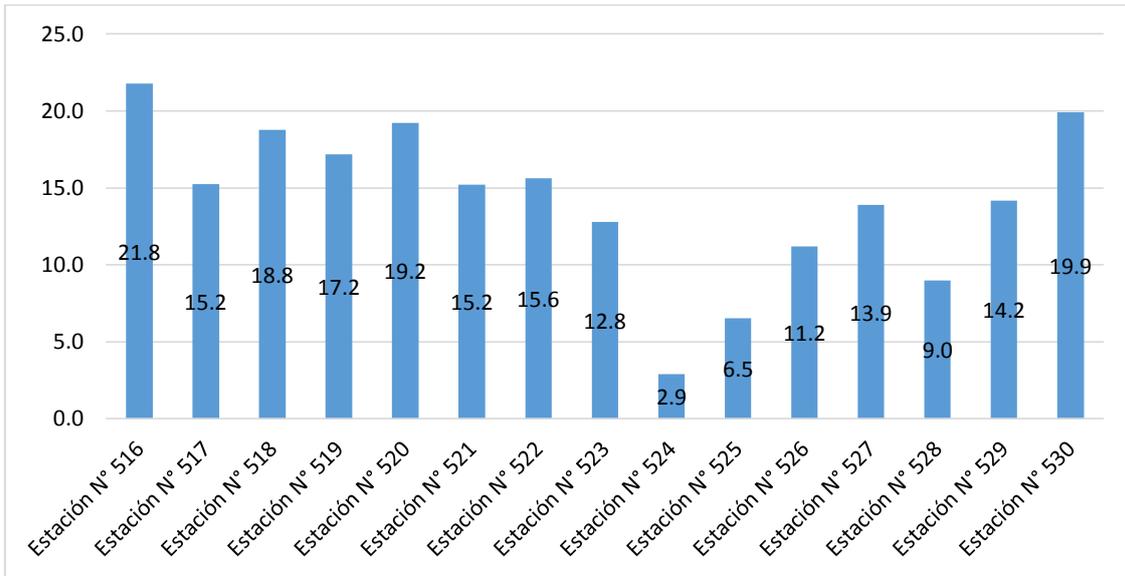


Figura 66. IPAM del uso de suelo mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

El uso de suelo mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales se vio que en la estación N° 516 se encontró mayor Índice de Pureza Atmosférica Modificado con un total de 22 y la estación N° 524 presento menor Índice de Pureza Atmosférica con un total de 3.

10.6. ANEXO VI. Fotografías de las especies de líquenes con sus respectivos nombres.



Figura 67. Especie *Usnea* spp (Liquen fruticuloso).



Figura 70. Especie *Parmotrema* sp. 2 (liquen folioso).



Figura 68. Especie *Ramalia* sp.1 (liquen fruticuloso).



Figura 71. Especie *Microlejeunea bullata* (liquen crustaceos).



Figura 69. Especie *Chrysothrix* sp. (Liquen crustaceos).



Figura 72. Especie cf. *Physcia* sp. 2 (liquen folioso).



Figura 73. Especie *Teloschistes* sp. 2 (liquen fruticuloso).



Figura 76. Especie *Graphis* sp. 1 (liquen crustáceos).



Figura 74. Especie cf. *Lecidea* sp. 1 (liquen crustáceos).



Figura 77. Especie *Heterodermia* sp. 4 (liquen fruticuloso).



Figura 75. Especie cf. *Ascomycete* 1 (liquen crustáceos).



Figura 78. Especie *Pertusaria* (liquen crustáceos).



Figura 79. Especie *Caloplaca* sp. 1 (liquen crustáceos).



Figura 82. Especie *Ascomycete* 2 (liquen crustáceos).



Figura 80. Especie *Parmotrema* sp. 3 (liquen folioso).



Figura 83. Especie cf. *Ascomycete* 3 (liquen crustáceos).



Figura 81. Especie *Parmotrema reticulatum* (liquen folioso).



Figura 84. Especie *Frullania ericoides* (liquen fruticuloso).



Figura 85. Especie *Frullania brasiliensis* Raddi (liquen fruticuloso).



Figura 88. Especie *Cryptothecia* (liquen crustáceos).



Figura 86. Especie *Graphis* sp. 2 (liquen crustáceos).



Figura 89. Especie *Phaeographis* sp. 1 (liquen crustáceos).



Figura 87. Especie *Pertusaria* sp (liquen crustáceos).



Figura 90. Especie *Arthonia vinosa* (liquen crustáceos).



Figura 91. Especie Ascomycete 3 (liquen crustáceos).



Figura 94. Especie Lobaria (liquen folioso).



Figura 92. Especie cf. Niebla sp. 1 (liquen folioso).



Figura 95. Especie Ramalina sp. 2 (liquen fruticuloso).



Figura 93. Especie Heterodermia sp. 2 (liquen folioso).



Figura 96. Especie Usnea sp.1 (liquen fruticuloso).



Figura 97. Especie *Usnea* sp. 2 (liquen fruticuloso).



Figura 100. Especie *Frullania ericoides* sp. (Liquen fruticuloso).



Figura 98. Especie *Candelariella* spp. (Liquen crustáceos).



Figura 101. Especie *Parmotrema* sp. 5 (liquen folioso).



Figura 99. Especie *Lecanora intumescens* (liquen crustáceos).



Figura 102. Especie *Teloschistes* sp. 1 (liquen fruticuloso).



Figura 103. Especie *Teloschistes* spp
(liquen folioso).



Figura 106. Especie *Heterodermia* sp. 1
(liquen folioso).



Figura 104. Especie *Rhizocarpon*
(liquen crustáceos).



Figura 107. Especie *Lecanora* sp. 1
(liquen folioso).



Figura 105. Especie cf. *Buellia* sp. 2
(liquen folioso).



Figura 108. Especie *Chrysothrix* sp. 2
(liquen crustáceos).



Figura 109. Especie *Arthonia leucopellaea* (liquen folioso).



Figura 112. Especie *Phaeophyscia* sp. 1 (liquen folioso).



Figura 110. Especie *Parmotrema* sp. 6 (liquen folioso).



Figura 113. Especie cf. *Ascomycete* 4 (liquen crustáceos).



Figura 111. Especie *Leptogium* spp. (Liquen crustáceos).



Figura 114. Especie *Everniastrum* sp. (Liquen folioso).



Figura 115. Especie *Phaeophyscia* sp. 2 (liquen folioso).



Figura 118. Especie cf. *Malmidea* sp. 1 (liquen crustáceos).



Figura 116. Especie *Hypotrachyna* sp. 3 (liquen crustáceos).

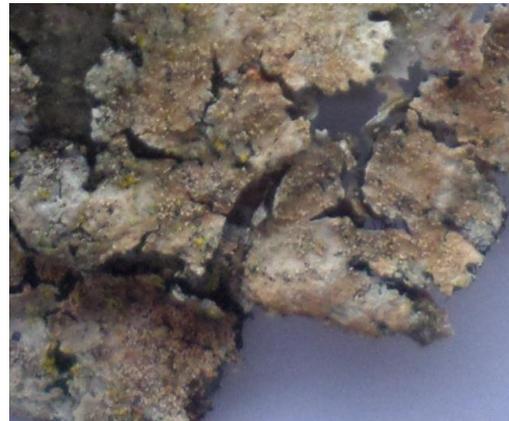


Figura 119. Especie cf. *Malmidea* sp. 2 (liquen crustáceos).



Figura 117. Especie *Graphis* sp. 3 (liquen crustáceos).



Figura 120. Especie *Leptogium* sp. 2 (liquen folioso).



Figura 121. Especie *Leptogium* sp. 1
(liquen folioso).



Figura 123. Especie *Collema* sp. 2
(liquen folioso).



Figura 122. Especie *Collema* sp. 1
(liquen folioso).

10.7. ANEXO VII. Constancia de reconocimiento de muestras.

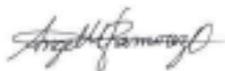
Lima 19 de enero de 2017

CONSTANCIA DE DETERMINACION

Por la presente, se expide la siguiente constancia de determinación de muestras de líquenes del departamento de Amazonas de la señorita Wendi Guadalupe Uatance Oyarce; realizadas por el biólogo (liquenologo) Ángel Manuel Ramírez Ordaya.

Atte.

Ángel Manuel Ramírez Ordaya



Biólogo (liquenologo)

Nº de colegio de biólogos 6632

Director de Proyecto Líquenes Perú

Facebook: Proyecto Líquenes Perú

Nº de celular: 992248851

Lista de muestras y determinaciones agrupadas en familia y especies.

Familia	Especies
PARMELIACEAE	<i>Usnea sp.1</i>
	<i>Usnea sp.2</i>
	<i>Usnea sp. 3</i>
	<i>Parmotrema reticulatum</i>
	<i>Parmotrema sp.1</i>
	<i>Parmotrema sp.2</i>
	<i>Parmotrema sp.3</i>
	<i>Parmotrema sp.4</i>
	<i>cf. Physcia sp.</i>
	<i>Hypotrachyna sp.</i>
	<i>Everniastrum sp.</i>
CHRYSOTHRICHACEAE	<i>Chrysothrix sp.1</i>

	<i>Chrysothrix sp.2</i>
RAMALINACEAE	<i>Ramalina sp. 1</i>
	<i>Ramalina sp. 2</i>
	<i>cf. Niebla sp.</i>
PHYSICIACEAE	<i>Heterodermia sp.1</i>
	<i>Heterodermia sp.2</i>
	<i>Heterodermia sp.3</i>
	<i>cf. Buellia sp.</i>
	<i>Phaeophyscia sp. 1</i>
	<i>Phaeophyscia sp. 2</i>
TELOSCHISTACEAE	<i>Teloschistes sp.1</i>
	<i>Teloschistes sp.2</i>
	<i>Teloschistes sp.3</i>
	<i>Caloplaca sp.</i>
CF. MALMIDEACEAE	<i>cf. Malmidea sp. 1</i>
	<i>cf. Malmidea sp. 2</i>
CF. ASCOMYCETE	<i>Ascomycete 1</i>
	<i>cf. Ascomycete 2</i>
	<i>cf. Ascomycete 3</i>
	<i>cf. Ascomycete 4</i>
GRAPHIDACEAE	<i>Graphis sp. 1</i>
	<i>Graphis sp. 2</i>
	<i>Graphis sp. 3</i>
	<i>Phaeographis sp.</i>
LECANORACEAE	<i>Lecanora intumescens</i>
	<i>Lecanora sp. 1</i>
ARTHONIAACEAE	<i>Cryptothecia</i>
	<i>Arthonia vinosa</i>
	<i>Arthonia leucopellaea</i>
	<i>Ascomycete 5</i>
COLLEMATACEAE	<i>Leptogium sp.1</i>
	<i>Leptogium sp.2</i>
	<i>Leptogium sp.3</i>
	<i>Collema sp. 1</i>

	<i>Collema sp. 2</i>
LEJEUNEACEA	<i>Microlejeunea bullata</i>
LOBARIACEAE	<i>Lobaria</i>
CANDELARIACEA	<i>Candelariella sp.</i>
PERTUSARIACEAE	<i>Pertusaria sp.1</i>
	<i>Pertusaria sp.2</i>
FRULLANIA	<i>Frullania ericoides</i>
	<i>Frullania brasiliensis Raddi</i>
	<i>Frullania ericoides sp.</i>
RHIZOCARPACEAE	<i>Rhizocarpon</i>
CF. LECIDEACEAE	<i>cf. Lecidea sp. 1</i>