

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS DEL SUELO DEL PASIVO AMBIENTAL MINERO AURORA-PATRICIA POR LAS ESPECIES HERBÁCEAS *Carex mandoniana*, *Equisetum bogotense* y *Muehlenbeckia tamnifolia*, LA ENCAÑADA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Autores:

Carlita Roxana Izquierdo Ramirez
Cristina Carmela López Rodríguez

Asesor:

Mg. Marieta Eliana Cervantes Peralta

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios, a mis padres y a mi abuelo, por ser mis modelos de vida, del mismo modo a mis hermanos y a mi pequeña hija Adria Lucía, que es mi motivación para seguir adelante.

Cristina Carmela López Rodríguez.

A mi papá Julio Ramirez que es mi ángel y me cuida desde el cielo, por darme el mejor ejemplo de perseverancia y esfuerzo constante para conseguir mis metas.

Carlita Roxana Izquierdo Ramirez.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros padres por apoyarnos tanto económica como emocionalmente para lograr nuestras metas y cumplir nuestros sueños, a nuestros hermanos por ser grandes compañeros de vida y de experiencias inolvidables.

Al Sr. Leoncio Lanfranco Cacho Sousa, por darnos la confianza al brindarnos información referente a nuestro tema de estudio y realizar investigaciones en ello.

A nuestros docentes que han sido nuestros guías durante toda nuestra etapa universitaria, pero de manera especial al Mg. Marco Alfredo Sánchez Peña por alentarnos siempre a ser las mejores tanto personal como profesionalmente, por compartir su tiempo y conocimientos en la elaboración de este trabajo de investigación.

A nuestra asesora la Mg. Marieta Eliana Cervantes Peralta por apoyarnos en la culminación de nuestro trabajo y hacer posible el logro de esta meta profesional.

Al Ing. Juan Francisco Montoya Quino por compartir sus conocimientos profesionales y apoyarnos desinteresadamente en la identificación de nuestras muestras de plantas en el herbario CPUN “Isidoro Sánchez Vega” de la Universidad Nacional de Cajamarca, además de brindarnos las herramientas necesarias para obtener nuestros resultados.

A nuestros mejores amigos Leoncio Jaime Lanfranco Colina y Jackelin Estefani Ciriaco Mosqueira por acompañarnos voluntariamente durante nuestras visitas a campo y estar siempre presentes en nuestros buenos y malos momentos, porque juntos realizamos grandes proyectos académicos y formamos una amistad sincera e incondicional.

Carlita Roxana Izquierdo Ramirez y Cristina Carmela López Rodríguez.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Realidad problemática	15
1.2. Formulación del problema	24
1.3. Objetivos	24
1.3.1. Objetivo General	24
1.3.2. Objetivos Específicos	24
1.4. Hipótesis.....	25
1.4.1. Hipótesis general	25
1.4.2. Hipótesis específicas	25
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	26
2.1. Tipo de investigación	26
2.2. Población y muestra	26
2.2.1. Población.....	26
2.2.2. Muestra	26
2.3. Materiales, instrumentos y métodos	27
2.3.1. Materiales	27
2.3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
2.3.3. Métodos	30
2.4. Procedimiento	32
2.4.1. Procedimiento de trabajo en campo.....	32

2.4.2. Procedimiento de trabajo en gabinete	37
2.4.3. Procedimiento de recolección de datos	38
2.4.4. Procesamiento y análisis de datos	39
2.5. Aspectos Éticos del Trabajo	43
CAPÍTULO III. RESULTADOS	45
3.1. Determinación de la capacidad fitoextractora	45
3.2. Especies herbáceas identificadas y su Índice de Valor de Importancia	45
3.3. Resultado de Análisis de Suelo.....	47
3.4. Resultados del Tejido Vegetal	48
3.5. Comparación de concentración de metales pesados del suelo del Pasivo Ambiental y el suelo no contaminado con los ECA 2017 para Suelo Agrícola.	51
3.6. Comparación de concentración de metales pesados en el suelo del Pasivo Ambiental con los del suelo no contaminado	55
3.7. Comparación de concentraciones entre metales pesados en el tejido vegetal de las especies del suelo del Pasivo Ambiental con las del suelo no contaminado.....	57
3.8. Factor de Bioconcentración y Factor de Translocación.....	78
3.9. Correlación de las concentraciones de metales entre las especies herbáceas y el suelo	81
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	87
4.1. Discusión.....	87
4.2. Conclusiones	96
REFERENCIAS.....	98
ANEXOS	105
ANEXO n.º 1. Mapas del área de estudio en el Pasivo Ambiental	105
ANEXO n.º 2. Estudios geológicos realizados por los ex propietarios de la concesión...	109
ANEXO n.º 3. Fichas de campo.	120
ANEXO n.º 4. Tablas de las especies identificadas.....	125
ANEXO n.º 5. Tablas para la determinación del índice de valor de importancia.	141

ANEXO n.º 6. Montaje y Etiquetado de especies herbáceas con mayor valor de importancia.	169
ANEXO n.º 7. Panel fotográfico.....	172
ANEXO n.º 8. Resultados de laboratorio.....	188

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM de puntos de muestreo	34
Tabla 2. Concentración de metales pesados en el suelo del Pasivo Ambiental Aurora Patricia y en el Suelo no Contaminado	47
Tabla 3. Concentración de metales pesados en las especies herbáceas del Pasivo Ambiental Aurora-Patricia	49
Tabla 4. Concentración de metales pesados en las especies herbáceas del suelo no contaminado	50
Tabla 5. Factor de Bioconcentración de metales en las especies herbáceas del Pasivo Ambiental	78
Tabla 6. Factor de Bioconcentración de metales en las especies herbáceas del suelo no contaminado	79
Tabla 7. Factor de Traslocación de metales en las especies herbáceas del Pasivo Ambiental	80
Tabla 8. Factor de Traslocación de metales en las especies herbáceas del suelo no contaminado	81
Tabla 9. Coeficientes de correlación entre las especies herbáceas y el suelo del pasivo ambiental	82
Tabla 10. Coeficientes de correlación entre las especies herbáceas y el suelo no contaminado	83
Tabla 11. Coeficientes de correlación entre metales pesados de las especies herbáceas y el suelo del Pasivo Ambiental	85
Tabla 12. Coeficientes de correlación entre metales pesados de las especies herbáceas y el suelo no contaminado	86
Tabla 13. Cobertura (%) y conteo de individuos de especies herbáceas en cada uno de los cuadrados muestrales.....	125
Tabla 14. Especies vegetales encontradas en la parcela 1 según número de individuos y cobertura (%).....	129
Tabla 15. Especies vegetales encontradas en la parcela 2 según número de individuos y cobertura (%).....	129
Tabla 16. Especies vegetales encontradas en la parcela 3 según número de individuos y cobertura (%).....	130
Tabla 17. Especies vegetales encontradas en la parcela 4 según número de individuos y cobertura (%).....	130

Tabla 18. Especies vegetales encontradas en la parcela 5 según número de individuos y cobertura (%).....	131
Tabla 19. Especies vegetales encontradas en la parcela 6 según número de individuos y cobertura (%).....	131
Tabla 20. Especies vegetales encontradas en la parcela 7 según número de individuos y cobertura (%).....	132
Tabla 21. Especies vegetales encontradas en la parcela 8 según número de individuos y cobertura (%).....	132
Tabla 22. Especies vegetales encontradas en la parcela 9 según número de individuos y cobertura (%).....	133
Tabla 23. Especies vegetales encontradas en la parcela 10 según número de individuos y cobertura (%).....	133
Tabla 24. Clasificación taxonómica.....	134
Tabla 25. División taxonómica de las especies vegetales	137
Tabla 26. Hábito de crecimiento	138
Tabla 27. Densidad Total.	141
Tabla 28. Densidad Relativa.....	142
Tabla 29. Densidad de las especies.....	145
Tabla 30. Frecuencia de las especies.	148
Tabla 31. Frecuencia Relativa de las especies.....	152
Tabla 32. Promedio de Dominancia de las especies.....	155
Tabla 33. Dominancia de las especies.....	158
Tabla 34. Dominancia relativa de las especies.	162
Tabla 35. Índice de Valor de Importancia de las especies.	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partición de muestras de suelo.	36
Figura 2. Valor de importancia de las especies herbáceas en el Pasivo Ambiental Minero.	46
Figura 3. Comparación de concentración de Arsénico en suelo del Pasivo Ambiental y Suelo no Contaminado con el ECA.	51
Figura 4. Comparación de concentración de Bario en Suelo del Pasivo Ambiental y Suelo no Contaminado con el ECA.	52
Figura 5. Comparación de concentración de Cadmio en Suelo del Pasivo Ambiental y Suelo no Contaminado con el ECA.	53
Figura 6. Comparación de concentración de Mercurio en Suelo del Pasivo Ambiental y Suelo no Contaminado con el ECA.	54
Figura 7. Comparación de concentración de Plomo en Suelo del Pasivo Ambiental y Suelo no Contaminado con el ECA.	55
Figura 8. Comparación de la concentración de 7 metales pesados en el suelo del Pasivo Ambiental Aurora-Patricia con los del Suelo no Contaminado.	56
Figura 9. Comparación de la concentración de 6 metales pesados en el suelo del Pasivo Ambiental con los del Suelo no Contaminado.	57
Figura 10. Comparación de la concentración de Aluminio en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	59
Figura 11. Comparación de la concentración de Arsénico en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	60
Figura 12. Comparación de la concentración de Bario en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	62
Figura 13. Comparación de la concentración de Cadmio en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	63
Figura 14. Comparación de la concentración de Cromo en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	65
Figura 15. Comparación de la concentración de Cobre en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	66
Figura 16. Comparación de la concentración de Hierro en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	68
Figura 17. Comparación de la concentración de Mercurio en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	69

Figura 18. Comparación de la concentración de Magnesio en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	71
Figura 19. Comparación de la concentración de Manganeso en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	72
Figura 20. Comparación de la concentración de Níquel en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	74
Figura 21. Comparación de la concentración de Plomo en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	75
Figura 22. Comparación de la concentración de Zinc en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.	77
Figura 23. Correlación entre las especies herbáceas y el suelo del pasivo ambiental	82
Figura 24. Correlación entre las especies herbáceas y el suelo no contaminado.	84
Figura 25. Mapa de Ubicación del Pasivo Ambiental Aurora – Patricia.	105
Figura 26. Levantamiento Topográfico – Mina Aurora Patricia.	106
Figura 27. Mapa de Ubicación de Cuadrados de Identificación de Especies Herbáceas. .	107
Figura 28. Mapa Hidrológico del Pasivo Ambiental Aurora – Patricia.	108
Figura 29. Examen del Prospecto Aurora – Patricia Polloc, Encañada, Cajamarca.	109
Figura 30. Proyecto Aurora.	114
Figura 31. Resumen de Trabajos Geológicos realizados en el proyecto Aurora/Patricia. .	119
Figura 32. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 1	120
Figura 33. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 2	120
Figura 34. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 3	121
Figura 35. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 4	121
Figura 36. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 5	122
Figura 37. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 6	122
Figura 38. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 7	123
Figura 39. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 8	123
Figura 40. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 9	124
Figura 41. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 10.	124

Figura 42. Etiquetado de la especie herbáceas <i>Equisetum bogotense</i>	169
Figura 43. Etiquetado de la especie herbáceas <i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	170
Figura 44. Etiquetado de la especie herbáceas <i>Carex mandoniana</i>	171
Figura 45. Primera visita al pasivo ambiental Aurora Patricia, vista al norte.	172
Figura 46. Primera visita al pasivo ambiental Aurora Patricia, vista al este.	172
Figura 47. Primera visita al pasivo ambiental Aurora Patricia, vista al sur.	173
Figura 48. Vista frontal del socavón.	173
Figura 49. Presencia de agua que sale del socavón.	174
Figura 50. Presencia de espuma en el agua.....	174
Figura 51. Corriente de agua contaminada.	175
Figura 52. Agua cerca del socavón en la primera visita.	175
Figura 53. Agua que va a la comunidad de Polloc.....	176
Figura 54. Presencia de algas en el agua.	176
Figura 55. Presencia de agua lechosa y anaranjada en el agua que sale del socavón.	177
Figura 56. Levantamiento topográfico del terreno con la estación total.	177
Figura 57. Levantamiento topográfico de la parte baja donde se encuentra el socavón. ..	178
Figura 58. Recolectando suelo para la primera muestra para determinar el estado actual del pasivo.	178
Figura 59. Técnica del cuarteo para la muestra compuesta.	179
Figura 60. Rotulado de las bolsas ziploc para las muestras.....	179
Figura 61. Llenado de bolsas ziploc con el suelo para ser llevadas al laboratorio.....	180
Figura 62. Entrevista con el Sr. Leoncio Lanfranco ex propietario de la concesión Aurora-Patricia.	180
Figura 63. Construcción del metro cuadrado.	181
Figura 64. Aseguramiento de cordeles del metro cuadrado.	181
Figura 65. Conteo de especies herbáceas y georreferenciación.	182
Figura 66. Conteo de especies en la última parcela aleatoria en el terreno.....	182

Figura 67. Puesta de especies herbáceas en periódicos para el herbario.	183
Figura 68. Armado del herbario después de recolectar todas las especies.....	183
Figura 69. Cambio de periódicos a las especies del herbario para ser llevado al Herbario de la UNC.	184
Figura 70. Recolección de suelo para la muestra compuesta en la parte alta.....	184
Figura 71. Recolección de suelo para la muestra compuesta en la parte baja cerca al socavón.	185
Figura 72. Recolección de las especies herbáceas más representativas en el pasivo ambiental.	185
Figura 73. Recolección de la especie en bolsas ziploc para ser pesadas en la balanza.....	186
Figura 74. Pesado de las muestras de suelo y de las especies herbáceas.....	186
Figura 75. Etiquetado de muestras de suelo y plantas.	187
Figura 76. Muestras preparadas para ser enviadas al laboratorio.....	187
Figura 77. Cadena de Custodia de Monitoreo de Suelos y Especies de Plantas Herbáceas.	188
Figura 78. Informe de Ensayo N° 140771 – 2020 con Valor Oficial.....	189

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Densidad relativa.....	40
Ecuación 2. Densidad de una especie.	41
Ecuación 3. Frecuencia relativa.	41
Ecuación 4. Frecuencia de una especie.	41
Ecuación 5. Dominancia de una especie.	41

RESUMEN

El departamento de Cajamarca presenta gran cantidad de pasivos ambientales mineros, uno de ellos es la ex minera Aurora – Patricia, que funcionó en el centro poblado de Polloc y desde el año 1985 las operaciones se encuentran paralizadas. A partir de ello, se determinó la capacidad fitoextractora de 13 metales pesados en las especies herbáceas con mayor índice de valor de importancia que crecen en el lugar, para esto se aplicó el método del metro cuadrado, donde se identificó 42 especies herbáceas en 10 parcelas, de las cuales se escogió a *Equisetum bogotense*, *Muehlenbeckia tamnifolia* y *Carex mandoniana*, se analizó la concentración de metales pesados tanto del suelo contaminado y no contaminado, al igual que en las especies herbáceas a fin de compararlas. Se obtuvo que la mayor correlación entre variables fue en la especie *Carex mandoniana* (0.995), seguida de *Equisetum bogotense* (0.975) y *Muehlenbeckia tamnifolia* que presentó una relación inversa negativa. Se calculó el Factor de Bioconcentración donde resultó que las especies herbáceas son excluyentes, no obstante, el Factor de Traslocación mostró que *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana* son fitoestabilizadoras, mientras que *Muehlenbeckia tamnifolia* es hiperacumuladora de metales pesados.

Palabras clave: Fitoextracción, Pasivo ambiental minero, Fitoestabilización, Hiperacumuladora, Factor de Bioconcentración, Factor de Traslocación.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos años, la actividad minera ha aumentado progresivamente en todo el mundo, trayendo oportunidades de trabajo e incremento económico en las ciudades, pero también generando impactos ambientales graves como la destrucción del ecosistema, desaparición de manantiales, contaminación del aire, agua y suelo, etc. (Armendáris, 2016). Del mismo modo, la minería provoca una serie de conflictos en la comunidad que se vienen desarrollando en varias zonas mineras de nuestro país, siendo los de mayor énfasis; el incumplimiento de obligaciones ambientales derivadas de la legislación e instrumentos utilizados por algunas empresas mineras, la afectación de los derechos fundamentales de la población y daños en la salud por contacto directo e indirecto en las áreas impactadas. (Cuentas, 2001).

La minería es una actividad económica del sector primario representada por la explotación o extracción de los minerales que se han acumulado en el suelo y subsuelo en forma de yacimientos. (Hartman, 1992). Dependiendo del tipo de mineral a extraer, la minería se clasifica en dos tipos; metálica y no metálica. La minería metálica constituye la actividad de extracción para obtener un metal determinado, especialmente cobre (Cu), hierro (Fe), molibdeno (Mo), manganeso (Mn), plomo (Pb), zinc (Zn), oro (Au) y plata (Ag), en el mismo orden de importancia. Mientras que la minería no metálica comprende la actividad de extracción de recursos minerales que, luego de un tratamiento especial, se transforman en productos que pueden aplicarse a usos industriales y agrícolas debido a sus propiedades físicas y/o químicas, por ejemplo, salitre, yodo, yeso, carbonato de litio, potasio, carbonato de calcio, cal, asbesto, arcillas comunes o sulfato de sodio. (Ministerio de Minería, 2018).

Los costos de no enfrentar el impacto ambiental desde el inicio de un proyecto minero pueden resultar altamente perjudiciales, si es que no se aplica una tecnología apropiada para prevenir la contaminación o un marco regulador que funcione de manera correcta. (Prevención de la Contaminación Minera: Propuesta de un Marco Común para las Américas, 2000). En el trabajo denominado “Tecnologías apropiadas para disminuir la contaminación ocasionada por mercurio en la minería del oro”, se demostró que el proceso de amalgamación, el mercurio tratado electrolíticamente mediante la utilización de un sencillo equipo denominado “activador de mercurio” produce mejores resultados que el mercurio normal aumentando la recuperación de oro y disminuyendo pérdidas del mismo, asimismo se describió la importancia de los procedimientos del lavado del mineral con detergente, la concentración gravimétrica, la dosificación de mercurio en relación con el tiempo óptimo de tratamiento y la amalgamación de concentrados de mesa vibratoria, en fin esta técnica no requiere de equipamientos costosos ni de grandes inversiones, por lo que puede tener una gran acogida en los procesos mineros tanto en el ambiente como en los propios trabajadores que lo manipulan. (Pantoja, 2000).

En muchos países, las compañías mineras implementan buenas prácticas en el desarrollo de sus actividades, por eso están obligadas a seguir y cumplir estrictos códigos o reglamentos de protección al medio para minimizar su impacto ambiental y evitar problemas en la comunidad, a través de la elaboración de evaluaciones de impacto ambiental (EIA), planes de gestión ambiental (PGA), cierres de la mina y monitoreos ambientales durante y después de la operación minera. (Saade, 2014).

Por otro lado, la minería ilegal es la actividad de exploración, extracción, explotación u otro acto similar de recursos metálicos y no metálicos sin contar con la autorización

de la entidad administrativa competente que cause o pueda causar perjuicio, alteración o daño al ambiente y sus componentes, la calidad o salud ambiental. (Código Penal del Perú, 1991, Art. 307-A). Se caracteriza por desarrollarse en espacios prohibidos como cabeceras de cuenca, riberas de los ríos, lagunas y zonas de amortiguamiento de áreas naturales protegidas, de igual forma se incluye el uso de equipos y maquinaria pesada que no corresponde a la categoría de pequeña minería o minería artesanal. (Diálogos Ambientales con la Prensa, 2013).

En los últimos cuarenta años el avance de la minería ilegal ha generado daños irreversibles de carácter ambiental y socioeconómico, debido a que los mineros no realizan prácticas ambientales y tampoco siguen procesos de seguridad, por ejemplo; utilizan de manera incorrecta el mercurio y cianuro, la remoción de suelo produce deforestación y erosión forzada, los residuos generados con alto contenido de sólidos en suspensión son arrojados a los ríos, afectando la vida acuática además del alejamiento de la fauna terrestre, asimismo la minería afecta actividades económicas de la sociedad como el ecoturismo, agricultura, ganadería, etc. y repercute en la salud de las poblaciones que se encuentren cerca del área de operación. (Vivanco, 2014).

Los pasivos ambientales son parte de esta problemática, según la Ley N° 28271 - Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera (2004) definen a este término como: “aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonada o inactiva y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad”.

Los metales pesados más conocidos por su tendencia a representar serios problemas ambientales son: el mercurio (Hg), el plomo (Pb), el cadmio (Cd) y el talio (Tl), así como el cobre (Cu), zinc (Zn) y cromo (Cr). También se incluyen otros elementos tóxicos ligeros como el berilio (Be), el aluminio (Al), o algún semimetal como el arsénico (As). La peligrosidad de estos reside en que no pueden ser degradados ni química ni biológicamente, además tienden a bioacumularse y biomagnificarse provocando efectos tóxicos de diverso carácter. (Ministerio para la Transición Ecológica, s.f.).

En las investigaciones realizadas en el sur del estado de Chihuahua, México en el municipio de San Francisco del Oro, los registros datan que desde el año 1600 las actividades de extracción minera generaron la degradación del ambiente y suelos contaminados por metales pesados. El objetivo principal del trabajo fue evaluar las concentraciones de plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn) y arsénico (As) a diferentes niveles de profundidad (0 – 40; 40 – 60 y 60 – 80 cm). Para ello, se extrajeron 30 muestras en 10 sitios de muestreo distribuidos sistemáticamente, la distancia entre un punto y otro fue de 300 m. Los resultados manifestaron que la mayor concentración de metales se dio en sitios cercanos a los jales (estructuras que contienen sólidos y líquidos de desechos mineros), de lo contrario estas cantidades fueron disminuyendo significativamente. Por su parte el plomo (Pb) y el arsénico (As) se asociaron con la distancia a la fuente y textura; el zinc (Zn) se encontró en cantidades muy elevadas, por lo que se consideró riesgoso para las plantas; el cadmio (Cd) se correlacionó con el pH, la profundidad del suelo y la distancia en forma negativa. (Puga et al., 2006).

La idea de utilizar la fitorremediación en suelos fue introducida en el año 1983 (Chaney, 1983) y ganó aceptación en 1990 al tratarse de una alternativa “verde”,

porque consiste en la aplicación de plantas para reducir in situ o ex situ la concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos en los suelos, sedimentos, agua y aire. Este método tiene como objetivo remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar variados tipos de contaminantes. (Kelley et al., 2000; Miretzky et al., 2004; Cherian y Oliveira, 2005; Eapen et al., 2007; Cho et al., 2008). Las ventajas que presenta esta técnica son múltiples, estas son; es una tecnología sustentable, es poco perjudicial para el ambiente, no requiere de personal especializado para su manejo, es de bajo costo económico, permite el reciclado de recursos (agua, biomasa, metales), etc. (Muñoz, 2013).

Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en sus tejidos vegetales concentraciones de oligoelementos, mientras que los metales pesados tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesibles al consumo de sus raíces. (Kabata y Pendias, 2001). Tal es el caso del estudio denominado “Remediación de suelos contaminados con mercurio utilizando guarumo (*Cecropia peltata*)”, realizado en el año 2010 en el Municipio de Barranco de Loba, sur de Bolívar, Colombia donde se determinó la influencia del grado de contaminación del suelo, el tiempo de crecimiento de la planta y la aplicación de ácido cítrico como agente quelante. Los resultados señalaron que los porcentajes de remoción de mercurio total (Hg T) en el suelo estuvieron entre 15.7% y 33.7%, lo que demostró que la especie tiene una significativa capacidad para fitorremediar suelos contaminados. La parte de la planta que acumuló mayor concentración de mercurio total (Hg T) fue la raíz, porque se encontró expuesta directamente con el suelo y por ende retuvo este metal en su epidermis, para evitar efectos tóxicos en las partes superiores. (Vidal et al., 2010).

A nivel nacional en Perú la legislación anterior al año 1993 no contemplaba la normatividad ambiental, produciendo una gran contaminación en áreas cercanas a las operaciones de la minería, sobre todo a los suelos, debido a esto existen actualmente 8 448 pasivos ambientales mineros con 4 353 de alto riesgo. Así tenemos, en la región Ancash en las provincias de Recuay y Aija, el pasivo ambiental Alianza que ha sido impactada negativamente por las labores mineras de Collaracra, el Triunfo y la Florida en el año 1900, la empresa minera “The Anglo French Ticapampa Silver” en 1908 y la compañía minera “Alianza S.A. Empresa Nacional” en 1967; como consecuencia de ello se tienen cuatro canchas de relaves polimetálicos y filtraciones de agua de relavera, cuyos drenajes se vierten en la cuenca del Rio Santa. (Medina y Montano, 2014).

Pérez (2015). En su tesis “Acumulación de Metales Pesados en Plantas Nativas en Relaves de los Pasivos Ambientales de la Mina Cercapuquio S.A., Chongos Alto, Chupaca” realizada en la provincia de Chupaca, departamento de Junín, identificó cinco especies vegetales que son: *Calamagrostis intermedia* (J.Presl) Steud; *Hypochoeris meyeniana* (Walp.) Griseb; *Astragalus garbancillo* Cav.; *Senecio collinus* A. Nelson y *Paranephelius uniflorus* Poepp, siendo esta última la que presentó mayores acumulaciones (ppm) para los seis metales con 1774.33 ppm de hierro (Fe); 900.89 ppm de manganeso (Mn); 1497.76 ppm de cinc (Zn); 6.11 ppm de cobre (Cu); 1.11 ppm de plomo (Pb); y 0.14 ppm de Cadmio (Cd). Además, las cinco especies vegetales toleraron con mayores partes por millón al hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn); y en menor proporción al cobre (Cu), plomo (Pb) y cadmio (Cd).

Estos hallazgos coinciden con los estudios realizados por Becerril et al. (2003) pues afirman que las especies nativas sobrevivientes en suelos contaminados con metales

han desarrollado mecanismos fisiológicos especiales para tolerar la presencia de estos, debido a que habitan en zonas muy limitadas y pueden ser afectadas directamente por las actividades mineras, su conservación de estas especies es muy importante para el uso en fitotecnologías ambientales de revegetación, fitoestabilización y fitoextracción de entornos contaminados.

En la región de Cajamarca las concesiones mineras ocupan 823 974 hectáreas, que equivale al 25.01% del territorio regional. (Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2018). Según los últimos informes de la Defensoría del Pueblo (2018), Cajamarca ocupa el quinto lugar en cuanto al número de conflictos sociales, de los cuales la mayoría involucra directamente a la minería, algunos de estos casos se vienen arrastrando desde hace meses o años atrás y peor aún sin la intervención del estado. Los problemas ambientales no pasan desapercibidos y se manifiestan de igual forma para las minerías formales como las informales, por la falta de remediación de pasivos ambientales, la contaminación de cabeceras de cuencas, afectación de suelos, etc.

Dávila y Walter (2018). En su estudio denominado “Capacidad fitorremediadora de las especies de flora herbácea silvestre con mayor valor de importancia en la zona de pasivos mineros el Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, Cajamarca – Perú 2017”, estudiaron cinco especies con mayor valor de importancia, estas fueron: *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla orbiculata* y *Juncus conglomeratus*. Se concluyó que la especie *Paspalum bonplandianum*, acumuló la mayor cantidad de metales pesados, como el zinc (Zn) 760.2 mg/kg, estaño (Sn) 1.4 mg/kg, níquel (Ni) 3.59 mg/kg, cromo (Cr) 3.86 mg/kg, aluminio (Al) 2 844.6 mg/kg, mercurio (Hg) 0.3 mg/kg y antimonio (Sb) 13 mg/kg. Además, la mayor concentración de metales pesados para todas las especies se dio en

la raíz, a excepción de *Lachemilla orbiculata* que fue en el tallo. Por otro lado, las especies *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla orbiculata* y *Juncus conglomeratus* serían fitoextractoras de magnesio (Mg) y manganeso (Mn); mientras que *Lachemilla orbiculata* sería fitoextractora del estroncio (Sr) y zinc (Zn). Finalmente, las especies aplicadas en técnicas de fitoestabilización serían; *Calamagrostis tarmensis* para el talio (TI), *Paspalum bonplandianum* para el antimonio (Sb), zinc (Zn) y cromo (Cr), *Carex pichinchensis* para el zinc (Zn), *Lachemilla orbiculata* para el cadmio (Cd) y manganeso (Mn) y *Juncus conglomeratus* para el cadmio (Cd), cromo (Cr) y zinc (Zn).

En la provincia de Cajamarca, en el distrito de la Encañada, centro poblado de Polloc, se encuentra el pasivo ambiental minero Aurora – Patricia, esta funcionó hace seis décadas y se explotaban minerales como la plata (Ag), el oro (Au) y el cobre (Cu), mediante la modalidad de socavón. La concesión Aurora, antes a cargo de la empresa American Barrick operó desde el año 1960 hasta el año 1985, fue una minería artesanal polimetálica diseminada, en esta se extraían aproximadamente 20 toneladas diarias de mineral, contaba con un socavón de 480 m y 700 m distribuido en 8 galerías y chimeneas, en si la concesión abarcó un área total de 1000.37 Ha, durante la explotación no se utilizaron equipos de protección personal (EPP) ni mucho menos contaban con planes de manejo ambiental o estudios derivados de este, solo se realizaron estudios geológicos, también por conocimiento de los pobladores se sabe que la explotación en esta área se ha dado desde el año 1905 o quizás antes, llamándose socavón “El Gallo” (Lanfranco, L., comunicación personal, 07 de noviembre del 2019), actualmente se encuentra deshabitada, pues la concesión ya forma parte del estado; sin embargo las actividades productivas de los pobladores como la ganadería

y la agricultura quedan muy cerca de sus vestigios, existe una corriente de agua que pasa por medio del socavón totalmente derrumbado pero expuesto al medio ambiente y con él arrastra todo el material del suelo contaminado, esto es más grave durante la época de lluvias porque se produce deslizamiento de tierra del tajo, afectando de manera directa a todo el ecosistema que lo rodea e indirectamente a las personas aledañas del lugar.

Ante esta problemática se ha visto necesario identificar las especies herbáceas con mayor índice de valor de importancia dentro de la zona de estudio, para ello se han realizado muestreos de suelo y de especies herbáceas ubicadas en el terreno del pasivo ambiental minero Aurora – Patricia del distrito de la Encañada. Asimismo, se realizaron muestreos en los alrededores de la zona de estudio sin alteraciones mineras con las mismas especies herbáceas, a fin de comparar la acumulación de metales pesados en sus tejidos vegetales para ambos casos. Por otra parte, la determinación de factores de translocación y bioconcentración nos proporcionaron información en cuanto a las características fitorremediadoras de las especies herbáceas en estudio. Esta investigación adquiere importancia porque propone a estas especies herbáceas como alternativa para ser aplicada en técnicas de fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados por actividades mineras, además como la explotación minera va a seguir en este distrito con la ejecución del proyecto minero Michiquillay, estas especies podrían ser utilizadas como bioindicadoras, ya que se encuentran en condiciones parecidas a las del pasivo ambiental minero Aurora – Patricia.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la capacidad fitoextractora de metales pesados en las especies herbáceas *Carex mandoniana*, *Equisetum bogotense* y *Muehlenbeckia tamnifolia* del suelo del pasivo ambiental minero Aurora – Patricia del distrito de la Encañada, Cajamarca, 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la capacidad de fitoextracción de metales pesados en las especies herbáceas con mayor valor de importancia del suelo del pasivo ambiental minero Aurora – Patricia, del distrito de la Encañada, Cajamarca.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar las especies herbáceas que se desarrollan en el terreno del pasivo ambiental minero Aurora – Patricia del distrito de la Encañada, Cajamarca.
- Determinar el índice de valor de importancia de las especies herbáceas que se desarrollan en el terreno del pasivo ambiental minero Aurora – Patricia del distrito de la Encañada, Cajamarca.
- Identificar en que parte de las especies herbáceas existe mayor acumulación de metales pesados.
- Establecer la correlación existente entre las concentraciones de metales en el suelo y en las especies herbáceas en una zona impactada y en otra no impactada.
- Determinar el factor de bioconcentración (BCF) y factor de translocación (TF) de los metales pesados en las especies herbáceas con mayor índice de valor de importancia que se desarrolla en el terreno del pasivo ambiental minero Aurora – Patricia del distrito de la Encañada, Cajamarca.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Las especies herbáceas con mayor valor de importancia que prosperan en el suelo del pasivo ambiental minero Aurora – Patricia del distrito de la Encañada, departamento de Cajamarca extraen metales pesados.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Las especies herbáceas que prosperan en el terreno del pasivo ambiental minero Aurora – Patricia del distrito de la Encañada, departamento de Cajamarca acumulan metales pesados en sus tejidos vegetales.
- Las especies herbáceas *Carex mandoniana*, *Equisetum bogotense* y *Muehlenbeckia tamnifolia* tienen capacidad de fitoextracción de metales pesados en el suelo del pasivo ambiental minero Aurora – Patricia del distrito de la Encañada, departamento de Cajamarca.
- La parte del tejido vegetal de las especies herbáceas donde se acumulan más cantidad de metales pesados es la raíz.
- El suelo del pasivo ambiental minero Aurora – Patricia del distrito de la Encañada, departamento de Cajamarca presenta concentración de metales pesados.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo no experimental, dado que no se realiza una manipulación intencional de las variables, además los fenómenos se observan tal como se dan en su contexto natural para después analizarlos; también se puede decir que según la naturaleza de los datos es cuantitativa.

Asimismo, el diseño es transversal o transeccional en la clasificación correlacional – causal, porque se trata de explicar relaciones entre dos o más variables en un momento determinado, a fin de describir la relación existente de la concentración de metales pesados entre el suelo y las especies herbáceas con mayor valor de importancia que prospera en el pasivo ambiental minero Aurora – Patricia del distrito de la Encañada, Cajamarca.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Todas las especies herbáceas y suelo del distrito de La Encañada.

2.2.2. Muestra

Tres géneros de especies herbáceas (*Carex mandoniana*, *Equisetum bogotense* y *Muehlenbeckia tamnifolia*) y una muestra de suelo, extraídas de dos lugares; del Pasivo Ambiental Aurora-Patricia y los terrenos de sus alrededores, ubicados en el distrito de La Encañada, respectivamente.

En cuanto a los criterios utilizados para su selección, las muestras de especies herbáceas fueron elegidas con el tipo de muestreo aleatorio estratificado y las muestras de suelo con la técnica de muestro para muestras superficiales con el método del cuarteo.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

2.3.1. Materiales

- **Para la obtención de muestras:**
 - Pico y palana.
 - Bolsas ziploc.
 - Estacas.
 - Tijeras
 - Balanza Digital.
 - Banner PVC.
 - Marcadores de tinta indeleble.
 - Lapiceros.
 - Cinta masking.
 - Bolsas negras.
- **Para el método del cuadrado:**
 - Cuadrado de madera (1m x 1m).
 - Clavos.
 - Cordel.
- **Para la simulación de prensa botánica:**
 - Periódicos.
 - Tableros.
 - Rafia.
 - Silicona líquida.
- **Para realizar anotaciones**
 - Libreta de campo.

- Ficha de campo.
- Ficha de registro de datos.
- **Para el levantamiento del terreno:**
 - GPS (Global Positioning System).
 - Estación total.
 - Trípode.
 - Prisma.
 - Bastón porta prisma.
- **De protección personal:**
 - Botas de seguridad.
 - Casco de seguridad.
 - Guantes quirúrgicos de látex.
 - Guantes Anti corte.
 - Poncho impermeable.
- **Para el análisis de muestras:**
 - Cadena de custodia de monitoreo de suelo y plantas.
 - Equipos de laboratorio (Servicios Analíticos Generales S.A.C.).
- **Recursos externos:**
 - Movilidad.
 - Cámara fotográfica.
 - Computadora.
 - Papelería.
 - USB.
 - Impresora.

2.3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.3.2.1. Técnicas

- **Observación de campo**

Consiste en la recopilación de información a través de apuntes, resúmenes y fotografías del entorno, el objetivo en esta etapa no sólo es “ver”, sino analizar cada uno de los aspectos, es decir, rutas y/o vías de acceso al área de estudio, reconocimiento de los componentes del proyecto, identificación de problemas ambientales/sociales, generación de hipótesis y anotaciones de diferentes tipos, tales como; interpretativas, temáticas o personales. Según Díaz (2011), refiere que este método es el elemento fundamental de todo proceso de investigación; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos, además gran parte del acervo de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación.

- **Entrevista**

Esta técnica de recolección de datos da lugar a establecer contacto con las unidades de observación por medio de los cuestionarios previamente establecidos. (Espinoza, s.f.). En este caso, se entrevistó al ex propietario Sr. Leoncio Lanfranco Cacho Sousa, a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto.

- **Análisis documental**

Para el análisis documental se recolectaron datos de fuentes secundarias, como artículos científicos, libros, revistas, bibliografías, etc. sobre las variables de interés. El instrumento utilizado fue la ficha

de registro de datos, se denomina así porque recopila los datos de las fuentes consultadas.

2.3.2.2. Instrumentos

Para la determinación del índice de valor de importancia se usó el programa Alhep Population System, a fin de determinar las especies con mayor valor de importancia, es decir, la sumatoria de densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa.

Para la comparación del suelo contaminado y no contaminado con los Estándares de Calidad Ambiental - ECA para Suelo Agrícola 2017, se utilizó el programa Power BI, esta herramienta permitió analizar y sintetizar los datos de la investigación del trabajo.

Para los análisis estadísticos se usó el programa Megastat que es un complemento de Microsoft Excel, a fin de determinar el grado de relación entre las variables de estudio (variable independiente: concentración de metales pesados en el suelo; variable dependiente: concentración de metales pesados en las especies herbáceas *Carex mandoniana*, *Equisetum bogotense* y *Muehlenbeckia tamnifolia*), mediante los métodos estadísticos de regresión y correlación lineal. De igual forma, para la elaboración de cuadros y gráficos estadísticos, tales como; diagramas de barras, columnas, lineales y circulares.

2.3.3. Métodos

La investigación gira en torno a dos variables en estudio, estas son; la concentración de metales pesados en el suelo (variable independiente) y la concentración de metales pesados en las especies herbáceas *Carex*

mandoniana, *Equisetum bogotense* y *Muehlenbeckia tamnifolia* (variable dependiente), para ello se vio necesario calcular el coeficiente de correlación de Pearson, a fin de determinar el grado de dependencia y asociación entre las variables. También se elaboró diagramas de dispersión que permitieron analizar si existe algún tipo de relación entre ellas y el tipo de tendencia de “y” con respecto a “x”, por ejemplo, puede ocurrir que las variables estén vinculadas de manera que al aumentar el valor de una, se incremente el de la otra, en este caso la correlación sería de manera positiva, pero si la situación se diese de manera contraria, es decir, si al aumentar el valor de la variable “x” se reduzca el de la variable “y”, entonces se estaría dando una correlación negativa, finalmente si los valores de ambas variables se revelan independientes entre sí, se afirmaría que no existe correlación (Aiteco consultores, s.f.). A continuación, se describe cómo se empleó esta medida estadística:

Correlación Lineal: el principal objetivo del análisis de correlación consiste en determinar qué tan intensa es la relación entre dos variables, es decir, establecer si los cambios en una de las variables influyen en los cambios de la otra. En caso de que suceda, interpretaremos que las variables están correlacionadas o que hay correlación entre ellas. (Amat, 2016).

Propiedades

- a. Carece de unidades de medida, es decir, es adimensional.
- b. Cuando el coeficiente de correlación de Pearson (r) este próximo a uno ($r = +1$; $r = -1$), entonces existe una relación lineal muy fuerte entre las variables.
- c. El coeficiente de correlación es un número comprendido entre $-1 \leq r \leq +1$, lo que significa que:

- Si $r > 0$, se dice que hay una correlación directa positiva.
- Si $r < 0$, se dice que hay una correlación inversa negativa.
- Si $r = 1$, se dice que hay una correlación perfecta positiva.
- Si $r = -1$, se dice que hay una correlación perfecta negativa.
- Si $r = 0$, se dice que no hay correlación lineal entre las dos variables.

Análisis de concentración de metales en suelos y tejido vegetal

Los análisis químicos fueron realizados en el laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C., el cual cuenta con acreditación en ISO/IEC – 1702 ante INACAL – DA (Organismo Nacional de Acreditación) y IAS (Servicio de Acreditación Internacional), bajo la norma NTP - ISO / IEC 17025:2006, con registro N° LE – 047. Los métodos utilizados para las muestras recolectadas fueron:

- **Para el suelo:**

Método 200.7 Rev.4.4 EMMC. Versión (1994). Determinación de metales y oligoelementos en agua y desechos mediante espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente.

- **Para el tejido vegetal:**

Método EPA 200.3, Rev.1, abril. 1991. Metales, total recuperable en tejidos biológicos / Método EPA 200.7, Rev.4.4. EMMC versión 1994.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Procedimiento de trabajo en campo

- **Reconocimiento del lugar**

A fin de reconocer el área de estudio, se realizó la primera visita al pasivo ambiental minero “Aurora Patricia”, con el objetivo de identificar problemas tanto ambientales como sociales.

En el primer aspecto, se observó un socavón que tiene el acceso restringido, debido a la cantidad de sedimento acumulado en su entrada, ocasionado por el deslizamiento del tajo a causa del flujo de agua que pasa por en medio de este, además se evidenció el mal estado de la corriente de agua puesto que este se torna de distintos colores, tales como; verde, anaranjado y/o rojizo, presencia de espumas y láminas brillosas de arqueobacterias de medio ácido. Asimismo, existe un depósito de desmonte que contribuye al impacto ambiental del entorno. En sus alrededores se observó el crecimiento de especies de plantas herbáceas, siendo una de ellas y en presencia significativa la “Cola de Caballo”, conocida comúnmente por sus propiedades medicinales y terapéuticas, esta no sólo crece a los alrededores del tajo sino a orillas de la corriente de agua.

Por otro lado, en el aspecto social se identificó muy cerca al área de estudio la realización de actividades productivas como ganadería y agricultura, que se ven afectadas indirectamente por el pasivo ambiental minero.

- **Levantamiento topográfico del área de estudio**

El método de levantamiento topográfico utilizado en el área de estudio fue el planialtimétrico que tiene como objetivo determinar las tres coordenadas de puntos en el espacio (X, Y, Z) de manera simultánea, el levantamiento se ha georreferenciado al sistema WGS84, este integra la combinación de los levantamientos planimétricos y altimétricos, siendo el resultado final un plano acotado o topográfico, las alturas se representan mediante curvas de nivel. Además, constituyen el conjunto de operaciones que permite obtener las coordenadas de puntos característicos del terreno para la representación del relieve a escala y con la precisión adecuada.

- **Estudio de muestras de especies herbáceas**

Según la “Guía de Inventario de Flora y Vegetación”, Resolución Ministerial N° 059 – 2015 – MINAM, existen dos tipos de muestreo con el fin de recopilar información cualitativa y cuantitativa en pequeñas áreas representativas, estas son; el aleatorio estratificado y el sistemático estratificado. Para esta investigación se optó por la primera opción, este tipo de muestreo requiere de la estratificación del área a evaluar y en donde la selección de las muestras es aleatoria; pero solo al interior de cada estrato o unidad de vegetación.

Teniendo en cuenta esto, se definió 10 puntos de muestreo distribuidos aleatoriamente dentro del área de estudio, esta constituye la unidad básica de análisis sobre la cual se hace el registro de la flora y las mediciones de sus variables.

Tabla 1. *Coordenadas UTM de puntos de muestreo*

Punto	Este	Norte	Altura
A	800224	9211781	3224
B	800246	9211828	3214
C	800247	9211830	3212
D	800237	9211817	3207
E	800235	9211811	3214
F	800241	9211834	3213
G	800248	9211841	3214
H	800244	9211853	3216
I	800215	9211794	3223
J	800201	9211847	3223

El método utilizado para la recopilación de especies herbáceas fue el metro cuadrado, que consiste en pequeñas parcelas de dimensiones fijas, donde las unidades muestrales están constituidas por un cuadrado de 1m x 1m, incluso para que nuestros cálculos de cobertura sean más precisos se separó cada 10 cm de lado a lado formando en su interior 100 cuadrados en total.

- **Cálculo de cobertura vegetal**

Como el cuadrado muestral tiene un área de 1 m², y en su interior tiene 100 cuadrados, esto va a representar el 100% de cobertura vegetal, así pues, al colocar el cuadrado sobre el área a evaluar se van a encontrar cuadrados cubiertos por área verde y otros que están desnudos o presentan pedregosidad. La cobertura se calculó por la cantidad de cuadrados de área verde que estén llenos y si en caso, algunos de ellos no estén completamente repletos, se tuvo que hacer un llenado imaginario con los otros cuadrados que, si estén cubiertos, a fin de completar estos espacios vacíos y tener un cuadrado lleno de área verde, de esta forma se calculó el porcentaje de cobertura vegetal dentro del cuadrado muestral.

Por otro lado, los individuos de las especies herbáceas encontradas en cada cuadrado muestral se encuentran distribuidos en toda el área, con el objetivo de conocer la cobertura de cada uno de ellos se tuvo que juntar y contar el número de cuadrados que abarca, para determinar el porcentaje de cobertura vegetal.

• **Recolección de muestras**

Se recolectaron 16 muestras en total, de las cuales 14 corresponden a las especies herbáceas con mayor valor de importancia, estas son; *Carex*

mandoniana, *Equisetum bogotense* y *Muehlenbeckia tamnifolia*, en cada una de ellas se tomó la cantidad mínima de 200 gramos para raíz, tallo y hojas. En el suelo se extrajo alrededor de 500 gramos a 1 kilo para 2 muestras, tanto del área impactada como de la no impactada.

Además, en las muestras de especies herbáceas y suelo se analizaron 32 y 31 metales respectivamente, cabe mencionar que en este trabajo de investigación se estudiaron a 13 metales por representar mayor peligrosidad para el ambiente.

- **Recolección de muestras de suelo**

La “Guía para el Muestreo de Suelos” en el Marco del Decreto Supremo N° 002 – 2013 – MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo, afirma que para la toma de muestras superficiales se debe tener hasta una profundidad de aproximadamente un metro, las técnicas utilizadas pueden ser hoyos o zanjas, este sistema es relativamente fácil por la poca cantidad de suelo que se puede extraer, rápido de usar y de bajo costo. En este tipo es permisible tomar muestras compuestas que consisten en la combinación de varias muestras simples y debido a su gran volumen requieren someterlas a partición, para esto se recomienda cuartear la muestra mezclada y repetir el proceso hasta que llegue la cantidad de material necesario, a esto se lo conoce como el “Método del Cuarteo”.

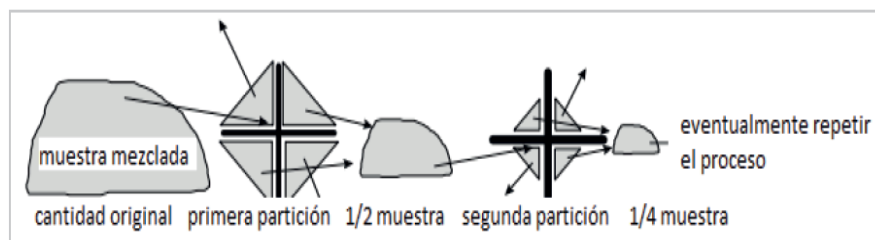


Figura 1. Partición de muestras de suelo.

Fuente: LfUMerkblatt 3.8/4; 2010, Alemania, adaptado.

El procedimiento de recolección de muestras de suelo fue de la siguiente manera:

- Se tomó muestras de suelo de diferentes puntos del área de estudio tanto del área impactada como no impactada.
- Se colocó las muestras simples sobre un Banner PVC, para luego poder mezclarlas.
- Se aplicó el método del cuarteo, a fin de obtener una muestra compuesta tanto del pasivo ambiental minero como de la zona de sus alrededores.
- Cada muestra tuvo aproximadamente 500 g a 1 kilo y se colocó en bolsas Ziploc (codificadas).

- **Recolección de muestras de especies herbáceas**

Luego de identificar las tres especies con mayor índice de valor de importancia, entre ellas; *Carex mandoniana*, *Equisetum bogotense* y *Muehlenbeckia tamnifolia* se realizó una última visita a campo, con el objetivo de recolectar muestras de su raíz, tallo y hojas para cada una de ellas. Poniendo cada parte de la especie en una bolsa ziploc diferente.

2.4.2. Procedimiento de trabajo en gabinete

2.4.2.1. Fase de herbario

- **Secado y preservación de muestras de especies herbáceas**

Para el secado y preservación de las muestras se tuvo que cambiar cada dos días los periódicos que contenían a cada especie herbácea en un periodo de tiempo de dos semanas, hasta lograr su secado completo, esta técnica es para evitar el enmohecimiento de las muestras. Cabe indicar que cada vez que se hizo el cambio de periódico la muestra se

extrajo con mucho cuidado y se arregló correctamente, a fin de que no pierda sus características principales.

- **Montaje**

Una vez que las especies herbáceas estuvieron totalmente secas se colocó sobre una cartulina blanca y se sujetó con silicona líquida, en este momento se tuvo bastante cuidado ya que la muestra se encuentra muy quebradiza.

- **Identificación de las especies herbáceas**

La identificación se realizó con el curador del Herbario CPUN “Isidoro Sánchez Vega”, de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Ing. Juan Francisco Montoya Quino, quien utilizó claves de determinación, bibliografía y comparaciones del material colectado con los especímenes existentes de la mencionada institución.

- **Etiquetado**

Luego de la identificación de las especies herbáceas se etiquetó los ejemplares colectados, colocando en la esquina inferior derecha información básica acerca de la especie herbácea, como: nombre científico, nombre común, familia, género, sitio y fecha de colecta, nombres de quienes colectaron, nombre de quién identificó.

2.4.3. Procedimiento de recolección de datos

El instrumento utilizado para recopilar información fueron las fichas de campo, estas fueron aplicadas para cada una de las parcelas, registrándose aspectos generales de cada unidad muestral, número de especies encontradas, código para cada especie, número de individuos, cobertura (%), hábito de crecimiento

y observaciones. Para obtener las muestras de especies herbáceas se tuvo que realizar el siguiente procedimiento:

- Se realizó una visita al área de estudio y se ubicó los puntos muestrales de los cuadrados de identificación de especies herbáceas.
- Se colocó el cuadrado muestral y se calculó su cobertura (%), esto se registró en los datos generales de la ficha de campo.
- Se eligió especies herbáceas con características morfológicas principales, como; raíz, tallo y hojas y si en caso hubiese flores.
- Se colocó la muestra colectada con mucho cuidado en cada papel periódico, procurando distribuirla por toda el área mostrando tanto el envés y haz de la muestra, este proceso se repitió para todas las especies herbáceas encontradas de cada cuadrado muestral.
- En la parte superior del periódico se codificó cada especie herbácea, dicho código coincidió con las notas hechas en la ficha de campo.
- Se contó el número de individuos de las especies herbáceas presentes dentro del cuadrado muestral, además se determinó su cobertura (%) para cada una de ellas.
- Una vez obtenidas todas nuestras muestras estas fueron prensadas, para ello se utilizó dos tableros y una rafia, a fin de que eliminen el exceso de agua y su aspecto físico sea lo más similar posible al que tienen en su hábitat.

2.4.4. Procesamiento y análisis de datos

2.4.4.1. Procesamiento de datos de campo

- **Delimitación del área de estudio**

Usando los programas Google Earth Pro, AutoCAD Civil 3D, ArcGis

10.4.1 se delimitó el área de estudio, a fin de conocer el área total del

terreno y la ubicación de cuadrados de identificación de especies herbáceas, para ello se elaboró el Mapa de ubicación del pasivo ambiental minero Aurora Patricia, Plano de levantamiento topográfico, Mapa de Ubicación de Cuadrados de Identificación de Especies Herbáceas y Mapa Hidrológico.

2.4.4.2. Procesamiento de datos de gabinete

- **Determinación del índice de valor de importancia**

En el estudio denominado “Diversidad y Valor de Importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina)”, los autores Campo y Duval (2014) citando a (Cottam y Curtis, 1956), definen a este término como cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema. Asimismo, este valor se obtiene mediante la sumatoria de la frecuencia relativa, la densidad relativa y la dominancia relativa, a continuación, se definen las variables implicadas en la determinación del valor de importancia.

- **Densidad relativa:** mide el número de ejemplares por unidad muestral que no guarda una relación directa con el área. (Martella et al., 2012).

Ecuación 1. Densidad relativa.

$$\text{Densidad Relativa} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de individuos de una especie en todos los cuadrados}}{\text{N}^\circ \text{ total de individuos de todos los cuadrados}}$$

- **Densidad de una especie:** Es la abundancia por unidad espacial (superficie o volumen). A menudo resulta más útil que el tamaño absoluto de la población, ya que la densidad determina aspectos

fundamentales como la competencia por los recursos. (Martella et al., 2012).

Ecuación 2. Densidad de una especie.

$$\text{Densidad de una especie} = \frac{\text{Densidad relativa de una especie} * \text{Densidad total}}{100}$$

- **Frecuencia relativa:** La probabilidad de una especie de aparecer en el muestreo con respecto al total de unidades muestrales, expresada en porcentaje. (Universidad Central de Venezuela, 2012).

Ecuación 3. Frecuencia relativa.

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de una especie}}{\text{Frecuencia total de especies}} * 100$$

- **Frecuencia de una especie:** Es la probabilidad de encontrar dicho atributo (uno o más individuos) en una unidad muestral particular. Se expresa como porcentaje del número de unidades muestrales en las que el atributo aparece (mi) en relación con el número total de unidades muestrales. (Comunidades, 2004).

Ecuación 4. Frecuencia de una especie.

$$\text{Frecuencia de una especie} = \frac{\text{Nº cuadrados en los que aparece una especie}}{\text{Nº total de cuadrados}}$$

- **Dominancia de una especie:** Las especies dominantes son las que predominan y determinan la naturaleza de la comunidad, estas son las de mayor éxito ecológico y pueden determinar las condiciones bajo las cuales las especies asociadas tienen que crecer.

Ecuación 5. Dominancia de una especie.

$$\text{Dominancia de una especie} = \text{Densidad de una especie} * \text{Prom. de dominancia de la especie.}$$

- **Clasificación taxonómica de las especies herbáceas**

Para realizar la clasificación taxonómica de las especies de plantas identificadas en el pasivo ambiental minero “Aurora Patricia”, se utilizó el sitio web “The Plant List – TPL”, que es una lista de nombres botánicos de las especies de plantas disponibles en la World Wide Web, incluye las divisiones del Reino *Plantae*, tales como; *Angiosperms*, *Gymnosperms*, *Pteridophytes*, *Bryophytes*.

Para esto se ingresó los nombres científicos y a partir de ello, se obtuvo información sobre familia, género, clase, orden y autor de cada una de las especies de plantas identificadas en el área de estudio.

2.4.4.3. Análisis de datos

Los resultados enviados por el laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C en cuanto a las muestras de suelo y de la especies herbáceas tanto en el pasivo minero Aurora – Patricia (zona impactada por minería) como en sus alrededores del lugar (zona no impactada), se organizaron en cuadros y gráficos estadísticos para posteriormente efectuar las comparaciones entre las concentraciones de metales pesados en el suelo y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo según el Decreto Supremo N° 011 – 2017 – MINAM, el mismo procedimiento se utilizó para la concentración de metales pesados en la especies herbáceas con mayor valor de importancia, ya sea en su raíz, tallo y hojas.

Además, mediante el método estadístico de correlación lineal se logró calcular el coeficiente de correlación de Pearson para determinar el grado de relación entre ambas variables, siendo la variable independiente la concentración de metales pesados en el suelo y la variable dependiente la

concentración de metales pesados en las especies herbáceas *Carex mandoniana*, *Equisetum bogotense* y *Muehlenbeckia tamnifolia*. Por último, se calculó el factor de bioconcentración (BCF) y el factor de translocación (TF) el cual nos indicó si la planta es fitoestabilizadora o fitoextractora.

2.5. Aspectos Éticos del Trabajo

Para realizar esta investigación se extrajo la cantidad necesaria de raíz, tallo y hojas de las especies herbáceas estudiadas, a fin de llegar al peso requerido de las muestras que solicitó el laboratorio, del mismo modo se realizó con las muestras de suelo.

Se utilizó las herramientas adecuadas para no alterar el ecosistema, tanto en sus propiedades físico – químicas como visualmente, sobre todo en la parte del suelo no contaminado, donde se solicitó permiso de manera directa con los propietarios, mencionando el propósito del trabajo para poder acceder a recolectar las especies herbáceas ya que se encontraban en terrenos privados y el acceso era restringido, además para que no existieran daños en la propiedad. No obstante, en el pasivo ambiental se tuvo en cuenta las mismas medidas, tratando que el suelo y las especies herbáceas extraídas no tuvieran contacto con otras personas no involucradas en la investigación a fin de no exponer su salud.

Por otro lado, para la redacción de este documento se buscó la fuente primaria para las referencias respetando la autoría de la información adquirida, también se tomó en cuenta los procedimientos necesarios y establecidos para la toma de muestras, estas fueron enviadas a un laboratorio acreditado por INACAL, tanto en suelo como en plantas, para que tengan la validez científica necesaria, no alterando valores en los resultados adquiridos.

Para la identificación de especies herbáceas se acudió a un profesional experto en la materia a fin de dar validez a la existencia de las especies encontradas poniendo el autor en cada una de ellas y la información que sea necesaria.

En el procesamiento de información se usó programas con certificación y para el proceso de datos estadísticos se trabajó con el 95% de confiabilidad.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Determinación de la capacidad fitoextractora

Para calcular la capacidad de fitoextracción de metales pesados del suelo del Pasivo Ambiental Aurora-Patricia por las especies herbáceas con mayor valor de importancia se está tomando en cuenta diferentes cálculos y comparaciones, como la comparación entre metales pesados del suelo del pasivo minero y de suelo no contaminado del mismo distrito, también la comparación de los metales pesados en las partes de las plantas con las mismas especies extraídas de lugares no intervenidos por minería, además se han sacado cálculos de correlación y Factores de Bioconcentración y traslocación. Todo esto se desarrollará en este capítulo mostrándolo en los títulos del 3.2 al 3.9.

3.2. Especies herbáceas identificadas y su Índice de Valor de Importancia

Se realizaron diferentes cálculos para encontrar el Índice de valor de importancia como se puede ver en el Anexo n.º5, el cual es un indicador. Según Santos (2018) todas las especies compiten por acceder a recursos (agua, luz, CO₂, etc.), las especies que mejor aprovechen estos recursos serán las que dominen la comunidad. Este valor se obtuvo de la suma de densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de las especies ubicadas en el pasivo ambiental minero. Luego de ello se tomó en cuenta, de las 42 especies herbáceas encontradas (Anexo n.º4, Tabla 13, Cobertura (%) y conteo de individuos de especies herbáceas en cada uno de los cuadrados muestrales) las tres especies con mayor índice de valor de importancia, cuyo valor indica que mejor se han adaptado y dominado la comunidad del Pasivo Ambiental Aurora-Patricia son *Equisetum bogotense* con 55.27, *Muehlenbeckia tamnifolia* con 34.91, *Carex mandoniana* con 32.93, como se observa en la Figura 2.

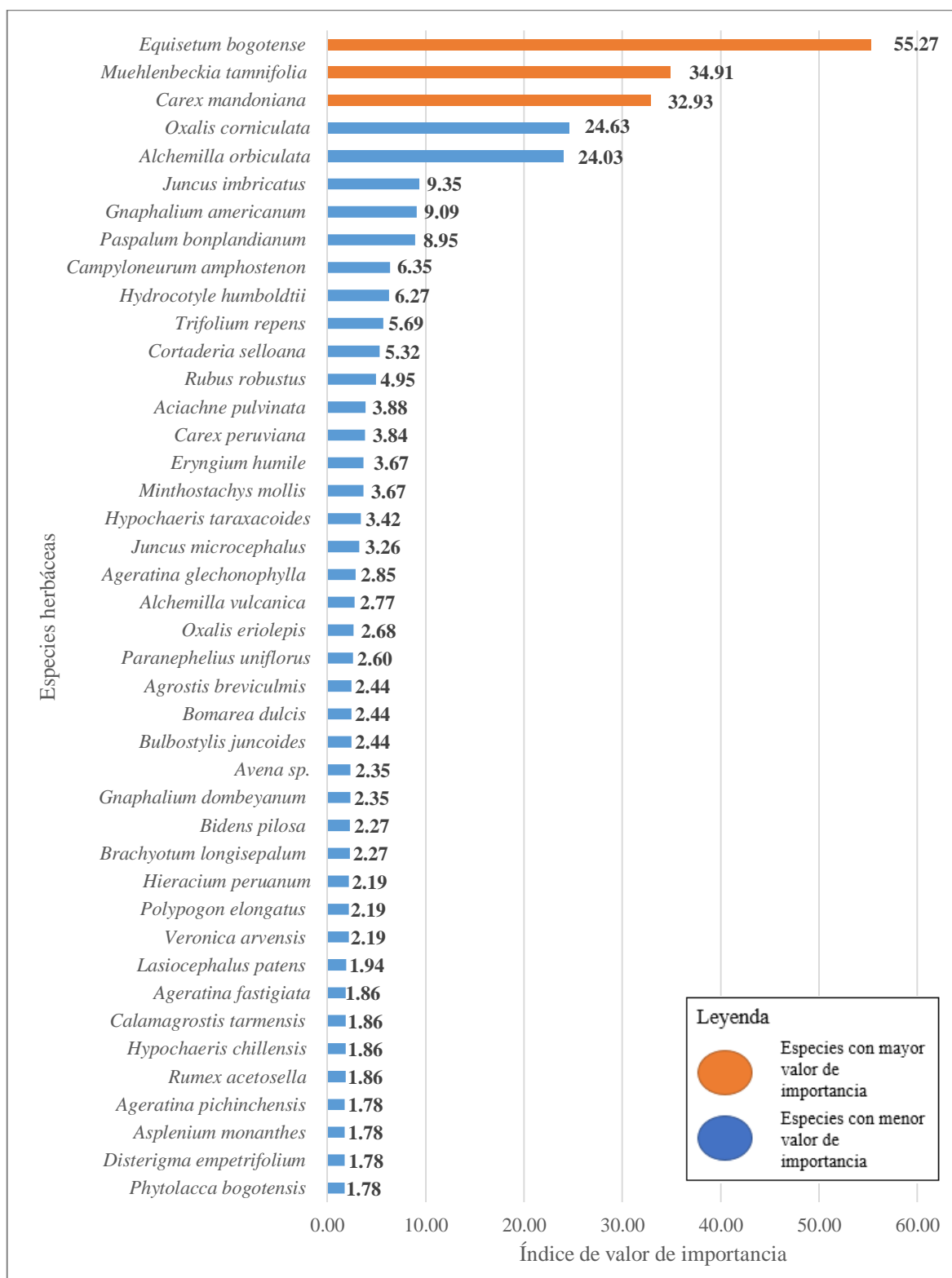


Figura 2. Valor de importancia de las especies herbáceas en el Pasivo Ambiental Minero.

3.3. Resultado de Análisis de Suelo

En la Tabla 2 se muestran los 13 metales pesados que se han escogido de las muestras de suelo, de los 32 metales analizados por el laboratorio “SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.”. Según el concepto de Concon, J. (2009) nos dice que metal pesado es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4 g/cm³), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas.

Tabla 2. *Concentración de metales pesados en el suelo del Pasivo Ambiental Aurora Patricia y en el Suelo no Contaminado.*

Metales (mg/kg)	Suelo pasivo ambiental	Suelo no contaminado
Aluminio (Al)	5617.1	7808.2
Arsénico (As)	367.5	4.8
Bario (Ba)	109.3	16.1
Cadmio (Cd)	4.31	1.63
Cromo (Cr)	2.07	7.76
Cobre (Cu)	94.5	20.6
Hierro (Fe)	>20000	10732.7
Mercurio (Hg)	0.8	<0.1
Magnesio (Mg)	544	382.9
Manganeso (Mn)	414.17	134.86
Níquel (Ni)	2.59	2.34
Plomo (Pb)	118.73	7.52
Zinc (Zn)	147.1	22.7

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C. Informe de Ensayo N° 140771 – 2020 con Valor Oficial.

3.4. Resultados del Tejido Vegetal

Se observa en la Tabla 3 y 4 los 13 metales pesados, que se usarán para toda la investigación, en las 3 especies herbáceas con mayor valor de importancia, donde se han obtenido valores de todas las partes que las conforman, en el caso de *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana* la raíz y tallo, pero en el caso de la *Muehlenbeckia tamnifolia* además de las dos partes anteriores también se ha analizado la hoja, para considerar toda su parte aérea en los cálculos.

Tabla 3. Concentración de metales pesados en las especies herbáceas del Pasivo Ambiental Aurora-Patricia.

Metales (mg/kg)	ESPECIES DEL PASIVO AMBIENTAL AURORA PATRICIA						
	<i>Equisetum bogotense</i>		<i>Carex mandoniana</i>		<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>		
	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Hoja	Tallo	Raíz
Aluminio (Al)	182	381.1	422.4	480.1	14.1	7.8	6.8
Arsénico (As)	4	11.3	16.6	38.6	0.2	<0.1	<0.1
Bario (Ba)	3.6	2.9	4	7.2	0.5	0.9	0.4
Cadmio (Cd)	0.26	0.34	0.37	0.41	<0.05	<0.05	<0.05
Cromo (Cr)	0.21	0.48	0.47	0.58	0.12	0.23	0.31
Cobre (Cu)	13.9	31.6	13.8	22.5	5.6	4.7	1.7
Hierro (Fe)	301.4	1002.4	1018.7	2071.6	32.9	21.9	12.3
Mercurio (Hg)	0.1	0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.2	0.1
Magnesio (Mg)	114.9	121.2	258.9	114	281.3	183	337.1
Manganeso (Mn)	120	67.58	157.02	71.23	3.91	37.34	1.47
Níquel (Ni)	0.76	1.37	0.57	0.58	<0.07	<0.07	<0.07
Plomo (Pb)	3.64	7.14	6.69	10.23	0.08	0.16	<0.06
Zinc (Zn)	82.8	47.7	34.8	22.2	2.2	4.9	1

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C, Informe de Ensayo N° 140771 – 2020 con Valor Oficial.

Tabla 4. Concentración de metales pesados en las especies herbáceas del suelo no contaminado.

Metales (mg/kg)	ESPECIES DEL SUELO NO CONTAMINADO						
	<i>Equisetum bogotense</i>		<i>Carex mandoniana</i>		<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>		
	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Hoja	Tallo	Raíz
Aluminio (Al)	16.2	53.1	45.5	178.8	55.7	6.9	6.8
Arsénico (As)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1	0.3	0.4
Bario (Ba)	11.4	8	20.9	22.1	2.7	2.1	1.1
Cadmio (Cd)	<0.05	<0.05	0.05	0.1	0.35	0.13	0.29
Cromo (Cr)	0.19	0.48	0.39	0.31	0.08	0.26	0.53
Cobre (Cu)	4.8	3.2	2.1	5.7	8.4	7.1	6.1
Hierro (Fe)	25.8	50.2	49.3	405.9	89.1	34.5	34.1
Mercurio (Hg)	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Magnesio (Mg)	132.9	166.5	211.7	139.4	451.2	126.8	249.6
Manganeso (Mn)	9.83	11.15	125.95	59.66	750.89	110.08	25.58
Níquel (Ni)	<0.07	0.11	<0.07	0.16	0.38	0.27	0.13
Plomo (Pb)	0.09	0.17	<0.06	0.26	1.2	0.37	<0.06
Zinc (Zn)	5.6	3.6	4.3	6.4	38	12.9	8.3

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C, Informe de Ensayo N° 140771 – 2020 con Valor Oficial.

3.5. Comparación de concentración de metales pesados del suelo del Pasivo Ambiental y el suelo no contaminado con los ECA 2017 para Suelo Agrícola

En la Figura 3 se observa con una línea roja el ECA 2017-S. Agrícola para Arsénico, cuyo valor es de 50 mg/Kg, sobrepasando al valor de este metal para el suelo no contaminado que es 4.8 mg/Kg, al contrario del suelo del pasivo ambiental que su valor, 367.5 mg/Kg, sobrepasa por mucho al de la norma.

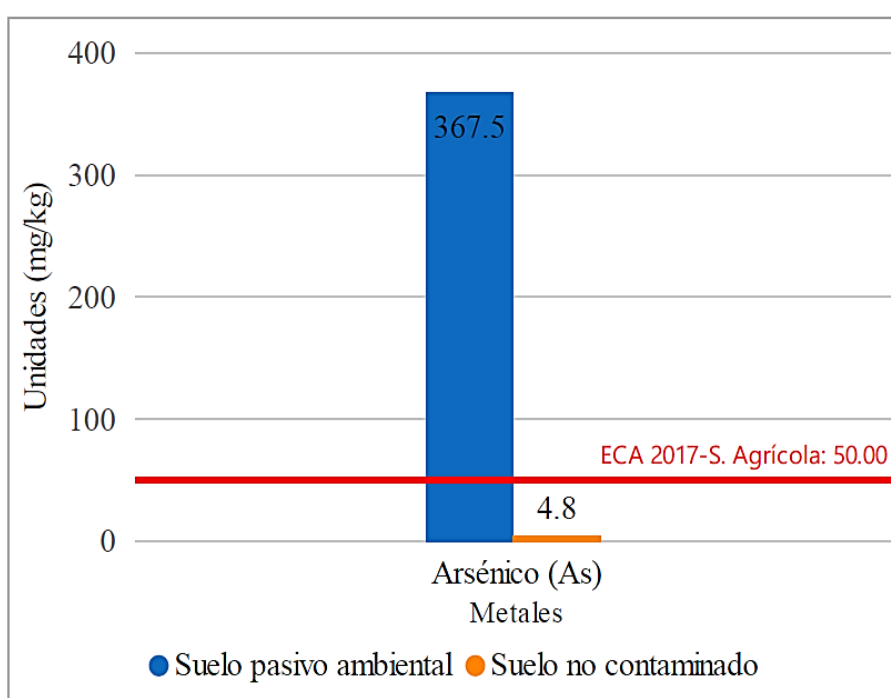


Figura 3. Comparación de concentración de Arsénico en suelo del Pasivo Ambiental y Suelo no Contaminado con el ECA.

En la Figura 4 se observa con una línea roja el ECA 2017-S. Agrícola para Bario, cuyo valor es de 750 mg/Kg, sobrepasando al valor de este metal para el suelo del pasivo ambiental y no contaminado cuyos valores son 109.3 mg/Kg y 16.1 mg/Kg respectivamente.

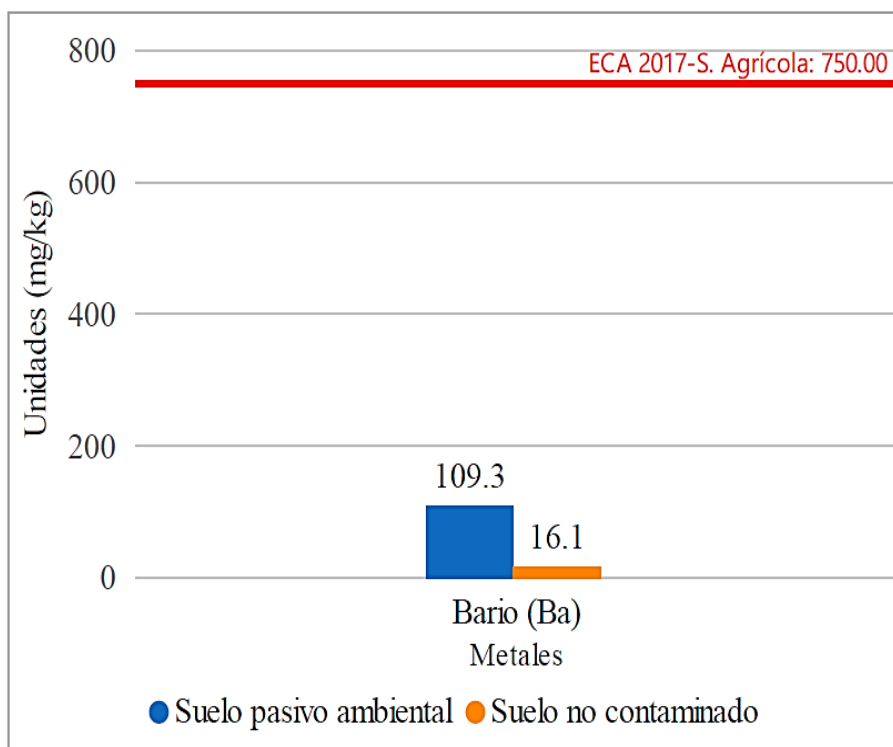


Figura 4. Comparación de concentración de Bario en Suelo del Pasivo Ambiental y Suelo no Contaminado con el ECA.

En la Figura 5 se observa con una línea roja el ECA 2017-S. Agrícola para Cadmio, cuyo valor es de 1.40 mg/Kg, quedando debajo del valor de este metal para el suelo no contaminado que es 1.63 mg/Kg y del pasivo ambiental que su valor es 4.31 mg/Kg, sobrepasando por mucho al de la norma.

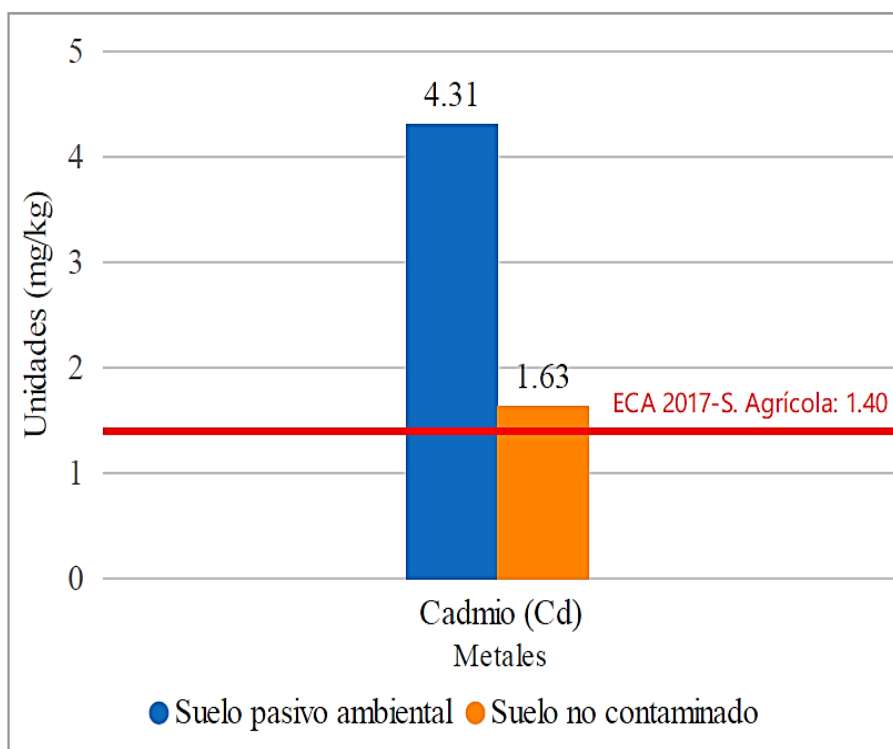


Figura 5. Comparación de concentración de Cadmio en Suelo del Pasivo Ambiental y Suelo no Contaminado con el ECA.

En la Figura 6 se observa con una línea roja el ECA 2017-S. Agrícola para Mercurio, cuyo valor es de 6.60 mg/Kg, sobrepasando al valor de este metal para el suelo del pasivo ambiental y no contaminado cuyos valores son 0.8 mg/Kg y 0.1 mg/Kg respectivamente.

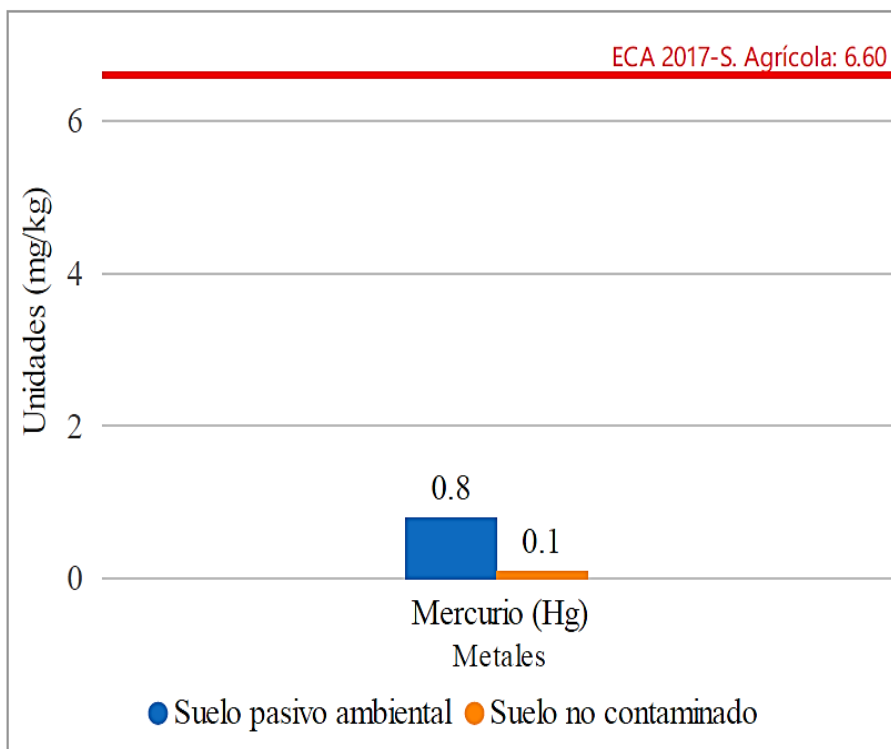


Figura 6. Comparación de concentración de Mercurio en Suelo del Pasivo Ambiental y Suelo no Contaminado con el ECA.

En la Figura 7 se observa con una línea roja el ECA 2017-S. Agrícola para Plomo, cuyo valor es de 70 mg/Kg, sobrepasando al valor de este metal para el suelo no contaminado que es 7.52 mg/Kg, al contrario del suelo del pasivo ambiental que su valor, 118.73 mg/Kg, sobrepasa por mucho al de la norma.

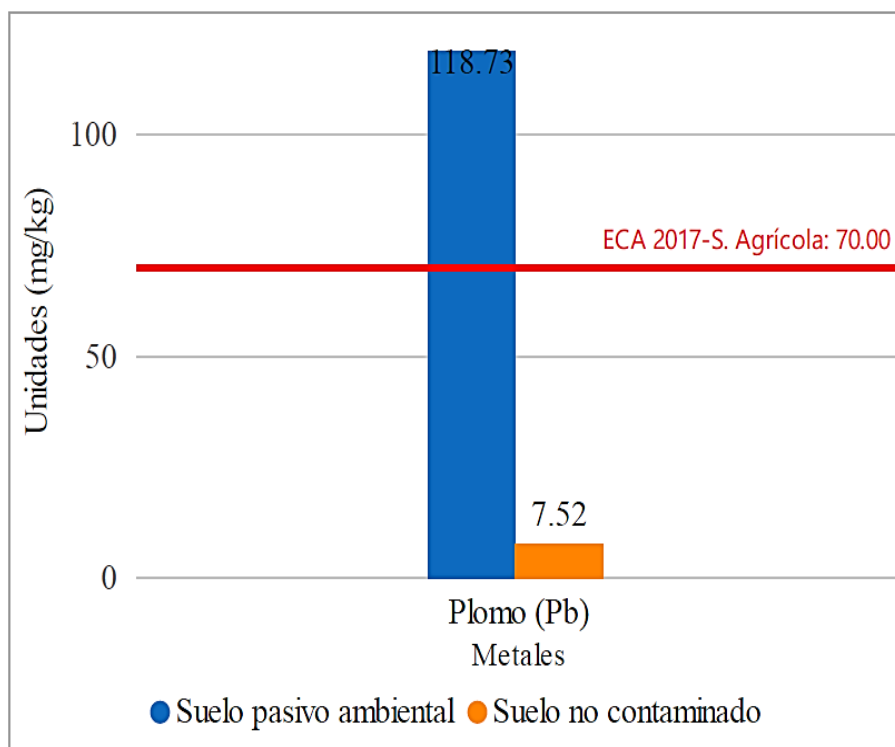


Figura 7. Comparación de concentración de Plomo en Suelo del Pasivo Ambiental y Suelo no Contaminado con el ECA.

3.6. Comparación de concentración de metales pesados en el suelo del Pasivo Ambiental con los del suelo no contaminado

En la Figura 8 se puede apreciar que hay 6 metales pesados, de los 7, del suelo del pasivo ambiental que sobrepasan a los valores de los mismos del suelo no contaminado, estos son el Arsénico que sobrepasa con 365.5 a los 4.8 mg/Kg; el Bario con 109.3 a los 16.1 mg/Kg; el Cadmio con 4.31 a los 1.63 mg/Kg; el Mercurio con 0.8 mg/Kg; el Níquel con 2.59 a los 2.34 mg/Kg; el Plomo con 118.73 a los 7.52 mg/Kg. Solo en el Cromo ha ocurrido lo contrario en donde el valor del metal en el Suelo no Contaminado sobrepasa al del pasivo ambiental con 118.73 a los 7.52 mg/Kg. Siendo para el suelo del pasivo ambiental el metal con mayor valor el Arsénico y el menor el Mercurio, por otra parte, para el suelo no contaminado el metal con mayor valor es el Bario y el de menor valor es el Mercurio.

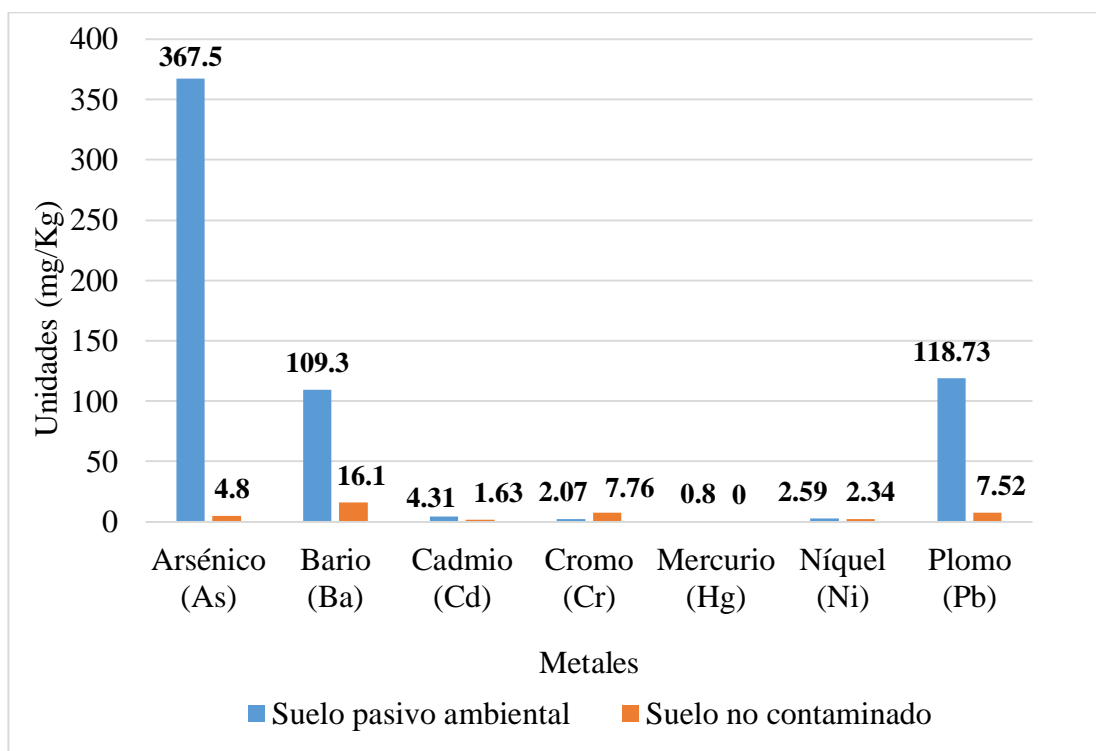


Figura 8. Comparación de la concentración de 7 metales pesados en el suelo del Pasivo Ambiental Aurora-Patricia con los del Suelo no Contaminado.

En la Figura 9 se puede apreciar que hay 5 metales pesados, de los 6, del suelo del pasivo ambiental que sobrepasan a los valores de los mismos del suelo no contaminado, estos son el Arsénico que sobrepasa con 365.5 a los 4.8 mg/Kg; el Bario con 109.3 a los 16.1 mg/Kg; el Cadmio con 4.31 a los 1.63 mg/Kg; el Mercurio con 0.8 mg/Kg; el Níquel con 2.59 a los 2.34 mg/Kg; el Plomo con 118.73 a los 7.52 mg/Kg. Solo en el Cromo ha ocurrido lo contrario en donde el valor del metal en el Suelo no Contaminado sobrepasa al del pasivo ambiental con 118.73 a los 7.52 mg/Kg. Siendo para el suelo del pasivo ambiental y suelo no contaminado el metal con mayor valor el Hierro y el menor el Cobre.

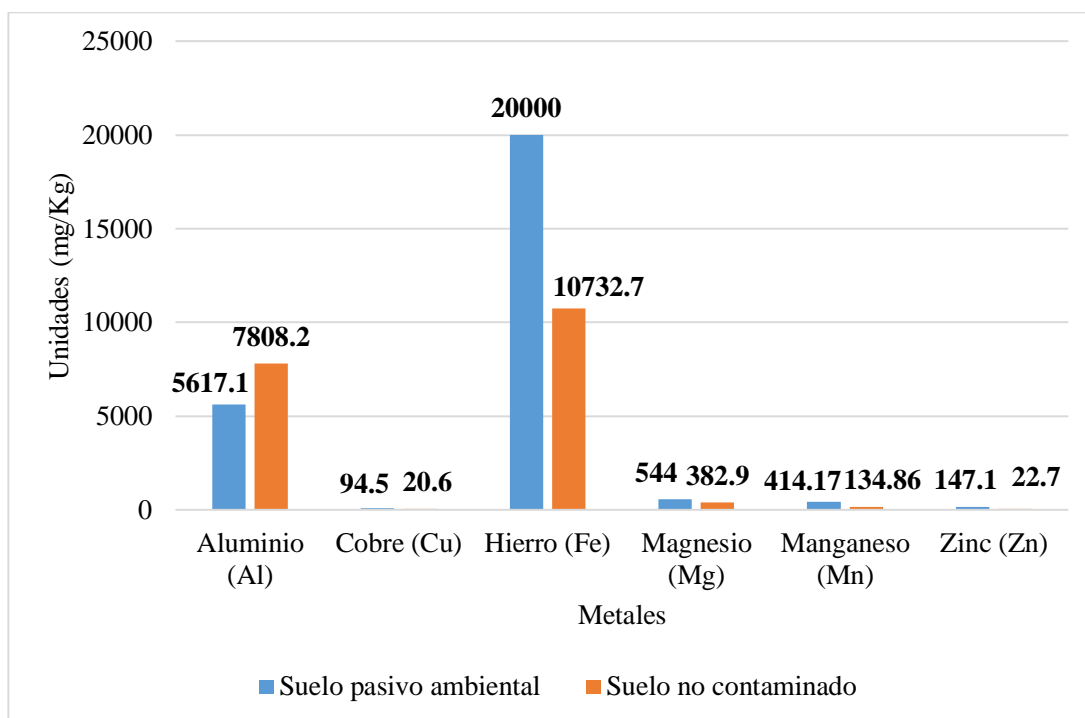


Figura 9. Comparación de la concentración de 6 metales pesados en el suelo del Pasivo Ambiental con los del Suelo no Contaminado.

3.7. Comparación de concentraciones entre metales pesados en el tejido vegetal de las especies del suelo del Pasivo Ambiental con las del suelo no contaminado

En la Figura 10 se observa que en dos de las tres especies, el valor del Aluminio en el tallo y la raíz de *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana*, del pasivo ambiental es mayor al del no contaminado; por el contrario en el caso de la *Muehlenbeckia tamnifolia* el valor del aluminio en la hoja del no contaminado es mayor con 55.7 a los 14.1 mg/Kg del pasivo ambiental, pero en el tallo el valor de la especie del pasivo ambiental es mayor con 7.8 a los 6.9 mg/Kg del no contaminado y en el caso de la raíz el valor del metal es igual en los dos casos con 6.8 mg/Kg. Siendo la especie del suelo del pasivo ambiental con mayor valor de Aluminio en el tallo *Carex mandoniana* con 422.4 mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* con 7.8 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Carex mandoniana* con 480.1 mg/Kg y con menor

valor es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 6.8 mg/Kg. Asimismo, la especie extraída del suelo no contaminado con mayor valor de Aluminio en el tallo es *Carex mandoniana* con 45.5 mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* con 6.9 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Carex mandoniana* con 178.8 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 6.8 mg/Kg.

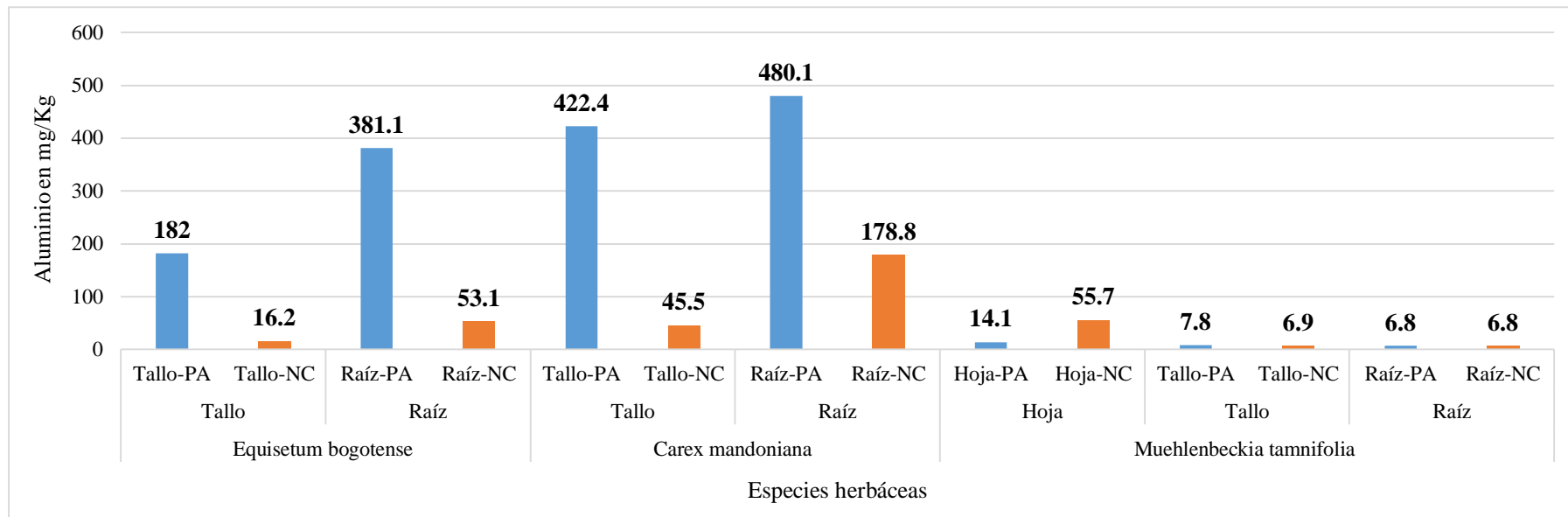


Figura 10. Comparación de la concentración de Aluminio en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

En la Figura 11 se observa que en dos de las tres especies, el valor del Arsénico en el tallo y la raíz de *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana*, del pasivo ambiental es mayor al del no contaminado que no contiene este metal en sus tejidos; por el contrario en el caso de la *Muehlenbeckia tamnifolia* el valor del arsénico en la hoja del no contaminado es mayor con 1 a los 0.2 mg/Kg del pasivo ambiental, al igual que en el tallo el valor de la especie del pasivo ambiental es menor por 0.3 mg/Kg del no contaminado y en el caso de la raíz el valor del metal es mayor en la especie del no contaminado con 0.4 mg/Kg. Siendo la especie del suelo del pasivo ambiental con mayor valor de Arsénico en el tallo *Carex mandoniana* con

16.6 mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* y para la raíz con mayor valor del metal es *Carex mandoniana* con 38.6 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia*. Asimismo, la especie extraída del suelo no contaminado con mayor y único valor de Arsénico en el tallo es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.3 mg/Kg y para la raíz con mayor y único valor del metal es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.4 mg/Kg.

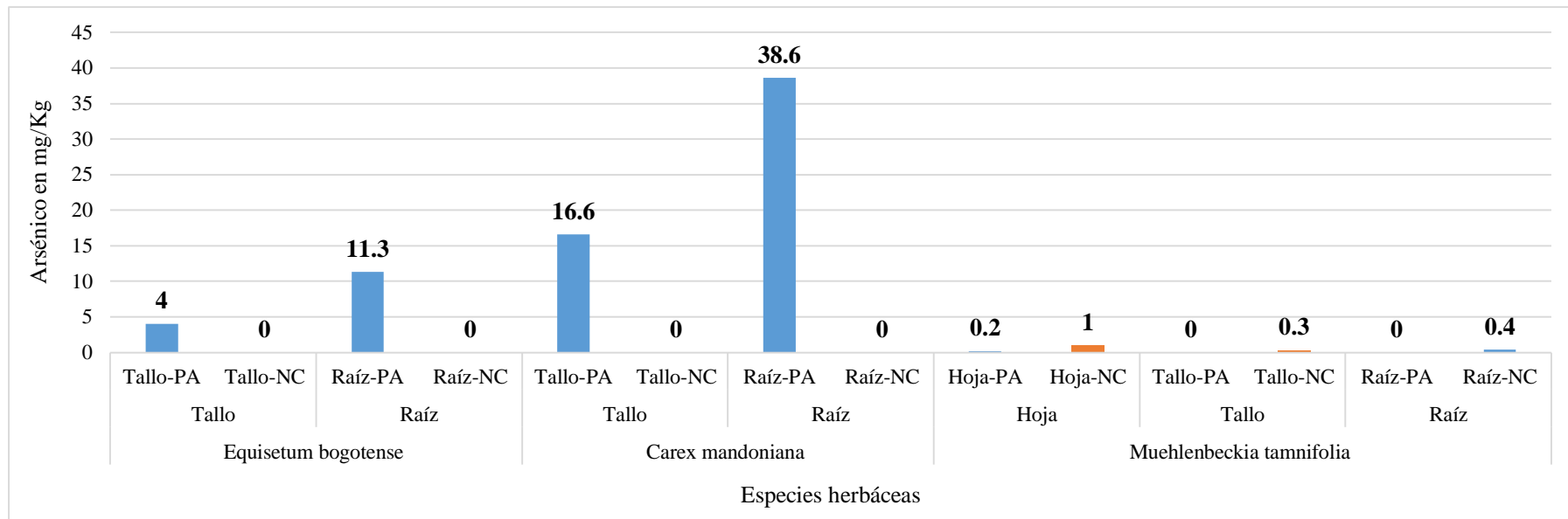


Figura 11. Comparación de la concentración de Arsénico en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

En la Figura 12 se observa que, en las tres especies, el valor del Bario en el tallo y la raíz de *Equisetum bogotense*, *Carex mandoniana* y *Muehlenbeckia tamnifolia*, del pasivo ambiental es menor al del no contaminado. Siendo la especie del suelo del pasivo ambiental con mayor valor de Bario en el tallo *Carex mandoniana* con 4 mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.9 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Carex mandoniana* con 7.2 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.4 mg/Kg. Asimismo, la especie extraída del suelo no contaminado con mayor valor de Bario en el tallo es *Carex mandoniana* con 20.9 mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* con 2.1 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Carex mandoniana* con 22.1 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 1.1 mg/Kg.

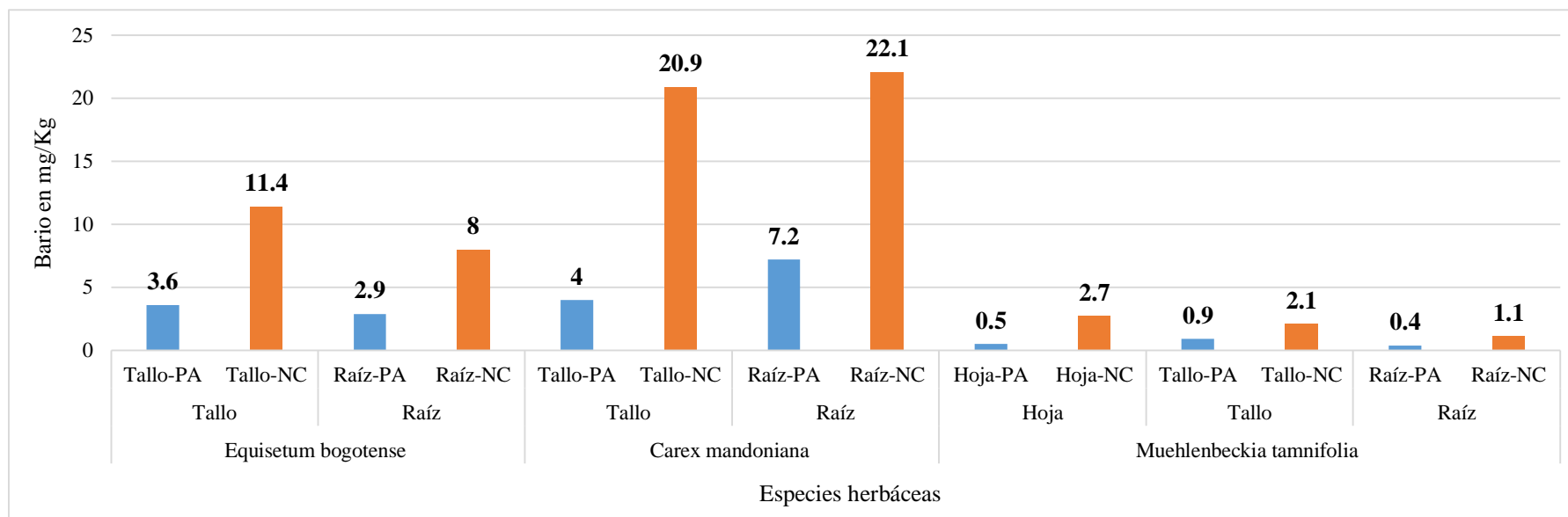


Figura 12. Comparación de la concentración de Bario en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

En la Figura 13 se observa que en dos de las tres especies, el valor del Cadmio en el tallo y la raíz de *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana*, del pasivo ambiental es mayor al del no contaminado, que no contiene este metal en sus tejidos en el caso de la especie *Equisetum bogotense*; por el contrario en el caso de la *Muehlenbeckia tamnifolia* el valor del Cadmio en la hoja del no contaminado es mayor con 0.35 mg/Kg, al igual que en el tallo el valor de la especie del pasivo ambiental es menor por 0.13 mg/Kg y en el caso de la raíz el valor del metal es mayor en la especie del no contaminado con 0.29 mg/Kg. Siendo la especie del suelo del pasivo ambiental con mayor valor de Cadmio en el tallo *Carex mandoniana* con

0.37 mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* y para la raíz con mayor valor del metal es *Carex mandoniana* con 0.41 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia*. Asimismo, la especie extraída del suelo no contaminado con mayor valor de Cadmio en el tallo es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.13 mg/Kg y el menor valor es de *Equisetum bogotense*; para la raíz con mayor valor del metal es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.29 mg/Kg y el menor valor es de *Equisetum bogotense*.

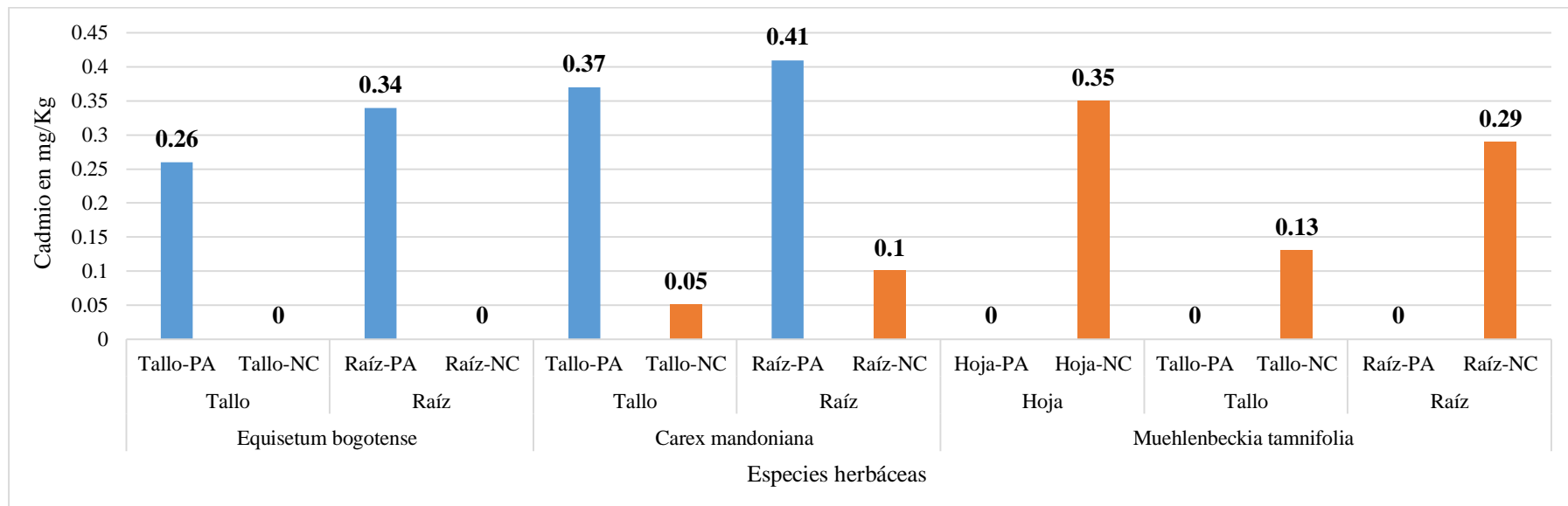


Figura 13. Comparación de la concentración de Cadmio en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

En la Figura 14 se observa que en dos de las tres especies, el valor del Cromo en el tallo y la raíz de *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana*, del pasivo ambiental es mayor al del no contaminado; por el contrario en el caso de la *Muehlenbeckia tamnifolia* el valor del cromo en el tallo de la especie del pasivo ambiental es menor con 0.23 a los 0.26 mg/Kg del no contaminado, no obstante el valor del aluminio en la hoja del no contaminado es menor con 0.08 a los 0.12 mg/Kg del pasivo ambiental y en el caso de la raíz el valor del metal es mayor en el no contaminado con 0.53 a los 0.31 mg/Kg. Siendo la especie del suelo del pasivo ambiental con mayor valor de cromo en el tallo *Carex mandoniana* con 0.47 mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.23 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Carex mandoniana* con 0.58 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.31 mg/Kg. Asimismo, la especie extraída del suelo no contaminado con mayor valor de cromo en el tallo es *Carex mandoniana* con 0.39 mg/Kg y el menor el de *Equisetum bogotense* con 0.19 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.53 mg/Kg y con menor valor es *Carex mandoniana* con 0.31 mg/Kg.

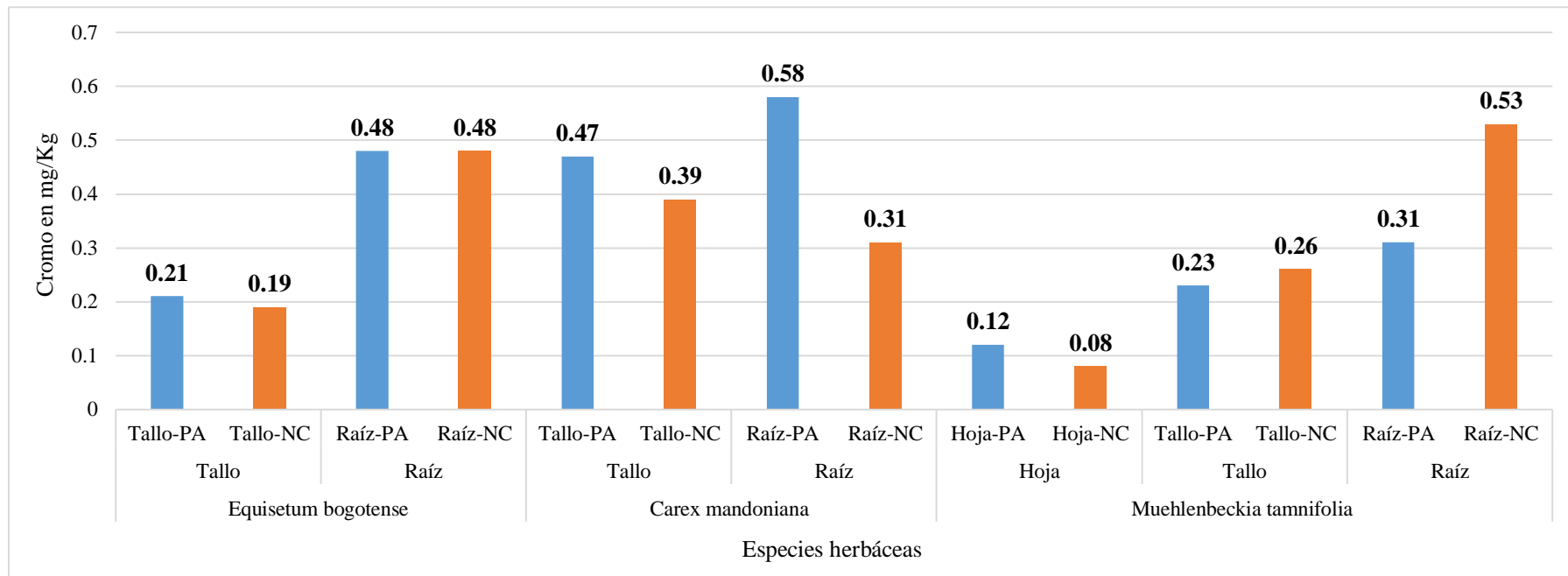


Figura 14. Comparación de la concentración de Cromo en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

En la Figura 15 se observa que en dos de las tres especies, el valor del Cobre en el tallo y la raíz de *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana*, del pasivo ambiental es mayor al del no contaminado; por el contrario en el caso de la *Muehlenbeckia tamnifolia* el valor del cobre en la hoja del no contaminado es mayor con 8.4 a los 5.6 mg/Kg del pasivo ambiental, en el tallo el valor de la especie del pasivo ambiental es menor con 4.7 a los 7.1 mg/Kg del no contaminado y en el caso de la raíz el valor del metal del no contaminado es mayor con 6.1 a los 1.7 mg/Kg del pasivo ambiental.

Siendo la especie del suelo del pasivo ambiental con mayor valor de cobre en el tallo *Equisetum bogotense* con 13.9 mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* con 4.7 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Equisetum bogotense* con 31.6 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 1.7 mg/Kg. Asimismo, la especie extraída del suelo no contaminado con mayor valor de cobre en el tallo es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 7.1 mg/Kg y el menor el de la *Carex mandoniana* con 2.1 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 6.1 mg/Kg y con menor valor es *Equisetum bogotense* con 3.2 mg/Kg.

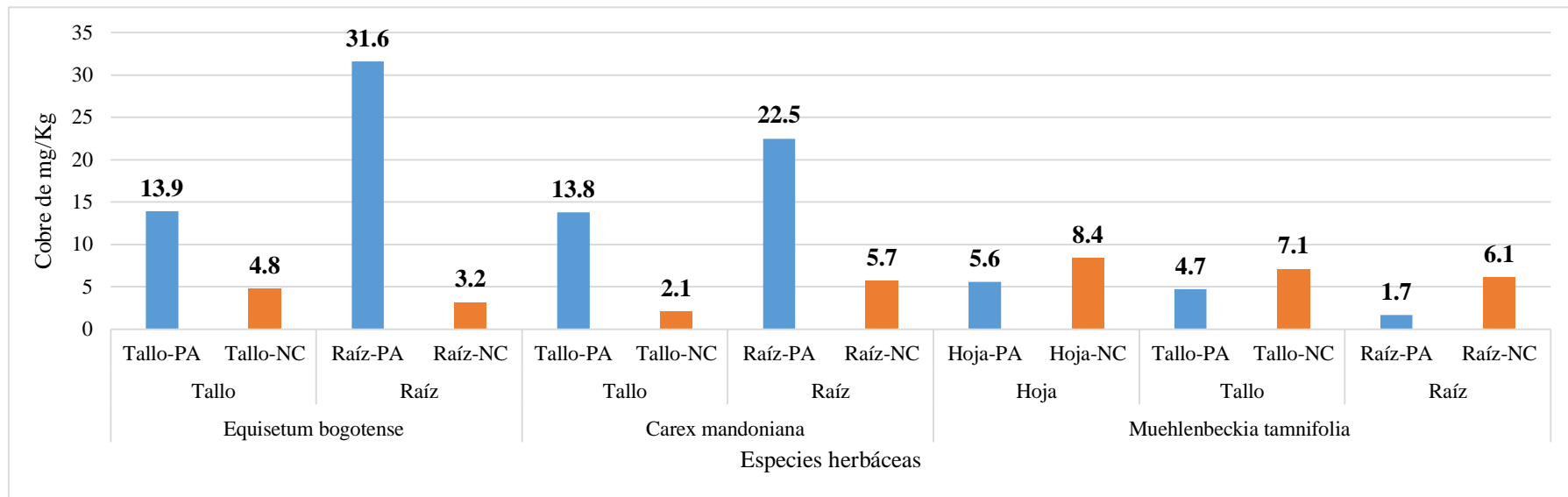


Figura 15. Comparación de la concentración de Cobre en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

En la Figura 16 se observa que en dos de las tres especies, el valor del Hierro en el tallo y la raíz de *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana*, del pasivo ambiental es mayor al del no contaminado; por el contrario en el caso de la *Muehlenbeckia tamnifolia* el valor del hierro en la hoja del no contaminado es mayor con 89.1 a los 32.9 mg/Kg del pasivo ambiental, en el tallo el valor de la especie del pasivo ambiental es menor con 21.9 a los 34.5 mg/Kg del no contaminado y en el caso de la raíz el valor del metal del no contaminado es mayor con 34.1 a los 12.3 mg/Kg del pasivo ambiental. Siendo la especie del suelo del pasivo ambiental con mayor valor de hierro en el tallo *Carex mandoniana* con 1018.7 mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* con 21.9 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Carex mandoniana* con 2071.6 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 12.3 mg/Kg. Asimismo, la especie extraída del suelo no contaminado con mayor valor de hierro en el tallo es *Carex mandoniana* con 49.3 mg/Kg y el menor el de *Equisetum bogotense* con 25.8 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Carex mandoniana* con 405.9 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 34.1 mg/Kg.

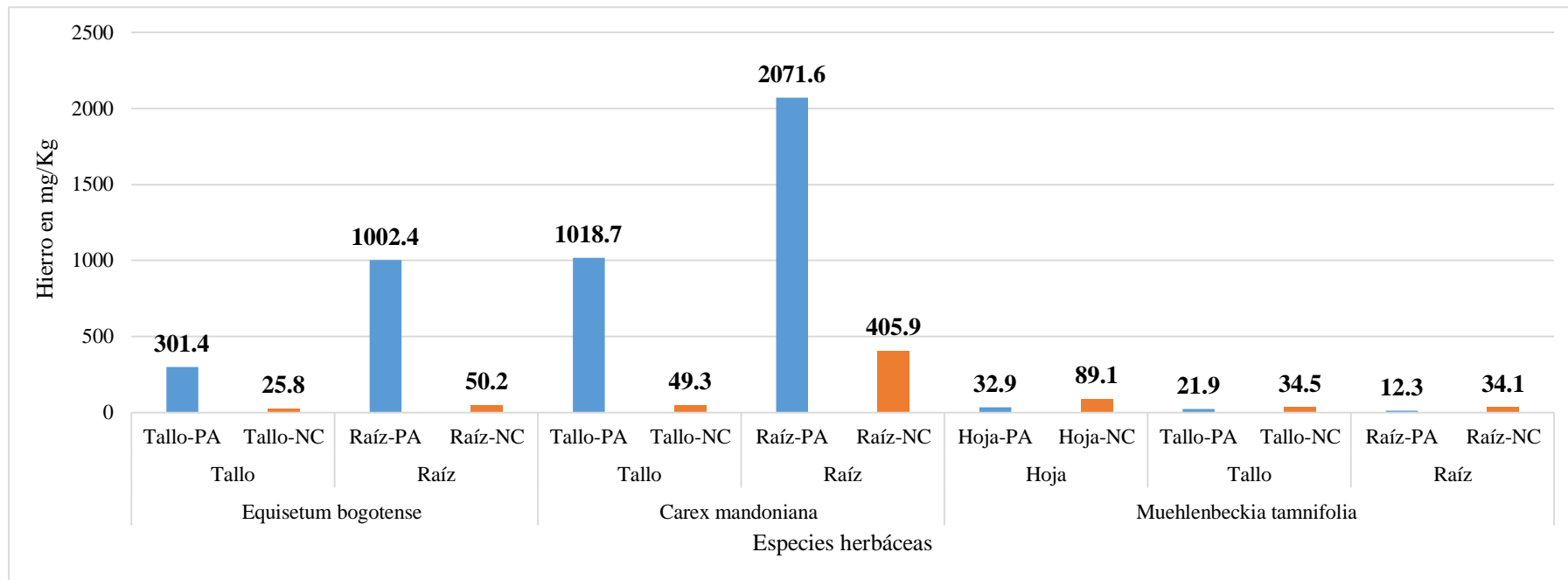


Figura 16. Comparación de la concentración de Hierro en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

En la Figura 17 se observa que en dos de las tres especies, el valor del Mercurio en el tallo y la raíz de *Equisetum bogotense* y *Muehlenbeckia tamnifolia*, del pasivo ambiental es mayor al del no contaminado, que no contiene este metal en sus tejidos; por el contrario en el caso de la *Carex mandoniana* el valor de mercurio en el tallo del no contaminado es mayor con 0.2 a la muestra del pasivo ambiental, pero en el caso de la raíz el valor del metal del no contaminado es menor con 0.1 mg/Kg del pasivo ambiental. Siendo la especie del suelo del pasivo ambiental con mayor

valor de mercurio en el tallo *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.2 mg/Kg y el menor el de la *Carex mandoniana* que no contiene este metal y para la raíz las tres especies tienen el mismo valor 0.1 mg/Kg. Asimismo, la especie extraída del suelo no contaminado con mayor valor y único de mercurio en el tallo es *Carex mandoniana* con 0.2 mg/Kg y no se presenta este metal en ninguna de las tres especies en el tejido vegetal de la raíz.

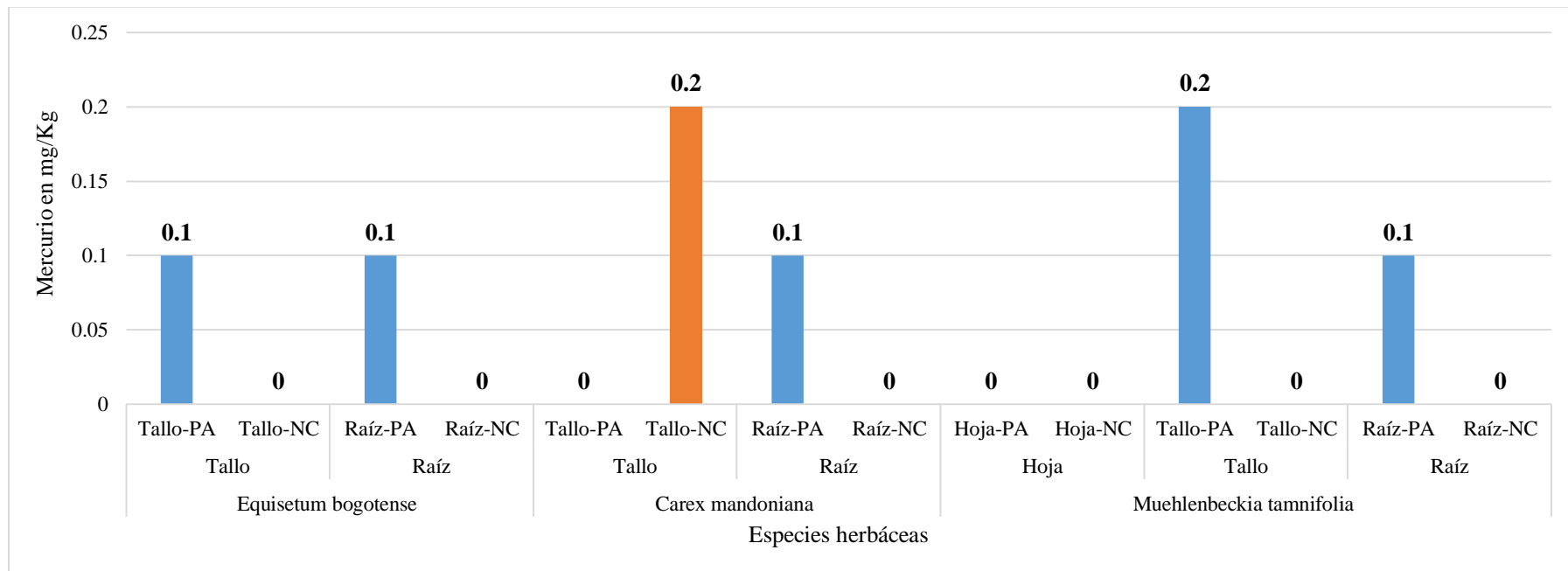


Figura 17. Comparación de la concentración de Mercurio en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

En la Figura 18 se observa que el valor del Magnesio de las especies extraídas del pasivo ambiental varía entre 114 y 337.1 tanto para la raíz como para el tallo, siendo la especie con mayor concentración en la parte del tallo *Carex mandoniana* con 258.9 mg/Kg y la de menor concentración *Equisetum bogotense* con 114.9 mg/Kg, en el caso de la raíz la especie con mayor concentración fue *Muehlenbeckia tamnifolia* con 337.1 mg/Kg y de menor concentración *Carex mandoniana* con 114 mg/Kg. Asimismo, en las especies extraídas del suelo no contaminado la concentración de magnesio varía entre 126.8 y 451.2 mg/Kg tanto para la raíz como para el tallo, siendo la especie con mayor concentración en la parte del tallo *Carex mandoniana* con 211.7 y la de menor concentración *Muehlenbeckia tamnifolia* con 126.8 mg/Kg, en el caso de la raíz la especie con mayor concentración fue *Muehlenbeckia tamnifolia* con 249.6 mg/Kg y de menor concentración *Carex mandoniana* con 139.4 mg/Kg

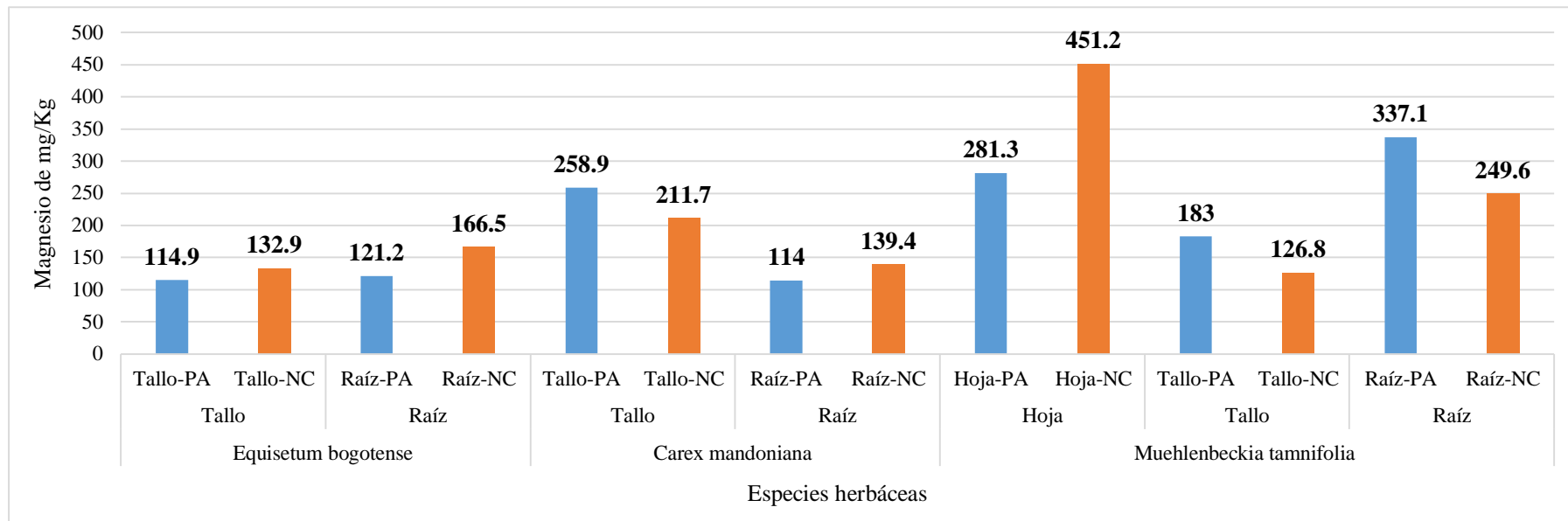


Figura 18. Comparación de la concentración de Magnesio en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

En la Figura 19 se observa que en dos de las tres especies, el valor del Manganeso en el tallo y la raíz de *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana*, del pasivo ambiental es mayor al del no contaminado; por el contrario en el caso de la *Muehlenbeckia tamnifolia* el valor del hierro en la hoja del no contaminado es mayor con 750.89 a los 3.91 mg/Kg del pasivo ambiental, en el tallo el valor de la especie del pasivo ambiental es menor con 37.34 a los 110.08 mg/Kg del no contaminado y en el caso de la raíz el valor del metal del no contaminado es mayor con 25.6 a los 1.47 mg/Kg del pasivo ambiental. Siendo la especie del suelo del pasivo ambiental con mayor valor de manganeso en el tallo *Carex mandoniana* con 157.02

mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* con 37.34 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Carex mandoniana* con 71.23 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 1.47 mg/Kg. Asimismo, la especie extraída del suelo no contaminado con mayor valor de hierro en el tallo es *Carex mandoniana* con 125.95 mg/Kg y el menor el de *Equisetum bogotense* con 9.83 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Carex mandoniana* con 59.66 mg/Kg y con menor valor es *Equisetum bogotense* con 11.15 mg/Kg.

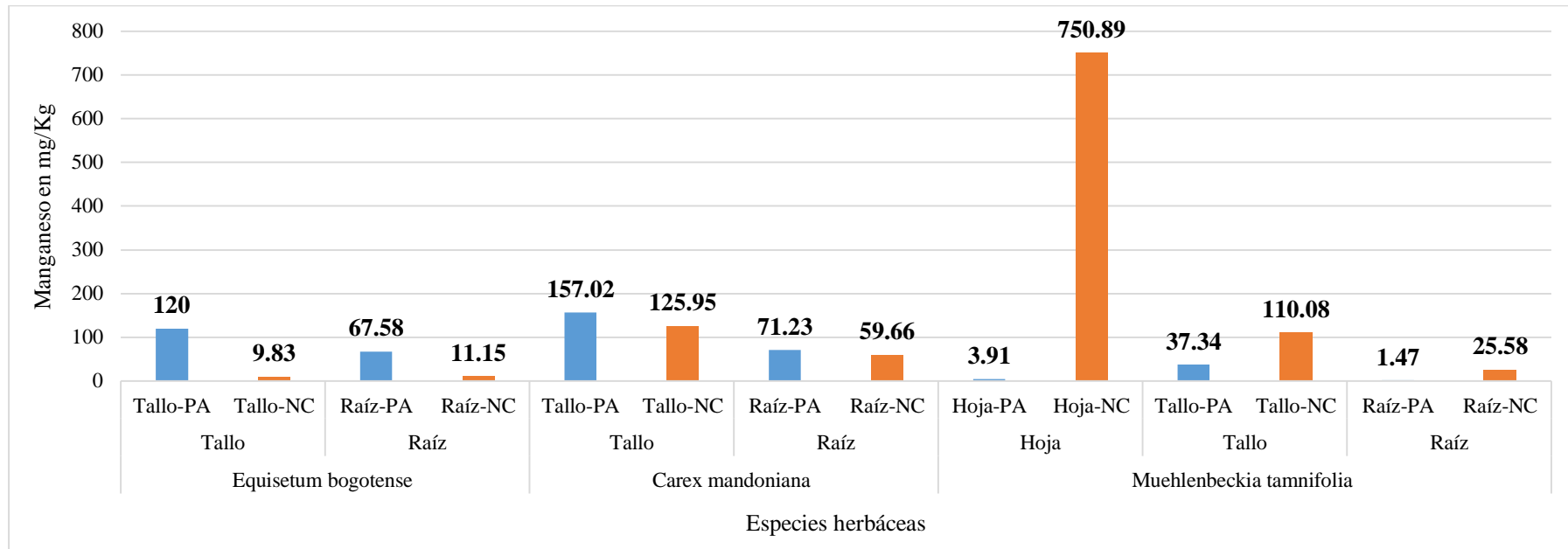


Figura 19. Comparación de la concentración de Manganeso en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

En la Figura 20 se observa que, en dos de las tres especies, el valor del Níquel en el tallo y la raíz de *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana*, del pasivo ambiental es mayor al del no contaminado; por el contrario, en el caso de la *Muehlenbeckia tamnifolia* el valor del Cadmio es mayor en todos sus tejidos vegetales extraídos del suelo no contaminado a comparación de los del pasivo ambiental que no contienen este metal. Siendo la especie del suelo del pasivo ambiental con mayor valor de níquel en el tallo *Equisetum bogotense* con 0.76 mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* y para la raíz con mayor valor del metal es *Equisetum bogotense* con 1.37 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia*. Asimismo, la especie extraída del suelo no contaminado con mayor valor de níquel en el tallo es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.27 mg/Kg y el menor valor es de *Carex mandoniana*; para la raíz con mayor valor del metal varía entre 0.11 y 0.16 entre las tres especies, siendo la *Carex mandoniana* la de mayor valor.

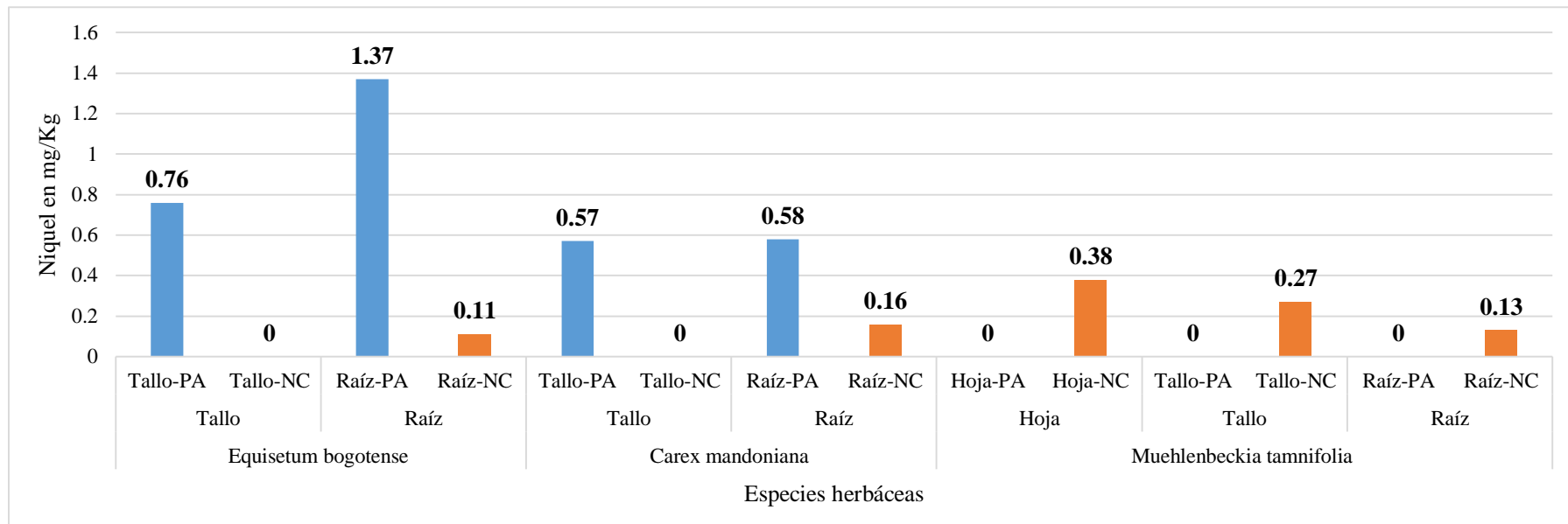


Figura 20. Comparación de la concentración de Níquel en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

En la Figura 21 se observa que, en dos de las tres especies, el valor del Plomo en el tallo y la raíz de *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana*, del pasivo ambiental es mayor al del no contaminado; por el contrario, en el caso de la *Muehlenbeckia tamnifolia* el valor del plomo es mayor en sus tejidos vegetales extraídos del suelo no contaminado, en el caso de la raíz en ninguna de las dos muestras se encontró este metal. Siendo la especie del suelo del pasivo ambiental con mayor valor de plomo en el tallo *Carex mandoniana* con 6.69 mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.16 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Carex mandoniana* con 10.23 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia*

tamnifolia. Asimismo, la especie extraída del suelo no contaminado con mayor valor de níquel en el tallo es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 0.37 mg/Kg y el menor valor es de *Carex mandoniana*; para la raíz con mayor valor del metal *Carex mandoniana* la de mayor valor con 0.23 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia*.

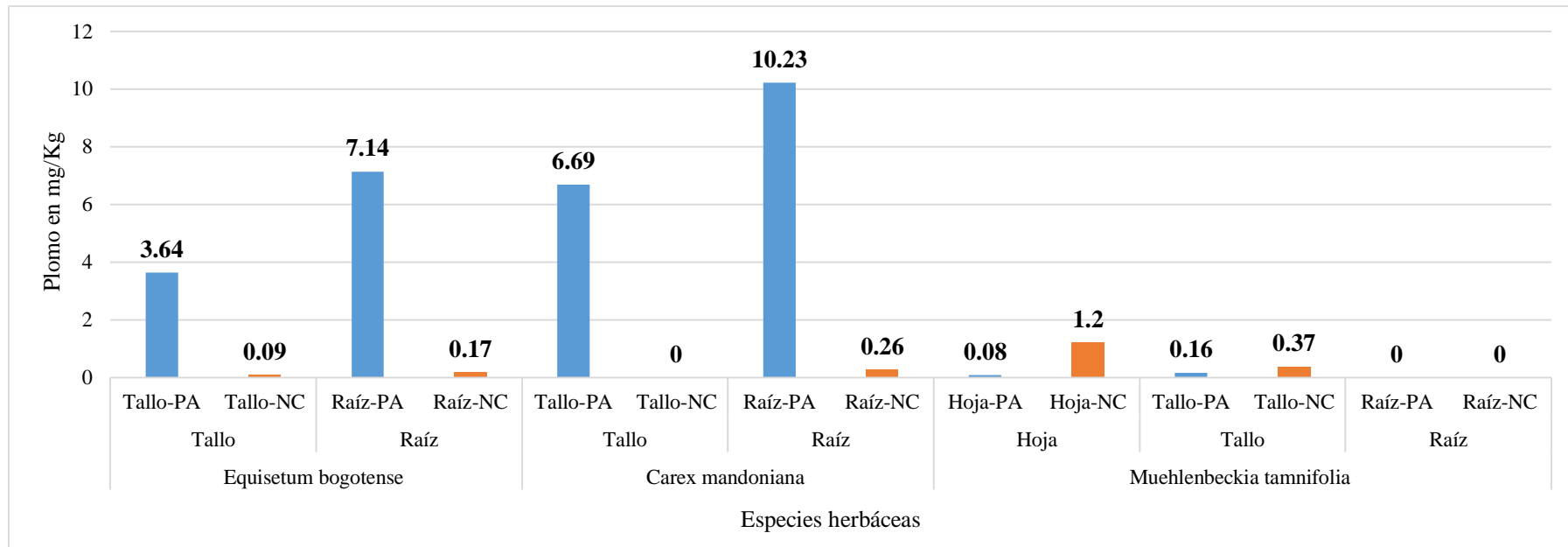


Figura 21. Comparación de la concentración de Plomo en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

En la Figura 22 se observa que en dos de las tres especies, el valor del Zinc en el tallo y la raíz de *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana*, del pasivo ambiental es mayor al del no contaminado; por el contrario en el caso de la *Muehlenbeckia tamnifolia* el valor del zinc en la hoja del no contaminado es mayor con 38 a los 2.2 mg/Kg del pasivo ambiental, en el tallo el valor de la especie del pasivo ambiental es menor con 4.9 a los 12.9 mg/Kg del no contaminado y en el caso de la raíz el valor del metal del no contaminado es mayor con 8.3 a los 1 mg/Kg del pasivo ambiental. Siendo la especie del suelo del pasivo ambiental con mayor valor de zinc en el tallo *Equisetum bogotense* con 82.8 mg/Kg y el menor el de la *Muehlenbeckia tamnifolia* con 4.9 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Equisetum bogotense* con 47.7 mg/Kg y con menor valor es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 1 mg/Kg. Asimismo, la especie extraída del suelo no contaminado con mayor valor de zinc en el tallo es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 12.9 mg/Kg y el menor el de *Carex mandoniana* con 4.3 mg/Kg y para la raíz con mayor valor del metal es *Muehlenbeckia tamnifolia* con 8.3 mg/Kg y con menor valor es *Equisetum bogotense* con 3.6 mg/Kg.

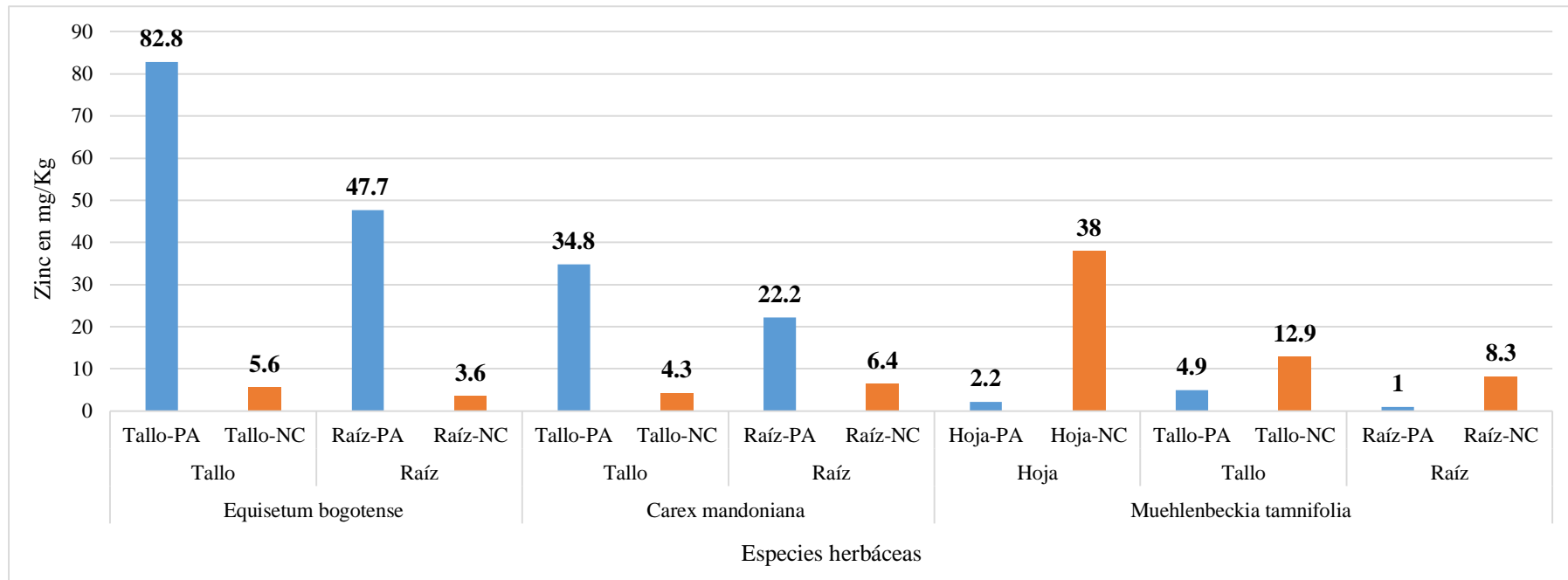


Figura 22. Comparación de la concentración de Zinc en el tejido vegetal de las especies del Pasivo Ambiental con las especies del Suelo no Contaminado.

3.8. Factor de Bioconcentración y Factor de Traslocación

En la Tabla 5 se observa que la especie *Equisetum bogotense* extraída del pasivo ambiental con mayor Factor de Bioconcentración (BCF) en la parte aérea es para el Zinc con 0.563 y en la raíz es para el Níquel con 0.529, en el caso de la *Carex Mandoniana* el mayor BCF en la parte aérea es Magnesio con 0.456 y en la raíz el Cromo con 0.280 y en la *Muehlenbeckia tamnifolia* en la parte aérea y raíz Magnesio con 0.853 y 0.620.

Tabla 5. *Factor de Bioconcentración de metales en las especies herbáceas del Pasivo Ambiental*

Metales (mg/kg)	<i>Equisetum bogotense</i>		<i>Carex Mandoniana</i>		<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	
	BCF aérea	BCF Raíz	BCF aérea	BCF Raíz	BCF aérea	BCF Raíz
	Aluminio (Al)	0.032	0.068	0.075	0.085	0.004
Arsénico (As)	0.011	0.031	0.045	0.105	0.001	0.000
Bario (Ba)	0.033	0.027	0.037	0.066	0.013	0.004
Cadmio (Cd)	0.060	0.079	0.086	0.095	0.000	0.000
Cromo (Cr)	0.101	0.232	0.227	0.280	0.169	0.150
Cobre (Cu)	0.147	0.334	0.146	0.238	0.109	0.018
Hierro (Fe)	0.015	0.050	0.051	0.104	0.003	0.001
Mercurio (Hg)	0.125	0.125	0.000	0.125	0.250	0.125
Magnesio (Mg)	0.211	0.223	0.476	0.210	0.853	0.620
Manganeso (Mn)	0.290	0.163	0.379	0.172	0.100	0.004
Níquel (Ni)	0.293	0.529	0.220	0.224	0.000	0.000
Plomo (Pb)	0.031	0.060	0.056	0.086	0.002	0.001
Zinc (Zn)	0.563	0.324	0.237	0.151	0.048	0.007

En la Tabla 6 se observa que la especie *Equisetum bogotense* extraída suelo no contaminado con mayor BCF en la parte aérea y raíz es para el Bario con 0.708 y 0.497 respectivamente, en el caso de la *Carex Mandoniana* el mayor BCF en la parte aérea y raíz es para el Bario con 1.298 y 1.373 respectivamente y en la *Muehlenbeckia tamnifolia* en la parte aérea Manganeseo con 6.384 y en raíz Magnesio con 0.652.

Tabla 6. *Factor de Bioconcentración de metales en las especies herbáceas del suelo no contaminado*

Metales (mg/kg)	<i>Equisetum bogotense</i>		<i>Carex Mandoniana</i>		<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	
	BCF	BCF	BCF	BCF	BCF	BCF
	aérea	Raíz	aérea	Raíz	aérea	Raíz
Aluminio (Al)	0.002	0.007	0.006	0.023	0.008	0.001
Arsénico (As)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.271	0.083
Bario (Ba)	0.708	0.497	1.298	1.373	0.298	0.068
Cadmio (Cd)	0.000	0.000	0.000	0.061	0.294	0.178
Cromo (Cr)	0.024	0.062	0.050	0.040	0.044	0.068
Cobre (Cu)	0.233	0.155	0.102	0.277	0.752	0.296
Hierro (Fe)	0.002	0.005	0.005	0.038	0.012	0.003
Mercurio (Hg)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Magnesio (Mg)	0.347	0.435	0.553	0.364	1.510	0.652
Manganeseo (Mn)	0.073	0.083	0.934	0.442	6.384	0.190
Níquel (Ni)	0.000	0.047	0.000	0.068	0.278	0.056
Plomo (Pb)	0.012	0.023	0.000	0.035	0.209	0.008
Zinc (Zn)	0.247	0.159	0.189	0.282	2.242	0.366

En la Tabla 7 se observa que la especie *Equisetum bogotense* extraída del pasivo ambiental con mayor Factor de Traslocación (TF) es para el Manganeso con 1.776, en el caso de la *Carex Mandoniana* TF es Magnesio con 2.271 y en la *Muehlenbeckia tamnifolia* es Manganeso con 28.061.

Tabla 7. *Factor de Traslocación de metales en las especies herbáceas del Pasivo Ambiental*

Metales (mg/Kg)	TF <i>Equisetum bogotense</i>	TF <i>Carex Mandoniana</i>	TF <i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>
Aluminio (Al)	0.478	0.880	3.221
Arsénico (As)	0.354	0.430	0.000
Bario (Ba)	1.241	0.556	3.500
Cadmio (Cd)	0.765	0.902	0.000
Cromo (Cr)	0.438	0.810	1.129
Cobre (Cu)	0.440	0.613	6.059
Hierro (Fe)	0.301	0.492	4.455
Mercurio (Hg)	1.000	0.000	2.000
Magnesio (Mg)	0.948	2.271	1.377
Manganeso (Mn)	1.776	2.204	28.061
Níquel (Ni)	0.555	0.983	0.000
Plomo (Pb)	0.510	0.654	4.000
Zinc (Zn)	1.736	1.568	7.100

En la Tabla 8 se observa que la especie *Equisetum bogotense* extraída del suelo no contaminado con mayor TF es para el Zinc con 1.556, en el caso de la *Carex Mandoniana* TF es Manganeso con 2.111 y en la *Muehlenbeckia tamnifolia* es Manganeso con 33.658.

Tabla 8. *Factor de Traslocación de metales en las especies herbáceas del suelo no contaminado*

Metales (mg/Kg)	TF <i>Equisetum bogotense</i>	TF <i>Carex Mandoniana</i>	TF <i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>
Aluminio (Al)	0.305	0.254	9.206
Arsénico (As)	0.000	0.000	3.250
Bario (Ba)	1.425	0.946	4.364
Cadmio (Cd)	0.000	0.000	1.655
Cromo (Cr)	0.396	1.258	0.642
Cobre (Cu)	1.500	0.368	2.541
Hierro (Fe)	0.514	0.121	3.625
Mercurio (Hg)	0.000	0.000	0.000
Magnesio (Mg)	0.798	1.519	2.316
Manganeso (Mn)	0.882	2.111	33.658
Níquel (Ni)	0.000	0.000	5.000
Plomo (Pb)	0.529	0.000	26.167
Zinc (Zn)	1.556	0.672	6.133

3.9. Correlación de las concentraciones de metales entre las especies herbáceas y el suelo

En la Tabla 9 se ha obtenido que 2 de las tres especies tienen una correlación directa positiva entre la especie herbácea con el suelo del pasivo ambiental y el mayor coeficiente de correlación es *Carex mandoniana* con 0.995. Por el contrario, la especie *Muehlenbeckia tamnifolia* tiene una correlación inversa negativa.

Tabla 9. Coeficientes de correlación entre las especies herbáceas y el suelo del pasivo ambiental

Especie herbácea	Coefficiente	Interpretación
<i>Equisetum bogotense</i>	+0.975	Correlación directa positiva
<i>Carex mandoniana</i>	+0.995	Correlación directa positiva
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	-0.005	Correlación inversa negativa

En la Figura 23 se observa que la especie *Carex mandoniana* extraída del pasivo ambiental es la que tiene mayor correlación y la especie *Muehlenbeckia tamnifolia* la menor correlación ya que sus valores no forman una línea ascendente. Con las ecuaciones se puede ver como depende la especie herbácea del suelo según la cantidad que tenga de metal.

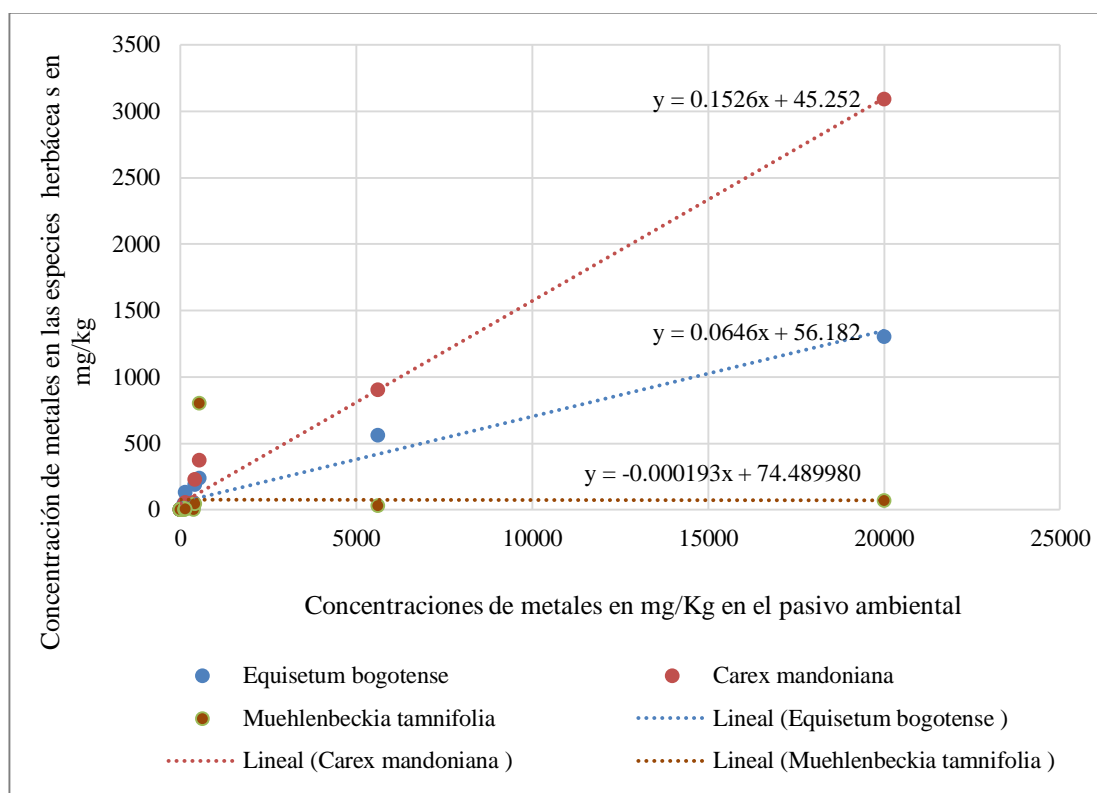


Figura 23. Correlación entre las especies herbáceas y el suelo del pasivo ambiental

En la Tabla 10 se ha obtenido que 2 de las tres especies tienen una correlación directa positiva entre la especie herbácea con el suelo no contaminado y el mayor coeficiente de correlación es *Carex mandoniana* con 0.748. Por el contrario, la especie *Muehlenbeckia tamnifolia* tiene una correlación inversa negativa.

Tabla 10. *Coefficientes de correlación entre las especies herbáceas y el suelo no contaminado*

Especie herbácea	Coefficiente	Interpretación
<i>Equisetum bogotense</i>	+0.211	Correlación directa positiva
<i>Carex mandoniana</i>	+0.748	Correlación directa positiva
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	-0.024	Correlación inversa negativa

En la Figura 24 se observa que la especie *Carex mandoniana* extraída del pasivo ambiental es la que tiene mayor correlación y la especie *Muehlenbeckia tamnifolia* la menor correlación ya que sus valores no forman una línea ascendente. Con las ecuaciones se puede ver como depende la especie herbácea del suelo según la cantidad que tenga de metal.

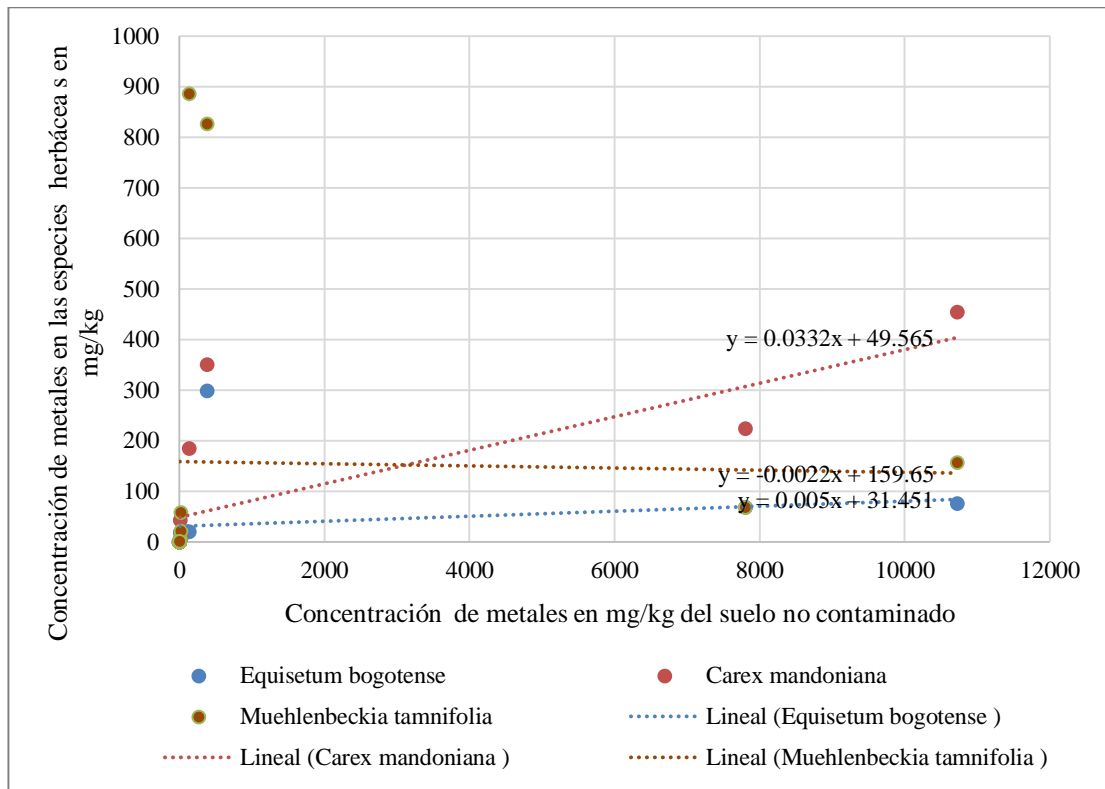


Figura 24. Correlación entre las especies herbáceas y el suelo no contaminado.

Tabla 11. *Coefficientes de correlación entre metales pesados de las especies herbáceas y el suelo del Pasivo Ambiental*

Metales pesados	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mg	Mn	Ni	Pb	Zn
Aluminio (Al)	1.000												
Arsénico (As)	0.999	1.000											
Bario (Ba)	0.998	0.998	1.000										
Cadmio (Cd)	1.000	0.997	0.996	1.000									
Cromo (Cr)	0.985	0.990	0.979	0.983	1.000								
Cobre (Cu)	0.949	0.932	0.932	0.958	0.914	1.000							
Hierro (Fe)	0.999	1.000	0.998	0.998	0.988	0.939	1.000						
Mercurio (Hg)	0.983	0.977	0.987	0.984	0.937	0.945	0.979	1.000					
Magnesio (Mg)	0.039	0.080	0.098	0.009	0.053	-0.265	0.065	0.055	1.000				
Manganeso (Mn)	0.917	0.905	0.888	0.926	0.923	0.968	0.910	0.868	-0.335	1.000			
Níquel (Ni)	0.718	0.682	0.686	0.740	0.654	0.901	0.696	0.742	-0.618	0.861	1.000		
Plomo (Pb)	1.000	0.999	0.999	0.999	0.983	0.947	0.999	0.985	0.049	0.911	0.714	1.000	
Zinc (Zn)	0.680	0.642	0.652	0.702	0.598	0.871	0.657	0.725	-0.609	0.806	0.993	0.678	1.000

Tabla 12. *Coefficientes de correlación entre metales pesados de las especies herbáceas y el suelo no contaminado*

Metales pesados	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mg	Mn	Ni	Pb	Zn
Aluminio (Al)	1.000												
Arsénico (As)	0.937	1.000											
Bario (Ba)	-0.195	-0.459	1.000										
Cadmio (Cd)	0.896	0.993	-0.487	1.000									
Cromo (Cr)	0.999	0.948	-0.229	0.910	1.000								
Cobre (Cu)	0.525	0.789	-0.763	0.846	0.554	1.000							
Hierro (Fe)	1.000	0.937	-0.187	0.896	0.999	0.524	1.000						
Mercurio (Hg)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000					
Magnesio (Mg)	-0.233	0.119	-0.637	0.224	-0.200	0.700	-0.232	0.000	1.000				
Manganeso (Mn)	-0.298	0.045	-0.548	0.156	-0.268	0.638	-0.296	0.000	0.994	1.000			
Níquel (Ni)	0.960	0.997	-0.399	0.984	0.969	0.743	0.960	0.000	0.049	-0.022	1.000		
Plomo (Pb)	0.981	0.987	-0.344	0.963	0.987	0.678	0.981	0.000	-0.044	-0.115	0.996	1.000	
Zinc (Zn)	-0.088	0.265	-0.725	0.364	-0.054	0.801	-0.088	0.000	0.987	0.965	0.196	0.104	1.000

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En nuestra área de estudio que fueron 3679.98 m² identificamos las especies herbáceas *Equisetum bogotense* o por su nombre común “Cola de caballo”; *Muehlenbeckia tamnifolia* o “Bejuco colorado”, “Anguvena”; *Carex mandoniana* o “Canela”, siendo la especie con mayor valor la especie *Equisetum bogotense* que crece en mayor cantidad en las laderas a la entrada del socavón y al costado del depósito de desmonte y mineral, por donde pasa una corriente de agua, como se puede ver en el Anexo n.º 1 – Mapa Hidrológico del Pasivo Ambiental Aurora - Patricia, que se ha desviado por ese lugar con el tiempo pues el socavón se ha derrumbado y está expuesto. La especie *Carex mandoniana* se encuentra en mayor cantidad al borde de las laderas del socavón y la especie *Muehlenbeckia tamnifolia* se la puede encontrar como enredadera sobre el depósito de desmonte y por encima del socavón, pero sus raíces están dentro y entre los dos. Se han identificado 42 especies herbáceas, en total 1215 individuos en las 10 parcelas. Dávila y Walter (2018) en su tesis “Capacidad Fitorremediadora De Las Especies De Flora Herbácea Silvestre Con Mayor Valor De Importancia En La Zona De Pasivos Mineros El Sinchao, Distrito De Chugur, Provincia De Hualgayoc, Cajamarca – Perú 2017” identificaron 63 especies de flora herbácea en la zona de estudio El Sinchao, con un total de 1673 individuos en 15 parcelas. A comparación de esta tesis su área de estudio era mucho más extensa por lo cual se identificaron más especies ya que en su caso es un conjunto de pasivos ambientales, no obstante, se ha realizado en la misma región, pero diferentes condiciones meteorológicas, encontrando como especie con mayor valor de importancia una de género *Carex* en su caso *Carex pichinchensis*.

En las Figuras 7 y 8 se observa que 11 de los 13 metales pesados (As, Ba, Cd, Hg, Ni, Pb, Cu, Fe, Mg, Mn y Zn) en el suelo del Pasivo Ambiental Aurora – Patricia sobrepasan en concentración a los del suelo no contaminado, solo con el aluminio y el cromo pasa lo contrario, son mayores en el suelo no contaminado. Según los Estándares de Calidad Ambiental para suelo del año 2017 correspondientes al Decreto Supremo N° 011 – 2017 – MINAM, el arsénico, cadmio y plomo de la muestra del suelo del Pasivo Ambiental sobrepasan los valores de la norma y en el caso del Bario y el Mercurio las dos muestras tanto del pasivo ambiental como del suelo no contaminado están muy por debajo de lo que determina la norma. Si es que comparamos estos valores con los Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health que nos da The Canadian Environmental Quality Guidelines se tienen los mismos comparativos con la norma peruana excepto que con el valor del arsénico son más estrictos teniendo 12 mg/Kg eso quiere decir que el valor de las muestras de suelo para este metal sobrepasan por mucho.

Según Eróstegui (2009) “cada metal y cada elemento químico contaminante tienen un mecanismo de acción y un lugar de acumulación preferido”. Moreno (2003) menciona que las formas de metabolizar estos compuestos para las plantas son con la Conjugación con sulfato y Conjugación con glutatión (p.96). Posadas M. y Arroyave M. (2006) mencionan que hay plantas actúan como bioindicadores de la presencia de un metal pesado en el medio por retenerlo selectivamente, mientras otras se comportan como bioacumuladoras al tolerar su presencia y acumularlo en su estructura, dando paso a la bioconcentración a través de la cadena trófica. La fitoextracción o fitoacumulación consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas (Delgadillo et al. 2011).

De los 13 metales pesados analizados, en el caso del Arsénico se tiene como referencia los análisis que se encuentran en el Anexo n.º 2 donde se observan dos estudios en diferentes años, uno en 1985 por Luis Salazar en donde el valor de este metal varía en las muestras entre 160 a 526 ppm y en el año 2013 en la entonces concesión Aurora Patricia su valor era de 1477 ppm, en la muestra actual este metal tiene un valor de 367.5 mg/Kg, lo que podemos observar es que el valor de este metal ha estado por encima del ECA para Suelo 2017-Uso suelo Agrícola cuyo valor es 50 mg/Kg (D.S. N° 011-2017-MINAM. - Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo) desde hace 35 años, comparando con esta norma ya que se tiene conocimiento que la actividad minera en dicho lugar cesó en la década de los 80, aunque se ve un aumento y después una disminución, este metal ha persistido en el tiempo. En la Figura 9 se observó que las especies *Carex mandoniana* y *Equisetum bogotense* del pasivo ambiental son fitoestabilizadoras de este metal, se lo puede encontrar en los tallos, no obstante, la mayor concentración se encuentra en la raíz para las dos, sin embargo, la *Muehlenbeckia tamnifolia* se puede ver que tiene la mayor concentración de este metal en las hojas, pero sin valor considerable es decir es excluyente de este metal.

Se puede ver el Anexo n.º 2 que la concentración de Bario en el análisis del 2013 del proyecto Aurora – Patricia era 82 ppm y en la actualidad su concentración es 109.3, sin embargo, estos valores están por debajo del ECA para Suelo 2017 – Uso suelo Agrícola cuyo valor es 750 mg/Kg. De la Figura 11 se puede deducir que las especies no son bioacumuladoras de Bario en condiciones adversas pues existe más de este metal en las tres especies en las extraídas del suelo no contaminado, tanto en el tallo como en la raíz.

La concentración de Cd con respecto del Anexo n.º 2 ha variado muy poco de 5 a 4.31 mg/Kg en la actualidad. En dos de las 3 especies se observa que son fitoextractoras de Cadmio. En el libro de Moreno (2003) nos dice que el cadmio es uno de los metales pesados con más movilidad ambiental, debido a su relativa solubilidad e hidróxidos, por lo tanto, lo convierte en un contaminante cosmopolita. También nos dice que las plantas absorben eficientemente el cadmio, el pH del suelo es el factor más importante en la absorción por las plantas, los medios ácidos favorecen la solubilización y su absorción, por el contrario, los suelos alcalinizados disminuyen su biodisponibilidad. Por el contrario, la especie *Muehlenbeckia tamnifolia* se muestra fitoextractora, pero en otras condiciones pues en el pasivo ambiental no muestra concentración de este metal.

Las concentraciones de Cromo en las plantas no muestran una fitoextracción de este en sus tejidos vegetales, estando en todos los casos por poco por encima de cero. En el caso de la concentración del cobre se tienen valores de su concentración desde 1985 Anexo n.º 2 donde varía entre 57 y 87 y en el 2013 es de 87 ppm, actualmente siendo 94.5 mg/Kg. Moreno (2003) nos dice que la distribución del cobre en los suelos no es muy sensible al efecto del pH que la de otros metales, también forma enlaces fuertes con la materia orgánica, por lo que tiende a asociarse con los limos y la fracción fina de los sedimentos, asimismo adsorbe a las arcillas, óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso. Esto quiere decir que este metal tiene poca movilidad en el suelo, por lo cual en las plantas no sobrepasa a los valores de las muestras del suelo, no obstante, se puede ver que la especie *Equisetum bogotense* es la más fitoextractora de este metal, teniendo su mayor contenido en la raíz al igual que la *Carex mandoniana*, por otro lado, la *Muehlenbeckia tamnifolia* extrae este metal, pero en muy bajas cantidades.

Se puede observar que las especies *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana* son fitoextractoras de Hierro, pero la *Carex mandoniana* en mayor medida sobretodo en sus raíces, es decir también puede estar fitoestabilizando, por el contrario, la *Muehlenbeckia tamnifolia* extrae este metal, pero en muy bajas cantidades.

Los valores de concentración de Mercurio en las especies del pasivo ambiental son de baja concentración, pero en este caso se puede ver que la *Carex mandoniana* está fitoestabilizando y la *Equisetum bogotense* y *Muehlenbeckia tamnifolia* están fitoextrayendo, no obstante, se tiene un valor de 0.2 mg/Kg en el tallo de *Carex mandoniana* del suelo no contaminado. El mercurio, cuando llega a la naturaleza y ha transcurrido un tiempo, es transformado a metilmercurio (CH_3Hg^+), el metilmercurio, al igual que otros compuestos organometálicos, es liposoluble, y, en consecuencia, presenta una elevada toxicidad, puesto que puede atravesar fácilmente las membranas biológicas (Posadas, M. y Arroyave, M., 2006). Esto puede producir deficiencias en la síntesis de la clorofila. Por lo tanto, esto puede repercutir en la capacidad de realizar la fotosíntesis y afectar el crecimiento de las plantas, lo que al final puede llevar a su muerte. Moreno (2003) nos dice que su adsorción se ve influida por el pH y el contenido de materia orgánica, si es inferior a 3 aumenta su volatilización y si es mayor a 4 se adsorbe a los materiales húmicos y sesquióxidos del suelo. Es un metal de poca movilidad.

Las concentraciones de Magnesio y Manganeso varían de igual forma tanto para las especies extraídas del suelo del pasivo ambiental como del no contaminado, ya que son parte de oligoelementos necesarios para su desarrollo. En el caso del Mg de 114 a 451 mg/Kg y en el Mn varía mucho más de 1.47 a 750.89, el valor más alto se

encuentra en la hoja de la *Muehlenbeckia tamnifolia* extraída del suelo no contaminado.

La concentración de Níquel con respecto del Anexo n.º 2 ha variado de 7 a 2.59 mg/Kg en la actualidad. Algunos metales como el Ni, que puede llegar a ser menos adsorbidos en suelos, puede ser fácilmente adsorbido por las plantas y ser ligeramente tóxico para las mismas, siendo un elemento móvil en los tejidos de las plantas, se acumulan preferiblemente en las hojas y en las semillas (Corinne et al., 2006, pp. 596-605). Según Moreno (2003) la movilidad y disponibilidad de este metal se ve limitada por los suelos ácidos y tiene una tendencia baja de bioconcentración y biomagnificación (p. 50). Siendo la especie que más extrae este metal la *Equisetum bogotense* en su raíz y después la *Carex mandoniana* por igual en sus tejidos, por otro lado, no se tiene valor para este metal en la *Muehlenbeckia tamnifolia*, no obstante, está extrayendo en su hoja, pero del suelo no contaminado.

Las especies que están fitoextrayendo plomo del suelo del Pasivo ambiental son *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana* con mayor concentración en sus raíces. Moreno (2003), nos dice que el plomo se adsorbe fuertemente a los suelos y sedimentos, especialmente a las arcillas, limos y óxidos de hierro y manganeso; su biodisponibilidad del plomo para las plantas se ve dificultada por la adsorción de este metal en la matriz del suelo, pero aumenta a medida que disminuye el pH y el contenido en materia orgánica del suelo.

En el caso del Zinc es el único metal que está en más abundancia en el tallo con respecto a la raíz, fitoextrayendo en mayor cantidad la especie *Equisetum bogotense*. Según Moreno (2003) la movilidad de este metal aumenta cuando desciende el pH, ya

que aumenta su solubilidad y el grado de disociación de los complejos, las plantas no concentran el Zinc a niveles superiores a los encontrados en los suelos en que crecen. De acuerdo a Ortega C. (2006) las alteraciones fisiológicas, por mercurio y cadmio, en las plantas que analizó (*Medicago sativa*) fueron: inhibición del crecimiento, formación de peróxido de hidrógeno, peroxidación de lípidos, cambios en las concentraciones de GSH y homoglutation (hGHS), actividad de las enzimas antioxidantes y muerte celular. Es decir que se han generado radicales libres al exponer las especies a ese tipo de metales, en el caso de las 3 especies herbáceas extraídas del pasivo ambiental se observó una diferencia de tamaño con las que se extrajeron del suelo no contaminado, eran más pequeñas que las otras. Según Choksi et al. (2004) indican que la fuga de electrones de los complejos de la cadena respiratoria y la posterior formación de ROS puede causar daños a subunidades complejas específicas y contribuir a la acumulación a largo plazo de la disfunción mitocondrial. Como dice Carvajal, C. (2019) un balance entre la producción de los ROS y su remoción permite una función celular normal, mientras que un desequilibrio causa estrés oxidativo con consecuencias patológicas. Por lo cual las especies que generan radicales libres van a tener problemas en diferentes escalas de sus tejidos. No obstante, las especies desarrollan como defensa sustancias antioxidantes, (Nuñez et al. 2006). Lo anterior quiere decir que hay especies que se adaptan cuando están expuestas a metales pesados, como las analizadas en el pasivo ambiental. García et al (2002) nos dicen que existe una relación muy fuerte entre las plantas que tienen capacidad antioxidante y su actividad antiinflamatoria. Por ejemplo, la especie *Equisetum bogotense* o “Cola de caballo” por su nombre común es conocida por sus propiedades medicinales. Se utiliza como hemostático, antiséptico, infuso contra cálculos vesicales y renales, también es diurético, tiene actividad antitumoral en la leucemia, astringente en disenterías y

antiguamente se empleaba para limpiar la plata (Navas, 1976; Restrepo, M. et al. 2005).

Los resultados del Factor de bioconcentración (BCF) en el caso del cociente de las especies herbáceas y el suelo del pasivo ambiental son menores a 1 tanto para el BCFraíz y BCFAérea en todas las especies, esto quiere decir que las plantas son excluyentes, no obstante para los cocientes de la especies herbáceas con el suelo no contaminado se tiene que la *Carex mandoniana* tiene un factor de bioconcentración mayor a 1 tanto en la parte aérea como en la raíz, por lo tanto esta especie es acumuladora de Bario pero en condiciones no adversas. En el caso del Factor de traslocación, los cocientes resultantes de la parte aérea entre la raíz de las especies herbáceas extraídas del Pasivo Ambiental nos da lo siguiente: *Equisetum bogotense* traslada eficazmente metales como Ba, Hg, Mn y Zn siendo hiperacumuladora de estos en la parte aérea, no obstante los otros 9 metales dan menor a 1 lo que quiere decir que es fitoestabilizadora para Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Ni, Pb; la especie *Carex mandoniana* es hiperacumuladora de Mg, Mn y Zn y es fitoestabilizadora para Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb; para la especie *Muehlenbeckia tamnifolia* es hiperacumuladora de Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mg, Pb, Zn y los demás metales como As, Cd y Ni no están siendo acumulados, esto quiere decir que hay más metales en su parte aérea que en su raíz. Los cocientes resultantes de la parte aérea entre la raíz de las especies herbáceas extraídas del Suelo No Contaminado nos da lo siguiente: *Equisetum bogotense* traslada eficazmente metales como Ba, Fe, Zn siendo hiperacumuladora de estos en la parte aérea, no obstante los otros 10 metales dan menor a 1 lo que quiere decir que es fitoestabilizadora para Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb; la especie *Carex mandoniana* es hiperacumuladora de Mg, Mn y Cr y es fitoestabilizadora para Al, As, Ba, Cd, Zn, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb; para la especie

Muehlenbeckia tamnifolia es hiperacumuladora de Al, As, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Mg, Ni, Pb, Zn y los demás metales como Cr y Hg son fitoestabilizados. Cumpliéndose en los dos casos que las especies *Equisetum bogotense* y *Carex mandoniana* son más fitoestabilizadoras y la *Muehlenbeckia tamnifolia* es más hiperacumuladora. Medina y Montano (2014) obtuvieron que utilizando el BCF y TF una especie era más eficiente de las 4 analizadas, el *Juncus arcticus* Willd era mejor en la extracción y translocación de Zn, Mn, Cd y Ni.

En la correlación entre las especies herbáceas y el suelo del pasivo ambiental se tiene que la que tiene mayor relación entre estas las variables es la especie *Carex mandoniana* (0.995) y le sigue la especie *Equisetum bogotense* (0.975), por otro lado la especie *Muehlenbeckia tamnifolia* tiene una relación inversa negativa con -0.005, lo mismo pasa en la relación con el suelo no contaminado pero con coeficientes con menor valor, es decir tienen más relación los valores de los metales de las especies herbáceas del pasivo ambiental con el suelo del pasivo ambiental. Dávila y Walter (2018) nos muestra que la especie *Carex pichinchensis* tiene un coeficiente de 0.986, en su correlación con el suelo del pasivo ambiental, lo que significará que esta especie sería la que tiene una mejor relación entre la concentración de los metales provenientes del suelo y los metales en la planta. En la Tabla 11 se puede ver que los metales pesados de las especies y el suelo del pasivo ambiental tienen una alta relación entre ellos y en la Tabla 12 que los metales de las especies herbáceas y el suelo no contaminado tienen poca relación entre ellos.

4.2. Conclusiones

- Determinamos la capacidad de fitoextracción de metales pesados en el suelo del pasivo ambiental Aurora-Patricia por las especies herbáceas con mayor valor de importancia para lo cual se utilizaron gráficos de comparación de las mismas especies pero que crecen en un suelo no contaminado, en esto se puede ver que la mayoría de metales se encuentran en mayor cantidad en las especies extraídas del pasivo ambiental; también se ha podido ver esta dependencia en los gráficos de correlación y sus coeficientes; no obstante el Factor de bioconcentración de dichas especies no muestra que sean bioacumuladoras, pero en el Factor de traslocación muestra que los metales pesados si tienen relación entre sus tejidos vegetales.
- Identificamos 42 especies herbáceas, en nuestra área de estudio que fueron 3679.98 m² del Pasivo Ambiental Aurora Patricia, en total 1215 individuos en las 10 parcelas.
- Determinamos como las especies con mayor valor de importancia *Equisetum bogotense* o por su nombre común “Cola de caballo”; *Muehlenbeckia tamnifolia* o "Bejuco colorado", "Anguvena"; *Carex mandoniana* o “Canela”, siendo la especie con mayor valor la especie *Equisetum bogotense*.
- Identificamos que la mayor acumulación de metales pesados de la especie *Equisetum bogotense* es en la raíz estos son Al (381.1), As (11.3), Cd (0.34), Cr (0.48), Cu (31.6), Fe (1002.4), Mg (121.2), Ni (1.37) y Pb (7.14); en el caso de la especie *Carex mandoniana* también se encuentran la mayoría de metales acumulados en su raíz, estos son Al (480.1), As (38.6), Ba (7.2), Cd (0.41), Cr (0.58), Cu (22.5), Fe (2071.6), Ni (0.58), Pb (10.23); en la *Muehlenbeckia tamnifolia* se observa que acumula metales tanto en el tallo como en la hoja, pero

un poco más en tallos, estos son Ba (0.9), Hg (0.2), Mn (37.34), Pb (0.16), Zn (4.9).

- Establecemos que la correlación entre la concentración de metales de las especies herbáceas y el suelo del pasivo ambiental se obtuvo que la que tiene mayor relación entre estas las variables es la especie *Carex mandoniana* (0.995) y le sigue la especie *Equisetum bogotense* (0.975), por otro lado, la especie *Muehlenbeckia tamnifolia* tiene una relación inversa negativa con -0.005, los metales pesados de las especies y el suelo del pasivo ambiental tienen una alta relación entre ellos.
- Determinamos que los resultados del Factor de bioconcentración (BCF) en el caso del cociente de las especies herbáceas y el suelo del pasivo ambiental son menores a 1 tanto para el BCFraíz y BCFaérea en todas las especies, esto quiere decir que las plantas son excluyentes. En el caso del Factor de Traslocación, la especie *Equisetum bogotense* traslada eficazmente metales como Ba, Hg, Mn y Zn siendo hiperacumuladora de estos en la parte aérea, no obstante los otros 9 metales dan menor a 1 lo que quiere decir que es fitoestabilizadora para Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Ni, Pb; la especie *Carex mandoniana* es hiperacumuladora de Mg, Mn y Zn y es fitoestabilizadora para Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb; para la especie *Muehlenbeckia tamnifolia* es hiperacumuladora de Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mg, Pb, Zn y los demás metales como As, Cd y Ni no están siendo acumulados, esto quiere decir que hay más metales en su parte aérea que en su raíz.

REFERENCIAS

- Aiteco consultores. (s.f.). *Diagrama de Dispersión: Relación entre variables*. Recuperado de <https://www.aiteco.com/diagrama-de-dispersion/>
- Amat, J. (2016). *Correlación lineal y regresión lineal simple*. Recuperado de https://www.cienciadedatos.net/documentos/24_correlacion_y_regresion_lineal
- Armendáris, E. J. (2016). Áreas naturales protegidas y minería en México: Perspectivas y recomendaciones. Tesis doctoral. México: CINBOR.
- Becerril, J., Barrutia, O., García, J., Hernández, A., Olano, J., y otros. (2003). Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación. *Ecosistemas, volumen (16)*, 1-6.
- Campo, A., y Duval, V. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihue Calé (Argentina). *Revistas UCM*, 18.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (2001). Canadian Environmental Quality Guidelines. Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. Recuperado de https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/index.html
- Carvajal, C. (2019). Especies reactivas del oxígeno: formación, función y estrés oxidativo. *Medicina Legal de Costa Rica*. 36(1). Recuperado de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152019000100091
- Chaney, R. (1983). Potencial effects of waste constituents on the food chain In: Land treatment of hazardous wastes. México: Escuela Nacional de Agricultura Chapingo.

- Cherian, S., y Oliveira, M. (2005). *Transgenic plants in phytoremediation: recent advances and new possibilities. Environmental Science & Technology*. 39: 9377-9390.
- Cho, C., Yavuz-Corapcioglu, M., Park, S., y Sung, K. (2008). *Effects of Grasses on the Fate of VOCs in Contaminated Soil and Air*. *Water, Air, & Soil Pollution*. 187:243-250.
- Chosky, K., Boylston, W., Rabek, J., Widger, W., y Papaconstantinou, J. (2004). Oxidatively damaged proteins of heart mitochondrial electron transport complexes, *Science Direct*, Volume 1688, Issue 2, 95-101. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925443903001881>
- Comunidades. (2004). *Ecología de Comunidades y Sistemas*.
- Concon, J. (2009). Heavy metals in food. In: *Food Toxicology, Part B: Contaminants and Additives*. New York, Dekker. 3(4). p. 1043-1045.
- Corinne P., y Rooney, Fang-Jie Zhao, Steve P. McGrath. (2006). Phytotoxicity of nickel in a range of European soils: Influence of soil properties, Ni solubility and speciation. *Environmental Pollution*. pp. 596-605.
- Cuentas, M. (2001). *La Minería Peruana y sus Recursos*. Puno: Facultad de Ingeniería de Minas – FIM.
- Dávila, N., y Walter, L. (2018). *Capacidad Fitorremediadora De Las Especies De Flora Herbácea Silvestre Con Mayor Valor De Importancia En La Zona De Pasivos Mineros El Sinchao, Distrito De Chugur, Provincia De Hualgayoc, Cajamarca – Perú 2017* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Defensoría del Pueblo. (2018). *Reporte de Conflictos Sociales* (N.º 167). Recuperado de <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2018/02/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N-167-Enero-2018.pdf>

- Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J. y Acevedo, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*. 4(2). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002
- Díaz, L. (2011). *La observación*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología.
- Eapen, S., Singh, S., y D'Souza, S. (2007). *Advances in development of transgenic plants for remediation of xenobiotic pollutants*. *Biotechnology Advances*. 25:442-451.
- Environmental Law Institute. (2000). *Prevención de la Contaminación Minera: Propuesta de un Marco Común para las Américas*. Washington, DC. Recuperado de: https://www.eli.org/sites/default/files/eli-pubs/d10_02s.pdf.
- Espinoza, E. (s.f.). *Métodos y Técnicas de recolección de la información*. Recuperado de <http://www.bvs.hn/Honduras/Embarazo/Metodos.e.Instrumentos.de.Recoleccion.pdf>
- Eróstegui, C. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*. 12 (1). Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332009000100013
- García, L., Rojo, D., García, L. y Hernández, M. (2002). Plantas con propiedades antiinflamatorias. *Rev Cubana Invest Bioméd*. 21(3), 214-216. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403002002000300012&lng=es.

Hartman, H. (1992). *SME Mining Engineering Handbook*. Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración, Vol.2. Recuperado de: <https://www.worldcat.org/title/sme-mining-engineering-handbook/oclc/300912068>

Kabata, A., y Pendias, H. (2001). *Trace elements in soils and plants*. Press, Florida: CRC.

Kelley, C., Gaither, K., Baca-Spry, A., y Cruickshank, B. (2000). *Incorporation of phytoremediation strategies into the introductory chemistry laboratory*. *Chem Educator*. 5:140-143.

Ley N° 28271. (2004). Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28271.pdf>

LFU-MERKBLATT. (2010). *Probenahme von Boden und Bodenluft bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und BodenGewässer*, Vol. 3.8/4. Alemania: Stand: 15

(Martella, M.B., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, P., Bazzano, G., & Gleiser, R. (31 de Enero de 2012). *Manual de Ecología Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres*. Obtenido de REDUCA (BIOLOGÍA): Recuperado de <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/905/918>.

Medina, K., y Montano, Y. (2014). *Determinación del factor de bioconcentración y traslocación de metales pesados en el *Juncus arcticus* Willd. y *Cortaderia rudiusscula* Stapf, de áreas contaminadas con el pasivo ambiental minero alianza - Áncash 2013* (tesis de pregrado). Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación – Ministerio para la Transición Ecológica. (s.f.). Metales pesados. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y->

evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales_pesados.aspx

Ministerio del Ambiente. (2013). Diálogos ambientales con la Prensa, minería ilegal.

Recuperado de: http://www.minam.gob.pe/prensa/wp-content/uploads/sites/44/2013/12/dialogo-con-la-prensa-2_Minereia_ilegal.pdf

Ministerio del Ambiente. (2014). Guía para el muestreo de suelos. Lima: MAVET IMPRESIONES E.I.R.L.

Ministerio del Ambiente. (2015). Guía de inventario de la flora y vegetación. Lima: Ministerio del Ambiente. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.

Ministerio del Ambiente. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. *El Peruano*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>

Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (1991). Código penal del –Perú: Art. 307-A. pp. 191. Recuperado de: http://spij.minjus.gob.pe/content/publicaciones_oficiales/img/CODIGOPENAL.pdf

Ministerio de Minería. (2018). Plan de Trabajo 2019 Comisión Chilena del Cobre. Recuperado de: <https://www.cochilco.cl/Informes%20de%20Gestin%20Institucional/BGI%202018%20VF.pdf>

Miretzky, P., Saralegui, A., y Fernández-Cirelli, A. (2004). *Aquatic macrophytes potential for the simultaneous removal of heavy metals (Buenos Aires, Argentina)*. *Chemosphere*. 57: 997-1005.

- Moreno, M. (2003). Toxicología ambiental: Evaluación de riesgo para la salud humana. Antonio García Bage.
- Muñoz, V. (2013). Ventajas y desventajas de la fitorremediación. Recuperado de <http://colaboraconambien.blogspot.com/2013/03/ventajas-y-desventajas-de-la.html>
- Navas, L. (1976). *Flora de la Cuenca de Santiago*. Andres Bello (Vol. 2, pp. 48). Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=Q43eZGV4-wYC&hl=es&source=gbs_navlinks_s.
- Núñez, R., Garateix, A., Laguna, A., Fernández, M., Ortiz, E., Llanio, M., y otros. (2006). *Caribbean marine biodiversity as a source of new compounds of biomedical interest and others industrial applications*. *Pharmacologyonline*. 3. 111-119. Recuperado de <https://www.oceandocs.org/handle/1834/3649>.
- Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú. (2018). *Reporte Primer Semestre 2018*. Recuperado de <https://theoffice.pe/wp-content/uploads/Revista%20Informe%20de%20Conflictos%20Mineros%20VII.pdf>
- Ortega, C. (2006). *Caracterización de respuestas de estrés oxidativo inducidas por Cadmio y Mercurio en plantas. Una metodología de estudio a tiempos cortos* (tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/2552?show=full>.
- Pantoja, F. (2000). *Tecnologías apropiadas para disminuir la contaminación ocasionada por mercurio en la minería del oro*. Recuperado de: <http://www.gama-peru.org/jornada-hg/pantoja.pdf>.
- Pérez, E. (2015). *Acumulación de Metales Pesados en Plantas Nativas en Relaves de los Pasivos Ambientales de la Mina Cercapuquio S.A., Chongos Alto, Chupaca* (tesis de maestría). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

- Posada, M., y Arroyave, M. (2006). *Efectos del mercurio sobre algunas plantas acuáticas tropicales*. Revista EIA. 6. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372006000200006.
- Puga, S., Sosa, M., Toutcha, L., Quintana, C., y Campos, A. (2006). *Contaminación por Metales Pesados en Suelo provocada por la Industria Minera*. doi: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v5i1-2.329>
- Restrepo, M., Quintero, P., y Fraume, N. (2005). *El milagro de las plantas: aplicaciones medicinales y orofaríngeas: manual*. Editorial San Pablo (Vol. 4, pp.76). Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=ss3tcgKqh_UC&hl=es&source=gb_s_navlink_s_s.
- Saade, M. (2013). *Desarrollo minero y conflictos socioambientales. Los casos de Colombia, México y el Perú*. Santiago de Chile: CEPAL.
- The Plant List* (2013). Versión 1.1. Recuperado de <http://www.theplantlist.org/>
- Universidad Central de Venezuela (2012). *Inventario Florístico y de Malezas*. Estudios de Vegetación.
- Vidal, J., Marrugo, J., Jaramillo., y Pérez, L. (2010). Remediación de suelos contaminados con mercurio utilizando guarumo (*Cecropia peltata*). *Ingeniería y Desarrollo*, 113-129.
- Vivanco, G. (2014). El efecto de la minería ilegal en el Perú: impactos económicos y sociales. *Revista Lidera*. Recuperado de: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/revistalidera/article/view/14760>.

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Mapas del área de estudio en el Pasivo Ambiental

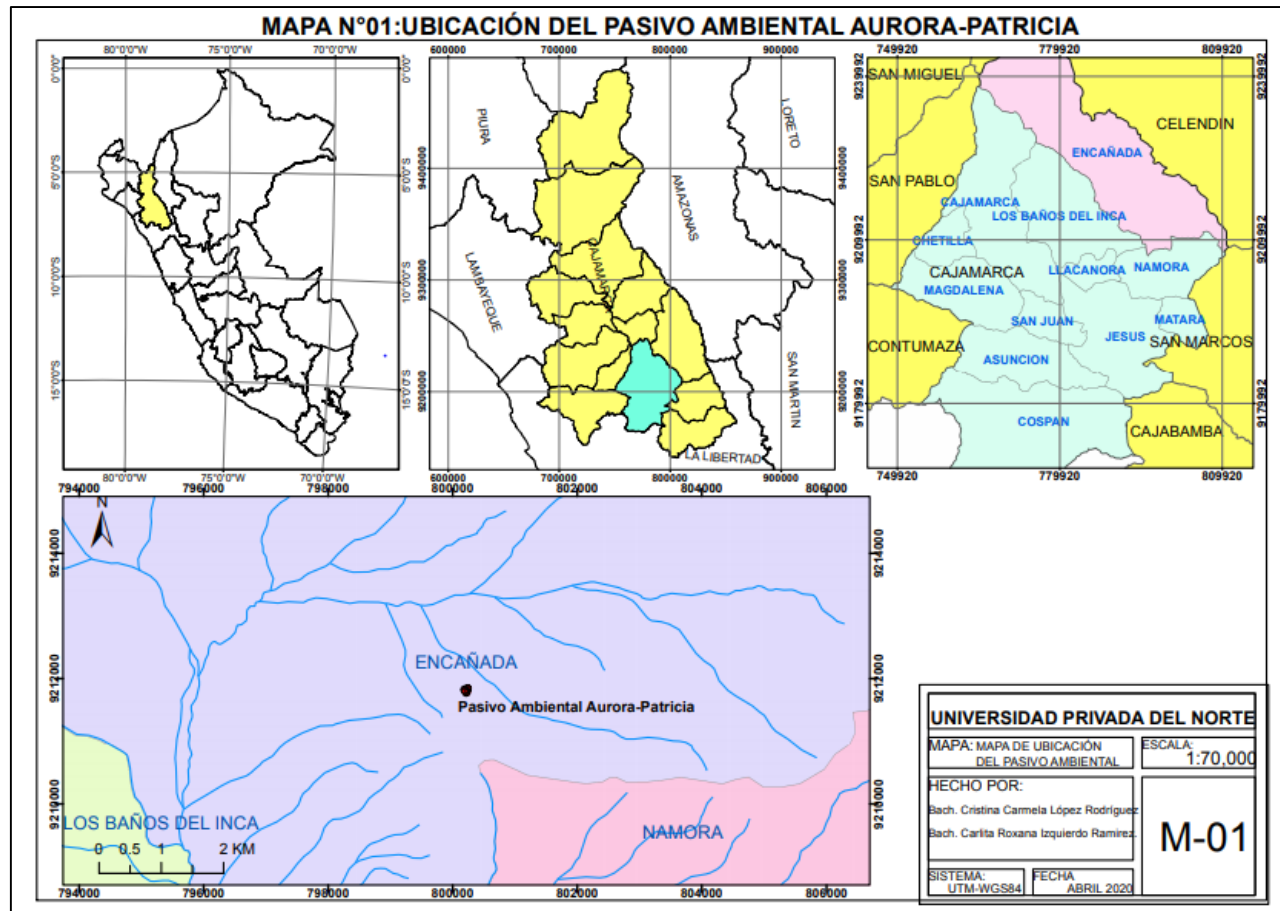


Figura 25. Mapa de Ubicación del Pasivo Ambiental Aurora – Patricia.

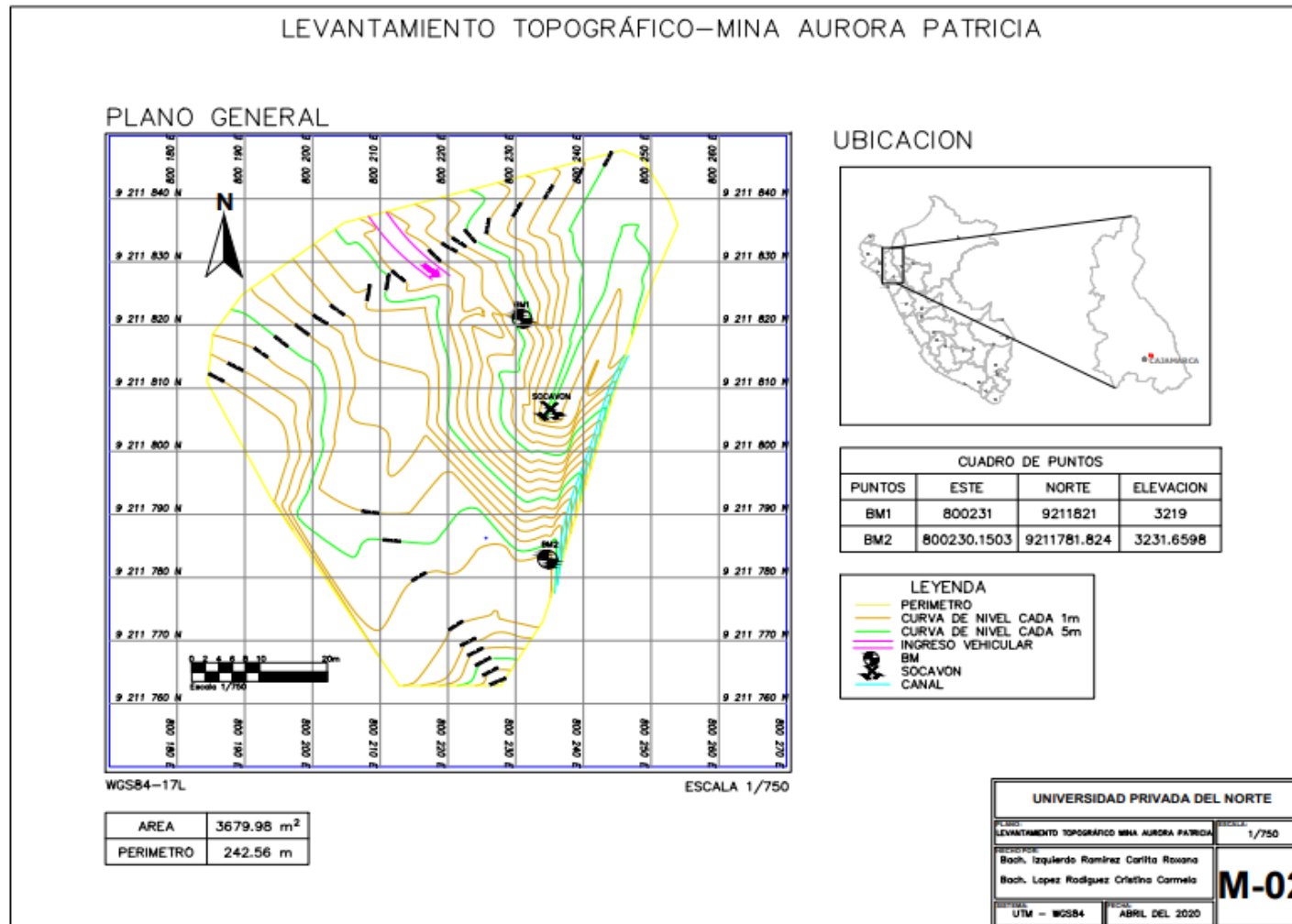


Figura 26. Levantamiento Topográfico – Mina Aurora Patricia.

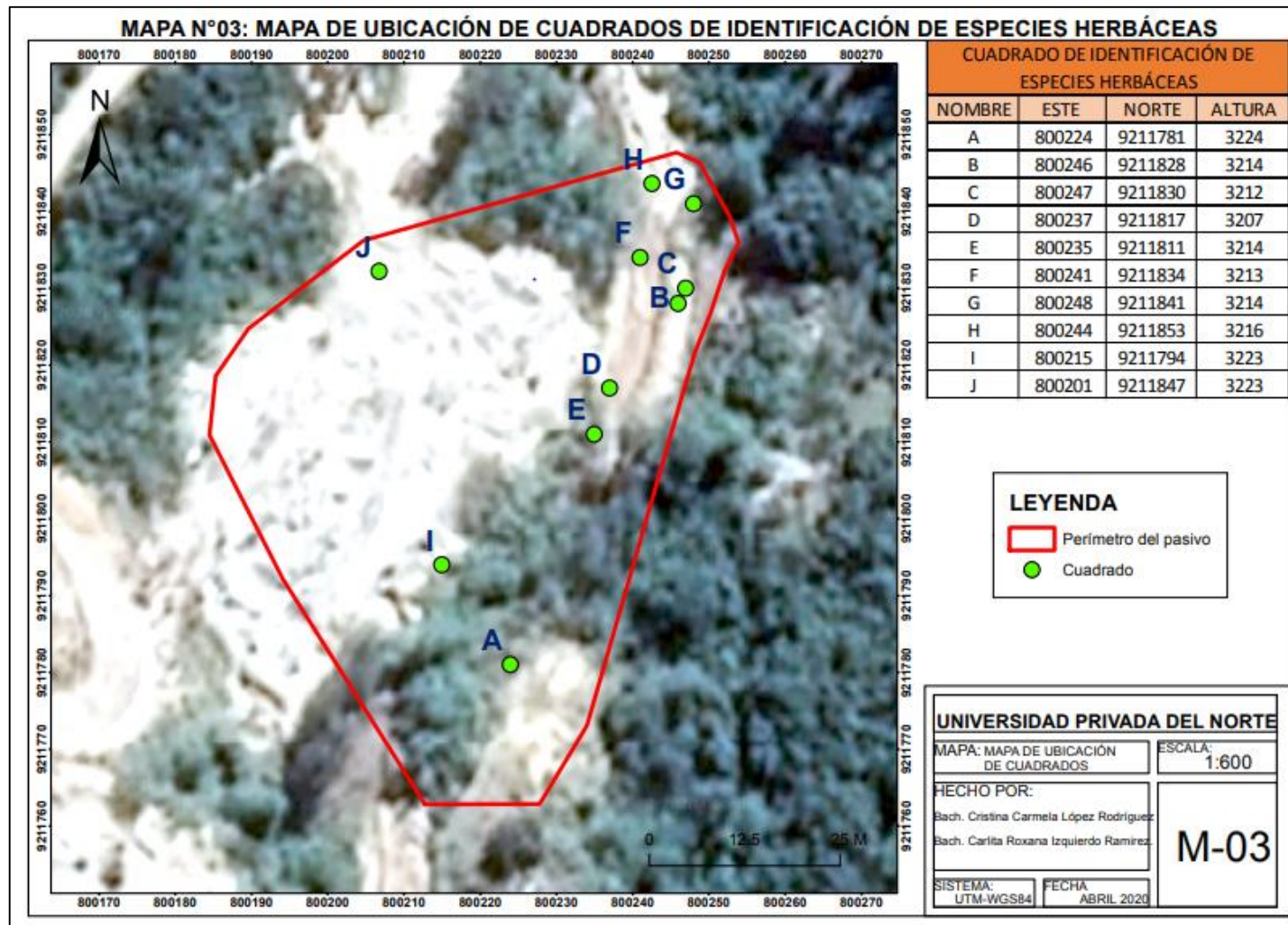


Figura 27. Mapa de Ubicación de Cuadrados de Identificación de Especies Herbáceas.

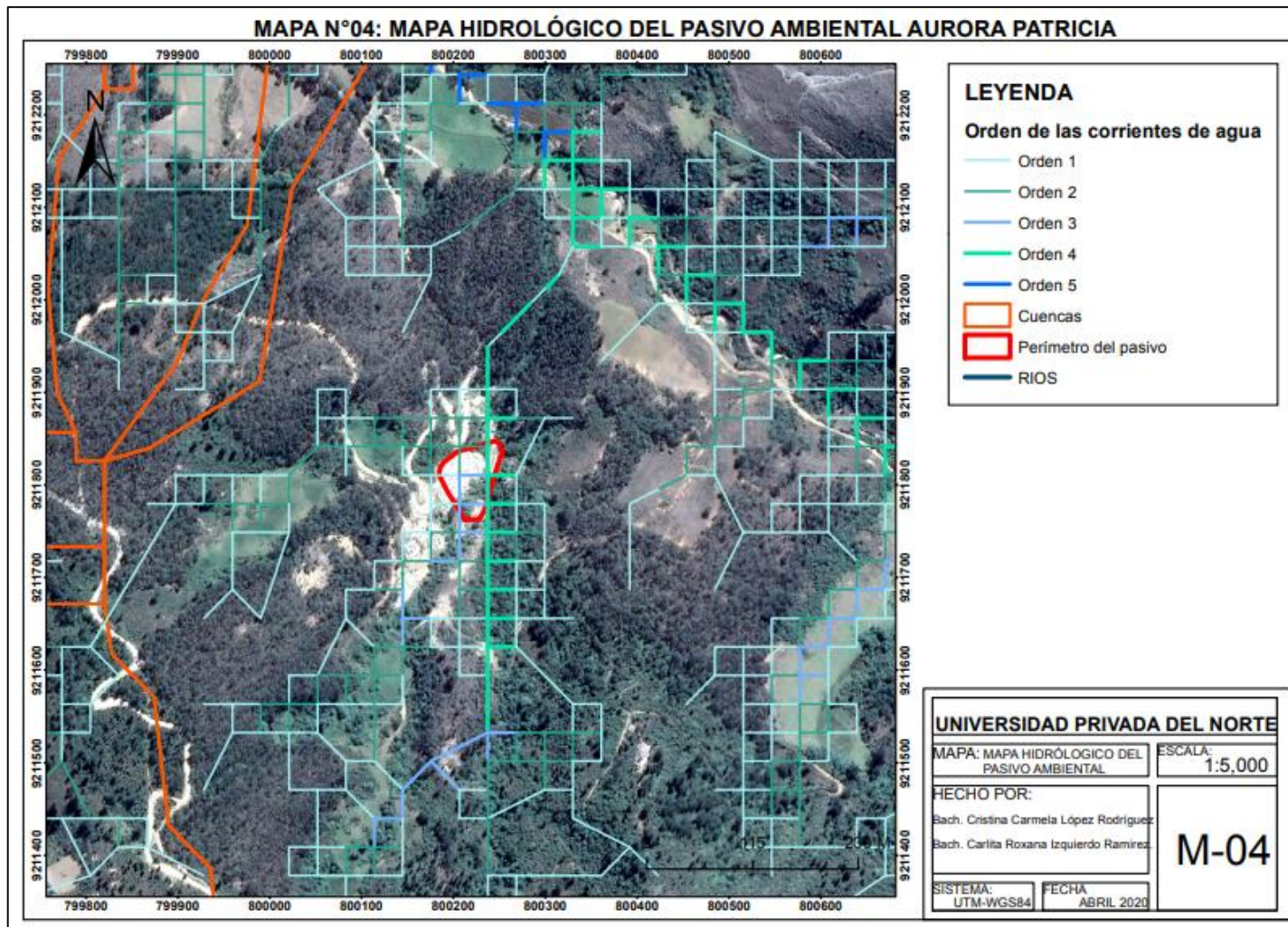


Figura 28. Mapa Hidrológico del Pasivo Ambiental Aurora – Patricia.

ANEXO n.º 2. Estudios geológicos realizados por los ex propietarios de la concesión.

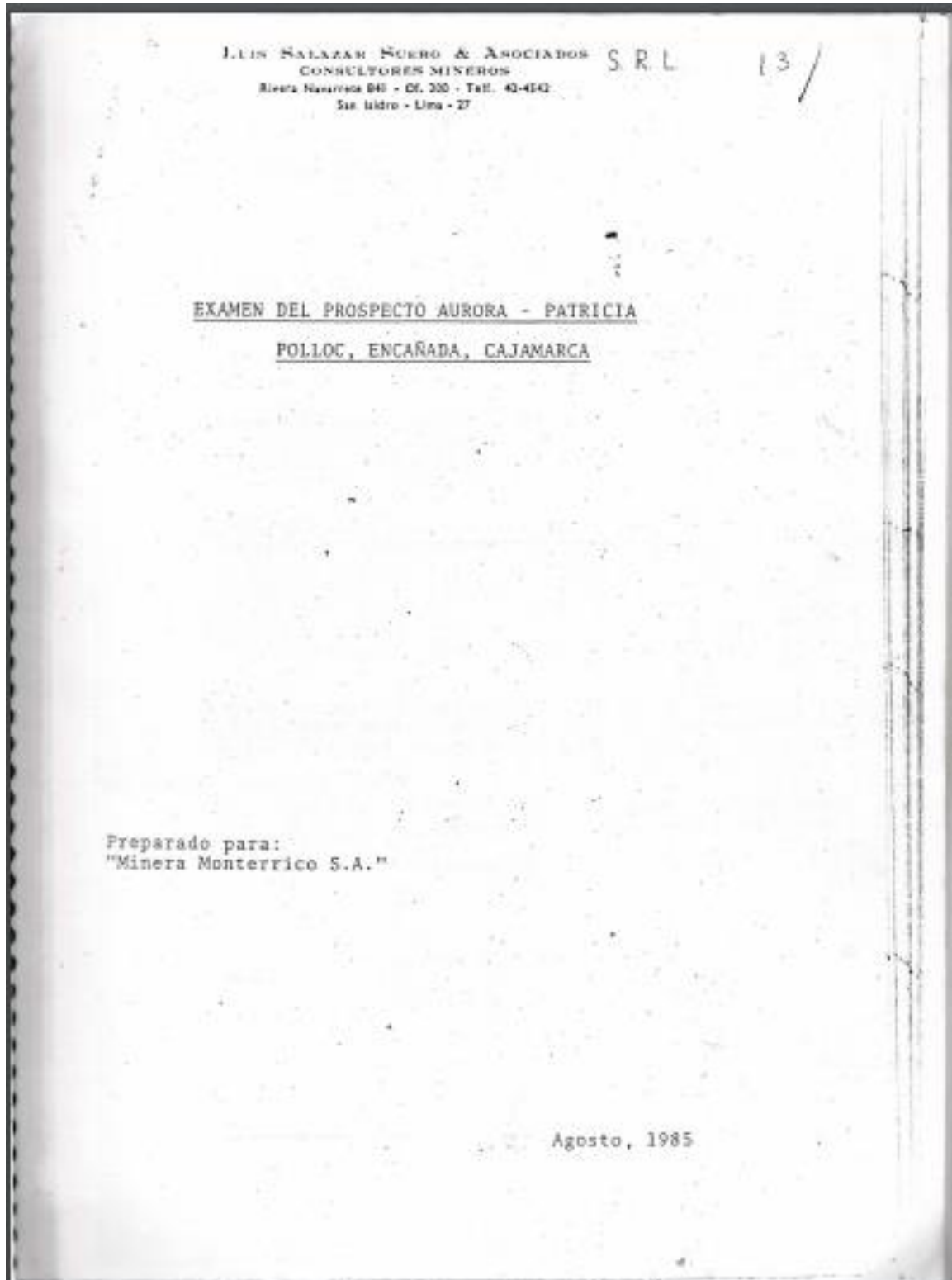


Figura 29. Examen del Prospecto Aurora – Patricia Polloc, Encañada, Cajamarca.

Fuente: Minera Monterrico S.A. 1985.

3. GENERALIDADES

3.1. Ubicación y Acceso

El prospecto Aurora-Patricia está ubicado en la falda norte de los Cerros Quinua y Rinconada del valle de Polloc en el distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, Perú. Se encuentra a una altura sobre el nivel del mar que varía entre 3,150 mts. y 3,350 mts. y a unos 10.0 Kms. en línea recta hacia el S 25°W del yacimiento de Michiquillay, propiedad de Minero Perú S.A.

El área de Aurora-Patricia es bastante accesible desde el puerto de Pacasmayo pasando por Cajamarca, ciudad donde se pueden conseguir provisiones y algunos materiales y que dispone de buen alojamiento y alimentación. El acceso es como sigue: (Ver Lámina No. 1).

<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>DISTANCIA</u>	<u>TIEMPO</u>	<u>TIPO DE CAMINO</u>
Pacasmayo	Cajamarca	197 Kms.	5.00 hrs.	Asfaltado
Cajamarca	Baños del Inca	6 Kms.	0.10 hrs.	Asfaltado
Baños	Desvío a Polloc	23 Kms.	1.30 hrs.	Macadam.
Desvío	Campamento	9 Kms.	0.30 hrs.	Macadam.

3.2. Propiedad Minera

El prospecto Aurora-Patricia está cubierto casi totalmente por las concesiones empadronadas: "Aurora" de 1,000 Hectáreas y "Patricia" de 500 Hectáreas. "Aurora" es propiedad de Minera Monterrico S.A. y "Patricia" de Minera Los Gallos S.A.

3.3. Historia

En el Boletín No. 31 del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú, el Ing. Fermín Málaga Santolalla hace en las págs. 67 y 68 una descripción de la Mina El Gallo que podría interpretarse como correspondiente a las labores derrumbadas y desmontes

Figura 29. Examen del Prospecto Aurora – Patricia Polloc, Encañada, Cajamarca.

Fuente: Minera Monterrico S.A. 1985.

que existen en la concesión "Aurora".

El Ing. Málaga Santolalla indica que "un socavón al que no es posible penetrar por haberse derrumbado"; sin embargo, describe que el filón denominado "El Gallo" se encuentra en un terreno constituido por estratas de areniscas, ... tiene una potencia variable entre 0.20 y 0.80 mts. que en determinados tramos es tan abundante y rico (6.666 Kilogramos de plata y 166 gramos de oro por TM), que se dice que por el año 1821 estuvo en boya". El mineral de la mina descrita por el Ing. Málaga Santolalla, así como otro de El Punre (Boletín No. 32), fueron tratados metalúrgicamente en el Ingenio de la hacienda La Quispa.

Aparentemente las labores fueron rehabilitadas en 1850 por el Sr. Adolfo Bueno, nieto de uno de los propietarios originales. Es probable que se hayan realizado otras rehabilitaciones entre 1850 y 1964; sin embargo, no tenemos información sobre la actividad minera en la zona durante ese período.

En los años anteriores a 1964, don Luis Cacho-Souza y otros, volvieron a dar accesibilidad parcial al laboreo subterráneo pero no encontraron el filón "El Gallo" descrito por el Ing. Málaga Santolalla; con posterioridad a 1964, don Leoncio Lanfranco B. volvió a rehabilitar parcialmente las labores mineras e hizo una red de caminos por casi todo el prospecto para llegar a una serie de cateos y pequeñas labores, red que podría ser rehabilitada fácilmente. El Sr. Lanfranco formó con otros socios las Compañías Minera Monterrico S.A. y Minera Los Gallos S.A., que ahora son los concesionarios.

Recientemente, en Diciembre de 1984, según el informe preparado por B.I.S.A. (Buenaventura Ingenieros S.A.), ellos han realizado por cuenta de los concesionarios la rehabilitación del acceso del Nivel 2805, socavón principal de la concesión Aurora. (Desgraciadamente, no hemos podido examinar este Nivel por encontrarse el acceso nuevamente derrumbado el 9 de abril próximo pasado).

3.4. Informes Anteriores

De la información que hemos revisado, incluyendo

Figura 29. Examen del Prospecto Aurora – Patricia Polloc, Encañada, Cajamarca.

Fuente: Minera Monterrico S.A. 1985.

- 03 -

II. MINERALOGIA

El resumen general de las especies minerales identificadas en tres láminas delgadas y tres secciones pulidas examinadas, es como sigue:

<u>MINERALES</u>	<u>COMPOSICION</u>	<u>OBSERVACIONES</u>
a) <u>Sulfuros:</u>		
Pirita	FeS_2	
Chalcopyrita	$CuFeS_2$	
Arsenopirita	$FeAsS$	
Pirrotita	$Fe_{1-x}S$	
Mercasita	FeS_2	
Galena	PbS	
b) <u>Sulfosales:</u>		
Tetraedrita	$[Cu, Ag]_{10}[Fe, Zn]_2[Sb, As]_4S_{13}$	Aporta los valores comerciales importantes de plata.
c) <u>Oxidos:</u>		
Magnetita	Fe_3O_4	

Figura 29. Examen del Prospecto Aurora – Patricia Polloc, Encañada, Cajamarca.

Fuente: Minera Monterrico S.A. 1985.

Hematita	Fe_2O_3
Rutilo	TiO_2
Limonita	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$
d) <u>No Metálicos:</u>	
Plagioclasa	$(Ca, Na) (Al, Si) AlSi_2O_8$
Cuarzo	SiO_2
Sericita	$KAl_2 (AlSi_3O_{10}) (OH)_2$
Clorita	$(Mg, Fe, Al)_6 (Al, Si)_4 O_{10} (OH)_8$
Calcita	$CaCO_3$
Apatita	$Ca_5 (PO_4)_3 (F, Cl, OH)$
Zircón	$ZrSiO_4$
Esfena o Titanita	$CaTiSiO_5$

Figura 29. Examen del Prospecto Aurora – Patricia Polloc, Encañada, Cajamarca.

Fuente: Minera Monterrico S.A. 1985.

PROYECTO AURORA

PETITORIO	Aurora
TITULAR	COMPAÑÍA MINERA SAN CARLOS SA
Ha	1,000.37 Ha
COMMODITIES	Ag (Au)
UBICACIÓN	Cajamarca; distrito La Encañada

Figura 30. Proyecto Aurora.

Fuente: Minera San Carlos S.A. 2013.

AURORA - PATRICIA

- HISTORIA;** Explotación limitada a algunas Ton de pirita (clasificada)
- GEOLOGÍA;** Rocas cretácicas (cuarcitas, lutitas, margas, calizas), conforman un anticlinal (N 110°), intruido por un stock microdiorítico muy caolinizado (afloramiento parcial); intrusivo con características de pórfido: fenocristales de feldespato, con venillas de cuarzo
- YACIMIENTO;** Stockwork cuarcífero, asociado a intrusivo porfirítico
Yacimiento tipo diseminado de Ag (Au)
- RESERVAS;** La estructura trabajada es una veta de esfalerita (5 cm potencia), asociada a una falla, la salbanda es piritosa rica en plata (10-15 oz/Tn); esta pirita puede estar asociada con Ag - Au
Un análisis del pórfido: 1.60 Ag Oz/T
- LABORES MINERAS;** 8 galerías (mayo 1981; Resumen 1978-80), de las cuales solo 2 son accesibles en aproximadamente 100 m
- RECOMENDACIÓN;** realizar estudios para confirmar su interés económico

BRGM 1981

Figura 30. Proyecto Aurora.

Fuente: Minera San Carlos S.A. 2013.

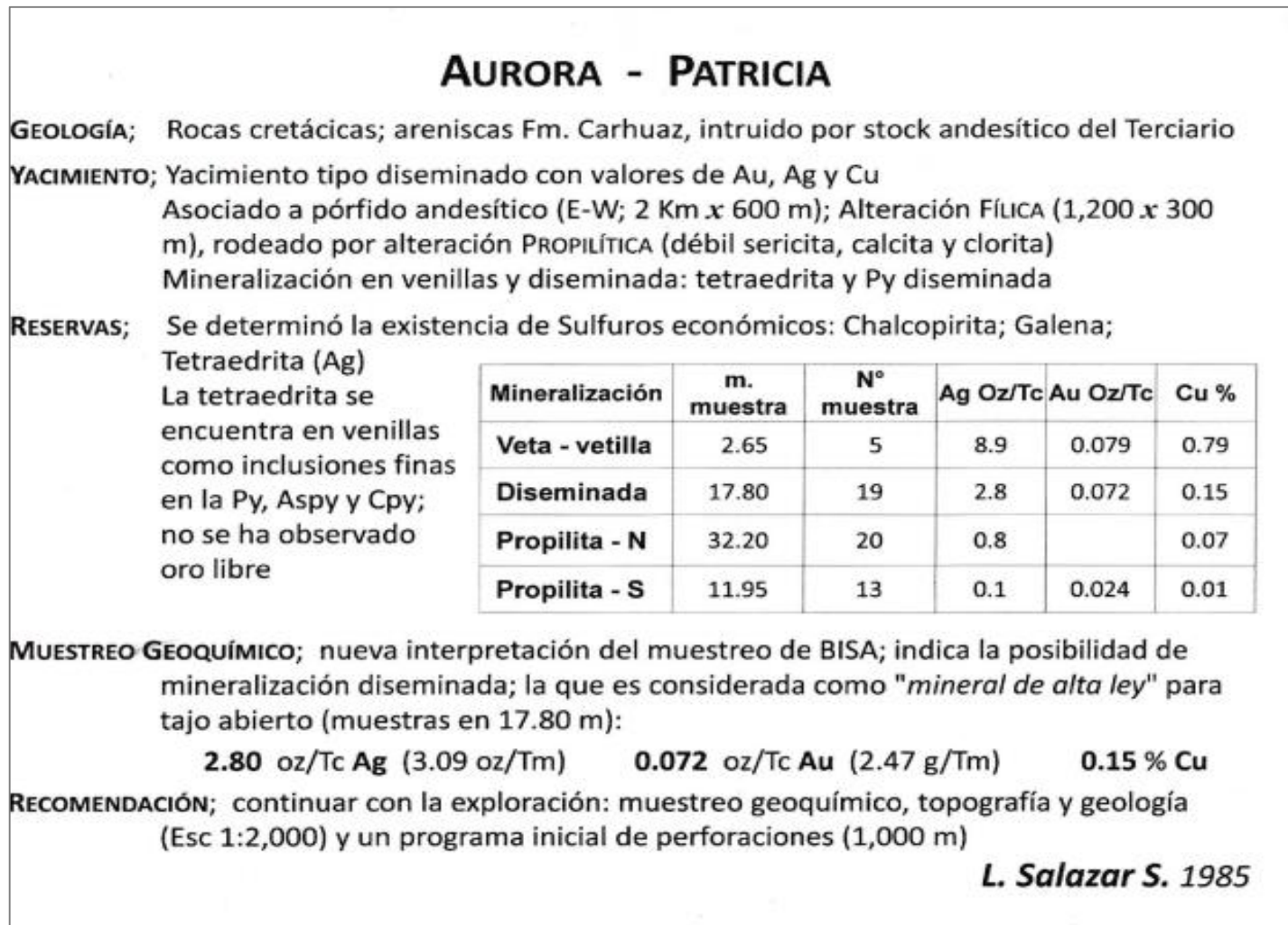


Figura 30. Proyecto Aurora.

Fuente: Minera San Carlos S.A. 2013.

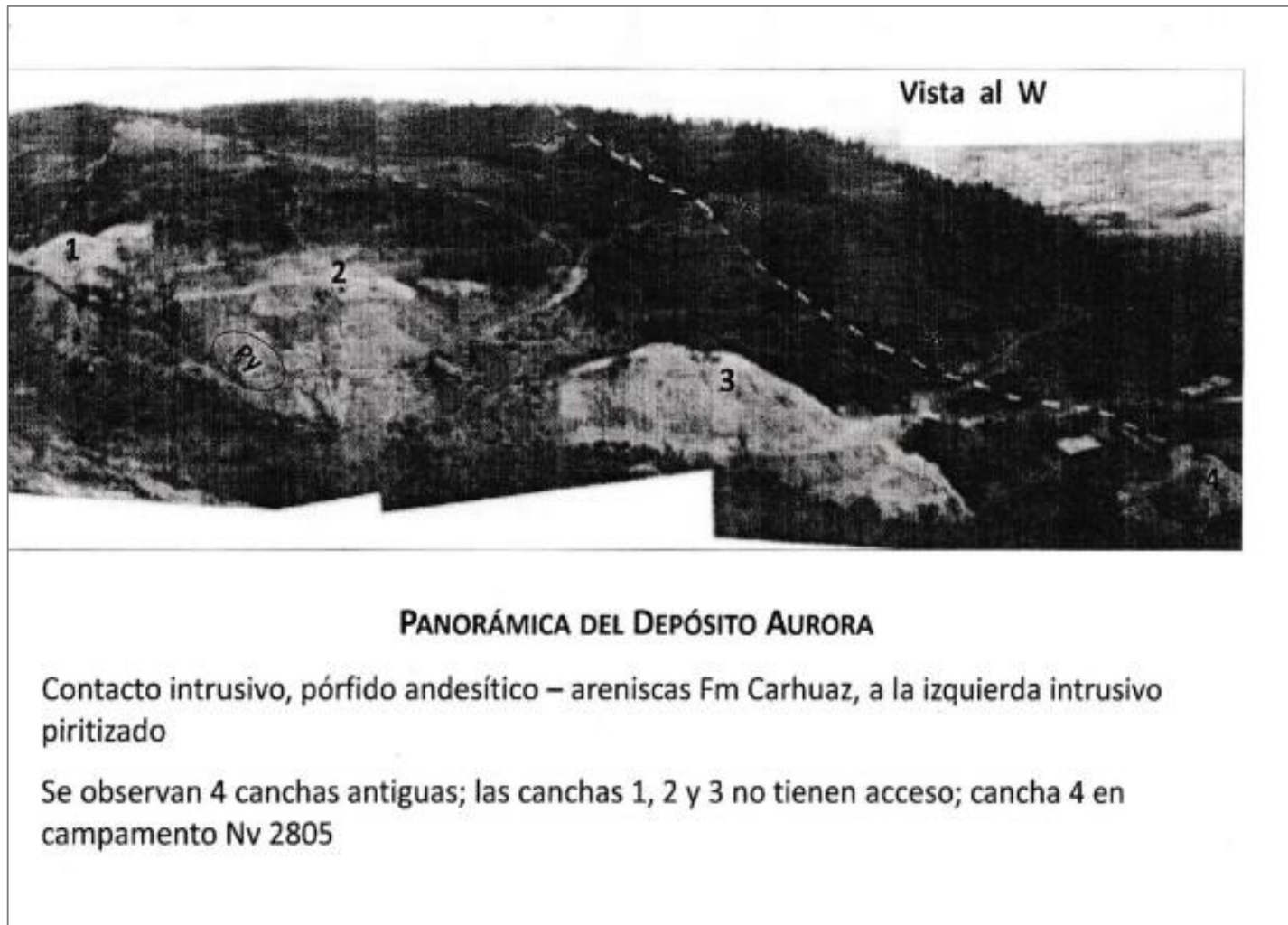


Figura 30. Proyecto Aurora.

Fuente: Minera San Carlos S.A. 2013.

CANCHAS

Hay 4 Canchas ; fueron muestreadas por Fernando Lanfranco (2013) e Ing° L. Salazar (1985)

ANÁLISIS QUÍMICOS - LABORATORIO PLENGE - 16 Abril 2013

Código CHP	Descripción de la Muestra	Ag ppm	Al %	As ppm	Ba ppm	Be ppm	Bi ppm	Ca %	Cd ppm	Co ppm	Cr ppm
7268	MUESTRA-AURORA	298	<0.01	1477	82	1	8	0.51	5	8	4
Código CHP	Descripción de la Muestra	Cu %	Fe %	K %	Mg %	Mn %	Mo ppm	Na %	Ni ppm	P ppm	Pb %
7268	MUESTRA-AURORA	0.06	>5.0	0.47	0.02	<0.01	<5	<0.01	7	242	0.04
Código CHP	Descripción de la Muestra	Sb ppm	Sc ppm	Sn ppm	Sr ppm	Ti %	V ppm	W ppm	Y ppm	Zn %	Zr ppm
7268	MUESTRA-AURORA	918	2	26	23	<0.01	8	4	3	0.10	2

Código CHP	Descripción de la Muestra	Tipo de Ensayo	Elemento	Resultado	Unidad	Rango de Trabajo
7268	MUESTRA-AURORA	Au-Fuego	Au	0.109	Oz/te	0.001 a 300

Muestreo de Canchas LUIS SALAZAR Ab-1985

No. Muestra	Au (PPB)	Ag (PPM)	As (PPM)	Cu (PPM)	
105	750	8	160	57	- Superficial
106	750	18	150	69	- 10 cms. debajo
107	2810	260	526	87	- Fondo de 3 canales más profundos.

Figura 30. Proyecto Aurora.

Fuente: Minera San Carlos S.A. 2013.

RESUMEN DE TRABAJOS GEOLOGICOS REALIZADOS EN EL PROYECTO AURORA/PATRICIA.

El Proyecto Aurora/Patricia es un diseminado de oro/cobre/plata en un cuerpo alongado de 1200 a 1800 mt. de longitud orientando en una dirección EW y 300 a 400 mts. en una dirección N-S que mayormente coincide con un intrusito andesítico.

Los siguientes son los trabajos y referencias relacionadas con el área.

1. En el Boletín N°31 del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú (1905) el Ing. Fermín Málaga Santillana hace una breve descripción del socavón “El Gallo” ubicándolo dentro de la zona del Proyecto. Málaga Santolalla hace reporta una veta con 0.20 a 0.80 mts. de potencia con leyes de hasta 60.7 kgs. De plata y 166 gramos de oro.
2. BISA (Buenventura Ingenieros S.A.) prepara en 1984 un informe para el Banco Minero del Perú sobre la rehabilitación de 290 mts. del nivel 2805, socavón principal de la Concesión Aurora, donde en base a 60 muestras cubicó más de 5000 toneladas con 3.78.03/TC Ag 0.05703/TC Au y 0.22% Cu.
3. En 1985 Luis Salazar Suero y Asociados Consultores Mineros S.A.C, realiza un geológico preliminar a solicitud del Señor Leoncio Lanfancro Barrios y con la colaboración de los Ingenieros Guillermo Barba y Luis de Montreuil define al yacimiento del Proyecto como un diseminado de oro/plata y cobre indicando que la mineralización principal se encuentra en vetillas pero también en diseminaciones.
4. En 1995 Minera ABX Exploraciones S.A., realiza un estudio en dos etapas con resultados conflictivos en la interpretación de los resultados de muestras de suelos y rocas en las dos etapas y decide discontinuar el proyecto.
5. Finalmente en 1997, North Compañía Minera S.A. realiza un estudio geológico complementado con un Informe Geofísico del Ing. José Arce y tres perforaciones RCD.

Lamentablemente, las tres perforaciones de North no se hicieron en el área recomendada por Salazar y Barba ni tampoco en la anomalía de baja intensidad magnética definida por Arce.

Con esta información North también discontinuó el Proyecto.

Acompañamos la presente el plano Resumen de Interpretación Modificando el Plano Geológico hecho por North Compañía Minera donde se indica la parte de lo encontrado por los estudios indicados.

LUIS SALAZAR.

Figura 31. Resumen de Trabajos Geológicos realizados en el proyecto Aurora/Patricia.

Fuente: Salazar, L., 1985.

ANEXO n.º 3. Fichas de campo.

FICHA DE CAMPO					
FECHA	27/12/19	NÚMERO DE PARCELA	P1		
HORA DE INICIO	7:00 a.m	COBERTURA (%)	85%		
HORA DE TÉRMINO	8:30 a.m	COORDENADAS UTM			
NOMBRE DEL LUGAR	Aurora - Patricia	NORTE	9211781		
CENTRO POBLADO	Polloc	ESTE	800224		
DISTRITO	Encañada	ALTURA	3224		
PROVINCIA	Cajamarca				
NÚMERO DE ESPECIES ENCONTRADAS	CÓDIGO PARA CADA ESPECIE	NÚMERO DE INDIVIDUOS	COBERTURA (%)	HABITO DE CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
1	A1	10	8	Hierba	
2	A2	8	6	Arbusto	
3	A3	24	20	Hierba	Presencia abundante
4	A4	14	10	Hierba	
5	A5	25	21	Hierba	Presencia abundante
6	A6	9	7	Hierba	
7	A7	7	5	Hierba	
8	A8	12	8	Hierba	

Figura 32. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 1

FICHA DE CAMPO					
FECHA	27/12/19	NÚMERO DE PARCELA	P2		
HORA DE INICIO	8:35 a.m	COBERTURA (%)	75%		
HORA DE TÉRMINO	9:40 a.m	COORDENADAS UTM			
NOMBRE DEL LUGAR	Aurora - Patricia	NORTE	9211828		
CENTRO POBLADO	Polloc	ESTE	800246		
DISTRITO	Encañada	ALTURA	3214		
PROVINCIA	Cajamarca				
NÚMERO DE ESPECIES ENCONTRADAS	CÓDIGO PARA CADA ESPECIE	NÚMERO DE INDIVIDUOS	COBERTURA (%)	HABITO DE CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
1	B1	30	25	Hierba	
2	B2	8	6	Hierba	
3	B3	18	13	Hierba	
4	B4	15	9	Hierba	
5	B5	18	15	Hierba	Parecido al trébol
6	B6	10	7	Arbusto	

Figura 33. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 2

FICHA DE CAMPO					
FECHA	27/12/19	NÚMERO DE PARCELA	P3		
HORA DE INICIO	9:45 a.m	COBERTURA (%)	90%		
HORA DE TÉRMINO	10:30 a.m	COORDENADAS UTM			
NOMBRE DEL LUGAR	Aurora - Patricia	NORTE	9218830		
CENTRO POBLADO	Polloc	ESTE	800247		
DISTRITO	Encañado	ALTURA	3212		
PROVINCIA	Cajamarca				
NÚMERO DE ESPECIES ENCONTRADAS	CÓDIGO PARA CADA ESPECIE	NÚMERO DE INDIVIDUOS	COBERTURA (%)	HABITO DE CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
1	C1	3	1	Arbusto	Presenta mayor cobertura. Hojas punteadas
2	C2	6	3	Hierba	
3	C3	4	1	Hierba	
4	C4	94	78	Hierba	
5	C5	5	3	Hierba	
6	C6	7	4	Hierba	

Figura 34. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 3

FICHA DE CAMPO					
FECHA	27/12/19	NÚMERO DE PARCELA	P4		
HORA DE INICIO	10:40 a.m	COBERTURA (%)	97%		
HORA DE TÉRMINO	11:50 a.m	COORDENADAS UTM			
NOMBRE DEL LUGAR	Aurora - Patricia	NORTE	9211817		
CENTRO POBLADO	Polloc	ESTE	800237		
DISTRITO	Encañada	ALTURA	3207		
PROVINCIA	Cajamarca				
NÚMERO DE ESPECIES ENCONTRADAS	CÓDIGO PARA CADA ESPECIE	NÚMERO DE INDIVIDUOS	COBERTURA (%)	HABITO DE CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
1	D1	5	3	Hierba	hojas particulares cola de caballo
2	D2	15	9	Hierba	
3	D3	9	6	Hierba	
4	D4	8	5	Hierba	
5	D5	70	57	Hierba	
6	D6	3	1	Hierba	
7	D7	21	16	Hierba	

Figura 35. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 4

FICHA DE CAMPO					
FECHA	27/12/19	NÚMERO DE PARCELA	P5		
HORA DE INICIO	12:00 p.m	COBERTURA (%)	99%		
HORA DE TÉRMINO	1:10 p.m	COORDENADAS UTM			
NOMBRE DEL LUGAR	Aurora - Patricia	NORTE	9211811		
CENTRO POBLADO	Polloc	ESTE	800235		
DISTRITO	Encañado	ALTURA	3214		
PROVINCIA	Cajamarca				
NÚMERO DE ESPECIES ENCONTRADAS	CÓDIGO PARA CADA ESPECIE	NÚMERO DE INDIVIDUOS	COBERTURA (%)	HABITO DE CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
1	E1	3	1	Hierba	
2	E2	10	7	Hierba	flor amarilla
3	E3	7	4	Hierba	
4	E4	2	1	Hierba	
5	E5	19	13	Hierba	
6	E6	79	61	Hierba	parecido trébol
7	E7	13	8	Hierba	
8	E8	2	1	Hierba	hojas grandes
9	E9	7	3	Hierba	

Figura 36. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 5

FICHA DE CAMPO					
FECHA	27/12/19	NÚMERO DE PARCELA	P6		
HORA DE INICIO	1:30 p.m	COBERTURA (%)	77%		
HORA DE TÉRMINO	2:20 p.m	COORDENADAS UTM			
NOMBRE DEL LUGAR	Aurora - Patricia	NORTE	9211834		
CENTRO POBLADO	Polloc	ESTE	800241		
DISTRITO	Encañado	ALTURA	3213		
PROVINCIA	Cajamarca				
NÚMERO DE ESPECIES ENCONTRADAS	CÓDIGO PARA CADA ESPECIE	NÚMERO DE INDIVIDUOS	COBERTURA (%)	HABITO DE CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
1	F1	10	6	Hierba	
2	F2	75	57	Hierba	mayor cobertura
3	F3	20	14	Hierba	

Figura 37. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 6

FICHA DE CAMPO					
FECHA	27/12/19		NÚMERO DE PARCELA	P7	
HORA DE INICIO	2:25 p.m		COBERTURA (%)	95%	
HORA DE TÉRMINO	3:15 p.m		COORDENADAS UTM		
NOMBRE DEL LUGAR	Aurora - Patricia		NORTE	9211841	
CENTRO POBLADO	Polloc		ESTE	800248	
DISTRITO	Encañada		ALTURA	3214	
PROVINCIA	Lajamarca				
NÚMERO DE ESPECIES ENCONTRADAS	CÓDIGO PARA CADA ESPECIE	NÚMERO DE INDIVIDUOS	COBERTURA (%)	HABITO DE CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
1	G1	2	1	Arbusto	
2	G2	75	54	Hierba	mayor individuos
3	G3	27	20	Hierba	semejanza al G2
4	G4	18	13	Hierba	
5	G5	13	7	Hierba	

Figura 38. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 7

FICHA DE CAMPO					
FECHA	27/12/19		NÚMERO DE PARCELA	P8	
HORA DE INICIO	3:20 p.m		COBERTURA (%)	80%	
HORA DE TÉRMINO	4:10 p.m		COORDENADAS UTM		
NOMBRE DEL LUGAR	Aurora - Patricia		NORTE	9211853	
CENTRO POBLADO	Polloc		ESTE	800244	
DISTRITO	Encañada		ALTURA	3216	
PROVINCIA	Cajamarca				
NÚMERO DE ESPECIES ENCONTRADAS	CÓDIGO PARA CADA ESPECIE	NÚMERO DE INDIVIDUOS	COBERTURA (%)	HABITO DE CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
1	H1	2	1	Hierba	
2	H2	3	1	Hierba	
3	H3	24	22	Hierba	gran cantidad
4	H4	4	2	Hierba	
5	H5	25	22	Arbusto	tallo grueso
6	H6	26	21	Hierba	pareado enredadera
7	H7	6	3	Hierba	
8	H8	11	8	Arbusto	

Figura 39. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 8

FICHA DE CAMPO					
FECHA	27/12/19		NÚMERO DE PARCELA	P9	
HORA DE INICIO	4:15 p.m		COBERTURA (%)	100%	
HORA DE TÉRMINO	5:30 p.m		COORDENADAS UTM		
NOMBRE DEL LUGAR	Aurora - Patricia		NORTE	9211794	
CENTRO POBLADO	Polloc		ESTE	800215	
DISTRITO	Encañada		ALTURA	3223	
PROVINCIA	Cajamarca				
NÚMERO DE ESPECIES ENCONTRADAS	CÓDIGO PARA CADA ESPECIE	NÚMERO DE INDIVIDUOS	COBERTURA (%)	HABITO DE CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
1	I1	14	7	Hierba	
2	I2	45	32	Hierba	cordadera
3	I3	2	1	Hierba	
4	I4	83	60	Hierba	raíz gruesa

Figura 40. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 9

FICHA DE CAMPO					
FECHA	27/12/19		NÚMERO DE PARCELA	P10	
HORA DE INICIO	5:35 p.m		COBERTURA (%)	95%	
HORA DE TÉRMINO	6:20 p.m		COORDENADAS UTM		
NOMBRE DEL LUGAR	Aurora - Patricia		NORTE	9211847	
CENTRO POBLADO	Polloc		ESTE	800201	
DISTRITO	Encañada		ALTURA	3223	
PROVINCIA	Cajamarca				
NÚMERO DE ESPECIES ENCONTRADAS	CÓDIGO PARA CADA ESPECIE	NÚMERO DE INDIVIDUOS	COBERTURA (%)	HABITO DE CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
1	J1	51	37	Hierba	
2	J2	14	7	Hierba	
3	J3	22	18	Hierba	
4	J4	23	19	Hierba	
5	J5	3	1	Hierba	flor rajiza
6	J6	17	13	Hierba	haya, estrellada → forma

Figura 41. Ficha de campo – Cuadrado Muestral N° 10

ANEXO n.º 4. Tablas de las especies identificadas.

Tabla 13. Cobertura (%) y conteo de individuos de especies herbáceas en cada uno de los cuadrados muestrales.

Lugar de Estudio			Pasivo Minero "Aurora Patricia"/La Encañada - Centro Poblado Polloc											
Fecha			27/12/2019											
Hora de Inicio			7:00	8:35	9:45	10:40	12:00	1:30	2:25	3:20	4:15	5:35		
			a. m	a. m	a. m	a. m	p. m	p. m	p. m	p. m	p. m	p. m		
Hora de Término			8:30	09:40	10:30	11:50	1:10	2:20	3:15	4:10	5:30	6:20		
			a. m	a. m	a. m	a. m	p. m	p. m	p. m	p. m	p. m	p. m		
Muestra			P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	P.9	P.10		
Cobertura			85%	75%	90%	97%	99%	77%	95%	80%	100%	95%	TOTAL	
Nº	Especies	Autor												
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	Benth.	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	8	
2	<i>Ageratina fastigiata</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	
3	<i>Ageratina glechonophylla</i>	(Less.) R.M.King & H.Rob.	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15	
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	
5	<i>Agrostis breviculmis</i>	Hitchc.	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	
6	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	0	30	6	0	0	0	0	0	0	51	87	
7	<i>Alchemilla vulcanica</i>	Cham. & Schldl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14	
8	<i>Asplenium monanthes</i>	L.	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	
9	<i>Avena sp.</i>	L.	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	9	

Tabla 13. Cobertura (%) y conteo de individuos de especies herbáceas en cada uno de los cuadrados muestrales.

Muestra			P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	P.9	P.10	
Cobertura			85%	75%	90%	97%	99%	77%	95%	80%	100%	95%	TOTAL
N°	Especies	Autor											
10	<i>Bidens pilosa</i>	L.	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	8
11	<i>Bomarea dulcis</i>	(Hook.) Beauverd	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
12	<i>Brachyotum longisepalum</i>	Wurdack	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
13	<i>Bulbostylis juncooides</i>	(Vahl) Kük. ex Herter	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
14	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	Pilg.	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
15	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	(Kunze ex Klotzsch) Fée	24	0	0	0	0	0	0	0	14	0	38
16	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	14	0	0	0	7	0	75	24	0	0	120
17	<i>Carex peruviana</i>	J.Presl & C.Presl	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	27
18	<i>Cortaderia selloana</i>	(Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	45
19	<i>Disterigma empetrifolium</i>	(Kunth) Nied.	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
20	<i>Equisetum bogotense</i>	Kunth	0	0	0	70	0	75	0	0	0	0	145
21	<i>Eryngium humile</i>	Cav.	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
22	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	0	8	4	0	2	0	18	0	0	0	32
23	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	DC.	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9

Tabla 13. Cobertura (%) y conteo de individuos de especies herbáceas en cada uno de los cuadrados muestrales

Muestra			P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	P.9	P.10	TOTAL
Cobertura			85%	75%	90%	97%	99%	77%	95%	80%	100%	95%	
N°	Especies	Autor											
24	<i>Hieracium peruanum</i>	Fr.	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
25	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	A. Rich.	0	18	0	0	19	0	0	0	0	0	37
26	<i>Hypochaeris chillensis</i>	(Kunth) Hieron.	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
27	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	(Meyen & Walp.) Ball	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	22
28	<i>Juncus imbricatus</i>	Laharpe	0	0	94	0	0	0	0	0	0	0	94
29	<i>Juncus microcephalus</i>	Kunth	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20
30	<i>Lasiocephalus patens</i>	(Kunth) Cuatrec.	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
31	<i>Minthostachys mollis</i>	(Benth.) Griseb.	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	25
32	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	0	15	5	0	0	0	0	26	83	0	129
33	<i>Oxalis corniculata</i>	L.	0	18	0	0	79	0	0	0	0	0	97
34	<i>Oxalis eriolepis</i>	Wedd.	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	13
35	<i>Paranephelium uniflorus</i>	Poepp.	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
36	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	0	0	0	21	0	0	0	6	0	23	50
37	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Kunth	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
38	<i>Polypogon elongatus</i>	Kunth	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	7

Tabla 13. Cobertura (%) y conteo de individuos de especies herbáceas en cada uno de los cuadrados muestrales

Muestra			P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	P.9	P.10		
Cobertura			85%	75%	90%	97%	99%	77%	95%	80%	100%	95%	TOTAL	
N°	Especies	Autor												
39	<i>Rubus robustus</i>	C. Presl	0	10	0	0	0	0	0	0	11	0	0	21
40	<i>Rumex acetosella</i>	L.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
41	<i>Trifolium repens</i>	L.	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	17	30
42	<i>Veronica arvensis</i>	L.	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	7
TOTAL			109	99	119	131	142	105	135	101	144	130	1215	

Tabla 14. *Especies vegetales encontradas en la parcela 1 según número de individuos y cobertura (%)*.

N°	Especies	Autor	N° de individuos	Cobertura (%)
1	<i>Bomarea dulcis</i>	(Hook.) Beauverd	10	8
2	<i>Brachyotum longisepalum</i>	Wurdack	8	6
3	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	(Kunze ex Klotzsch) Fée	24	20
4	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	14	10
5	<i>Eryngium humile</i>	Cav.	25	21
6	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	DC.	9	7
7	<i>Hieracium peruanum</i>	Fr.	7	5
8	<i>Paranephelium uniflorus</i>	Poepp.	12	8
	TOTAL		109	85

Tabla 15. *Especies vegetales encontradas en la parcela 2 según número de individuos y cobertura (%)*.

N°	Especies	Autor	N° de individuos	Cobertura (%)
1	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	30	25
2	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	8	6
3	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	A. Rich.	18	13
4	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	15	9
5	<i>Oxalis corniculata</i>	L.	18	15
6	<i>Rubus robustus</i>	C. Presl	10	7
	TOTAL		99	75

Tabla 16. *Especies vegetales encontradas en la parcela 3 según número de individuos y cobertura (%)*.

Nº	Especies	Autor	Nº de individuos	Cobertura (%)
1	<i>Ageratina fastigiata</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	3	1
2	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	6	3
3	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	4	1
4	<i>Juncus imbricatus</i>	Laharpe	94	78
5	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	5	3
6	<i>Polypogon elongatus</i>	Kunth	7	4
	TOTAL		119	90

Tabla 17. *Especies vegetales encontradas en la parcela 4 según número de individuos y cobertura (%)*.

Nº	Especies	Autor	Nº de individuos	Cobertura (%)
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	Benth.	5	3
2	<i>Ageratina glechonophylla</i>	(Less.) R.M.King & H.Rob.	15	9
3	<i>Avena sp.</i>	L.	9	6
4	<i>Bidens pilosa</i>	L.	8	5
5	<i>Equisetum bogotense</i>	Kunth	70	57
6	<i>Hypochaeris chillensis</i>	(Kunth) Hieron.	3	1
7	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	21	16
	TOTAL		131	97

Tabla 18. *Especies vegetales encontradas en la parcela 5 según número de individuos y cobertura (%)*.

N°	Especies	Autor	N° de individuos	Cobertura (%)
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	Benth.	3	1
2	<i>Agrostis breviculmis</i>	Hitchc.	10	7
3	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	7	4
4	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	2	1
5	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	A. Rich.	19	13
6	<i>Oxalis corniculata</i>	L.	79	61
7	<i>Oxalis erirolepis</i>	Wedd.	13	8
8	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Kunth	2	1
9	<i>Veronica arvensis</i>	L.	7	3
	TOTAL		142	99

Tabla 19. *Especies vegetales encontradas en la parcela 6 según número de individuos y cobertura (%)*.

N°	Especies	Autor	N° de individuos	Cobertura (%)
1	<i>Bulbostylis juncooides</i>	(Vahl) Kük. ex Herter	10	6
2	<i>Equisetum bogotense</i>	Kunth	75	57
3	<i>Juncus microcephalus</i>	Kunth	20	14
	TOTAL		105	77

Tabla 20. *Especies vegetales encontradas en la parcela 7 según número de individuos y cobertura (%)*.

N°	Especies	Autor	N° de individuos	Cobertura (%)
1	<i>Ageratina pichinchensis</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	2	1
2	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	75	54
3	<i>Carex peruviana</i>	J.Presl & C.Presl	27	20
4	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	18	13
5	<i>Trifolium repens</i>	L.	13	7
TOTAL			135	95

Tabla 21. *Especies vegetales encontradas en la parcela 8 según número de individuos y cobertura (%)*.

N°	Especies	Autor	N° de individuos	Cobertura (%)
1	<i>Asplenium monanthes</i>	L.	2	1
2	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	Pilg.	3	1
3	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	24	22
4	<i>Lasiocephalus patens</i>	(Kunth) Cuatrec.	4	2
5	<i>Minthostachys mollis</i>	(Benth.) Griseb.	25	22
6	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	26	21
7	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	6	3
8	<i>Rubus robustus</i>	C. Presl	11	8
TOTAL			101	80

Tabla 22. *Especies vegetales encontradas en la parcela 9 según número de individuos y cobertura (%)*.

N°	Especies	Autor	N° de individuos	Cobertura (%)
1	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	(Kunze ex Klotzsch) Fée (Schult. &	14	7
2	<i>Cortaderia selloana</i>	Schult.f.) Asch. & Graebn.	45	32
3	<i>Disterigma empetrifolium</i>	(Kunth) Nied.	2	1
4	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	83	60
	TOTAL		144	100

Tabla 23. *Especies vegetales encontradas en la parcela 10 según número de individuos y cobertura (%)*.

N°	Especies	Autor	N° de individuos	Cobertura (%)
1	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	51	37
2	<i>Alchemilla vulcanica</i>	Cham. & Schltldl.	14	7
3	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	(Meyen & Walp.) Ball	22	18
4	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	23	19
5	<i>Rumex acetosella</i>	L.	3	1
6	<i>Trifolium repens</i>	L.	17	13
	TOTAL		130	95

Tabla 24. Clasificación taxonómica.

N°	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	GÉNERO	CLASE	ORDEN
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	"Pacu-pacu"	<i>Poaceae</i>	<i>Aciachne</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Poales</i>
2	<i>Ageratina fastigiata</i>	"Amargoso"	<i>Asteraceae</i>	<i>Ageratina</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>
3	<i>Ageratina glechonophylla</i>	"Huarme"	<i>Asteraceae</i>	<i>Ageratina</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>	"Aromito blanco", "Milimento", "Yerba de chivo blanca"	<i>Asteraceae</i>	<i>Ageratina</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>
5	<i>Agrostis breviculmis</i>	"Crespillo"	<i>Poaceae</i>	<i>Agrostis</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Poales</i>
6	<i>Alchemilla orbiculata</i>	"Plegadera", "Oreja de ratón"	<i>Rosaceae</i>	<i>Alchemilla</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Rosales</i>
7	<i>Alchemilla vulcanica</i>	"Loma chili-chili"	<i>Rosaceae</i>	<i>Alchemilla</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Rosales</i>
8	<i>Asplenium monanthes</i>	"Helecho perejil de un soro", "Culantrillo de pozo"	<i>Aspleniaceae</i>	<i>Asplenium</i>	<i>Polypodiopsida</i>	<i>Polypodiales</i>
9	<i>Avena sp.</i>	"Avena loca"	<i>Poaceae</i>	<i>Avena</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Poales</i>
10	<i>Bidens pilosa</i>	"Saitilla", "Cadillo", "Amor seco"	<i>Asteraceae</i>	<i>Bidens</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>
11	<i>Bomarea dulcis</i>	"Sullu"	<i>Alstroemeriaceae</i>	<i>Bomarea</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Liliales</i>
12	<i>Brachyotum longisepalum</i>	"Jaiajsqui", "Zarcilleja"	<i>Melastomataceae</i>	<i>Brachyotum</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Myrtales</i>
13	<i>Bulbostylis juncooides</i>	"Zacate"	<i>Cyperaceae</i>	<i>Bulbostylis</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Poales</i>
14	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	"Ichu", "Paja hualte"	<i>Poaceae</i>	<i>Calamagrostis</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Poales</i>

Tabla 24. *Clasificación taxonómica.*

N°	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	GÉNERO	CLASE	ORDEN
15	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	"Calahuala"	<i>Polypodiaceae</i>	<i>Campyloneurum</i>	<i>Polypodiopsida</i>	<i>Polypodiales</i>
16	<i>Carex mandoniana</i>	"Canela"	<i>Cyperaceae</i>	<i>Carex</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Poales</i>
17	<i>Carex peruviana</i>	"Pijipíng"	<i>Cyperaceae</i>	<i>Carex</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Poales</i>
18	<i>Cortaderia selloana</i>	"Plumero de la pampa"	<i>Poaceae</i>	<i>Cortaderia</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Poales</i>
19	<i>Disterigma empetrifolium</i>	"Manzanita", "Mortiño", "Uvilla"	<i>Ericaceae</i>	<i>Disterigma</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Ericales</i>
20	<i>Equisetum bogotense</i>	"Cola de caballo"	<i>Equisetaceae</i>	<i>Equisetum</i>	<i>Equisetopsida</i>	<i>Equisetales</i>
21	<i>Eryngium humile</i>	"Sachaculantro"	<i>Apiaceae</i>	<i>Eryngium</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Apiales</i>
22	<i>Gnaphalium americanum</i>	"Vira"	<i>Asteraceae</i>	<i>Gnaphalium</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>
23	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	"Ishpingo amarillo"	<i>Asteraceae</i>	<i>Gnaphalium</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>
24	<i>Hieracium peruanum</i>	"Lechugita silvestre"	<i>Asteraceae</i>	<i>Hieracium</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>
25	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	"Berro macho", "Orejuela"	<i>Araliaceae</i>	<i>Hydrocotyle</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Apiales</i>
26	<i>Hypochaeris chillensis</i>	"Achicoria amarilla", "Achicoria de campo"	<i>Asteraceae</i>	<i>Hypochaeris</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>
27	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	"Achicoria", "Chicoria amarga", "Chicoria"	<i>Asteraceae</i>	<i>Hypochaeris</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>
28	<i>Juncus imbricatus</i>	"Junquillo duro"	<i>Juncaceae</i>	<i>Juncus</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Poales</i>

Tabla 24. Clasificación taxonómica.

N°	ESPECIES	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	GÉNERO	CLASE	ORDEN
29	<i>Juncus microcephalus</i>	"Junco"	<i>Juncaceae</i>	<i>Juncus</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Poales</i>
30	<i>Lasiocephalus patens</i>	"Apapu chilka", "Sacha"	<i>Asteraceae</i>	<i>Lasiocephalus</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>
31	<i>Minthostachys mollis</i>	"Chamcua", "Poleo de Quito", "Orégano silvestre"	<i>Lamiaceae</i>	<i>Minthostachy</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Lamiales</i>
32	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	"Bejuco colorado", "Anguvena"	<i>Polygonaceae</i>	<i>Muehlenbeckia</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Caryophyllales</i>
33	<i>Oxalis corniculata</i>	"Pesco chullo"	<i>Oxalidaceae</i>	<i>Oxalis</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Oxalidales</i>
34	<i>Oxalis eriolepis</i>	"Oca chullo"	<i>Oxalidaceae</i>	<i>Oxalis</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Oxalidales</i>
35	<i>Paranephelius uniflorus</i>	"Carapa de coche", "Capsarosa", "Catrarosa"	<i>Asteraceae</i>	<i>Paranephelius</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>
36	<i>Paspalum bonplandianum</i>	"Grama", "Nudillo de jalca"	<i>Poaceae</i>	<i>Paspalum</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Cyperales</i>
37	<i>Phytolacca bogotensis</i>	"Ailambo", "Airambo", "Caponcillo"	<i>Phytolaccaceae</i>	<i>Phytolacca</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Caryophyllales</i>
38	<i>Polypogon elongatus</i>	"Chiri", "Cola de zorra"	<i>Poaceae</i>	<i>Polypogon</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Poales</i>
39	<i>Rubus robustus</i>	"Zarzamora", "Zarza"	<i>Rosaceae</i>	<i>Rubus</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Rosales</i>
40	<i>Rumex acetosella</i>	"Acederilla", "Vinagrillo", "Alfarito"	<i>Polygonaceae</i>	<i>Rumex</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Caryophyllales</i>
41	<i>Trifolium repens</i>	"Trébol blanco"	<i>Fagaceae</i>	<i>Trifolium</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Fabales</i>
42	<i>Veronica arvensis</i>	"Borroncillo", "Verónica"	<i>Plantaginaceae</i>	<i>Veronica</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Lamiales</i>

Tabla 25. *División taxonómica de las especies vegetales*

DIVISIÓN	CLASE	N° ORDENES	N° FAMILIAS	N° GÉNEROS	N° ESPECIES
<i>Angiosperms</i>	<i>Liliopsida</i>	3	4	11	13
(Plantas con flores)	<i>Magnoliopsida</i>	9	12	20	26
<i>Pteridophytes</i>	<i>Equisetopsida</i>	1	1	1	1
(Helechos y aliados de helechos)	<i>Polypodiopsida</i>	1	2	2	2
TOTAL		14	19	34	42

Tabla 26. *Hábito de crecimiento*

N°	ESPECIES	AUTOR	HÁBITO DE CRECIMIENTO
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	Benth.	Hierba
2	<i>Ageratina fastigiata</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	Arbusto
3	<i>Ageratina glechonophylla</i>	(Less.) R.M.King & H.Rob.	Hierba
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	Arbusto
5	<i>Agrostis breviculmis</i>	Hitchc.	Hierba
6	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	Hierba
7	<i>Alchemilla vulcanica</i>	Cham. & Schtdl.	Hierba
8	<i>Asplenium monanthes</i>	L.	Hierba
9	<i>Avena sp.</i>	L.	Hierba
10	<i>Bidens pilosa</i>	L.	Hierba
11	<i>Bomarea dulcis</i>	(Hook.) Beauverd	Hierba
12	<i>Brachyotum longisepalum</i>	Wurdack	Arbusto
13	<i>Bulbostylis juncooides</i>	(Vahl) Kük. ex Herter	Hierba
14	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	Pilg.	Hierba
15	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	(Kunze ex Klotzsch) Fée	Hierba
16	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	Hierba
17	<i>Carex peruviana</i>	J.Presl & C.Presl	Hierba

Tabla 26. *Hábito de crecimiento*

N°	ESPECIES	AUTOR	HÁBITO DE CRECIMIENTO
18	<i>Cortaderia selloana</i>	(Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Hierba
19	<i>Disterigma empetrifolium</i>	(Kunth) Nied.	Hierba
20	<i>Equisetum bogotense</i>	Kunth	Hierba
21	<i>Eryngium humile</i>	Cav.	Hierba
22	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	Hierba
23	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	DC.	Hierba
24	<i>Hieracium peruanum</i>	Fr.	Hierba
25	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	A. Rich.	Hierba
26	<i>Hypochaeris chillensis</i>	(Kunth) Hieron.	Hierba
27	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	(Meyen & Walp.) Ball	Hierba
28	<i>Juncus imbricatus</i>	Laharpe	Hierba
29	<i>Juncus microcephalus</i>	Kunth	Hierba
30	<i>Lasiocephalus patens</i>	(Kunth) Cuatrec.	Hierba
31	<i>Minthostachys mollis</i>	(Benth.) Griseb.	Arbusto
32	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	Hierba
33	<i>Oxalis corniculata</i>	L.	Hierba
34	<i>Oxalis eriolepis</i>	Wedd.	Hierba

Tabla 26. *Hábito de crecimiento*

N°	ESPECIES	AUTOR	HÁBITO DE CRECIMIENTO
35	<i>Paranephelium uniflorus</i>	Poepp.	Hierba
36	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	Hierba
37	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Kunth	Hierba
38	<i>Polypogon elongatus</i>	Kunth	Hierba
39	<i>Rubus robustus</i>	C. Presl	Arbusto
40	<i>Rumex acetosella</i>	L.	Hierba
41	<i>Trifolium repens</i>	L.	Hierba
42	<i>Veronica arvensis</i>	L.	Hierba

ANEXO n.º 5. Tablas para la determinación del índice de valor de importancia.

Tabla 27. *Densidad Total*.

	Nº de individuos	Área	Resultado
Densidad Total	1215	10	121.5

Tabla 28. *Densidad Relativa*.

N°	Especies	Autor	N° de individuos de una especie en todos los cuadrados	N° Total de individuos de todos los cuadrados	*100	Densidad Relativa
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	Benth.	8	1215	100	0.66
2	<i>Ageratina fastigiata</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	3	1215	100	0.25
3	<i>Ageratina glechonophylla</i>	(Less.) R.M.King & H.Rob.	15	1215	100	1.23
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	2	1215	100	0.16
5	<i>Agrostis breviculmis</i>	Hitchc.	10	1215	100	0.82
6	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	87	1215	100	7.16
7	<i>Alchemilla vulcanica</i>	Cham. & Schltldl.	14	1215	100	1.15
8	<i>Asplenium monanthes</i>	L.	2	1215	100	0.16
9	<i>Avena sp.</i>	L.	9	1215	100	0.74
10	<i>Bidens pilosa</i>	L.	8	1215	100	0.66
11	<i>Bomarea dulcis</i>	(Hook.) Beauverd	10	1215	100	0.82
12	<i>Brachyotum longisepalum</i>	Wurdack	8	1215	100	0.66
13	<i>Bulbostylis juncooides</i>	(Vahl) Kük. ex Herter	10	1215	100	0.82
14	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	Pilg.	3	1215	100	0.25
15	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	(Kunze ex Klotzsch) Fée	38	1215	100	3.13

Tabla 28. *Densidad Relativa*.

N°	Especies	Autor	N° de individuos de una especie en todos los cuadrados	N° Total de individuos de todos los cuadrados	*100	Densidad Relativa
16	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	120	1215	100	9.88
17	<i>Carex peruviana</i>	J.Presl & C.Presl	27	1215	100	2.22
18	<i>Cortaderia selloana</i>	(Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	45	1215	100	3.70
19	<i>Disterigma empetrifolium</i>	(Kunth) Nied.	2	1215	100	0.16
20	<i>Equisetum bogotense</i>	Kunth	145	1215	100	11.93
21	<i>Eryngium humile</i>	Cav.	25	1215	100	2.06
22	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	32	1215	100	2.63
23	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	DC.	9	1215	100	0.74
24	<i>Hieracium peruanum</i>	Fr.	7	1215	100	0.58
25	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	A. Rich.	37	1215	100	3.05
26	<i>Hypochaeris chillensis</i>	(Kunth) Hieron.	3	1215	100	0.25
27	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	(Meyen & Walp.) Ball	22	1215	100	1.81
28	<i>Juncus imbricatus</i>	Laharpe	94	1215	100	7.74
29	<i>Juncus microcephalus</i>	Kunth	20	1215	100	1.65

Tabla 28. *Densidad Relativa*.

N°	Especies	Autor	N° de individuos de una especie en todos los cuadrados	N° Total de individuos de todos los cuadrados	*100	Densidad Relativa
30	<i>Lasiocephalus patens</i>	(Kunth) Cuatrec.	4	1215	100	0.33
31	<i>Minthostachys mollis</i>	(Benth.) Griseb.	25	1215	100	2.06
32	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	129	1215	100	10.62
33	<i>Oxalis corniculata</i>	L.	97	1215	100	7.98
34	<i>Oxalis erirolepis</i>	Wedd.	13	1215	100	1.07
35	<i>Paranephelium uniflorus</i>	Poepp.	12	1215	100	0.99
36	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	50	1215	100	4.12
37	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Kunth	2	1215	100	0.16
38	<i>Polypogon elongatus</i>	Kunth	7	1215	100	0.58
39	<i>Rubus robustus</i>	C. Presl	21	1215	100	1.73
40	<i>Rumex acetosella</i>	L.	3	1215	100	0.25
41	<i>Trifolium repens</i>	L.	30	1215	100	2.47
42	<i>Veronica arvensis</i>	L.	7	1215	100	0.58

Tabla 29. Densidad de las especies.

N°	Especies	Autor	Densidad relativa de una especie	Densidad total	/100	Resultado
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	Benth.	0.66	121.5	100	0.80
2	<i>Ageratina fastigiata</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0.25	121.5	100	0.30
3	<i>Ageratina glechonophylla</i>	(Less.) R.M.King & H.Rob.	1.23	121.5	100	1.50
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0.16	121.5	100	0.20
5	<i>Agrostis breviculmis</i>	Hitchc.	0.82	121.5	100	1.00
6	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	7.16	121.5	100	8.70
7	<i>Alchemilla vulcanica</i>	Cham. & Schltld.	1.15	121.5	100	1.40
8	<i>Asplenium monanthes</i>	L.	0.16	121.5	100	0.20
9	<i>Avena sp.</i>	L.	0.74	121.5	100	0.90
10	<i>Bidens pilosa</i>	L.	0.66	121.5	100	0.80
11	<i>Bomarea dulcis</i>	(Hook.) Beauverd	0.82	121.5	100	1.00
12	<i>Brachyotum longisepalum</i>	Wurdack	0.66	121.5	100	0.80
13	<i>Bulbostylis juncooides</i>	(Vahl) Kük. ex Herter	0.82	121.5	100	1.00
14	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	Pilg.	0.25	121.5	100	0.30

Tabla 29. Densidad de las especies.

N°	Especies	Autor	Densidad relativa de una especie	Densidad total	/100	Resultado
15	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	(Kunze ex Klotzsch) Fée	3.13	121.5	100	3.80
16	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	9.88	121.5	100	12.00
17	<i>Carex peruviana</i>	J.Presl & C.Presl	2.22	121.5	100	2.70
18	<i>Cortaderia selloana</i>	(Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	3.70	121.5	100	4.50
19	<i>Disterigma empetrifolium</i>	(Kunth) Nied.	0.16	121.5	100	0.20
20	<i>Equisetum bogotense</i>	Kunth	11.93	121.5	100	14.50
21	<i>Eryngium humile</i>	Cav.	2.06	121.5	100	2.50
22	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	2.63	121.5	100	3.20
23	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	DC.	0.74	121.5	100	0.90
24	<i>Hieracium peruanum</i>	Fr.	0.58	121.5	100	0.70
25	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	A. Rich.	3.05	121.5	100	3.70
26	<i>Hypochaeris chillensis</i>	(Kunth) Hieron.	0.25	121.5	100	0.30

Tabla 29. *Densidad de las especies.*

N°	Especies	Autor	Densidad relativa de una especie	Densidad total	/100	Resultado
27	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	(Meyen & Walp.) Ball	1.81	121.5	100	2.20
28	<i>Juncus imbricatus</i>	Laharpe	7.74	121.5	100	9.40
29	<i>Juncus microcephalus</i>	Kunth	1.65	121.5	100	2.00
30	<i>Lasiocephalus patens</i>	(Kunth) Cuatrec.	0.33	121.5	100	0.40
31	<i>Minthostachys mollis</i>	(Benth.) Griseb.	2.06	121.5	100	2.50
32	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	10.62	121.5	100	12.90
33	<i>Oxalis corniculata</i>	L.	7.98	121.5	100	9.70
34	<i>Oxalis eriolepis</i>	Wedd.	1.07	121.5	100	1.30
35	<i>Paranephelium uniflorus</i>	Poepp.	0.99	121.5	100	1.20
36	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	4.12	121.5	100	5.00
37	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Kunth	0.16	121.5	100	0.20
38	<i>Polypogon elongatus</i>	Kunth	0.58	121.5	100	0.70
39	<i>Rubus robustus</i>	C. Presl	1.73	121.5	100	2.10
40	<i>Rumex acetosella</i>	L.	0.25	121.5	100	0.30

Tabla 29. *Densidad de las especies.*

N°	Especies	Autor	Densidad relativa de una especie	Densidad total	/100	Resultado
41	<i>Trifolium repens</i>	L.	2.47	121.5	100	3.00
42	<i>Veronica arvensis</i>	L.	0.58	121.5	100	0.70

Tabla 30. *Frecuencia de las especies.*

N°	Especies	Autor	N° cuadrados en los que aparece una especie	N° total de cuadrados	Frecuencia
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	Benth.	2	10	0.20
2	<i>Ageratina fastigiata</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	1	10	0.10
3	<i>Ageratina glechonophylla</i>	(Less.) R.M.King & H.Rob.	1	10	0.10
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	1	10	0.10
5	<i>Agrostis breviculmis</i>	Hitchc.	1	10	0.10
6	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	3	10	0.30
7	<i>Alchemilla vulcanica</i>	Cham. & Schltldl.	1	10	0.10
8	<i>Asplenium monanthes</i>	L.	1	10	0.10

Tabla 30. Frecuencia de las especies.

N°	Especies	Autor	N° cuadrados en los que aparece una especie	N° total de cuadrados	Frecuencia
9	<i>Avena sp.</i>	L.	1	10	0.10
10	<i>Bidens pilosa</i>	L.	1	10	0.10
11	<i>Bomarea dulcis</i>	(Hook.) Beauverd	1	10	0.10
12	<i>Brachyotum longisepalum</i>	Wurdack	1	10	0.10
13	<i>Bulbostylis juncooides</i>	(Vahl) Kük. ex Herter	1	10	0.10
14	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	Pilg.	1	10	0.10
15	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	(Kunze ex Klotzsch) Fée	2	10	0.20
16	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	4	10	0.40
17	<i>Carex peruviana</i>	J.Presl & C.Presl	1	10	0.10
18	<i>Cortaderia selloana</i>	(Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	1	10	0.10
19	<i>Disterigma empetrifolium</i>	(Kunth) Nied.	1	10	0.10
20	<i>Equisetum bogotense</i>	Kunth	2	10	0.20
21	<i>Eryngium humile</i>	Cav.	1	10	0.10

Tabla 30. Frecuencia de las especies.

N°	Especies	Autor	N° cuadrados en los que aparece una especie	N° total de cuadrados	Frecuencia
22	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	4	10	0.40
23	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	DC.	1	10	0.10
24	<i>Hieracium peruanum</i>	Fr.	1	10	0.10
25	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	A. Rich.	2	10	0.20
26	<i>Hypochaeris chillensis</i>	(Kunth) Hieron.	1	10	0.10
27	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	(Meyen & Walp.) Ball	1	10	0.10
28	<i>Juncus imbricatus</i>	Laharpe	1	10	0.10
29	<i>Juncus microcephalus</i>	Kunth	1	10	0.10
30	<i>Lasiocephalus patens</i>	(Kunth) Cuatrec.	1	10	0.10
31	<i>Minthostachys mollis</i>	(Benth.) Griseb.	1	10	0.10
32	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	4	10	0.40
33	<i>Oxalis corniculata</i>	L.	2	10	0.20
34	<i>Oxalis eriolepis</i>	Wedd.	1	10	0.10
35	<i>Paranephelium uniflorus</i>	Poepp.	1	10	0.10

Tabla 30. Frecuencia de las especies.

N°	Especies	Autor	N° cuadrados en los que aparece una especie	N° total de cuadrados	Frecuencia
36	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	3	10	0.30
37	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Kunth	1	10	0.10
38	<i>Polypogon elongatus</i>	Kunth	1	10	0.10
39	<i>Rubus robustus</i>	C. Presl	2	10	0.20
40	<i>Rumex acetosella</i>	L.	1	10	0.10
41	<i>Trifolium repens</i>	L.	2	10	0.20
42	<i>Veronica arvensis</i>	L.	1	10	0.10

Tabla 31. *Frecuencia Relativa de las especies.*

N°	Especies	Autor	Frecuencia de una especie	Frecuencia total de especies	*100	Frecuencia Relativa
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	Benth.	0.20	6.20	100	3.23
2	<i>Ageratina fastigiata</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0.10	6.20	100	1.61
3	<i>Ageratina glechonophylla</i>	(Less.) R.M.King & H.Rob.	0.10	6.20	100	1.61
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0.10	6.20	100	1.61
5	<i>Agrostis breviculmis</i>	Hitchc.	0.10	6.20	100	1.61
6	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	0.30	6.20	100	4.84
7	<i>Alchemilla vulcanica</i>	Cham. & Schltld.	0.10	6.20	100	1.61
8	<i>Asplenium monanthes</i>	L.	0.10	6.20	100	1.61
9	<i>Avena sp.</i>	L.	0.10	6.20	100	1.61
10	<i>Bidens pilosa</i>	L.	0.10	6.20	100	1.61
11	<i>Bomarea dulcis</i>	(Hook.) Beauverd	0.10	6.20	100	1.61
12	<i>Brachyotum longisepalum</i>	Wurdack	0.10	6.20	100	1.61
13	<i>Bulbostylis juncooides</i>	(Vahl) Kük. ex Herter	0.10	6.20	100	1.61

Tabla 31. *Frecuencia Relativa de las especies.*

N°	Especies	Autor	Frecuencia de una especie	Frecuencia total de especies	*100	Frecuencia Relativa
14	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	Pilg.	0.10	6.20	100	1.61
15	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	(Kunze ex Klotzsch) Fée	0.20	6.20	100	3.23
16	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	0.40	6.20	100	6.45
17	<i>Carex peruviana</i>	J.Presl & C.Presl	0.10	6.20	100	1.61
18	<i>Cortaderia selloana</i>	(Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	0.10	6.20	100	1.61
19	<i>Disterigma empetrifolium</i>	(Kunth) Nied.	0.10	6.20	100	1.61
20	<i>Equisetum bogotense</i>	Kunth	0.20	6.20	100	3.23
21	<i>Eryngium humile</i>	Cav.	0.10	6.20	100	1.61
22	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	0.40	6.20	100	6.45
23	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	DC.	0.10	6.20	100	1.61
24	<i>Hieracium peruanum</i>	Fr.	0.10	6.20	100	1.61
25	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	A. Rich.	0.20	6.20	100	3.23
26	<i>Hypochaeris chillensis</i>	(Kunth) Hieron.	0.10	6.20	100	1.61

Tabla 31. *Frecuencia Relativa de las especies.*

N°	Especies	Autor	Frecuencia de una especie	Frecuencia total de especies	*100	Frecuencia Relativa
27	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	(Meyen & Walp.) Ball	0.10	6.20	100	1.61
28	<i>Juncus imbricatus</i>	Laharpe	0.10	6.20	100	1.61
29	<i>Juncus microcephalus</i>	Kunth	0.10	6.20	100	1.61
30	<i>Lasiocephalus patens</i>	(Kunth) Cuatrec.	0.10	6.20	100	1.61
31	<i>Minthostachys mollis</i>	(Benth.) Griseb.	0.10	6.20	100	1.61
32	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	0.40	6.20	100	6.45
33	<i>Oxalis corniculata</i>	L.	0.20	6.20	100	3.23
34	<i>Oxalis eriolepis</i>	Wedd.	0.10	6.20	100	1.61
35	<i>Paranephelium uniflorus</i>	Poepp.	0.10	6.20	100	1.61
36	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	0.30	6.20	100	4.84
37	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Kunth	0.10	6.20	100	1.61
38	<i>Polypogon elongatus</i>	Kunth	0.10	6.20	100	1.61
39	<i>Rubus robustus</i>	C. Presl	0.20	6.20	100	3.23

Tabla 31. *Frecuencia Relativa de las especies.*

N°	Especies	Autor	Frecuencia de una especie	Frecuencia total de especies	*100	Frecuencia Relativa
40	<i>Rumex acetosella</i>	L.	0.10	6.20	100	1.61
41	<i>Trifolium repens</i>	L.	0.20	6.20	100	3.23
42	<i>Veronica arvensis</i>	L.	0.10	6.20	100	1.61

Tabla 32. *Promedio de Dominancia de las especies.*

N°	Especies	Autor	N° cuadrados en los que domina la especie	N° Total de cuadrados	Resultado
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	Benth.	0	10	0.00
2	<i>Ageratina fastigiata</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0	10	0.00
3	<i>Ageratina glechonophylla</i>	(Less.) R.M.King & H.Rob.	0	10	0.00
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0	10	0.00
5	<i>Agrostis breviculmis</i>	Hitchc.	0	10	0.00
6	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	1	10	0.10
7	<i>Alchemilla vulcanica</i>	Cham. & Schltldl.	0	10	0.00

Tabla 32. Promedio de Dominancia de las especies.

N°	Especies	Autor	N° cuadrados en los que domina la especie	N° Total de cuadrados	Resultado
8	<i>Asplenium monanthes</i>	L.	0	10	0.00
9	<i>Avena sp.</i>	L.	0	10	0.00
10	<i>Bidens pilosa</i>	L.	0	10	0.00
11	<i>Bomarea dulcis</i>	(Hook.) Beauverd	0	10	0.00
12	<i>Brachyotum longisepalum</i>	Wurdack	0	10	0.00
13	<i>Bulbostylis juncooides</i>	(Vahl) Kük. ex Herter	0	10	0.00
14	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	Pilg.	0	10	0.00
15	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	(Kunze ex Klotzsch) Fée	0	10	0.00
16	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	1	10	0.10
17	<i>Carex peruviana</i>	J.Presl & C.Presl	0	10	0.00
18	<i>Cortaderia selloana</i>	(Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	0	10	0.00
19	<i>Disterigma empetrifolium</i>	(Kunth) Nied.	0	10	0.00
20	<i>Equisetum bogotense</i>	Kunth	2	10	0.20
21	<i>Eryngium humile</i>	Cav.	0	10	0.00
22	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	0	10	0.00
23	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	DC.	0	10	0.00

Tabla 32. Promedio de Dominancia de las especies.

N°	Especies	Autor	N° cuadrados en los que domina la especie	N° Total de cuadrados	Resultado
24	<i>Hieracium peruanum</i>	Fr.	0	10	0.00
25	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	A. Rich.	0	10	0.00
26	<i>Hypochaeris chillensis</i>	(Kunth) Hieron.	0	10	0.00
27	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	(Meyen & Walp.) Ball	0	10	0.00
28	<i>Juncus imbricatus</i>	Laharpe	0	10	0.00
29	<i>Juncus microcephalus</i>	Kunth	0	10	0.00
30	<i>Lasiocephalus patens</i>	(Kunth) Cuatrec.	0	10	0.00
31	<i>Minthostachys mollis</i>	(Benth.) Griseb.	0	10	0.00
32	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	1	10	0.10
33	<i>Oxalis corniculata</i>	L.	1	10	0.10
34	<i>Oxalis eriolepis</i>	Wedd.	0	10	0.00
35	<i>Paranephelius uniflorus</i>	Poepp.	0	10	0.00
36	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	0	10	0.00
37	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Kunth	0	10	0.00
38	<i>Polypogon elongatus</i>	Kunth	0	10	0.00
39	<i>Rubus robustus</i>	C. Presl	0	10	0.00

Tabla 32. Promedio de Dominancia de las especies.

N°	Especies	Autor	N° cuadrados en los que domina la especie	N° Total de cuadrados	Resultado
40	<i>Rumex acetosella</i>	L.	0	10	0.00
41	<i>Trifolium repens</i>	L.	0	10	0.00
42	<i>Veronica arvensis</i>	L.	0	10	0.00

Tabla 33. Dominancia de las especies.

N°	Especies	Autor	Densidad de una especie	Promedio de Dominancia de las especies	Resultado
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	Benth.	0.80	0.00	0.00
2	<i>Ageratina fastigiata</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0.30	0.00	0.00
3	<i>Ageratina glechonophylla</i>	(Less.) R.M.King & H.Rob.	1.50	0.00	0.00
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0.20	0.00	0.00
5	<i>Agrostis breviculmis</i>	Hitchc.	1.00	0.00	0.00
6	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	8.70	0.10	0.87
7	<i>Alchemilla vulcanica</i>	Cham. & Schltldl.	1.40	0.00	0.00

Tabla 33. Dominancia de las especies.

N°	Especies	Autor	Densidad de una especie	Promedio de Dominancia de las especies	Resultado
8	<i>Asplenium monanthes</i>	L.	0.20	0.00	0.00
9	<i>Avena sp.</i>	L.	0.90	0.00	0.00
10	<i>Bidens pilosa</i>	L.	0.80	0.00	0.00
11	<i>Bomarea dulcis</i>	(Hook.) Beauverd	1.00	0.00	0.00
12	<i>Brachyotum longisepalum</i>	Wurdack	0.80	0.00	0.00
13	<i>Bulbostylis juncooides</i>	(Vahl) Kük. ex Herter	1.00	0.00	0.00
14	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	Pilg.	0.30	0.00	0.00
15	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	(Kunze ex Klotzsch) Fée	3.80	0.00	0.00
16	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	12.00	0.10	1.20
17	<i>Carex peruviana</i>	J.Presl & C.Presl	2.70	0.00	0.00
18	<i>Cortaderia selloana</i>	(Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	4.50	0.00	0.00
19	<i>Disterigma empetrifolium</i>	(Kunth) Nied.	0.20	0.00	0.00
20	<i>Equisetum bogotense</i>	Kunth	14.50	0.20	2.90

Tabla 33. Dominancia de las especies.

N°	Especies	Autor	Densidad de una especie	Promedio de Dominancia de las especies	Resultado
21	<i>Eryngium humile</i>	Cav.	2.50	0.00	0.00
22	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	3.20	0.00	0.00
23	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	DC.	0.90	0.00	0.00
24	<i>Hieracium peruanum</i>	Fr.	0.70	0.00	0.00
25	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	A. Rich.	3.70	0.00	0.00
26	<i>Hypochaeris chillensis</i>	(Kunth) Hieron.	0.30	0.00	0.00
27	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	(Meyen & Walp.) Ball	2.20	0.00	0.00
28	<i>Juncus imbricatus</i>	Laharpe	9.40	0.00	0.00
29	<i>Juncus microcephalus</i>	Kunth	2.00	0.00	0.00
30	<i>Lasiocephalus patens</i>	(Kunth) Cuatrec.	0.40	0.00	0.00
31	<i>Minthostachys mollis</i>	(Benth.) Griseb.	2.50	0.00	0.00
32	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	12.90	0.10	1.29
33	<i>Oxalis corniculata</i>	L.	9.70	0.10	0.97

Tabla 33. *Dominancia de las especies.*

N°	Especies	Autor	Densidad de una especie	Promedio de Dominancia de las especies	Resultado
34	<i>Oxalis erirolepis</i>	Wedd.	1.30	0.00	0.00
35	<i>Paranephelium uniflorus</i>	Poepp.	1.20	0.00	0.00
36	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	5.00	0.00	0.00
37	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Kunth	0.20	0.00	0.00
38	<i>Polypogon elongatus</i>	Kunth	0.70	0.00	0.00
39	<i>Rubus robustus</i>	C. Presl	2.10	0.00	0.00
40	<i>Rumex acetosella</i>	L.	0.30	0.00	0.00
41	<i>Trifolium repens</i>	L.	3.00	0.00	0.00
42	<i>Veronica arvensis</i>	L.	0.70	0.00	0.00

Tabla 34. *Dominancia relativa de las especies.*

N°	Especies	Autor	Dominancia de una especie	Dominancia total de especies	*100	Dominancia Relativa
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	Benth.	0.00	7.23	100	0.00
2	<i>Ageratina fastigiata</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0.00	7.23	100	0.00
3	<i>Ageratina glechonophylla</i>	(Less.) R.M.King & H.Rob.	0.00	7.23	100	0.00
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0.00	7.23	100	0.00
5	<i>Agrostis breviculmis</i>	Hitchc.	0.00	7.23	100	0.00
6	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	0.87	7.23	100	12.03
7	<i>Alchemilla vulcanica</i>	Cham. & Schltld.	0.00	7.23	100	0.00
8	<i>Asplenium monanthes</i>	L.	0.00	7.23	100	0.00
9	<i>Avena sp.</i>	L.	0.00	7.23	100	0.00
10	<i>Bidens pilosa</i>	L.	0.00	7.23	100	0.00
11	<i>Bomarea dulcis</i>	(Hook.) Beauverd	0.00	7.23	100	0.00
12	<i>Brachyotum longisepalum</i>	Wurdack	0.00	7.23	100	0.00
13	<i>Bulbostylis juncooides</i>	(Vahl) Kük. ex Herter	0.00	7.23	100	0.00
14	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	Pilg.	0.00	7.23	100	0.00

Tabla 34. *Dominancia relativa de las especies.*

N°	Especies	Autor	Dominancia de una especie	Dominancia total de especies	*100	Dominancia Relativa
15	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	(Kunze ex Klotzsch) Fée	0.00	7.23	100	0.00
16	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	1.20	7.23	100	16.60
17	<i>Carex peruviana</i>	J.Presl & C.Presl	0.00	7.23	100	0.00
18	<i>Cortaderia selloana</i>	(Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	0.00	7.23	100	0.00
19	<i>Disterigma empetrifolium</i>	(Kunth) Nied.	0.00	7.23	100	0.00
20	<i>Equisetum bogotense</i>	Kunth	2.90	7.23	100	40.11
21	<i>Eryngium humile</i>	Cav.	0.00	7.23	100	0.00
22	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	0.00	7.23	100	0.00
23	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	DC.	0.00	7.23	100	0.00
24	<i>Hieracium peruanum</i>	Fr.	0.00	7.23	100	0.00
25	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	A. Rich.	0.00	7.23	100	0.00
26	<i>Hypochaeris chillensis</i>	(Kunth) Hieron.	0.00	7.23	100	0.00

Tabla 34. *Dominancia relativa de las especies.*

N°	Especies	Autor	Dominancia de una especie	Dominancia total de especies	*100	Dominancia Relativa
27	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	(Meyen & Walp.) Ball	0.00	7.23	100	0.00
28	<i>Juncus imbricatus</i>	Laharpe	0.00	7.23	100	0.00
29	<i>Juncus microcephalus</i>	Kunth	0.00	7.23	100	0.00
30	<i>Lasiocephalus patens</i>	(Kunth) Cuatrec.	0.00	7.23	100	0.00
31	<i>Minthostachys mollis</i>	(Benth.) Griseb.	0.00	7.23	100	0.00
32	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	1.29	7.23	100	17.84
33	<i>Oxalis corniculata</i>	L.	0.97	7.23	100	13.42
34	<i>Oxalis eriolepis</i>	Wedd.	0.00	7.23	100	0.00
35	<i>Paranephelius uniflorus</i>	Poepp.	0.00	7.23	100	0.00
36	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	0.00	7.23	100	0.00
37	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Kunth	0.00	7.23	100	0.00
38	<i>Polygonum elongatum</i>	Kunth	0.00	7.23	100	0.00
39	<i>Rubus robustus</i>	C. Presl	0.00	7.23	100	0.00

Tabla 34. *Dominancia relativa de las especies.*

N°	Especies	Autor	Dominancia de una especie	Dominancia total de especies	*100	Dominancia Relativa
40	<i>Rumex acetosella</i>	L.	0.00	7.23	100	0.00
41	<i>Trifolium repens</i>	L.	0.00	7.23	100	0.00
42	<i>Veronica arvensis</i>	L.	0.00	7.23	100	0.00

Tabla 35. *Índice de Valor de Importancia de las especies.*

N°	Especies	Autor	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	Resultado
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	Benth.	0.66	3.23	0.00	3.88
2	<i>Ageratina fastigiata</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0.25	1.61	0.00	1.86
3	<i>Ageratina glechonophylla</i>	(Less.) R.M.King & H.Rob.	1.23	1.61	0.00	2.85
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>	(Kunth) R.M.King & H.Rob.	0.16	1.61	0.00	1.78
5	<i>Agrostis breviculmis</i>	Hitche.	0.82	1.61	0.00	2.44
6	<i>Alchemilla orbiculata</i>	Ruiz & Pav.	7.16	4.84	12.03	24.03

Tabla 35. Índice de Valor de Importancia de las especies.

N°	Especies	Autor	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	Resultado
7	<i>Alchemilla vulcanica</i>	Cham. & Schldl.	1.15	1.61	0.00	2.77
8	<i>Asplenium monanthes</i>	L.	0.16	1.61	0.00	1.78
9	<i>Avena sp.</i>	L.	0.74	1.61	0.00	2.35
10	<i>Bidens pilosa</i>	L.	0.66	1.61	0.00	2.27
11	<i>Bomarea dulcis</i>	(Hook.) Beauverd	0.82	1.61	0.00	2.44
12	<i>Brachyotum longisepalum</i>	Wurdack	0.66	1.61	0.00	2.27
13	<i>Bulbostylis juncooides</i>	(Vahl) Kük. ex Herter	0.82	1.61	0.00	2.44
14	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	Pilg.	0.25	1.61	0.00	1.86
15	<i>Campyloneurum amphostenon</i>	(Kunze ex Klotzsch) Fée	3.13	3.23	0.00	6.35
16	<i>Carex mandoniana</i>	Boeckeler	9.88	6.45	16.60	32.93
17	<i>Carex peruviana</i>	J.Presl & C.Presl	2.22	1.61	0.00	3.84
18	<i>Cortaderia selloana</i>	(Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	3.70	1.61	0.00	5.32

Tabla 35. Índice de Valor de Importancia de las especies.

N°	Especies	Autor	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	Resultado
19	<i>Disterigma empetrifolium</i>	(Kunth) Nied.	0.16	1.61	0.00	1.78
20	<i>Equisetum bogotense</i>	Kunth	11.93	3.23	40.11	55.27
21	<i>Eryngium humile</i>	Cav.	2.06	1.61	0.00	3.67
22	<i>Gnaphalium americanum</i>	Mill.	2.63	6.45	0.00	9.09
23	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	DC.	0.74	1.61	0.00	2.35
24	<i>Hieracium peruanum</i>	Fr.	0.58	1.61	0.00	2.19
25	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	A. Rich.	3.05	3.23	0.00	6.27
26	<i>Hypochaeris chillensis</i>	(Kunth) Hieron.	0.25	1.61	0.00	1.86
27	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	(Meyen & Walp.) Ball	1.81	1.61	0.00	3.42
28	<i>Juncus imbricatus</i>	Laharpe	7.74	1.61	0.00	9.35
29	<i>Juncus microcephalus</i>	Kunth	1.65	1.61	0.00	3.26
30	<i>Lasiocephalus patens</i>	(Kunth) Cuatrec.	0.33	1.61	0.00	1.94
31	<i>Minthostachys mollis</i>	(Benth.) Griseb.	2.06	1.61	0.00	3.67

Tabla 35. Índice de Valor de Importancia de las especies.

N°	Especies	Autor	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	Resultado
32	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	(Kunth) Meisn.	10.62	6.45	17.84	34.91
33	<i>Oxalis corniculata</i>	L.	7.98	3.23	13.42	24.63
34	<i>Oxalis eriolepis</i>	Wedd.	1.07	1.61	0.00	2.68
35	<i>Paranephelium uniflorus</i>	Poepp.	0.99	1.61	0.00	2.60
36	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Flüggé	4.12	4.84	0.00	8.95
37	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Kunth	0.16	1.61	0.00	1.78
38	<i>Polypogon elongatus</i>	Kunth	0.58	1.61	0.00	2.19
39	<i>Rubus robustus</i>	C. Presl	1.73	3.23	0.00	4.95
40	<i>Rumex acetosella</i>	L.	0.25	1.61	0.00	1.86
41	<i>Trifolium repens</i>	L.	2.47	3.23	0.00	5.69
42	<i>Veronica arvensis</i>	L.	0.58	1.61	0.00	2.19

ANEXO n.º 6. Montaje y Etiquetado de especies herbáceas con mayor valor de importancia.

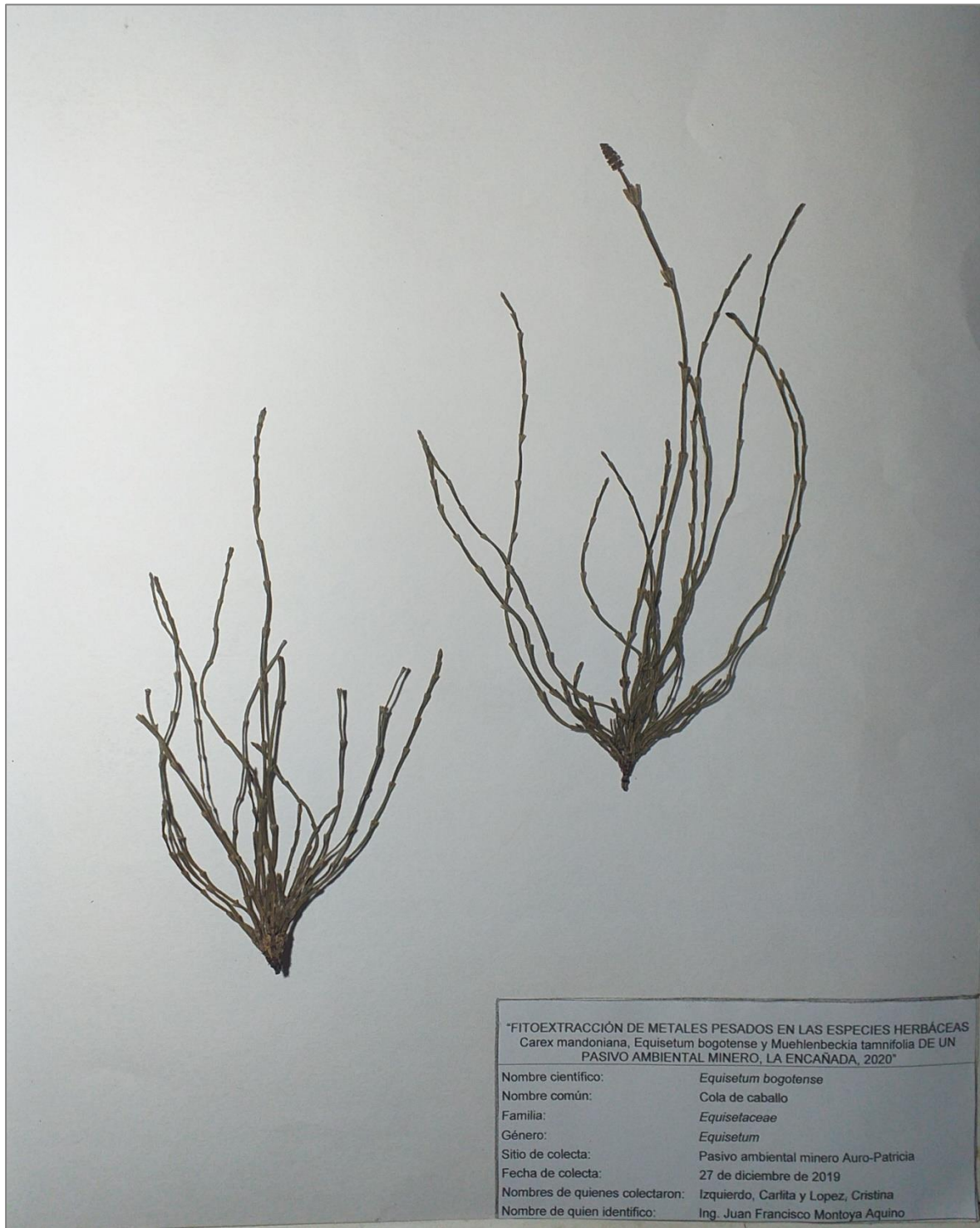


Figura 42. Etiquetado de la especie herbácea *Equisetum bogotense*.



Figura 43. Etiquetado de la especie herbácea *Muehlenbeckia tamnifolia*.



Figura 44. Etiquetado de la especie herbácea *Carex mandoniana*.

ANEXO n.º 7. Panel fotográfico.



Figura 45. Primera visita al pasivo ambiental Aurora Patricia, vista al norte.



Figura 46. Primera visita al pasivo ambiental Aurora Patricia, vista al este.



Figura 47. Primera visita al pasivo ambiental Aurora Patricia, vista al sur.



Figura 48. Vista frontal del socavón.



Figura 49. Presencia de agua que sale del socavón.



Figura 50. Presencia de espuma en el agua.



Figura 51. Corriente de agua contaminada.



Figura 52. Agua cerca del socavón en la primera visita.



Figura 53. Agua que va a la comunidad de Polloc.



Figura 54. Presencia de algas en el agua.



Figura 55. Presencia de agua lechosa y anaranjada en el agua que sale del socavón.



Figura 56. Levantamiento topográfico del terreno con la estación total.



Figura 57. Levantamiento topográfico de la parte baja donde se encuentra el socavón.



Figura 58. Recolectando suelo para la primera muestra para determinar el estado actual del pasivo.



Figura 59. Técnica del cuarteo para la muestra compuesta.



Figura 60. Rotulado de las bolsas ziploc para las muestras.



Figura 61. Llenado de bolsas ziploc con el suelo para ser llevadas al laboratorio.



Figura 62. Entrevista con el Sr. Leoncio Lanfranco ex propietario de la concesión Aurora-Patricia.



Figura 63. Construcción del metro cuadrado.



Figura 64. Aseguramiento de cordeles del metro cuadrado.



Figura 65. Conteo de especies herbáceas y georreferenciación.



Figura 66. Conteo de especies en la última parcela aleatoria en el terreno.

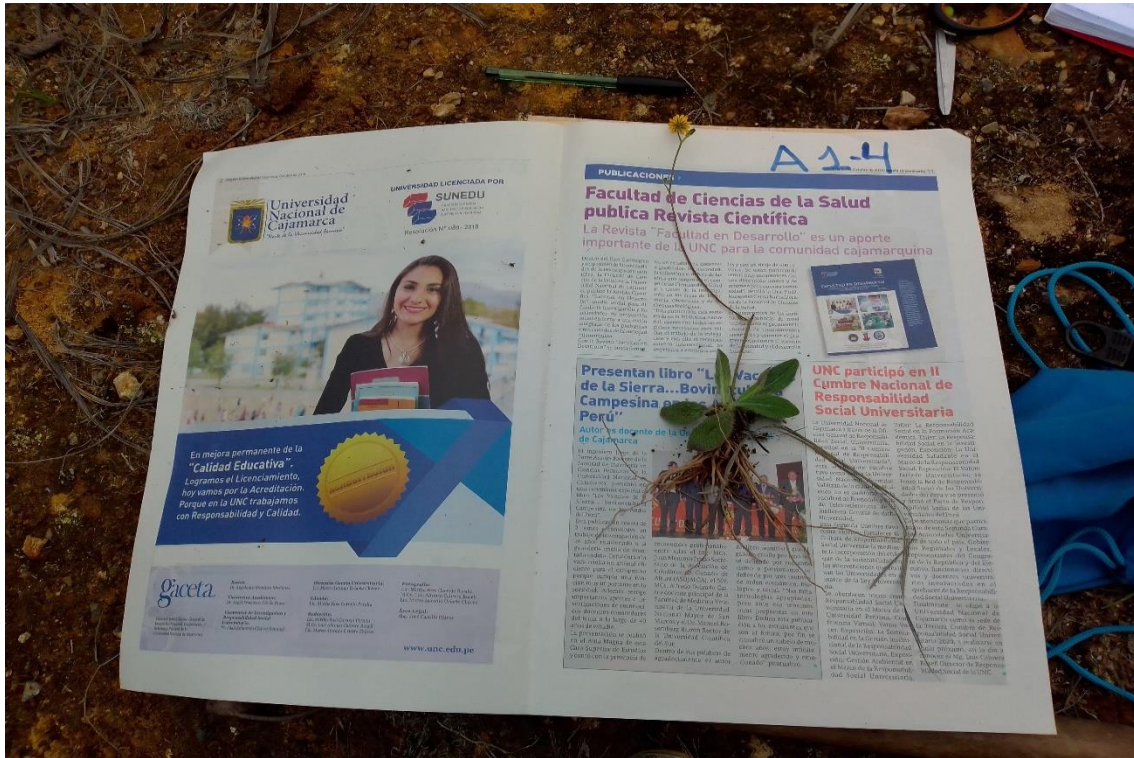


Figura 67. Puesta de especies herbáceas en periódicos para el prototipo de prensa botánica.

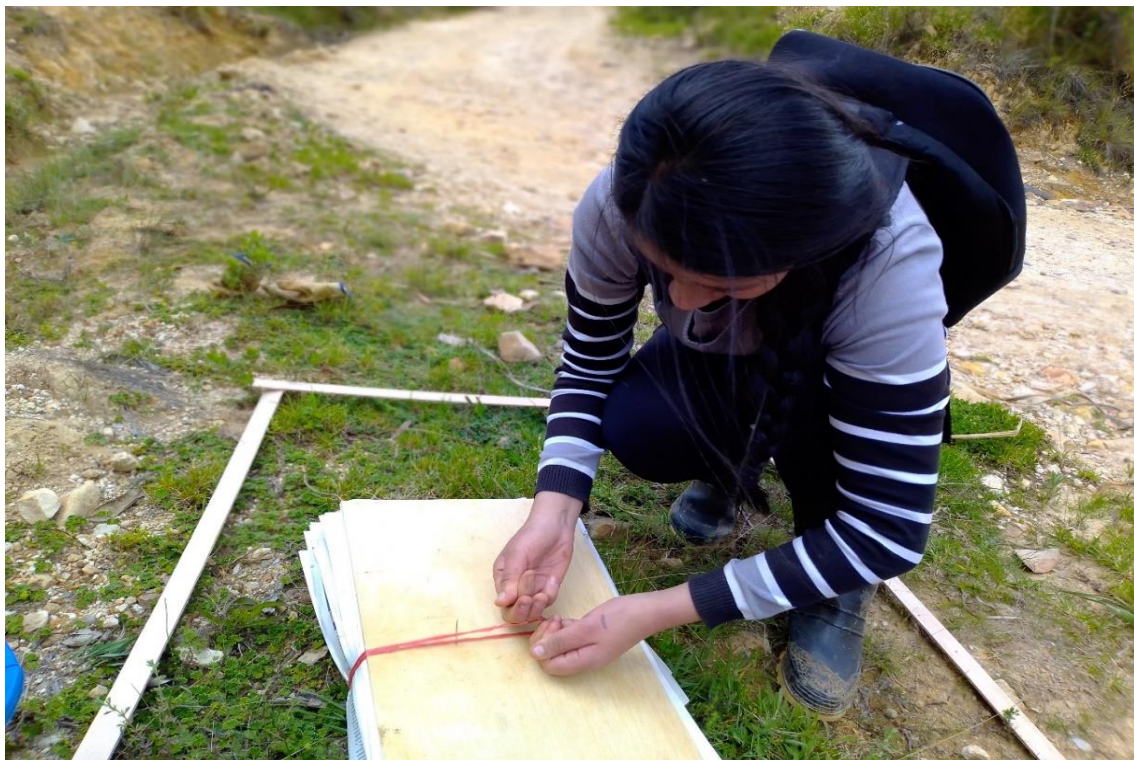


Figura 68. Armado del prototipo de prensa botánica después de recolectar todas las especies.



Figura 69. Cambio de periódicos a las especies del herbario para ser llevado al Herbario de la UNC.



Figura 70. Recolección de suelo para la muestra compuesta en la parte alta.



Figura 71. Recolección de suelo para la muestra compuesta en la parte baja cerca al socavón.



Figura 72. Recolección de las especies herbáceas más representativas en el pasivo ambiental.



Figura 73. Recolección de la especie en bolsas ziploc para ser pesadas en la balanza.



Figura 74. Pesado de las muestras de suelo y de las especies herbáceas.



Figura 75. Etiquetado de muestras de suelo y plantas.



Figura 76. Muestras preparadas para ser enviadas al laboratorio.

ANEXO n.º 8. Resultados de laboratorio.

SAG S.A.C. CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

Cliente: Carlita Roxana Izquierdo Ramirez Contacto: _____ E-mail: izquierdo.carlita1@gmail.com Telef. (s) (04) 930614872

Lugar: Cajamarca Empresa: _____ Planta: _____ Proyecto: _____

Carta/Cotización: Nº 2020-01VD-26-2 MUESTREO POR SAG MUESTREO POR CLIENTE

Nº Informe: 140771-2020

PUNTO DE MUESTREO O CODIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU		ANALISIS DE LABORATORIO		Nº Informe
	FECHA	HORA			Metaboles		SERVIDOR DE LABORATORIO	
SCM	02/02/20	11:15	Suelo		X			20020526
SNC	02/02/20	12:40	Suelo		X			20020527
MTSCH-H	02/02/20	13:15	Planta (Hoja)		X			20020528
MTSNC-H	02/02/20	14:30	Planta (Hoja)		X			20020529
MTSCH-T	02/02/20	13:30	Planta (Tallo)		X			20020530
MTSCH-R	02/02/20	13:45	Planta (Raiz)		X			20020531
MTSNC-T	02/02/20	14:35	Planta (Tallo)		X			20020537
MTSNC-R	02/02/20	14:40	Planta (Raiz)		X			20020533
CMSCH-T	02/02/20	11:30	Planta (Tallo)		X			20020524
CMSCH-R	02/02/20	11:45	Planta (Raiz)		X			20020535
EBSCM-T	02/02/20	12:00	Planta (Tallo)		X			20020536
EBSCM-R	02/02/20	12:20	Planta (Raiz)		X			20020537
EBSNC-T	03/02/20	10:30	Planta (Tallo)		X			20020538
EBSNC-R	03/02/20	10:35	Planta (Raiz)		X			20020539
CMSNC-T	04/02/20	12:15	Planta (Tallo)		X			20020540
CMSNC-R	04/02/20	12:30	Planta (Raiz)		X			20020541

Observaciones de Muestreo: _____

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Carlita Roxana Izquierdo Ramirez Firma(s): [Firma] Recibido en laboratorio: NM

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: _____ Firma(s): _____ Día/Hora: 21:00

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES
RECIBIDO
06 FEB 2020
REPRESENTANTE: RIVERAS

Figura 77. Cadena de Custodia de Monitoreo de Suelos y Especies de Plantas Herbáceas.

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C, 2020.

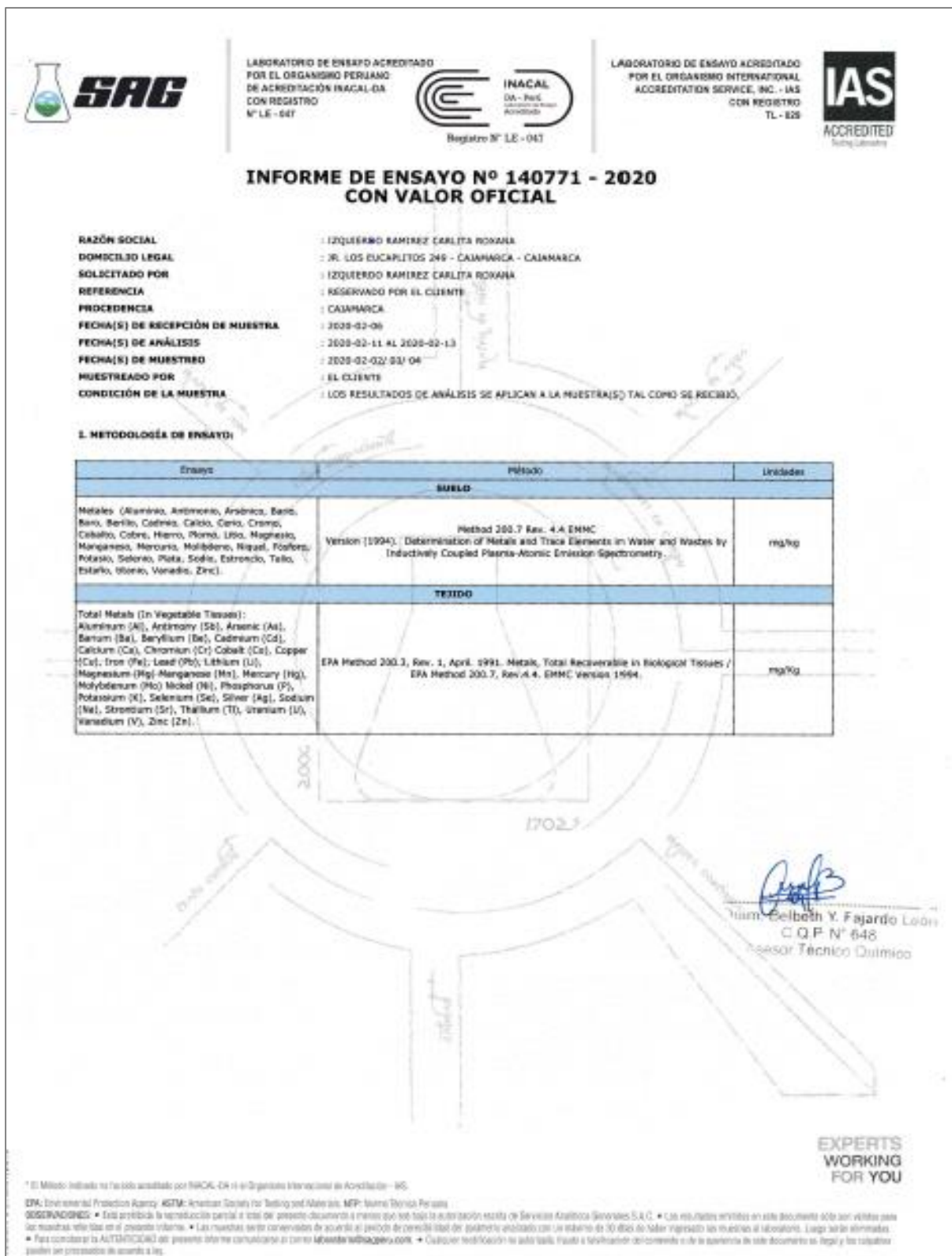


Figura 78. Informe de Ensayo N° 140771 – 2020 con Valor Oficial.

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C, 2020.

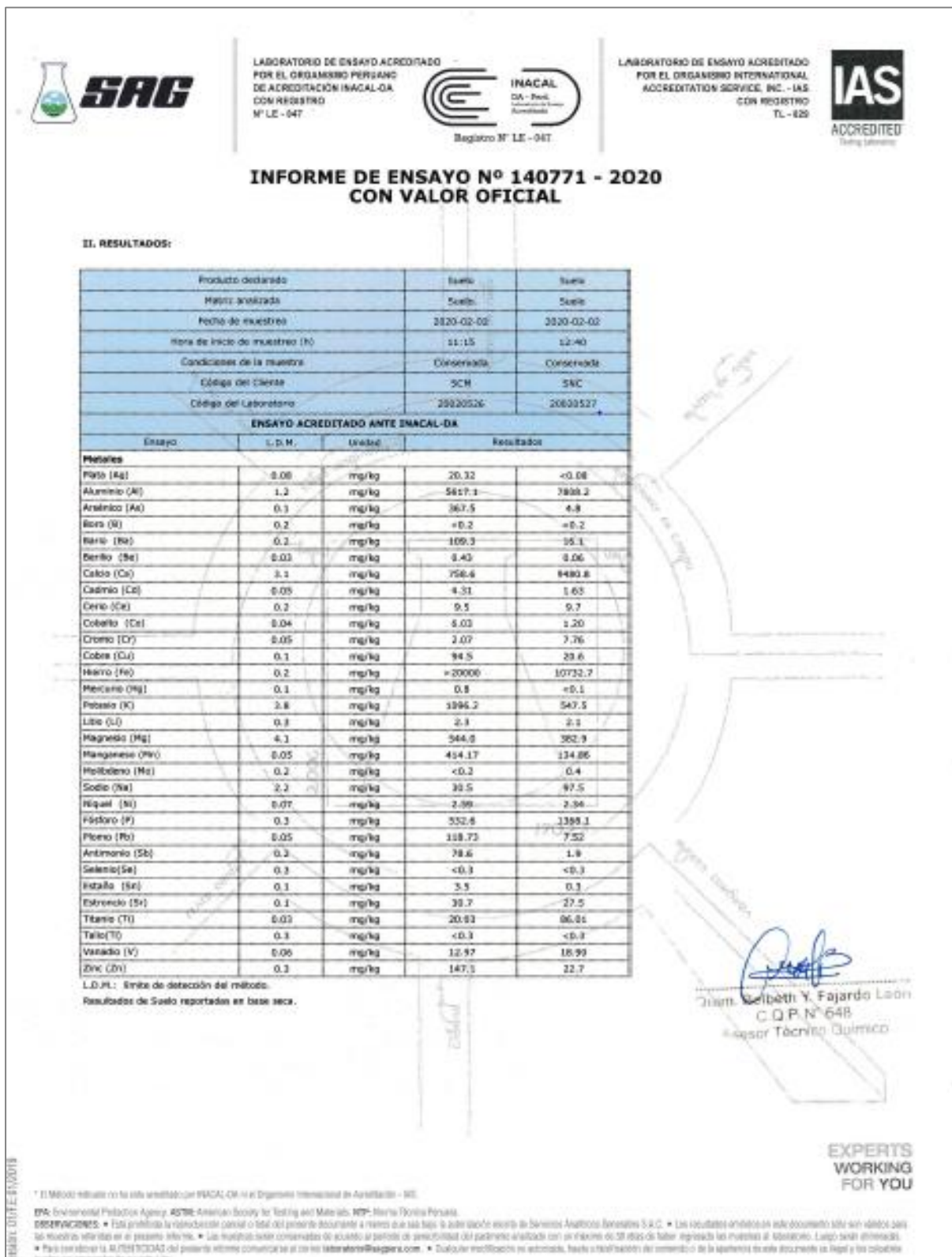


Figura 78. Informe de Ensayo N° 140771 – 2020 con Valor Oficial.

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C, 2020.



Figura 78. Informe de Ensayo N° 140771 – 2020 con Valor Oficial.

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C, 2020.

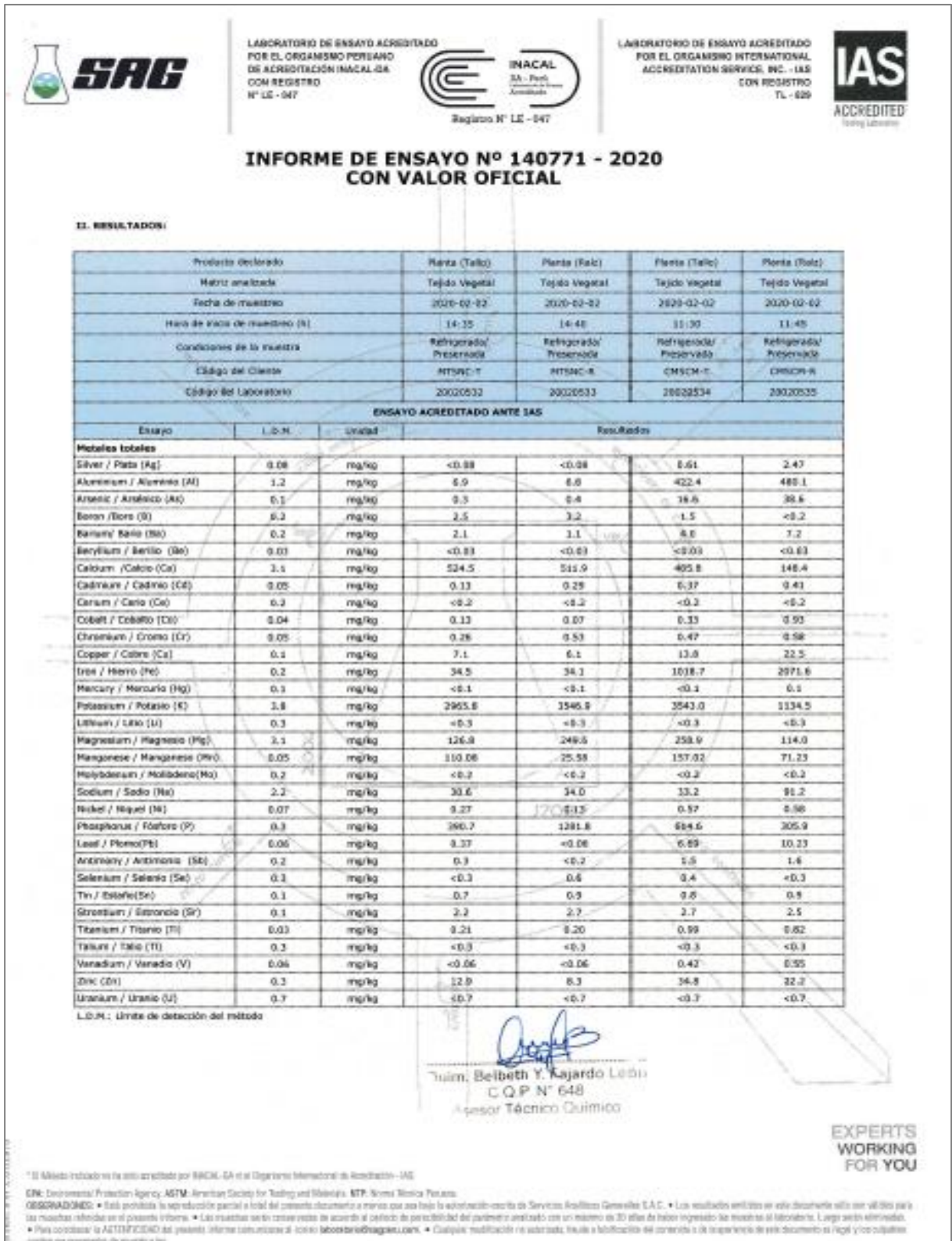


Figura 78. Informe de Ensayo N° 140771 – 2020 con Valor Oficial.

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C, 2020.

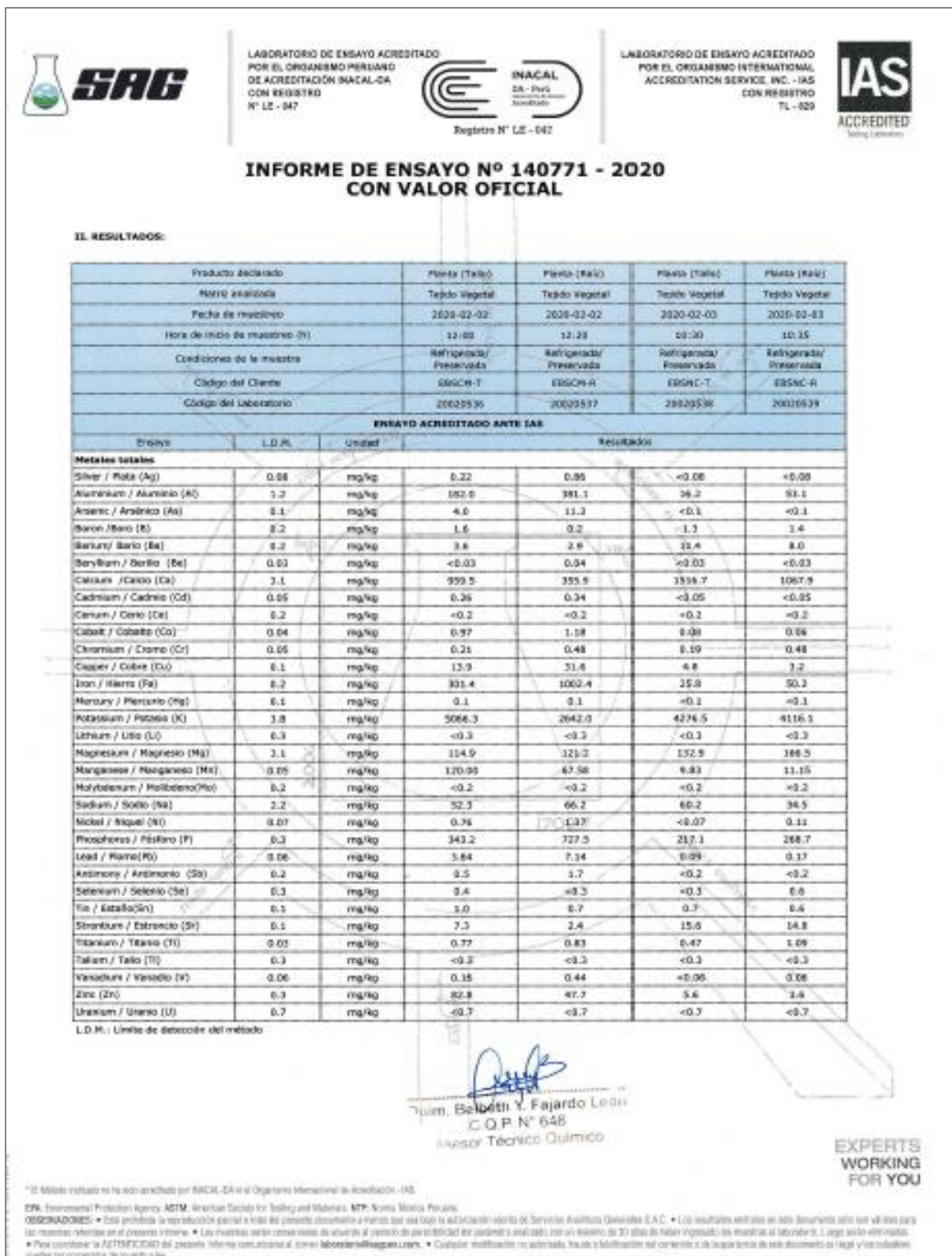


Figura 78. Informe de Ensayo N° 140771 – 2020 con Valor Oficial.

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C, 2020.



Figura 78. Informe de Ensayo N° 140771 – 2020 con Valor Oficial.

Fuente: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C, 2020.