

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**“ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO
EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL
PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AMBIENTAL**

VALERIA ALEGRÍA CADENA DE LA ESPRIELLA

valeria.cadena@epn.edu.ec

LIZETH ALEJANDRA YÁNEZ CATOTA

lizeth.yanez@epn.edu.ec

DIRECTOR: DR. XAVIER EDUARDO ZAPATA RÍOS

xavier.zapata@epn.edu.ec

Quito, mayo 2019

DECLARACIÓN

Nosotras, Valeria Alegría Cadena de la Espriella y Lizeth Alejandra Yáñez Catota, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

VALERIA ALEGRÍA CADENA DE LA ESPRIELLA

LIZETH ALEJANDRA YÁNEZ CATOTA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Valeria Alegría Cadena de la Espriella y Lizeth Alejandra Yáñez Catota, bajo mi supervisión.

Dr. Xavier Eduardo Zapata Ríos
Director del Proyecto

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, sin su apoyo el proceso de obtención de mi título de pregrado no hubiera sido posible.

A mi hija, por su paciencia y respaldo.

A mi compañera de tesis Lichita, tu amistad da color a mi vida. Más que amigas, somos hermanas. Gracias por el equipo que formamos. A tu familia, en especial a Don Vini.

A mi director de tesis Ing. Xavier Zapata PhD, profesionalismo y dedicación lo describen. Su respaldo fue muy valioso.

A Diego, cada palabra de aliento, apoyo físico y emocional fueron fundamentales.

A mis padrinos Amparito y Guy, por estar siempre presentes a pesar de la distancia.

A mi tío Mao, por su apoyo y grato cariño.

A mis tías Libia y Fanny por sus muestras de afecto.

Al Fondo para la Protección del Agua - FONAG y la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento – EPMAPS, entidades que aportaron significativamente en el marco de la Estación Científica “Agua y Páramo”. A Bert De Bièvre, por el apoyo técnico.

A Quique, Pao, Luna, Susi, Fer, Marce, José y Marquito, por el apoyo en el proceso.

A mis amigos de la vida, en especial a Juan Manuel, Vane, Rodri, Andrés, Nico, Bra, Daniel, Mafer, Yadi y Estibi. Gracias por ser compañeros de batalla y las experiencias vividas.

A mis profesores de la carrera, un pilar fundamental para mi desarrollo profesional.

Al barrio San Francisco de Cruz Loma, su apoyo fue fundamental para el desarrollo de la tesis. Don Luis, un guerrero como usted todos los páramos deberían tener.

A Martita y Sofi, por la luz que emanan y el cariño que me han brindado.

A todas las personas que directa o indirectamente aportaron en el desarrollo de la investigación.

Valeria

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque ha estado presente en cada momento de mi vida. Para mí, Dios es el arquitecto y motor del universo.

A mi *mamita y papito*, no me alcanzará la existencia para agradecerles todo lo que han hecho por mí. Por brindarme una vida de felicidad, amor, alegrías y oportunidades. Por sus cuidados, atenciones, consejos y mimos. Por darme la mano para seguir adelante. Por ser paz y bondad. ¡Los amo con todo mi corazón!

A mis ñañas, Vale y Dennis. Juntas hemos recorrido un largo camino. Han estado conmigo en todos los matices de mi vida. Sus corazones son de oro y sus almas están hechas de vibranio. ¡Las admiro infinitamente!

A mi tío Juanito, quién ha estado junto a mi desde que nací. Eres ejemplo de superación y perseverancia. ¡Estoy muy orgullosa de ti!

A mi querida Vale Alegría, por estar conmigo en los momentos de luz y oscuridad. Por esa amistad que se ha convertido en una sólida hermandad. ¡Somos un gran equipo! Agradezco a tu familia por brindarme su afecto y cariño. Presenciar el crecimiento de tu pequeña Alegría ha sido un lindo obsequio de la vida.

A todas las amistades forjadas en el camino, especialmente a mi segunda familia: Mafercita, Nicky, Vanesita, Yadi amiwi, Rodri, Yorcito, Bra, Mau, Wallicito, Estibi, Gabi E., Majito y Jordan. Su amistad es un tesoro valioso en mi vida. Les deseo éxitos infinitos en todos los aspectos de su vida.

A Raquelita, tu amistad ha sido y será una parte fundamental en mi vida. Gracias por estar conmigo en todo momento. Por ser un grandioso ser humano. ¡Amihermanas hoy y siempre!

A Elvis, querido amigo empezamos juntos la etapa universitaria y de la misma forma la culminamos. Gracias por tu amistad durante todos estos años. Eres muy importante para mí y deseo que seas inmensamente feliz.

A mi director de tesis, el Dr. Xavier Zapata, por su guía y apoyo incondicional durante todo este proceso. Por contribuir con nuestro desarrollo profesional al compartir sus conocimientos y experiencias. Por sus consejos y enseñanzas.

Al Dr. Bert de Bièvre, por todo el apoyo brindado en la realización de este proyecto. A Enrique Quinteros (Quique) y Diego Ribadeneira (Trasher), por su apoyo técnico y humano de inicio a fin. Por solventar nuestras dudas y darnos ánimos en todo momento.

A Vinicio Yáñez, José Núñez, Marce, Luna, Fer, Pao, Su, Marquito, Diego, Vanesita, Yorcito, Rodri, Eli, Dani Cando, Giovanni, Quique, Misha y al barrio de San Francisco de Cruz Loma, por su colaboración y apoyo durante el trabajo experimental de esta investigación.

A Don Luis Moreno. Hombre trabajador y luchador. El páramo cuenta con un excelente guardián.

Al Fondo para la Protección del Agua (FONAG) y a la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS) que dentro del Programa de Becas 2018 de la Estación Científica Agua y Páramos fueron las entidades auspiciantes de este Proyecto.

A mis profesores de la carrera, por todo el conocimiento impartido y a mi alma máter, la Escuela Politécnica Nacional.

Lichita

DEDICATORIA

A mi Alegría, el motor de mi vida y luz de mis ojos, por las incontables sonrisas y aprendizajes.

A mi madre, mi inspiración y soporte, por su apoyo incondicional y amor infinito.

A mi padre, mi estrella fugaz y protector, por su huella invaluable de valores y conocimiento.

A mi hermana, mi paz y compañera, por su grata compañía y sinceridad.

A mi italays, mi tesoro y guardiana, por su sabiduría y preocupación por mi bienestar.

A mi serendipia, mi thrasher y amor, por cada vivencia y expresión de cariño.

DEDICATORIA

A mi amado sobrino Leonel Benjamín (alías “Benji Price”) por traer más amor a nuestra familia. Pequeño, eres uno de los tesoros invaluables más grandes de mi vida. Deseo que seas infinitamente feliz hoy y siempre.

A mi *mamita querida*: una mujer inteligente, valiente, trabajadora, solidaria, amorosa, emprendedora y llena de infinitas cualidades. De la misma forma, a mi *papito querido*, el ser humano con el corazón más noble que he conocido. Hombre honorable, trabajador, inteligente, leal y luchador.

A mis ñañas: Vale (valiente, cariñosa, guerrera y perseverante) y Dennis (fuerte, noble, hilarante y solidaria). Ustedes son mujeres buenas, hermosas, inteligentes y trabajadoras.

A mi cuñado Chris, por brindarme su amistad sincera. Por estar en los momentos felices y tristes. Por el amor incondicional que tienes hacia mi ñaña y mi sobrino.

A mi sobrina perruna Kyarita, nos conocemos desde hace mucho tiempo y aun cuando sé que no leerás estas palabras, quiero plasmarte en este papel porque eres parte de mi familia.

A Elizabeth (Eli), Estefanía (Huesitos), Fernanda (Ferchita) porque nuestra amistad ha perdurado con el pasar de los años y se ha consolidado mucho más.

A mi abuelita Blanca, mi tío Geovanito y mi tía Pati. Siempre los llevo en mi corazón.

A todas las personas que luchan día a día por un mundo más justo y equitativo.

A quiénes buscan la manera de superarse y salir adelante.

A quiénes enfrentan con fuerza y coraje las adversidades de la vida.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
AGRADECIMIENTOS	VI
DEDICATORIA.....	VIII
DEDICATORIA.....	IX
CONTENIDO.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
ÍNDICE DE ANEXOS	XXI
SIMBOLOGÍA Y SIGLAS.....	XXII
RESUMEN	XXIII
ABSTRACT	XXIV
PRESENTACIÓN	XXV
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. OBJETIVOS	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. ALCANCE	5
1.4. HIPÓTESIS.....	5
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	5
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	7
2.1. MARCO TEÓRICO	7
2.1.1. Ecosistema páramo.....	7
2.1.1.1. Generalidades y características	7

2.1.1.2. Páramos ecuatorianos	9
2.1.2. Suelos de páramo	9
2.1.2.1. Origen y formación	9
2.1.2.2. Características generales y clasificación	11
2.1.2.3. Suelos de páramo ecuatoriano.....	15
2.1.3. Propiedades hidrofísicas del suelo	16
2.1.3.1. Conductividad Hidráulica.....	16
2.1.3.1.1. Infiltración.....	18
2.1.3.2. Textura	18
2.1.3.3. Densidad Aparente.....	19
2.1.3.4. Contenido de humedad	20
2.1.3.5. Porosidad	20
2.1.3.6. Materia orgánica.....	21
2.1.4. Importancia del páramo como regulador del agua	21
2.1.5. Implicaciones de la práctica del enduro en el suelo	24
2.1.5.1. Enduro.....	24
2.1.5.2. Consecuencias de la práctica de enduro	25
2.2. ESTADO DEL ARTE.....	28
2.2.1. Eje de investigación.....	28
2.2.2. Documentos revisados	29
2.2.3. Principales hallazgos	30
CAPÍTULO III	38
METODOLOGÍA	38
3.1. ÁREA DE ESTUDIO	38
3.2. TRABAJO DE CAMPO	38
3.2.1. Identificación de la zona de estudio.....	38
3.2.2. NIVEL DE DAÑO DE OBSERVACIÓN	43
3.2.3. Levantamiento de información en la comunidad	44
3.2.3.1. Antecedentes	44
3.2.3.2. Descripción de la metodología de la línea base	46
3.2.4. Criterios para la selección de transectos lineales.....	48
3.2.4.1. Descripción de los criterios.....	48

3.2.5. Establecimiento de transectos lineales permanentes	49
3.2.6. Mediciones in situ de la conductividad hidráulica saturada	49
3.2.6.1. Caracterización del perfil de suelo.....	50
3.2.6.2. Conductividad Hidráulica Saturada	51
3.2.7. Ejecución de la campaña de muestreo del suelo.	55
3.2.7.1. Campaña de muestreo	55
3.2.7.2. Tipo de suelo - Textura	56
3.2.7.3. Densidad aparente, contenido de humedad y porosidad	56
3.2.7.4. Materia Orgánica.....	59
3.2.8. Análisis de laboratorio	61
3.2.8.1. Análisis de tipo de suelo.....	61
3.2.8.2. Análisis de densidad aparente	62
3.2.8.3. Análisis de contenido de humedad.....	63
3.2.8.4. Análisis de porosidad	64
3.2.8.5. Análisis de materia orgánica	65
3.2.9. Tratamiento estadístico de datos.....	65
CAPÍTULO IV.....	67
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1. LÍNEA BASE SOCIAL	67
4.1.1. Desarrollo del taller en el barrio de San Francisco de Cruz Loma.....	67
4.1.2. Resultados de la línea base	68
4.2. NIVEL DE DAÑO EN LOS ESCENARIOS POR OBSERVACIÓN	69
4.3. LÍNEA DE TIEMPO DE LOS SITIOS DE ESTUDIO	70
4.3.1 Sitio 1-Palmas.....	70
4.3.2 Sitio 2-Loma Gorda	71
4.3.3 Sitio 3-Cochas.....	72
4.3.4 Sitio 4-Pista Ocho	74
4.4. PERFIL DE SUELO	75
4.5. TIPO DE SUELO.....	78
4.6. PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DE SUELO.....	79
4.6.1. Conductividad Hidráulica	79

4.6.1.1. Conductividad hidráulica saturada a profundidad.....	79
4.6.1.2. Conductividad hidráulica saturada a superficie	85
4.6.2. Densidad Aparente	91
4.6.2.1 Densidad Aparente Superficial	91
4.6.2.2. Densidad Aparente a Profundidad	98
4.6.3. Contenido de humedad	103
4.6.4. Porosidad	109
4.6.5. Materia orgánica	116
4.6. RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS Y LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN HÍDRICA	123
4.7. ANÁLISIS COMPARATIVO	127
4.8. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN	130
CAPÍTULO V.....	131
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	131
5.1. CONCLUSIONES	131
5.2. RECOMENDACIONES	133
BIBLIOGRAFÍA	135
ANEXOS	149

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. VALORES DE INFILTRACIÓN QUE REPORTA LA BIBLIOGRAFÍA PARA LOS SUELOS DE PÁRAMO.....	17
TABLA 2. TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS EN EL SUELO	19
TABLA 3. DESCRIPCIÓN DE DOCUMENTOS REVISADOS.....	30
TABLA 4. DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO.....	43
TABLA 5. PONDERACIÓN DE NIVEL DE DAÑO POR INDICADOR	44
TABLA 6. NIVEL DE DAÑO POR OBSERVACIÓN	44
TABLA 7. FECHAS DE MEDICIONES IN SITU EN LOS SITIOS DE ESTUDIO	50
TABLA 8. FECHAS DE CAMPAÑA DE MUESTREO EN LOS SITIOS DE ESTUDIO	56
TABLA 9. ANÁLISIS ANOVA	66
TABLA 10. PONDERACIÓN DE NIVEL DE DAÑO POR INDICADOR	69
TABLA 11. NIVEL DE DAÑO POR OBSERVACIÓN	69
TABLA 12. CLASIFICACIÓN DEL SUELO SUCS.....	78
TABLA 13. VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A PROFUNDIDAD DEL SITIO 1	79
TABLA 14. VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A PROFUNDIDAD DEL SITIO 2	79
TABLA 15. VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A PROFUNDIDAD DEL SITIO 3	80
TABLA 16. VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A PROFUNDIDAD DEL SITIO 4	80
TABLA 17. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A PROFUNDIDAD	80
TABLA 18. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE A CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A PROFUNDIDAD	85

TABLA 19. VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA SUPERFICIAL	86
TABLA 20. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SUPERFICIAL	86
TABLA 21. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE A CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A SUPERFICIE	90
TABLA 22. VALORES DE DENSIDAD APARENTE SUPERFICIAL DEL SITIO 1	91
TABLA 23. VALORES DE DENSIDAD APARENTE SUPERFICIAL DEL SITIO 2	91
TABLA 24. VALORES DE DENSIDAD APARENTE SUPERFICIAL DEL SITIO 3	92
TABLA 25. VALORES DE DENSIDAD APARENTE SUPERFICIAL DEL SITIO 4	92
TABLA 26. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A DENSIDAD APARENTE SUPERFICIAL	93
TABLA 27. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE A DENSIDAD APARENTE SUPERFICIAL	98
TABLA 28. VALORES DE DENSIDAD APARENTE A PROFUNDIDAD DEL SITIO 1	98
TABLA 29. VALORES DE DENSIDAD APARENTE A PROFUNDIDAD DEL SITIO 2	99
TABLA 30. VALORES DE DENSIDAD APARENTE A PROFUNDIDAD DEL SITIO 3	99
TABLA 31. VALORES DE DENSIDAD APARENTE A PROFUNDIDAD DEL SITIO 4	99
TABLA 32. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A DENSIDAD APARENTE A PROFUNDIDAD	100
TABLA 33. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE A DENSIDAD APARENTE A PROFUNDIDAD	103
TABLA 34. VALORES DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SITIO 1	104

TABLA 35. VALORES DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SITIO 2	104
TABLA 36. VALORES DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SITIO 3	104
TABLA 37. VALORES DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SITIO 4	105
TABLA 38. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A CONTENIDO DE HUMEDAD.....	105
TABLA 39. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE AL CONTENIDO DE HUMEDAD	109
TABLA 40. VALORES DE POROSIDAD DEL SITIO 1	110
TABLA 41. VALORES DE POROSIDAD DEL SITIO 2	110
TABLA 42. VALORES DE POROSIDAD DEL SITIO 3	110
TABLA 43. VALORES DE POROSIDAD DE SITIO 4	111
TABLA 44. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A LA POROSIDAD	111
TABLA 45. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE A LA POROSIDAD	116
TABLA 46. VALORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SITIO 1	116
TABLA 47. VALORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SITIO 2	117
TABLA 48. VALORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SITIO 3.....	117
TABLA 49. VALORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SITIO 4.....	117
TABLA 50. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A MATERIA ORGÁNICA.....	118
TABLA 51. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE A LA MATERIA ORGÁNICA	123
TABLA 52. MATRIZ DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	128

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva de Infiltración del Sitio 1B (ensayo 2018)	55
Gráfico 2. Conductividad Hidráulica Sitio 1	82
Gráfico 3. Conductividad Hidráulica Sitio 2	83
Gráfico 4. Conductividad Hidráulica Sitio 3	83
Gráfico 5. Conductividad Hidráulica Sitio 4	83
Gráfico 6. Conductividad hidráulica (a profundidad) entre escenarios	84
Gráfico 7. Conductividad hidráulica (a profundidad) global	84
Gráfico 8. Conductividad hidráulica saturada (superficial) global	89
Gráfico 9. Conductividad hidráulica saturada (superficial)	90
Gráfico 10. Densidad aparente sup. S1	95
Gráfico 11. Densidad aparente sup. S2	95
Gráfico 12. Densidad aparente sup. S3	96
Gráfico 13. Densidad aparente sup. S4	96
Gráfico 14. Densidad aparente superficial entre escenarios	96
Gráfico 15. Densidad aparente superficial global	97
Gráfico 16. Densidad aparente a profundidad (media) global	101
Gráfico 17. Densidad aparente a profundidad (fondo) global	102
Gráfico 18. Densidad aparente (superficial - medio - fondo) entre escenarios	102
Gráfico 19. Contenido de humedad Sitio 1	107
Gráfico 20. Contenido de humedad Sitio 2	107
Gráfico 21. Contenido de humedad Sitio 3	107
Gráfico 22. Contenido de humedad Sitio 4	107
Gráfico 23. Contenido de humedad entre escenarios	108
Gráfico 24. Contenido de humedad global	108
Gráfico 25. Porosidad Sitio 1	113
Gráfico 26. Porosidad Sitio 2	113
Gráfico 27. Porosidad Sitio 3	114
Gráfico 28. Porosidad Sitio 4	114

Gráfico 29. Porosidad entre escenarios	114
Gráfico 30. Porosidad global	115
Gráfico 31. Materia orgánica Sitio 1	120
Gráfico 32. Materia orgánica Sitio 2	120
Gráfico 33. Materia orgánica Sitio 3	121
Gráfico 34. Materia orgánica Sitio 4	121
Gráfico 35. Materia Orgánica entre escenarios	121
Gráfico 36. Materia Orgánica global.....	122
Gráfico 37. Densidad aparente vs Porosidad	124
Gráfico 38. Densidad aparente vs Contenido de Humedad	125
Gráfico 39. Contenido de Humedad vs Porosidad	126
Gráfico 40. Contenido de Humedad vs Materia Orgánica	127
Gráfico 41. Grado de afectación a las propiedades del suelo	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sitios de estudio en el páramo de la cuenca alta del río Cinto.....	39
Figura 2. Sitio de estudio 1 - Palmas.....	40
Figura 3. Sitio de estudio 2 - Loma Gorda.....	41
Figura 4. Sitio de estudio 3 – Cochas.....	41
Figura 5. Sitio de estudio 4 - Pista 8.....	42
Figura 6. Modelo de transectos lineales permanentes en cada sitio	49
Figura 7. Caracterización del perfil de suelo	50
Figura 8. Ensayo de pozo invertido.	51
Figura 9. Profundidad del pozo en la etapa 1.....	52
Figura 10. Profundidad del pozo en la etapa 2.....	52
Figura 11. Ilustración del método del pozo invertido	53
Figura 12. Ilustración de la curva de infiltración	54
Figura 13. Toma de muestras para densidad aparente.....	57
Figura 14. Toma de muestras para densidad aparente.....	57
Figura 15. Ilustración del muestreo de densidad aparente superficial.....	58
Figura 16. Ilustración del muestreo de densidad aparente a profundidad.....	59
Figura 17. Ilustración del muestreo de materia orgánica.....	59
Figura 18. Muestras de materia orgánica en campo	60
Figura 19. Muestreo de suelo.....	61
Figura 20. Análisis de densidad aparente en el laboratorio.....	63
Figura 21. Recolección de información para línea base social.....	67
Figura 22. Ortofoto-Imágenes Satelitales del sitio de estudio 1	71
Figura 23. Ortofoto-Imágenes Satelitales del sitio de estudio 2	72
Figura 24. Ortofoto-Imágenes Satelitales del sitio de estudio 3.	73
Figura 25. Ortofoto-Imágenes Satelitales del sitio de estudio 4	75
Figura 26. Perfil de suelo del sitio de estudio 1.	76
Figura 27. Perfil de suelo del sitio de estudio 2.	76
Figura 28. Perfil de suelo del sitio de estudio 3.....	77
Figura 29. Perfil de suelo del sitio de estudio 4.....	77

Figura 30. Evento de lluvia registrado en el escenario intervenido Sitio 288

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 LEGISLACIÓN AMBIENTAL PARA EL ECOSISTEMA PÁRAMO.....	150
ANEXO 2 MAPA DETALLE DE RUTAS DE ENDURO	154
ANEXO 3 CARACTERIZACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO	156
ANEXO 4 CLASIFICACIÓN DE SUELO SUCS	170
ANEXO 5 REPORTE DE ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA.....	187
ANEXO 6 INTENSIDAD MÁXIMA P28 CRUZ LOMA.....	192
ANEXO 7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ANOVA	194
ANEXO 8 CURVAS DE INFILTRACIÓN	212
ANEXO 9 DETERMINACIÓN DE DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD	245
ANEXO 10 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	253
ANEXO 11 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS GRÁFICOS DE CADA PROPIEDAD FÍSICA.....	258

SIMBOLOGÍA Y SIGLAS

A: Escenario No Intervenido

Art.: Artículo

B: Escenario Intervenido

mm: milímetros

msnm: metros sobre el nivel del mar

cm: centímetros

ha: hectáreas

sup.: superficial

ANOVA: Análisis de Varianza

ASTM: Asociación Americana de Ensayo de Materiales

DMQ: Distrito Metropolitano de Quito

EPMAPS: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

FONAG: Fondo para la Protección del Agua

INIAP: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

LEMSUR: Laboratorio de Ensayo de Materiales Mecánica de Suelos y Rocas

pH: Potencial de Hidrógeno

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

TPH: Hidrocarburos totales de Petróleo

MW: Megavatios

UTM: Universal Transverse Mercator

RESUMEN

El páramo es un ecosistema natural importante para la región andina por la cantidad de servicios ecosistémicos que otorga. Su importancia radica en la regulación hídrica, diversidad biológica e interacciones bióticas, almacenamiento de carbono, entre otras. Este ecosistema se encuentra amenazado por factores naturales como la erosión hídrica o eólica y actividades antrópicas como ganadería, agricultura, e incendios, así como actividades recreacionales.

En el páramo de la cuenca alta del río Cinto (Andes ecuatorianos) la presencia de motos se ha registrado debido a la práctica de enduro en la zona desde cuatro décadas atrás. En este contexto, la presente investigación estima el grado de afectación de esta práctica a través de la comparación de las propiedades hidrofísicas de dos escenarios: uno intervenido y otro no intervenido.

Se levantó una línea base social en la zona para establecer la situación inicial de los sitios en los que se realizó la investigación. Se seleccionaron cuatro sitios de muestreo en los que se realizaron análisis in situ y en laboratorio para determinar la conductividad hidráulica saturada, densidad aparente, contenido de humedad, porosidad y materia orgánica. El tratamiento estadístico de datos se basó en la prueba unidireccional ANOVA.

La práctica del enduro sobre el páramo tiene una incidencia negativa en las propiedades hidrofísicas del suelo. Los resultados del análisis de la capa edáfica superficial del escenario intervenido indican una disminución de la conductividad hidráulica saturada en un 66,1%, el contenido de humedad en un 27,34%, la materia orgánica en un 8,8% y la porosidad en un 6,5%. Por otro lado, la densidad aparente registró un aumento de 12,9%. Esto demuestra que las propiedades originales del suelo fueron alteradas, provocando una perturbación en los procesos de regulación hídrica.

ABSTRACT

The paramo is an important ecosystem to the Andean region, mainly because of the amount of ecosystem services that it provides. Its importance lies in water regulation, biological diversity and biotic interactions, carbon storage and others. However, it is threatened by natural factors such water erosion, wind erosion and anthropic activities like livestock, agriculture, and fires, as well as recreational activities.

In the paramo of the upper basin's Cinto River (the Ecuadorian Andes) the presence of motorcycles has been registered due to the practice of enduro in the area since four decades ago. In this context, our research estimates the degree of impact of this practice by comparing the hydrophysical properties of two scenarios: one with intervention and the other without intervention.

A social baseline was set up in order to establish the initial situation of the study area. Four research sites were selected. At each site, in situ and in the laboratory analyses were carried out in order to determinate saturated hydraulic conductivity, bulk density, moisture content, porosity and organic matter. Furthermore, statistical data processing was based on the one-way ANOVA test.

The practice of this sport throughout the paramo has a negative incidence on the soil hydrophysical properties. The results of the superficial soil layer's analysis of the scenario with intervention indicate a decrease in the saturated hydraulic conductivity by 66.1%, the moisture content by 27.34%, the organic matter by 8.8% and the porosity by 6.5%. In addition, the bulk density shows an increase of 12.9%. Overall, this shows that the original properties of the soil were altered, causing a disturbance in the water regulation processes.

PRESENTACIÓN

El estudio desarrollado a continuación pretende estimar el impacto de la actividad del enduro en las propiedades hidrofísicas del suelo en el páramo de la cuenca alta del río Cinto. La investigación se divide en cinco capítulos, que se presentan a continuación:

En el capítulo I se describe la introducción, los antecedentes, los objetivos: general y específicos, el alcance, la hipótesis y la justificación del proyecto.

En el capítulo II se desarrolla el marco teórico sobre el ecosistema páramo, las propiedades hidrofísicas del suelo, la importancia del páramo como regulador de agua y las implicaciones de la práctica del enduro en el suelo. Además, se expone el estado del arte.

En el capítulo III se describe el área de estudio y su identificación, así como la metodología empleada para el trabajo de campo y estadístico, lo cual incluye: levantamiento de información, criterios para la selección y establecimiento de transectos lineales, ejecución de la campaña de muestreo, análisis de laboratorio y tratamiento estadístico de los datos obtenidos.

En el capítulo IV se presenta el análisis y discusión de los resultados obtenidos. Además, se detalla el análisis comparativo entre las propiedades correspondientes a los escenarios establecidos y se plantean medidas de conservación.

Finalmente, en el capítulo V se detallan las conclusiones en base a los objetivos planteados y las recomendaciones para que este estudio sea el sitio de partida de nuevas investigaciones.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El páramo es un ecosistema natural, muy importante para la región andina debido a la cantidad de servicios ecosistémicos que suministra a la sociedad. Se encuentra entre los 3500 y 4000 m.s.n.m (límite continuo de bosque y el de las nieves perpetuas) (Llambí & Soto, 2012). Entre las razones de la importancia del páramo, se destaca la regulación hídrica, la diversidad biológica e interacciones bióticas, el almacenamiento de carbón atmosférico, importancia cultural, atractivo turístico e importancia científica (Llambí & Soto, 2012).

La unidad hidrográfica del Río Cinto abastece de agua a varios sectores del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) como El Tejar, La Colmena, El Panecillo, San Juan, entre otros. De esta zona dependen directamente dos conducciones de agua: El canal Pichincha que abastece a la Planta de tratamiento Toctiuco y la conducción San Francisco que abastece al tanque San Francisco. Además, depende de la planta de tratamiento Torohuco.

Esta región se encuentra amenazada por factores naturales como la erosión hídrica o eólica y factores antrópicos como la ganadería, agricultura, incendios y paso ilegal de vehículos todo terreno que son factores que alteran el uso del suelo (Hofstede, 1995). El cambio del uso del suelo tiene un impacto sustancial sobre la capacidad de regulación de páramo. La degradación en la estructura del suelo puede generar cambios en la retención de agua (Buytaert et al., 2002), así como también puede aumentar la hidrofobicidad y la sensibilidad a la erosión hídrica (Poulenard et al, 2001).

Las motocicletas de montaña comprenden todas aquellas que son fabricadas para circuitos y caminos fuera de asfalto, se utilizan para motocross, enduro y trial

(Toledo, 2016). Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2011), en el Acuerdo Ministerial 001, menciona que el enduro es una disciplina derivada del motocross y el trial, donde se utilizan motos capaces de afrontar obstáculos como escalones de rocas, troncos o elevaciones con una gran pendiente. El paisaje de páramo es considerado idóneo para el desarrollo del enduro, sin tomar en cuenta su fragilidad, condiciones específicas de vegetación, suelo y servicios ambientales en torno a regulación hídrica (Escandón et al., 2016).

En el páramo de las faldas del Rucu Pichincha se evidenciaron surcos en la tierra cuyas características son similares a las de neumático de motocicleta. Por la inclemencia del tiempo se han convertido en grandes surcos y la vegetación ha desaparecido por completo (Chicaiza, 2017).

Grandes zanjas de hasta 30 cm de profundidad pudieron ser observadas junto a las fuentes de agua para consumo humano del barrio. La ruta más usada es la que marca el canal abierto Pichincha, donde los tanques de captación y almacenamiento son usados como señalética para las rutas de enduristas. La población tanto de Lloa, como de San Francisco coincide en que la actividad se intensificó desde la apertura del proyecto turístico Cruz Loma - Teleférico. Esta fuente de presión rebasa la afectación ambiental, y se ha convertido en un problema social, pues las personas consideran que es un deporte agresivo, que pone en riesgo la seguridad de los niños y niñas, asusta a los animales en el páramo e incide negativamente sobre las áreas cercadas (Escandón et al., 2016).

El Fondo para la Protección del Agua - FONAG, es un Fideicomiso Mercantil Ambiental creado con la finalidad de garantizar agua en calidad y cantidad a más de 2,5 millones de habitantes en el Distrito Metropolitano de Quito, así como a sus futuras generaciones. En ese sentido, el Programa de Áreas de Conservación Hídrica Sostenible desarrolla estrategias y acciones conjuntas para la protección de áreas de conservación hídrica, teniendo en cuenta los procesos ecológicos vitales que inciden en la protección del agua y ecosistemas, conservación de biodiversidad y recursos naturales, asegurando la interrelación entre ámbitos, sectores y actores que permitan su manejo integral. Dentro de los componentes de

este programa, se encuentran los acuerdos de sostenibilidad y protección local; cuyo objetivo es caracterizar y proponer planes de acción participativos en cuencas aportantes para el Distrito Metropolitano de Quito. Permitiendo así, un involucramiento informado y adaptado a la realidad ambiental, social, productiva y política en los territorios de las cuencas hídricas aportantes (FONAG, 2018). En este contexto, el FONAG mantiene vigente un acuerdo de sostenibilidad con el Barrio San Francisco de Cruz Loma; que consiste en la ejecución mutua de proyectos y actividades que permitan la conservación de las laderas del Pichincha y la subcuenca alta de los aportantes al río Cinto.

El 29 de abril del 2017 un guardapáramo del Fondo para la Protección del Agua identificó en el páramo de la Cuenca Alta del Río Cinto el paso de dos personas practicando enduro. La acción inmediata fue la llamada al 911, la acción consecuente fue desarrollada por el FONAG, solicitando la investigación del hecho y la respectiva sanción a los infractores, debido a que las acciones se encuentran tipificadas en los Artículos del Código Integral Penal Art. 251, Art. 252, Art. 396, Art. 389 y Art. 386. En base a estos antecedentes, se inició una investigación por presunto delito contra el agua (Cárdenas, 2017).

A través de la denuncia, informes y pericias se observó una posible afectación al componente suelo producto del paso continuo de las motos. Sin embargo, este paso es de largo tiempo atrás, ya que se trata de zonas que han sido intervenidas con anterioridad y que no se puede verificar el nivel de daño que puedan provocar dos motocicletas. Además, Se han recopilado muestras de suelo en el lugar de los hechos y se han realizado análisis químicos, dando como resultado que el valor de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) fue inferior al límite máximo permisible (Merchán, 2018). Al tratarse de un sitio en el que este tipo de vehículos circulan de manera continua, la concentración de (TPH) se considera como una contaminación difusa, con la que resulta difícil establecer el autor o autores de dicha afectación y la contribución de cada uno. De tal forma que la causa fue archivada debido a que no se pudieron establecer categorías dogmáticas del delito para generar una imputación (Merchán, 2018).

Renato Beltrán, administrador de la red social del grupo Enduro-Quito con alrededor de 2348 miembros, manifestó en una entrevista, que en Quito existen alrededor de 3000 enduristas activos. Destaca que no todos los enduristas cumplen con protocolos básicos de respeto a los lugares que visitan, así como el cuidado de los ecosistemas. Como respuesta institucional del Fondo para la Protección del Agua, se han realizado esfuerzos de control, legales y comunitarios con la finalidad de culminar con la práctica de esta disciplina en este ecosistema. Es imprescindible realizar una cuantificación de la implicación hidrológica que causa esta actividad, amparada en estudios técnico - científicos; esto con la finalidad de evidenciar el grado de afectación. Bajo este apartado, el presente estudio analiza en términos edafológicos e hidrológicos la problemática que representa la práctica de este deporte en el páramo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Analizar el grado de afectación de la práctica del enduro en la cuenca alta de río Cinto, mediante la comparación de las propiedades hidrofísicas de un suelo intervenido y no intervenido determinando las implicaciones hidrológicas sobre el mismo.

1.2.2. Objetivos específicos

- Levantar una línea base social estableciendo la situación inicial del escenario en el que se realiza la investigación.
- Conocer el estado del suelo mediante el análisis de la tasa de infiltración, densidad aparente y contenido de materia orgánica en transectos lineales alterados y no alterados cuantificando el efecto de su compactación debido a la práctica del enduro.

- Establecer la relación entre las propiedades hidrofísicas del suelo y la capacidad de retención hídrica a través de un estudio estadístico valorando la implicación hidrológica de la práctica del enduro en el páramo.

1.3. ALCANCE

En el presente trabajo, se estima el impacto de la actividad del enduro en las propiedades hidrofísicas del suelo en el páramo de la cuenca alta del río Cinto. Este estudio busca demostrar la afectación que provoca la práctica de esta actividad sobre el ecosistema páramo. El trabajo realizado se ha efectuado en 4 sitios de la cuenca alta del río Cinto, éstos bajo condiciones de pendiente y nivel de afectación distinta, con el fin de que la muestra sea representativa a nivel de microcuenca. De esta manera, los resultados obtenidos en la investigación permitirán servir como una herramienta técnico - científica que incida sobre la gestión del recurso hídrico. Además, se empleará como línea base para futuros estudios de investigación relacionados con esta temática.

1.4. HIPÓTESIS

El efecto producido por la práctica del enduro afecta a las propiedades naturales del páramo, reduciendo su capacidad de retención hídrica.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Se pretende demostrar que la fuerza de las ruedas de las motos usadas para la práctica del enduro, es capaz de causar compactación sobre el suelo, de tal forma que tendría un efecto negativo serio sobre éste, así como sobre la capacidad de retención hídrica del ecosistema. Por lo general, la compactación del suelo reduce el volumen de los poros del mismo, lo que conlleva a una disminución de la infiltración de agua, aumentando la escorrentía y causando graves problemas de erosión (Webb, 1983). Se aspira aportar al vacío de información sobre las implicaciones hidrológicas de esta disciplina en el páramo, a partir del análisis de la tasa de infiltración, la densidad aparente y el contenido de materia orgánica y su relación con la capacidad de retención hídrica.

Para cumplir con el objetivo de este estudio, se llevará a cabo una investigación del grado de afectación de la práctica de enduro en un suelo intervenido y no intervenido de páramo. La metodología se basará en la investigación de Abu-Hamdeh (2004) en donde analiza el efecto de los tratamientos de labranza sobre la capacidad de retención hídrica del suelo; así como en la investigación de Gregory et al., (2006) en la cual evalúa el efecto de la compactación del suelo urbano sobre la tasa de infiltración. Ambas investigaciones están relacionadas con los cambios en las propiedades hidrofísicas del suelo, para determinar la capacidad de retención hídrica en comparación con transectos lineales controlados.

La investigación estará basada en protocolos normalizados, de tal forma que la propuesta metodológica sea válida. Por otro lado, bajo los criterios de Buytaert et al., (2005b), Jiménez & Rodríguez (2008) y Quinteros (2017), se procederá a realizar la medición de la tasa de infiltración a través del método del pozo invertido. La densidad aparente y materia orgánica serán parámetros a medirse en el laboratorio, con su posterior análisis como lo establece Harden, et al., (2013) y Poulénard, et al., (2001) en su investigación sobre los efectos del cambio de uso de la tierra sobre el agua en suelos andinos de páramo. Las mencionadas investigaciones de tipo comparativo y exploratorio resultan exitosas bajo la ausencia de una línea base del estado del suelo. Por esta razón y debido a que han tenido aceptación en el ámbito científico, se considera pertinente la aplicación de estas metodologías.

La finalidad de la presente investigación es contribuir con un sustento técnico para incidir sobre la normativa ambiental vigente. Además, de contribuir con la investigación científica en la academia ecuatoriana y difundir los resultados obtenidos en este estudio a científicos y a tomadores de decisión para una correcta gestión del ecosistema.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Ecosistema páramo

2.1.1.1. Generalidades y características

El páramo es un ecosistema frágil de alta montaña ubicado en el Neotrópico, en las zonas de mayor altura de los Andes del Norte (Poulenard et al., 2001). El gradiente altitudinal de este ecosistema puede ir desde los 3000 a los 4800 msnm (Hofstede, 1995). En la región neotropical sudamericana, los páramos se localizan en Colombia, Ecuador y Venezuela. También se pueden encontrar al norte de Costa Rica y Panamá. Colombia cuenta con la mayor extensión de páramos (Hofstede, 1995). Se estima que la extensión de los páramos colombianos es de 14434 km^2 (Hofstede et al., 2003).

El clima de este ecosistema se caracteriza por ser frío y húmedo, se considera que su variabilidad estacional es muy limitada (Hofstede & Rossenar, 1995). Durante todo el año la radiación solar es constante debido a que este ecosistema se encuentra ubicado cerca de la línea ecuatorial. La temperatura puede variar entre el día y la noche, en un rango de 0°C a 25°C (Poulenard et al., 2001). Los valores promedio de precipitación van desde los 800 mm/año a 2000 mm/año (Lips, 1998).

La formación del relieve del páramo andino tiene dos momentos: primero se produjo un alzamiento en la época del Mioceno al Pleistoceno y después el relieve fue tomando mayor forma debido al proceso glacial. Se puede observar que en la estructura de los valles aún existen remanentes de la actividad glacial que le da a este ecosistema una topografía accidental propia, extendiéndose desde valles

empinados e irregulares hasta superficies planas que no presentan tanto desnivel como las llanuras (Buytaert et al., 2006).

Otras condiciones climáticas atribuidas a los páramos corresponden a una elevada humedad relativa de aire, radiación intensa, presión atmosférica baja y una evapotranspiración pequeña. Dichas características influyen directamente en los sistemas hidrológicos de las zonas parameras (Hofstede et al., 2014; De Bièvre et al., 2011; Díaz-Granados et al., 2005).

La vegetación de los páramos andinos posee una elevada diversidad, se considera que el 60% de las plantas vasculares existentes en esta zona son especies endémicas correspondientes a la zona norte de los Andes (Keating, 1999). Según los autores Cuatrecasas (1958); Cleef (1981); Ramsay (1992) y Ramsay & Oxley (1996) este ecosistema se puede clasificar de acuerdo al tipo de vegetación que posee. Basada en sus características vegetativas de estructura y fisionomía, el páramo se divide en tres grupos: subpáramo arbustivo, páramo de pajonal y superpáramo (Beltrán et al., 2009).

El subpáramo arbustivo se encuentra entre la transición del bosque altoandino y el páramo de pajonal. La vegetación predominante en este grupo son los arbustos erguidos y con hojas pequeñas y duras, sin embargo, debido a la extensión de las actividades agrícolas, este tipo de vegetación ya no existe (Beltrán et al., 2009). El páramo de pajonal empieza a medida que la altitud va incrementando y como resultado de las condiciones climáticas, la vegetación disminuye a un tipo de vida arbustiva. La predominancia de vegetación en este grupo le pertenece a las Poáceas amacolladas o penachos, las rosetas gigantes y fragmentos de bosques con un solo tipo de especie, como los bosques de *Polylepis* (Beltrán et al., 2009).

En Ecuador, el superpáramo se localiza únicamente en la zona centro y norte, entre los 4100 y 4800 msnm. Este grupo se divide en superpáramo inferior y superior. En el primer subgrupo, la vegetación dominante corresponde a arbustos pequeños, almohadillas, rosetas, hierbas en macollas o penacho. El segundo subgrupo

presenta un tipo de vegetación distribuida y limitada como resultado de las condiciones extremas de frío (Beltrán et al., 2009).

2.1.1.2. Páramos ecuatorianos

En Ecuador, este ecosistema se localiza en las zonas altas de la cordillera andina, desde el norte hasta el sur del país (Podwojewski & Poulénard, 2011). Los paisajes de este ecosistema se han ido formando debido a la actividad glacial y volcánica, así como consecuencia del levantamiento de las placas tectónicas (Ortiz, 2003). En Ecuador, el clima a gradientes altitudinales altos se caracteriza por elevadas precipitaciones, temperaturas continuamente frías y presencia de neblina. El resultado de estas características climáticas favorece la retención de materia orgánica en el suelo, baja descomposición de la tasa microbiana y un horizonte A muy grueso que va de 0.5 m a 1 m (Farley, et al., 2013).

Los tipos de páramos que se pueden encontrar en Ecuador son: páramo arbustivo de los Andes del Sur, páramo de frailejones, páramo de pajonal, páramo herbáceo de almohadillas, páramo herbáceo de pajonal y almohadillas, páramo pantanoso, páramo seco, páramo sobre arenales, superpáramo y superpáramo azonal (Ortiz, 2003). En cuanto la vegetación paramera del Ecuador, según lo que mencionan Podwojewski & Poulénard (2011) "El más grande denominador común reside en la presencia de especies herbáceas formadoras de penacho como *Calamagrostis* y *Festuca* spp., que en algunos lugares, presentan una cobertura vegetal próxima al 100%". El porcentaje de superficie total de distribución de los páramos ecuatorianos corresponde al 7% del territorio ecuatoriano, es decir, una superficie de 18434, 77 km^2 (Beltrán et al., 2009).

2.1.2. Suelos de páramo

2.1.2.1. Origen y formación

Los suelos de páramo iniciaron su formación hace 10.000 años como resultado de la descomposición de las rocas en la época del Pleistoceno. En este período las

áreas correspondientes a este ecosistema se encontraban cubiertas de hielo (Hofstede et al., 2014) Generalmente, los suelos de páramo tienen su origen en las actividades volcánicas (Podwojewski & Poulénard, 2000). La presencia de una capa uniforme de ceniza se manifiesta como consecuencia de las erupciones producidas en el período cuaternario (Poulénard et al., 2003).

La pedogénesis de los suelos está sujeta a los siguientes factores: material parental, relieve, tiempo, organismos vivos (vegetación) y el clima (Borja, 2012). La roca madre tiene un papel muy importante en la edafogénesis de estos suelos, aún cuando este factor es considerado como pasivo en dicho proceso. Se ha observado la aparición de diferentes rocas ígneas y material geológico (Hofstede et al., 2014). Partiendo de este factor, el suelo se puede dividir en dos grupos, los que pertenecen a la roca madre de origen volcánico y los que no pertenecen. El primer grupo se caracteriza por ser suelos jóvenes (proviene de la época del Cuaternario), los materiales volcánicos más predominantes son la ceniza, lapilli (fragmentos sólidos de lava pequeños) y piedra pómez (Podwojewski & Poulénard, 2011). Otra característica de estos suelos es que el tipo de textura es más áspera en comparación a los suelos de segundo grupo (Borja, 2012).

Los suelos del segundo grupo, según menciona Hofstede et al., (2014) “Se formaron sobre rocas sedimentarias, metamórficas y sin cenizas.” La variación del desarrollo de este tipo de rocas en comparación con las de cenizas volcánicas es más gradual y lenta. La textura de estos suelos es consistente y presentan esquistosidad (propiedad mediante la cual las rocas se rompen a lo largo de superficies paralelas) (Podwojewski & Poulénard, 2011).

La topografía de un lugar establece diferencias en las propiedades de suelos que se localizan en zonas llanas, hondonadas y con pendientes. En extensiones lisas y planas, pero aún más en áreas con depresiones el agua se va almacenando con facilidad, la humedad del suelo es mayor y es responsable de una descomposición orgánica lenta (Borja, 2012). En lugares donde la pendiente es pequeña, los suelos se caracterizan por tener alto contenido de humedad y mayor profundidad. Los suelos que se han formado en una pendiente pronunciada, no tienen un grosor

considerable y relevante. Por consiguiente, los suelos con este tipo de pendiente no son tan evolucionados (Borja, 2012).

En términos de edad (tiempo), los suelos que se han originado a partir de la roca madre de volcanes son más jóvenes que los que se formaron del material parental no volcánico. Los suelos volcánicos que experimentan nuevas caídas de ceniza se van fortaleciendo en su capa superior y rejuvenecen, por lo contrario, en el resto de suelos, dicha capa es la que siempre está en transformación y desarrollo continuo (Podwojewski & Poulénard, 2011). La vegetación constituye uno de los factores activos para la pedogénesis de los suelos. En el páramo la fuente elemental de materia orgánica para el suelo le corresponde a plantas y raíces. Estos dos elementos como resultado de las bajas temperaturas y alta humedad se van descomponiendo lentamente (Borja, 2012). La vegetación del páramo se ha ido adaptando a las condiciones climáticas, topográficas y edafológicas de este ecosistema, asegurando su supervivencia (Díaz-Granado et al., 2005).

El clima, a través de las condiciones atmosféricas como la humedad y temperatura tiene una alta influencia en la evolución de los suelos. La humedad constante más el aporte de la precipitación horizontal (neblina) permite que el suelo posea una humedad estable y por ende un proceso evolutivo raudo (Podwojewski & Poulénard, 2011). Las temperaturas bajas permiten que la formación del suelo sea más lenta debido a la ralentización de las reacciones químicas en los minerales (Hofstede et al, 2014).

2.1.2.2. Características generales y clasificación

El suelo de páramo, a diferencia de otros, está constituido por 10% de aire, 20% de minerales y materia orgánica y el 70% está formado de agua, además se caracteriza por tener un color oscuro (Borja, 2012) y según mencionan Díaz-Granados et al., (2005) “el suelo paramuno es rico en humus bien descompuesto, de acidez considerable, enmohecido y de color pardo oscuro y negro.” El pH de estos suelos se encuentra en un rango medio de 4 a 5 para Andosoles y un valor promedio de 4 a 7 para Histosoles (Borja et al., 2008).

Entre las características físicas más relevantes que estos suelos poseen, se encuentran el color, la densidad aparente, su estructura y la textura. Dichas características permiten que el suelo tenga propiedades exclusivas como: baja densidad aparente, elevada retención de agua (Zehetner et al., 2003) alta microporosidad, gran vulnerabilidad a la erosión (posteriormente al proceso de secamiento), adecuada estabilidad de los micro-agregados (incorporación de las hifas de los hongos al suelo) y un valor elevado del efecto deshidratación irreversible (Borja, 2012). El suelo paramero es considerado como una esponja gracias a su alta capacidad para retener el agua. Estos suelos son la base fundamental para proporcionar el servicio ecosistémico de captación y distribución de agua en ciudades y poblaciones (Mena & Hofstede, 2006).

Las bajas temperaturas a las que se encuentra el suelo de páramo y debido a su capacidad para almacenar el recurso hídrico, han determinado que la mineralización es muy lenta, así como los valores de aprovechamiento y reciclaje de los nutrientes (Peña et al., 2011). Esto se puede evidenciar en los suelos parameros que se formaron de la roca madre de origen volcánico, ya que, en estos, la tasa de descomposición de la materia orgánica es muy lento (Hofstede, 2001). La materia orgánica conjuntamente con los complejos organometálicos de la ceniza se unen con el fin de evitar la descomposición de los microorganismos (Farley et al., 2004). La estructura del suelo conjuntamente con el contenido de materia orgánica, textura y fracción orgánica y mineral definen la cantidad hídrica que se puede contener en el suelo (Borja, 2012).

Otra de las características de los suelos de páramo es la retención de dióxido de carbono (Peña et al., 2011). Se ha encontrado que los valores totales de carbono almacenado (hasta una profundidad de 1 m) en algunas provincias de Ecuador se encuentran entre 239 a 466 toneladas por hectárea (Ortiz, 2003).

La Base Referencial Mundial de Recurso Suelo clasifica a los suelos de páramo como Andosoles (IUSS Working Group, 2015). Estos suelos también se pueden

clasificar en Histosoles, los cuales se ubican en zonas llenas de agua (húmedales) y no tienen una alta incidencia de la actividad volcánica (Buytaert et al., 2012). En la clasificación de suelos realizada por Soil Survey Staff, los Andosoles son conocidos como Andisoles y también se pueden encontrar Entisoles, Inceptisoles e Histosoles (Buytaert et al., 2006).

Los suelos que provienen de las cenizas volcánicas tienen propiedades físicas y químicas singulares (Zehetner et al., 2003). Los Andosoles se encuentran distribuidos en las zonas volcánicas de todo el mundo. Grandes cantidades y representativas de estos suelos se localizan en todas las regiones que se encuentran cerca del cinturón de fuego del Pacífico, las Islas Hawaianas, Islandia, las Islas Canarias, Isla Sumatra, Isla Java, la parte oriental y mediterránea de África, entre otros (Nanzyo & Kanno, 2018). Aproximadamente, el área total a nivel mundial que ocupan los Andosoles es de 110 millones de hectáreas, lo cual representa un porcentaje del 1% a nivel de la superficie terrestre (IUSS Working Group, 2015).

Los Andosoles pueden presentar ciertos horizontes superficiales a pequeñas profundidades, de esta manera se puede encontrar horizontes de tipo: melánico, fúlvico, úmbrico, hístico, ócrico o móllico (Shoji et al., 1993). Se caracterizan por almacenar grandes cantidades de agua, por ejemplo: en la época de invierno, la lluvia se va acumulando en los suelos y con el tiempo la va liberando (Poulenard et al., 2002). Los Andosoles presentan una gran resistencia a la erosión generada por el agua, de esta manera autores como Poulenard et al., 2001 mencionan que debido a la elevada porosidad de estos suelos, se facilita una infiltración rápida y una buena estabilidad de los agregados de las cenizas. En general, estos suelos tienen una estructura granular y a veces presentan una estructura subangular de bloque. En la estructura de los andosoles se puede evidenciar la riqueza de materiales no cristalinos y orgánicos, los cuales contribuyen a que la densidad aparente sea baja (Shoji et al., 1996).

Se han diferenciado dos tipos de Andosoles, los alofánicos y los no alofánicos. Los Andosoles alofánicos se originan a un pH que va de 5 a 7 y el contenido de materia

orgánica del suelo es bajo. Además, contienen minerales formados de óxido de aluminio y sílice como la imogolita, alofano, imogolita-alofano y ferrihidrita (Tonnejck et al., 2010). La imogolita, el alofano y el complejo del aluminio-humus (conocido como Al-humus) son materiales activos del aluminio (Al), mientras que la ferrihidrita es el contenido activo del hierro (Fe) (Nanzyo & Kanno, 2018). Se considera que la presencia de un andosol alofánico está relacionado con un buen drenaje en los horizontes del suelo (Singleton et al., 1989).

Los Andosoles no alofánicos se forman en suelos con un pH ácido inferior a 5 y tienen una elevada cantidad de materia orgánica (Tonnejck et al., 2010). Los Andosoles, en especial los no alofánicos son suelos que tienen mayor abundancia de materia orgánica (Poulenard et al., 2004). Según indica Poulenard (2000) "Los páramos están formados principalmente de andosoles no alofánicos." El comportamiento de las propiedades físicas de los Andosoles alofánicos se encuentra bien documentado en bibliografías, mientras que del comportamiento hidrodinámico y las propiedades físicas de los Andosoles no alofánicos no se tiene mayor conocimiento (Poulenard et al., 2001).

Los Andosoles son susceptibles a varios cambios en su estructura. Inicialmente, sin ningún tipo de alteración estos suelos poseen buena aireación, gran capacidad de enraizamiento y una estructura abierta y fuerte. No obstante, son propensos a la degradación y cambios irreversibles una vez que han sido perturbados por alguna actividad (Dorel et al., 2000). Por ejemplo, la quema y la compactación por labranza mecánica provocan que la capacidad de retención de agua vaya disminuyendo en dichos suelos, ya que se empiezan a formar sustancias (agregados) de tendencia hidrofóbica (Golchin et al., 1997; Piccolo & Mbagwu, 1999; Buytaert et al, 2012).

Los cambios en el comportamiento hidrodinámico de los Andosoles aumentan la escorrentía superficial y generan una baja infiltración (Neall, 1985). Otros cambios que se pueden generar son: el aumento de la conductividad hidráulica, la baja retención de agua, los cambios irreversibles en el volumen, el incremento de la dispersión hidrodinámica que se genera después de que el suelo se seque y se

vuelva a re-humedecer como consecuencia de la actividad agrícola (Buytaert et al, 2005b).

2.1.2.3. Suelos de páramo ecuatoriano

Debido a la complejidad que presenta la geología andina y su topografía, existe una notable variación en los suelos de páramo. Sin embargo, se considera que estos suelos son muy homogéneos (Buytaert et al., 2006). En la zona septentrional de la cordillera andina ecuatoriana se encuentran rocas volcánicas de la era cenozoica (Hörman & Pichler, 1982). Además, las rocas de la cordillera occidental corresponden a la serie magmática calcoalcalina de las rocas ígneas andesita y dacita; y en la cordillera oriental se pueden encontrar rocas que pertenecen al conjunto de andesitas, dacitas y riodacitas (Hörman & Pichler, 1982; Stern, 2004), estas rocas volcánicas forman parte del material parental mediante el cual se formaron los suelos de tipo Andosol.

En Ecuador, la distribución de ceniza volcánica se presenta en la región norte hasta la zona sur de la ciudad de Cuenca (Podwojewski & Poulénard, 2011). Por ejemplo, en el estudio realizado por Robin et al., (2008) se identificó en el suelo del Guagua Pichincha una capa fina de ceniza de 6 cm a 10 cm de espesor, perteneciente a la erupción del volcán Quilotoa en el año 800 AP (antes de presente). La ceniza del Quilotoa se caracteriza por ser una capa gruesa de color amarillo con abundante biotita (conjunto de minerales).

Los suelos de los páramos ecuatorianos se encuentran principalmente en la categoría de Andosoles (Harden et al., 2013), se localizan a un gradiente altitudinal mayor a 3200 msnm bajo condiciones climáticas húmedas y frías (Nierop et al., 2007) y se han originado a partir de los depósitos de la ceniza volcánica (Harden et al., 2013). En Pichincha y Cuenca la capa superficial de los Andosoles no alofánicos se han desarrollado en depósitos de cenizas volcánicas desde los 300 a 3000 años (Poulénard et al., 2002).

La literatura existente sobre el comportamiento físico de los Andisoles ecuatorianos es limitada y pequeña (Buytaert et al., 2002). No obstante, se conoce que Shoji et al., (1993) han descrito que “El desarrollo de la estructura del suelo en los Andisoles está relacionado estrechamente con las propiedades físicas de estos como: su gran porosidad total y un buen drenaje que favorece al crecimiento de las plantas”.

2.1.3. Propiedades hidrofísicas del suelo

2.1.3.1. Conductividad Hidráulica

La conductividad hidráulica (K) define la permeabilidad. Indica la velocidad con la que el agua se mueve en el interior del suelo, es decir, el volumen de agua que fluye a través de una sección transversal del suelo por unidad de tiempo. La conductividad hidráulica saturada permite conocer el paso de agua en un suelo saturado (Borja, 2012). Este parámetro desempeña un papel clave en el desarrollo, planificación y gestión de los recursos hídricos. Es una de las características físicas más importantes del suelo cuyo uso es amplio en la ciencia del suelo y el agua. Tiene un efecto significativo en la sal, pesticidas, lixiviación de nutrientes, transporte de contaminación al agua subterránea, infiltración de agua y, por ende, el control de la escorrentía superficial (Mohsenipour & Shahid, 2016).

La definición de la conductividad hidráulica se obtuvo a partir de la Ley de Darcy. Considera que, en las condiciones de flujo saturado, la velocidad del flujo de agua en el medio es directamente proporcional al gradiente hidráulico. El coeficiente de esta proporcionalidad directa se denomina conductividad hidráulica, mismo que se expresa en unidades de velocidad.

El valor de la conductividad hidráulica depende principalmente de la forma, el tamaño, la distribución de los poros, la viscosidad y densidad del agua, grado de saturación de agua del suelo y su temperatura. La conductividad hidráulica en el perfil del suelo puede ser variable de un lugar a otro y con una profundidad diferente (Mohsenipour & Shahid, 2016).

TABLA 1. VALORES DE INFILTRACIÓN QUE REPORTA LA BIBLIOGRAFÍA PARA LOS SUELOS DE PÁRAMO

Estudio	Tipo de suelo	Infiltración [mm/h]
(Poulenard et al., 2001)	Derivado de cenizas volcánicas	50–60
(Borja, 2012)	Páramo Seco	47,7
(Buytaert et al., 2005b)	Derivado de cenizas volcánicas	10-20
(Buytaert, 2004)	Páramo húmedo	13
(Borja, 2012)	Páramo semi húmedo	8,7
(Borja, 2012)	Histosol	3,9

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

La variabilidad espacial de la conductividad hidráulica saturada en un suelo es muy alta. Sin embargo, para muchos análisis se requiere la representación de un suelo con un valor único. Por lo que, es necesario encontrar el valor más representativo de la conductividad hidráulica saturada (Mohsenipour & Shahid, 2016).

El movimiento de agua en el suelo, se da en sentido vertical como en sentido horizontal, esto está en función de las condiciones de humedad. En condiciones saturadas, debajo del nivel freático, el movimiento es predominantemente horizontal, siendo en menor grado en sentido vertical. Por otra parte, en condiciones de no saturación, cuando los poros grandes se encuentran llenos de aire, el flujo es preferentemente vertical (Gabriels et al., 2006).

Las técnicas para su obtención son in situ y en laboratorio. Es necesario considerar que los métodos presentan diferencia en los resultados por la variabilidad espacial y direccional, exactitud de los procedimientos y la escala de medición (Luna et al., 2005). Existen dos condiciones para realizar las mediciones de la K_s en campo, en condiciones saturadas, cuyos métodos más usados son método del pozo y método del piezómetro, y en condiciones no saturadas, cuyos métodos de obtención más opcionados son el método del pozo invertido sobre el nivel freático, infiltrómetro de doble anillo, permeámetro de Guelph, simulador de lluvia, infiltrómetro de disco e infiltrómetro de tensión (Mohsenipour & Shahid, 2016). Por otro lado, entre los métodos para la determinación de la k_s en laboratorio, se pueden enumerar al

permeámetro de carga constante y método de carga variable de agua (Mohsenipour & Shahid, 2016).

La aplicación de varias técnicas in situ y de laboratorio (permeámetro de cabeza constante, método de orificio de pozo invertido e infiltrómetro de tensión) para la determinación de la conductividad hidráulica del suelo da resultados similares tanto en valor promedio como en rango. En general, la variabilidad de los valores de la conductividad hidráulica bajo la aplicación de cualquier método es pequeña en un suelo determinado, por lo que en la medida en que el volumen elemental representativo de suelos de páramo puede ser tan bajo como 100 cm^3 (Buytaert et al., 2005a).

2.1.3.1.1. Infiltración

Consiste en el proceso de entrada de agua en un perfil del suelo desde su superficie, de tal forma que mientras continúa la infiltración, el suelo se vuelve más húmedo. Esta tasa disminuye con el tiempo hasta que se obtiene un valor constante. La velocidad inicial de infiltración depende del contenido de humedad del suelo previo a la introducción de agua en la superficie del suelo, mientras que la tasa final de infiltración es equivalente a la conductividad hidráulica saturada del suelo (Neitsch et al., 2011).

La infiltración es el flujo de agua dentro de un suelo a través de los poros. La tasa de infiltración es el volumen de agua que ingresa en una superficie y en un tiempo específico. La mayoría de los eventos de lluvia poseen intensidades menores a la capacidad de infiltración del suelo, por este motivo, casi toda el agua lluvia puede infiltrarse, a excepción de los humedales o sitios saturados (Borja, 2012).

2.1.3.2. Textura

Consiste en el tamaño de las partículas o componentes inorgánicos que posee el suelo y su respectiva distribución proporcional. Se trata de una propiedad importante, ya que influye en la capacidad de retener agua, drenaje, contenido de

materia orgánica y otras propiedades (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019).

TABLA 2. TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS EN EL SUELO

Tipo	Tamaño [mm]
Piedra y grava	> 2
Arena	2 a 0,02
Limo	0,02 a 0,002
Arcilla	< a 0,002

Fuente: Borja, 2012

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

2.1.3.3. Densidad Aparente

Se refiere a una magnitud escalar que define la relación entre la masa de un cuerpo y el respectivo volumen que ocupa. En este caso, se refiere a un material poroso como el suelo (Borja, 2012). Constituye la masa de una unidad de volumen de suelo seco y no perturbado, de tal forma que incluye tanto a la fase sólida como la gaseosa (Coello, 2005).

La densidad aparente es una propiedad del suelo, relacionada con las prácticas de manejo del suelo y el agua. Es indicador de propiedades importantes del suelo, como: compactación, porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración (Rubio, 2010).

Está en función de las partículas sólidas y el espacio de poros, que a la vez están en función de la materia orgánica; su variación implica cambios en la estructura del suelo. El valor de la densidad aparente es bajo cuando la cantidad de materia orgánica y el espacio poroso son elevados, existe una buena aireación, buen drenaje y buena penetración de raíces (Salamanca & Sadeghian, 2005).

Por su parte, cuando el valor de la densidad aparente es elevado, se ven afectadas las condiciones de retención de humedad y aumenta la compactación; por lo que

se trata de un suelo poco poroso con deficiente aireación e infiltración lenta de agua. Bajo estas condiciones, el crecimiento de las plantas es retardado (Rubio, 2010).

El suelo de páramo, se caracteriza por tener baja densidad aparente, sus rangos oscilan entre $0,4 \text{ g/cm}^3$ y $0,8 \text{ g/cm}^3$. Con el fin de contar con una referencia, la densidad de los suelos de páramo es inferior a la densidad del agua 1 g/cm^3 . Es por esta razón que cuando el suelo se seca y su estructura que quiebra, la escorrentía superficial lo transporta fácilmente (Borja, 2012).

2.1.3.4. Contenido de humedad

Se expresa en forma de porcentaje en relación con el volumen del suelo (contenido volumétrico), ya que considera la densidad aparente. Con el fin de ejemplificar, si una muestra de suelo tiene el 50% de humedad, quiere decir que la mitad del volumen total está ocupado por agua. También se expresa a través de humedad gravimétrica que expresa la relación entre la masa de agua y la masa de suelo seco (Borja, 2012).

2.1.3.5. Porosidad

Representa el porcentaje de vacíos existentes en el suelo frente al volumen total. Depende de la textura, estructura y actividad biológica del suelo. Determina la capacidad del suelo para almacenar agua o aire, de tal forma que es un parámetro importante para las plantas y actividad biológica del suelo (Borja, 2012).

Los suelos de páramo poseen una alta porosidad, con valores que oscilan entre 60% y 90 % e incluso más. La porosidad está relacionada con la densidad real que corresponde a la densidad de la parte sólida y se asume como un valor constante de 2.65 g/cm^3 , correspondiente al valor de la densidad de las arenas o minerales de cuarzo (Borja, 2012).

El espacio poroso está compuesto por macroporos y microporos. Los macroporos no retienen agua contra la fuerza de gravedad, por lo que son responsables de la

aireación y drenaje del suelo. Por su parte, los microporos sí retienen el agua. La magnitud de la porosidad total es mayor cuando en la textura, las fracciones finas son las dominantes, por lo que los suelos arcillosos tienen más porosidad total en relación a los suelos arenosos (Rucks et al., 2004).

2.1.3.6. Materia orgánica

La materia orgánica la compone el material de color oscuro cuyo constituyente es el carbono, los fragmentos de material de plantas, residuos inalterables de animales, descomposición microbológica y materia humificada amorfa denominada humus. La materia orgánica que se encuentra parcialmente descompuesta tiende a acumularse, originando horizontes superficiales espesos de color oscuro, denominados horizontes A (Malagón & Pulido, 2000).

La descomposición del material orgánico es restringida debido a que las temperaturas bajas adormecen la actividad microbial, por ende, hay una baja disponibilidad de nitrógeno mineral en el suelo. Además, su descomposición es más lenta si se trata de suelos volcánicos, ya que el aluminio de la ceniza volcánica y la materia orgánica se combinan para formar vesículas muy resistentes a la descomposición por la edafofauna. Entre más húmedo es un páramo, tendrá más acumulación de materia orgánica. Por otro lado, en suelos de origen volcánico hay más acumulación de materia orgánica debido a la alta capacidad de retención de agua de las arcillas alófanas con estructura cristalina constituidas por aluminio y sílice (Hofstede et al., 2014).

La alta acumulación de materia orgánica presente en el suelo de páramo tiene una influencia decisiva en el funcionamiento del ecosistema al determinar la capacidad de retención de agua y de nutrientes (Llambí et al., 2013).

2.1.4. Importancia del páramo como regulador del agua

De Bièvre et al. (2008) menciona que “Los páramos conservados producen alto volumen de agua porque la precipitación es relativamente alta y la vegetación

natural tiene una evapotranspiración baja.” El ecosistema páramo se caracteriza por ser regulador de agua y tener una respuesta hidrológica gradual y lenta debido a una elevada conductividad hidráulica y a su capacidad para reservar agua (Buytaert et al., 2005b). Tanto su capacidad amortiguadora como su alta retención del recurso hídrico juegan un papel relevante en el comportamiento hidrológico (Buytaert et al., 2005a). Además, proporciona varios servicios ambientales a la sociedad, uno de los más relevantes es el abastecimiento de agua a las poblaciones (Mena & Hofstede, 2006). Por lo general, el agua destinada a la generación de energía eléctrica, la actividad de riego y el consumo humano (agua potable) (Buytaert et al., 2006), tanto en la región serrana ecuatoriana como en la región costera y amazónica, tiene su origen y proviene de las zonas paramunas (Mena & Hofstede, 2006).

El rol que cumple este ecosistema al distribuir el flujo de agua se debe atribuir principalmente a la estructura de sus suelos (Serrano & Galárraga, 2015) y a la protección que la vegetación ofrece al desarrollarse sobre éstos (Mena & Hofstede, 2006). En muchos casos varios investigadores han designado al páramo como “la fábrica de agua” y han vinculado su capacidad reguladora a la función que cumple una esponja (Díaz-Granados et al., 2005), es decir, el suelo paramuno actúa como una esponja que guarda, acumula y reparte agua de forma permanente (Mena & Hofstede, 2006).

La importancia del páramo como regulador de agua se puede evidenciar en el uso urbano, agrícola y en la hidroelectricidad. Por ejemplo, las grandes ciudades como Quito, Cuenca y Bogotá son abastecidas desde las fuentes de agua del páramo. Gracias a las características particulares de los páramos que pertenecen a estas ciudades la captación por parte de los ríos está bien regulada (De Bièvre et al., 2011). La extracción de agua subterránea para la obtención de agua presenta varios inconvenientes en muchas ciudades, por ese motivo se depende del agua de este ecosistema para diferentes actividades y usos (Serrano & Galárraga, 2015). En cuanto al uso agrícola se conoce que en Ecuador varias zonas de la región

Sierra utilizan agua que viene del páramo para la actividad de riego (De Bièvre et al., 2011).

Adicionalmente, se debe enfatizar que gracias a la topografía en la que se localiza el páramo se puede construir presas de tamaño pequeño para la generación de energía eléctrica, de la misma manera, los flujos de agua regulados por este ecosistema permiten que dicha generación sea constante. Un ejemplo específico del beneficio que una hidroeléctrica recibe del páramo es la del Complejo Hidroeléctrico Paute. El porcentaje de agua que proviene del páramo (Cordillera Central y Occidental) y aporta al embalse de Amaluza, está entre el 25 y 40%, sin embargo, en época de sequía este porcentaje alcanza prácticamente el 100% (De Bièvre et al., 2011). El Complejo Hidroeléctrico Paute tiene una capacidad de 2353 MW (CELEC EP, 2018) por lo cual, se puede estimar que la dependencia que tiene del agua de páramo es bastante elevada.

La trascendencia que tiene el páramo como almacenador y regulador del agua es muy alta porque a través de la regulación el agua llega a los ríos de los territorios cercanos (Serrano & Galárraga, 2015) y en época de estiaje este ecosistema distribuye con normalidad el recurso hídrico (Mena & Hofstede, 2006). Por ejemplo, en el estudio realizado por De Bièvre et al., (2008) se determina que la contribución desde la zona paramuna hasta la Hoya de Quito en el mes de agosto (período seco) representa un aporte de agua del 55% al caudal total.

Aun cuando el páramo brinda este valioso y significativo servicio ambiental como regulador de agua, puede verse amenazado por cualquier tipo de alteración, lo cual provoca que la estructura de sus suelos no se recupere con facilidad y vaya perdiendo su capacidad de afinidad por el agua (almacenamiento y distribución). Por otra parte, estos suelos son considerados como esponjas de un solo uso que ya no recuperan su capacidad hidrofílica (Podwojewski & Poulénard, 2000; Podwojewski et al., 2002). Actividades como la agricultura y su expansión en las zonas parameras, las plantaciones de árboles (pinos), el turismo, (Buytaert et al., 2006), así como la quema de los pajonales con el fin de que el ganado pueda

alimentarse de un brote vegetativo fresco y mejorado (Hofstede, 1997) generan cambios en el uso de los suelos paramunos. Como consecuencia de estas actividades se genera una alteración en el comportamiento de balance hídrico (Serrano & Galárraga, 2015).

Según el estudio realizado por Buytaert et al., (2002) se ha determinado que aún cuando ya ha pasado un período de pastoreo de 50 años, no se ha identificado ningún tipo de recuperación, por lo cual, concluyen que la pérdida en la retención del recurso hídrico ha sido irreversible debido a esta actividad. Camargo-García et al., (2012) indican que “La recuperación edáfica es muy lenta.” Del mismo modo, cuando la estructura edáfica se ha deshecho, el restablecimiento del servicio hidrológico de este ecosistema es casi nulo (Albán, 2007).

2.1.5. Implicaciones de la práctica del enduro en el suelo

2.1.5.1. Enduro

La actividad de enduro es considerada una de las competiciones de motocross más antiguas, las rutas en las que se realiza esta actividad incluyen bosques y zonas desiertas (American Motorcyclist Association, 2018). El término enduro proviene de la palabra “resistencia” (de inglés “endurance”) debido a que las carreras de enduro son de larga duración y se realizan en distintos y difíciles terrenos (Harmer, 2018). Para el desarrollo del motocross es importante el medio en el que se efectúa la actividad, de esta manera la naturaleza es fundamental porque en este deporte se realizan las rutas explorando senderos, riachuelos o afluentes, cerros, entre otros (Altmayer & Binkowski, 2016).

En Estados Unidos, The Grand National Cross Country es una de las series de competición de enduro más distinguida. En esta carrera los enduristas tienen que pasar diferentes caminos como bosques, zonas con arroyos, y cualquier tipo de terreno que se presente. En una misma carrera se puede presentar senderos con lodo, suelo duro o arena (Andrew, 2013).

Una de las carreras todoterreno más antiguas en el calendario de la Federación Internacional de Motocicleta es “The International Six Days Enduro”. En la historia de este evento se menciona que en sus inicios las carreras se realizaban en los caminos de tierra existentes. Ahora se realiza principalmente en rutas o trayectorias que están fuera de los caminos (Lieback, 2010).

En Ecuador, en la ciudad de Ibarra, el 8 y 9 de julio de 2017 se realizó el Campeonato Anual Latinoamericano de Enduro. La competencia se ejecutó en las áreas aledañas a la Laguna de Cuicocha. Para el evento se estableció tres pistas para tres pruebas de velocidad, entre ellas la prueba enduro test en la cual se recorre entre 80 a 85 km durante 7 horas por día (El Diario.ec, 2017). El coordinador del evento Yépez (2017) mencionó que los enduristas pasaron por “senderos naturales y luego por montañas, ríos secos, quebradas y campo traviesa”.

2.1.5.2. Consecuencias de la práctica de enduro

Las repercusiones de la práctica de enduro en rutas que se encuentran en ecosistemas neotropicales como el páramo andino, presentan una bibliografía muy limitada. No obstante, en el estudio de Pérez (1991) se determinó que las consecuencias del ingreso no controlado de jeeps y algunas motocicletas en el páramo andino venezolano de Piedras Blancas se producen tanto en el suelo como en la vegetación. En el recurso edáfico se presenta compactación y erosión, además de largas pistas con hoyos, en los cuales se han ido acumulando cantos rodados y líquenes fructuosos (*Thamnolia*). Cuando la superficie de suelo ha sido compactada, se empiezan a formar costras que permiten que la escorrentía sea rápida y exista menor infiltración en los suelos paramunos (Neall, 1985). La compactación juega un papel importante en las propiedades hidráulicas como la conductividad saturada y no saturada, la retención y difusividad del agua en el suelo (Horton et al., 1994).

Un ejemplo evidente de la implicación de la práctica de enduro y circulación de vehículos 4X4 es el que se produjo en los páramos de Ambato, Guano, Mocha y Tisaleo (provincias de Chimborazo y Tungurahua). En estos lugares se evidenció

el destroce de la vegetación paramuna (almohadillas y pajonales) como resultado de la presión de las llantas de las motos y vehículos sobre la flora. Adicionalmente, se menciona que otra consecuencia de esta actividad es el daño definitivo y de lenta de recuperación de las zonas paramunas protegidas que han sido afectadas por el ingreso ilegal de las motos y vehículos 4X4 (Guaña, 2019).

En el estudio por Davidson & Fox (1974) se analizó las consecuencias que generan la práctica de motos de enduro y scramble en el desierto Mojave. Se determinó que los efectos en las zonas donde se realiza esta actividad es la pérdida de vegetación debido a que las llantas de las motos atropellan las plantas y además generan compactación en la superficie de suelo, por lo cual, este es duro y está erosionado. Según menciona Cole (1978) “Una rápida erosión se convierte en el problema principal cuando la vegetación se ha perdido, especialmente cuando los senderos conducen el agua que no se desvía de la huella.”

Cuando un suelo ha sido compactado existe una afectación directa a sus propiedades físicas aumentando su densidad aparente, la distribución de los poros en el suelo es mínima y por lo tanto la porosidad disminuye. Los cambios en estas propiedades resultan en una variación en el movimiento hídrico producido dentro de suelo (Richard et al., 2001). La compactación tiene tres etapas: la compresión, compactación y consolidación. La compresión es el daño y reducción del volumen de suelo, esto implica la pérdida del espacio de los poros de aireación y totales. La compactación, como tal, es el desplazamiento y cambio de la textura, además del destroce de los agregados edáficos y la consolidación es el proceso de destrucción de la estructura y los poros, lo que resulta en la deformación edáfica y un incremento en la resistencia del suelo (Coder, 2016).

En la investigación realizada en un área boscosa y de pradera estadounidense por Weaver & Dale (1978) se demostró que en las zonas cubiertas de hierbas el impacto (pendiente arriba) de las motos fue muy elevado. La vegetación fue destruida, se abrieron caminos angostos, los cuales posteriormente se fueron haciendo grandes y menos profundos. Adicionalmente hubo compactación en el

suelo. Autores como Liddle & Greig-Smith (1975); Weaver & Dale (1978); Hall & Kuss (1989); Kuss & Hall (1991) señalan que por lo general la formación de un sendero se produce debido a los pisoteos y a la remoción de la vegetación. Aplicar alguna fuerza en el suelo, a menudo aumenta la densidad aparente de mismo, disminuye su porosidad, existen cambios en el contenido de humedad, disponibilidad de los nutrientes de suelo y aireación en el suelo, todo lo mencionado conduce a una pérdida de la flora que se encuentra en las rutas (Wilson & Seney, 1994).

Efectos que se han detectado por la práctica de ciclismo de montaña en dos zonas de Australia (Marrinup- Dwellingup y Lowden) son la compactación y erosión de suelo, se detectó mayor vulnerabilidad a la erosión en las zonas con curvas y pendientes cuesta abajo (Pröbstl-Haider et al., 2015). La alteración o cambios que producen los vehículos afectan a la diversidad y poblaciones de artrópodos (microfauna) de suelo, así como a la flora, química de suelo y cambios en su temperatura (Niwranski et al., 2002).

Según lo que indican Farías & Sallent (2009) los impactos ambientales más comunes que se han determinado debido al uso de bicicletas de montaña todoterreno fuera de las rutas en un medio natural son:

- Variaciones en la cobertura vegetal, lo cual conlleva a la reducción de su característica reproductiva y del crecimiento de la flora.
- Cambios en el recurso edáfico: variación en los horizontes de suelo, disminución de la capacidad de infiltración, incremento de escorrentía superficial, erosión, compactación del suelo, destrozo de la cubierta superior de la materia orgánica.
- Variantes en el recurso hídrico en el que se ha notado aumento de turbidez, ingreso de distintos nutrientes.
- En cuanto a la fauna, se ha determinado que existe alteración en su comportamiento rutinario y hábitats con baja calidad.

Las implicaciones a largo plazo más significativas del uso de vehículos (todo terreno) consisten en una rápida aceleración de la erosión a causa de la pérdida de la capa edáfica de soporte (Webb et al., 1978). Además, se debe tomar en cuenta que la recuperación y regeneración de la capa de suelo soporte puede tomar entre 300 a 500 años por pulgada de profundidad (Webb et al., 1978). Cuando los vehículos todo terreno han compactado el suelo, el resultado es un aumento de la escorrentía, daños severos en el suelo perturbado y como consecuencia de la erosión (Webb, 1982) la tasa de infiltración disminuye. En varias ocasiones se relaciona que la reducción de esta tasa de infiltración también genera la disminución de la porosidad total (Eckert et al., 1979).

Según indica Santana (2011) los mayores impactos debido a la práctica de motocross son:

- Impactos al paisaje
- Compactación y erosión de suelo.
- Posesión de arroyos y manantiales.
- Interferencias culturales y sociales en las comunidades aledañas
- Daño al hábitat de flora y fauna.

(Altmayer & Binkowski, 2016).

Finalmente, hay que señalar que otros impactos ambientales negativos debido a carreras de motos se generan por contaminación a los recursos aire (emisión de gases) y suelo (derrame de combustible), contaminación por ruido, generación de residuos sólidos (Kravchenko & Nosov, 2011).

2.2. ESTADO DEL ARTE

2.2.1. Eje de investigación

Se realizó una exploración e investigación bibliográfica, además del respectivo análisis de la información recolectada. Se evidencia que las actividades antrópicas como ganadería, agricultura e incendios tienen un historial de investigación amplio

debido a los estudios realizados por varios investigadores. La práctica de enduro y las implicaciones de esta actividad sobre el ecosistema paramuno en Ecuador presenta información limitada y reducida.

Estudios sobre la práctica de motocross, bicicletas y vehículos (todo terreno) en países neotropicales de regiones paramunas u otros ecosistemas han permitido ampliar el campo de investigación sobre las consecuencias que producen estas actividades en el recurso edafológico e hidrológico. Cabe mencionar que dentro del sitio de estudio no se han ejecutado investigaciones científicas previas sobre el impacto de la práctica de enduro en alguno de los recursos naturales como agua, suelo, aire, flora o fauna.

2.2.2. Documentos revisados

En la Tabla 3 se describe un resumen del barrido bibliográfico realizado para establecer los principales hallazgos sobre el tema de investigación.

TABLA 3. DESCRIPCIÓN DE DOCUMENTOS REVISADOS

Tipo de documento	Cantidad	Campo	Año de publicación
Artículo Científico	30	Impacto de las actividades antrópicas, degradación del suelo, propiedades hidrofísicas del suelo, motocross / motos, enduro, vehículos todo terreno, maquinaria pesada, efectos del enduro.	1994-2016
Libros	4	Ecosistema páramo, impacto de las actividades antrópicas.	1998-2014
Legislación	4	Ecosistema páramo, ecosistemas frágiles, infracciones, sanciones, delitos.	2018
Tesis	1	Respuesta hídrica de los suelos de páramo.	2017
Prensa	4	Páramo- Enduro.	2011-2019

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

2.2.3. Principales hallazgos

La investigación sobre el ecosistema páramo se ha incrementado en las últimas décadas, más de la mitad de todos los estudios científicos han sido publicados a partir del año 2000. El conocimiento relacionado con los procesos ecológicos y el impacto de las actividades humanas sobre los aspectos bióticos y abióticos ha aumentado (Llambí et al., 2013). Por otro lado, a pesar de no haber generado el mismo volumen de publicaciones que las ciencias naturales, las disciplinas sociales y económicas también están produciendo conocimiento valioso (Hofstede, 2011). En la investigación realizada por Buytaert et al., (2005b) se menciona que la bibliografía científica sobre las propiedades hidrofísicas de los suelos de páramo y el efecto que producen los cambios de uso suelo en éstas, es exigua y limitada.

Los estudios de conservación e impacto de las actividades humanas sobre el páramo han generado una base sólida para afirmar que se trata de un ecosistema

altamente vulnerable. Reafirman que cualquier actividad implica cierto grado de afectación y efectos negativos sobre la capacidad de regulación hídrica del ecosistema (Hofstede et al., 2014). Autores como Farley et al., (2004); Poulénard et al., (2001) y Suárez et al., (2013) describen que en el comportamiento hidrológico del páramo se ha considerado el papel fundamental que cumplen los suelos en el control de la capacidad de infiltración hídrica.

Históricamente, el ecosistema páramo se ha utilizado como tierra de pastoreo para el ganado, las ovejas y los caballos. Además, se lo suele quemar cada dos o tres años para eliminar el pasto viejo y permitir brotes nuevos y nutritivos. La capacidad de regulación del agua del páramo y los efectos del uso de la tierra en sus relaciones suelo-agua han sido estudiadas por apenas un puñado de investigadores; por ejemplo, Farley et al., 2004; Buytaert et al., 2005b; Buytaert et al., 2006; Harden et al., 2013.

Las actividades antrópicas que han sido reportadas como precursoras de un impacto irreversible sobre la capacidad del andosol para retener agua son la agricultura y pastoreo (Buytaert et al., 2006). Poulénard et al. (2001), Buytaert et al. (2002) y Buytaert et al., (2005b) han demostrado que los cambios en el uso del suelo tienen un efecto trascendental en su comportamiento hidrológico y especialmente en el flujo de base de los ríos.

Según Borja (2012) los suelos de páramo no soportan labranza mecanizada ni labranza profunda. Al someterlos a cualquier tipo de labranza, se destruyen y compactan, se vuelven más friables y disminuye su capacidad de retención de agua. El pisoteo del ganado también altera sus características al darse en forma intensiva. Por otro lado, Poulénard et al., (2001) estudiaron los efectos de la quema y el pastoreo en el páramo del norte de Ecuador y encontraron una formación significativa de la corteza, aumento de la escorrentía, erosión y reducción de la conductividad hidráulica. Actividades como el pastoreo o el cultivo anual transforman el suelo de los bosques tropicales y por lo tanto empiezan a existir variaciones en las propiedades de suelo, específicamente luego de que se ha producido tala mecanizada y la respectiva limpieza en este tipo de ecosistema

(Tobón et al., 2011). Hofstede (1998) señala que la actividad ganadera en el páramo provoca un impacto muy fuerte. Conforme se van incrementando las zonas de pastoreo, las personas recurren a técnicas de mejoramiento para el sistema de producción ganadero. Una de estas técnicas es la quema de dichas zonas.

En el páramo de Parque Nacional Natural Sumapaz (Colombia) se estudió la variación de las propiedades físicas en diferentes tipos de uso de suelo: agricultura intensiva, una zona de barbecho y una zona con vegetación natural. Hubo una disminución en la capacidad de retención de agua en los tres primeros tipos de uso de suelo en comparación con el último. Además, se señala que la zona de cultivo de barbecho no ha podido recuperar el estado de retención de humedad y de porosidad durante los 5 años que ha permanecido en reposo. También se reportaron variaciones en los valores de densidad aparente, siendo los lugares que han tenido alguna intervención los que presentan valores más altos comparados con la zona natural escogida (Daza et al., 2014).

En la investigación realizada por Quinteros (2017) se evidencia la afectación que ha tenido el páramo de la parte oeste de la Reserva Ecológica Antisana. Este lugar cuenta con un historial de pastoreo ovino de varios años atrás. El resultado de esta actividad antrópica dio la formación a un arenal de 21 ha. En este estudio se reportan variaciones en las propiedades hidrofísicas del suelo como la densidad aparente, textura, porosidad y conductividad saturada.

Varios estudios (Buytaert, 2002; Poulénard et al., 2001; Suárez et al., 2013) indican que los efectos de las actividades humanas son muy relevantes porque presentan reducción en los niveles de infiltración, una baja capacidad de retención de agua en el suelo y aumento de la tasa de erosión. En los suelos de origen volcánico se puede observar que una vez realizado algún tipo de intervención y su posterior consecuencia en el recurso edáfico (como el secado), los cambios en sus propiedades son definitivos. Por eso, este tipo de suelos son un caso especial (Tobón et al., 2011). Los estudios que cuantifican la capacidad de carga de los suelos de páramo son escasos (Buytaert et al., 2006). La degradación estructural

del suelo puede ocurrir en los andosoles a través de la tensión mecánica (Buytaert et al., 2006).

En el informe de Simcock (2009) enfocado en el cambio de uso de suelo debido a los trabajos de urbanización se indica que los factores clave que convierten a un suelo en frágil se deben a la desaparición de la capa superficial vegetativa y hojarasca, actividad biológica baja, estructura débil, bajas cantidades de óxido de aluminio y hierro, bajo contenido de materia orgánica, contenido de humedad intermedio, densidad aparente inicial baja y una alta macro porosidad. Las dos últimas propiedades se encuentran en condiciones previas a la compactación, por eso la mayor parte de la compactación se produce en las primeras ocasiones en que las máquinas pasan sobre el suelo.

Las características hidrológicas del páramo están determinadas por la combinación del clima (precipitación elevada y baja evapotranspiración), vegetación (cobertura vegetal abundante) y suelo (alta cantidad de materia orgánica). Por ende, la regulación hídrica óptima, está dada principalmente por la gran cantidad de materia orgánica en el suelo, protegido por un estrato complejo de vegetación herbácea (Hofstede et al., 2014). La vegetación constituye un parámetro importante que incrementa la capacidad de infiltración de los suelos, de tal forma que aumenta el tiempo y duración de la escorrentía (Morgan et al., 1997). La tasa de infiltración y la conductividad hidráulica son parámetros sumamente importantes para evaluar la hidrología de ambientes subsuperficiales (Sheikh et al., 2016).

Las áreas que han sido perjudicadas por las motos presentan cambios en las propiedades hidrofísicas de los suelos como: aumento de la densidad aparente y del grado de compactación del suelo, reducción de la flora y del número de especies vegetativas (Davidson & Fox, 1974). El ingreso de vehículos de tracción a cuatro ruedas y de motos está prohibido en áreas protegidas. Los efectos de la práctica ilegal de enduro y motocross dentro de un ecosistema frágil se han evidenciado en los páramos de Tungurahua y Chimborazo. La destrucción de la vegetación del páramo fue una de las mayores consecuencias en estas zonas. Además, las

comunidades indígenas han tenido problemas por la presencia de las personas practicantes del deporte en el páramo, quienes se dan a la fuga al ser observados (Maisanche, 2019).

Guaña (2019), administradora de la Reserva de Chimborazo anunció que las personas que sean sorprendidas en las prácticas de enduro en un Área Protegida serán denunciadas en la Fiscalía por el delito de destrucción de flora y fauna. La sanción consiste en una multa de USD 2 000 y enfrentarían una condena de entre 1 a 3 años. “La remediación puede costar más de USD 50 000. Estas zonas son sensibles y su recuperación no es fácil”.

El Señor Luis Moreno, guardapáramo del FONAG, tiene como responsabilidades recorrer los sectores del Guagua Pichincha, Loma Gorda, Toctiuco, el Teleférico y el Rucu Pichincha para controlar en la zona el ingreso de motos o cazadores, y que no ocurran incendios (Morales, 2018). Según Moreno (2018) desde que comenzó su trabajo hace dos años, ha evidenciado cambios en el área. Destaca que ha disminuido la presencia de motos y se puede observar con más frecuencia la fauna del lugar. “Los animalitos ya no tienen miedo, antes se escondían”.

En el estudio que realizó Pérez (1991) en un ecosistema de páramo venezolano, indica que no hay estudios sobre el impacto y consecuencias que generan los vehículos todo terreno en las zonas tropicales alpinas. Su investigación se enfocó en las consecuencias geomórficas del acceso no controlado de jeeps en el páramo de Piedras Blancas. En el estudio de Startsev & McNabb (2000) se analizan los efectos hidrológicos en el suelo de un bosque debido a los vehículos pesados conocidos como skidder (término inglés). Las consecuencias que provoca la intervención de estos vehículos en las propiedades hidráulicas de estos suelos repercuten directamente en el ecosistema bosque. Cualquier cambio en la infiltración puede alterar el potencial de erosión hídrico, causar empozamiento e inundación a nivel micro o macro en escala de cuenca.

De igual forma, el estudio efectuado en un bosque de la aldea de Nav (Norte de Irán) demuestra el impacto de los vehículos skidder. Al realizar muestreos de densidad aparente y contenido de humedad en las pendientes de las pistas que han formado los skidder se determinó las variaciones de estas propiedades. Mientras que la densidad aparente aumentó, el contenido de humedad disminuyó. Además, el efecto causado en la pendiente jugó un papel importante para analizar la compactación del suelo y su contenido de humedad. Los distintos niveles de tráfico (las veces que pasa la maquinaria) también se tomaron en cuenta para evaluar el comportamiento de la densidad aparente y contenido de humedad en la pista (Naghdi et al., 2010).

En el estudio realizado en una zona de la cuenca forestal de Gordon Gulch - (Estados Unidos) se puntualiza que los efectos de la compactación en el suelo se deben al paso de vehículos, y maquinaria de construcción para el levantamiento de caminos y rutas de paso dentro del bosque (Buraas, 2009).

La investigación de Ferrero et al., (2005) indica que el impacto a largo plazo causado por tractores en las pendientes de las dos áreas de estudio (zona cubierta de hierba y la parte de un viñedo) producen una variación en la distribución espacial de las propiedades físicas edáficas, es decir, que se reportan alteraciones en la densidad aparente, contenido de agua y el índice de compactación (resistencia a la penetración).

Davidson & Fox (1974) manifiestan que dentro de un período de tiempo (alrededor de 10 años) las actividades de los vehículos (todo terreno) se incrementaron en el desierto de Mojave. Las motos han generado cambios en el suelo y la vegetación de este desierto.

Según indica Webb (1983) los componentes naturales que protegen los suelos de desierto son muy frágiles ante el uso de vehículos todo terreno. El movimiento y fuerza de las llantas sobre el suelo produce compactación. Además, genera un

efecto intenso y perdurable; con la compactación empieza la disminución de la infiltración de agua y el aumento de escorrentía (Taylor, 2006).

Así mismo, en Hollister Hills SVRA (State Vehicular Recreation Area) se llevó a cabo un estudio sobre el impacto de los vehículos todo terreno en ese sitio. Se ha evidenciado erosión en el suelo con pendientes marcadas y cambios en las propiedades del mismo. Se registraron variaciones de contenido de humedad, resistencia a la erosión, densidad aparente, nutrientes edáficos, material orgánico y pH en todos los sitios de muestreo. Como consecuencia de las variaciones de las propiedades edáficas, la erosión es más rápida y existe una ruptura en el equilibrio ambiental. Por ejemplo, existirá dificultad para que las plantas crezcan y por lo tanto la revegetación natural será más lenta (Webb et al., 1978).

En los lugares donde se utilizan vehículos todo terreno se ha evidenciado que el factor directo que provoca la rápida erosión del recurso edáfico es el paso de los vehículos y el factor indirecto es el incremento de escorrentía debido a la precipitación y erosión eólica. Conforme las llantas hacen contacto con el suelo se aplica un tipo de fuerza que el suelo no es capaz de resistir y empieza la compactación, así como la erosión directa hacia este (Switalski & Jones, 2012).

Equipos y vehículos pesados de construcción han causado compactación en el suelo de las zonas de construcción urbana en la ciudad de Gainesville (Estados Unidos). El estudio realizado demuestra que hubo una reducción significativa en las tasas de infiltración y un aumento en la densidad aparente del suelo. Estos indicadores confirman que debido a la perturbación que causan los vehículos pesados, las propiedades del suelo sufren variaciones (Gregory et al., 2006). Uno de los impactos más relevantes en suelos urbanos es la compactación. Cuando empiezan los procesos de urbanización se considera que tanto las excavadoras hidráulicas y los tractores generan compactación (Simcock, 2009). A través de vehículos de tracción, medios de transporte, maquinaria e intervención de sus elementos como llantas, rieles o palas excavadoras se produce compactación o cortes en el suelo (Horton et al., 1994). La labranza y la circulación de vehículos

están relacionados a la variación irreversible en las propiedades hídricas con las propiedades del suelo (Horton et al., 1994).

La legislación ecuatoriana relacionada con el ecosistema páramo se encuentra en la Constitución de la República de Ecuador, Código Orgánico del Ambiente, Código Orgánico Integral Penal, Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales, así como en el Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito (Anexo 1).

En las investigaciones revisadas, los autores concuerdan que los impactos y afectaciones que se produjeron en el suelo debido a las actividades antrópicas conllevan a variaciones de sus propiedades hidrofísicas y daños en la vegetación.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la provincia de Pichincha, cantón Quito. Comprende el territorio definido dentro de la unidad hidrográfica del Río Cinto. Se encuentra ubicada en el páramo de la cuenca alta de río Cinto, en las zonas aledañas al volcán Rucu Pichincha. El área es de 1100 ha, la precipitación de esta zona es de 1232 mm/año y su producción hídrica es de 887 mm/año (Torres, 2018). La topografía presenta pendientes llanas, onduladas y escarpadas. El tipo de suelo que se ha identificado en el sector corresponde a la clasificación de Andosoles (Poulenard et al., 2001).

Los sitios elegidos tienen un gradiente altitudinal que va de 3999 msnm a 4121 msnm, el área de la ruta por la cual pasan las motos de enduro es de aproximadamente 467 ha. En cuanto a la vegetación que predomina en la zona se puede encontrar pajonal, almohadillas, rosetas y chuquiraguas.

La zona de estudio no pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Corresponde al ecosistema páramo, un área frágil e importante proveedora de servicios hídricos de calidad y cantidad suficiente para la población de la Unidad Hídrica El Cinto y la demás población del DMQ.

3.2. TRABAJO DE CAMPO

3.2.1. Identificación de la zona de estudio

El área de estudio fue identificada a nivel macro y micro. En el primer nivel se analizaron todos los apartados y criterios establecidos en la consultoría de Escandón et al., (2016), en la cual se levantó una línea base de la unidad hidrográfica del río Cinto. Mediante esta consultoría se confirmó la importancia de

realizar un estudio sobre las afectaciones de la práctica de enduro en el ecosistema frágil de dicha zona.

El segundo nivel se efectuó a través de un reconocimiento de campo en el área, específicamente en las rutas que los motoristas han abierto (Anexo 2). La visita se realizó con técnicos del FONAG, el director de tesis, el guardapáramo encargado de la zona y las tesis. En base a la inspección realizada y los criterios considerados, se determinaron 4 sitios de estudio.

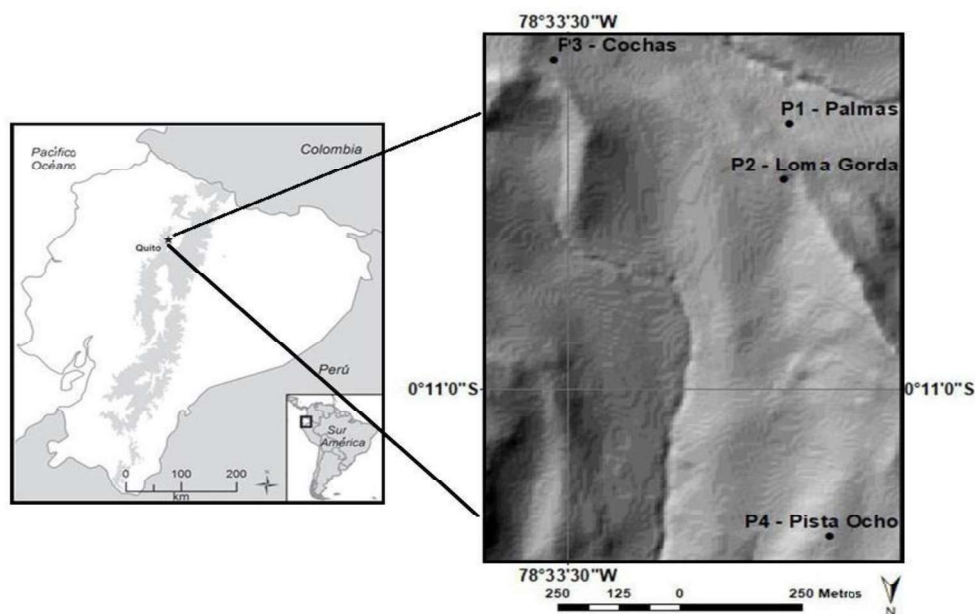


Figura 1. Sitios de estudio en el páramo de la cuenca alta del río Cinto.
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

Sitio 1

El sitio 1 (Figura 2) es el más cercano al teleférico, sus coordenadas UTM son 772229; 9980357. El sitio se encuentra a una altura de 4121 msnm. La topografía es escarpada, su pendiente es de aproximadamente $12,33^\circ$ y el terreno presenta una forma cóncava. En cuanto a la vegetación predominante se encuentra *Azorella pedunculata*, *Lachemilla orbiculata*, *Werneria nubigena*, *Stipa ichu* y *Calamagrostis*

sp. Para acceder al sitio, es necesario cruzar por zonas angostas y anchas, una vertiente de agua y zonas con vegetación abundante.

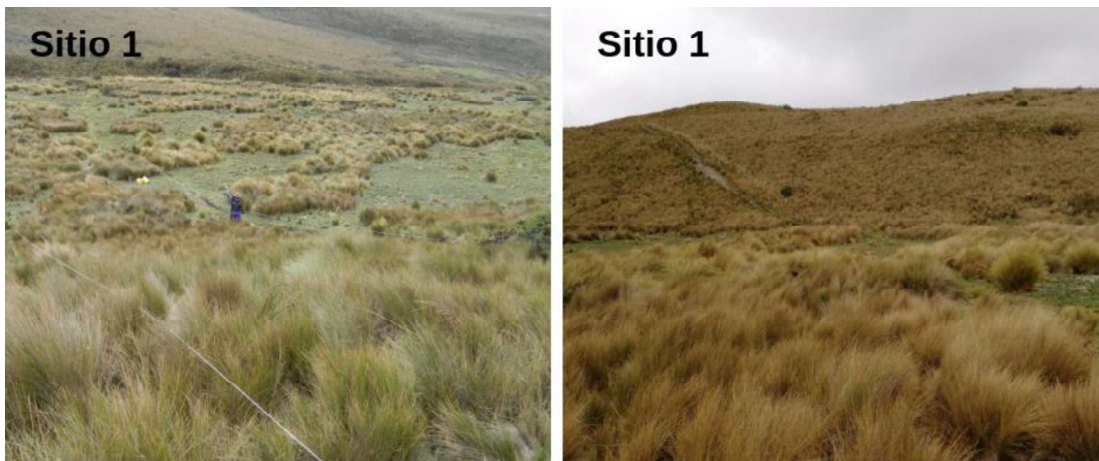


Figura 2. Sitio de estudio 1 - Palmas
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

Sitio 2

El sitio 2 (Figura 3), cuyas coordenadas UTM son 772220; 9980196, posee una altitud de 4093 msnm. Su topografía presenta una forma cóncava, su pendiente es aproximadamente de $10,56^\circ$ y la vegetación predominante es *Hypochaeris sessiliflora*, *Eryngium humile*, *Diplostephium glandulosum*, *Stipa ichu*, *Calamagrostis sp*, *Werneria nubigena*, *Hypericum laricifolium*, *Huperzia crassa*. Para acceder al sitio, es necesario atravesar por zonas angostas y anchas, una vertiente de agua, zonas con vegetación abundante y pendientes pronunciadas.

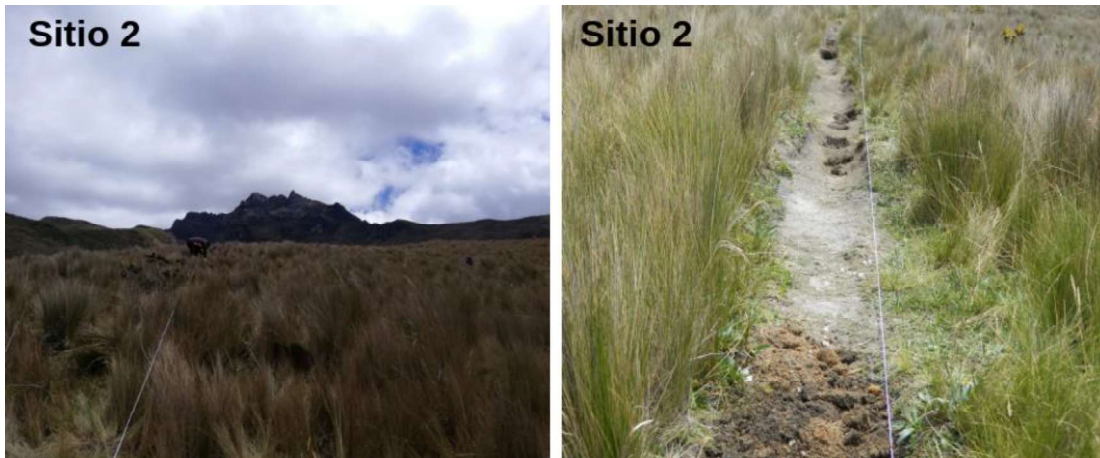


Figura 3. Sitio de estudio 2 - Loma Gorda
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

Sitio 3

El sitio 3 (Figura 4) es el más distante al teleférico, sus coordenadas UTM son 771729; 9980499. Este sitio presenta la mayor elevación de los 4 sitios elegidos. Se encuentra a una altura de 4203 msnm. La topografía es escarpada, el terreno tiene forma cóncava y presenta una pendiente aproximadamente de $23,83^\circ$. La vegetación predominante es *Chuquiraga jussieui*, *Gentianella rapunculoides*, *Pentacalia arbutifolia*, *Lachemilla orbiculata*, *Huperzia crassa*.



Figura 4. Sitio de estudio 3 – Cochas
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

Sitio 4

El sitio 4 (Figura 5) es una pista conocida como "8 - ocho", sus coordenadas UTM son 772297; 9979380. El sitio se encuentra a una altura de 4005 msnm. La topografía varía de llana a ondulada. Además, presenta forma cóncava y la pendiente es de $8,74^\circ$. La vegetación predominante es *Castilleja nubigena*, *Hypochaeris sessiliflora*, *Gentiana sedifolia*, *Stipa ichu* y *Calamagrostis sp.* El acceso es difícil, si no se conoce la zona es fácil perderse y no llegar a la pista.



Figura 5. Sitio de estudio 4 - Pista 8
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la información de cada sitio de estudio:

TABLA 4. DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

Sitio	Nombre del sitio	Elevación (msnm)	Slope	Cobertura Vegetal
1	Palmas	4121	12,33°	<i>Azorella pedunculata</i> , <i>Lachemilla orbiculata</i> , <i>Werneria nubigena</i> , <i>Stipa ichu</i> y <i>Calamagrostis sp.</i>
2	Loma Gorda	4093	10,56°	<i>Hypochaeris sessiliflora</i> , <i>Eryngium humile</i> , <i>Diplostephium glandulosum</i> , <i>Stipa ichu</i> , <i>Calamagrostis sp.</i> , <i>Werneria nubigena</i> , <i>Hypericum laricifolium</i> , <i>Huperzia crassa</i> .
3	Cochas	4203	23,83°	<i>Chuquiraga jussieui</i> , <i>Gentianella rapunculoides</i> , <i>Pentacalia arbutifolia</i> , <i>Lachemilla orbiculata</i> , <i>Huperzia crassa</i> .
4	Pista Ocho	4005	8,74°	<i>Castilleja nubigena</i> , <i>Hypochaeris sessiliflora</i> , <i>Gentiana sedifolia</i> , <i>Stipa ichu</i> y <i>Calamagrostis sp.</i>

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

3.2.2. NIVEL DE DAÑO DE OBSERVACIÓN

Para determinar el nivel de daño por observación en el escenario intervenido, se establece una metodología propia, en la cual se identifican dos indicadores: cobertura vegetal y volumen de suelo perdido en el transecto lineal, esto con el fin de cuantificar y dar una valoración cualitativa a cada sitio (Tabla 4 y 5).

El volumen de suelo perdido se determina en función de la profundidad del perfil edáfico perdido, ancho del camino y largo del transecto lineal.

TABLA 5. PONDERACIÓN DE NIVEL DE DAÑO POR INDICADOR

Indicador	Ponderación	Sitio			
		1B	2B	3B	4B
Cobertura Vegetal	Nº				
Presencia Abundante	4				
Presencia Parcial	3				
Presencia Mínima	2				
Ausencia	1				
	Subtotal				
Volumen de suelo perdido	Nº	1B	2B	3B	4B
Menor a 6 m ³	1				
Menor a 10 m ³	2				
Mayor a 10 m ³	3				
Mayor a 15 m ³	4				
	Subtotal				
	Total				

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 6. NIVEL DE DAÑO POR OBSERVACIÓN

Ponderación	Nivel de daño	Sitio			
		1B	2B	3B	4B
Nº	Rango				
5	Alto				
3 a 4	Mediano				
2 a 3	Mediano-Bajo				
1	Bajo				

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

3.2.3. Levantamiento de información en la comunidad

3.2.3.1. Antecedentes

La fuente hídrica de la unidad hidrográfica del Río Cinto, proveniente de los páramos del Pichincha, es considerada prioritaria para el Fondo para la Protección del Agua. De tal forma que realiza intervenciones con actividades y proyectos

orientados a su cuidado, protección y conservación. Bajo esta premisa, en el año 2016, la entidad desarrolló una consultoría para levantar una línea base de la unidad hidrográfica y proponer un plan de acción. Por otro lado, en el año 2017, la entidad realizó un proyecto piloto de vinculación comunitaria, cuyo resultado fue un informe de levantamiento de información primaria: límites, vías y fuentes de agua en el Barrio San Francisco de Cruz Loma (Escandón et al., 2016).

La metodología utilizada para el levantamiento de la información primaria en la consultoría, se desarrolló en base a la metodología de unidad de análisis del río. Dicha metodología comprende tres fases:

Prerío. - Consiste en la construcción participativa del área de estudio. Así como herramientas para recuperación de saberes y visión en una línea de tiempo.

Río. - Recorrido integral participativa por el área de estudio e implementación de herramientas de campo.

Postrío. - Devolución de información y herramientas para priorización de acciones. Las dimensiones de análisis para el levantamiento de la información que conformaron la metodología, fueron: ecológico, agua, hidrosocial, económicos, gobernanza y cambio climático.

Por su parte, el proyecto piloto de vinculación comunitaria tuvo como objetivo: “Generar información de línea base que será de utilidad para la gestión y toma de decisiones para los diferentes programas y proyectos del FONAG en el barrio de San Francisco de Cruz Loma, promoviendo actividades relacionadas al buen manejo de sus páramos y a su vez contribuyendo al desarrollo profesional de los estudiantes involucrados en dicho proceso”. La metodología del mismo se basó en capacitación y revisión de información secundaria, levantamiento de información primaria y finalmente análisis y devolución de la información primaria.

En este sentido, en base a dicha consultoría y proyecto piloto de vinculación, se obtiene la siguiente información social de la zona de estudio:

El barrio San Francisco de Cruz Loma se encuentra ubicado dentro de la parroquia de Lloa. Limita al Norte con San Millán, al Sur con la hacienda Bellavista, al Este con la quebrada El Tejar y al Oeste con la hacienda Garzón. Este barrio nace de la compra de lotes de la Hacienda Toctiuco en 1948 y desde entonces se han desarrollado actividades agrícolas y ganaderas. Además, se maneja ganado porcino para engorde, animales menores como cuyes, conejos, gallinas y ovejas de venta directa. Por otro lado, el barrio constituyó una asociación para desarrollar turismo comunitario en la zona.

La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento - EPMAPS tiene en la parte alta del Pichincha tomas de agua de vertiente desde 1985. El agua baja en canal abierto hasta llegar a los reservorios, en donde se comparte agua al barrio San Francisco. El agua que llega al barrio es clorada y llega a las casas por tubería. El barrio obtiene su agua de tres vertientes; Loma Gorda, Toruco y Ciénega. Adicionalmente, tienen ya conformada la Junta de Agua.

A través de las investigaciones se caracterizaron las fuentes de presión y se identificó que para la comunidad, la práctica del enduro en el sector, es un problema. Además, se identificó el deterioro del suelo y la cobertura vegetal de alrededor de 2 fuentes de agua (Escandón et al., 2016).

3.2.3.2. Descripción de la metodología de la línea base

La metodología utilizada en el levantamiento de la línea base fue de tipo cualitativa. Esta técnica permite obtener información de primera mano sobre la experiencia y problemática que los habitantes de este barrio han tenido que enfrentar con la práctica de enduro (DIGESA & Proyecto VIGÍA, 2008). Una de las herramientas para la obtención de este tipo de información corresponde a la entrevista grupal, la cual permite que exista una interacción entre un grupo de personas, en un ambiente tranquilo y de participación activa. En una entrevista grupal, los testimonios de las personas representan una fuente primaria para la recolección de datos en torno a un estudio (DIGESA & Proyecto VIGÍA, 2008).

Para obtener la información de carácter cualitativo se planificó realizar una entrevista grupal a los moradores del barrio a través de un taller cuya temática fue la práctica de la actividad de enduro en el sector (Ramírez, 2018). Se establecieron tres fases para ejecutar la entrevista grupal:

1. Preparación antes del taller:

- Definir del número de participantes y los encargados para la entrevista grupal.
- Organizar la logística para ejecutar el taller.
- Convocar a los moradores del barrio.

2. Ejecución del taller-entrevista grupal:

- Inicio: el taller empezará una vez que todos los participantes se encuentren presentes en el lugar. Las personas encargadas darán la bienvenida y explicarán los objetivos de la entrevista grupal
- Desarrollo: se realizarán preguntas generales con el fin de establecer una conversación entre los distintos actores que van a participar. Después se elaborarán preguntas específicas respecto a la temática de la actividad de enduro en el páramo cercano a San Francisco de Cruz Loma. La entrevista grupal contará con los siguientes ejes temáticos:
 - a) Impacto.
 - b) Practicantes.
 - c) Práctica.
 - d) Actores.
 - e) Sitios de entrada y salida.
 - f) Acción ciudadana.
 - g) Comentarios.

- Cierre: el taller culminará con el agradecimiento de los entrevistadores hacia los participantes del barrio. Además, se explicará la importancia de esta actividad para futuras investigaciones técnico-experimentales a efectuarse y la importancia de que los moradores formen parte del proceso investigativo.

3. Resultados de la línea base

- Registrar toda la información recopilada resaltando las partes más relevantes de cada testimonio.
- Determinar los principales indicadores cualitativos sobre la afectación social que se ha generado debido a la práctica de la actividad de enduro.

3.2.4. Criterios para la selección de transectos lineales

3.2.4.1. Descripción de los criterios

Los sitios se seleccionaron de tal forma que las condiciones geográficas y ecológicas que podrían influir en las propiedades del suelo, como altitud, vegetación y pendiente, fueran parcialmente diferentes entre sitios. Además, los sitios se eligieron en función del acceso, su historial conocido de práctica del enduro y facilidad logística de recolección de agua. Se consideró la variabilidad temporal y espacial de la práctica de enduro en los sitios de estudio. Además, se determinaron los sitios críticos relacionados con el daño visual al suelo, provocados por la práctica del enduro.

En base a las investigaciones de Davidson & Fox (1974); Webb et al., (1978); Webb (1982); Weaver & Dale (1978); Pérez (1991); Wilson & Seney (1994); Startsev & McNabb (2000); Niwranski et al., (2002); Abu-Hamdeh (2004); Gregory et al., (2006), se establecieron dos escenarios para cada sitio del estudio:

- Escenario no intervenido (A): Lugar del páramo que no ha sido afectado por la práctica de enduro.
- Escenario intervenido (B): Lugar del páramo que ha sido afectado por la práctica de enduro.

3.2.5. Establecimiento de transectos lineales permanentes

En cada sitio de estudio se establecieron dos transectos lineales de 25 metros, uno para el escenario A y otro para el B. La distancia entre transectos fue de 10 metros (Farley et al, 2013).

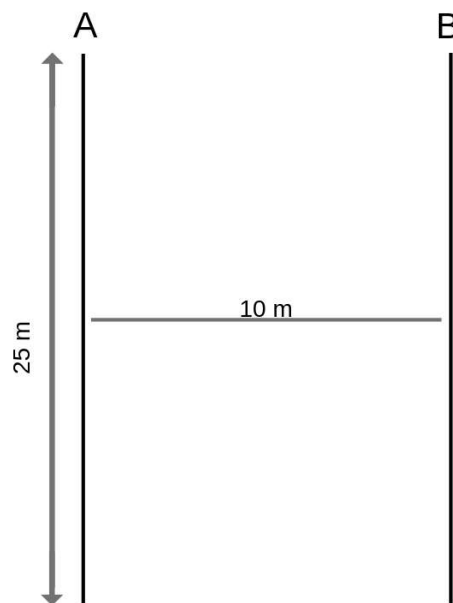


Figura 6. Modelo de transectos lineales permanentes en cada sitio
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

3.2.6. Mediciones in situ de la conductividad hidráulica saturada

Las mediciones in situ de la tasa de infiltración se realizaron en dos etapas. La primera etapa de medición (a profundidad) se realizó en época seca (agosto e inicios de septiembre de 2018) y la segunda etapa (medición superficial) se ejecutó en época lluviosa (finales de marzo e inicios de abril de 2019). En ambas etapas se

realizó la medición de la conductividad hidráulica saturada simultáneamente en ambos escenarios (intervenido y no intervenido).

TABLA 7. FECHAS DE MEDICIONES IN SITU EN LOS SITIOS DE ESTUDIO

Sitio	Nombre del sitio	Fecha	Etapa
1	Palmas	Agosto 2018 Marzo 2019	Primera Segunda
2	Loma Gorda	Agosto 2018 Marzo 2019	Primera Segunda
3	Cochas	Agosto 2018 Abril 2019	Primera Segunda
4	Pista Ocho	Septiembre 2018 Abril 2019	Primera Segunda

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

3.2.6.1. Caracterización del perfil de suelo

Previamente a la consideración de la profundidad de la prueba inicial (pozo invertido) en cada sitio, se realiza la descripción del perfil de suelo a través de una barrenación en cada transecto lineal, con tres repeticiones en cada transecto (0 m, 12.5 m y 25 m de longitud). La profundidad mínima para la caracterización fue de 1.0 m.



Figura 7. Caracterización del perfil de suelo
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

3.2.6.2. Conductividad Hidráulica Saturada

La conductividad hidráulica saturada se determinó en función de la prueba del pozo invertido (Figura 8), la cual consiste en perforar un agujero a una profundidad determinada, llenarlo con agua y medir la velocidad de caída del nivel del agua (Borja, 2012). En la primera etapa se midió la conductividad hidráulica a profundidad, es decir, la profundidad del pozo fue de 60 cm para los sitios 1 y 2 (Figura 9), mientras que para los sitios 3 y 4 la profundidad fue de 40 cm. En la segunda etapa se midió la tasa de infiltración superficialmente, es decir, la profundidad del pozo fue de 20 cm para los sitios 1, 2,3 y 4 (Figura 10).



Figura 8. Ensayo de pozo invertido.
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

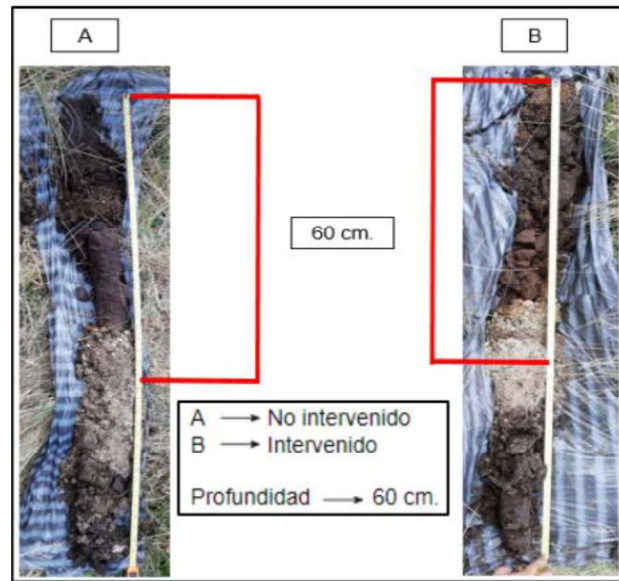


Figura 9. Profundidad del pozo en la etapa 1.
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

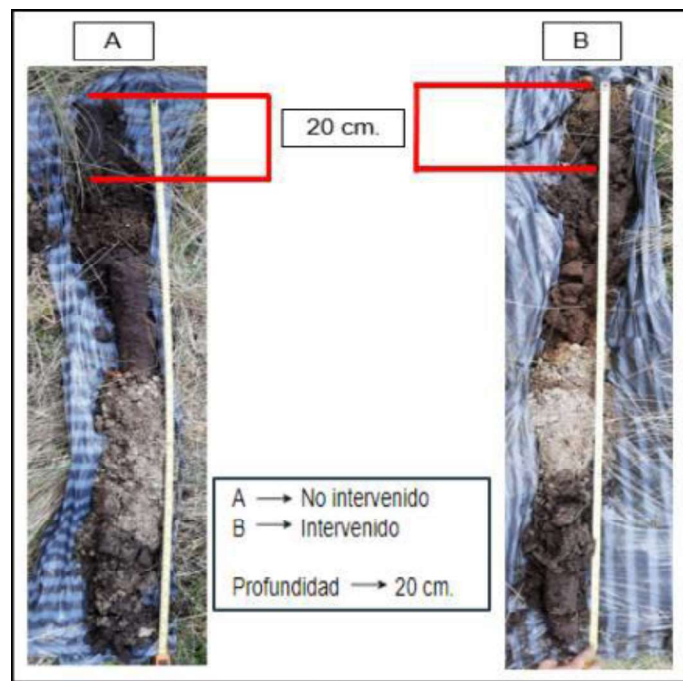


Figura 10. Profundidad del pozo en la etapa 2.
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

El ensayo del pozo invertido se basa en la medición de la velocidad con la que el nivel de agua baja en un pozo. Es necesario tomar medidas geométricas del pozo

y registrar el cambio en el nivel de agua por unidad de tiempo. Se requiere soporte, flotador y cronómetro. Se considera como hipótesis que el medio poroso es rígido, semi infinito, homogéneo y es válida la ley de Darcy (Luna et al., 2005).

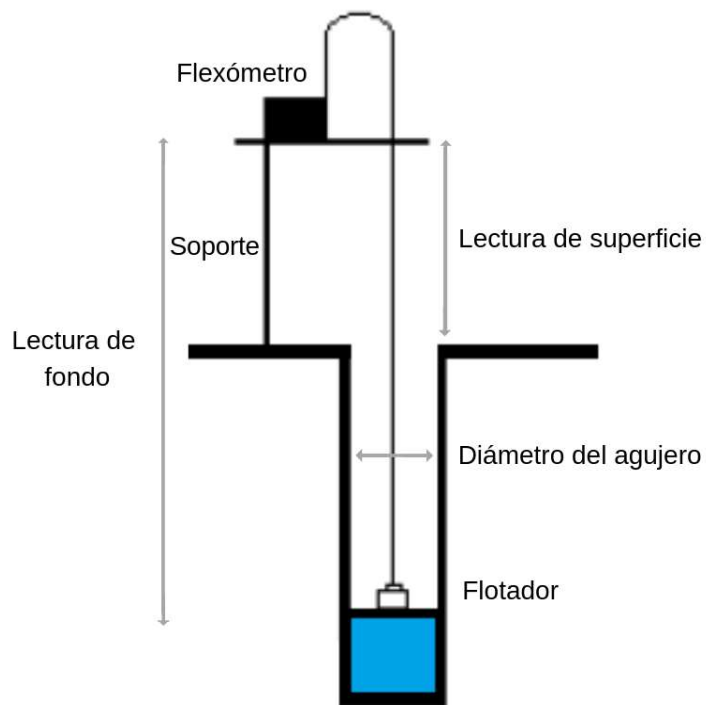


Figura 11. Ilustración del método del pozo invertido
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En caso de que el suelo esté saturado, se puede suponer que el gradiente hidráulico es igual a la unidad. Mediante una combinación de una ecuación de balance de masa y la ley de Darcy, la conductividad hidráulica saturada se calcular como:

$$Ks = 1 * 1,5 * r * s$$

Ecuación (1)

Donde:

$Ks \left[\frac{cm}{h} \right]$ = conductividad hidráulica saturada

$r [cm]$ = radio del orificio

s = pendiente del registro de líneas $(h + r/2)$ en función del tiempo

$h [cm]$ = altura de la columna de agua en el agujero

El proceso de infiltración puede ser ilustrado en la Figura 19. Se evidencia que cuando el agua penetra en el suelo, este incrementa su contenido de humedad, provocando una reducción en la tasa de infiltración. El comportamiento de la curva formada entre la velocidad de infiltración y el tiempo se representa a través de una función exponencial inversa (Borja, 2012).

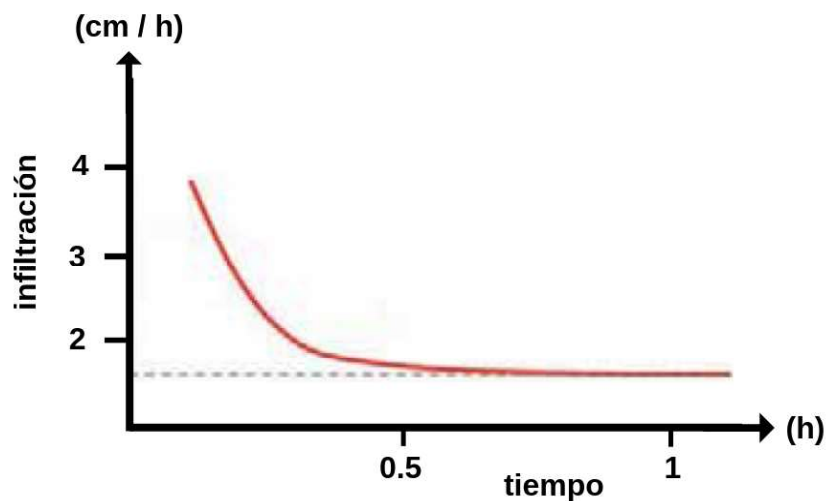


Figura 12. Ilustración de la curva de infiltración
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

- Ejemplo de cálculo

A partir de la ecuación (1) se determinó la conductividad hidráulica saturada en todos los sitios.

$$K_s = 1 * 1,5 * 4 \text{ [cm]} * 0,0239$$

$$K_s = 6,60 \left[\frac{\text{cm}}{\text{h}} \right]$$

$$K_s = 65,96 \left[\frac{\text{mm}}{\text{h}} \right]$$

El valor de la pendiente se toma de la ecuación de la recta de la Curva de infiltración de cada sitio.

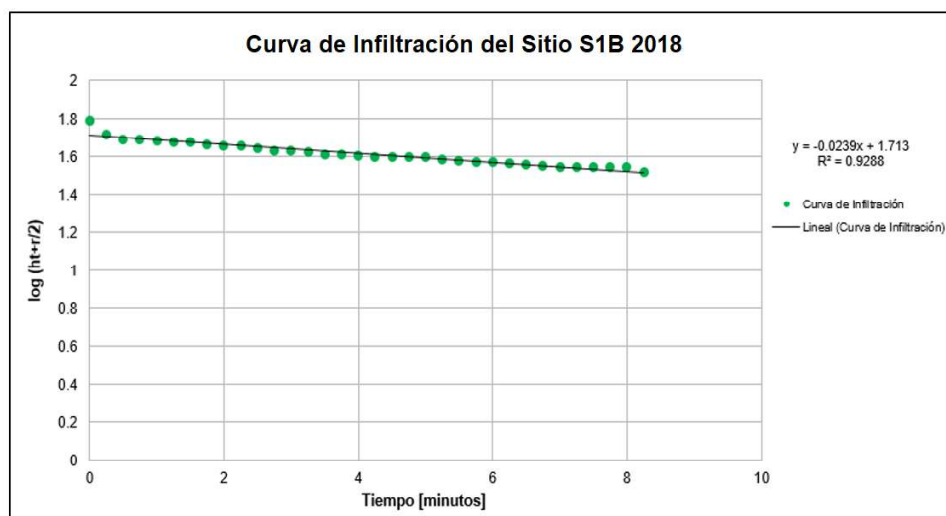


Gráfico 1. Curva de Infiltración del Sitio 1B (ensayo 2018)
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

3.2.7. Ejecución de la campaña de muestreo del suelo.

3.2.7.1. Campaña de muestreo

El trabajo en campo para la toma de muestras de suelo tanto para la determinación ex situ de densidad aparente y materia orgánica se realizó en el mes de agosto e inicios de septiembre de 2018.

TABLA 8. FECHAS DE CAMPAÑA DE MUESTREO EN LOS SITIOS DE ESTUDIO

Sitio	Nombre del sitio	Propiedad Edáfica	Fecha
1	Palmas	Densidad aparente Materia orgánica	Agosto 2018
2	Loma Gorda	Densidad aparente Materia orgánica	Agosto 2018
3	Cochas	Densidad aparente Materia orgánica	Agosto 2018
4	Pista Ocho	Densidad aparente Materia orgánica	Septiembre 2018

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

3.2.7.2. Tipo de suelo - Textura

El 15 de octubre de 2018 se realizó una campaña corta de muestreo con el fin de tomar 4 muestras representativas por cada sitio de estudio para el análisis de tipo de suelo. En total se tomaron 16 muestras de suelo por los 4 sitios. Las muestras fueron selladas, etiquetadas y empaquetadas. Al día siguiente, las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Ensayo de Materiales, Suelos y Rocas (LEMSUR) de la Escuela Politécnica Nacional.

3.2.7.3. Densidad aparente, contenido de humedad y porosidad

La metodología parte de la recolección de muestras de suelo in situ. La metodología se definió en base a estudios similares (Buytaert et al., 2005a; Farley et al., 2013; Bremer et al., 2016). En cuanto a la densidad aparente, se realizaron dos tipos de análisis de densidad aparente, superficial y a profundidad. Además, se usaron las mismas muestras para determinar el contenido de humedad y la porosidad.

La medición in situ se realizó con anillos Kopecky de acero de 100 cm^3 . El anillo es colocado en un muestreador metálico y se coloca de manera perpendicular a la superficie. Con un mazo se procede a golpear el mango del muestreador para

que el anillo se vaya introduciendo en el suelo hasta cierta profundidad. Esto se realiza con el fin de que las muestras no se alteren ni estropeen (Rubio, 2010).



Figura 13. Toma de muestras para densidad aparente
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

Después de realizar la introducción del anillo en el suelo, se procede a extraerlo con la ayuda de una pala pequeña. Se verifica que el anillo esté lleno y se nivela la muestra en cada lado del anillo para obtener el volumen deseado. Finalmente, se etiqueta y empaca el anillo con la muestra de suelo y se lo guarda cuidadosamente para el respectivo transporte al laboratorio (Rubio, 2010).



Figura 14. Toma de muestras para densidad aparente
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

El muestreo correspondiente al contenido de humedad, porosidad y densidad aparente del suelo superficial correspondió a la colección de 6 muestras superficiales y su respectivo duplicado (Berthrong et al., 2009) por transecto. Es decir, 12 muestras por transecto y 24 muestras por sitio. Además, para la densidad aparente del suelo a profundidad se considera la recolección de 1 muestra con su duplicado a 3 profundidades distintas por transecto. Es decir, 6 muestras por transecto y 12 muestras por sitio.

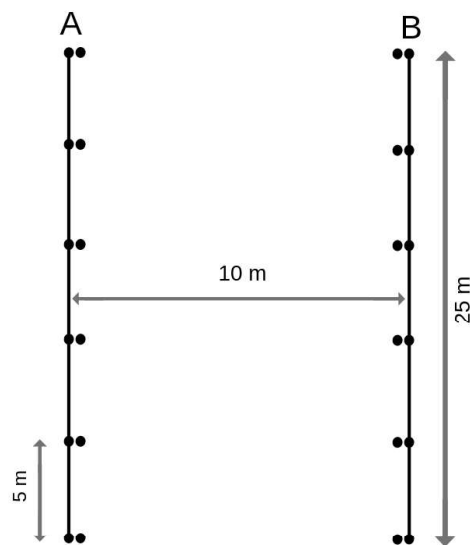


Figura 15. Ilustración del muestreo de densidad aparente superficial.
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

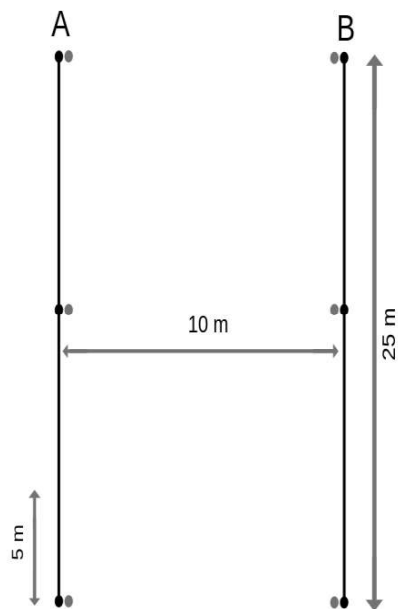


Figura 16. Ilustración del muestreo de densidad aparente a profundidad.
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

3.2.7.4. Materia Orgánica

El muestreo de suelo para el análisis de materia orgánica se realizó in situ. Se tomaron 6 muestras en cada transecto lineal, es decir, 12 muestras por sitio de estudio.

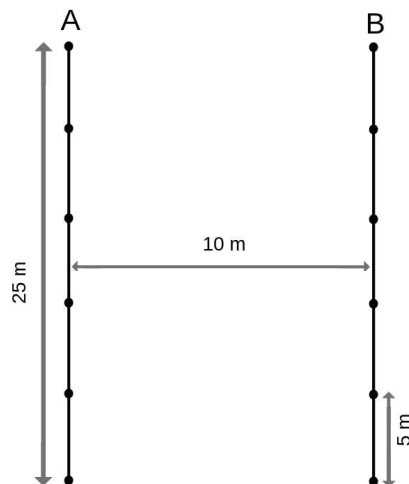


Figura 17. Ilustración del muestreo de materia orgánica
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez



Figura 18. Muestras de materia orgánica en campo
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

Para la toma de muestras se debe limpiar el área en la que se va a ejecutar el muestreo. Se puede utilizar cualquier herramienta que permita extraer el suelo. Para este caso se utilizó una pala recta y realizó un corte en forma de V (Schweizer, 2011). La pala se colocó a los 3 cm de uno de los extremos del agujero formado (Santos et al., 2017). La profundidad a la que se mide la materia orgánica es de 20 cm debido a que a esta medida se considera que existe la mayor influencia de esta propiedad edáfica (Ferraris & Desarrollo Rural INTA Pergamino, 2005). Se extrae un pedazo de suelo de 3 cm de espesor y con un cuchillo se corta los bordes y se los elimina, la porción de suelo que queda se denomina submuestra (Schweizer, 2011). Se deposita cierto número de submuestras en un recipiente y se mezclan para obtener una muestra representativa. Se debe sacar 1 kg de suelo y guardarlo en una funda hermética. Finalmente se debe etiquetar cada muestra (INIAP, 2008).



Figura 19. Muestreo de suelo.
Fuente fotográfica: Schweizer, 2011.
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

3.2.8. Análisis de laboratorio

3.2.8.1. Análisis de tipo de suelo

La determinación de tipo de suelo se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas - LEMSUR. Los resultados de la clasificación se pueden ver en el Anexo 4.

El análisis de tipo de suelo se basa en la norma técnica ASTM D 2487-11: Método de Ensayo Estándar para la Clasificación de Suelos con Propósitos de Ingeniería (Sistema de Clasificación Unificado de Suelos-SUCS). En el método SUCS se evalúa granulometría, límite líquido y plástico (límites de Atterberg), y contenido de humedad (Rojas, 2018).

El ensayo granulométrico está sujeto a la norma técnica ASTM D 421 y ASTM D 422. Se utiliza el tamizado en seco con el objetivo de separar y clasificar las distintas partículas que existen en el suelo. Se emplea 5 tamices de diferente numeración (4, 10, 20, 40 y 200) y abertura. Los límites de Atterberg se determinan en base a la norma técnica ASTM D 4318-10. Mediante los límites de Atterberg

se establecen los rangos de humedad que tiene el suelo, con los cuales conserva su estado plástico. En cuanto al contenido de humedad se basó en la norma INEN 690 - ASTM D 2216-10 (Rojas, 2018).

3.2.8.2. Análisis de densidad aparente

La densidad aparente se determinó mediante métodos gravimétricos y volumétricos (Quinteros, 2017). Las muestras con el anillo kopecky [100 cm^3] fueron pesadas en una balanza y colocadas en una estufa, a una temperatura de 105° C durante 24 horas con el fin de ser desecadas (Flores & Alcalá, 2010; Gómez, 2013; Bremer et al., 2016). Después de este tiempo, se procede a sacar las muestras y se espera hasta que se enfríen. A continuación, se pesa las muestras de suelo seco con el cilindro. Finalmente se retira el suelo seco del anillo, se lo limpia bien (asegurándose que no quede nada de muestra) y se pesa el anillo kopecky (Gómez, 2013).

La densidad aparente de cada muestra será calculada a partir de la ecuación (2). Así la relación entre el peso de la muestra seca de suelo y el volumen conocido del anillo kopecky permiten determinar los valores de densidad aparente en superficie y a profundidad (Rubio, 2010; Bremer et al., 2016).

$$d_a = \left(\frac{M_{ss}}{V} \right)$$

Ecuación (2)

Donde:

$d_a \left[\frac{g}{\text{cm}^3} \right]$ = Densidad aparente del suelo

$M_{ss} [g]$ = Masa de suelo seco

$V [\text{cm}^3]$ = *Volumen de la muestra de suelo*

- Ejemplo de cálculo:

Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm^3]
78,86	98,17

$$da \left[\frac{g}{cm^3} \right] = \left(\frac{78,86}{98,17} \right)$$

$$da \left[\frac{g}{cm^3} \right] = \left(\frac{78,86}{98,17} \right)$$

$$da \left[\frac{g}{cm^3} \right] = 0,80 \left[\frac{g}{cm^3} \right]$$



Figura 20. Análisis de densidad aparente en el laboratorio.
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

3.2.8.3. Análisis de contenido de humedad

Con los valores gravimétricos determinados de cada muestra, se procedió a analizar la humedad gravimétrica. El contenido de humedad se determinó a partir de la relación entre la masa de agua y masa de suelo seco (Borja, 2012).

$$\theta_m = \left(\frac{M_{sh} - M_{ss}}{M_{ss}} \right) * 100 \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

M_{sh} [g] = Masa de suelo húmedo

M_{ss} [g] = Masa de suelo seco

$M_{sh} - M_{ss}$ [g] = Masa de agua

θ_m [%] = Contenido gravimétrico de agua del suelo (Contenido de humedad)

- Ejemplo de cálculo:

A partir de la ecuación (3) se determinó el contenido de humedad en todos los sitios.

Muestra húmeda + cilindro [g]	Muestra seca + Cilindro [g]	Cilindro [g]
235,26	185,65	95,43

$$\text{Masa de suelo húmedo [g]} = 235,26 - 95,43 = 139,83$$

$$\text{Masa de suelo seco [g]} = 185,65 - 95,43 = 90,22$$

$$\theta \text{ [%]} = \left(\frac{139,83 - 90,22}{90,22} \right) * 100$$

$$\theta_m = 55 \%$$

3.2.8.4. Análisis de porosidad

Con los valores utilizados para la obtención de densidad aparente se determinó el porcentaje de porosidad de cada muestra (Borja, 2012).

$$\text{Porosidad} = \left(1 - \frac{d_a}{d_r}\right) * 100 \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

P [%] = Porosidad.

$d_a \left[\frac{g}{cm^3}\right]$ = Densidad aparente.

$d_r \left[\frac{g}{cm^3}\right]$ = Densidad de partículas = 2,65

- Ejemplo de cálculo

A partir de la ecuación (4) se determinó la porosidad en todos los sitios.

$$\text{Porosidad} = \left(1 - \frac{0,994 \left[\frac{g}{cm^3}\right]}{2,65 \left[\frac{g}{cm^3}\right]}\right) * 100$$

$$\text{Porosidad} = 62,49\%$$

3.2.8.5. Análisis de materia orgánica

Durante el mes de agosto e inicios de mes de septiembre de 2018 (cada semana) se enviaron 12 muestras de suelo por cada sitio de estudio al Laboratorio de Suelos, Plantas y Aguas (Estación Experimental "Santa Catalina") que pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para el análisis de materia orgánica (Anexo 5).

El método que utiliza el INIAP para la obtención de materia orgánica es el de titulación con dicromato de sodio (conocido como método de Walkley Black). Los valores de materia orgánica se reportan en porcentaje (Quinteros, 2017).

3.2.9. Tratamiento estadístico de datos

Se utilizó el análisis de varianza unidireccional (ANOVA) para evaluar la existencia de diferencias estadísticas significativas de las propiedades del suelo entre los escenarios A y B de cada sitio de estudio (individualmente) y de todos los sitios (global) (Abreu et al., 2009). La hipótesis de igualdad de medias entre las

propiedades del suelo de ambos escenarios se realiza a través de la comparación del valor entre el numerador del estadístico F con el F crítico, así como la comparación entre el valor de significancia estadística ($p= 0.05$) y el valor de p calculado (Fallas, 2012). Para el análisis estadístico se utilizó el software Past 3.

TABLA 9. ANÁLISIS ANOVA

Tipo de comparación	Sitio	Propiedad
Entre los escenarios A y B de cada sitio (individualmente)	1	Densidad aparente superficial, densidad aparente a profundidad, contenido de humedad, porosidad, conductividad hidráulica saturada superficial, conductividad hidráulica a profundidad y materia orgánica.
	2	
	3	
	4	
Entre escenarios (A y B)	1, 2, 3, 4	
Global	Todos los sitios	

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. LÍNEA BASE SOCIAL

4.1.1. Desarrollo del taller en el barrio de San Francisco de Cruz

Loma

El taller se realizó con la presencia de 20 habitantes del Barrio de San Francisco de Cruz Loma, el Presidente del Comité barrial de San Francisco Cruz Loma – Sr. Héctor Moreno, el guardapáramo del FONAG - Luis Moreno, y dos técnicas del FONAG. La convocatoria se realizó a través de comunicado con el presidente del barrio. El taller se desarrolló en la escuela del barrio y tuvo una duración una hora y media. El taller se desarrolló a través de la participación activa de los asistentes, de tal forma que, a través de un conversatorio en base a los ejes temáticos especificados en el apartado 3.2.2.2., se plasmó la información en una matriz (Figura 21).

Impacto	Participantes	Reactiva	Activa	Actores	Sitios(ES)	V. Ciudadana
<ul style="list-style-type: none"> Sentido de pertenencia comunidad * Tuberías * Lesiones * Ruido * Hacerlo * Agresión verbal * Altruismo/Amor * Sembrar * Vegetación * Animales 	Educación No formal Comité (Salud) Agresión El fin personal sin pagar con FONAG (3) 20 con FONAG (1) 10	Fin de semana Recon. Historia Reclutan para hacer capacitación 1980	Cultura de semana Recon. Historia Recon para capacitación 1980	Comunidad FUNDAC Policía Urb Junta Barrial AMT.	Sitios Loma Loma (El Centro) Perten (Oscarando) Nono San Antonio Perten Calaca II	<ul style="list-style-type: none"> * Capacitación * Información * Planificación comunitaria ACCION Distrito 45 45
Afecto	Modelo	Bolitas, Placas/Diagramas Votos (inicio) Club de enfermeras /	10 meses organizados	10 meses organizados	Infografía	Infografía

Figura 21. Recolección de información para línea base social
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.1.2. Resultados de la línea base

- a) Impacto de la práctica del enduro: Los participantes de la reunión mencionan que la práctica de este deporte causa deterioro del chaquiñán, un impacto negativo en la vegetación, creación de zanjas en el suelo, daño a los alambres y trabajo de las mingas, afectación a las tuberías por donde se conduce el agua, afectación en sus sembríos, accidentes con sus animales, atentados a la integridad física (accidentes y lesiones), agresiones verbales y ruido.
- b) Características generales de los participantes: Los participantes de la reunión mencionan que los practicantes del deporte son agresivos, unos pocos piden disculpas. Manifiestan que en su mayoría son profesionales y se trata de un deporte de élite. Destacan que sin intervención del FONAG, se evidenciaba la cantidad de 10, 15 y 20 enduristas por semana. Sin embargo, a raíz de la intervención del FONAG en el año 2016, se evidencia una disminución a 2 enduristas por semana.
- c) Práctica: Los participantes de la reunión mencionan que en lo que se refiere a la temporalidad, esta se da los fines de semana y feriados. Manifiestan que en este sector se realizan prácticas para competencias. Además, un recuerdo común de los participantes es que hace 50 años se realizó una carrera de 300 motos en el páramo del sector.
- d) Actores: Los actores identificados por la comunidad, fueron: Enduristas, comunidad, FONAG, Fiscalía, policía ambiental, junta parroquial, teniente político de Lloa y la Agencia Nacional de Tránsito, Ministerio del Ambiente, Teleférico.
- e) Sitios de ingreso y salida: Los sitios críticos de ingreso y salida de los practicantes del deporte son: El Condado, Lloa, El Cinto, Pailón, Nono, Pomasqui, San Antonio y Calacalí.
- f) Acción ciudadana: Los participantes de la reunión mencionan que el carácter de los moradores del barrio es netamente informativo. Sugieren realizar una reunión entre comunidades que tengan la misma afectación en los páramos aledaños. Además, consideran que se debe realizar algún tipo

de acción entre el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito y la ciudadanía.

- g) Comentarios: Los comentarios generales de los asistentes a la reunión fueron que las tiendas que venden las motos deben informar los lugares en los que se puede practicar el deporte. Manifestaron que en el Centro de información de la comunidad debe haber información al respecto. Además, sugieren realizar un tipo de batidas informativas en los sitios de ingreso y salida del páramo.

4.2. NIVEL DE DAÑO EN LOS ESCENARIOS POR OBSERVACIÓN

En las Tablas 10 y 11 se presentan los resultados del nivel de daño por observación que se determinaron para cada sitio de estudio.

TABLA 10. PONDERACIÓN DE NIVEL DE DAÑO POR INDICADOR

Indicador	Ponderación	Sitio			
		1B	2B	3B	4B
Cobertura Vegetal	Nº				
Presencia Abundante	4				
Presencia Parcial	3				
Presencia Mínima	2				X
Ausencia	1	X	X	X	
	Subtotal	1	1	1	2
Volumen de suelo perdido	Nº	1B	2B	3B	4B
Menor a 6 m ³	1		X		
Menor a 10 m ³	2	X			X
Mayor a 10 m ³	3				
Mayor a 15 m ³	4			X	
	Subtotal	2	1	4	2
	Total	3	2	5	4

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 11. NIVEL DE DAÑO POR OBSERVACIÓN

Ponderación	Nivel de daño	Sitio			
		1B	2B	3B	4B
Nº	Rango				
5	Alto			X	
3 a 4	Mediano	X			X
2 a 3	Mediano-Bajo		X		
1	Bajo				

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.3. LÍNEA DE TIEMPO DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

Con el fin de realizar una comparación secuencial visual, se compararon 4 ortofotos y/o imágenes satelitales de cada sitio de muestreo correspondientes a cuatro años distintos.

4.3.1 Sitio 1-Palmas

Las ortofotos y/o imágenes satelitales del sitio 1, corresponden a los años 2003, 2012, 2016 y 2018 (Figura 22). En cuanto a la imagen correspondiente al año 2003, se observa un camino preferencial y vegetación abundante de forma aledaña. Esto quiere decir, que existe un registro visual de la existencia de las zanjas desde hace al menos 16 años. Nueve años más tarde (2012) se observa la permanencia del camino preferencial. Además, la vegetación ya no es continua y se presenta de manera aislada. Por su parte, en el 2016 se evidencia un cambio abrupto en el paisaje. En apenas 4 años se observa la presencia de varios caminos preferenciales. Finalmente, en el año 2018, se visualiza aún más la intensidad de la práctica del deporte, la cual se ve reflejada en las ramificaciones de dichas zanjas, de tal forma que simulan ser un circuito de caminos.

Las ortofotos y vegetación dan indicios que la zona estuvo bajo el impacto de pastoreo y quema desde al menos 15 años atrás. Presenta un daño por observación visual mediano. La pérdida del volumen de suelo perdido fue de 4,2 m^3 y no se observa alguna evidencia de recuperación vegetal.

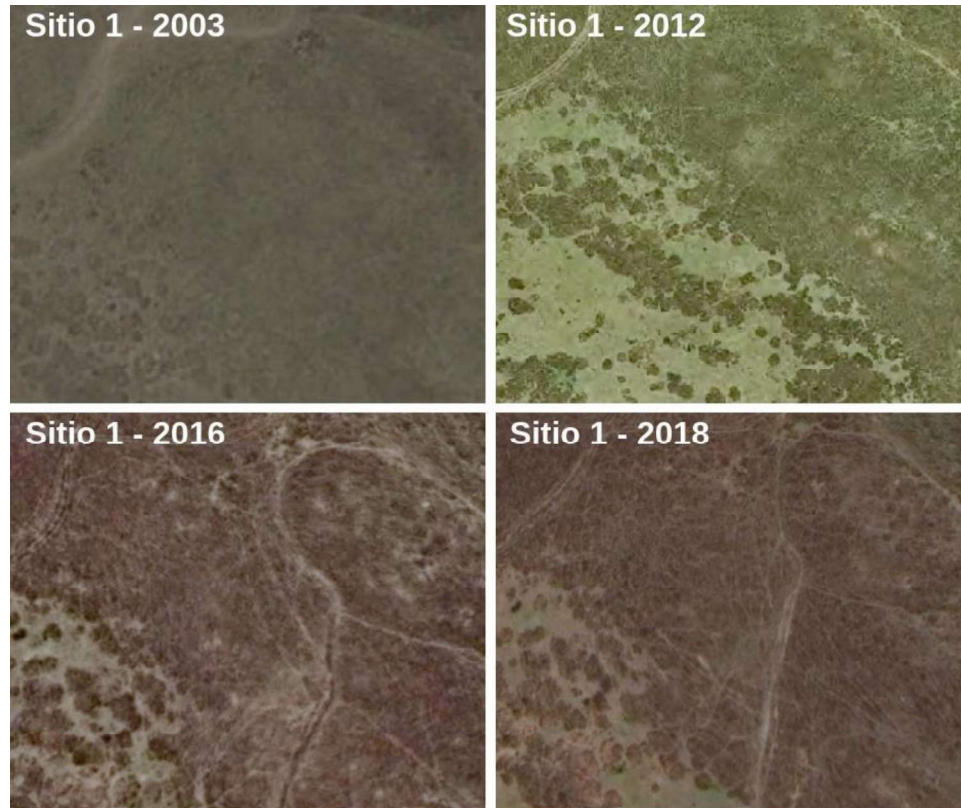


Figura 22. Ortofoto-Imágenes Satelitales del sitio de estudio 1
 Fuente: Ortofoto (MAG, 2012) - Imágenes Satelitales (Google Earth, 2003-2016-2018).
 ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.3.2 Sitio 2-Loma Gorda

Las ortofotos y/o imágenes satelitales del sitio 2, corresponden a los años 2003, 2012, 2014 y 2018 (Figura 23). En la imagen correspondiente al año 2003, se observan 3 caminos preferenciales bastante marcados y vegetación abundante de forma aledaña. Esto quiere decir, que existe un registro visual de la existencia de las zanjas desde hace al menos 16 años. 9 años más tarde, es decir, en el 2012; se observa la permanencia de los caminos preferenciales. Un camino preferencial desaparece debido a la recuperación vegetal de ese camino. Sin embargo, aparecen nuevos.

Se observa un área sin vegetación en los caminos abiertos. Por su parte, en el 2014 se evidencia un cambio abrupto en el paisaje. En apenas 2 años se observa la presencia de varios caminos preferenciales. Finalmente, en el año 2018, se visualiza aún más la intensidad de la práctica del deporte, la cual se ve reflejada en las ramificaciones de dichas zanjas, de tal forma que simulan ser un circuito de caminos. El sitio presenta un daño por observación visual mediano- bajo. La pérdida del volumen de suelo perdido fue de $2,63 m^3$ y no existe evidencia de recuperación vegetal en el camino preferencial.



Figura 23. Ortofoto-Imágenes Satelitales del sitio de estudio 2

Fuente: Ortofoto (MAG, 2012) - Imágenes Satelitales (Google Earth, 2003-2014-2018).

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.3.3 Sitio 3-Cochas

Las ortofotos y/o imágenes satelitales del sitio 3, corresponden a los años 2003, 2012, 2014 y 2018 (Figura 24). En cuanto a la imagen correspondiente al año

2003, se observa que ya existe un sendero. Esto indica, que existe un registro visual del inicio de las zanjas desde hace al menos 16 años. En el 2012 se observa que el sendero aún permanece y la vegetación está distribuida por zonas. 2 años después (2014) se visualiza que el sendero se ha acentuado aún más y existe más vegetación. En el año 2018 se puede ver un sendero bien marcado y establecido, las cárcavas están formadas y se han abierto pequeñas rutas. Las cárcavas (zanjas) se observan sin vegetación.

Presenta el daño más alto por observación visual causado por el paso de las motos de enduro. La pérdida del volumen de suelo perdido fue de $33,75 m^3$. Las cárcavas (zanjas) que se han formado presentan profundidades mayores a los 60 cm y no existe evidencia de recuperación vegetal. Años atrás se produjo un incendio cerca de este sitio.



Figura 24. Ortofoto-Imágenes Satelitales del sitio de estudio 3.

Fuente: Ortofoto (MAG, 2012) - Imágenes Satelitales (Google Earth, 2003-2014-2018).

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.3.4 Sitio 4-Pista Ocho

Las ortofotos y/o imágenes satelitales del sitio 4, corresponden a los años 2003, 2014, 2016 y 2018 (Figura 25). En la imagen perteneciente al año 2003 se puede visualizar una zona totalmente natural y conservada sin ningún tipo de afectación. En el año 2014 (11 años después) no se presencia ningún tipo de impacto antrópico, pero 2 años más tarde (2016) se visualiza la presencia de una pista en forma de (8) ocho, muy marcada. Esto se debe a que los motoristas descubrieron una manera de acceder a esa zona y abrir camino a campo traviesa. Como resultado de esto, se originó la pista ocho. En el año 2018 se puede observar el sendero de la pista. Sin embargo, en la transición de esos 2 años, el FONAG emprendió acciones de conservación en la zona. Una de estas acciones es la de vigilancia y control cuyo resultado es la permanencia de un guardapáramo en la zona, gracias a su gestión se ha podido cesar el acceso de los enduristas a la pista ocho.

El sitio presenta un daño por observación visual mediano. La pérdida del volumen de suelo perdido fue de $7,13 m^3$. y se observa recuperación vegetal en ciertas zonas de la pista.



Figura 25. Ortofoto-Imágenes Satelitales del sitio de estudio 4

Fuente: Ortofoto (MAG, 2012) - Imágenes Satelitales (Google Earth, 2003-2016-2018).

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.4. PERFIL DE SUELO

En las figuras 26, 27, 28 y 29 se observa los perfiles de suelo de cada sitio. La caracterización de cada perfil se puede visualizar en el Anexo 3.

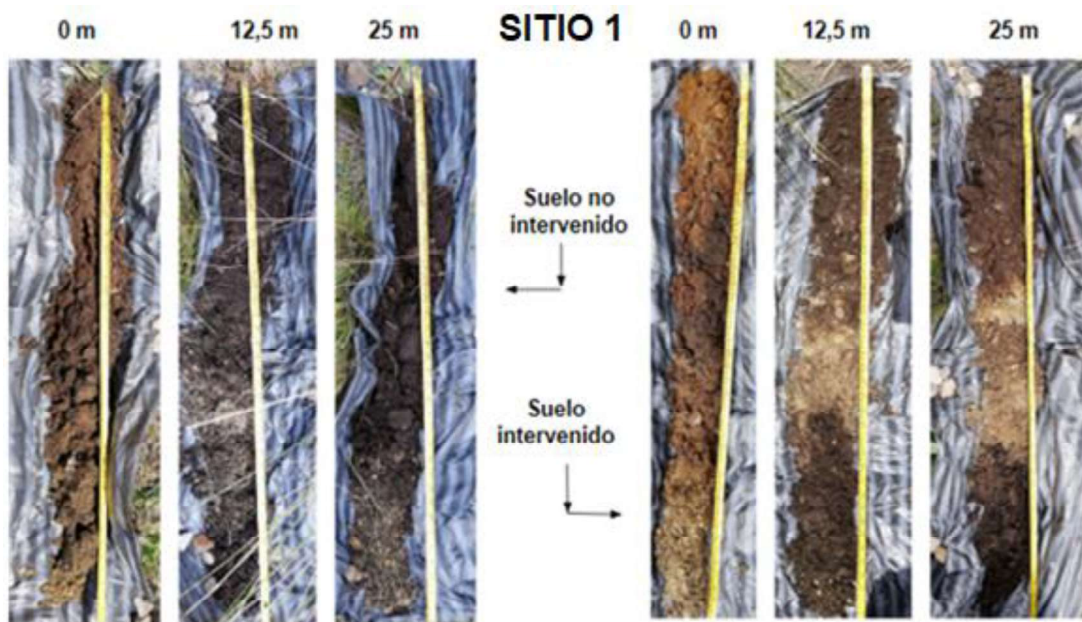


Figura 26. Perfil de suelo del sitio de estudio 1.
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

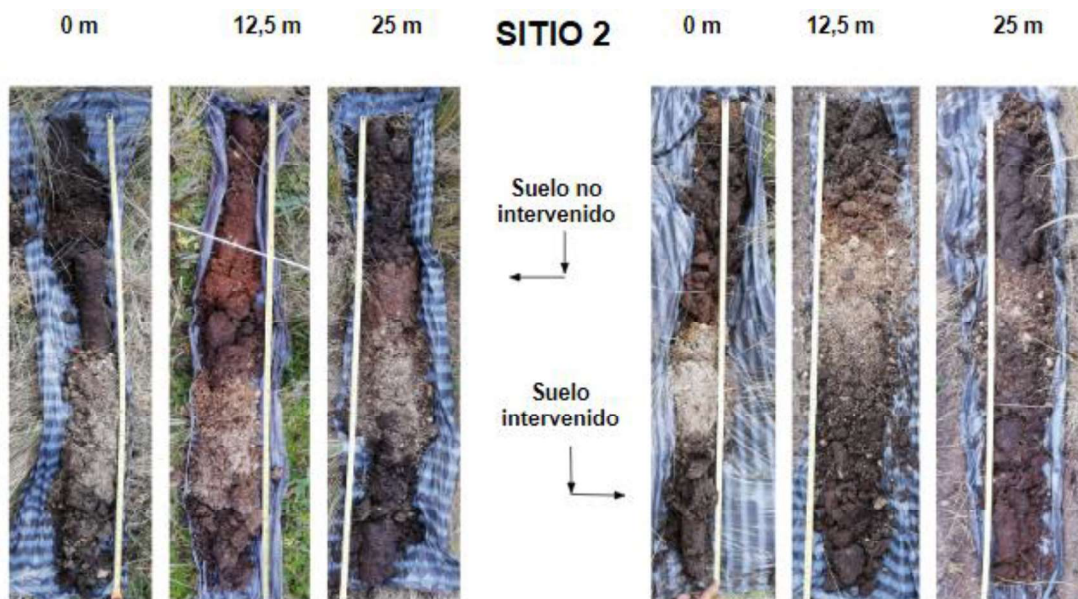


Figura 27. Perfil de suelo del sitio de estudio 2.
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez



Figura 28. Perfil de suelo del sitio de estudio 3.
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez



Figura 29. Perfil de suelo del sitio de estudio 4.
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.5. TIPO DE SUELO

En la Tabla 12 se presentan los resultados del tipo de suelo según la clasificación SUCS. La textura de los suelos de esta zona varía en el perfil en profundidad. Se evidencia que los sitios de muestreo cuentan con un tipo de suelo correspondiente a arenas limosas, mezcla de arena y limo, a excepción del sitio 4 en dos zonas y el sitio 2 en una zona. La clasificación SUCS de este tipo de suelo es correspondiente a limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad. Se observa que, en los sitios de muestreo, la fracción predominante es la arena.

TABLA 12. CLASIFICACIÓN DEL SUELO SUCS

Sitio	Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]	Escenario Intervenido [B]
1	0	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.
	25	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.
2	0	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.
	25	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
3	0	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.
	25	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.
4	0	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.
	25	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.6. PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DE SUELO

4.6.1. Conductividad Hidráulica

4.6.1.1. Conductividad hidráulica saturada a profundidad

En las Tablas 13, 14, 15 y 16 se indican los valores de conductividad hidráulica saturada a profundidad de cada sitio. En la Tabla 17 se presenta un resumen estadístico en cada sitio y a nivel global.

TABLA 13. VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A PROFUNDIDAD DEL SITIO 1

Distancia [m]	Profundidad Pozos [cm]	Escenario No Intervenido [A]		Escenario Intervenido [B]	
		Control [mm/h]	Réplica [mm/h]	Control [mm/h]	Réplica [mm/h]
0	60	202,58	75,35	536,65	367,08
12,5	60	295,32	170,84	1161,27	1633,23
25	60	205,34	372,60	65,96	146,92

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 14. VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A PROFUNDIDAD DEL SITIO 2

Distancia [m]	Profundidad Pozo [cm]	Escenario No Intervenido [A]		Escenario Intervenido [B]	
		Control [mm/h]	Réplica [mm/h]	Control [mm/h]	Réplica [mm/h]
0	60	11,96	10,07	63,96	50,15
12,5	60	2,77	2,46	23,87	62,93
25	60	5,12	2,25	148,78	164,50

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 15. VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A PROFUNDIDAD DEL SITIO 3

Distancia [m]	Profundidad Pozo [cm]	Escenario No Intervenido [A]		Escenario Intervenido [B]	
		Control [mm/h]	Réplica [mm/h]	Control [mm/h]	Réplica [mm/h]
0	40	59	59,34	367,43	73,69
12,5	40	43,33	31,96	344,66	176,47
25	40	54,10	97,43	819,72	279,45

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 16. VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A PROFUNDIDAD DEL SITIO 4

Distancia [m]	Profundidad Pozo [cm]	Escenario No Intervenido [A]		Escenario Intervenido [B]	
		Control [mm/h]	Réplica [mm/h]	Control [mm/h]	Réplica [mm/h]
0	40	209,93	108,47	190,44	40,27
12,5	40	51,75	10,21	107,12	128,90
25	40	58,51	20,40	146,97	61,55

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 17. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A PROFUNDIDAD

Sitio	Escenario	N*	Mín.**	Máx.***	Media	Error Estándar	Desviación Estándar	Mediana
1	A	6	75,35	372,6	220,34	41,96	102,78	203,96
	B	6	65,96	1633,23	651,85	252,67	618,90	451,87
2	A	6	2,25	11,96	5,77	1,73	4,23	3,95
	B	6	23,87	164,50	85,70	23,29	57,04	63,45
3	A	6	31,96	97,43	57,53	9,06	22,20	56,55
	B	6	73,69	819,72	343,57	105,22	257,74	312,06
4	A	6	10,21	204,93	75,71	29,43	72,10	55,13
	B	6	40,27	190,44	112,54	22,64	55,45	118,01
1-2-3-4	A	24	2,25	372,6	89,84	20,56	100,74	56,31
	B	24	23,87	1633,23	298,42	79,85	391,18	147,88

*Número de muestras ** Valor Máximo *** Valor Mínimo

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En los gráficos 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se observan la distribución de datos para cada sitio, por escenario y a nivel global. La descripción específica de cada gráfico se encuentra en el Anexo 11. En los Sitios 2 y 3, los valores de conductividad hidráulica saturada son mayores en el escenario B que en el A (Gráficos 3 y 4). En el sitio 1 y 4, la mayoría de estos valores son mayores en el escenario B que en el A (Gráficos 2 y 5).

En la Tabla 17 se visualiza que el valor mínimo (2,25 mm/h) le corresponde al escenario A del Sitio 2, mientras que el valor máximo (1633,23 mm/h) le corresponde al escenario B del Sitio 1.

El valor promedio de conductividad hidráulica saturada en el escenario A es de 89,84 mm/h mientras que el valor promedio del escenario B es de 298,42 mm/h (Tabla 15). Entonces, el valor promedio del escenario A es 69,90% menor al valor promedio del escenario B. Lo cual nos indica que el suelo no intervenido tiene menor porcentaje de conductividad hidráulica saturada que el suelo intervenido.

Al estudiar Gregory et al., (2006) el efecto de los diferentes niveles de compactación debido a los equipos de construcción livianos y pesados, determinó que las tasas promedio de infiltración de un suelo arenoso no compactado oscilaron entre 377 y 634 mm/h para bosques naturales, de 637 a 652 mm/h para bosques plantados, y 225 mm/h para sitios de pasto. Las tasas de infiltración promedio en suelos arenosos compactados oscilaron entre 8 y 175 mm/h, de 160 a 188 mm/h y de 23 mm/h para los mismos sitios respectivos. La actividad de construcción o los tratamientos de compactación redujeron las tasas de infiltración en un 70% a 99%. Esto quiere decir, que el porcentaje de reducción de la tasa de la conductividad hidráulica saturada en nuestro estudio es menor que aquella generada por equipos de construcción livianos y pesados en un suelo arenoso.

Los valores correspondientes a la infiltración (a profundidad) en ambos escenarios, son extremadamente altos en comparación a lo que reporta la bibliografía. Además, aun cuando se esperaba que los valores del escenario A fueran mayores a los del

B en esta primera etapa, no ocurrió lo esperado. La explicación a este contraste de resultados es que en las pruebas de pozo invertido hubo presencia de material fragmentado conocido como lapilli en los horizontes más profundos (Bernard, 2015). Esto, especialmente en el escenario B, ya que el lapilli se encontraba a menor profundidad por pérdida del perfil edáfico. En dichos ensayos, el lapilli permitió que el proceso de infiltración sea extremadamente rápido. La estructura de este material fragmentado, al tener un tamaño entre 2 - 64 mm (Bernard, 2015) permite que el agua descienda rápidamente en el pozo invertido.

Por otro lado, el valor máximo de infiltración reportado en el estudio de Quinteros (2017) en un suelo de páramo intervenido (arenal) por actividades antrópicas es de 897,8 *mm/h* y en un suelo de páramo cuyo nivel de degradación es mínimo, el valor es de 6,9 *mm/h*. Se observa que los valores de infiltración en los niveles de degradación más afectados de dicha investigación están relacionados con los valores del escenario B de nuestro estudio.

Los resultados obtenidos en esta etapa de muestreo permitieron plantear una segunda etapa de para esta propiedad, considerando un proceso de infiltración superficial.

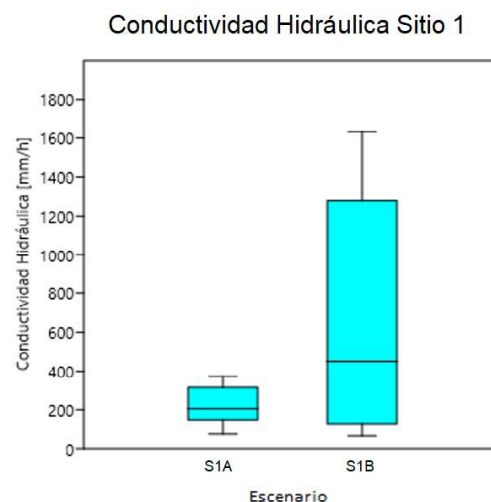


Gráfico 2. Conductividad Hidráulica Sitio 1
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

A → No intervenido
 B → Intervenido
 S → Sitio

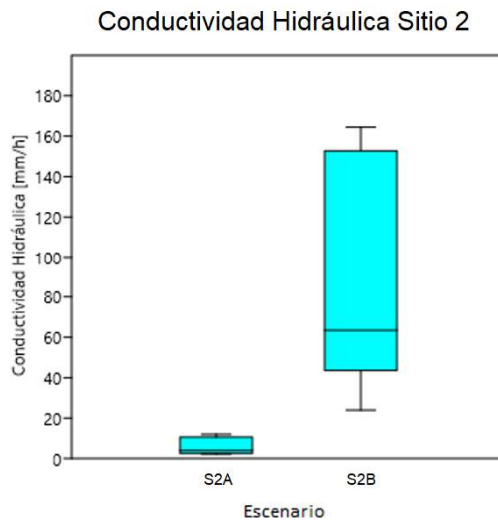


Gráfico 3. Conductividad Hidráulica Sitio 2
 ELABORADO POR: Cadena y Yánez

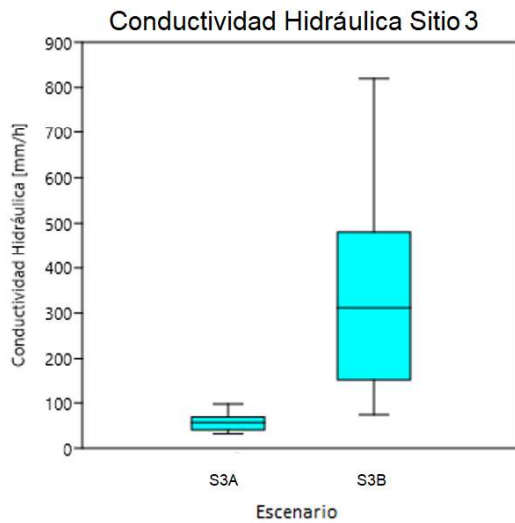


Gráfico 4. Conductividad Hidráulica Sitio 3
 ELABORADO POR: Cadena y Yánez

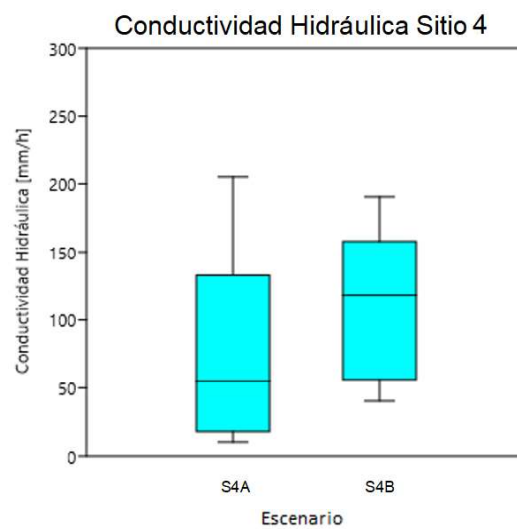


Gráfico 5. Conductividad Hidráulica Sitio 4
 ELABORADO POR: Cadena y Yánez

A → No intervenido
 B → Intervenido
 S → Sitio

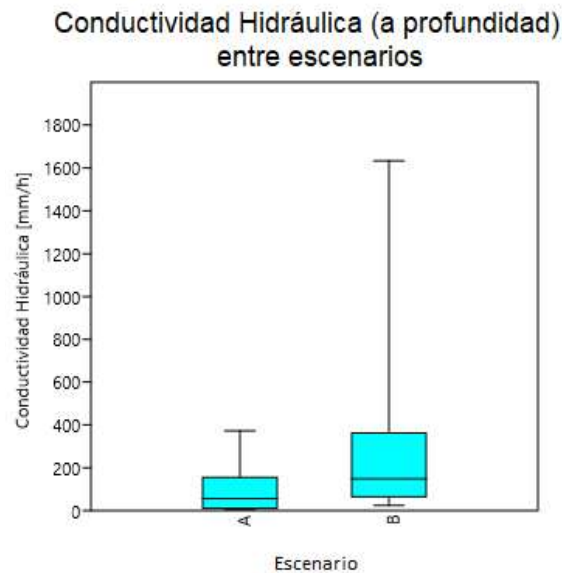


Gráfico 6. Conductividad hidráulica (a profundidad) entre escenarios
 ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

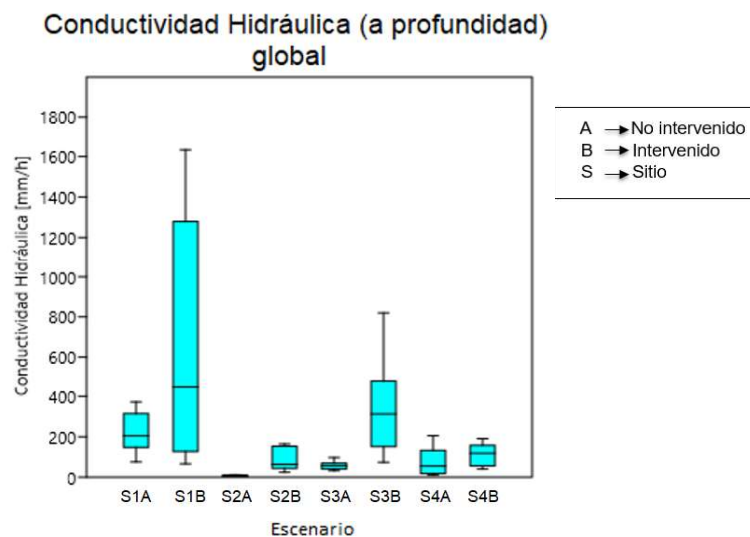


Gráfico 7. Conductividad hidráulica (a profundidad) global
 ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En la Tabla 18 se puntualiza los resultados más relevantes de la tabla de análisis de varianza (Anexo 7) con el fin de determinar si existe una diferencia estadística significativa entre los escenarios de cada sitio y en forma global para esta propiedad hidrofísica. Además, en esta tabla se especifica el tipo de distribución de los diagramas de cajas y la posición de las medianas en estos diagramas.

TABLA 18. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE A CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A PROFUNDIDAD

Sitio	Escenario	F	p value	F crítico	Tipo de distribución asimétrica*	Mediana**	Diferencia estadística significativa***
1	A	2,83	0,1229	4,965	Sesgada a la derecha	Parte inferior	No
	B						
2	A	11,72	0,0065	4,965	Sesgada a la derecha	Parte inferior	Sí
	B						
3	A	7,34	0,0219	4,965	Sesgada a la derecha	Parte inferior	Sí
	B						
4	A	0,98	0,1344	4,965	Sesgada a la derecha	Parte inferior	No
	B				Sesgada a la izquierda	Parte superior	
1-2-3-4	A	4,64	0,0007	2,250	-	-	Sí
	B						

*Según el diagrama de cajas ** Desplazamiento según el diagrama de cajas

*** Entre escenarios y nivel global

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.6.1.2. Conductividad hidráulica saturada a superficie

En la Tabla 19 se indican los valores de conductividad hidráulica saturada a superficie de cada sitio. En la Tabla 20 se presenta un resumen estadístico en cada sitio y a nivel global.

TABLA 19. VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA SUPERFICIAL

Sitio	Distancia [m]	Profundidad Pozo [A] [cm]	Escenario No Intervenido [A]	Profundidad Pozo [B] [cm]	Escenario Intervenido [B]
			Ks [mm/h]		Ks [mm/h]
1	0	20	10,27	15	6,21
1	25	16	8,61	17	4,20
2	0	20	4,94	13	4,20
2	25	24	4,25	9	3,59
3	0	20	71,76	20	6,11
3	25	20	16,75	20	2,76
4	0	20	4,97	20	2,54
4	25	20	9,04	18	8,20

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 20. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SUPERFICIAL

Sitio	Escenario	N*	Mín.**	Máx.***	Media	Error Estándar	Desviación Estándar	Mediana
1-2-3-4	A	8	4,25	71,76	16,32	8,05	22,76	8,83
1-2-3-4	B	8	2,76	9,04	5,54	0,79	2,24	5,16

*Número de muestras ** Valor Máximo *** Valor Mínimo

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En los gráficos 8 y 9 se observan la distribución de datos por escenario y a nivel global. La descripción específica de cada gráfico se encuentra en el Anexo 11. En los Sitios 1, 2 y 3, los valores de conductividad hidráulica saturada son mayores en el escenario A que en el B (Gráfico 9). En el Sitio 4, la mayoría de los valores de conductividad hidráulica saturada son mayores en el escenario A que en el B (Gráfico 9).

En la Tabla 20 se visualiza que el valor mínimo es de (2,76 mm/h), correspondiente al escenario B del Sitio 3. El valor máximo es de (71,76 mm/h), correspondiente al escenario A del Sitio 3

El valor promedio de conductividad hidráulica saturada en el escenario A es de 16,32 mm/h, mientras que el valor promedio del escenario B es de 5,54 mm/h

(Tabla 18). Según los valores de infiltración que reporta la bibliografía correspondiente a suelos de páramo (Tabla 1), nuestros resultados corresponden a un suelo derivado de cenizas volcánicas y suelo de páramo semi-húmedo. Los valores informados para los suelos de páramo derivados de cenizas volcánicas son aproximadamente 50–60 *mm/h* (Poulenard et al., 2001) y 10–20 *mm/h* (Buytaert et al., 2005b), por lo cual, los valores de infiltración (conductividad hidráulica saturada) se encuentran dentro del rango establecido en la bibliografía.

La intensidad de precipitación horaria máxima en un año (2018) fue de 19,6 *mm/h* (Anexo 6). En el escenario A, el valor promedio de infiltración es de 16,32 *mm/h*, mientras que en el escenario B es de 5,54 *mm/h*. Comparando la intensidad de precipitación horaria máxima con el valor de infiltración de A, al ser mayor la intensidad de la precipitación, el suelo de este escenario aparentemente no tiene la capacidad de infiltrar toda la precipitación. Sin embargo, es importante considerar que parte de dicha precipitación también es atrapada por la vegetación, por lo cual la escorrentía será mínima. Tal como Borja (2012) menciona “La mayor parte de los eventos de lluvia tienen intensidades menores a la capacidad de infiltración del suelo, por lo que casi toda la lluvia puede infiltrarse.”

Por otro lado, se evidencia que al tener un valor promedio de infiltración bajo en el suelo del escenario intervenido en relación a la precipitación, el agua no se infiltrará en su totalidad. Esto indica que en el escenario intervenido de cada sitio existirá mayor escorrentía superficial en un evento de lluvia con dichas características.

Considerando la gran capacidad de almacenamiento de agua del suelo de páramo, así como la baja intensidad de la precipitación, resultan en una pequeña contribución de la escorrentía superficial a la respuesta hidrológica (Buytaert et al., 2005b). Se registró in situ un evento de lluvia, evidenciando un aumento de la escorrentía superficial en el suelo intervenido, en relación al suelo no intervenido. La precipitación máxima horaria de ese día fue de 13,8 *mm/h*. Los registros visuales reflejan que en el primer escenario el agua y granizo formaron caminos

preferenciales del agua permitiendo que su desplazamiento se produzca a altas velocidades. El escenario no intervenido presentó un valor de $16,32 \text{ mm/h}$ y el intervenido de $5,54 \text{ mm/h}$. Como el valor de precipitación es mayor para el valor de infiltración del escenario intervenido se demuestra que la implicación hidrológica debido a la práctica de enduro en este escenario es la pérdida de infiltración de agua.



Figura 30. Evento de lluvia registrado en el escenario intervenido Sitio 2
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

Los resultados obtenidos por Startsev & McNabb (2000) evidencian una disminución en los valores de la tasa de infiltración causados por los efectos de derrape de vehículos en el ecosistema bosque cuyo tipo de suelo era luvisol. Las zonas de control tienen tasas de infiltración entre $1,2$ y $41,3 \text{ (mm/h)}$ mientras que las zonas compactadas poseen valores de infiltración entre $0,3$ y $18,7 \text{ (mm/h)}$. Se evidencia una reducción en la tasa de infiltración de entre el 14% y 88% .

Por otra parte, Gregory et al., (2006) evidencian una reducción significativa en los valores promedio de la tasa de infiltración causados por el paso vehicular debido a actividades de construcción en zonas urbanas y en los bosques aledaños. Las zonas de control tienen tasas de infiltración de $637, 652, 908, 733 \text{ (mm/h)}$

mientras que las zonas compactadas poseen valores de infiltración de 187, 160, 188, 178 (*mm/h*). Se evidencia una reducción en la tasa de infiltración entre el 71% y 79%.

En nuestro estudio el valor promedio de conductividad hidráulica saturada del escenario B es 66,1% menor al valor promedio del escenario A. Por ende, el suelo intervenido tiene menor porcentaje de infiltración que el suelo no intervenido. Esto nos indica que la compactación por el paso de las motos de enduro es superficial. Lo cual, concuerda con lo que expresan Startsev & McNabb (2000) en su estudio, ya que, dependiendo del paso de vehículos en un lugar, la capa de espesor de la superficie compactada restringirá los valores de la tasa de infiltración. Además, al comparar el porcentaje de reducción de infiltración en los estudios de Startsev & McNabb (2000) y Gregory et al., (2006) con el de nuestro estudio, se observa que dicho valor se encuentra dentro del rango reportado en estas investigaciones.

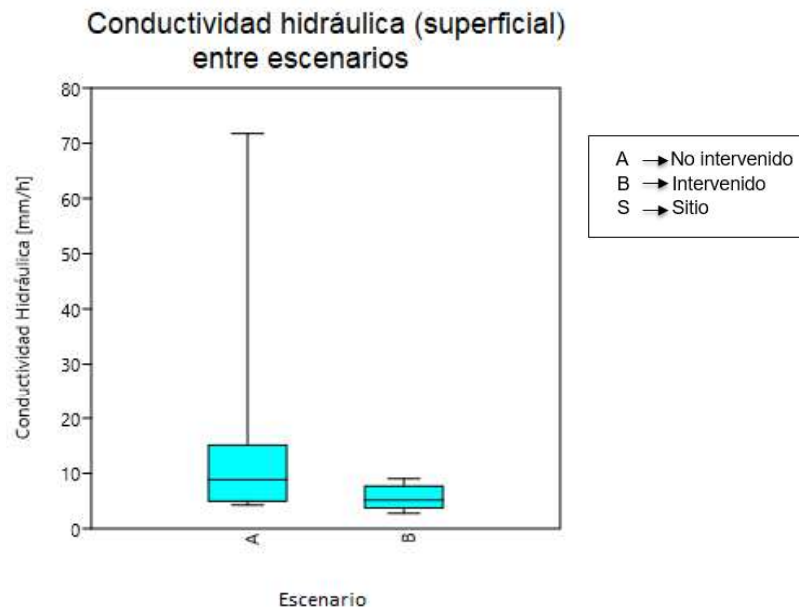


Gráfico 8. Conductividad hidráulica saturada (superficial) global
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

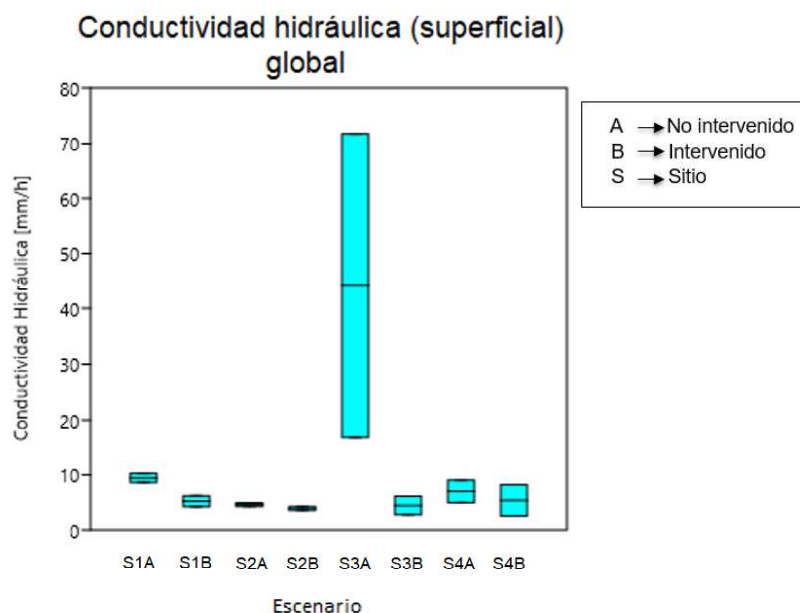


Gráfico 9. Conductividad hidráulica saturada (superficial)
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En la Tabla 21 se especifica los resultados más relevantes de la tabla de análisis de varianza (Anexo 7) con el fin de determinar si existe una diferencia estadística significativa a nivel global.

TABLA 21. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE A CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA A SUPERFICIE

Sitio	Escenario	F	p value	F crítico	Tipo de distribución asimétrica*	Mediana**	Diferencia estadística significativa***
1-2-3-4	A B	1,95	0,184	3,50	-	-	No

*Según el diagrama de cajas ** Desplazamiento según el diagrama de cajas *** A nivel global

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.6.2. Densidad Aparente

4.6.2.1 Densidad Aparente Superficial

En las Tablas 22, 23, 24 y 25, se indican los valores de densidad aparente superficial de cada sitio. En la Tabla 26 se presenta un resumen estadístico en cada sitio y a nivel global.

TABLA 22. VALORES DE DENSIDAD APARENTE SUPERFICIAL DEL SITIO 1

Distancia [m]	Profundidad [A] [cm]	Escenario No Intervenido		Profundidad [B] [cm]	Escenario Intervenido	
		[A]	[A]		[B]	[B]
		Control [g/cm ³]	Réplica [g/cm ³]		Control [g/cm ³]	Réplica [g/cm ³]
0	15,0	0,994	0,919	10	1,248	1,353
5	10,6	1,023	0,969	10	1,139	1,012
10	10,5	0,865	0,803	10	1,073	1,043
15	10,4	0,838	0,718	10	1,049	1,053
20	10,1	0,878	0,811	10	1,051	1,247
25	10,3	0,830	0,864	10	1,065	1,012

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 23. VALORES DE DENSIDAD APARENTE SUPERFICIAL DEL SITIO 2

Distancia [m]	Profundidad [A] [cm]	Escenario No Intervenido		Profundidad [B] [cm]	Escenario Intervenido	
		[A]	[A]		[B]	[B]
		Control [g/cm ³]	Réplica [g/cm ³]		Control [g/cm ³]	Réplica [g/cm ³]
0	10	0,836	0,801	11,0	0,918	0,987
5	10	0,811	0,813	9,0	0,957	0,945
10	10	0,885	0,985	9,8	0,885	0,883
15	10	0,949	0,953	16,5	0,977	0,975
20	10	0,948	0,910	16,5	1,033	0,869
25	10	0,897	0,919	14,5	0,965	0,958

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 24. VALORES DE DENSIDAD APARENTE SUPERFICIAL DEL SITIO 3

Distancia [m]	Profundidad [A] [cm]	Escenario No Intervenido		Profundidad [B] [cm]	Escenario Intervenido	
		[A]	[A]		[B]	[B]
		Control [g/cm ³]	Réplica [g/cm ³]		Control [g/cm ³]	Réplica [g/cm ³]
0	10,1	0,874	0,977	29,0	1,079	1,111
5	10,2	0,926	0,983	10,0	0,821	0,854
10	10,4	0,921	0,982	33,0	0,839	0,922
15	11,0	0,746	0,758	48,5	1,096	1,133
20	10,3	0,893	0,898	15,0	0,811	0,994
25	10,7	0,826	0,924	23,5	1,121	1,021

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 25. VALORES DE DENSIDAD APARENTE SUPERFICIAL DEL SITIO 4

Distancia [m]	Profundidad [A] [cm]	Escenario No Intervenido		Profundidad [B] [cm]	Escenario Intervenido	
		[A]	[A]		[B]	[B]
		Control [g/cm ³]	Réplica [g/cm ³]		Control [g/cm ³]	Réplica [g/cm ³]
0	11,9	0,924	0,943	13,3	0,948	1,054
5	12,4	0,851	0,919	12,8	0,859	0,990
10	11,8	0,865	0,862	14,1	0,879	0,961
15	11,4	0,922	0,797	11,3	1,018	0,908
20	11,5	0,874	0,832	12,3	1,924	0,964
25	12,2	0,828	0,842	17,0	0,920	0,929

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 26. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A DENSIDAD APARENTE SUPERFICIAL

Sitio	Escenario	N*	Mín.**	Máx.***	Media	Error Estándar	Desviación Estándar	Mediana
1	A	12	0,72	1,02	0,88	0,03	0,09	0,86
	B	12	1,01	1,35	1,11	0,03	0,11	1,06
2	A	12	0,80	0,99	0,89	0,02	0,06	0,9
	B	12	0,87	1,03	0,95	0,01	0,05	0,96
3	A	12	0,75	0,98	0,89	0,02	0,08	0,91
	B	12	0,81	1,13	0,98	0,04	0,13	1,01
4	A	12	0,80	0,94	0,87	0,01	0,05	0,86
	B	12	0,86	1,05	0,95	0,02	0,06	0,94
1-2-3-4	A	48	0,72	1,02	0,88	0,01	0,07	0,88
	B	48	0,81	1,35	1,00	0,02	0,11	0,98

*Número de muestras ** Valor Máximo *** Valor Mínimo

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En los Gráficos 10, 11, 12, 13, 14 y 15 se observa la distribución de los datos para cada sitio, por escenario y a nivel global. La descripción específica de cada gráfico se encuentra en el Anexo 11.

En la Tabla 26 se visualiza que el valor mínimo ($0,72 \text{ g/cm}^3$.) le corresponde al escenario A del Sitio 1, mientras que el valor máximo ($1,35 \text{ g/cm}^3$.) le corresponde al escenario B del Sitio 1.

El valor promedio de densidad aparente (superficial) del escenario B es 12,9% mayor al valor promedio del escenario A. Por ende, el suelo intervenido posee 12,9% más densidad aparente que el suelo no intervenido. En el sitio 1 los valores de densidad aparente son menores en el escenario A que en el escenario B (Gráfico 10). En los sitios (2, 3 y 4) la mayoría de valores son menores en el escenario A que en el escenario B (Gráficos 11, 12, 13).

En el estudio de McKnight et al., (2016) en el que se evaluó la relación entre la humedad del suelo y el flujo de CO_2 del suelo entre un pastizal de páramo maduro, un pastizal de páramo recientemente quemado, un bosque montano nativo y una

plantación de pinos en un paisaje de páramo ecuatoriano del Parque Nacional Sangay. La densidad aparente más baja se registró en el páramo $0,31 \text{ g/cm}^3$, mientras que la densidad aparente más alta se registró en los pinos $0,41 \text{ g/cm}^3$. Estos valores son mucho más bajos que los valores de densidad aparente del páramo del Pichincha.

En el estudio de Abu-Hamdeh (2004) en el que mide los cambios en las propiedades físicas de un suelo franco arcilloso según la afectación del sistema de labranza resultante de las ruedas, sus valores de densidad oscilan entre $1,13 \text{ g/cm}^3$ y $1,38 \text{ g/cm}^3$. Dichos valores comparados con el valor promedio del escenario intervenido B de nuestro estudio 1 g/cm^3 , son mayores. Por lo cual, se determina que la afectación sobre la densidad debido al paso de las motos en nuestra zona de estudio es menor que la afectación provocada por el sistema de labranza en dicho estudio.

Borja (2012) reporta que, en el caso de cambio de pajonales a ganadería, el efecto negativo primordial es el aumento en la densidad aparente del suelo. Dicho incremento se debe al pisoteo de animales. El aumento en esta propiedad en páramos naturales puede ser desde $0,2$ a $0,31 \text{ g/cm}^3$ a $0,34$ a $0,41 \text{ g/cm}^3$ en la ganadería extensiva. En nuestro estudio, el aumento en la densidad aparente promedio fue de $0,12 \text{ g/cm}^3$. Este valor es menor que los valores registrados correspondientes al pisoteo de animales en páramos naturales.

En la investigación realizada por Pérez (1991) reporta que los resultados de la densidad aparente del suelo fueron sustancialmente mayores en las pistas de vehículos 4X4 ($1,84 \text{ g/cm}^3$) que en el suelo adyacente sin intervención ($1,43 \text{ g/cm}^3$) en un páramo venezolano. En dicho estudio, el porcentaje de incremento de la densidad aparente superficial fue de 28,7%, mientras que en nuestro estudio es de 12,9%. Por ende, el impacto generado por el paso de motos en la densidad aparente es menor en este estudio. Esta relación es importante, ya que se trata del mismo ecosistema e impacto similar. Sin embargo, las características espacio temporales son distintas.

En el estudio de Poulenard et al., (2001) denominado "Escorrentía y erosión del suelo bajo simulación de lluvia de Andisoles del Páramo ecuatoriano: efecto de la labranza y quema", se registran valores de densidad aparente entre 0,7 y 0,9 g/cm^3 en la misma zona de estudio. Considerando que se trata de la misma zona de estudio, los valores son comparables. Dichos valores están acordes a los determinados en nuestro estudio.

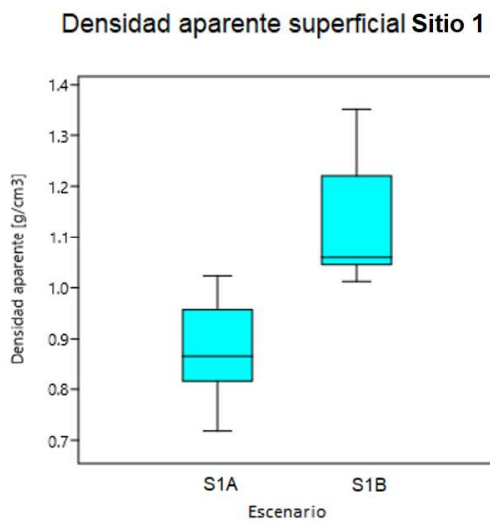


Gráfico 10. Densidad aparente sup. S1
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

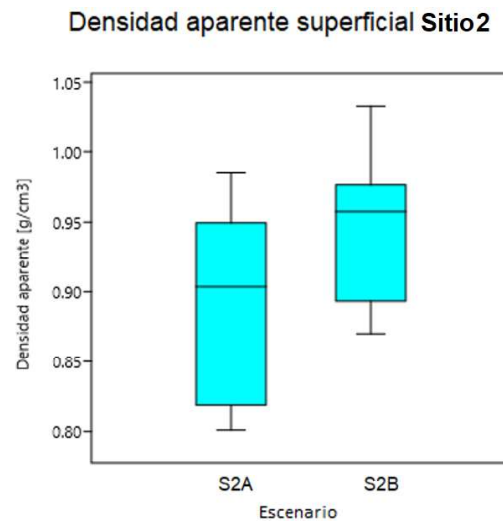


Gráfico 11. Densidad aparente sup. S2
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

A	→	No intervenido
B	→	Intervenido
S	→	Sitio

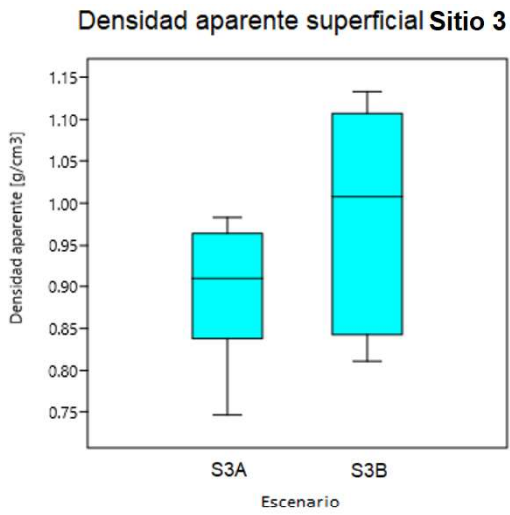


Gráfico 12. Densidad aparente sup. S3
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

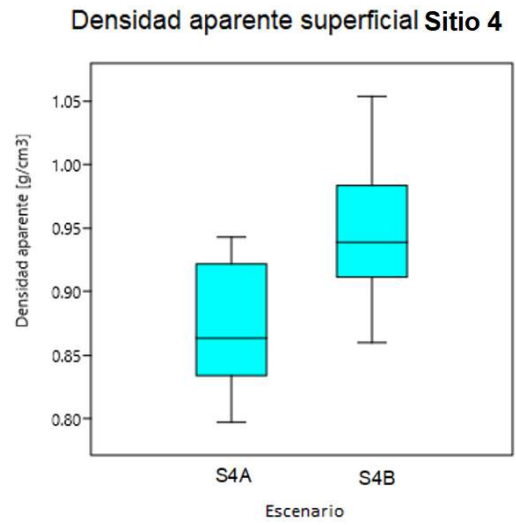


Gráfico 13. Densidad aparente sup. S4
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

A → No intervenido
B → Intervenido
S → Sitio

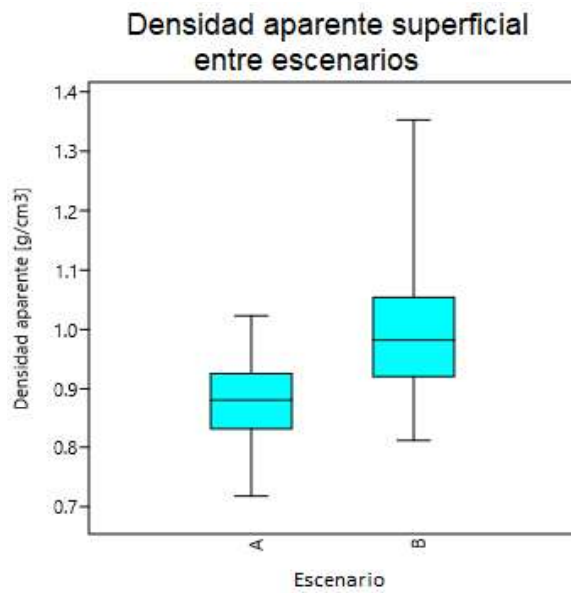


Gráfico 14. Densidad aparente superficial entre escenarios
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

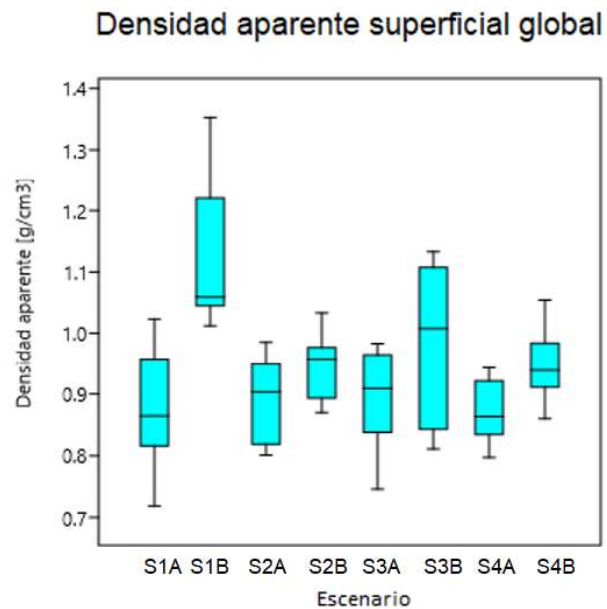


Gráfico 15. Densidad aparente superficial global
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En la Tabla 27 se puntualiza los resultados más relevantes de la tabla de análisis de varianza (Anexo 7) con el fin de determinar si existe una diferencia estadística significativa entre los escenarios de cada sitio y en forma global para esta propiedad hidrofísica. Además, en esta tabla se especifica el tipo de distribución de los diagramas de cajas y la posición de las medianas en estos diagramas.

TABLA 27. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE A DENSIDAD APARENTE SUPERFICIAL.

Sitio	Escenario	F	p value	F crítico	Tipo de distribución asimétrica*	Mediana**	Diferencia estadística significativa***
1	A B	33,52	0,000007	4,30	Sesgada a la derecha	Parte inferior	Sí
2	A B	5,41	0,029620	4,30	Sesgada a la izquierda	Parte superior	Sí
3	A B	4,40	0,047700	4,30	Sesgada a la izquierda	Parte superior	Sí
4	A B	12,95	0,001599	4,30	Sesgada a la derecha	Parte inferior	Sí
1-2-3-4	A B	11,37	$3,4 \times 10^{-10}$	2,12	-	-	Sí

*Según el diagrama de cajas ** Desplazamiento según el diagrama de cajas

*** Entre escenarios y nivel global

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.6.2.2. Densidad Aparente a Profundidad

En las Tablas 28, 29, 30 y 31, se indican los valores de densidad aparente a profundidad de cada sitio. En la Tabla 32 se presenta un resumen estadístico de esta propiedad (profundidad media y fondo) a nivel global. Además, de la densidad aparente a superficie, medio y fondo entre escenarios.

TABLA 28. VALORES DE DENSIDAD APARENTE A PROFUNDIDAD DEL SITIO 1

Distancia [m]	Profundidad [A] [cm]	Escenario No Intervenido [A]	Profundidad [B] [cm]	Escenario Intervenido [B]
		Control [g/cm^3]		Control [g/cm^3]
0	15,1	1,04	16,0	1,17
12,5	15,5	0,86	15,5	0,90
25	15,5	0,85	15,1	0,97
0	20,0	0,99	21,0	1,00
12,5	20,5	1,07	20,0	0,89
25	20,3	0,90	21,0	0,95

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 29. VALORES DE DENSIDAD APARENTE A PROFUNDIDAD DEL SITIO 2

Distancia [m]	Profundidad [A] [cm]	Escenario No Intervenido [A]	Profundidad [B] [cm]	Escenario Intervenido [B]
		Control [g/cm ³]		Control [g/cm ³]
0	20	0,92	20	0,59
12,5	20	1,19	20	1,02
25	20	0,92	20	0,87
0	25	0,93	25	1,29
12,5	25	1,01	25	1,00
25	25	0,97	25	0,84

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 30. VALORES DE DENSIDAD APARENTE A PROFUNDIDAD DEL SITIO 3

Distancia [m]	Profundidad [A] [cm]	Escenario No Intervenido [A]	Profundidad [B] [cm]	Escenario Intervenido [B]
		Control [g/cm ³]		Control [g/cm ³]
0	20	1,10	21,5	1,07
12,5	20	1,08	21,5	0,99
25	20	0,95	21,5	1,03
0	25	1,04	26,5	1,06
12,5	25	1,06	26,5	1,12
25	25	1,10	34,5	1,15

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 31. VALORES DE DENSIDAD APARENTE A PROFUNDIDAD DEL SITIO 4

Distancia [m]	Profundidad [A] [cm]	Escenario No Intervenido [A]	Profundidad [B] [cm]	Escenario Intervenido [B]
		Control [g/cm ³]		Control [g/cm ³]
0	21,9	0,91	34,5	0,93
12,5	21,2	1,05	30,0	1,01
25	23,3	0,78	28,5	0,94
0	27,9	0,96	36,0	0,93
12,5	27,5	0,86	37,5	0,90
25	26,5	0,92	33,5	0,90

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 32. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A DENSIDAD APARENTE A PROFUNDIDAD

Sitio	Escenario	N*	Mín. **	Máx. ***	Media	Error Estándar	Desviación Estándar	Mediana
Profundidad (media) entre escenarios Sitios (1 - 2 - 3 y 4)	A	12	0,78	1,19	0,97	0,03	0,12	0,94
	B	12	0,59	1,17	0,96	0,04	0,14	0,98
Profundidad (fondo) entre escenarios Sitios (1 - 2 - 3 y 4)	A	12	0,86	1,1	0,98	0,02	0,07	0,98
	B	12	0,84	1,29	1,00	0,04	0,13	0,98
(superficial - medio - fondo) entre escenarios Sitios (1 - 2 - 3 y 4)	A	12	0,72	1,19	0,91	0,01	0,09	0,92
	B	12	0,59	1,35	0,99	0,01	0,12	0,98

*Número de muestras ** Valor Máximo *** Valor Mínimo

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En los Gráficos 16, 17 y 18 se observa la distribución de los datos para cada escenario. La descripción específica de cada gráfico se encuentra en el Anexo 11.

En la Tabla 32 se visualiza que para la densidad a profundidad media, el valor mínimo ($0,59 \text{ g/cm}^3$) le corresponde al escenario B del Sitio 2, mientras que el valor máximo ($1,19 \text{ g/cm}^3$) le corresponde al escenario A del Sitio 2. En la misma tabla se puede observar que para la densidad a profundidad (fondo), el valor mínimo ($0,84 \text{ g/cm}^3$) le corresponde al escenario B del Sitio 2, mientras que el valor máximo ($1,29 \text{ g/cm}^3$) le corresponde al escenario B del Sitio 2.

El valor promedio de la densidad aparente (a profundidad media) en el escenario no intervenido es de $0,97 \text{ g/cm}^3$, mientras que el valor promedio del escenario intervenido es de $0,96 \text{ g/cm}^3$. Entonces, el valor promedio del escenario no intervenido es mayor en un 1,24% al valor promedio del escenario intervenido.

El valor promedio de la densidad aparente (fondo) en el escenario no intervenido es de $0,98 \text{ g/cm}^3$, mientras que el valor promedio del escenario intervenido es de $1,00 \text{ g/cm}^3$. El valor promedio del escenario no intervenido es menor en un 1,91% al valor promedio del escenario intervenido.

El valor promedio de la densidad aparente (superficial - medio - fondo) en el escenario A es de $0,91 \text{ g/cm}^3$, mientras que el valor promedio del escenario B es de $0,99 \text{ g/cm}^3$. El valor promedio del escenario A es menor en un 7,78% al valor promedio del escenario B. Por ende, el suelo no intervenido posee 7,78% menos densidad aparente que el suelo intervenido.

Los valores de la densidad aparente a profundidad entre escenarios fueron mayor al fondo (25 cm) que en el medio (20 cm). Sus diferencias porcentuales poseen valores bajos, correspondientes a 1,24% (medio) y 1,94% (fondo).

En el estudio realizado por Abu-Hamdeh (2004) se investigó el efecto de los tratamientos de labranza (arado de vertedera, arado de cincel y arado de discos) sobre la densidad aparente del suelo. El estudio determinó que la diferencia porcentual para cada tratamiento fue menor a la profundidad de 10 a 20 cm que a la profundidad de 0 a 10 cm. Dichos resultados reflejaron que, en su investigación, la capa de suelo más compacta fue la superficial.

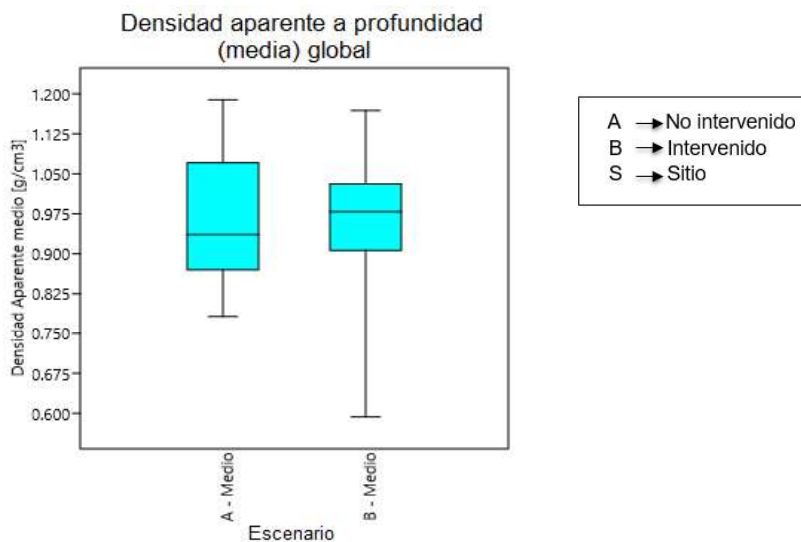


Gráfico 16. Densidad aparente a profundidad (media) global
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

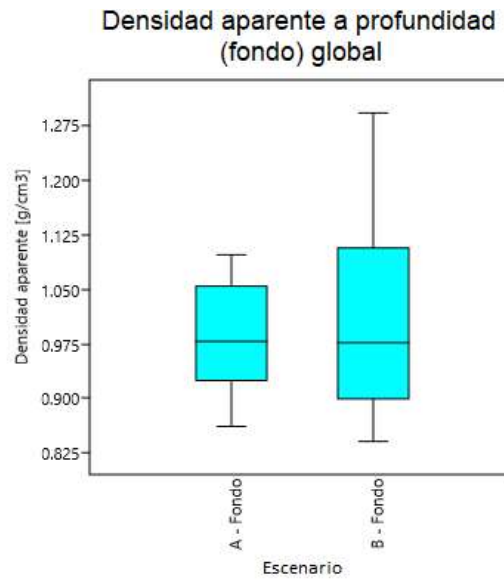


Gráfico 17. Densidad aparente a profundidad (fondo) global
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

A	→	No intervenido
B	→	Intervenido
S	→	Sitio

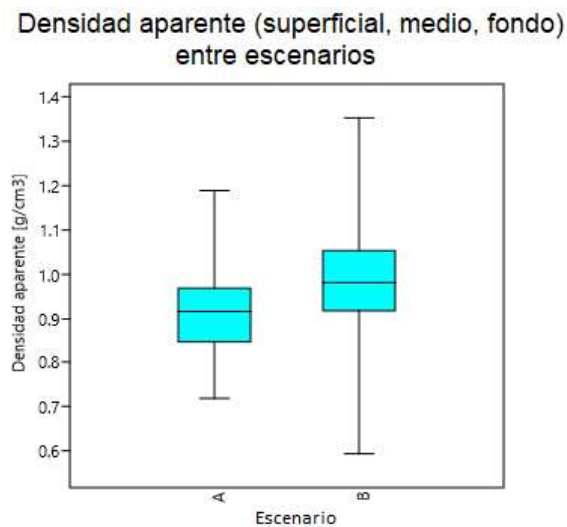


Gráfico 18. Densidad aparente (superficial - medio - fondo) entre escenarios
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En la Tabla 33 se puntualiza los resultados más relevantes de la tabla de análisis de varianza (Anexo 7) con el fin de determinar si existe una diferencia estadística significativa entre la densidad aparente a profundidad (medio y fondo) a nivel global y la densidad aparente (superficial, medio y fondo) entre escenarios. Además, en esta tabla se especifica el tipo de distribución de los diagramas de cajas y la posición de las medianas en dichos diagramas.

TABLA 33. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE A DENSIDAD APARENTE A PROFUNDIDAD

Sitio	Escenario	F	p value	F crítico	Tipo de distribución asimétrica*	Mediana**	Diferencia estadística significativa***
1-2-3-4 M***	A	0,050	0,8251	4,30	Sesgada a la derecha	Parte inferior	No
	B				Sesgada a la izquierda	Parte superior	
1-2-3-4 F***	A	0,193	0,6647	4,30	Sesgada a la derecha	Parte inferior	No
	B				Sesgada a la izquierda	Parte superior	
1-2-3-4 S-M-F***	A	18,94	0,0002	3,90	Sesgada a la izquierda	Parte superior	Sí
	B				Sesgada a la derecha	Parte inferior	

*Según el diagrama de cajas ** Desplazamiento según el diagrama de cajas

*** Densidad aparente superficial (S), medio (M) y fondo (F)

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.6.3. Contenido de humedad

En las Tablas 34, 35, 36 y 37, se indican los valores de contenido de humedad de cada sitio. En la Tabla 38 se presenta un resumen estadístico en cada sitio y a nivel global.

TABLA 34. VALORES DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SITIO 1

Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]		Escenario Intervenido [B]	
	Control [%]	Réplica [%]	Control [%]	Réplica [%]
0	52	55	34	32
5	47	57	47	51
10	58	70	52	53
15	73	96	52	52
20	66	77	55	33
25	72	50	48	56

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 35. VALORES DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SITIO 2

Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]		Escenario Intervenido [B]	
	Control [%]	Réplica [%]	Control [%]	Réplica [%]
0	70	59	56	34
5	75	69	44	51
10	62	54	51	42
15	61	52	27	48
20	54	63	47	59
25	58	66	41	41

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 36. VALORES DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SITIO 3

Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]		Escenario Intervenido [B]	
	Control [%]	Réplica [%]	Control [%]	Réplica [%]
0	51	52	43	40
5	35	40	46	35
10	42	50	29	25
15	70	82	33	43
20	51	45	41	36
25	63	53	40	28

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 37. VALORES DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SITIO 4

Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]		Escenario Intervenido [B]	
	Control [%]	Réplica [%]	Control [%]	Réplica [%]
0	43	46	47	28
5	57	48	40	29
10	55	54	63	42
15	50	55	35	33
20	51	64	57	47
25	61	64	37	30

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 38. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A CONTENIDO DE HUMEDAD

Sitio	Escenario	N*	Mín.**	Máx.***	Media	Error Estándar	Desviación Estándar	Mediana
1	A	12	47	96	64,42	4,06	14,05	62,00
	B	12	32	56	47,08	2,56	8,86	51,50
2	A	12	52	75	61,92	2,05	7,09	61,50
	B	12	27	59	45,08	2,6	8,99	45,50
3	A	12	35	82	52,83	3,82	13,23	51,00
	B	12	25	46	36,58	1,94	6,71	38,00
4	A	12	43	64	54,00	1,96	6,78	54,50
	B	12	28	63	40,67	3,21	11,13	38,50
1-2-3-4	A	48	35	96	58,29	1,68	11,62	56,00
	B	48	25	63	42,35	1,4	9,68	42,00

*Número de muestras ** Valor Máximo *** Valor Mínimo

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En los gráficos 19, 20, 21, 22, 23 y 24 se observa la distribución de los datos para cada sitio, por escenario y a nivel global. La descripción específica de cada gráfico se encuentra en el Anexo 11.

En la Tabla 38 se visualiza que el valor mínimo (25%) le corresponde al escenario B del Sitio 3, mientras que el valor máximo (96%) le corresponde al escenario A del Sitio 1.

El valor promedio del contenido de humedad en el escenario no intervenido es de 58,29%, mientras que el valor promedio del escenario intervenido es de 42,35%. El valor promedio del escenario intervenido es 27,34% menor al valor promedio del escenario no intervenido. En todos los sitios, los valores de contenido de humedad son mayores en el escenario no intervenido que en el escenario intervenido (Gráfico 24).

Los valores mínimos de contenido de humedad correspondientes al escenario A se encuentran entre 35% y 52% (Tabla 38), mientras que sus valores máximos se encuentran entre 64% y 96% (Tabla 38). El estudio realizado por Borja et al., (2008) indica que los resultados del contenido de humedad para suelos de páramo (andosoles e histosoles) se mantuvo mayor a 65%, lo cual concuerda con los valores reportados para el escenario no intervenido. Por otra parte, los valores mínimos de contenido de humedad correspondientes al escenario intervenido se encuentran entre 25% y 32% (Tabla 38), mientras que sus valores máximos se encuentran entre 46% y 63% (Tabla 38), los cuales no entrarían en el rango porcentual de contenido de humedad del estudio de Borja et al., (2008). La reducción de los valores de contenido de humedad en el escenario intervenido también debe ser relacionada a la falta de cobertura vegetal, por lo que en este lugar existirá una evaporación directa.

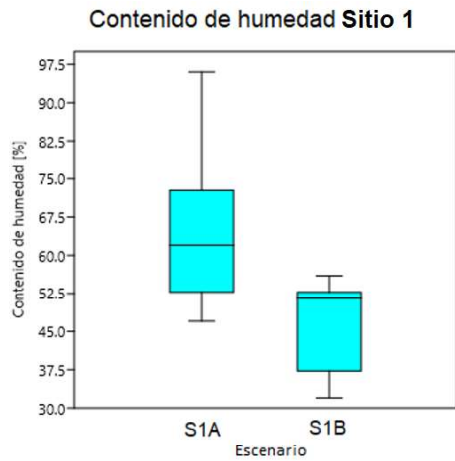


Gráfico 19. Contenido de humedad Sitio 1
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

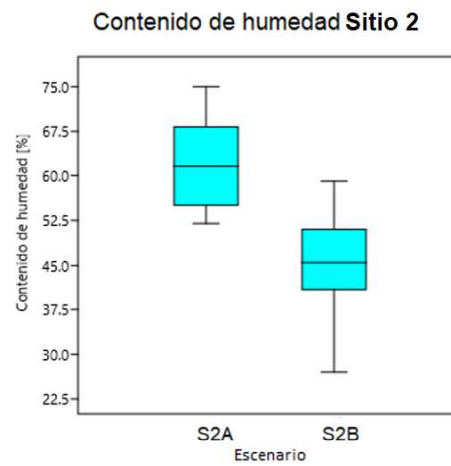


Gráfico 20. Contenido de humedad Sitio 2
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

A	→	No intervenido
B	→	Intervenido
S	→	Sitio

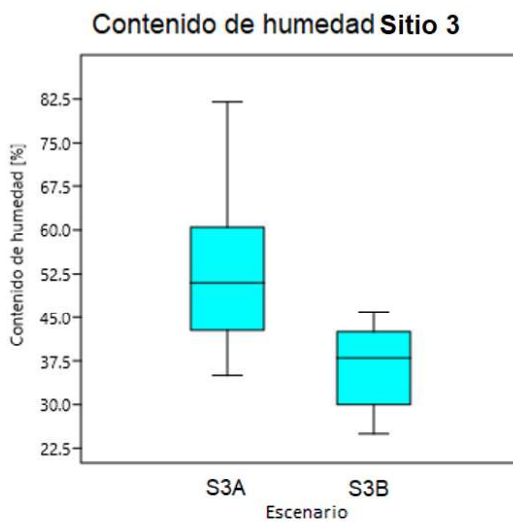


Gráfico 21. Contenido de humedad Sitio 3
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

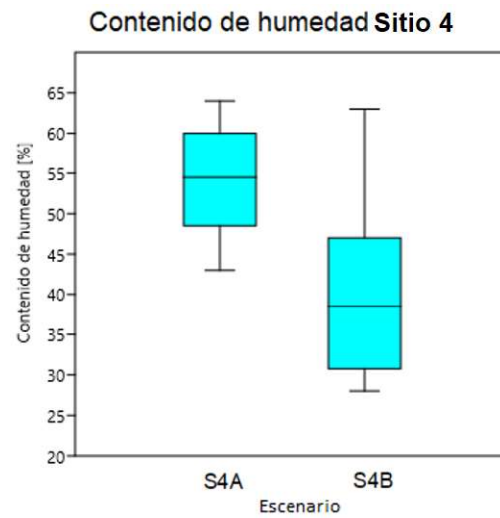


Gráfico 22. Contenido de humedad Sitio 4
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

A → No intervenido
 B → Intervenido
 S → Sitio

Contenido de humedad entre escenarios

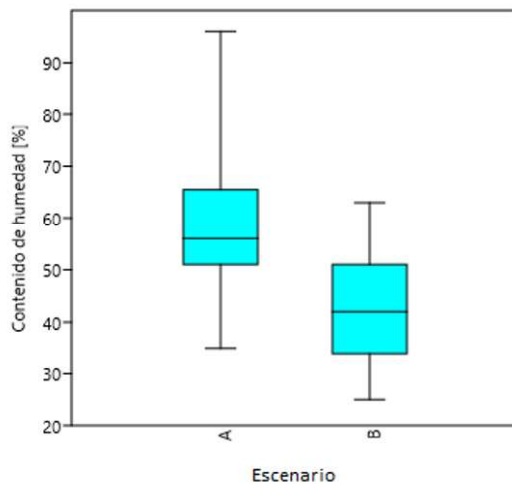


Gráfico 23. Contenido de humedad entre escenarios
 ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

Contenido de humedad global

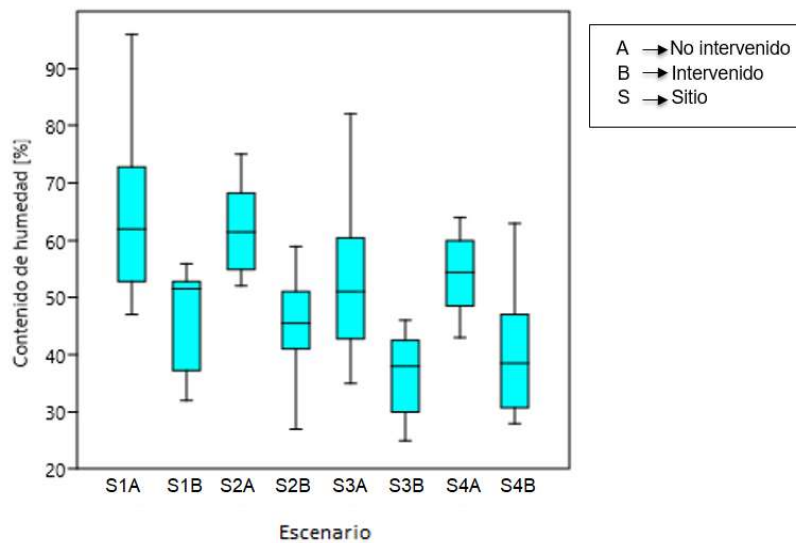


Gráfico 24. Contenido de humedad global
 ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En la Tabla 39 se detalla los resultados más relevantes de la tabla de análisis de varianza (Anexo 7) con el fin de determinar si existe una diferencia estadística significativa entre los escenarios de cada sitio y en forma global para esta propiedad hidrofísica. Además, en esta tabla se especifica el tipo de distribución de los diagramas de cajas y la posición de las medianas en estos diagramas.

TABLA 39. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE AL CONTENIDO DE HUMEDAD

Sitio	Escenario	F	p value	F crítico	Tipo de distribución asimétrica*	Mediana**	Diferencia estadística significativa***
1	A	13,07	0,001533	4,30	Sesgada a la derecha	Parte inferior	Sí
	B				Sesgada a la izquierda	Parte superior	
2	A	25,94	0,000042	4,30	Sesgada a la derecha	Parte inferior	Sí
	B				Sesgada a la izquierda	Parte superior	
3	A	14,4	0,000993	4,30	Sesgada a la derecha	Parte inferior	Sí
	B				Sesgada a la izquierda	Parte superior	
4	A	12,56	0,001822	4,30	Sesgada a la izquierda	Parte superior	Sí
	B				Sesgada a la derecha	Parte inferior	
1-2-3-4	A	11,58	$2,4 \times 10^{-10}$	2,12	-	-	Sí
	B				-	-	

*Según el diagrama de cajas ** Desplazamiento según el diagrama de cajas

*** Entre escenarios y nivel global

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.6.4. Porosidad

En las Tablas 40, 41, 42 y 43 se indican los valores de porosidad de cada sitio. En la Tabla 44 se presenta un resumen estadístico en cada sitio y a nivel global.

TABLA 40. VALORES DE POROSIDAD DEL SITIO 1

Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]		Escenario Intervenido [B]	
	Control [%]	Réplica [%]	Control [%]	Réplica [%]
0	62,49	65,32	52,92	48,96
5	61,39	63,41	56,99	61,81
10	67,36	69,69	59,51	60,66
15	68,37	72,92	60,38	60,26
20	66,86	69,41	60,34	52,96
25	68,67	67,39	59,81	61,81

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 41. VALORES DE POROSIDAD DEL SITIO 2

Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]		Escenario Intervenido [B]	
	Control [%]	Réplica [%]	Control [%]	Réplica [%]
0	68,47	69,76	65,37	62,75
5	69,40	69,30	63,87	64,35
10	66,61	62,82	66,61	66,69
15	64,17	64,04	63,12	63,21
20	64,23	65,66	61,01	67,18
25	66,16	65,31	63,60	63,86

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 42. VALORES DE POROSIDAD DEL SITIO 3

Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]		Escenario Intervenido [B]	
	Control [%]	Réplica [%]	Control [%]	Réplica [%]
0	67,02	63,13	59,28	58,08
5	65,05	62,92	69,04	67,78
10	65,24	62,93	68,34	65,22
15	71,85	71,40	58,64	57,23
20	66,31	66,10	69,38	62,49
25	68,83	65,14	57,69	61,47

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 43. VALORES DE POROSIDAD DE SITIO 4

Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]		Escenario Intervenido [B]	
	Control [%]	Réplica [%]	Control [%]	Réplica [%]
0	65,14	64,42	64,24	60,22
5	67,90	65,33	67,56	62,64
10	67,38	67,46	66,80	63,74
15	65,22	69,93	61,59	65,75
20	67,01	68,59	65,14	63,62
25	68,75	68,22	65,27	64,92

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 44. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A LA POROSIDAD

Sitio	Escenario	N*	Mín.**	Máx.***	Media	Error Estándar	Desviación Estándar	Mediana
1	A	12	61,39	72,92	66,94	0,96	3,31	67,38
	B	12	48,96	61,81	58,03	1,21	4,18	60,04
2	A	12	62,82	69,76	66,33	0,69	2,39	65,91
	B	12	61,01	67,18	64,30	0,53	1,84	63,87
3	A	12	62,92	71,85	66,33	0,87	3,03	65,67
	B	12	57,23	69,38	62,89	1,39	4,81	61,98
4	A	12	64,42	69,93	67,11	0,50	1,73	67,42
	B	12	60,22	67,56	64,29	0,61	2,10	64,58
1-2-3-4	A	48	61,39	48,96	66,68	0,39	2,62	66,74
	B	48	72,92	69,38	62,37	0,61	4,25	62,94

*Número de muestras ** Valor Máximo *** Valor Mínimo

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En los gráficos 25, 26, 27, 28, 29 y 30 se observa la distribución de los datos para cada sitio, por escenario y a nivel global. La descripción específica de cada gráfico se encuentra en el Anexo 11.

En la Tabla 44 se visualiza que el valor mínimo es de (48,96%), correspondiente al escenario B del Sitio 1. El valor máximo es de (72,92%), correspondiente al escenario A del Sitio 1.

El valor promedio de la porosidad en el escenario no intervenido es de 66,7%, mientras que el valor promedio del escenario intervenido es de 62,4%. El valor promedio del escenario intervenido es 6,5% menor al valor promedio del escenario no intervenido. En el Sitio 1, los valores de porosidad son mayores en el escenario no intervenido que en el intervenido (Gráfico 25). En los sitios 2, 3, 4, la mayoría de valores de porosidad son mayores en el escenario no intervenido que en el intervenido (Gráficos 26, 27 y 28).

Los resultados del estudio realizado por Tobón et al., (2010) evidencian una reducción en los valores porosidad como consecuencia del cambio de uso de suelo en un bosque nublado tropical montano cuyo tipo de suelo es de origen volcánico. Las zonas no perturbadas tienen valores de porosidad entre 69% y 85%, mientras que las zonas de pasto poseen valores de porosidad entre 66% y 79%. Se evidencia una reducción en la porosidad del 4,3% al 7,1%. Este rango de reducción reportado, se relaciona al valor de disminución de la porosidad en el escenario intervenido (6,5% menor). Esto señala que la afectación a esta propiedad del suelo es parecida. Además, en cada investigación existe diferencia significativa entre los valores de porosidad de escenarios intervenidos y no intervenidos.

En el estudio de McKnight et al., (2016) la porosidad más alta que se reportó al analizar el suelo de un páramo quemado fue de 75,7%. En esta investigación el promedio del valor de porosidad en el escenario intervenido fue de 62,4%. Por lo cual, se evidencia que la disminución de la porosidad fue mayor en esta investigación.

En el estudio de Quinteros (2017) los valores de porosidad en los diferentes niveles de degradación se encuentran en un rango de 35,13% (nivel muy alto de degradación) hasta 38,39% (nivel de degradación medio). En este estudio, los valores mínimos de porosidad correspondientes al escenario intervenido se encuentran entre 49% y 61%, mientras que sus valores máximos se encuentran entre 61,9% y 69,4%. Con la comparación de valores de porosidad en las dos investigaciones se refleja que la afectación provocada por el pastoreo intensivo en

el páramo de la unidad hidrográfica Jatunhuaycu es mayor a la afectación causada en la porosidad debido al paso de las motos en el páramo del río Cinto. Sin embargo, esta diferencia puede tener relación con: la distinta temporalidad del impacto que ha sufrido cada zona de estudio, los escenarios en los que la porosidad fue analizada, la topografía, la recuperación de cada lugar, la suspensión o finalización de las actividades antrópicas que perturban este ecosistema, condiciones climáticas, entre otros. Es importante destacar que los valores de porosidad en ambos estudios han disminuido debido a las alteraciones que tuvieron dichas zonas.

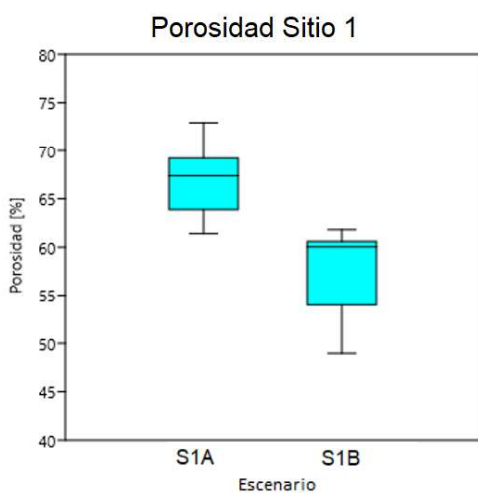


Gráfico 25. Porosidad Sitio 1
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

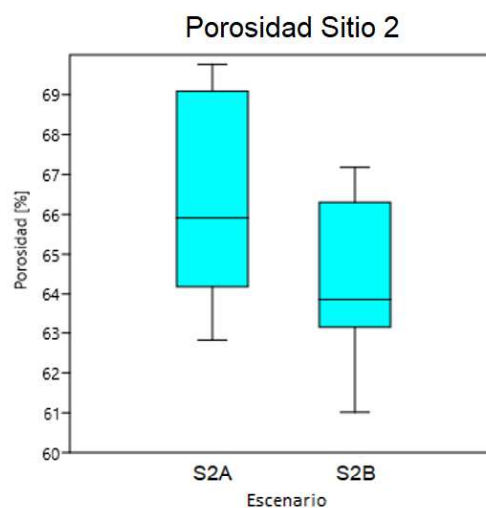


Gráfico 26. Porosidad Sitio 2
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

A	→	No intervenido
B	→	Intervenido
S	→	Sitio

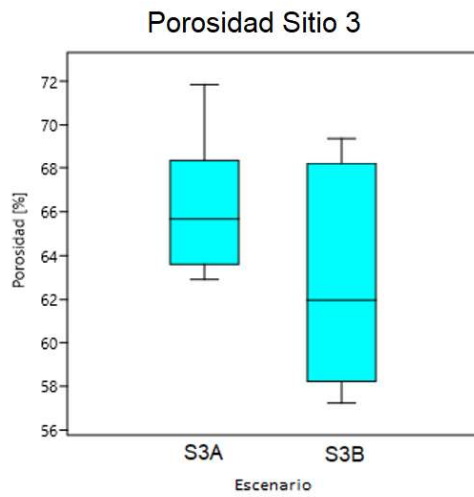


Gráfico 27. Porosidad Sitio 3
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

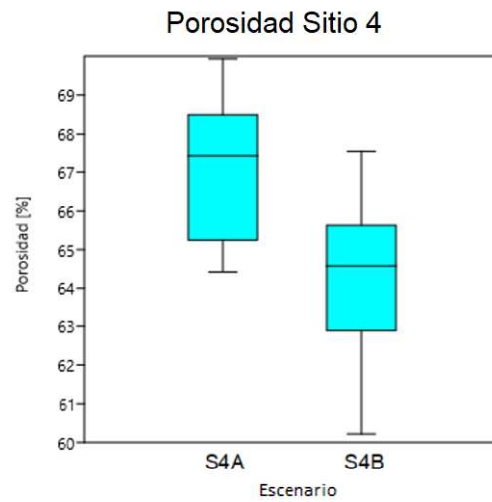


Gráfico 28. Porosidad Sitio 4
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

A → No intervenido
B → Intervenido
S → Sitio

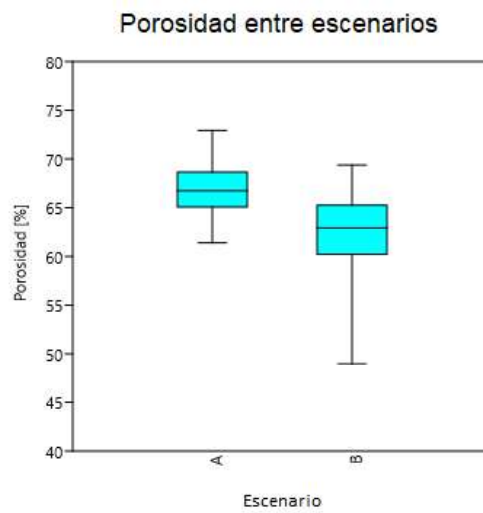


Gráfico 29. Porosidad entre escenarios
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

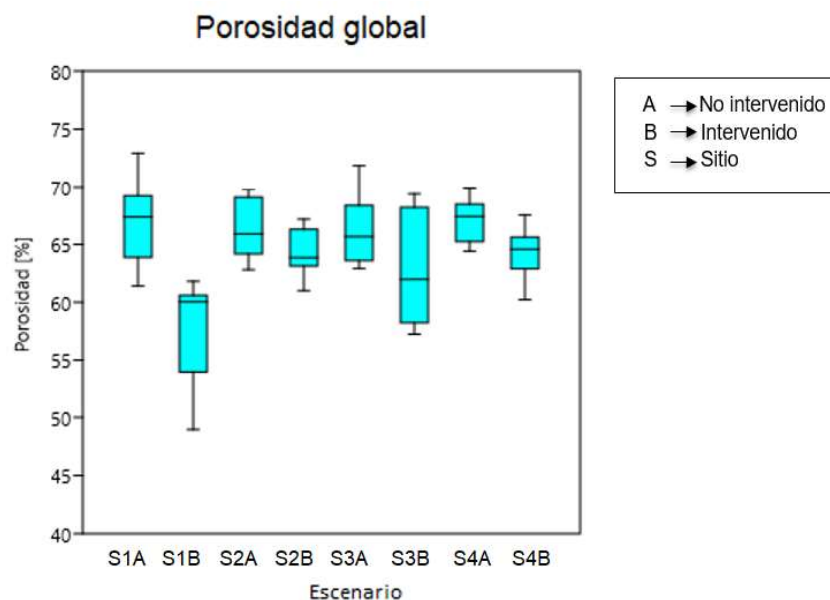


Gráfico 30. Porosidad global
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En la Tabla 45 se especifica los resultados más relevantes de la tabla de análisis de varianza (Anexo 7) con el fin de determinar si existe una diferencia estadística significativa entre los escenarios de cada sitio y en forma global para esta propiedad hidrofísica. Además, en esta tabla se detalla el tipo de distribución de los diagramas de cajas y la posición de las medianas en estos diagramas.

TABLA 45. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE A LA POROSIDAD

Sitio	Escenario	F	p value	F crítico	Tipo de distribución asimétrica*	Mediana**	Diferencia estadística significativa***
1	A	33,51	$7,8 \times 10^{-8}$	4,30	Sesgada a la izquierda	Parte superior	Sí
	B						
2	A	5,41	0,02953	4,30	Sesgada a la derecha	Parte inferior	Sí
	B						
3	A	4,39	0,04767	4,30	Sesgada a la derecha	Parte inferior	Sí
	B						
4	A	12,93	0,00160	4,30	Sesgada a la izquierda	Parte superior	Sí
	B						
1-2-3-4	A	11,36	$3,8 \times 10^{-10}$	2,11	-	-	Sí
	B						

*Según el diagrama de cajas ** Desplazamiento según el diagrama de cajas

*** Entre escenarios y nivel global

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.6.5. Materia orgánica

En las Tablas 46, 47, 48 y 49, se indican los valores de materia orgánica a profundidad de cada sitio. En la Tabla 50 se presenta un resumen estadístico en cada sitio y a nivel global.

TABLA 46. VALORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SITIO 1

Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]	Escenario Intervenido [B]
	[%]	[%]
0	12,1	9,0
5	11,9	10,3
10	13,2	9,9
15	13,5	9,6
20	12,6	8,4
25	18,1	12,2

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 47. VALORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SITIO 2

Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]	Escenario Intervenido [B]
	[%]	[%]
0	13,3	13,5
5	12,2	11,6
10	9,7	11,8
15	12,7	10,8
20	13,3	13
25	12,4	11,7

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 48. VALORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SITIO 3

Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]	Escenario Intervenido [B]
	[%]	[%]
0	10,2	8,9
5	9,7	16
10	12,7	6,9
15	16,4	8,4
20	11,7	16
25	13,4	7,7

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 49. VALORES DE MATERIA ORGÁNICA DEL SITIO 4

Distancia [m]	Escenario No Intervenido [A]	Escenario Intervenido [B]
	[%]	[%]
0	13,8	17,1
5	13,6	15,8
10	15,6	12,6
15	13,9	15,8
20	13,5	15,6
25	15,6	14,8

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

TABLA 50. RESUMEN ESTADÍSTICO CORRESPONDIENTE A MATERIA ORGÁNICA

Sitio	Escenario	N*	Mín.**	Máx.***	Media	Error Estándar	Desviación Estándar	Mediana
1	A	6	11,9	18,1	13,57	0,94	2,30	12,90
	B	6	8,4	12,2	9,90	0,54	1,31	9,75
2	A	6	9,7	13,3	12,27	0,55	1,34	12,55
	B	6	10,8	13,5	12,07	0,41	1,00	11,75
3	A	6	9,7	16,4	12,35	0,99	2,44	12,20
	B	6	6,9	16	10,65	1,71	4,20	8,65
4	A	6	13,5	15,6	14,33	0,40	0,99	13,85
	B	6	12,6	17,1	15,28	0,62	1,51	15,70
1-2-3-4	A	24	9,7	18,1	13,13	0,40	1,96	13,25
	B	24	6,9	17,1	11,98	0,62	3,06	11,75

*Número de muestras ** Valor Máximo *** Valor Mínimo

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En los gráficos 31, 32, 33, 34, 35 y 36 se observa la distribución de los datos para cada sitio, por escenario y a nivel global. La descripción específica de cada gráfico se encuentra en el Anexo 11.

En la Tabla 50 se visualiza que el valor mínimo es de (6,9%), correspondiente al escenario B del Sitio 3. El valor máximo es de (18,1%), correspondiente al escenario A del Sitio 1

El valor promedio de la materia orgánica en el escenario A es de 13,13%, mientras que el valor promedio del escenario B es de 11,98%. Por ende, el suelo intervenido posee 8,8% menos materia orgánica que el suelo no intervenido. La materia orgánica presenta porcentajes altos en el horizonte A, al incrementarse la profundidad dichos valores van disminuyendo (Borja, 2012). Esto se manifiesta en el Sitio 1, porque los valores de materia orgánica son mayores en el escenario A que en el B (Gráfico 31), donde cierta fracción de perfil se ha perdido. En el Sitio 2 y 3 la mayoría de valores de materia orgánica, también son mayores en el escenario A que en el B (Gráficos 32 y 33).

En el Sitio 4, la mayoría de valores son mayores en el escenario B. Esto se debe a la topografía de la pista 8. Esta es una pista parcialmente plana y presenta una pequeña depresión, lo cual ha generado la acumulación de agua. Esta acumulación, propicia a que la humedad del suelo se incremente, exista arrastre de material orgánico y empiece el crecimiento de plantas, las mismas que aportarán al incremento del contenido de materia orgánica en el suelo (Borja, 2012) en el escenario intervenido. Otro factor importante es la pronta regeneración de la flora de páramo, la cual ha desarrollado ciertas adaptaciones como medio de protección de los factores externos como el clima (Hofstede, 1998). El Sitio 4, es el único que presenta una recuperación de la zona vegetativa en el escenario B, esto también se atribuye a la intervención del Guardapáramo del FONAG, quién restringe el paso a los enduristas a esta pista.

La investigación ejecutada por Pérez (1991) reporta resultados de la reducción de materia orgánica en el suelo de un páramo venezolano que se ha visto afectado por el paso de vehículos 4X4 y motos. En la zona de control el porcentaje de materia orgánica fue de 4,02%, mientras que en la zona perturbada el porcentaje fue de 3,70%. Se presenta una reducción del 7,96%. En el escenario B de este estudio el porcentaje de reducción fue de 8,8%. Por ende, el impacto generado por el paso de motos en la materia orgánica es mayor en este estudio. Se destaca que el estudio de Pérez (1991) presenta el mismo ecosistema y un impacto similar, lo cual relaciona a las dos investigaciones directamente en la afectación que se produce en suelos de páramo por el paso de motos.

El estudio realizado por Tobón et al., (2010) evidencia una disminución en los valores de contenido de materia orgánica causados por el cambio de uso de suelo en el bosque nublado tropical montano cuyo tipo de suelo es de origen volcánico. Las zonas no perturbadas presentan valores de materia orgánica (del horizonte A) de 9,9% y 16%, mientras que las zonas de pasto poseen valores de materia orgánica entre 7,8% y 10,2%. Se evidencia una reducción de materia orgánica del 21,2% y 36,3%. Este rango de reducción reportado, es mayor al valor de

disminución de la materia orgánica en el escenario B (8,8% menor). Lo cual indica que el impacto en esta propiedad es mayor en el estudio de Tobón et al., (2010) que en este estudio. Sin embargo, es importante considerar que las características, impactos, ecosistemas y los escenarios de cada estudio son diferentes. Los dos estudios se relacionan al identificar una disminución de materia orgánica en sus escenarios intervenidos.

Los resultados de la investigación de Quinteros (2017) sobre los valores de materia orgánica en los diferentes niveles de degradación se encuentran en un rango de 0,10% (nivel muy alto de degradación) hasta 7,70% (nivel de degradación bajo o mínimo). Los valores mínimos de materia orgánica correspondientes al escenario A se encuentran entre 9,7% y 13,5%, mientras que sus valores máximos se encuentran entre 13,3% y 18,1%. Los valores mínimos de materia orgánica correspondientes al escenario B se encuentran entre 6,9% y 12,6%, mientras que sus valores máximos se encuentran entre 12,2% y 17,1%. Dichos porcentajes, señalan que la afectación sobre la materia orgánica debido al paso de las motos en nuestra zona de estudio es menor que la afectación provocada por el pastoreo intensivo en la zona de páramo del estudio de Quinteros. En los dos estudios, se evidencia la reducción de materia orgánica en los escenarios intervenidos.

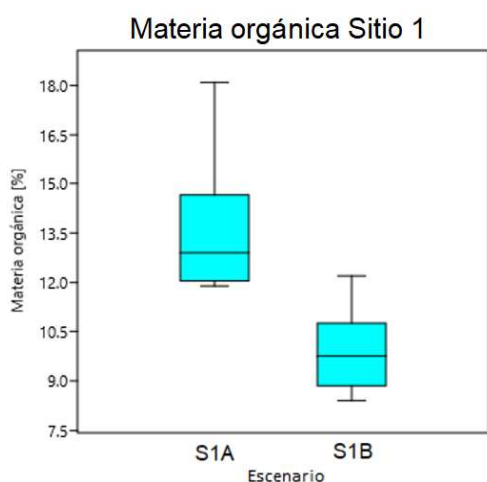


Gráfico 31. Materia orgánica Sitio 1
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

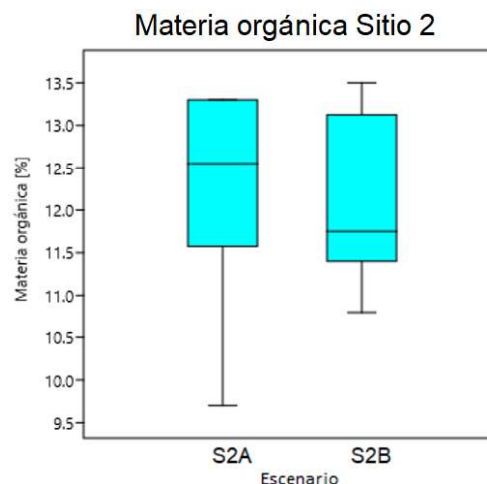


Gráfico 32. Materia orgánica Sitio 2
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

A → No intervenido
 B → Intervenido
 S → Sitio

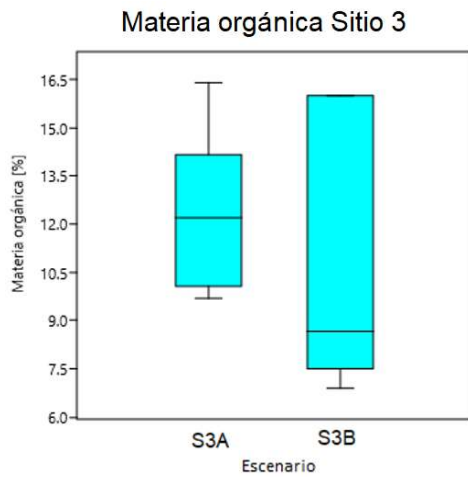


Gráfico 33. Materia orgánica Sitio 3
 ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

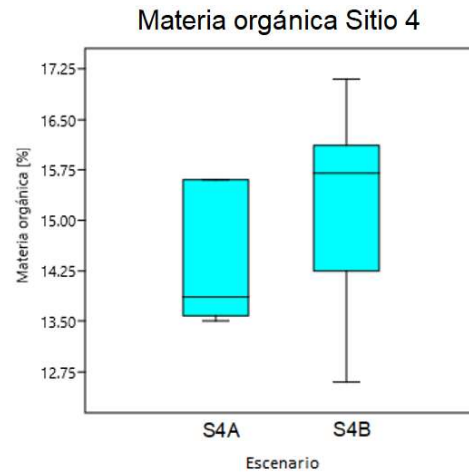


Gráfico 34. Materia orgánica Sitio 4
 ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

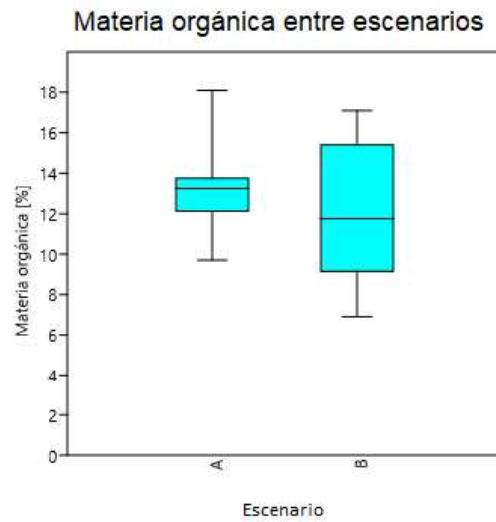


Gráfico 35. Materia Orgánica entre escenarios
 ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

A → No intervenido
 B → Intervenido
 S → Sitio

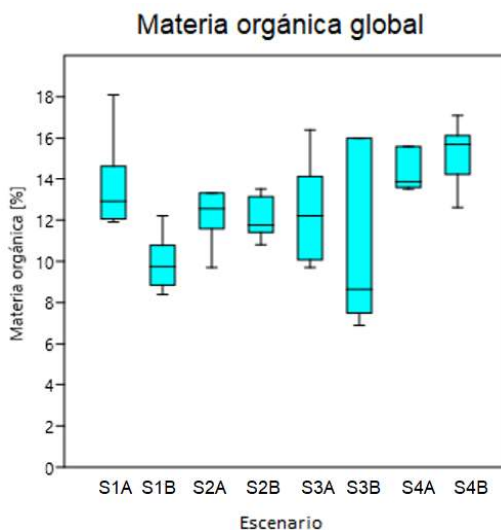


Gráfico 36. Materia Orgánica global
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En la Tabla 51 se puntualiza los resultados más relevantes de la tabla de análisis de varianza (Anexo 7) con el fin de determinar si existe una diferencia estadística significativa entre los escenarios de cada sitio y en forma global para esta propiedad hidrofísica. Además, en esta tabla se especifica el tipo de distribución de los diagramas de cajas y la posición de las medianas en estos diagramas.

TABLA 51. RESUMEN ANOVA Y DIAGRAMAS DE CAJA CORRESPONDIENTE A LA MATERIA ORGÁNICA

Sitio	Escenario	F	p value	F crítico	Tipo de distribución asimétrica*	Mediana**	Diferencia estadística significativa***
1	A	11,47	0,0069	4,96	Sesgada a la derecha	Parte inferior	Sí
	B					Parte superior	
2	A	0,09	0,7748	4,96	Sesgada a la izquierda	Parte superior	No
	B					Parte inferior	
3	A	0,74	0,4111	4,96	Sesgada a la derecha	Parte inferior	No
	B					Parte inferior	
4	A	1,66	0,2266	4,96	Sesgada a la derecha	Parte inferior	No
	B					Parte superior	
1-2-3-4	A	4,24	0,0013	2,25	-	-	Sí
	B					-	

*Según el diagrama de cajas ** Desplazamiento según el diagrama de cajas

*** Entre escenarios y nivel global

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.6. RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS Y LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN HÍDRICA

En cuanto a las correlaciones lineales entre las propiedades hidrofísicas, se determinó que la densidad aparente y la porosidad (Gráfico 37) tienen una fuerte correlación negativa; la densidad aparente y el contenido de humedad tienen una correlación negativa alta en el escenario no intervenido y baja en el escenario intervenido (Gráfico 38). Por su parte, el contenido de humedad y la porosidad tienen una correlación positiva alta en el escenario no intervenido y baja en el escenario intervenido (Gráfico 39). Finalmente, el contenido de humedad y la materia orgánica poseen una baja correlación positiva (Gráfico 40).

A continuación, se detalla las relaciones entre cada propiedad hidrofísica:

El Gráfico 37 correspondiente a la Densidad aparente vs. Porosidad indica una regresión lineal entre dichas propiedades. Su pendiente es de $-37,737$ para las dos ecuaciones de los escenarios A y B. Como su correlación lineal presenta un valor de coeficiente igual a (1) , la correlación es fuerte en ambos escenarios. Presentan una fuerte correlación negativa (relación inversamente proporcional). Por lo que, los valores de densidad aparente claramente disminuyen a medida que el valor de porosidad aumenta. La correlación concuerda con la afirmación de que la densidad aparente está en función de las partículas sólidas y el espacio de poros. Por ende, cuando el valor de la densidad aparente es bajo y el espacio poroso es elevado, se favorece el proceso de regulación de agua en el suelo.

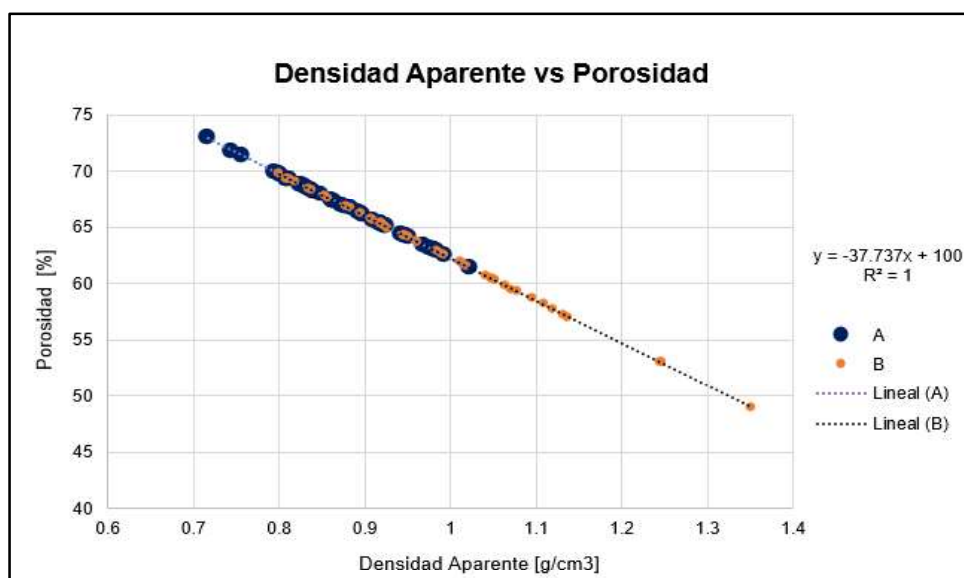


Gráfico 37. Densidad aparente vs Porosidad
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

El Gráfico 38 correspondiente a la Densidad aparente vs. Contenido de humedad indica una regresión lineal entre dichas propiedades. Su pendiente es de $-122,36$ para el escenario A y de $-11,448$ para el escenario B. En el escenario A, el valor del coeficiente correlación lineal es $0,73$. Como consecuencia, la correlación es fuerte. En el escenario B, el valor del coeficiente correlación lineal es $0,14$. Como consecuencia, la correlación entre propiedades es débil. Ambos escenarios

presentan una correlación negativa (relación inversamente proporcional), A (alta) y B (baja). Por lo que, en el escenario no intervenido a medida que los valores de densidad aparente disminuyen ligeramente, aumentan los valores de contenido de humedad. Por su parte, en el escenario intervenido la correlación concuerda con la afirmación de que cuando el valor de la densidad aparente es elevado, las condiciones de retención de humedad se ven afectadas

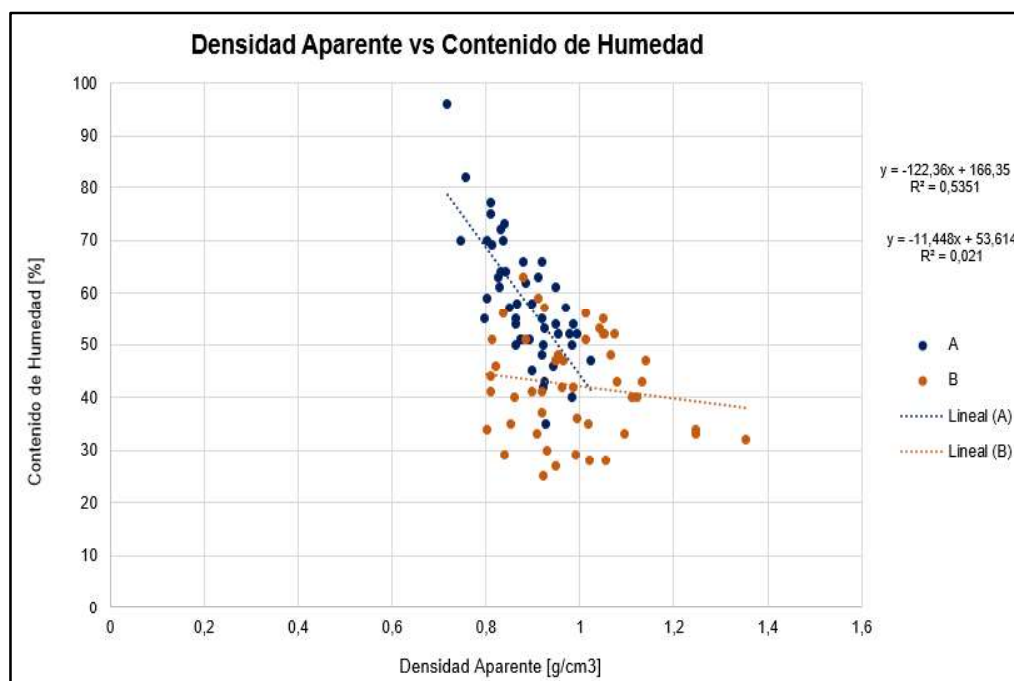


Gráfico 38. Densidad aparente vs Contenido de Humedad
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

El Gráfico 39 correspondiente al Contenido de humedad vs. Porosidad indica una regresión lineal entre dichas propiedades. Su pendiente es de 0,165 para el escenario A y de 0,0694 para el escenario B. En el escenario A, el valor del coeficiente correlación lineal es 0,73. Como consecuencia, la correlación es fuerte. En el escenario B, el valor del coeficiente correlación lineal es 0,15. Como consecuencia, la correlación entre propiedades es débil. Ambos escenarios presentan una correlación positiva (relación directamente proporcional), A (alta) y B (baja). Por lo que, los valores de contenido de humedad en el escenario A aumentan claramente a medida que aumentan los valores de porosidad. Mientras

que los valores de contenido de humedad en el escenario B aumentan ligeramente a medida que aumentan los valores de porosidad. La correlación concuerda con la afirmación de que la porosidad determina la capacidad del suelo para almacenar agua o aire.

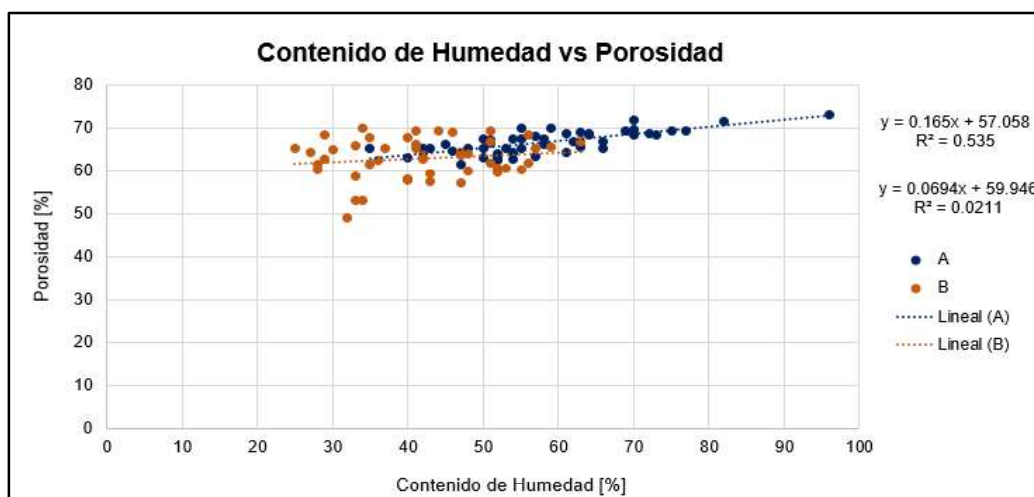


Gráfico 39. Contenido de Humedad vs Porosidad
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

El Gráfico 40 correspondiente al Contenido de humedad vs. Materia orgánica indica una regresión lineal entre dichas propiedades. Su pendiente es de 0,1783 para A y de 0,0395 para B. El valor de los coeficientes de correlación lineal es 0,42 en A y 0,20 en B. Como consecuencia, la correlación entre propiedades es débil en ambos escenarios. Presenta una baja correlación positiva (relación es directamente proporcional) en ambos casos. Por lo que, los valores de contenido de humedad aumentan ligeramente a medida que aumentan los valores de materia orgánica. La correlación concuerda con la afirmación de que la alta acumulación de materia orgánica presente en el suelo de páramo tiene una influencia en la capacidad de retención de agua. Además, entre más húmedo es un páramo, su acumulación de materia orgánica será mayor.

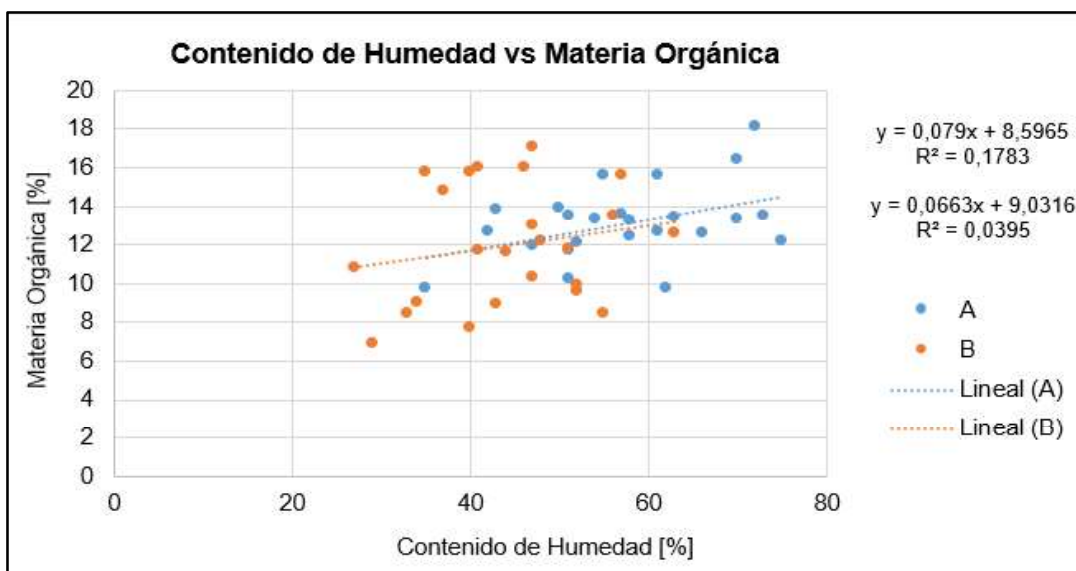


Gráfico 40. Contenido de Humedad vs Materia Orgánica
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

4.7. ANÁLISIS COMPARATIVO

A continuación, se presenta una matriz de comparación con todos los resultados obtenidos:

TABLA 52. MATRIZ DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Propiedad del suelo	Escenario	Promedio	Porcentaje de disminución	Porcentaje de aumento	Valores		
Conductividad hidráulica saturada a profundidad $\left[\frac{mm}{h}\right]$	A	89,84	69,90		MÍN	2,25	
					MÁX	372,00	
	B	298,42			MÍN	23,87	
					MÁX	1633,20	
Conductividad hidráulica saturada a superficie $\left[\frac{mm}{h}\right]$	A	16,32	66,10		MÍN	4,25	
					MÁX	71,76	
	B	5,54			MÍN	2,76	
					MÁX	9,04	
Densidad aparente a superficie $\left[\frac{g}{cm^3}\right]$	A	0,88			MÍN	0,72	
					MÁX	1,02	
	B	1,00			12,90	MÍN	0,81
					MÁX	1,35	
Densidad aparente a profundidad (media) $\left[\frac{g}{cm^3}\right]$	A	0,97		1,24	MÍN	0,78	
					MÁX	1,19	
	B	0,96			MÍN	0,59	
					MÁX	1,17	
Densidad aparente a profundidad (fondo) $\left[\frac{g}{cm^3}\right]$	A	0,98			MÍN	0,86	
					MÁX	1,10	
	B	1,00			1,94	MÍN	0,84
					MÁX	1,29	
Contenido de Humedad [%]	A	58,29	27,34		MÍN	35,00	
					MÁX	96,00	
	B	42,35			MÍN	25,00	
					MÁX	63,00	
Porosidad [%]	A	66,70	6,50		MÍN	61,40	
					MÁX	72,90	
	B	62,40			MÍN	49,00	
					MÁX	69,40	
Materia Orgánica [%]	A	13,13	8,80		MÍN	9,70	
					MÁX	18,10	
	B	11,98			MÍN	6,90	
					MÁX	17,10	

ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

Al realizar la matriz comparativa de los resultados obtenidos para cada propiedad del suelo en los dos escenarios (A y B) se observa que el orden de afectación de mayor a menor corresponde a: la conductividad hidráulica saturada a superficie (escenario B), contenido de humedad (escenario B), densidad aparente a superficie (escenario B), materia orgánica (escenario B), porosidad (escenario B).

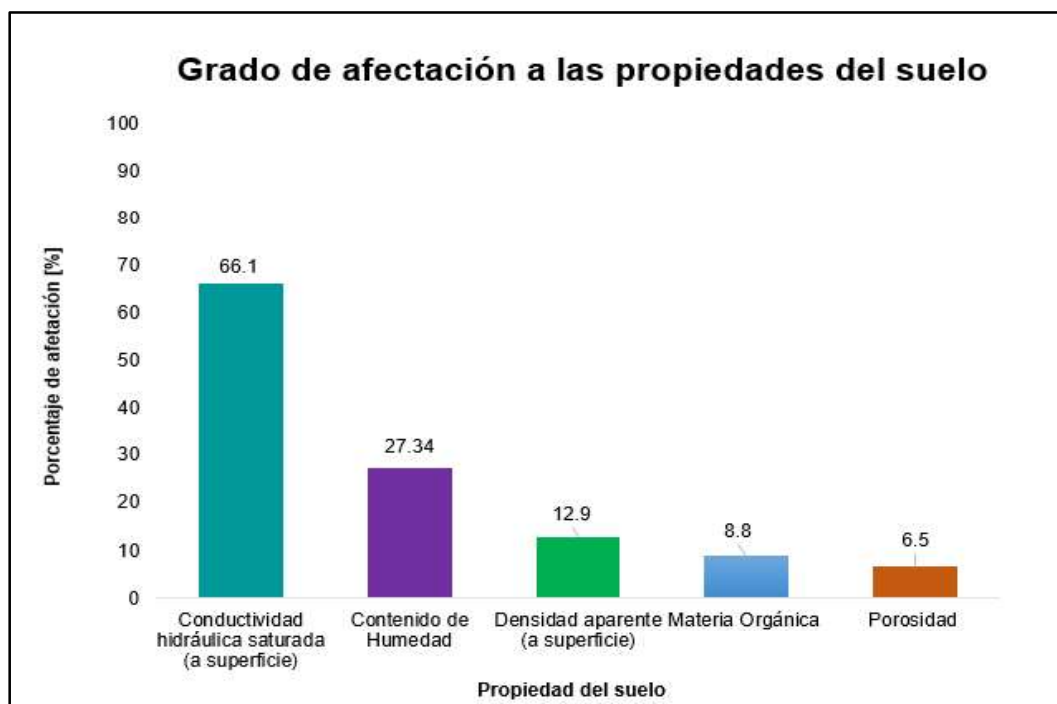


Gráfico 41. Grado de afectación a las propiedades del suelo
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez

En el Gráfico 41 se observa el grado porcentual de afectación a las propiedades del suelo. Se observa que el rango se encuentra entre 66,1% a 6,5%. En la sección 4.6.1.1 y 4.6.2.2 se indican los motivos por los que no se toman en cuenta el orden de afectación establecido en la matriz (Tabla 50) y en el gráfico 41 a las propiedades la conductividad hidráulica saturada a profundidad y densidad aparente a profundidad.

Es importante destacar que todas las propiedades expuestas sufrieron una disminución en sus valores, a excepción de la densidad aparente (a superficie), en la cual se produjo un aumento en su valor en el escenario intervenido. De esta forma, se demuestra que todas las propiedades han sido afectadas por la práctica del enduro en el páramo.

4.8. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN

Las medidas de conservación se deben realizar en base a los factores que inciden en la zona de estudio, es decir, el grado de afectación en las zonas alteradas por las motos, los eventos de lluvia, la cobertura vegetal, la intervención de los enduristas que visitan la zona (perturbación antrópica) (Webb et al., 1978). De tal forma que se sugiere:

- Realizar sensibilización ambiental a los practicantes de esta disciplina deportiva estableciendo contacto con los directivos de las asociaciones de enduro.
- Es fundamental la colocación de señalética preventiva, regulatoria y de sensibilización en sitios críticos.
- Difundir información mediada relacionada con el impacto de la práctica del enduro en el páramo a través de los medios de comunicación.
- El control y vigilancia permanentes en la zona debe continuar.
- Se sugiere la elaboración de un protocolo dirigido a la comunidad para saber cómo actuar frente a la práctica de enduro.
- Solicitar la intervención de la policía ambiental en los casos pertinentes.
- Afianzar acciones institucionales que permitan la conservación de la zona estudiada.
- Ejecutar acciones de recuperación de la zona intervenida. Se recomienda el establecimiento de taludes y recuperación de la cobertura vegetal.
- Colocar trampas como los abrojos, los cuáles se colocan en diferentes partes de un terreno, así las púas principales obstruirían el paso de las motos de enduro (al pinchar sus llantas) en las zonas mayormente frecuentadas.
- Llevar un control estricto en las zonas identificadas de ingreso y salida de motos.
- Fortalecer las relaciones entre actores clave, así como garantizar la adecuada coordinación sobre el control en esta disciplina deportiva en este ecosistema frágil.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se analizó el grado de afectación de la práctica del enduro en la cuenca alta de río Cinto mediante la comparación de las propiedades hidrofísicas de un suelo intervenido y no intervenido; determinando las implicaciones hidrológicas sobre el mismo. Como consecuencia, la porosidad presentó una reducción de los microporos del suelo. Por lo que la retención del agua en el espacio poroso fue mínima. Por otro lado, la disminución de la conductividad hidráulica saturada en la superficie y el aumento de la densidad aparente en el escenario intervenido fueron indicadores de compactación del suelo. La implicación hidrológica se manifiesta en el aumento de escorrentía y su potencial de erosión hídrica. Además, la reducción de materia orgánica en el escenario intervenido se traduce en la pérdida de formación de microagregados que contribuyen a la retención de agua en el suelo, de tal forma que este suelo ha perdido su capacidad original de retención de agua. Por ende, la práctica del enduro sobre el páramo tiene una incidencia negativa en las propiedades hidrofísicas del suelo. Los suelos investigados son muy propensos a cambios estructurales irreversibles causados por la práctica del enduro.
- Se levantó una línea base social estableciendo la situación inicial del escenario en el que se realizó la investigación, en la cual se evidenció que los habitantes del barrio San Francisco de Cruz Loma expresan su preocupación y son conscientes del impacto social que provoca la práctica del enduro en el páramo cercano. Cabe resaltar que su accionar diario en cuanto a vigilancia e información representa un aporte fundamental para la reducción temporal y espacial de la práctica del deporte.

- Se conoció el estado del suelo mediante el análisis de la tasa de infiltración, densidad aparente y contenido de materia orgánica en transectos lineales alterados y no alterados cuantificando el efecto de su compactación debido a la práctica del enduro. En base a la variación porcentual entre los valores del escenario no intervenido en relación con el intervenido, las propiedades evaluadas en la capa superficial del suelo que tienen mayor grado de afectación, son: conductividad hidráulica saturada (66,10%), contenido de humedad (27,34%), densidad aparente (12,90%), materia orgánica (8,80%) y porosidad (6,50%), lo cual indica que todas las propiedades fueron alteradas, de tal manera que existe una afectación hidrológica en el ecosistema.
- Se estableció la relación entre las propiedades hidrofísicas del suelo y la capacidad de retención hídrica a través de un estudio estadístico, valorando la implicación hidrológica de la práctica del enduro en el páramo. Las propiedades: densidad aparente superficial, contenido de humedad, conductividad hidráulica a profundidad, porosidad y materia orgánica poseen en todos los casos diferencias estadísticamente significativas. Mientras que, la densidad aparente a profundidad como la conductividad hidráulica superficial no tuvieron diferencias estadísticamente significativas entre escenarios. Sin embargo, esto no quiere decir que no existe un grado de afectación sobre estas propiedades.
- La correlación entre las propiedades: densidad aparente vs contenido de humedad, contenido de humedad vs porosidad y contenido de humedad vs materia orgánica presenta mayor dispersión en el escenario intervenido. Por ende, la práctica del enduro provoca una alteración de las relaciones naturales entre las propiedades hidrofísicas del suelo.
- En los dos escenarios, los valores correspondientes a conductividad hidráulica de la capa profunda fueron extremadamente altos. Esto se debe

al tipo del suelo y la presencia de lapilli. Por otro lado, los resultados de conductividad hidráulica superficial tienen coherencia con valores promedio reportados, correspondientes al ecosistema páramo.

- Se infiere que la variación de la densidad aparente entre escenarios es superficial debido a que los datos son estadísticamente significativos, mientras que no lo son para la densidad aparente a profundidades: media y fondo. A pesar de que la densidad aparente tiene mayor variación en la superficie, los valores de densidad aparente del medio y fondo del suelo son altos comparados con la superficial, debido a su uso histórico.
- Factores como la topografía y la regeneración vegetativa de la zona pueden contribuir para que un escenario intervenido presente valores de materia orgánica similares o más altos en comparación con el suelo no intervenido.

5.2. RECOMENDACIONES

- Debido a los resultados obtenidos en el estudio, se pone en manifiesto que la práctica del enduro debe ser realizada en otro lugar, para asegurar la conservación de los páramos y por lo tanto la disponibilidad de agua. Por lo tanto, es necesario realizar esfuerzos de carácter legal, científico, administrativo y comunitario para dejar esta área natural sin perturbaciones.
- Con el fin de que el ecosistema se recupere, es importante implementar en la zona un intenso plan de conservación.
- La evaluación a largo plazo de los efectos de la práctica del enduro en las propiedades hidrofísicas del suelo puede ayudar a determinar la variabilidad temporal de las mismas. Además, se deben analizar las

afectaciones relacionadas con la desaparición de la cobertura vegetal natural, ya que se evidenció que la capa orgánica desaparece por completo cuando el suelo es intervenido.

- El trabajo conjunto con la comunidad es fundamental para la gestión de este páramo, de tal forma que sean actores clave en el proceso.
- Los resultados de este estudio deben ser difundidos a la ciudadanía a través de campañas educomunicacionales.
- Al realizar las pruebas de pozo invertido en zonas de compactación, es necesario tomar en cuenta consideraciones como el material fragmentado, pendiente y la cobertura vegetal para el establecimiento de la profundidad del pozo.
- Para complementar la información sobre el impacto que genera esta actividad, se recomienda realizar una modelación del comportamiento hidrológico en cada escenario. Además, Se sugiere hacer un estudio microbiológico y de macroinvertebrados sobre el efecto de la práctica del enduro en el páramo para complementar la información sobre el impacto que genera esta actividad.
- Utilizar la presente investigación técnico - científica como evidencia que respalde el efecto negativo de la práctica del enduro en este frágil ecosistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, Z., Llambí, L., & Sarmiento, L. (2009). *Sensitivity of Soil Restoration Indicators during Páramo Succession in the High Tropical Andes: Chronosequence and Permanent Plot Approaches*. *Restoration Ecology*, 17(5), 619–628. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2008.00406.x>
- Abu-Hamdeh, N.H. (2004). *The Effect of Tillage Treatments On Soil Water Holding Capacity And On Soil Physical Properties*. En ISCO 2004- 13th International Soil Conservation Organization Conference, Brisbane, July 2004. *Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions Paper No. 669*, pp. 1-6.
- Albán, M. (2007). *La información disponible sobre los servicios de ecosistemas de montaña en los Andes del Norte y Centro. (Informe Recopilatorio N.º 1; pp. 3-39)*. Papallacta.: Proyecto Challenge Program for Water and Food, Proyecto Páramo Andino CONDESAN, Proyecto ECOBONA de Intercooperación, The Nature Conservancy & Conservación Internacional.
- Altmayer, R. & Binkowski, P. (2016). *Impactos socioambientais causados pela prática de Motocross no município de São Francisco de Paula/RS*. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, 2(3), 207-216. <https://doi.org/10.21674/2448-0479.23.207-216>
- American Motorcyclist Association. (2018). *Enduro*. AMA. Recuperado de <http://bit.ly/2Y23vIR>
- Andrew, T. (2013). *The Difference Between, Motocross, Supercross, Enduro and Trials*. *Motosport*. Recuperado de <http://bit.ly/2DFialb>
- Beltrán, K., Salgado, S., Cuesta, F., León-Yáñez, S., Romoleroux, K., Ortiz, E., Cárdenas, A., Velástegui, A. 2009. *Distribución Espacial, Sistemas Ecológicos y Caracterización Florística de los Páramos en el Ecuador*. *EcoCiencia*, Proyecto Páramo Andino y Herbario QCA. Quito, Ecuador, pp. 15-20.
- Bernard, B. (2015). *Volcanismo de los Andes del Ecuador*. Quito: Docplayer. Recuperado de <http://bit.ly/2M2Nb9C>
- Berthrong, S., Jobbágy, E. & Jackson, R. (2009). *A global meta-analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon, and nitrogen with afforestation*. *Ecological Applications*, 19(8), 2228-2241. <https://doi.org/10.1890/08-1730.1>
- Bremer, L., Farley, K., Chadwick, O., & Harden, C. 2016. *Changes in carbon storage with land management promoted by payment for ecosystem services*. *Environmental Conservation*, 43(4), 397–406. <https://doi.org/10.1017/S0376892916000199>

- Borja, P., Iñiguez, V., Crespo, P., Cisneros, P., Cisneros, F., Feyen, J. (2008). *Caracterización hidráulica de andosoles e histosoles del austro del Ecuador*. Quito, Ecuador: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo.
- Borja, P. (2012). *Ecología de páramo*. En: *Ecología, Hidrología y Suelos de Páramos: Proyecto Páramo Andino*. (1ªed.). Quito, Ecuador: Monsalve Moreno.
- Buraas, E. (2009). *Getting water into the ground and to the channel, Gordon Gulch, Colorado (Tesis de grado)*. Williams College, Massachusetts.
- Buytaert, W., Deckers, J., Dercon, G., De Bièvre, B., Poesen, J & Govers, G. (2002). *Impact of land use changes on the hydrological properties of volcanic ash soils in South Ecuador*. *Soil Use and Management*, 18(2), 94-100. <https://doi.org/10.1079/SUM2001107>
- Buytaert, W., Sevink, J., De Leeuw, B., & Deckers, J. (2005a). *Clay mineralogy of the soils in the south Ecuadorian páramo region*. *Geoderma*, 127(1-2), 114–129.
- Buytaert, W., Wyseure, G., De Bièvre, B., & Deckers, J. (2005b). *The effect of land-use changes on the hydrological behaviour of Histic Andosols in south Ecuador*. *Hydrol. Process.*, 19, 3985–3997. <https://doi.org/10.1002/hyp.5867>
- Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., & Hofstede, R. (2006). *Human impact on the hydrology of the Andean páramos*. *Earth-Science Reviews*, 79(1-2), 53–72. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.06.002>
- Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., & Cisneros, F. (2012). *Hidrología del páramo andino: propiedades, importancia y vulnerabilidad*. *Revista Colombia tiene Páramos*, 2: 8-27.
- Camargo-García, J., Dossman, M., Rodríguez, J., Arias, L. & Galvis-Quintero, J. (2012). *Cambios en las propiedades del suelo, posteriores a un incendio en el Parque Nacional Natural de Los Nevados, Colombia*. *Acta Agronómica*, 61(2), 151-165.
- Cárdenas, C. (2017). *Comunicado evento. Fondo para la Protección del Agua*.
- CELEC EP. (2018). *Complejo Hidroeléctrico Integral Paute*. CELEC EP. Quito: CELEC EP. Recuperado de <http://bit.ly/2ZNIcfK>

- Chicaiza, S. (2017). *Informe de Investigación. Presunto delito contra el agua. (Unidad de Protección del Medio Ambiente. N.º 57)*. Quito: Policía Nacional del Ecuador.
- Cleef, A. (1981). *The Vegetation of the Paramos of the Colombian Cordillera Oriental. (Tesis de grado)*. Universiteit Utrecht, Utrech, Países bajos.
- Coder, K. (2016). *Soil Compaction Stress & Trees: A Workbook of Symptoms, Measures & Treatments. University of Georgia Warnell School of Forest Resources Extension. (1ªed.)*. Atenas, Grecia: Escuela Warnell de Silvicultura y Recursos Naturales Universidad de Georgia.
- Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito. Registro Oficial 226, Quito, 31 de diciembre de 1997, Reforma 2015.
- Código Orgánico del Ambiente. Registro Oficial Suplemento 983, Quito, 12 de abril de 2017.
- Código Orgánico Integral Penal. Registro Oficial Suplemento 180, Quito, 10 de febrero de 2014. Reforma 2018.
- Coello, C. (2005). *Análisis de Métodos de Estimación de la Conductividad Hidráulica Saturada en Suelos Degradados. (Tesis de grado)*. Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Cole, D. N. (1978). *Estimating the Susceptibility of Wildland Vegetation to Trailside Alteration. The Journal of Applied Ecology*, 15(1), 281. doi:10.2307/2402937
- Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449, Quito, 20 de octubre de 2008. Reforma 2015.
- Cuatrecasas, J. (1958). *Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 10(40), 221-264. <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.570>
- Davidson, E & Fox, M. (1974). *Effects of off-road motorcycle activity on Mojave Desert vegetation and soil. California Botanical Society*, 22(8), 381-390.
- Daza, M., Hernández, F. & Triana, F. (2014). *Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz - Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín.*, 67(1), 7189-7200. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v67n1.42642>
- De Bièvre, B., Coello, X., De Keizer, O & Maljaars, P. (2008). *Modelo Hidrológico de la Hoya de Quito, Proyecto Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en la Hoya de Quito*. Quito: UICN-Sur. Recuperado de

guayllabamba.ec/repositorio/web/files/Modelo_hidrologico_de_la_Hoya_de_Quito.pdf

- De Bièvre, B., Íñiguez, V & Buytaert, W. (2011). *Hidrología del Páramo: Importancia, Propiedades y Vulnerabilidad*. En: P. Mena Vásconez, J. Campaña, A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina, N. Ochoa y D. Ortiz. *Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. Quito, Ecuador: Abya-Yala.
- Díaz-Granados, M., Navarrete, J., Suárez, T. (2005). *Páramos: Hidrosistemas Sostenibles*. *Revista de Ingeniería*, 47(22), 64-75. <http://dx.doi.org/10.16924%2Friua.v0i22.373>
- DIGESA & Proyecto VIGÍA. (2008). *Línea de base del componente social. Proyecto Impacto de la Técnica de riego de arroz con secas intermitentes en el control vectorial de la malaria y el desarrollo sostenible del ecosistema local*. (pp. 1-105) [Informe final.]. Perú: Ministerio de Salud de Perú-USAID.
- Dorel, M., Roger-Estrade, J., Manichon, H. & Delvaux, B. (2000). *Porosity and soil water properties of Caribbean volcanic ash soils*. *Soil Use and Management*, 16(2), 133-140. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2000.tb00188.x>
- Eckert, R.E., Wood, M.K., Blackburn, W.H. & Peterson F.F. (1979). *Impacts of Off-Road Vehicles on Infiltration and Sediment Production of Two Desert Soils*. *Journal of Range Management*, 32(5), 394-397. <https://doi.org/10.2307/3898025>
- El Diario.ec. (2017). *200 pilotos de 12 países del continente participarán en el Latinoamericano de Enduro, Ecuador 2017*. El Diario.ec, p. 1.
- Escandón, S., Intriago, M., Torres, S., Cadena, D., Aguirre, J. & Pérez, C. (2016). *Consultoría para levantar una línea base de la unidad hidrográfica del río El Cinto, occidente del DMQ y proponer un plan de acción*. Fondo para la Protección de Agua. [CD-ROM]. Quito, pp. 1-142
- Fallas, J. (2012). *Análisis de varianza comparando tres o más medias*. San Juan: Universidad para la Cooperación Internacional. Recuperado de <http://bit.ly/2V6s7Tr>
- Farías, E. & Sallent, O. (2009). *El impacto ambiental de las actividades físico-deportivas en el medio natural. El caso de la práctica del Mountain Bike o bicicleta todo terreno*. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (16), 31-35.
- Farley, K., Kelly, E. & Hofstede, M. (2004). *Soil Organic Carbon and Water Retention after Conversion of Grasslands to Pine Plantations in the*

- Ecuadorian Andes. *Ecosystems*, 7(7), 729-739.
<https://doi.org/10.1007/s10021-004-0047-5>
- Farley, K., Bremer, L., Harden, C., & Hartsig, J. (2013). Changes in carbon storage under alternative land uses in biodiverse Andean grasslands: implications for payment for ecosystem services. *Conservation Letters*, 6(1), 21–27.
<https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00267.x>
- Ferraris, G. & Desarrollo Rural INTA Pergamino. (2005). *Muestreo y Análisis de Suelo: Sitio de Partida hacia un Diagnóstico de Fertilidad*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Guayaquil: Fertilizando.
- Ferrero, A., Usowicz, B. & Lipiec, J. (2005). Effects of tractor traffic on spatial variability of soil strength and water content in grass covered and cultivated sloping vineyard. *Soil & Tillage Research*, 84(2), 127-138.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2004.10.003>
- Flores, L., & Alcalá, J. (2010). *Manual de Procedimientos Analíticos Laboratorio de Física de Suelos*. México D.F. UNAM. Recuperado de <http://bit.ly/2WbiQGi>
- FONAG. (2018). *El Fondo*. Quito: Fondo para la Protección del Agua. Recuperado de <http://bit.ly/2JXulZh>
- Gabriels, D., Lobo, D., & Pulido, M. (2006). Métodos para determinar la conductividad hidráulica saturada y no saturada de los suelos. *Venesuelos*, 14, 7-22.
- Golchin, A., Baldock, J. A., Clarke, P., Higashi, T., & Oades, J. M. (1997). The effects of vegetation and burning on the chemical composition of soil organic matter of a volcanic ash soil as shown by ¹³C NMR spectroscopy. II. Density fractions. *Geoderma*, 76(3-4), 175–192. doi:10.1016/s0016-7061(96)00103-6
- Gómez, J. (2013). *Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos*. Espinal: SENA. Recuperado de <http://bit.ly/2GTP5o4>
- Gregory, J.H., Dukes, M.D., Jones, P.H. & Miller, G.L. (2006). Effect of urban soil compaction on infiltration rate. *Soil and Water Conservation Society*, 61(3), 117-124.
- Guaña, M. (2019). *Practicantes del motocross y 4x4 destruyen fauna de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo*. [El Comercio]. Recuperado de <https://bit.ly/2IEBse4>
- Hall, C. N., & Kuss, F. R. (1989). Vegetation alteration along trails in Shenandoah National Park, Virginia. *Biological Conservation*, 48(3), 211–227.
 doi:10.1016/0006-3207(89)90119-5

- Harden, C., Hartsig, J., Farley, K., Lee, J., & Bremer, L. 2013. *Effects of Land-Use Change on Water in Andean Páramo Grassland Soils*. *Annals of the Association of American Geographers*, 103:2, 375-384. <https://doi.org/10.1080/00045608.2013.754655>
- Harmer, J. (2018) *What Does "Enduro" in Dirt Biking Mean*". *Dirt Bike Planet*. Idaho: *Dirk Bike Planet*. Recuperado de <http://bit.ly/2V510Zh>
- Hofstede, R. (1995). *The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in Colombian páramo grasslands*. *Plant and Soil*, 173(1), 111-132. <https://doi.org/10.1007/BF00155524>
- Hofstede, R. & Rossenar A. (1995). *Biomass of Grazed, Burned, and Undisturbed Páramo Grasslands, Colombia. II. Root Mass and Aboveground:Belowground Ratio*. *Arctic and Alpine Research*, 27(1), 13-18. <https://doi.org/10.2307/1552063>
- Hofstede, R. (1997). *La Importancia Hídrica del Páramo y Aspectos de su Manejo*. 5. *Ecopar*. Recuperado de <http://bit.ly/2WeZksr>
- Hofstede, R. (1998). 3. *La Vegetación de la Sierra Andina Ecuatoriana*. En *Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra Alta del Ecuador*. (Hofstede, R., Lips, J. & Jongsma, W., pp. 35-70). Quito: Abya-Yala.
- Hofstede., R. (2001). *El Impacto de las Actividades Humanas sobre el Páramo*. p.161-182. En: *Los Páramos del Ecuador, Particularidades, Problemas y Perspectivas*. Editorial Abya-Yala. Proyecto Páramo. Quito: UICN. Recuperado de <http://bit.ly/2PG4yed>
- Hofstede, R., Segarra, P & Mena, V. (2003). *Los páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos*. Quito, Ecuador: Global Peatland Initiative, NC-IUCN & EcoCiencia.
- Hofstede, R. (2011). *Adaptación al cambio climático basada en los conocimientos tradicionales. Una integración de la información recopilada en la iniciativa «El Clima Cambia, Cambia Tú También*. La Paz: UICN. Recuperado de <https://www.portalces.org/biblioteca/cambio-climatico/clima-cambia-cambia-tu-tambien-adaptacion-al-cambio-climatico>
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., & Cerra, M. (2014). *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. Quito: UICN. Recuperado de <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-025.pdf>
- Horton, R., Ankeny, M.D. & Allmaras, R. (1994). *Effects of Compaction on Soil Hydraulic Properties*. En *Soil Compaction in Crop Production* (B. D. Soane and C. van Ouwerkerk, Vol. 11, pp. 141-165). Iowa.

- Hörman, P. & Pichler, H. (1982). *Geochemistry, Petrology and Origin of the Cenozoic Volcanic Rocks of the Northern Andes in Ecuador*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research.*, 12(3-4), 259-282. [https://doi.org/doi:10.1016/0377-0273\(82\)90029-4](https://doi.org/doi:10.1016/0377-0273(82)90029-4)
- INIAP: Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. 2008. *Muestreo de suelos para el análisis químico*. Quito: INIAP. Recuperado de <http://bit.ly/2V6sFbX>
- IUSS Working Group WRB. (2015). *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. (3.^a ed.). Roma, Italia: FAO.
- Jiménez, I., & Rodríguez, L. (2008). *Diagnóstico de la Infiltración y Permeabilidad en los Suelos de la Zona de Recarga del Acuífero Morroa en el Área Sincelejo, Corozal y Morroa*. (Tesis de grado). Universidad de Sucre, Sincelejo.
- Keating, P. (1999). *Changes in páramo vegetation along an elevation gradient in southern Ecuador*. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 126(2), 159-175. <https://doi.org/10.2307/2997292>
- Kravchenko, M. & Nosov, I. (2011). *Motorsport and Sustainability: Case Study of MXStar Team's Environmental Impact Optimization*. (Tesis de grado). Uppsala University, Suecia.
- Kuss, F. R., & Hall, C. N. (1991). *Ground flora trampling studies: Five years after closure*. *Environmental Management*, 15(5), 715–727. [doi:10.1007/bf02589629](https://doi.org/10.1007/bf02589629)
- Llambí, L., & Soto, A. (2012). *Ecología de páramo*. En: *Ecología, Hidrología y Suelos de Páramos: Proyecto Páramo Andino*. (1^aed.). Quito, Ecuador: Monsalve Moreno.
- Llambí, L., Sarmiento, L., & Rada, F. (2013). *La evolución de la investigación ecológica en los páramos de Venezuela: múltiples visiones de un ecosistema único*. En: *Recorriendo el paisaje vegetal de Venezuela Homenaje a Volkmar Vareschi*. Caracas, Venezuela: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).
- Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales. Registro Oficial Suplemento 711, Quito, 14 de marzo de 2016, Reforma 2018.
- Liddle, M. J., & Grieg-Smith, P. (1975). *A Survey of Tracks and Paths in a Sand Dune Ecosystem. II. Vegetation*. *The Journal of Applied Ecology*, 12(3), 909-930. [doi:10.2307/2402098](https://doi.org/10.2307/2402098)

- Lieback, R. (2010). *ISDE: Enduro Motorcycle Race History*. Los Ángeles: *Ultimate Motorcycling*. Recuperado de <http://bit.ly/2GWiNcs>
- Lips, J. (1998). *Geografía de la sierra andina ecuatoriana*. En *Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra Alta del Ecuador*. Quito, Ecuador: Abya-Yala.
- Luna, D., Sánchez, C., & Muñoz, J. (2005). *Métodos para medir la conductividad hidráulica saturada en campo*. *Ingeniería Hidráulica en México*, 2, 95-107.
- Maisanche, F. (2019). *Practicantes del motocross y 4x4 destruyen fauna de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo*. *El Comercio*, p. 1.
- Malagón, D., & Pulido, C. (2000). *Suelos de páramo Colombiano*. En: *Colombia. Diversidad biótica III. La diversidad de vida paramuna*. Santafé de Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Mena, P. & Hofstede R. (2006). *Los páramos ecuatorianos*. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 1, 91-109.
- Merchán, S. (2018). *Expediente Fiscal*. *Fiscalía Provincial de Pichincha*.
- Morales, A. (2018). *¿Cómo es la vida de un guardapáramo? Luis Moreno, el diablo huma protector. Agua a Fondo*. Recuperado de <http://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2018/03/S38.pdf>
- Moreno, L. (2018). *¿Cómo es la vida de un guardapáramo? Luis Moreno, el diablo huma protector. [Agua a Fondo]*. Recuperado de <http://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2018/03/S38.pdf>
- Morgan, R., McIntyre, K., Vickers, A., Quinton, J., & Rickson, R. (1997). *A rainfall simulation study of soil erosion on rangeland in Swaziland*. *Soil Technology*, 11, 291-299.
- McKnight, J., Harden, C., Schaeffer, S. 2016. *Soil CO2 flux trends with differences in soil moisture among four types of land use in an Ecuadorian páramo landscape*. *Physical Geography*, 38(1), 51-61. <http://dx.doi.org/10.1080/02723646.2016.1256101>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2011). *Acuerdo Ministerial 001*. Recuperado de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/acuerdo_001.pdf
- Mohsenipour, M., & Shahid, S. (2016). *Estimation of Saturated Hydraulic Conductivity: A Review*. Malasia: Academia Edu. Recuperado de <http://bit.ly/2WShxfW>

- Naghdi, R., Bagheri, I. & Basiri, R. (2010). Soil disturbances due to machinery traffic on steep skid trail in the north mountainous forest of Iran. *Journal of Forestry Research*, 21(4), 497-502. <https://doi.org/10.1007/s11676-010-0105-0>
- Nanzyo, M. & Kanno, H. (2018). *Inorganic Constituents in Soil, Basics and Visuals*. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd. Sendai: Link Springer. Recuperado de <http://bit.ly/2UQcwT9>
- Neall, V. (1985). *Properties of Andisols important to pasture and horticulture*. En: *Proceedings of the Sixth International Soil Classification Workshop, Chile and Ecuador*. Santiago de Chile: Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Recuperado de http://www.schcs.cl/doc/libros/1984_Chile_Soil_Workshop.pdf
- Neitsch, S., Arnold, J., Kiniry, J., & Williams, J. (2011). *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation*. Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406. Texas: Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation. Recuperado de <https://swat.tamu.edu/media/99192/swat2009-theory.pdf>
- Nierop, K., Tonneijck, F-H., Jansen, B., Verstraten, J. (2007). Organic Matter in Volcanic Ash Soils under Forest and Páramo along an Ecuadorian Altitudinal Transect. *Soil Chemistry*, 7(4), 119-1127. <https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0322>
- Niwranski, K., Kevan, P. & Fjellberg, A. (2002). Effects of vehicle disturbance and soil compaction on Arctic collembolan abundance and diversity on Igloodik Island, Nunavut, Canada. *European Journal of Soil Biology*, 38(2), 193-196. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(02\)01142-1](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(02)01142-1)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *La textura del suelo*. España: FAO. Recuperado de <http://bit.ly/2PGCKAo>
- Ortiz, D. (2003). Ecuador: Inventario y caracterización de los páramos. En *Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos* (Hofstede, R., Segarra, P. y Mena, P., pp. 91-159). Quito: Global Peatland Initiative/NC-UICN/EcoCiencia.
- Peña, E., Peña, J. & Zuñiga, O. (2011). Accounting the Carbon Storage in disturbed and Non-Disturbed Tropical Andean Ecosystems. En *Planet Earth 2011-Global Warming Challenges and Opportunities for Policy and Practice*. (Prof. Elias Carayannis, pp. 124-140). InTech.
- Peréz, F. (1991). Particle Sorting Due to off-road vehicle traffic in a high andean páramo. *CATENA*, 18(3-4), 239-254. [https://doi.org/10.1016/0341-8162\(91\)90024-R](https://doi.org/10.1016/0341-8162(91)90024-R)

- Piccolo, A. & Mbagwu, J. S. C. (1999). *Role of Hydrophobic Components of Soil Organic Matter in Soil Aggregate Stability*. *Soil Science Society of America Journal*, 63(6), 1801. doi:10.2136/sssaj1999.6361801x
- Podwojewski, P., & Poulénard, J. (2000). *Los suelos de los páramos del Ecuador*. En: *Los Suelos de Páramo*. Quito, Ecuador: Abya Yala
- Podwojewski, P., Poulénard, J., Zambrana, T., & Hofstede, R. (2002). *Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador)*. *Soil Use and Management*, 18(1), 45–55. doi:10.1111/j.1475-2743.2002.tb00049.x
- Podwojewski, P. & Poulénard, J. (2011). *Los suelos de los páramos de Ecuador*. En: P. Mena Vásconez, J. Campaña, A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina, N. Ochoa y D. Ortiz. *Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. Quito, Ecuador: Abya-Yala.
- Poulénard, J. (2000). *Les sols des paramos d'équateur sur couverture pyroclastique diversité, genèse et propriétés physiques*. Tesis de Doctorado en Pedología. Faculté des Sciences, L'université Henri Poincaré-Nancy I, Nancy-France, pp. 303.
- Poulénard, J., Podwojewski, P., Janeau, J.L., Collinet, J. (2001). *Runoff and soil erosion under rainfall simulation of Andisols from the Ecuadorian Páramo: effect of tillage and burning*. *Catena*, 45(3):185-207.
- Poulénard, J., Bartoli, F. & Burtin, G. (2002). *Shrinkage and drainage in aggregates of volcanic soils: a new approach combining mercury porosimetry and vacuum drying kinetics*. *European Journal of Soil Science*, 53(4), 563-574. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2002.00459.x>
- Poulénard, J., Podwojewski, P., & Herbillon, A. J. (2003). *Characteristics of non-allophanic Andisols with hydric properties from the Ecuadorian páramos*. *Geoderma*, 117(3-4), 267–281. doi:10.1016/s0016-7061(03)00128-9
- Poulénard, J., Michel, J. C., Bartoli, F., Portal, J. M., & Podwojewski, P. (2004). *Water repellency of volcanic ash soils from Ecuadorian paramo: effect of water content and characteristics of hydrophobic organic matter*. *European Journal of Soil Science*, 55(3), 487–496. doi:10.1111/j.1365-2389.2004.00625.x
- Pröbstl-Haider, U., Hödl, C. & Hasenauer, H. (2015). *Ökologische Aspekte des Mountainbikens im Wald: Literaturrecherche und Diskussion von Szenarien*. Viena: sicherheitfueralleimwald. Recuperado de <http://bit.ly/2DFA2wq>

- Quinteros, L. (2017). *Respuesta Hídrica de Suelos de Páramo Bajo Diferentes Niveles de Degradación, Estudio de Caso a Escala de Parcela*. (Tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Ramírez, E. (2018). *Manual para la elaboración línea de base en proyectos FOS*. Bogotá: Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. Recuperado de <http://bit.ly/2V5WzNQ>
- Ramsay, P. (1992). *The Páramo Vegetation of Ecuador: The Community Ecology, Dynamics and Productivity of Tropical Grasslands in the Andes*. (Tesis de Doctorado). University of Wales, Bangor.
- Ramsay, P. & Oxley E. (1996). *Fire temperatures and postfire plant community dynamics in Ecuadorian grass páramo*. *Vegetatio*, 124(2), 124-144.
- Richard, G., Cousin, I., Sillon, J. F., Bruand, A., & Guerif, J. (2001). *Effect of compaction on the porosity of a silty soil: influence on unsaturated hydraulic properties*. *European Journal of Soil Science*, 52(1), 49–58. doi:10.1046/j.1365-2389.2001.00357.x
- Robin, C., Samaniego, P., Le Pennec, J-L., Mothes, P. & Van der Plicht, J. (2008). *Late Holocen phases of dome growth and Plinian activity at Guagua Pichincha volcano (Ecuador)*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(1), 7-15. <http://bit.ly/2JXE33h>
- Rojas, J. (2018). *Caracterización geológica - geotécnica de los taludes a lo largo del Canal de Conducción del Proyecto Hidroeléctrico Palmira y su Evaluación y Medidas de Mitigación*. (Tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Rubio, A. (2010). *La Densidad Aparente en Suelos Forestales del Parque Natural los Alcornocales*. (Tesis de grado). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Montevideo: Universidad de la República. Recuperado de <http://bit.ly/2w9PYCW>
- Salamanca, A., & Sadeghian, S. (2005). *La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana*. *Cenicafé*, 56(4), 381-397.
- Santana, B. (2011). *O impacto ambiental dos esportes de aventura*. Monte Verde: AMAPAC Recuperado de <http://amapac.blogspot.com/2011/05/o-impacto-ambiental-dos-esportes-de.html>

- Santos, B., Saavedra, O., Suárez, T., Coello, A., Solaz, C. (2017). ¿Cómo tomar muestras de suelos? Tenerife: AgroCabildo. Recuperado de <http://bit.ly/2LsRAT1>
- Serrano, D. & Galárraga R. 2015. El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. Aportes interdisciplinarios para su conocimiento. *Estudios Geográficos*, 76(278), 369-393. doi: 10.3989/estgeogr.201513
- Schweizer, S. (2011). Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San Juan: MAG. Recuperado de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>
- Sheikh, K., Abbas, G., & Damough, N. (2016). Measuring infiltration rate and hydraulic conductivity in a dry well in a thin overburden. *JGeope*, 6(1), 63-73.
- Shoji, S., Dahlgren, R. & Nanzyo, M. (1993). Morphology of volcanic ash soils. En: S. Shoji, R. Dahlgren, M. Nanzyo (Eds.). *Volcanic ash soils: genesis, properties and utilization*. ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS. Amsterdam, Netherlands, pp. 10-38.
- Shoji, S., Nanzyo, M., Dahlgren, R.A., Quantin Paul. (1996). Evaluation and proposed revisions of criteria for andosols in the world reference base for soil resources. *Soil Science*, 161 (9), 604-615, <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-199609000-00005>
- Simcock, R. (2009). *Hydrological Effect of Compaction Associated with Earthworks*. (Reporte Técnico N.º 073; pp. 1-49). Auckland: Auckland Regional Council.
- Singleton, PL, Mcleod, M, & Percival, HJ. (1989). Allophane and halloysite content and soil solution silicon in soils from rhyolitic volcanic material, New Zealand. *Australian Journal of Soil Research*, 27(1), 67. doi:10.1071/sr9890067
- Startsev, A.D. & McNabb, D.H. (2000). Effects of skidding on forest soil infiltration in west-central Albert. *Canadian Journal of Soil Science*, 80(4), 617-624. <https://doi.org/10.4141/S99-092>
- Stern, C. (2004). Active Andean volcanism: its geologic and tectonic setting. *Revista Geológica de Chile.*, 31(2), 161-206. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-02082004000200001>

- Switalski, A.T. & Jones, A. (2012). *Off-road vehicle best management practices for forestlands: A review of scientific literature and guidance for manager*. *Journal of Conservation Planning*, 8(2), 12-24.
- Suárez, E., Arcos, E., Moreno, C., Encalada, A. & Álvarez, M. (2013). *Influence of vegetation types and ground cover on soil water infiltration capacity in a high-altitude páramo ecosystem*. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 5(1), B14-B21.
- Taylor, R.B. 2006. *The effects of off-road vehicles on ecosystems*. White Paper. Texas parks and Wildlife. Uvalde: Texas Parks and Wildlife. Recuperado de https://tpwd.texas.gov/publications/pwdpubs/media/pwd_rp_t3200_1081.pdf
- Tobón, C., Bruijnzeel, L., Frumau, K., & Calvo-Alvarado, J. (2010). *Changes in soil physical properties after conversion of tropical montane cloud forest to pasture in northern Costa Rica*. En L. Bruijnzeel, F. Scatena, & L. Hamilton (Eds.), *Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management (International Hydrology Series, pp. 502-515)*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511778384.054
- Toledo, A. (2016). *Estudio de contaminación de motocicletas de 4 tiempos en la ciudad de Cuenca*. (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana SEDE Cuenca, Cuenca-Ecuador.
- Tonneijck, F.H., Jansen, B., Nierop, K.G., Verstraten, J.M., Sevink, J & De Lange, L. (2010). *Towards understanding of carbon stocks and stabilization in volcanic ash soils in natural Andean ecosystems of northern Ecuador*. *European Journal of Soil Science*, 61(3), 392-405. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2010.01241.x>
- Torres, S. (2018). *Evaluación del servicio ecosistémico correspondiente a la producción de agua en la cuenca alta del Río Guayllabamba utilizando el modelo computacional InVEST*. (Tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional, Quito
- Weaver, T. & Dale, D. (1978). *Trampling Effects of Hikers, Motorcycles and Horses in Meadows and Forests*. *Journal of Applied Ecology*, 15(2), 451-457. <http://bit.ly/2IT5fk2>
- Webb, R., Ragland, C., Godwin, W. & Jenkins, D. (1978). *Environmental Effects of Soil Property Changes With Off-Road Vehicle Use*. *Environmental Management*, 2(3), 219-233. <https://doi.org/10.1007/BF01866550>
- Webb, R. (1982). *Off-road Motorcycle Effects on a Desert Soil*. *Environmental Conservation*, 9(3), 197-208. <https://doi.org/10.1017/S0376892900020403>

Webb, R. (1983). *Compaction of Desert Soils by Off-Road Vehicles*. En: Webb R.H., Wilshire H.G. *Environmental Effects of Off-Road Vehicles*. New York, Estados Unidos: Springer Series on Environmental Management.

Wilson, J. & Seney, J. (1994). *Erosional Impact of Hikers, Horses, Motorcycles, and Off-Road Bicycles on Mountain Trails in Montana*. *International Mountain Society*, 14(1), 77-88. <http://bit.ly/2PFvGKk>

Yépez, J. (2017). *200 pilotos de 12 países del continente participarán en el Latinoamericano de Enduro, Ecuador 2017*. [El Diario.ec]. Recuperado de <http://bit.ly/2vuF1M7>

Zehetner, F., Miller, W.P., West., L.T. (2003). *Pedogenesis of Volcanic Ash Soils in Andean Ecuador*. *Soil Science Society America*, 67(6), 1798-1809. <https://doi.org/10.2136/sssaj2003.1797>

ANEXOS

ANEXO 1
LEGISLACIÓN AMBIENTAL PARA EL ECOSISTEMA PÁRAMO

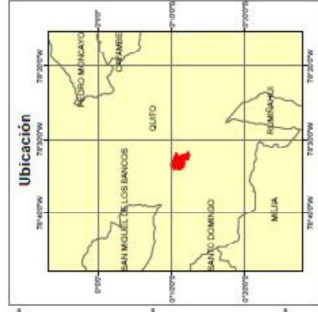
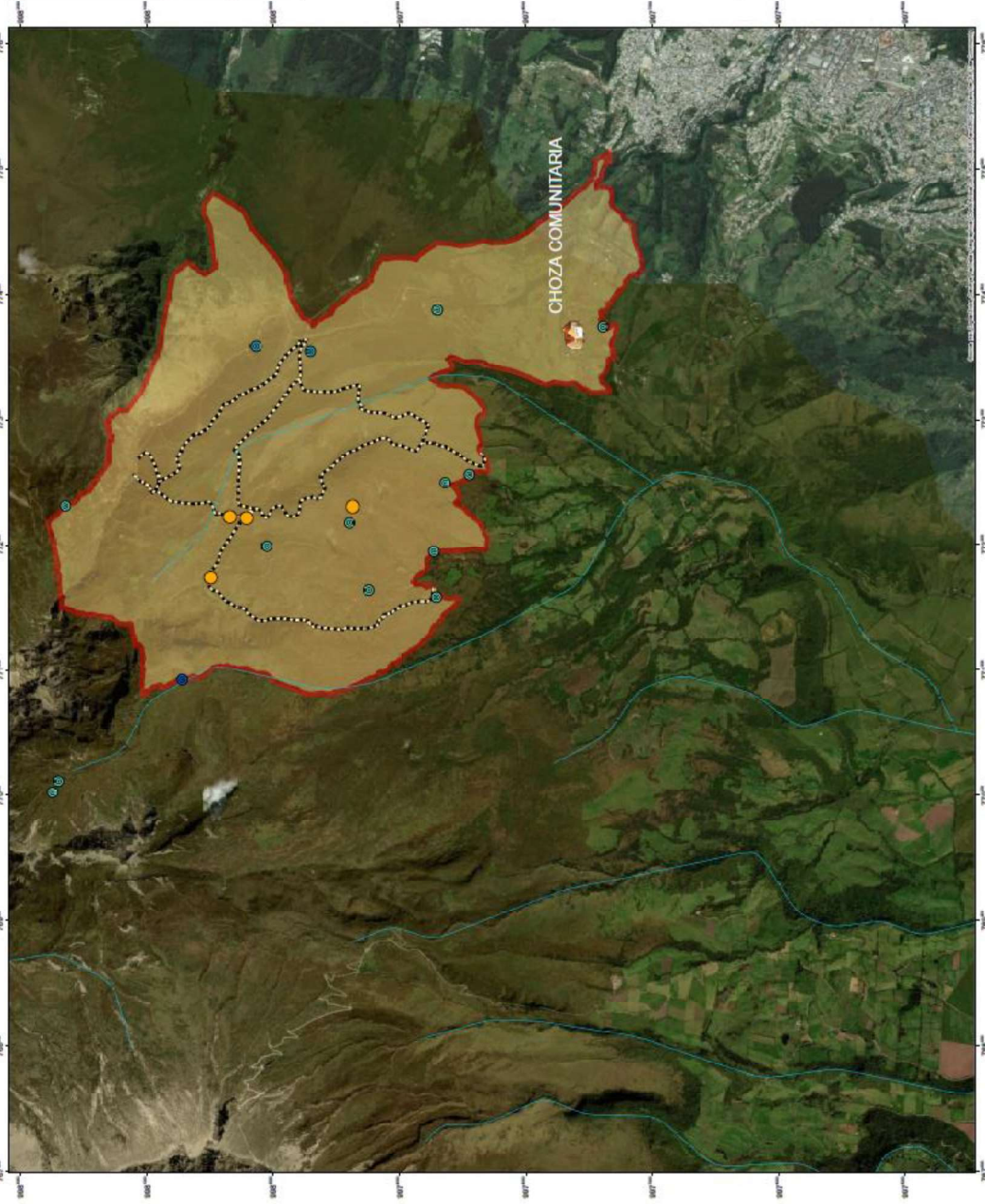
Legislación ambiental para el ecosistema páramo		
1	Constitución de la República del Ecuador.	<p><i>El Art. 261 de la Constitución (2008) establece que: "El Estado Central tiene competencias exclusivas sobre: las áreas naturales protegidas, los recursos energéticos, minerales, hidrocarburos, hídricos, biodiversidad y recursos forestales....."</i></p> <p><i>El Art. 406 de la Constitución (2008) establece que "El Estado es el encargado de regular la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosque nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos-costeros".</i></p>
2	Código Orgánico del Ambiente (COA).	<i>El manejo sostenible de los ecosistemas frágiles y amenazados (como los páramos) forman parte del derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado (COA, 2017, Art.5).</i>
		<i>Las áreas que contengan ecosistemas frágiles (como los páramos) y amenazados son declaradas por el Ministerio de Ambiente como áreas protegidas (COA, 2017, Art.40).</i>
		<i>Los páramos forman parte del Patrimonio Forestal Nacional y el Ministerio del Ambiente ejerce rectoría, planificación, regulación, control y gestión de este ecosistema (COA, 2017, Art. 89).</i>
		<i>Es de interés público la conservación de páramos, moretales y ecosistema de manglar y se prohíbe su afectación, tala y cambio de uso de suelo. Las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos serán partícipes del cuidado de dichos ecosistemas y comunicarán a la autoridad competente cualquier violación o destrucción (COA, 2017, Art. 99).</i>
		<p><i>Disposiciones sobre el ecosistema páramo:</i></p> <p>1) Para protección, uso sostenible y restauración de este ecosistema se deberá tomar en cuenta: características ecosistémicas de regulación hídrica, ecológica, biológica, social, cultural y económica.</p> <p>2) Los GADs Provinciales, Metropolitanos o Municipales ayudarán a la conservación del páramo al establecer planes, programas y proyectos bajo los criterios de la política nacional establecida por la Autoridad Ambiental Nacional (COA, 2017, Art. 100).</p>
		<p><i>Elaboración de los planes e instrumentos de manejo y conservación del páramo:</i></p> <p>1) Páramos intervenidos: si en este ecosistema existe y se realizan actividades agrarias, la Autoridad Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca será la encargada de realizar el instrumento de manejo mediante los lineamientos establecidos por la Autoridad Ambiental Nacional.</p> <p>2) Páramos no intervenidos: la Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con los GADs Provinciales, Metropolitanos o Municipales serán los encargados de proteger y fomentar la conservación del páramo, además de contar con la participación de actores sociales públicos y privados, comunidades, pueblos y nacionalidades. (COA, 2017. Art. 101).</p>
		<i>Para la elaboración de planes e instrumentos de conservación y manejo del páramo: 1) Se puede establecer y reconocer áreas voluntarias de conservación comunitaria y privada, además de zonas de amortiguamiento. 2) Se promoverá el establecimiento de actividades productivas sostenibles, ecoturísticas, de restauración, control, vigilancia y monitoreo (COA, 2017, Art. 103).</i>
		<i>Los páramos han sido clasificados en la categoría de ecosistemas frágiles para realizar la planificación territorial respectiva (COA, 2017, Art. 105).</i>
Infracción muy grave sobre el páramo.	<i>-La quema, destrucción o afectación al ecosistema de bosque natural y ecosistemas frágiles tales como páramos, humedales, manglares, moretales, ecosistemas marinos y marinos costeros (COA, 2017, Art. 318).</i>	
Sanciones.	Multa económica para infracciones muy graves:	<i>Dependiendo del grupo de clasificación, la multa va desde 10 salarios básicos unificados hasta 200 salarios básicos unificados.</i>
	Otros:	<i>"Decomiso de las especies de vida silvestre, nativas, exóticas o invasoras, herramientas, equipos, medios de transporte y demás instrumentos utilizados para cometer la infracción" (COA, 2017, Art. 320).</i>

3	Código Orgánico Integral Penal (COIP).	Delitos contra la biodiversidad	Invasión de áreas de importancia.	La invasión a las áreas protegidas o ecosistemas frágiles, como el páramo (COIP, 2014, Art. 245).	
				Sanción:	<p>Pena privativa de 1 a 3 años.</p> <p>Pena máxima: -Si después de la invasión se causan daños graves a la biodiversidad y recursos naturales. -Se haya promovido, financiado o dirigido la invasión aprovechándose de las personas con engaños o falsas promesas.</p>
			Incendios forestales y de la vegetación.	La persona que provoque directa o indirectamente incendios o induzca a realizar estos actos, en bosque nativos o plantados o páramos (COIP, 2014, Art. 246).	
				Sanción:	Pena privativa de libertad de 1 a 3 años.
				En caso de que las quemas agrícolas o domésticas realizadas por las comunidades se vuelvan incontrolables y generen incendios forestales.	
				Sanción:	Pena privativa de libertad de 3 a 6 meses.
Si debido a este delito, se produce la muerte de 1 o más personas.					
Sanción:	Pena privativa de libertad de 13 a 16 años.				
4	Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales (LOTRTA).	Regulación ambiental a la propiedad rural.	1) No se podrá ampliar la frontera agrícola o el aprovechamiento agrario en tierras rurales donde existen ecosistemas frágiles como los páramos 2) Actividades productivas agrarias en ecosistemas frágiles deberán contar con un instrumento de manejo elaborado por el Estado en forma participativa (LOTRTA, 2016, Art. 13).		
		Límite a la ampliación de la frontera agrícola.	"El avance de la frontera agrícola queda limitado en ecosistemas frágiles y amenazados". (LOTRTA, 2016, Art. 50).		
			"Se respetarán los asentamientos humanos y las actividades agrarias existentes en estas zonas. Cuando se trate de predios de comunidades o personas individuales de la agricultura familiar campesina de subsistencia, estas actividades deberán enmarcarse en un instrumento de manejo zonal que incluya su corresponsabilidad en el control de la ampliación de la frontera agrícola y la protección ambiental, que será formulado por la Autoridad Agraria Nacional en un proceso participativo comunitario y según los lineamientos que emita la Autoridad Ambiental Nacional" (LOTRTA, 2016, Art. 50).		
			"La conservación y uso de ecosistemas frágiles y amenazados, serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con la Autoridad Agraria Nacional" (LOTRTA, 2016, Art. 50).		
			Se deberá contar con las autorizaciones ambientales respectivas, en caso de los predios privados (localizados en los páramos) que no pertenecen a la agricultura familiar campesina de subsistencia (LOTRTA, 2016, Art. 50).		
			"Si existen actividades agrarias en las áreas que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, se deberá cumplir con los lineamientos y normativa establecida y emitida por la Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con la Autoridad Agraria Nacional" (LOTRTA, 2016, Art. 50).		
			"Se prohíbe el cambio de uso de las tierras rurales destinadas a la conservación de recursos naturales renovables. La Autoridad Ambiental Nacional regulará y controlará el cumplimiento de estas políticas" (LOTRTA, 2016, Art. 50).		
			No se permitirá el avance de la frontera agrícola en los páramos no intervenidos que se ubiquen sobre los 3300 msnm (norte del paralelo tres latitud sur) y sobre los 2700 msnm (al sur del paralelo). Esto, también aplica para áreas naturales protegidas y en territorios con elevada biodiversidad o que brinden servicios ambientales (LOTRTA, 2016, Art. 50).		
Legislación ambiental aplicable para práctica de enduro					
1	Código Orgánico del Ambiente (COA).	Infraacciones muy graves	"La quema, destrucción o afectación al ecosistema de bosque natural y ecosistemas frágiles tales como páramos, humedales, manglares, moretales, ecosistemas marinos y marinos costeros. Para esta infracción se aplicará, según corresponda, la sanción contenida en el numeral 2 del artículo 320" (COA, 2017. Art. 318 - Num. 4.-4)		

2	Código Orgánico Integral Penal (COIP).	Invasión de áreas de importancia ecológica	<i>La persona que invada las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o ecosistemas frágiles, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años. (COIP, 2014, Art. 245).</i>
		Delitos contra el suelo	<i>La persona que contraviniendo la normativa vigente, en relación con los planes de ordenamiento territorial y ambiental, cambie el uso del suelo forestal o el suelo destinado al mantenimiento y conservación de ecosistemas nativos y sus funciones ecológicas, afecte o dañe su capa fértil, cause erosión o desertificación, provocando daños graves, será sancionada con pena privativa de libertad de tres a cinco años. Se impondrá el máximo de la pena si la infracción es perpetrada en un espacio del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o si la infracción es perpetrada con ánimo de lucro o con métodos, instrumentos o medios que resulten en daños extensos y permanentes (COIP, 2014, Art. 252).</i>
		Delitos contra el agua	<i>"La persona que contraviniendo la normativa vigente, contamine, deseque o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos o realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años. Se impondrá el máximo de la pena si la infracción es perpetrada en un espacio del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o si la infracción es perpetrada con ánimo de lucro o con métodos, instrumentos o medios que resulten en daños extensos y permanentes" (COIP, 2014, Art. 251).</i>
3	Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito.	Capítulo II: De la contaminación Acústica	<i>"Cuando por cualquier circunstancia, los vehículos automotores rebasen los niveles máximos permisibles de emisión de ruido definidos en la Norma Técnica de Ruido para fuentes móviles, el responsable deberá adoptar, en un tiempo no mayor de treinta (30) días calendario, las medidas necesarias con el objeto de que el vehículo se ajuste a los niveles adecuados" (Código Municipal, 2018, Art. II.365.2).</i>
			<i>Para efectos de prevenir y controlar la contaminación por la emisión de ruido ocasionada por motocicletas, automóviles, camiones, autobuses, tractocamiones y similares, se establecen los niveles permisibles expresados en dB(A), en la Norma Técnica aprobada por Resolución No. 003 del 14 de octubre del 2005 (Código Municipal, 2018, Art. II.365.3).</i>
			<i>Se prohíbe realizar actividades de competencia automovilística en calles o predios sin protección acústica adecuada, y en lugares donde puedan causarse daños ecológicos, a la salud y a la propiedad privada; así mismo, queda prohibida la circulación de vehículos de competencia que no dispongan de protección acústica suficiente en zonas urbanas (Código Municipal, 2018, Art. II.365.4).</i>
3	Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito.	Capítulo X: Protección del Patrimonio Natural y Establecimiento del Subsistema de Áreas Naturales Protegidas del Distrito Metropolitano de Quito.	<i>DE LAS INFRACCIONES. - Las infracciones al presente capítulo se clasifican en leves y graves. Son infracciones leves: a. No informar a la DMMA sobre riesgos de daños al patrimonio natural o a las áreas del SMANP, dentro de las setenta y dos horas de haberse constatado el hecho; b. No colaborar con la entrega de información a las autoridades competentes, de acuerdo a lo establecido en este capítulo, sobre el estado del patrimonio natural o de los espacios del SMANP; y, c. Cualquiera otra que no constituya un daño inminente al patrimonio natural o a los espacios que integran el SMANP. Son infracciones graves: a. Destinar los espacios del patrimonio natural o los que integran el SMANP para fines que no sean los de conservación o de agricultura sostenible para consumo local; o fuera de las actividades previstas en el respectivo Plan de Manejo; b. Ocupar o invadir con fines de habitación o explotación comercial los espacios que integran el SMANP; c. Afectar a las laderas, cuencas hidrográficas o quebradas del distrito, con actividades incompatibles que provoquen daños sobre las mismas; d. Cazar, pescar, destruir o atentar de cualquier forma contra especies naturales de flora y fauna al interior de las áreas del SMANP o que estando fuera de las mismas se hallen en peligro de extinción o simplemente se hallen legalmente protegidas; e. Reiterar en el cometimiento de cualquier infracción leve; y, f. Toda conducta que implique destrucción y daño de origen humano, por cualquier medio y de cualquier forma, al patrimonio natural o a las áreas del SMANP, siempre y cuando no sean producto de fuerza mayor o causas naturales. Las infracciones graves se sancionarán con multa de 0,40 a 2,00 RBUM, según los factores atenuantes o agravantes, evaluadas en el procedimiento de juzgamiento. Los casos de reincidencia comprobada se sancionarán con la duplicación de las multas impuestas previamente por las Comisarias Metropolitanas de Ambiente. (Código Municipal, 2018, Art. 384.31).</i>
ELABORADO POR: Cadena y Yáñez			

ANEXO 2
MAPA DETALLE DE RUTAS DE ENDURO

Zona de Interés Hídrico San Francisco de Cruz Loma



Leyenda

- Puntos de Muestreo
- Rios
- Limite
- - - - - Vía de Motos
- Ojo de agua
- Ciénego
- Riachuelo
- Ojo de agua



1:15 000

Elaborado por	Cadena Valeria Yáñez Lizeth
Escala	1 : 15000
Proyección UTM Zona 17 S - WGS84	
Información obtenida a través del Proyecto Piloto de vinculación comunitaria entre FONAG y EPN.	

ANEXO 3
CARACTERIZACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO

Perfil y características del Suelo										
Ubicación:	Palmas									
Altitud:	4088 msnm									
Encargada/as:	Valeria Cadena									
Sitio:	1									
Distancia:	0 m									
Escenario:	No intervenido A									
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones		
0-16	43	Masiva	Si	10%	Más o menos	NP	Más o menos			
16-30	42	Masiva	Si	10%	-	NP	Más o menos			
30-55	33	Masiva	Si	20%	-	Semi	Si			
55-68	66	Granular	No	10%	-	P	Más o menos			
68-89	62	Granular	No	50%	-	NP	Si			
89 en adelante	76	Granular	No	5%	Si	NP	No			
Perfil y características del Suelo										
Ubicación:	Palmas									
Altitud:	4090 msnm									
Encargada/as:	Valeria Cadena									
Sitio:	1									
Distancia:	12.5 m									
Escenario:	No intervenido A									
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones		
0-14	32	Masiva	Si	10%	Más o menos	NP	Más o menos			
14-44	33	Masiva	Si	10%	Más o menos	NP	Más o menos			
44-54	74	Granular	Si	5%	Si	NP	No			
54-60	54	Grano Suelto	No	10%	Más o menos	NP	Más o menos			
60-80	43	Grano Suelto	No	10%	Más o menos	NP	Más o menos			
80 en adelante	31	Prismático	No	20%	Más o menos	Semiplástico	Si			
Perfil y características del Suelo										

Ubicación:	Palmas							Observaciones
Altitud:	4093 msnm							
Encargada/as:	Valeria Cadena							
Sitio:	1							
Distancia:	25 m							
Escenario:	No intervenido A							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	
0-10	42	Masiva	Bastantes	20%	No	NP	Más o menos	
10-30	43	Masiva	Bastantes	20%	No	Semi	Sí	
30-40	32	Granular	Más o menos	10%	No	No	No	
40-66	53	Masiva	No	10%	No	No	No	
66-100	64	Granular	No	5%	Sí	No	No	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Palmas							
Altitud:	4088 msnm							
Encargada/as:	Valeria Cadena							
Sitio:	1							
Distancia:	0 m							
Escenario:	Intervenido B							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	
0-20	53	Granular	No	10%	Sí	No plástico	No	
20-50	43	Prismática	Pocas	5%	No	Semiplástico	No	
50-74	36	Semigranular	No	5%	Sí	No plástico	No	
74-90	68	Granular	No	5%	Sí	No plástico	No	
90 en adelante	82	Grano Suelto	No	2%	Sí	No plástico	No	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Palmas							
Altitud:	4090 msnm							
Encargada/as:	Valeria Cadena							
Sitio:	1							

Tiene cal.

Distancia:	12.5 m							
Escenario:	Intervenido B							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-13	42	Granular	No	35%	Semifriable	No Plástico	No	
13-42	53	Blocosa	No	20%	No friable	No Plástico	No	
42-57	63	Grano Suelto	No	30%	No friable	No Plástico	No	
57-100	33	Masiva	No	15%	Más o menos	Plástico	No	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Palmas							
Altitud:	4091 msnm							
Encargada/as:	Valeria Cadena							
Sitio:	1							
Distancia:	25 m							
Escenario:	Intervenido B							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-25	41	Prismática	Si	15%	Más o menos	No plástico	No	
25-42	51	Granular	Si	15%	Más o menos	No plástico	No	
42-48	74	Grano suelto	Si	7%	Si	No plástico	No	
48-60	61	Grano suelto	Si	13%	Si	No plástico	No	
60-77	63	Grano suelto	Si	20%	Si	No plástico	No	
77 en adelante	23	Masiva	Si	5%	No	Semiplástico	No	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Loma Gorda							
Altitud:	4118 msnm							
Encargada/as:	Valeria Cadena							
Sitio:	2							
Distancia:	0 m							
Escenario:	No Intervenido A							

Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-9	45	Granular	Sí	5%	Más o menos	No	No	
9-26	22	Masiva	Un poco	10%	No	Más o menos	Sí	
26-48	32	Masiva	Un poco	10%	No	Sí	Más o menos	Presencia de cascajo
48-74	63	Grano suelto	No	25%	Sí	No	No	
74-117	21	Masiva	No	20%	No	Sí	Sí	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Loma Gorda							
Altitud:	4118 msnm							
Encargada/as:	Valeria Cadena							
Sitio:	2							
Distancia:	12.5 m							
Escenario:	No Intervenido A							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-19	33	Masiva	Sí	10%	No	Sí	Sí	
19-30	45	Bloques	Un poco	10%	No	No	No	
30-59	63	Grano Suelto	No	16%	Sí	No	No	
59-100	22	Masiva	No	20%	No	Sí	Más o menos	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Loma Gorda							
Altitud:	4121 msnm							
Encargada/as:	Valeria Cadena							
Sitio:	2							
Distancia:	25 m							
Escenario:	No Intervenido A							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-12	31	Masiva	Sí (muchas)	10%	No	Sí	Sí	

Perfil y características del Suelo										
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones		
12-32	32	Masiva	Sí	10%	No	Sí	Sí			
32-46	33	Masiva	No	5%	No	No	No			
46-71	63	Grano suelto	No	15%	Sí	No	No			
71-100	25	Masiva	No	25%	No	Más o menos	Sí			
Perfil y características del Suelo										
Ubicación:	Loma Gorda									
Altitud:	4118									
Encargada/as:	Valeria Cadena									
Sitio:	2									
Distancia:	0 m									
Escenario:	Intervenido B									
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones		
0-11	22	Masiva	No	15%	No	Sí	Sí			
11-27	33	Grano suelto	Sí	25%	Sí	Sí	No			
27-50	23	Masiva	No	25%	No	Sí	Sí			
50-82	63	Grano Suelto	Sí	15%	Sí	No	No			
82-100	22	Grano Suelto	No	25%	No	No	No			
Perfil y características del Suelo										
Ubicación:	Loma Gorda									
Altitud:	4120 msnm									
Encargada/as:	Valeria Cadena									
Sitio:	2									
Distancia:	12.5 m									
Escenario:	Intervenido B									
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones		
0-9	32	Masiva	Sí	15%	No	Más o menos	Más o menos			
9-29	43	Masiva	Sí	10%	Más o menos	No	No			
29-39	45	Masiva	Más o menos	10%	Más o menos	No	No			
39-58	22	Masiva	No	25%	No	No	Sí			

58-80	63	Grano suelto	No	20%	Si	No	No	No
80-100	23	Granular	No	20%	No	Si	Si	Si
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Loma Gorda							
Altitud:	4121 msnm							
Encargada/as:	Valeria Cadena							
Sitio:	2							
Distancia:	25 m							
Escenario:	Intervenido B							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-10	52	Masiva	Si	2%	Si	No	Si	
10-37	32	Masiva	Un poco	5%	No	Más o menos	No	
37-53	63	Grano suelto	No	5%	Si	No	Si	
53-66	31	Granular	No	7%	Si	Semiplástico	No	
66-83	22	Masiva	No	15%	No	Si	Si	
83-100	21	Masiva	No	15%	No	Si	Si	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Cochas							
Altitud:	4200 msnm							
Encargada/as:	Lizeth Yáñez / Elizabeth Trujillo							
Sitio:	3							
Distancia:	0 m							
Escenario:	No intervenido-A							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-10	44	Granular	Si (Gruesa)	6%	Si	Más o menos	Más o menos	
10-23	34	Blocosa	Si (Fina)	8%	Más o menos	No	No	

23-46	32	Masiva	Sí (Escasas, secas, finas, gruesas)	12%	Sí	Sí	Sí	Pegajoso: mínima mezcla con cascajo, suelo bien conservado, de difícil acceso.
46-62	65	Grano Suelto	No	10%	Sí	No	No	
62-100	23-12	Masiva/Granular	No	22%	Más o menos	Sí	Sí	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Cochas							
Altitud:	4200 msnm							
Encargada/as:	Lizeth Yáñez / Elizabeth Trujillo							
Sitio:	3							
Distancia:	12.5 m							
Escenario:	No intervenido-A							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-15	44	Granular	Sí (Gran Cantidad)	51%	Sí	Más o menos	No	
15-24	43	Blocosa	Sí (Raíces Finas)	81%	Sí	No	No	
21-42	42	Masiva/Blocosa	Sí (Pero escaso, finas y gruesas)	16%	Más o menos	Sí	Sí	Gran transición entre suelo húmedo (21-42) y cascajo (70-88)
42-70	33	Granular-Grano suelto	Sí (Pero escaso, finas y gruesas)	20%	Sí	Más o menos	No	
70-88	55	Grano suelto	No	18%	Sí	No	No	
88-100	65	Masiva	No	30%	Más o menos	Sí	Sí	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Cochas							
Altitud:	4200 msnm							
Encargada/as:	Lizeth Yáñez / Elizabeth Trujillo							

Sitio: 3									
Distancia: 25 m									
Escenario: No intervenido-A									
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones	
0-13	46	Granular	Sí (Gran cantidad gruesas y finas)	5%	Sí	Más o menos	No		
12-25	35	Blocosa	Sí (Solo finas)	7%	Más o menos	No	No	Intersección entre cascajo y suelo húmedo.	
25-51	24	Masiva	Sí (Escaso finas y gruesas)	15%	Sí	Sí	Sí		
51-79	64	Grano Suelto	No	10%	Sí	No	No		
79-100	11	Granular/Masiva	No	20%	Más o menos	Sí	Sí		
Perfil y características del Suelo									
Ubicación: Cochas									
Altitud: 4200 msnm									
Encargada/as: Lizeth Yáñez									
Sitio: 3									
Distancia: 0 m									
Escenario: Intervenido B									
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones	
0-30	-	-	-	-	-	-	-	No existe horizonte de 0-30 cm. Sin vegetación y compactación total.	
30-68	33	Granular/Migajoso	Sí (Finas y muy poco)	5%	Sí	Muy poco	Más o menos		
68-92	63	Grano Suelto	No	9%	Sí	No	No		
92-122	11	Masiva/Granular	No	20%	No	Sí	Sí		
Perfil y características del Suelo									
Ubicación: Cochas									

Altitud:	4200 msnm									
Encargada/as:	Lizeth Yáñez									
Sitio:	3									
Distancia:	12.5 m									
Escenario:	Intervenido B									
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones		
0-27	-	-	-	-	-	-	-	No existe horizonte.		
27-50	22	Migajosa/Granulada	No	5%	Si	Muy poco	Más o menos	Ah de 0-27 cm/ Sin vegetación y compactación total.		
50-71	63	Grano Suelto	No	10%	Si	No	No			
71-100	11	Masiva Angular	No	20%	No	Si	Si			
Perfil y características del Suelo										
Ubicación:	Cochas									
Altitud:	4200 msnm									
Encargada/as:	Lizeth Yáñez									
Sitio:	3									
Distancia:	25 m									
Escenario:	Intervenido B									
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones		
0-32	-	-	-	-	-	-	-			
32-52	32	Granular/Masiva/Migajosa	No	4%	Si	Más o menos / Muy poco	Más o menos	Pérdida de horizonte/ 0-32 está compactado.		
52-70	63	Grano Suelto	No	6%	Si	No	No			
70-100	11	Masiva	No	10%	No	Si	Si			
Perfil y características del Suelo										
Ubicación:	Cochas									
Altitud:	4200 msnm									
Encargada/as:	Lizeth Yáñez									
Sitio:	3									
Distancia:	25 m (Cárcava grande)									
Escenario:	Intervenido B									

Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-80	-	-	-	-	-	-	-	
80-91	11	Masiva	No	20%	No	Sí	Sí	Pérdida de horizonte (compactación alta) 91
91-101	22	Grano Suelto/Masiva	No	6%	Sí	No	No	101 cm existe roca volcánica.
101-124	32	Masiva/Granular	No	6%	Sí	No	Sí	
124-135	21	Masiva/Granular	No	10%	Más o menos	Más o menos	Sí	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Loma Gorda-Pista 8							
Altitud:	4011 msnm							
Encargada/as:	Lizeth Yáñez-Elizabeth Trujillo							
Sitio:	4							
Distancia:	0m							
Escenario:	No intervenido A							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-12.2	42	Blocosa-Masiva	Sí (Gruesas, delgadas)	7%	Sí	Más o menos	Más o menos	Aún se observan raíces a profundidad 27.5-61 cm.
12.2-27.5	33	Granular	Sí (delgadas)	10%	Sí	No	No	
27.5-61	24	Masiva-Laminar	Más o menos	20%	Más o menos	Sí	Sí	
61-81.8	64	Grano Suelto	No	15%	Sí	No	No	
81.8-100	22	Masiva-Blocosa	No	30%	Más o menos	Sí	Sí	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Loma Gorda-Pista 8							
Altitud:	4011 msnm							
Encargada/as:	Lizeth Yáñez-Elizabeth Trujillo							
Sitio:	4							
Distancia:	12.5 m							
Escenario:	No intervenido A							

Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-11.2	32	Blocosa	Sí (gruesas, delgadas)	8%	Sí	Más o menos	Más o menos	
11.2-22	33	Granular	Sí (delgadas)	12%	Sí	No	No	
22-36.3	31	Masiva-Laminar	Más o menos (gruesas, delgadas, pequeñas)	25%	Más o menos	Sí	Sí	Presencia de grano suelto. Transición entre 36.3-54.6 (Blocosa Masiva) y Cascajo.
36.3-54.6	34	Blocosa-Masiva	Más o menos (delgadas)	30%	Sí	Sí	Sí	
54.6-71.5	63	Grano Suelto	No	27%	No	No	No	
71.5-100	23	Masiva-Blocosa	No	40%	Más o menos	Sí	Sí	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Loma Gorda-Pista 8							
Altitud:	4011 msnm							
Encargada/as:	Lizeth Yáñez-Elizabeth Trujillo							
Sitio:	4							
Distancia:	25 m							
Escenario:	No intervenido A							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-15	41	Blocosa	Sí (gruesas, delgadas)	5%	Sí	Más o menos	No	
15-25	56	Granular	Sí (delgadas)	9%	Sí	No, sin embargo es compacta	Más o menos	Presencia de toronjil

Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
25-45.8	22	Masiva-Blocosa	Más o menos (finas y gruesas)	18%	Más o menos	Si	Si	Presencia de tonalidad naranja (15-25).
45.8-63.2	55	Grano Suelto	No	15%	Si	No	No	
63.2-100	12	Masiva-Laminar	No	30%	Más o menos	Si	Si	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Loma Gorda-Pista 8							
Altitud:	4011 msnm							
Encargada/as:	Lizeth Yáñez							
Sitio:	4							
Distancia:	0 m							
Escenario:	Intervenido B							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-9.5	-	-	-	-	-	-	-	
9.5-47	21	Granular/Masiva	Si (Más o menos, raíces delgadas)	15%	Si	Más o menos	Más o menos	Debido a la compactación se perdió este horizonte. Existe cárcava.
47-64	53	Grano Suelto	No	10%	Si	No	No	
64-80	23	Masiva	No	15%	No	Si	Si	
80-112	12	Masiva	No	25%	No	Si	Si	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Loma Gorda							
Altitud:	4011 msnm							
Encargada/as:	Lizeth Yáñez							
Sitio:	4							
Distancia:	12,5 m							
Escenario:	Intervenido B							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones

Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-10.5	-	-	-	-	-	-	-	Se pierde el horizonte de 0 -10.5 cm hay hueco.
10.5-44	11	Masiva / Granula	Sí (finas)	15%	Más o menos	Más o menos	Sí	
44-71	53	Grano Suelto	No	10%	Sí	No	No	
71-12.6	12	Masiva	No	25%	No	Sí	Sí	
Perfil y características del Suelo								
Ubicación:	Loma Gorda (Planada)							
Altitud:	4011 msnm							
Encargada/as:	Lizeth Yáñez							
Sitio:	4							
Distancia:	25 m							
Escenario:	Intervenido B							
Horizontes	Color	Estructura	Raíces (Cantidad)	Humedad	¿Es friable? (Se desmenuza con facilidad)	Plasticidad (Material que puede ser moldeado)	¿Es pegajoso?	Observaciones
0-13.5	-	-	-	-	-	-	-	Pérdida del horizonte de 0 a 13.5 cm. 13.5 - 49
13.5-49	11	Masiva / Granula	Sí (muy poco)	15%	Más o menos	Más o menos	Sí	Presencia de roca
49-89	53	Grano suelto	No	15%	No	No	No	calcareo y color arcilloso.
89-118	12	Masivo	No	25%	No	Sí	Sí	

ANEXO 4
CLASIFICACIÓN DE SUELO SUCS



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

ENF. No. 18 - 0203-1

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 01 de 16

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRELLA VALERIA ALEGRÍA / YÁÑEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Esprella Valeria Alegria / Yáñez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-253 Y Andalucía (Epm)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

MUESTRA: P1A1

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA: ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 146.20	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	2.64	2.4	2.4	97.6
No. 10	2.000	4.55	4.2	6.6	93.4
No. 20	0.850	7.49	5.9	13.5	86.5
No. 40	0.425	17.73	16.3	29.9	70.1
No. 200	0.075	33.06	30.5	60.3	39.7
PASA 200	-	43.06	39.7	100.0	0.0
TOTAL		108.55			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S73	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 689 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	N60	63.20	49.48	9.70	34.48
2	A003	60.60	47.57	10.20	34.87
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	35	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			



Ing. Mercedes Vilacis
JEFE DE LABORATORIO





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

ENF. No. 18 - (063-1)

Quito, 22 de octubre de 2013

Hoja 02 de 16

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRELLA VALERIA ALEGRIA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Esprella Valeria Alegria / Yáñez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-253 Y Andalucía (Epr)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

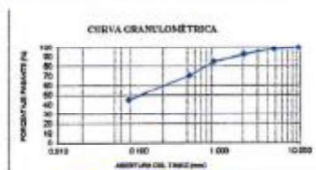
MUESTRA: P1A2

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 100.07	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	1.40	2.0	2.0	98.0
No. 10	2.000	3.96	5.7	7.8	92.2
No. 20	0.850	5.13	7.5	15.3	84.7
No. 40	0.425	10.01	14.6	29.9	70.1
No. 200	0.075	17.24	25.1	55.0	45.0
PASA 200	-	30.86	45.0	100.0	0.0
TOTAL		68.58			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S73	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S46	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	L337	63.80	47.15	10.00	44.82
2	L101	64.20	46.77	9.70	47.02
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	46	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		



[Firma manuscrita]
Ing. Mercedes Villica





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

DNF. No. 18 - 0263-I

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 03 de 16

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRIELLA VALERIA ALEGRIA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Capriella Valeria Alegría / Yánez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guayana E11-253 Y Andalucía (Esn)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DEL RÍO CINTO

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

MUESTRA: P1B1

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA: ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 101.86	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	1.11	1.5	1.5	98.5
No. 10	2.000	3.73	5.2	6.7	93.3
No. 20	0.850	4.46	6.2	12.9	87.2
No. 40	0.425	8.20	11.3	24.2	75.8
No. 200	0.075	26.46	39.3	63.5	36.5
PASA 200	-	26.44	36.5	100.0	0.0
TOTAL		72.40			

LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S7	0	0.00	0.00	0.00	***
S73	0	0.00	0.00	0.00	***

LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***

CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	LS47	75.56	56.73	10.50	40.73
2	L91	63.63	48.22	10.05	40.90

RESÚMEN DE RESULTADOS					
W =	41	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%

CLASIFICACIÓN SUCS:	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
---------------------	----	--



Ing. Mercedes Villocis
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300
Ext.: 1609



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INP No. 18 - 0263-1

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 04 de 10

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRIELLA VALERIA ALEGRÍA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Espriella Valeria Alegría / Yánez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-253 Y Andalucía (Epr)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

MUESTRA: P182

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA: ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 87.53	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	3.43	5.8	5.8	94.2
No. 10	2.000	5.53	9.3	15.1	84.9
No. 20	0.850	9.24	10.5	25.6	74.4
No. 40	0.425	9.94	11.7	37.3	62.7
No. 200	0.075	14.37	24.2	61.5	38.5
PASA 200	-	22.86	38.5	100.0	0.0
TOTAL		59.37			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S75	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 600		ASTM D 2216-10			
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	N7	67.43	48.73	9.63	47.83
2	D41	61.43	44.83	9.52	47.01
RESÚMEN DE RESULTADOS					
W =	47	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			



Ing. Mercedes Villalobos
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 18 - 0263-1

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 05 de 16

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRIELLA VALERIA ALEGRÍA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Espriella Valeria Alegria / Yanez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-253 Y Andaluza (Epr)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

MUESTRA: P2A1

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA: ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 98.10	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	2.60	3.8	3.8	96.2
No. 10	2.000	3.34	4.9	8.8	91.2
No. 20	0.850	5.23	7.7	16.5	83.5
No. 40	0.425	10.96	18.2	32.7	67.3
No. 200	0.075	14.89	22.0	54.7	45.3
PASA 200	-	30.70	45.3	100.0	0.0
TOTAL		67.72			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S75	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	44	61.35	44.93	9.46	46.25
2	LS1413	62.35	46.59	10.29	43.42
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	43	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		



[Firma]
Ing. Mercedes Villalón
JEFE DE LABORATORIO



T-14 - 2076-100



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 19 - 05G-1

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 06 de 16

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRELLA VALERIA ALEGRÍA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Esprella Valeria Alegria / Yánez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-253 Y Andalucía (Ean)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES
HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

MUESTRA: P2A2

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 96.02	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	2.24	3.5	3.5	96.5
No. 10	2.000	8.92	13.8	17.3	82.7
No. 20	0.850	7.12	11.0	28.4	71.6
No. 40	0.425	11.84	18.5	46.9	53.1
No. 200	0.075	16.77	26.0	72.9	27.1
PASA 200	-	17.47	27.1	100.0	0.0
TOTAL		64.48			
LIMITE LIQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	---
S2	0	0.00	0.00	0.00	---
S73	0	0.00	0.00	0.00	---
LIMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LIMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	---
2	S21	0.00	0.00	0.00	---
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 680		ASTM D 2216-10			
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	M45	66.57	47.63	9.79	50.05
2	D19	66.29	47.66	9.35	47.65
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	49	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		



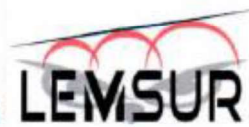
Ing. Mercedes Vilacis
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INE No. 18 - 0263-4

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 07 de 16

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRIELLA VALERIA ALEGRIA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Espriella Valeria Alegria / Yánez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-253 Y Andalucía (Epm)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES
HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

MUESTRA: P2B1

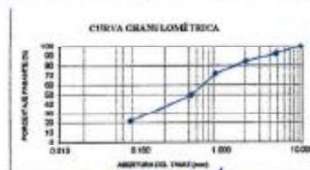
UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 95.34	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	5.55	5.8	5.8	92.0
No. 10	2.000	5.44	7.8	15.6	84.2
No. 20	0.850	8.50	12.2	28.0	72.0
No. 40	0.425	15.54	22.4	50.4	49.6
No. 200	0.075	19.43	27.9	78.3	21.7
PASA 200	-	15.06	21.7	100.0	0.0
TOTAL		89.52			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S73	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690		ASTM D 2216-10			
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	49	65.74	50.68	9.95	38.98
2	L76	63.70	49.04	9.74	37.30
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	37	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%

CLASIFICACIÓN SUCS:	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
---------------------	----	--



[Handwritten Signature]

Ing. Mercedes Villacís
JEFE DE LABORATORIO





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

DNF. No. 18 - 020-1

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 08 de 16

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRELLA VALERIA ALEGRÍA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Esprella Valeria Alegria / Yánez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-253 Y Andafacta (Epr)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RIO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

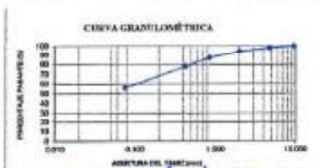
MUESTRA: P282

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RIO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA: ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 100.94	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	1.42	2.1	2.1	97.9
No. 10	2.000	2.27	3.4	5.6	94.4
No. 20	0.850	4.73	7.1	12.7	87.3
No. 40	0.425	6.09	9.2	21.9	78.1
No. 200	0.075	14.66	22.2	44.1	55.9
PASA 200	-	36.58	55.9	100.0	0.0
TOTAL		66.15			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S73	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 630		ASTM D 2216-10			
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	MC28	70.18	49.32	9.56	52.48
2	N50	66.36	46.70	9.32	52.68
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	53	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas (masas de baja plasticidad).		



Ing. Mercedes Vilasis
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 18 - 0263-1

Quito, 21 de octubre de 2018

Hoja 09 de 16

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRELLA VALERIA ALEGRIA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Esprella Valeria Alegria / Yánez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-253 Y Andalucía (Epr)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

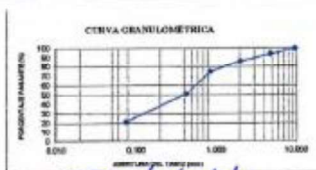
MUESTRA: P3A1

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA: ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421			ASTM D 422		PESO INICIAL: 96.52
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	5.05	6.1	6.1	93.9
No. 10	2.000	6.56	7.9	14.0	86.0
No. 20	0.850	9.53	11.5	25.5	74.5
No. 40	0.425	19.40	23.4	48.8	51.2
No. 200	0.075	24.50	29.5	78.3	21.7
PASA 200	-	17.99	21.7	100.0	0.0
TOTAL		83.05			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	---
S2	0	0.00	0.00	0.00	---
S73	0	0.00	0.00	0.00	---
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	---
2	S21	0.00	0.00	0.00	---
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 990 ASTM D 2218-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	IC21	72.88	65.80	9.26	16.07
2	IC26	74.39	64.98	9.89	17.08
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	17	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	SP =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		



[Handwritten Signature]
Ing. Mercedes Vilacis
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

DSF. No. 18 - 0267-1

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 10 de 16

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRIELLA VALERIA ALEGRIA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Espriella Valeria Alegria / Yáñez Catala Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-253 Y Andalucía (Ejra)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RIO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

MUESTRA: P3A2

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RIO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA: ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 97.54	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PESO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	2.41	3.4	3.4	96.6
No. 10	2.000	5.75	8.1	11.4	88.6
No. 20	0.850	10.96	15.4	26.8	73.2
No. 40	0.425	15.25	21.4	48.2	51.8
No. 200	0.075	18.24	25.6	73.7	26.3
PASA 200	-	18.73	26.3	100.0	0.0
TOTAL		71.34			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S73	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	M33	78.11	58.38	9.28	36.11
2	MG12	71.84	54.74	8.93	37.33
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	37	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		



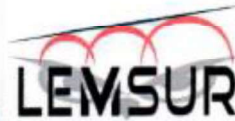
[Firma manuscrita]
Ing. Mercedes Vilacis
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 18 - 0063-J

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 11 de 16

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRIELLA VALERIA ALEGRIA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Espriella Valeria Alegria / Yáñez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-253 Y Andalucía (Epm)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

MUESTRA: P3B1

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA: ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 100.43	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	8.16	10.2	10.2	89.8
No. 10	2.000	14.57	18.2	28.4	71.6
No. 20	0.850	16.13	20.1	48.5	51.5
No. 40	0.425	15.73	19.8	68.1	31.9
No. 200	0.075	13.31	16.6	84.8	15.2
PASA 200	-	12.21	15.2	100.0	0.0
TOTAL		80.11			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S73	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	548	0.00	0.00	0.00	***
2	521	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	R27	84.28	53.40	10.82	25.43
2	D18	70.00	57.85	9.68	25.29
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	25	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	PS =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		




Ing. Mercedes Villacis
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 19 - 0263-I

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 12 de 16

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRIELLA VALERIA ALEGRÍA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Espriella Valeria Alegria / Yanez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón Do Guevara #11-253 Y Andalucía (Epr)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

MUESTRA: P062

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA: ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 93.87	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	2.57	3.9	3.9	96.1
No. 10	2.000	3.96	5.6	9.5	90.5
No. 20	0.850	5.41	8.2	17.7	82.3
No. 40	0.425	10.41	15.8	33.6	66.4
No. 200	0.075	21.87	33.0	66.6	33.4
PASA 200	-	21.96	33.4	100.0	0.0
TOTAL		65.69			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S73	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	L13	70.19	51.48	9.74	44.63
2	N47	69.39	51.91	9.29	41.01
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	43	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		



[Signature]
Ing. Mercedes Villacís
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 18 - 0363-4

Quito, 22 de octubre de 2018

Nojs 13 de 18

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRIELLA VALERIA ALEGRIA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Espriella Valeria Alegria / Yánez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-293 Y Andalucía (Epr)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES
HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PARAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

MUESTRA: PAA1

UBICACIÓN: PARAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 93.87	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	1.39	2.2	2.2	97.8
No. 10	2.000	5.98	9.3	11.5	88.5
No. 20	0.850	9.05	14.1	25.6	74.4
No. 40	0.425	12.83	20.0	45.5	54.5
No. 200	0.075	15.67	24.4	69.9	30.1
PASA 200	-	19.30	30.1	100.0	0.0
TOTAL		64.22			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4516-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S73	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4518-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	LS20	60.57	44.72	9.75	45.30
2	A008	69.50	50.46	9.97	47.02
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	46	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		



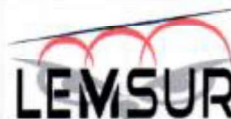
Ing. Mercedes Vilacis
JEFE DE LABORATORIO



Tel: 2976300



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 18 - 0303-I

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 14 de 10

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRIELLA VALERIA ALEGRIA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Espriella Valeria Alegria / Yánez Calota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-253 Y Andalucía (Epi)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

MUESTRA: P4A2

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 93.94	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	0.28	0.5	0.5	99.5
No. 10	2.000	3.48	5.7	6.1	93.9
No. 20	0.850	3.58	5.9	12.0	88.0
No. 40	0.425	5.91	9.7	21.8	78.4
No. 200	0.075	14.48	23.9	45.3	54.7
PASA 200	-	33.48	54.7	100.0	0.0
TOTAL		61.17			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S73	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	M49	65.19	45.78	8.37	53.31
2	N31	65.21	45.80	9.78	53.86
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	54	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%

CLASIFICACIÓN SUCS:

OL

Limas orgánicas y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.



[Firma]
Ing. Mercedes Vilacis
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 18 - 0363-1

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 15 de 18

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRIELLA VALERIA ALEGRÍA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Espriella Valeria Alegría / Yánez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-283 Y Andalucía (Epn)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES
HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

MUESTRA: P4B1

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 101.86	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	3.68	5.8	5.8	94.4
No. 10	2.000	5.79	8.8	14.4	85.6
No. 20	0.850	6.65	10.1	24.5	75.5
No. 40	0.425	9.06	13.8	38.3	61.7
No. 200	0.075	15.26	23.2	61.5	38.5
PASA 200	-	25.34	36.5	100.0	0.0
TOTAL		65.80			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CÁPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMIDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S73	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMIDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	PESO HÚMIDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CÁPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	M8	50.30	47.02	8.35	56.70
2	34	61.11	43.19	9.31	52.80
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	55	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		



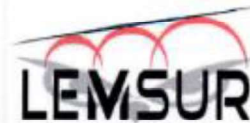
[Firma manuscrita]

Ing. Mercedes Villacís
JEFE DE LABORATORIO





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. No. 18 - 03534

Quito, 22 de octubre de 2018

Hoja 16 de 16

SOLICITA: CADENA DE LA ESPRELLA VALERIA ALEGRÍA / YÁNEZ CATOTA LIZETH ALEJANDRA
Atención: Cadena De La Esprella Valeria Alegria / Yáñez Catota Lizeth Alejandra
Dirección: Ladrón De Guevara E11-253 Y Andalucía (Epi)

PROYECTO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DEL ENDURO EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CINTO.

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

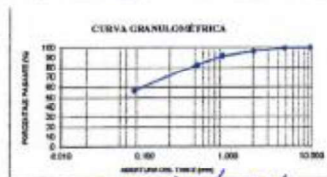
MUESTRA: P482

UBICACIÓN: PÁRAMO DEL RÍO CINTO

PROFUNDIDAD: ***

NORMA ASTM D2487-11

GRANULOMETRÍA					
NORMA: ASTM D 421		ASTM D 422		PESO INICIAL: 78.60	
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.750	0.27	0.6	0.6	99.4
No. 10	2.000	1.56	3.2	3.8	96.2
No. 20	0.850	2.20	4.5	8.3	91.7
No. 40	0.425	4.27	8.8	17.1	82.9
No. 200	0.075	12.66	26.1	43.2	56.8
PASA 200	-	27.50	56.8	100.0	0.0
TOTAL		48.56			
LÍMITE LÍQUIDO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
CAPSULA No.	No. GOLPES	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	% HUMEDAD
S145	0	0.00	0.00	0.00	***
S2	0	0.00	0.00	0.00	***
S73	0	0.00	0.00	0.00	***
LÍMITE PLÁSTICO					
NORMA: ASTM D 4318-10					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
1	S48	0.00	0.00	0.00	***
2	S21	0.00	0.00	0.00	***
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NORMA: INEN 690 ASTM D 2216-10					
PRUEBA No.	CAPSULA No.	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO CAPSULA (gr)	HUMEDAD NATURAL (%)
1	J18R	61.30	41.38	9.09	61.97
2	EV13	63.30	42.93	9.93	61.73
RESUMEN DE RESULTADOS					
W =	62	%	LP =	NP	%
LL =	NP	%	IP =	NP	%
CLASIFICACIÓN SUCS:		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.		



[Handwritten Signature]

Ing. Mercedes Villacís
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300

ANEXO 5
REPORTE DE ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA



ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS

Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340
Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec
Mejía -Ecuador



REPORTE DE ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : FONAG
Dirección : Lloa
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : Ruco Pichincha El Cinto
Provincia : Pichincha
Cantón : Quito
Parroquia : Lloa
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

No. Muestra Lab. : 109884-109895
Fecha de Muestreo : 09/08/2018
Fecha de Ingreso : 13/09/2018
Fecha de Salida : 28/08/2018

NO. DE LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DEL LOTE	% MATERIA ORGÁNICA
109884	PI A1	12.10
109885	PI A2	11.90
109886	PI A3	13.20
109887	PI A4	13.50
109888	PI A5	12.60
109889	PI A6	18.10
109890	PI B1	9.00
109891	PI B2	10.30
109892	PI B3	9.90
109893	PI B4	9.60
109894	PI B5	8.40
109895	PI B6	12.20

Ysabel Acosta

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Shirley V. Acosta

LABORATORISTA



ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS

Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340
Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec
Mejía -Ecuador



REPORTE DE ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : FONAG
Dirección : Lloa
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : El Cinto
Provincia : Pichincha
Cantón : Quito
Parroquia : Lloa
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

No. Muestra Lab. : 109908-109913
Fecha de Muestreo : 15/08/2018
Fecha de Ingreso : 17/09/2018
Fecha de Salida : 28/08/2018

NO. DE LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DEL LOTE	% MATERIA ORGÁNICA
109908	P2 A1	13.30
109909	P2 A2	12.20
109910	P2 A3	9.70
109911	P2 A4	12.70
109912	P2 A5	13.30
109913	P2 A6	12.40
109914	P2 B1	13.5
109915	P2 B2	11.6
109916	P2 B3	11.8
109917	P2 B4	10.8
109918	P2 B5	13.0
109919	P2 B6	11.7

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

LABORATORISTA



**ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS**



Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340
Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec
Mejía -Ecuador

REPORTE DE ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : FONAG
Dirección : Lloa
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : El Cinto
Provincia : Pichincha
Cantón : Quito
Parroquia : Lloa
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

No. Muestra Lab. : 109983-109984
Fecha de Muestreo : 24/08/2018
Fecha de Ingreso : 28/08/2018
Fecha de Salida : 10/09/2018

NO. DE LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DEL LOTE	% MATERIA ORGÁNICA
109983	P3A1	10.2
109984	P3A2	9.7
109985	P3A3	12.7
109986	P3A4	16.4
109987	P3A5	11.7
109988	P3A6	13.4
109989	P3B1	8.9
109990	P3B2	16.0
109991	P3B3	6.9
109992	P3B4	8.4
109993	P3B5	16.0
109994	P3B6	7.7

Jami Botagosa

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Shirley Fedelber
LABORATORISTA



ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS

Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340
 Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec
 Mejía -Ecuador



REPORTE DE ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : FONAG
 Dirección : Pichincha
 Ciudad :
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : Ruco Pichincha-Guagua Pichincha
 Provincia : Pichincha
 Cantón : Quito
 Parroquia : El Cinto
 Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

No. Muestra Lab. : 110020-110031
 Fecha de Muestreo : 31/08/2018
 Fecha de Ingreso : 04/09/2018
 Fecha de Salida : 17/09/2018

NO. DE LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DEL LOTE	% MATERIA ORGÁNICA
110020	P4 A1	13.8
110021	P4 A2	13.6
110022	P4 A3	15.6
110023	P4 A4	13.9
110024	P4 A5	13.5
110025	P4 A6	15.6
110026	P4 B1	17.1
110027	P4 B2	15.8
110028	P4 B3	12.6
110029	P4 B4	15.8
110030	P4 B5	15.6
110031	P4 B6	14.8

J. M. Borja

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

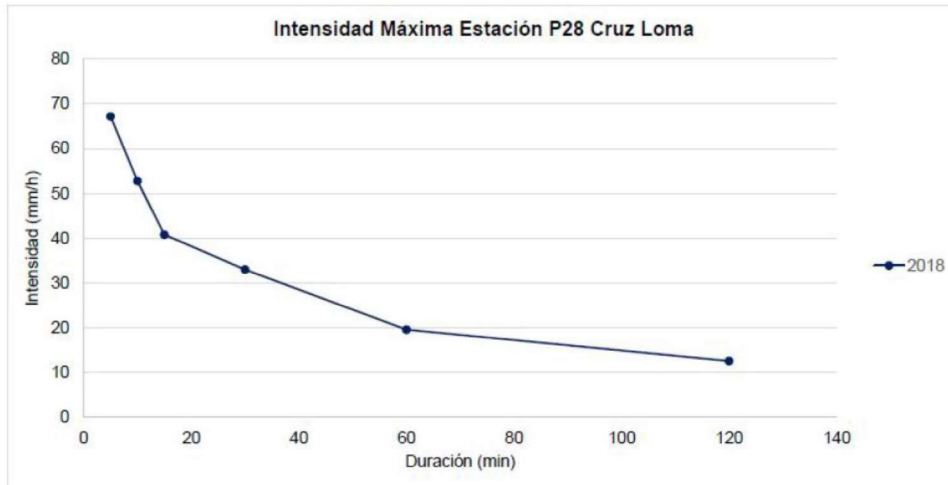
Yvonne Pineda

LABORATORISTA

ANEXO 6
INTENSIDAD MÁXIMA P28 CRUZ LOMA

Intervalo	5	10	15	30	60	120	1440
Precipitación máxima (mm)	5,6	8,8	10,2	16,5	19,6	25,2	49

INTENSIDAD (mm/h)							
Duración (min)	5	10	15	30	60	120	1440
Intervalos (h)	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	2,0	24,0
2018	67,2	52,8	40,8	33	19,6	12,6	2,04



ANEXO 7
ANÁLISIS ESTADÍSTICO ANOVA

ANOVA para la densidad aparente superficial del Sitio 1

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	0.334152	1	0.334152	33.52	7.975E-06
Within groups:	0.219305	22	0.00996839		Permutation p (n=99999)
Total:	0.553457	23			1E-05
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	0.0270153	Var(error):	0.00996839	ICC:	0.730465
<i>omega</i> ² :	0.5754				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.3345
Levene's test, from medians				p (same):	0.7574
Welch F test in the case of unequal variances: F=33.52, df=20.9, p=9.708E-06					

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.3341524	1	0.3341524	33.52120068	0.0000080	4.300949502
Dentro de los grupos	0.219304579	22	0.00996839			
Total	0.55345698	23				

ANOVA para la densidad aparente superficial del Sitio 2

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	0.017286	1	0.017286	5.411	0.02962
Within groups:	0.0702763	22	0.00319438		Permutation p (n=99999)
Total:	0.0875623	23			0.03068
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	0.0011743	Var(error):	0.00319438	ICC:	0.268801
<i>omega</i> ² :	0.1553				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.2534
Levene's test, from medians				p (same):	0.2782
Welch F test in the case of unequal variances: F=5.411, df=20.64, p=0.03028					

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.017286034	1	0.017286034	5.41139578	0.029615212	4.300949502
Dentro de los grupos	0.070276276	22	0.003194376			
Total	0.08756231	23				

ANOVA para la densidad aparente superficial del Sitio 3

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	0.0498317	1	0.0498317	4.398	0.0477
Within groups:	0.249293	22	0.0113315		Permutation p (n=99999)
Total:	0.299124	23			0.04875
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	0.00320835	Var(error):	0.0113315	ICC:	0.22066
ω^2 :	0.124				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.02032
Levene's test, from medians				p (same):	0.04197
Welch F test in the case of unequal variances: $F=4.398$, $df=18.52$, $p=0.04996$					

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.049831707	1	0.049831707	4.397635172	0.047702762	4.300949502
Dentro de los grupos	0.249292518	22	0.011331478			
Total	0.299124225	23				

ANOVA para la densidad aparente superficial del Sitio 4

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	0.0335777	1	0.0335777	12.95	0.001599
Within groups:	0.0570575	22	0.00259352		Permutation p (n=99999)
Total:	0.0906353	23			0.00168
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	0.00258202	Var(error):	0.00259352	ICC:	0.498888
ω^2 :	0.3323				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.6485
Levene's test, from medians				p (same):	0.604
Welch F test in the case of unequal variances: $F=12.95$, $df=21.21$, $p=0.00167$					

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.03357772	1	0.03357772	12.9467527	0.001598554	4.300949502
Dentro de los grupos	0.057057539	22	0.002593525			
Total	0.09063526	23				

ANOVA para la densidad aparente superficial entre escenarios

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	0.311368	1	0.311368	35.55	4.334E-08
Within groups:	0.823406	94	0.00875963		Permutation p (n=99999)
Total:	1.13477	95			1E-05
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	0.00630435	Var(error):	0.00875963	ICC:	0.418505
ω^2 :	0.2646				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.01363
Levene's test, from medians				p (same):	0.01942
Welch F test in the case of unequal variances: F=35.55, df=78.2, p=6.802E-08					

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.31136843	1	0.31136843	35.54582775	4.33409E-08	3.942303338
Dentro de los grupos	0.823405566	94	0.008759634			
Total	1.134773997	95				

ANOVA para la densidad aparente superficial global

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	0.538843	7	0.0769776	11.37	3.468E-10
Within groups:	0.595931	88	0.00677194		Permutation p (n=99999)
Total:	1.13477	95			1E-05
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	0.00585047	Var(error):	0.00677194	ICC:	0.463499
ω^2 :	0.4305				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.0002083
Levene's test, from medians				p (same):	0.01982
Welch F test in the case of unequal variances: F=8.444, df=37.42, p=3.608E-06					

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.53941024	7	0.077058606	11.37968527	3.39371E-10	2.115471719
Dentro de los grupos	0.59590025	88	0.006771594			
Total	1.13531049	95				

Resumen de valores obtenidos para la densidad aparente superficial

Densidad Aparente superficial						
Detalle	p	p < 0.05	F	F crítico	F > F crítico	Diferencia estadística significativa
P1	7.97E-06	Cumple	33.52	4.30	Cumple	Sí
P2	0.02962	Cumple	5.41	4.30	Cumple	Sí
P3	0.0477	Cumple	4.40	4.30	Cumple	Sí
P4	0.001599	Cumple	12.95	4.30	Cumple	Sí
Entre escenarios	4.33E-08	Cumple	35.55	3.94	Cumple	Sí
Global	3.468E-10	Cumple	11.37	2.12	Cumple	Sí

ANOVA para la densidad aparente a profundidad (media) entre escenarios Sitios (1 - 2 - 3 y 4)

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	0.000849303	1	0.000849303	0.05004	0.8251
Within groups:	0.373412	22	0.0169733		Permutation p (n=99999)
Total:	0.374261	23			0.8286
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	-0.00134366	Var(error):	0.0169733	ICC:	-0.0859691
<i>omega</i> ² :	0				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.8195
Levene's test, from medians				p (same):	0.8586
Welch F test in the case of unequal variances: F=0.05004, df=21.51, p=0.8251					

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.000849303	1	0.000849303	0.050037707	0.825061842	4.300949502
Dentro de los grupos	0.373411734	22	0.016973261			
Total	0.374261037	23				

ANOVA para la densidad aparente a profundidad (fondo) entre escenarios Sitios (1 - 2 - 3 y 4)

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	0.00219746	1	0.00219746	0.193	0.6647
Within groups:	0.250505	22	0.0113866		Permutation p (n=99999)
Total:	0.252703	23			0.6751
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	-0.000765762	Var(error):	0.0113866	ICC:	-0.0720999
<i>omega</i> ² :	0				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.1084
Levene's test, from medians				p (same):	0.1314
Welch F test in the case of unequal variances: F=0.193, df=17.21, p=0.6659					

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.002197463	1	0.002197463	0.192986756	0.664727035	4.300949502
Dentro de los grupos	0.25050525	22	0.011386602			
Total	0.252702713	23				

ANOVA para la densidad aparente (superficial - medio - fondo) entre escenarios Sitios (1 -2 - 3 y 4)

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	0.214229	1	0.214229	18.94	2.563E-05
Within groups:	1.60614	142	0.0113109		Permutation p (n=99999)
Total:	1.82037	143			4E-05
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	0.0028183	Var(error):	0.0113109	ICC:	0.199467
ω^2 :	0.1108				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.101
Levene's test, from medians				p (same):	0.1087
Welch F test in the case of unequal variances: F=18.94, df=132.3, p=2.675E-05					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.21422858	1	0.21422858	18.94007544	2.56288E-05	3.907781705
Dentro de los grupos	1.606142405	142	0.011310862			
Total	1.820370984	143				

Resumen de valores obtenidos para la densidad aparente a profundidad

Densidad Aparente a profundidad						
Detalle	p	p < 0.05	F	F crítico	F > F crítico	Diferencia estadística significativa
Profundidad (media) entre escenarios Puntos (1 -2 - 3 y 4)	0.8251	No cumple	0.05004	4.30	No cumple	No
Profundidad (fondo) entre escenarios Puntos (1 -2 - 3 y 4)	0.6647	No cumple	0.193	4.30	No cumple	No
(superficial - medio - fondo) entre escenarios Puntos (1 -2 - 3 y 4)	2.56E-05	Cumple	18.94	3.90	Cumple	Sí

ANOVA para el contenido de humedad del Sitio 1

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	1802.67	1	1802.67	13.07	0.001533
Within groups:	3033.83	22	137.902		Permutation p (n=99999)
Total:	4836.5	23			0.00097
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	138.73	Var(error):	137.902	ICC:	0.501498
ω^2 :	0.3347				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.1259
Levene's test, from medians				p (same):	0.1323
Welch F test in the case of unequal variances: F=13.07, df=18.55, p=0.0019					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1817.242112	1	1817.242112	13.19469376	0.001471691	4.300949502
Dentro de los grupos	3029.954858	22	137.7252208			
Total	4847.196969	23				

ANOVA para el contenido de humedad del Sitio 2

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	1700.17	1	1700.17	25.94	4.204E-05
Within groups:	1441.83	22	65.5379		Permutation p (n=99999)
Total:	3142	23			4E-05
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	136.219	Var(error):	65.5379	ICC:	0.675164
ω^2 :	0.5096				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.4977
Levene's test, from medians				p (same):	0.4995
Welch F test in the case of unequal variances: F=25.94, df=20.87, p=4.9E-05					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1700.166667	1	1700.166667	25.94174084	4.2042E-05	4.300949502
Dentro de los grupos	1441.833333	22	65.53787879			
Total	3142	23				

ANOVA para el contenido de humedad del Sitio 3

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	1584.38	1	1584.38	14.4	0.0009937
Within groups:	2420.58	22	110.027		Permutation p (n=99999)
Total:	4004.96	23			0.00037
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	122.862	Var(error):	110.027	ICC:	0.527558
ω^2 :	0.3583				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.1697
Levene's test, from medians				p (same):	0.2572
Welch F test in the case of unequal variances: F=14.4, df=16.3, p=0.001544					

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1584.375	1	1584.375	14.39993803	0.000993725	4.300949502
Dentro de los grupos	2420.583333	22	110.0265152			
Total	4004.958333	23				

ANOVA para el contenido de humedad del Sitio 4

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	1066.67	1	1066.67	12.56	0.001822
Within groups:	1868.67	22	84.9394		Permutation p (n=99999)
Total:	2935.33	23			0.00277
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	81.8106	Var(error):	84.9394	ICC:	0.490618
ω^2 :	0.325				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.1212
Levene's test, from medians				p (same):	0.1576
Welch F test in the case of unequal variances: F=12.56, df=18.18, p=0.002291					

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1066.666667	1	1066.666667	12.5579736	0.00182234	4.300949502
Dentro de los grupos	1868.666667	22	84.93939394			
Total	2935.333333	23				

ANOVA para el contenido de humedad entre escenarios

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	6096.09	1	6096.09	53.34	8.976E-11
Within groups:	10742.9	94	114.286		Permutation p (n=99999)
Total:	16839	95			1E-05
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	124.621	Var(error):	114.286	ICC:	0.521629
ω^2 :	0.3528				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.4489
Levene's test, from medians				p (same):	0.5261
Welch F test in the case of unequal variances: F=53.34, df=91.03, p=1.031E-10					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	6096.09375	1	6096.09375	53.34062821	8.97555E-11	3.942303338
Dentro de los grupos	10742.89583	94	114.2861259			
Total	16838.98958	95				

ANOVA para el contenido de humedad global

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	8074.07	7	1153.44	11.58	2.402E-10
Within groups:	8764.92	88	99.6013		Permutation p (n=99999)
Total:	16839	95			1E-05
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	87.8198	Var(error):	99.6013	ICC:	0.468569
ω^2 :	0.4355				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.141
Levene's test, from medians				p (same):	0.2654
Welch F test in the case of unequal variances: F=14.49, df=37.53, p=5.878E-09					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	8074.072917	7	1153.438988	11.58055859	2.40184E-10	2.115471719
Dentro de los grupos	8764.916667	88	99.60132576			
Total	16838.98958	95				

Resumen de valores obtenidos para el contenido de humedad

Contenido de Humedad						
Detalle	p	p < 0.05	F	F crítico	F > F crítico	Diferencia estadística significativa
P1	0.001533	Cumple	13.07	4.30	Cumple	Si
P2	4.20E-05	Cumple	25.94	4.30	Cumple	Si
P3	0.0009937	Cumple	14.4	4.30	Cumple	Si
P4	0.001822	Cumple	12.56	4.30	Cumple	Si
Entre escenarios	8.98E-11	Cumple	53.34	3.94	Cumple	Si
Global	2.40E-10	Cumple	11.58	2.12	Cumple	Si

ANOVA para la porosidad del Sitio 1

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	475.883	1	475.883	33.51	7.986E-06
Within groups:	312.384	22	14.1993		Permutation p (n=99999)
Total:	788.268	23			1E-05
omega²:	0.5753				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.3359
Levene's test, from medians				p (same):	0.7597
Welch F test in the case of unequal variances: F=33.51, df=20.91, p=9.71E-06					

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	475.8832042	1	475.8832042	33.51456545	0.000007986	4.300949502
Dentro de los grupos	312.3844917	22	14.19929508			
Total	788.2676958	23				

ANOVA para la porosidad del Sitio 2

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	24.624	1	24.624	5.418	0.02953
Within groups:	99.9922	22	4.5451		Permutation p (n=99999)
Total:	124.616	23			0.03154
omega²:	0.1555				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.2543
Levene's test, from medians				p (same):	0.2776
Welch F test in the case of unequal variances: F=5.418, df=20.64, p=0.0302					

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	24.62400417	1	24.62400417	5.417703949	0.029530064	4.300949502
Dentro de los grupos	99.99219167	22	4.545099621			
Total	124.6161958	23				

ANOVA para la porosidad del Sitio 3

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	71.0016	1	71.0016	4.399	0.04767
Within groups:	355.094	22	16.1406		Permutation p (n=99999)
Total:	426.096	23			0.04933
omega²:	0.1241				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.02024
Levene's test, from medians				p (same):	0.04192
Welch F test in the case of unequal variances: F=4.399, df=18.52, p=0.04993					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	71.0016	1	71.0016	4.398935193	0.0476727	4.300949502
Dentro de los grupos	355.0939333	22	16.14063333			
Total	426.0955333	23				

ANOVA para la porosidad del Sitio 4

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	47.7708	1	47.7708	12.93	0.001608
Within groups:	81.2871	22	3.69487		Permutation p (n=99999)
Total:	129.058	23			0.00161
omega²:	0.332				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.644
Levene's test, from medians				p (same):	0.5994
Welch F test in the case of unequal variances: F=12.93, df=21.2, p=0.001681					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	47.77081667	1	47.77081667	12.92896107	0.001608108	4.300949502
Dentro de los grupos	81.28711667	22	3.694868939			
Total	129.0579333	23				

ANOVA para la porosidad entre escenarios

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	443.416	1	443.416	35.54	4.336E-08
Within groups:	1172.65	94	12.475		Permutation p (n=99999)
Total:	1616.06	95			1E-05
omega²:	0.2646				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.01357
Levene's test, from medians				p (same):	0.01937
Welch F test in the case of unequal variances: F=35.54, df=78.2, p=6.805E-08					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	443.4160667	1	443.4160667	35.54446704	4.33629E-08	3.942303338
Dentro de los grupos	1172.646933	94	12.47496738			
Total	1616.063	95				

ANOVA para la porosidad global

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	767.305	7	109.615	11.36	3.481E-10
Within groups:	848.758	88	9.64497		Permutation p (n=99999)
Total:	1616.06	95			1E-05
<i>omega</i> ² :	0.4305				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.0002052
Levene's test, from medians				p (same):	0.01973
Welch F test in the case of unequal variances: F=8.446, df=37.42, p=3.601E-06					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	767.3052667	7	109.6150381	11.36499024	3.48097E-10	2.115471719
Dentro de los grupos	848.7577333	88	9.644974242			
Total	1616.063	95				

Resumen de valores obtenidos para la porosidad

Porosidad						
	p	p < 0.05	F	F crítico	F > F crítico	Diferencia estadística significativa
P1	0.0000007896	Cumple	33.51	4.301	Cumple	Sí
P2	0.02953	Cumple	5.418	4.30	Cumple	Sí
P3	0.04767	Cumple	4.399	4.301	Cumple	Sí
P4	0.001608	Cumple	12.93	4.301	Cumple	Sí
Entre escenarios	4.336E-08	Cumple	35.54	3.94	Cumple	Sí
Global	3.841E-10	Cumple	11.36	2.11	Cumple	Sí

ANOVA para la conductividad hidráulica saturada (a profundidad) del Sitio 1

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	558611	1	558611	2.838	0.1229
Within groups:	1.96802E06	10	196802		Permutation p (n=99999)
Total:	2.52663E06	11			0.1249
<i>omega</i> ² :	0.1329				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.006422
Levene's test, from medians				p (same):	0.05098
Welch F test in the case of unequal variances: F=2.838, df=5.276, p=0.1498					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	558611.2705	1	558611.2705	2.838443481	0.122935977	4.964602744
Dentro de los grupos	1968019./06	10	196801.9/06			
Total	2526630.977	11				

ANOVA para la conductividad hidráulica saturada (a profundidad) del Sitio 2

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	19164.5	1	19164.5	11.72	0.006513
Within groups:	16355.3	10	1635.53		Permutation p (n=99999)
Total:	35519.8	11			0.00233
<i>omega</i> ² :	0.4718				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.001171
Levene's test, from medians				p (same):	0.0676
Welch F test in the case of unequal variances: F=11.72, df=5.055, p=0.01845					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	19164.49643	1	19164.49643	11.71758972	0.006513494	4.964602744
Dentro de los grupos	16355.32297	10	1635.532297			
Total	35519.81939	11				

ANOVA para la conductividad hidráulica saturada (a profundidad) del Sitio 3

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	245462	1	245462	7.335	0.02199
Within groups:	334623	10	33462.3		Permutation p (n=99999)
Total:	580085	11			0.00451
<i>omega</i> ² :	0.3455				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.06727
Levene's test, from medians				p (same):	0.07144
Welch F test in the case of unequal variances: F=7.335, df=5.074, p=0.04171					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	245462.3656	1	245462.3656	7.335490271	0.021993518	4.964602744
Dentro de los grupos	334622.9857	10	33462.29857			
Total	580085.3514	11				

ANOVA para la conductividad hidráulica saturada (a profundidad) del Sitio 4

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	4069.35	1	4069.35	0.9838	0.3447
Within groups:	41364.2	10	4136.42		Permutation p (n=99999)
Total:	45433.5	11			0.3324
<i>omega</i> ² :	0				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.6033
Levene's test, from medians				p (same):	0.8358
Welch F test in the case of unequal variances: F=0.9838, df=9.382, p=0.3462					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4069.3467	1	4069.3467	0.983784994	0.344658993	4.964602744
Dentro de los grupos	41364.18757	10	4136.418757			
Total	45433.53427	11				

ANOVA para la conductividad hidráulica saturada (a profundidad) entre escenarios

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	522058	1	522058	6.399	0.01491
Within groups:	3.75293E06	46	81585.5		Permutation p (n=99999)
Total:	4.27499E06	47			0.00344
ω^2:	0.1011				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.0035
Levene's test, from medians				p (same):	0.05321
Welch F test in the case of unequal variances: $F=6.399$, $df=26.04$, $p=0.01781$					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	522058.2193	1	522058.2193	6.398909977	0.014909048	4.051748692
Dentro de los grupos	3752932.636	46	81585.49209			
Total	4274990.856	47				

ANOVA para la conductividad hidráulica saturada (a profundidad) global

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	1.91463E06	7	273518	4.635	0.0007154
Within groups:	2.36036E06	40	59009.1		Permutation p (n=99999)
Total:	4.27499E06	47			0.00128
ω^2:	0.3465				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	3.441E-07
Levene's test, from medians				p (same):	0.0004626
Welch F test in the case of unequal variances: $F=12.55$, $df=15.21$, $p=2.699E-05$					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1914628.653	7	273518.379	4.635193339	0.000715407	2.249024325
Dentro de los grupos	2360362.203	40	59009.05507			
Total	4274990.856	47				

Resumen de valores obtenidos para la conductividad hidráulica saturada (a profundidad)

Conductividad Hidráulica a profundidad						
Detalle	p	p < 0.05	F	F crítico	F > F crítico	Diferencia estadística significativa
P1	0.1229	No cumple	2.83	4.965	No cumple	No
P2	0.006513	Cumple	11.72	4.965	Cumple	Si
P3	0.02199	Cumple	7.34	4.965	Cumple	Si
P4	0.3447	No cumple	0.98	4.965	No cumple	No
Entre escenarios	0.01491	Cumple	6.40	4.052	Cumple	Si
Global	0.0007154	Cumple	4.64	2.25	Cumple	Si

ANOVA para la conductividad hidráulica saturada (superficial) entre escenarios

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	465.265	1	465.265	1.779	0.2036
Within groups:	3662.06	14	261.575		Permutation p (n=99999)
Total:	4127.32	15			0.06194
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	25.4612	Var(error):	261.575	ICC:	0.0887036
ω^2 :	0.04641				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.06643
Levene's test, from medians				p (same):	0.2635
Welch F test in the case of unequal variances: F=1.779, df=7.136, p=0.2233					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	465.2649	1	465.2649	1.778702292	0.203601637	4.600109937
Dentro de los grupos	3662.056675	14	261.5754768			
Total	4127.321575	15				

ANOVA para conductividad hidráulica saturada (superficial) global

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	2644.99	7	377.856	1.954	0.1839
Within groups:	1546.78	8	193.347		Permutation p (n=99999)
Total:	4191.77	15			0.02027
ω^2 :	0.2945				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	6.293E-130
Levene's test, from medians				p (same):	6.293E-130
Welch F test in the case of unequal variances: F=2.805, df=3.291, p=0.1982					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2644.994715	7	377.8563878	1.954286992	0.183918102	3.500463855
Dentro de los grupos	1546.779524	8	193.3474405			
Total	4191.774239	15				

Resumen de valores obtenidos para la conductividad hidráulica saturada (a superficie)

Conductividad Hidráulica a superficie						
Detalle	p	p < 0.05	F	F crítico	F > F crítico	Diferencia estadística significativa
Entre escenarios	0.173	No cumple	2.06	4.6	No cumple	No
Global	0.184	No cumple	1.95	3.50	No cumple	No

ANOVA para la materia orgánica del Sitio 1

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	40.3333	1	40.3333	11.47	0.006918
Within groups:	35.1533	10	3.51533		Permutation p (n=99999)
Total:	75.4867	11			0.00662
<i>omega</i> ² :	0.466				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.4304
Levene's test, from medians				p (same):	0.5968
Welch F test in the case of unequal variances: F=11.47, df=7,931, p=0.009661					

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	40.33333333	1	40.33333333	11.47354447	0.006917606	4.964602744	
Dentro de los grupos	35.15333333	10	3.515333333				
Total	75.48666667	11					

ANOVA para la materia orgánica del Sitio 2

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	0.12	1	0.12	0.08641	0.7748
Within groups:	13.8867	10	1.38867		Permutation p (n=99999)
Total:	14.0067	11			0.7697
<i>omega</i> ² :	0				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.8401
Levene's test, from medians				p (same):	0.7998
Welch F test in the case of unequal variances: F=0.08641, df=9.241, p=0.7753					

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	0.12	1	0.12	0.086413826	0.774797717	4.964602744	
Dentro de los grupos	13.88666667	10	1.388666667				
Total	14.00666667	11					

ANOVA para la materia orgánica del Sitio 3

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	8.67	1	8.67	0.7358	0.4111
Within groups:	117.83	10	11.783		Permutation p (n=99999)
Total:	126.5	11			0.4089
ω^2 :	0				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.06666
Levene's test, from medians				p (same):	0.4588
Welch F test in the case of unequal variances: $F=0.7358$, $df=8.026$, $p=0.4159$					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	8.67	1	8.67	0.735805822	0.411094981	4.964602744
Dentro de los grupos	117.83	10	11.783			
Total	126.5	11				

ANOVA para la materia orgánica del Sitio 4

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	2.7075	1	2.7075	1.663	0.2262
Within groups:	16.2817	10	1.62817		Permutation p (n=99999)
Total:	18.9892	11			0.2052
ω^2 :	0.05235				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.6269
Levene's test, from medians				p (same):	0.6797
Welch F test in the case of unequal variances: $F=1.663$, $df=8.642$, $p=0.2307$					

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.7075	1	2.7075	1.662913297	0.226236624	4.964602744
Dentro de los grupos	16.28166667	10	1.628166667			
Total	18.98916667	11				

ANOVA para la materia orgánica entre escenarios

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	15.9852	1	15.9852	2.425	0.1262
Within groups:	303.195	46	6.59119		Permutation p (n=99999)
Total:	319.18	47			0.1283
<i>omega</i> ² :	0.02884				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.008291
Levene's test, from medians				p (same):	0.009938
Welch F test in the case of unequal variances: F=2.425, df=39.13, p=0.1274					

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	15.98520833	1	15.98520833	2.425239842	0.12624909	4.051748692	
Dentro de los grupos	303.1945833	46	6.591186594				
Total	319.1797917	47					

ANOVA para la materia orgánica global

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	136.028	7	19.4326	4.244	0.001384
Within groups:	183.152	40	4.57879		Permutation p (n=99999)
Total:	319.18	47			0.00129
<i>omega</i> ² :	0.3212				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0.001204
Levene's test, from medians				p (same):	0.2483
Welch F test in the case of unequal variances: F=7.7, df=16.98, p=0.0002963					

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	136.028125	7	19.43258929	4.244043123	0.001384385	2.249024325	
Dentro de los grupos	183.1516667	40	4.578791667				
Total	319.1797917	47					

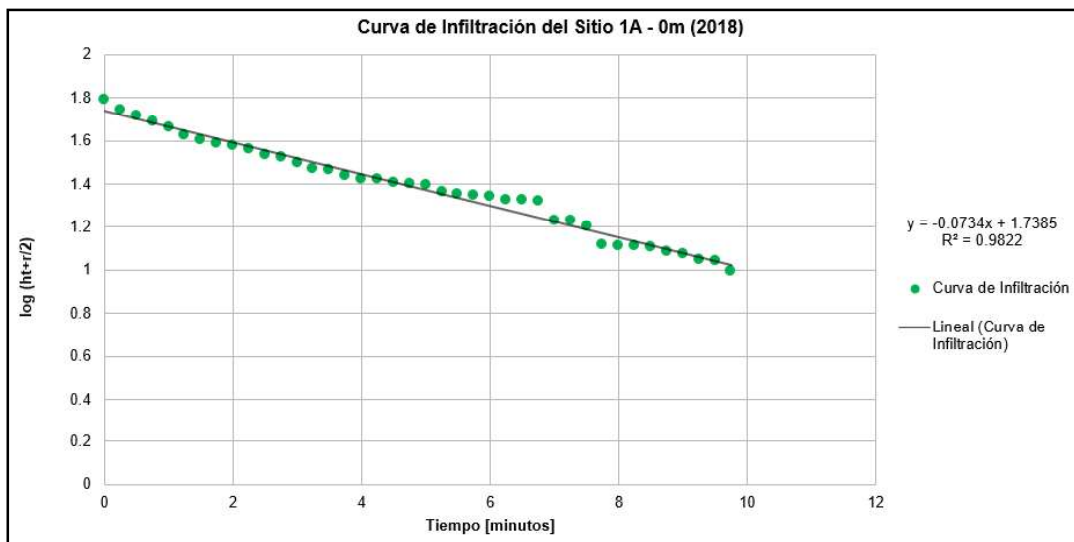
Resumen de valores obtenidos para materia orgánica

Detalle	p	p < 0.05	F	F crítico	F > F crítico	Diferencia estadística significativa
P1	0.006918	Cumple	11.47	4.96	Cumple	Sí
P2	0.7748	No cumple	0.09	4.96	No cumple	No
P3	0.4111	No cumple	0.74	4.96	No cumple	No
P4	0.2262	No cumple	1.66	4.96	No cumple	No
Entre escenarios	0.1262	No cumple	2.43	4.05	No cumple	No
Global	0.001384	Cumple	4.24	2.25	Cumple	Sí

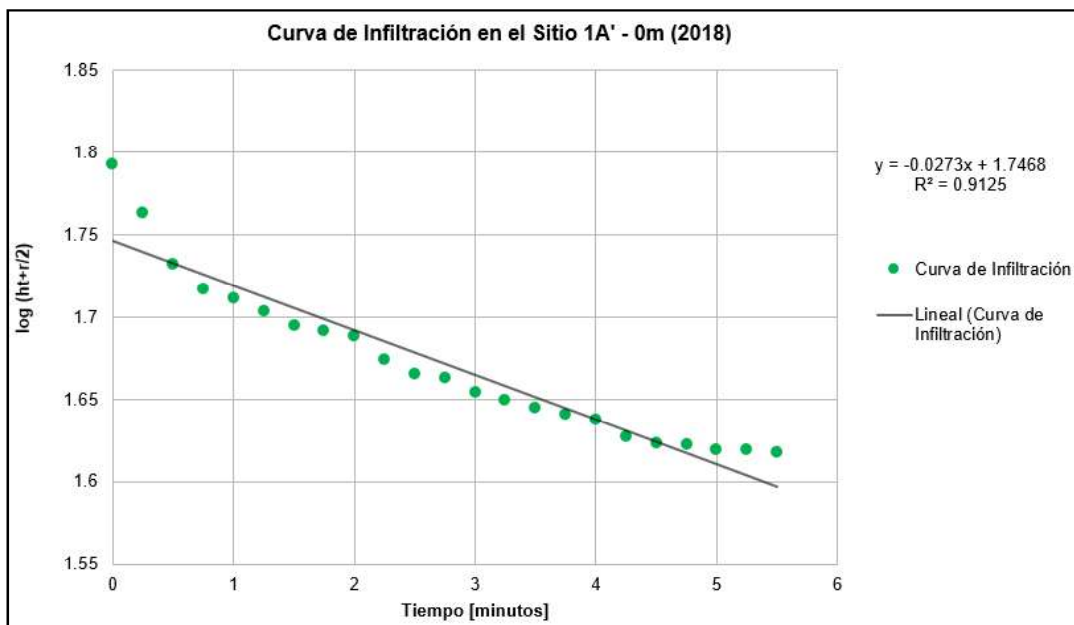
ANEXO 8
CURVAS DE INFILTRACIÓN

- Primera etapa de muestreo (agosto 2018)

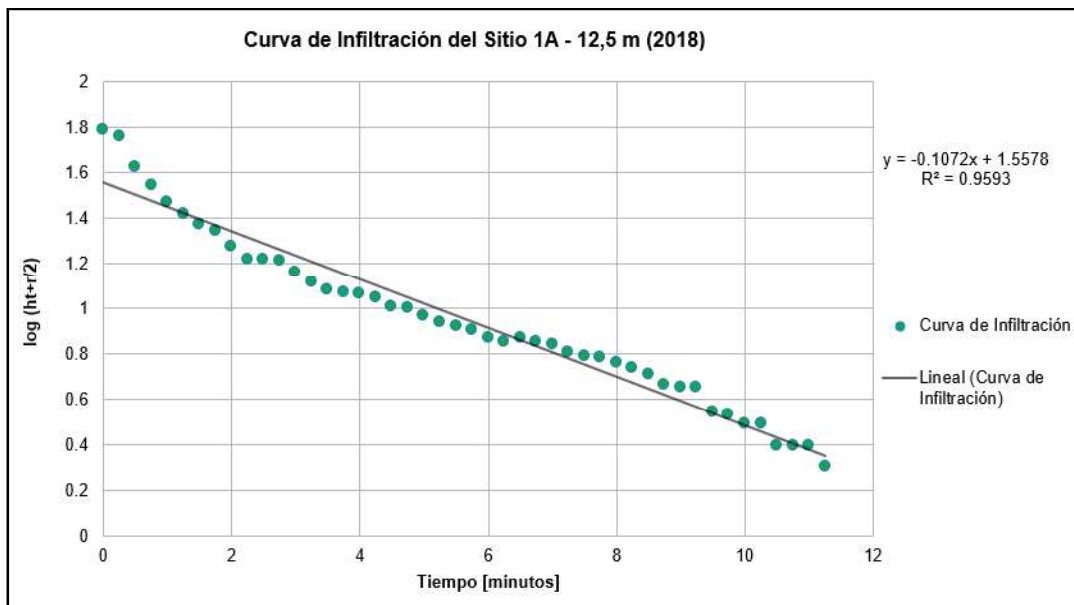
1) Curva de infiltración del Sitio 1A - Distancia 0 m - Ensayo 1



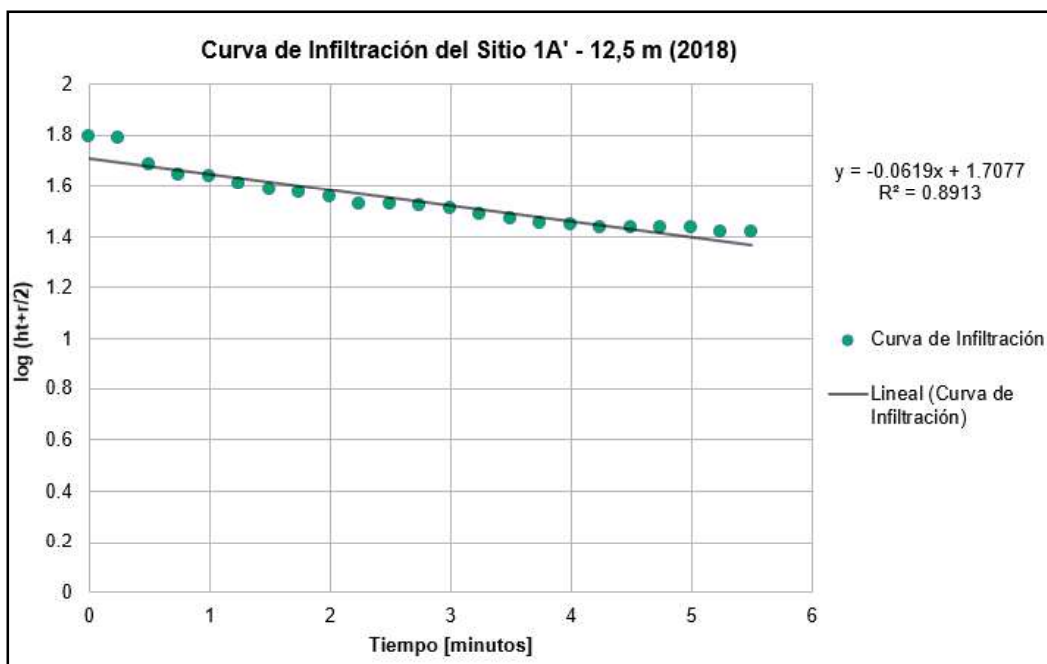
2) Curva de infiltración del Sitio 1A - Distancia 0 m - Ensayo 2



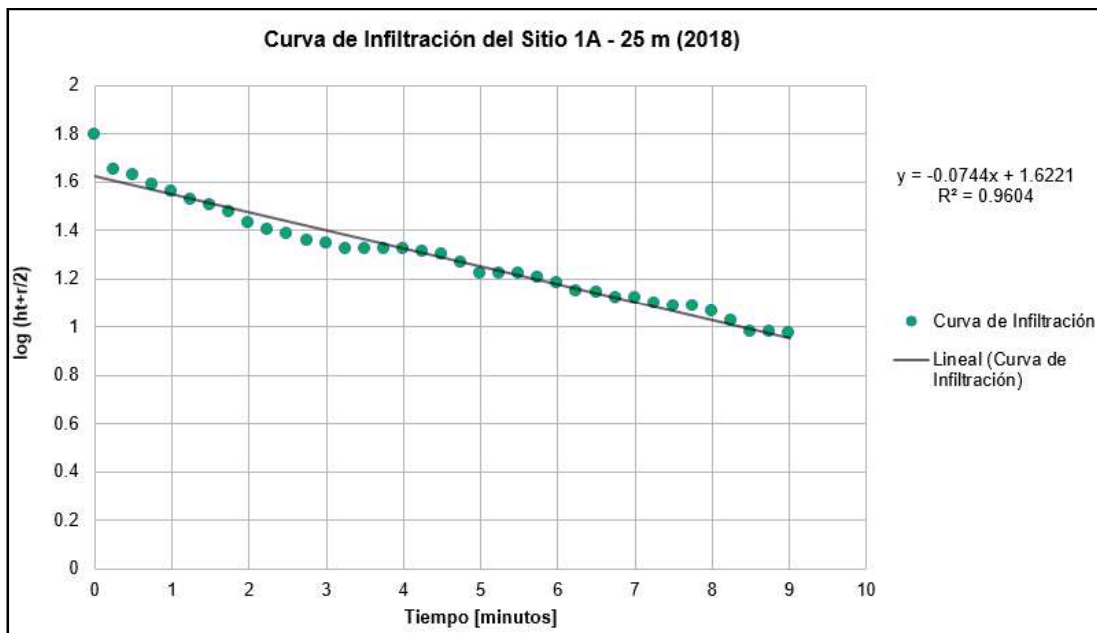
3) Curva de infiltración del Sitio 1A - Distancia 12,5 m - Ensayo 1



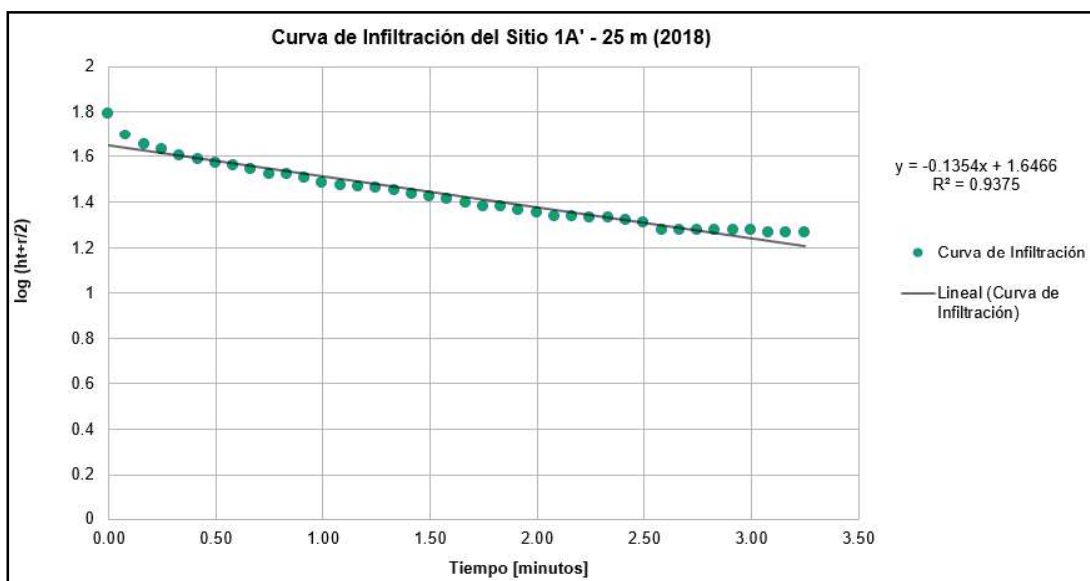
4) Curva de infiltración del Sitio 1A' - Distancia 12,5 m - Ensayo 2



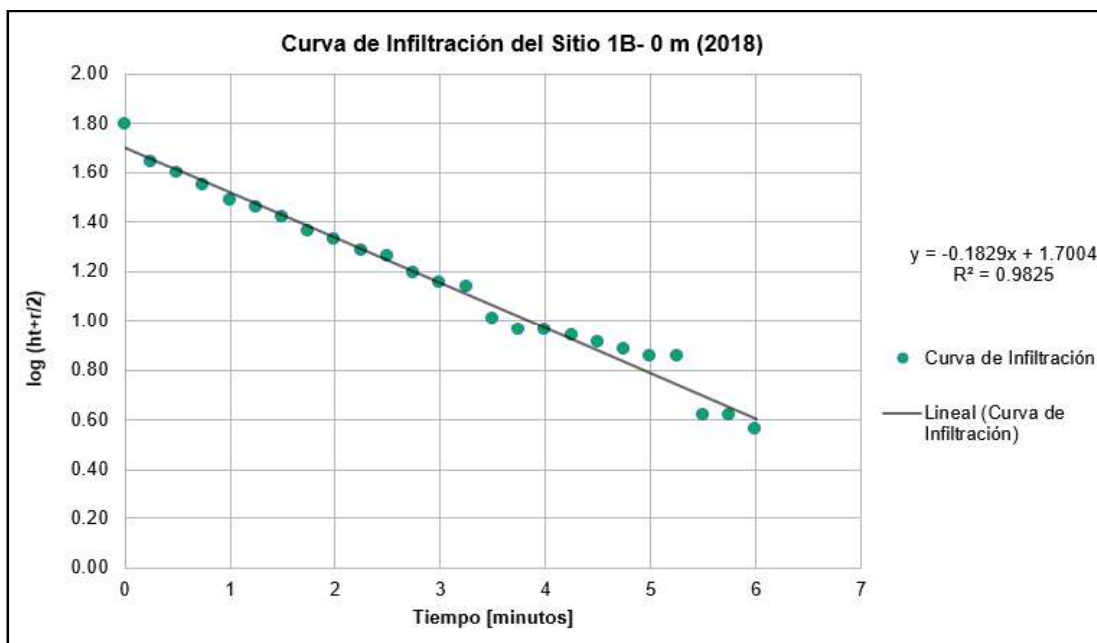
5) Curva de infiltración del Sitio 1A - Distancia 25 m - Ensayo 1



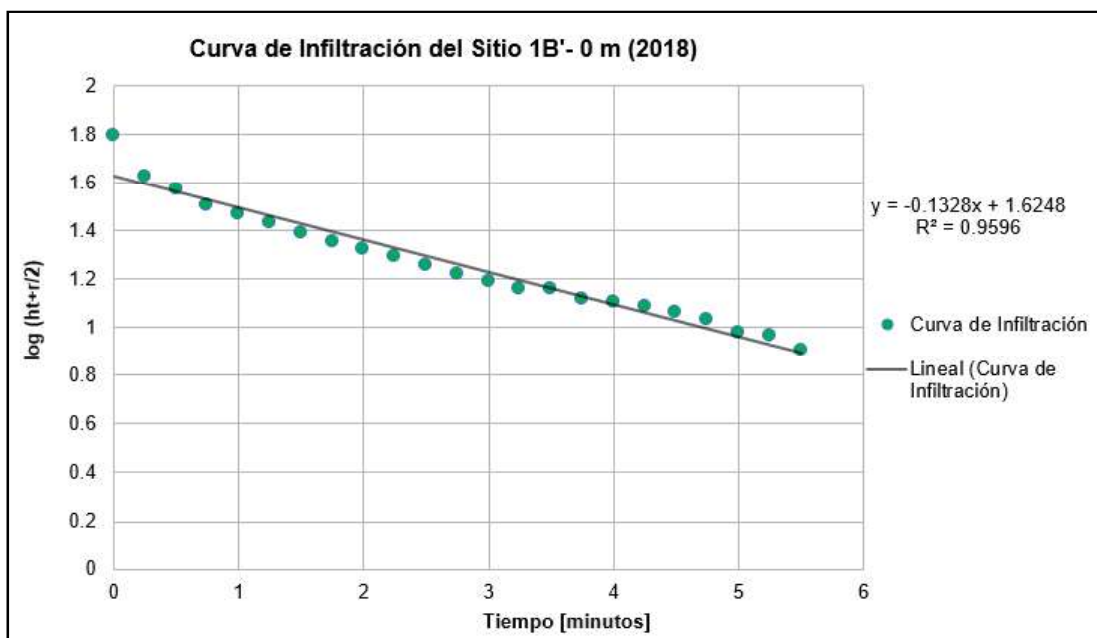
6) Curva de infiltración del Sitio 1A - Distancia 25 m - Ensayo 2



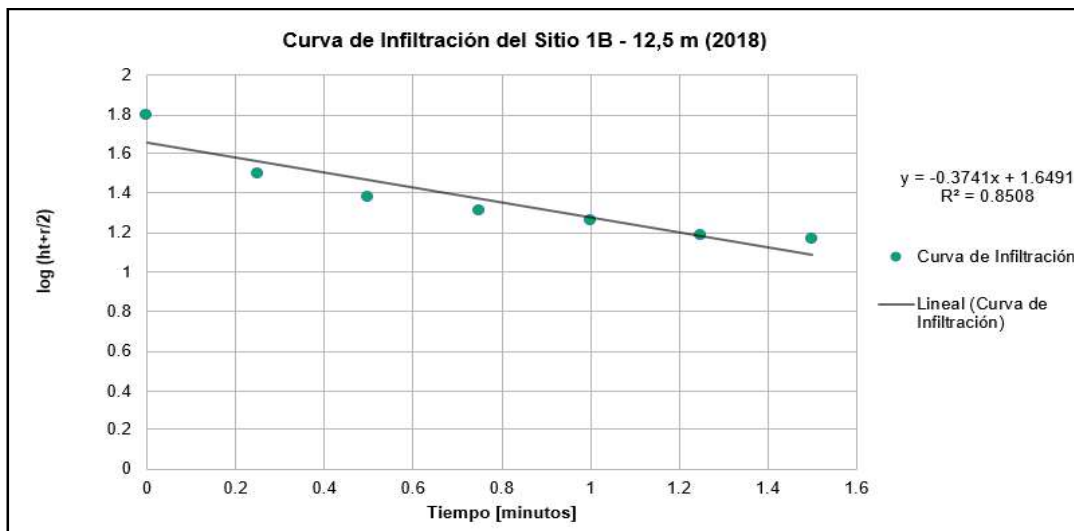
7) Curva de infiltración del Sitio 1B - Distancia 0 m - Ensayo 1



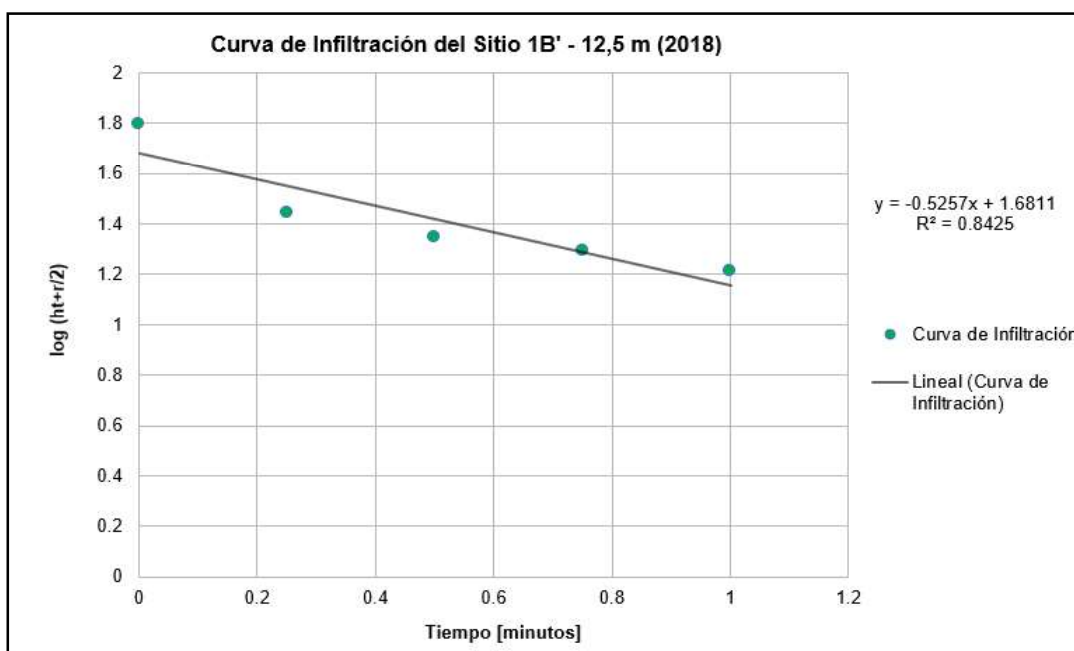
8) Curva de infiltración del Sitio 1B - Distancia 0 m - Ensayo 2



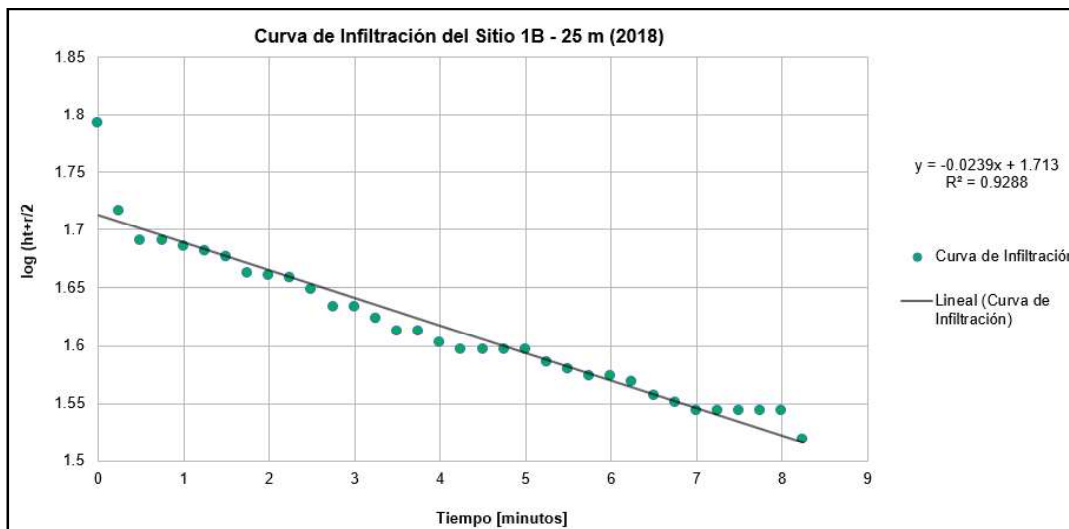
9) Curva de infiltración del Sitio 1B - Distancia 12,5 m - Ensayo 1



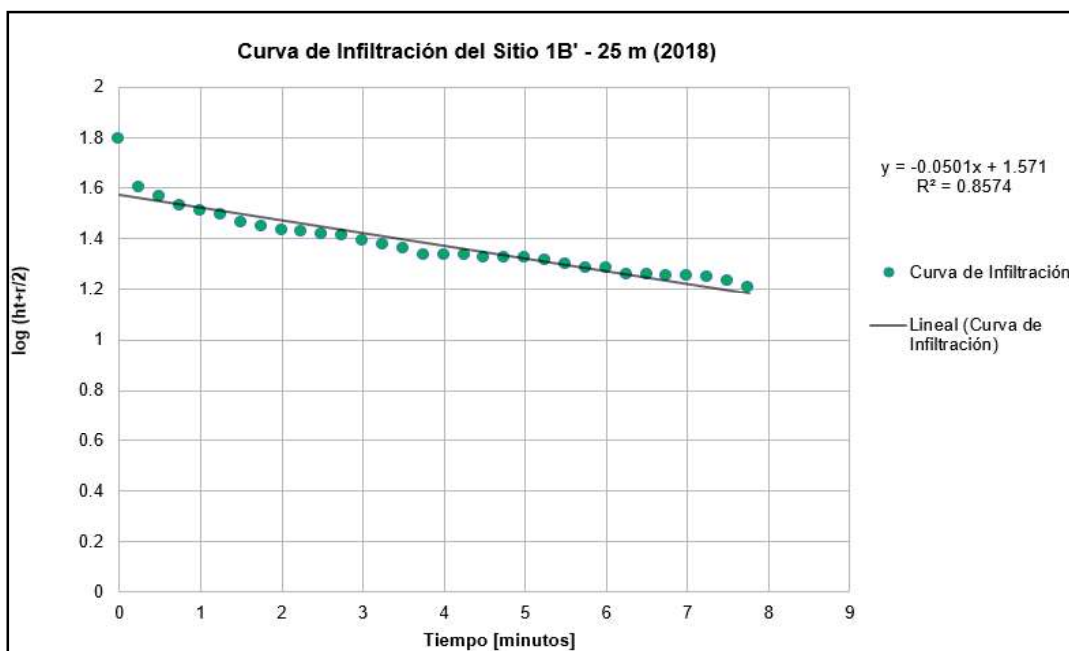
10) Curva de infiltración del Sitio 1B' - Distancia 12,5 m - Ensayo 2



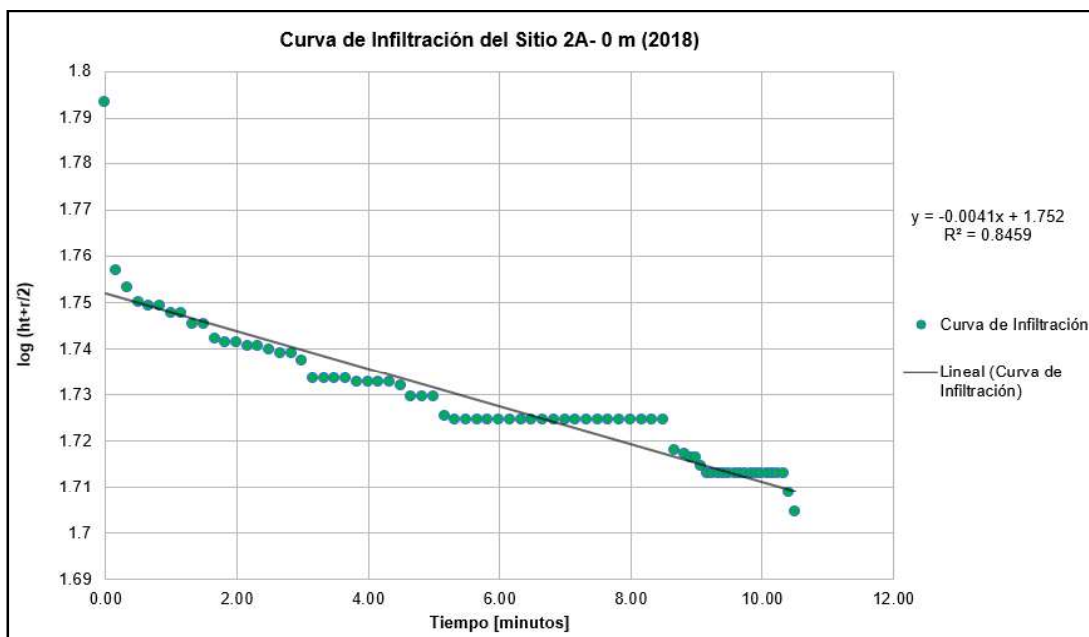
11) Curva de infiltración del Sitio 1B - Distancia 25 m - Ensayo 1



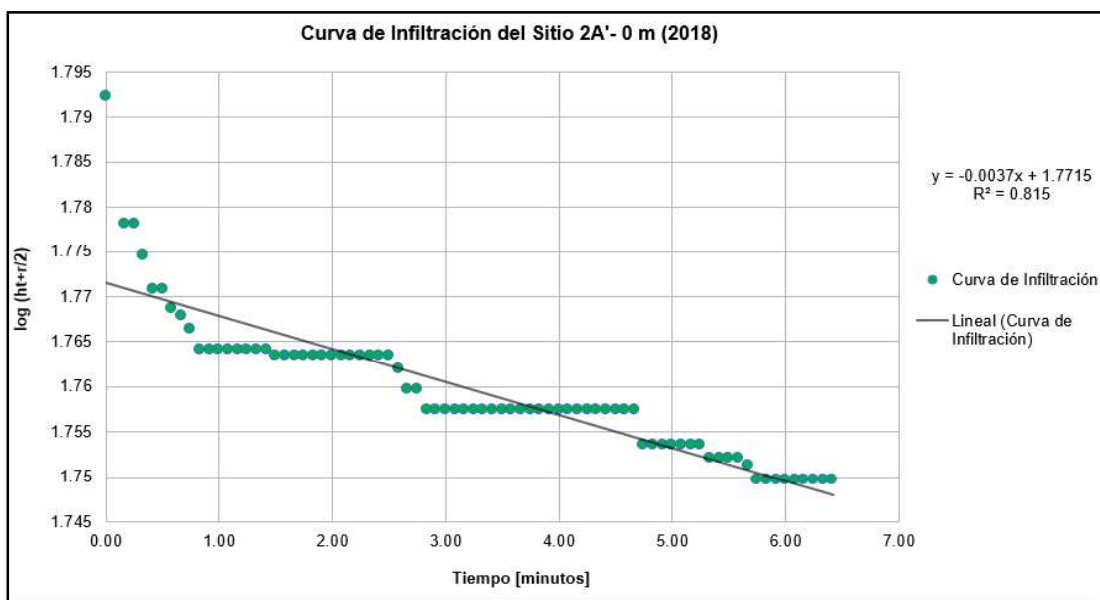
12) Curva de infiltración del Sitio 1B - Distancia 25 m - Ensayo 2



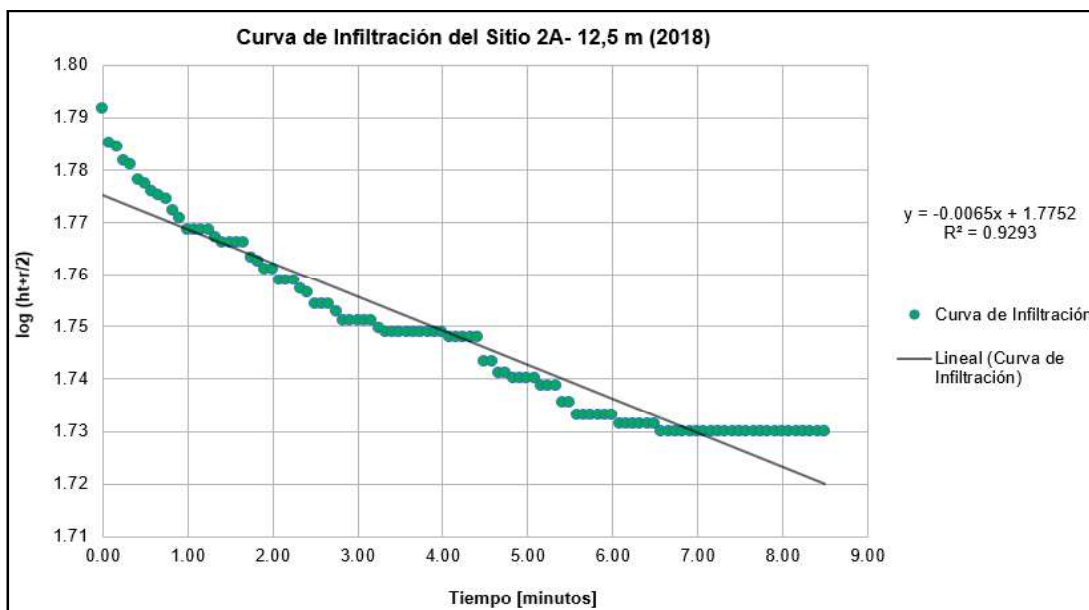
13) Curva de infiltración del Sitio 2A - Distancia 0 m - Ensayo 1



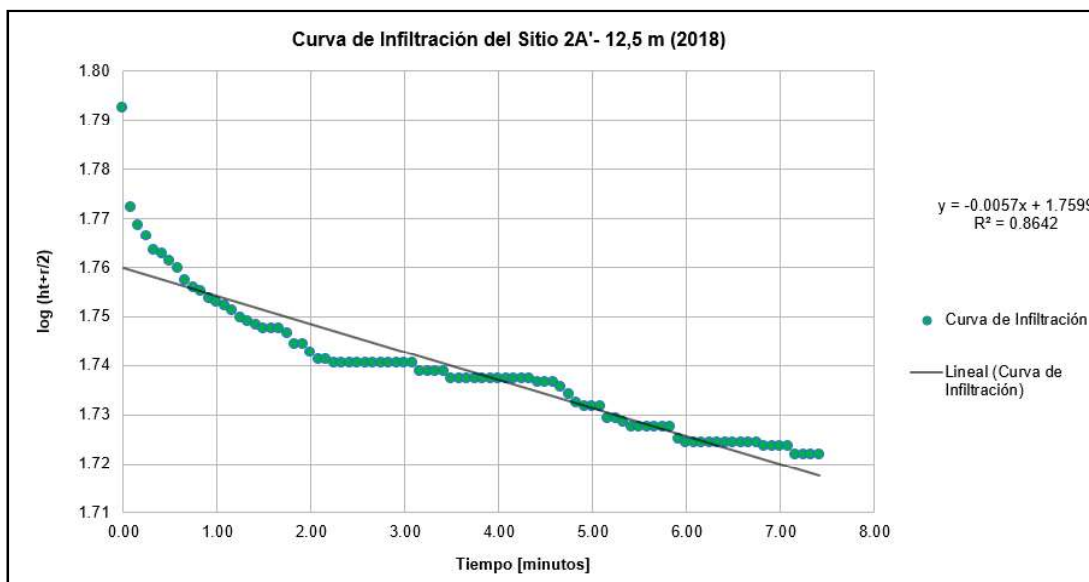
14) Curva de infiltración del Sitio 2A - Distancia 0 m - Ensayo 2



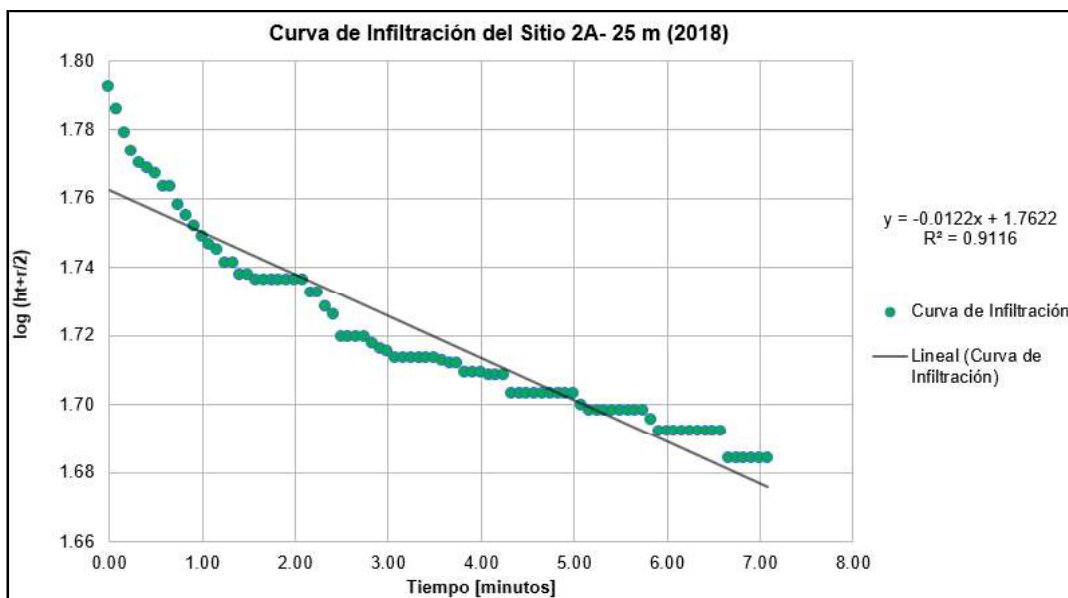
15) Curva de infiltración del Sitio 2A - Distancia 12,5 m - Ensayo 1



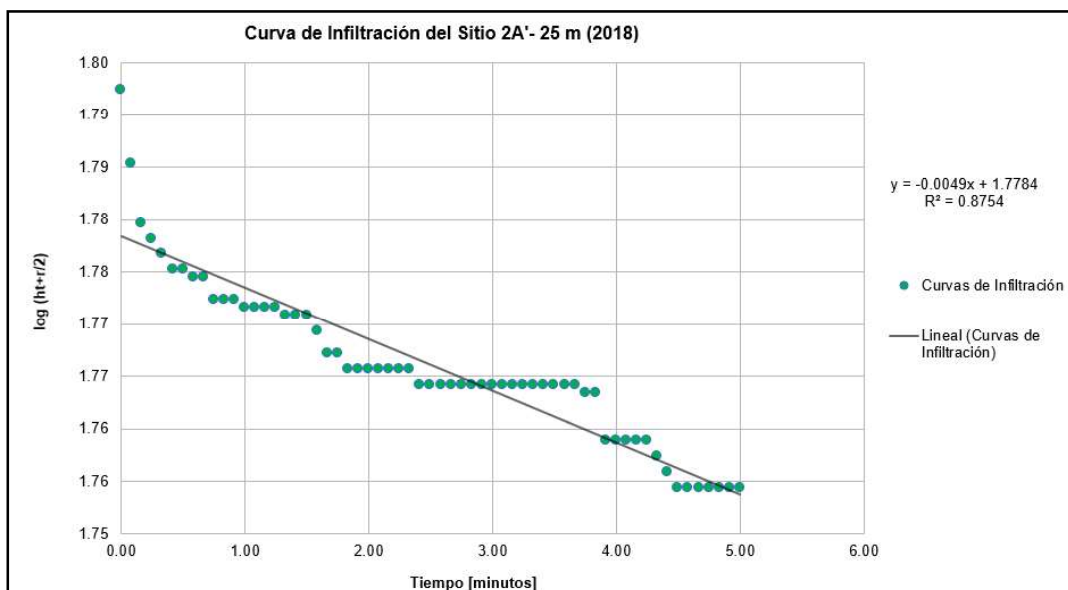
16) Curva de infiltración del Sitio 2A - Distancia 12,5 m - Ensayo 2



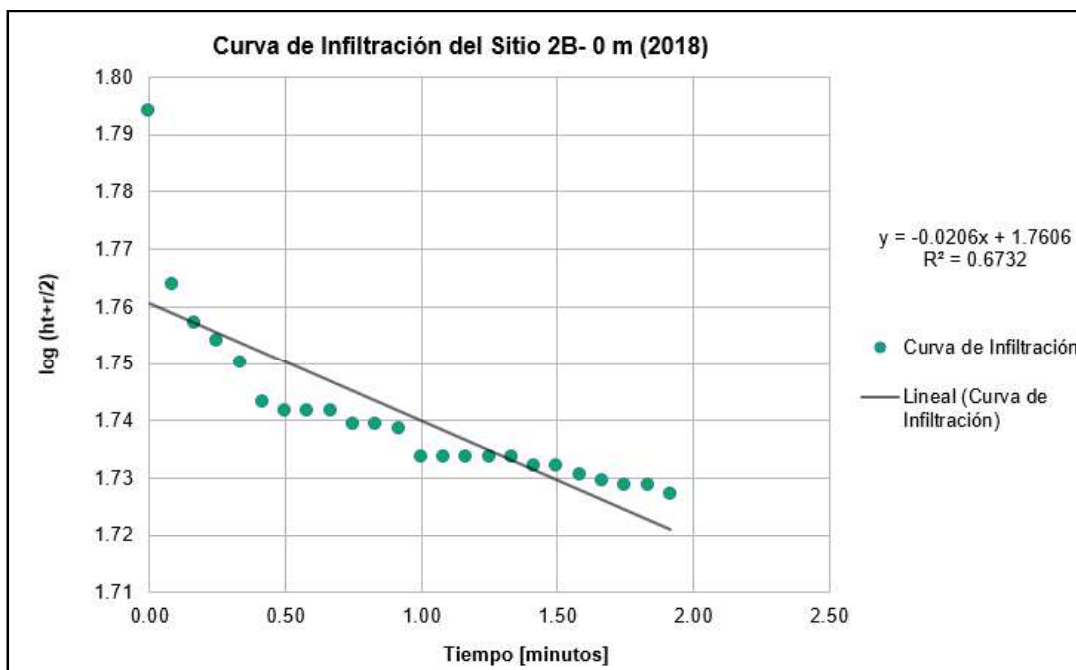
17) Curva de infiltración del Sitio 2A - Distancia 25 m - Ensayo 1



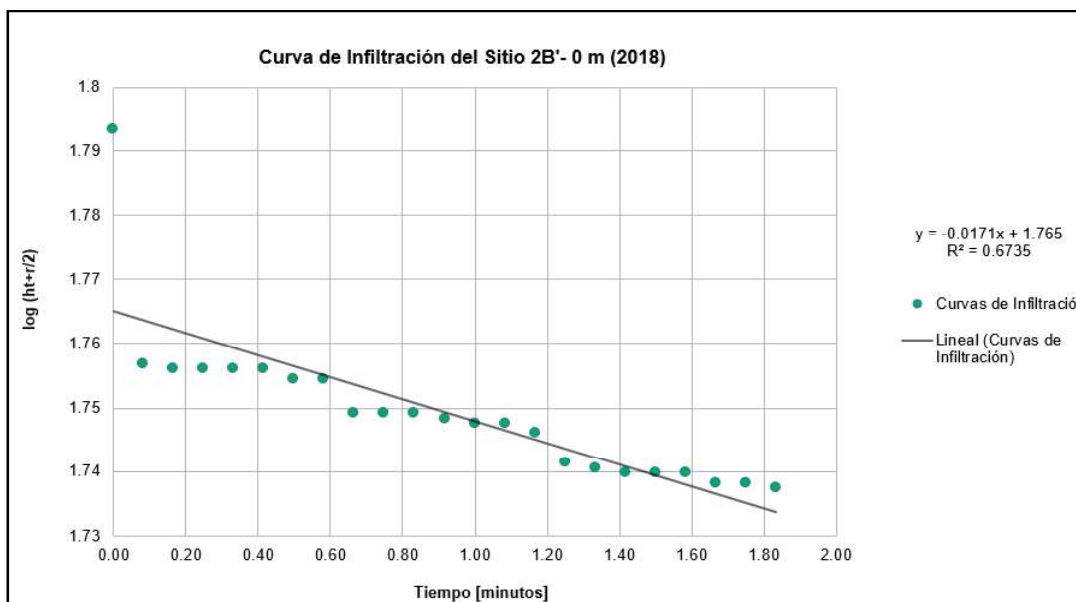
18) Curva de infiltración del Sitio 2A - Distancia 25 m - Ensayo 2



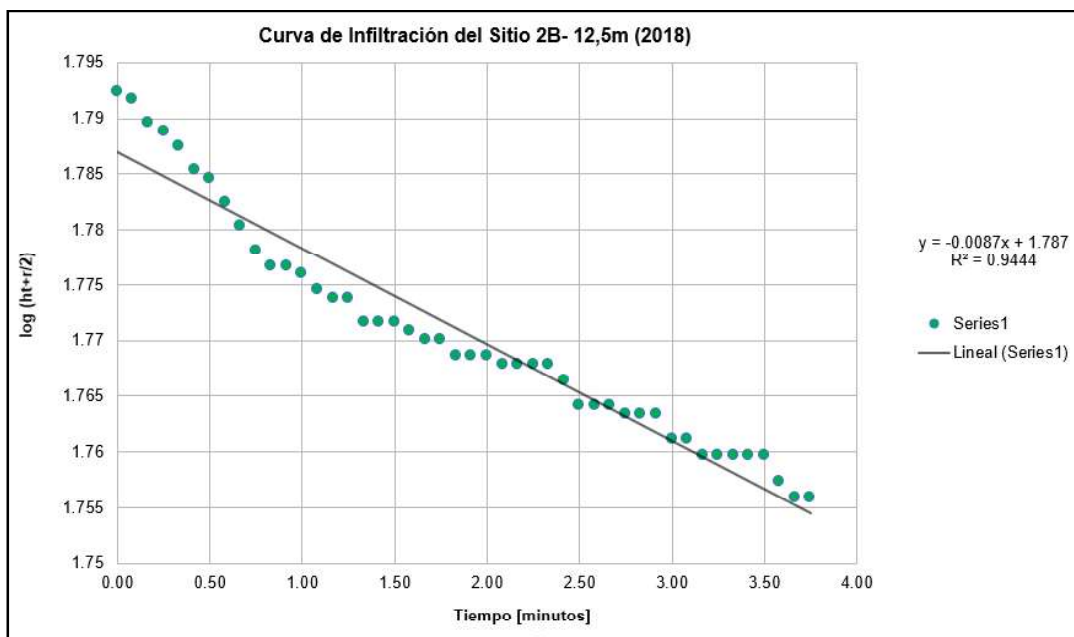
19) Curva de infiltración del Sitio 2B - Distancia 0 m - Ensayo 1



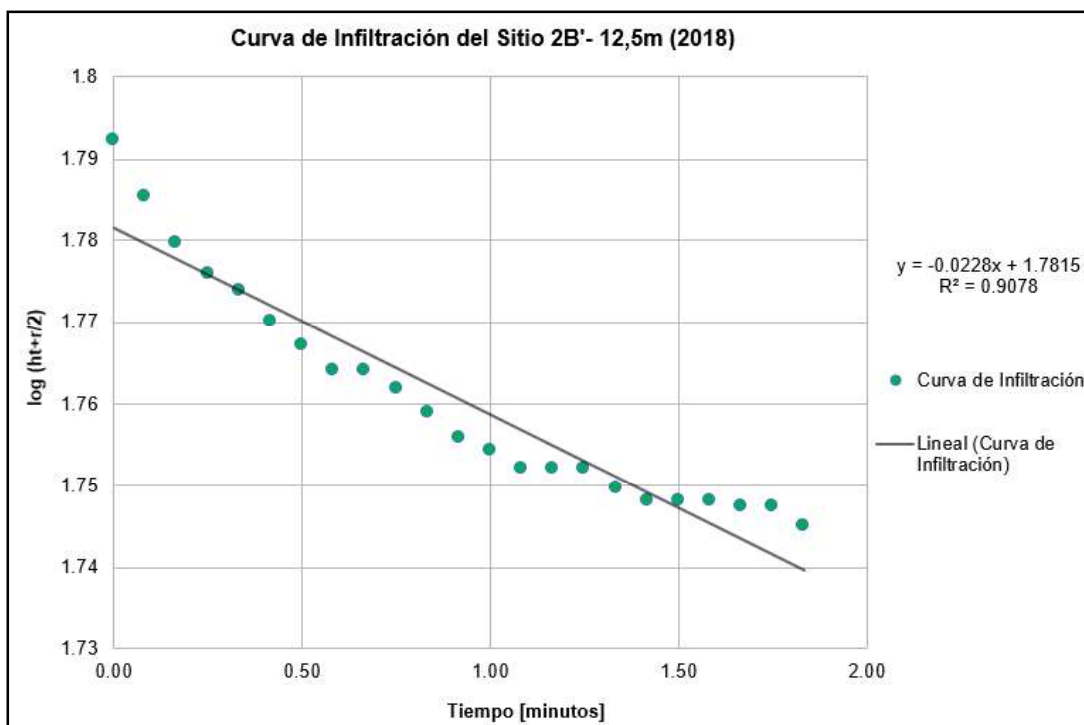
20) Curva de infiltración del Sitio 2B - Distancia 0 m - Ensayo 2



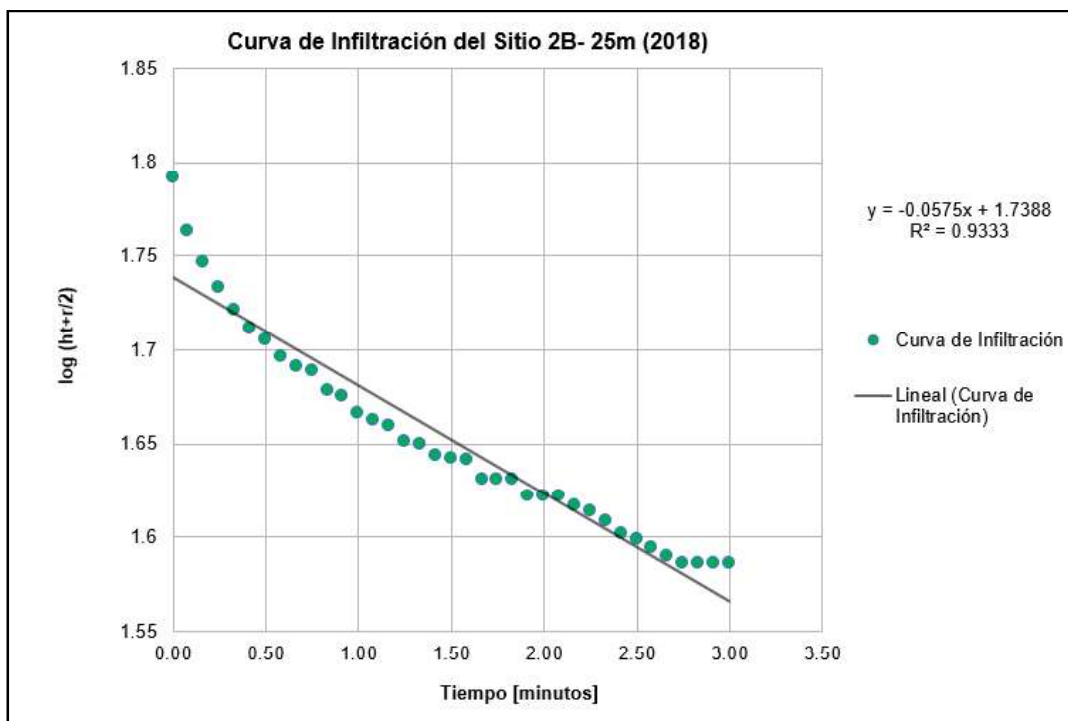
21) Curva de infiltración del Sitio 2B - Distancia 12, 5 m - Ensayo 1



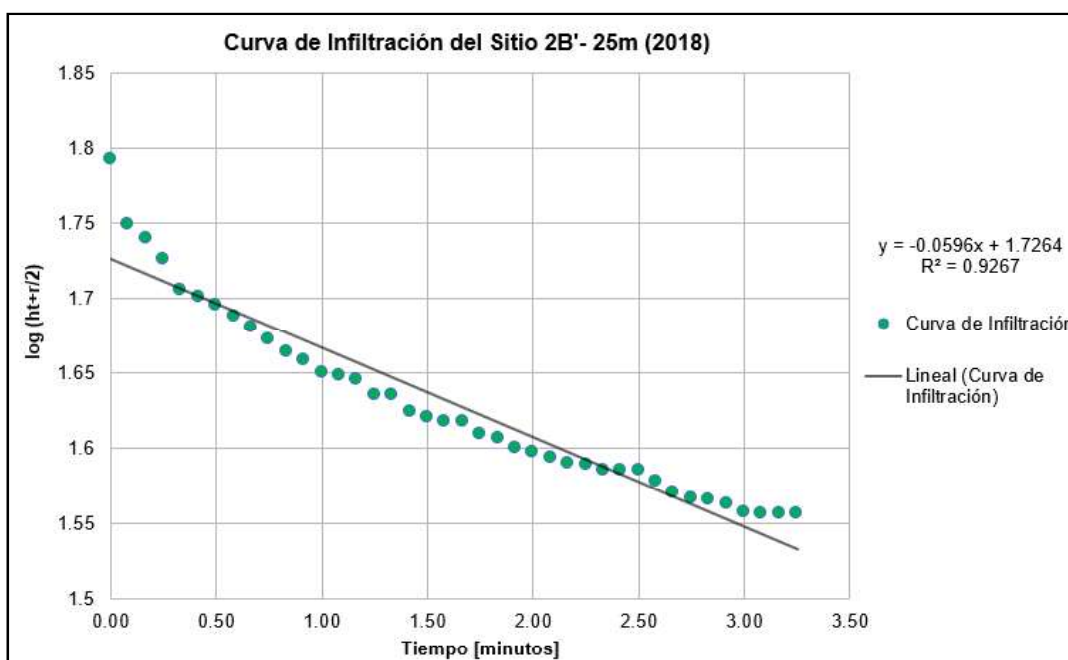
22) Curva de infiltración del Sitio 2B - Distancia 12, 5 m - Ensayo 2



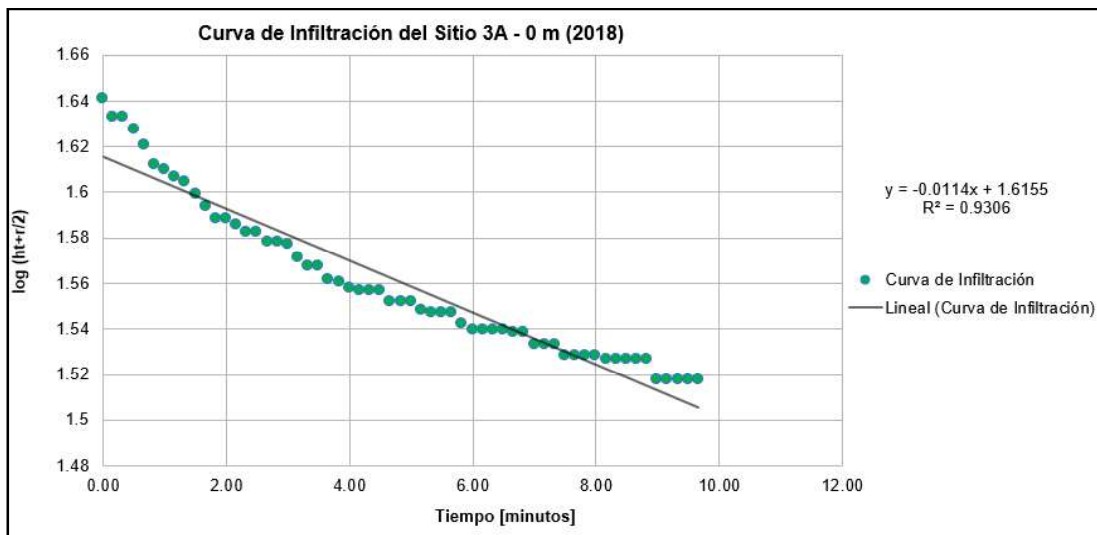
23) Curva de infiltración del Sitio 2B - Distancia 25 m - Ensayo 1



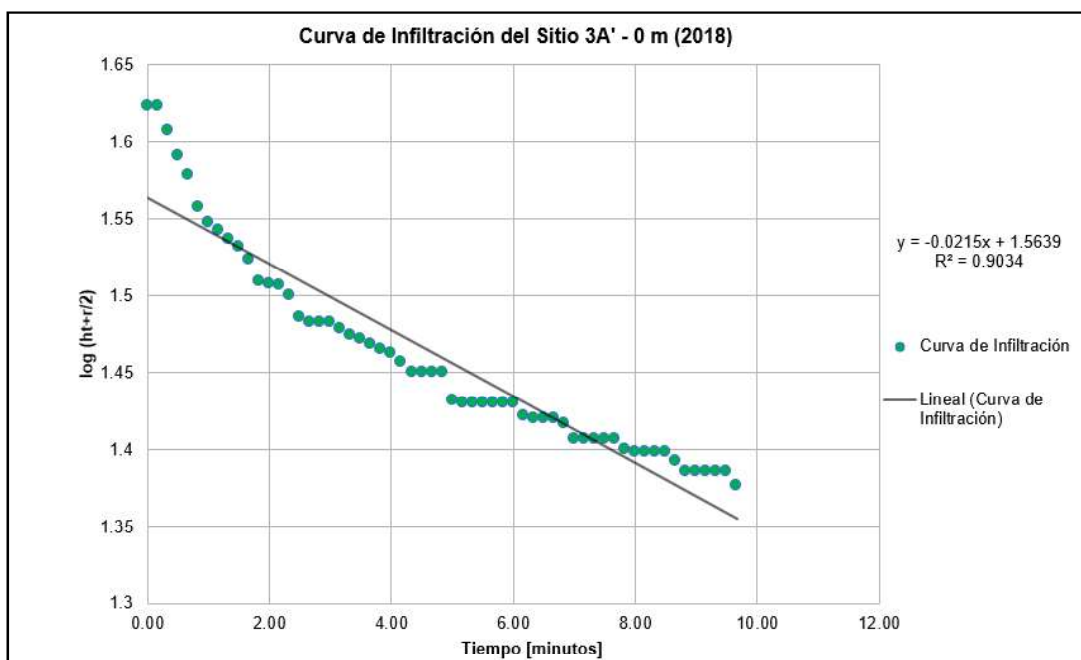
24) Curva de infiltración del Sitio 2B - Distancia 25 m - Ensayo 2



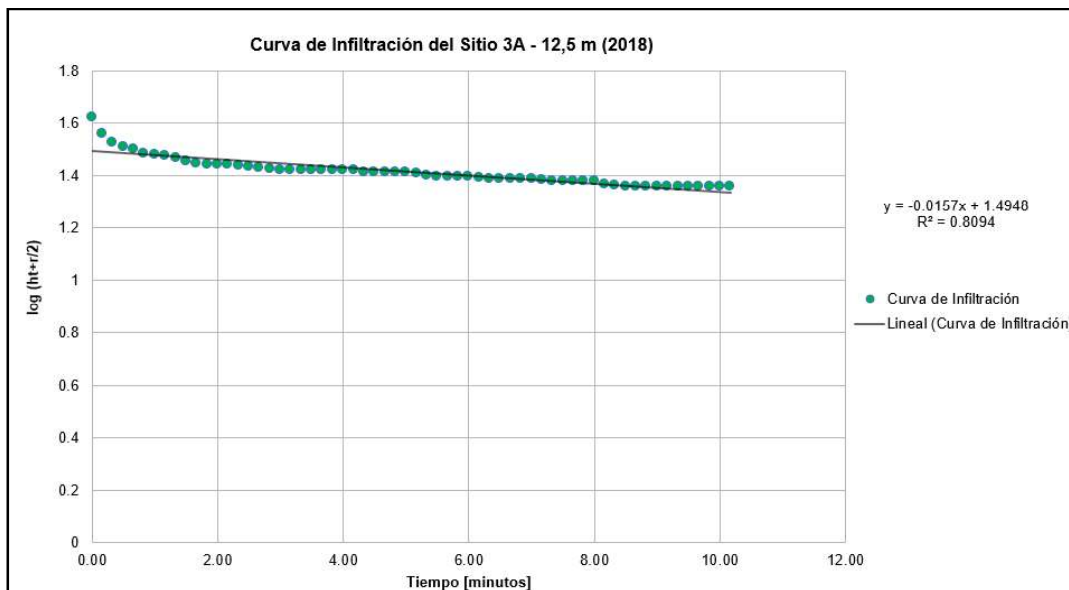
25) Curva de infiltración del Sitio 3A - Distancia 0 m - Ensayo 1



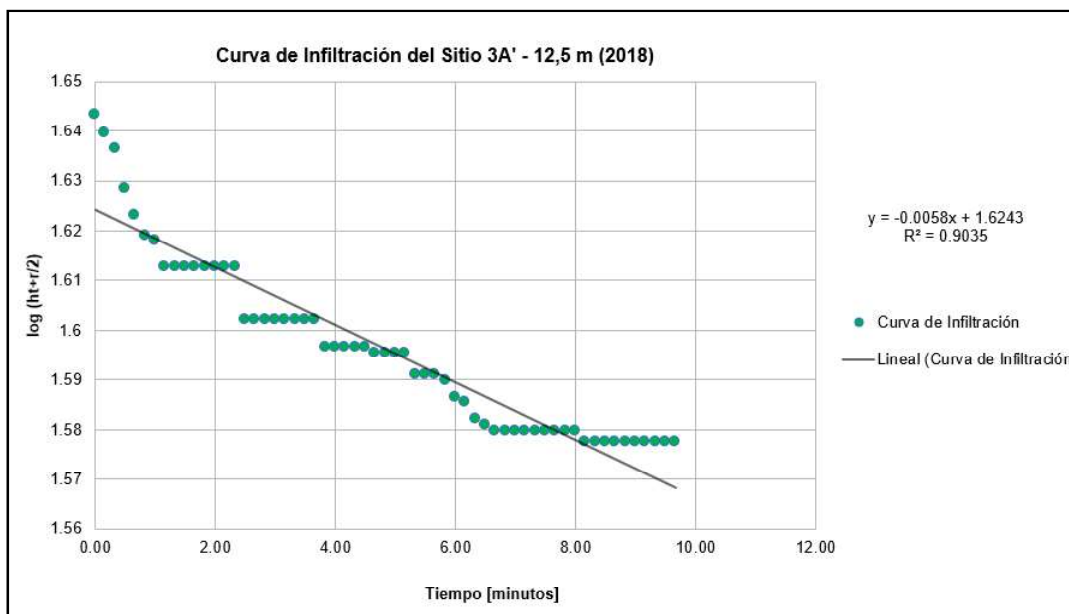
26) Curva de infiltración del Sitio 3A - Distancia 0 m - Ensayo 2



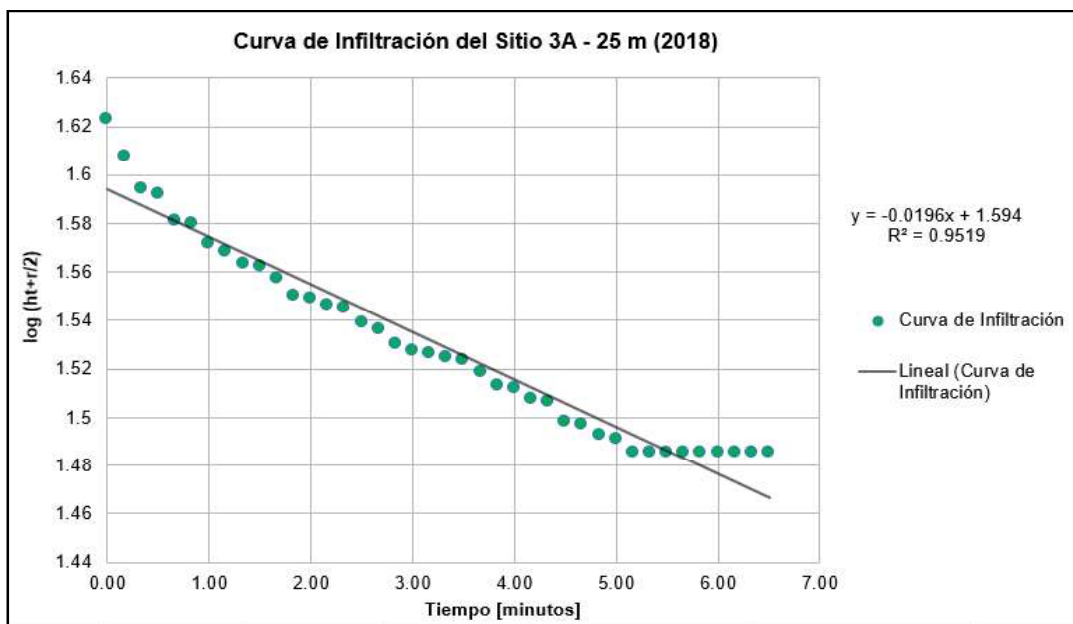
27) Curva de infiltración del Sitio 3A - Distancia 12,5 m - Ensayo 1



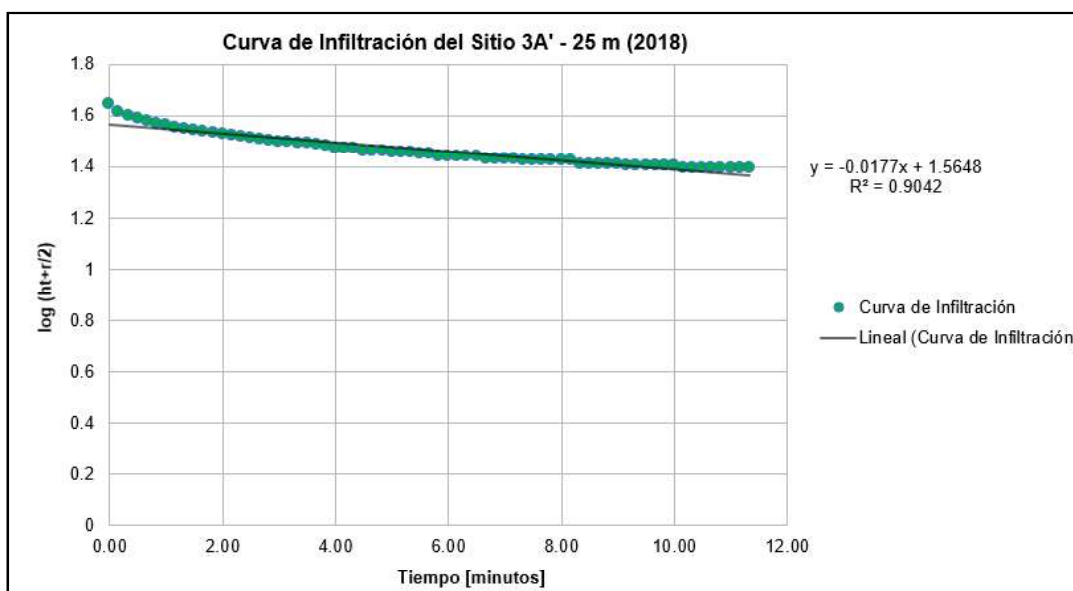
28) Curva de infiltración del Sitio 3A - Distancia 12,5 m - Ensayo 2



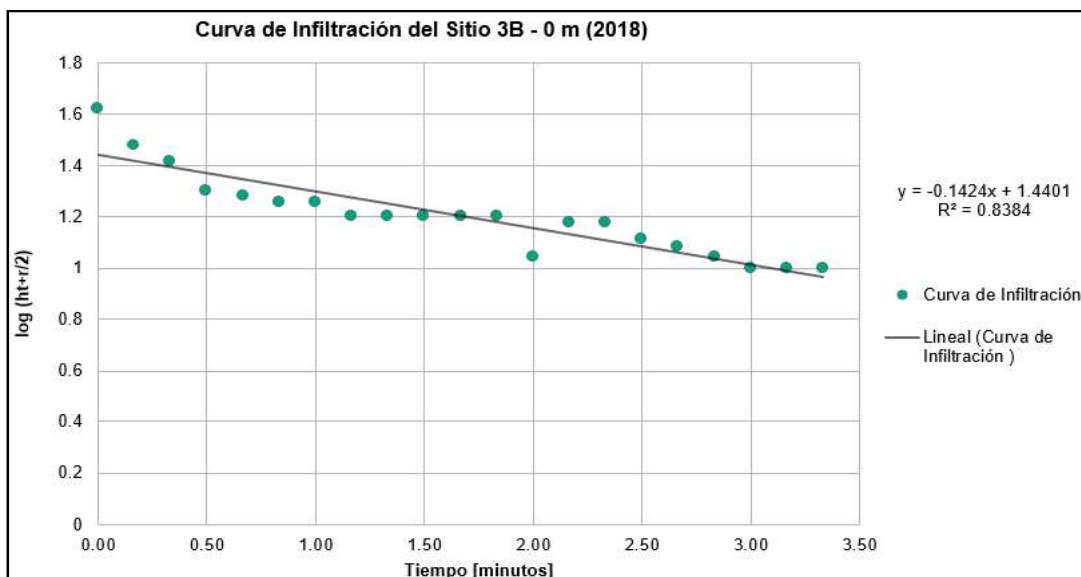
29) Curva de infiltración del Sitio 3A - Distancia 25 m - Ensayo 1



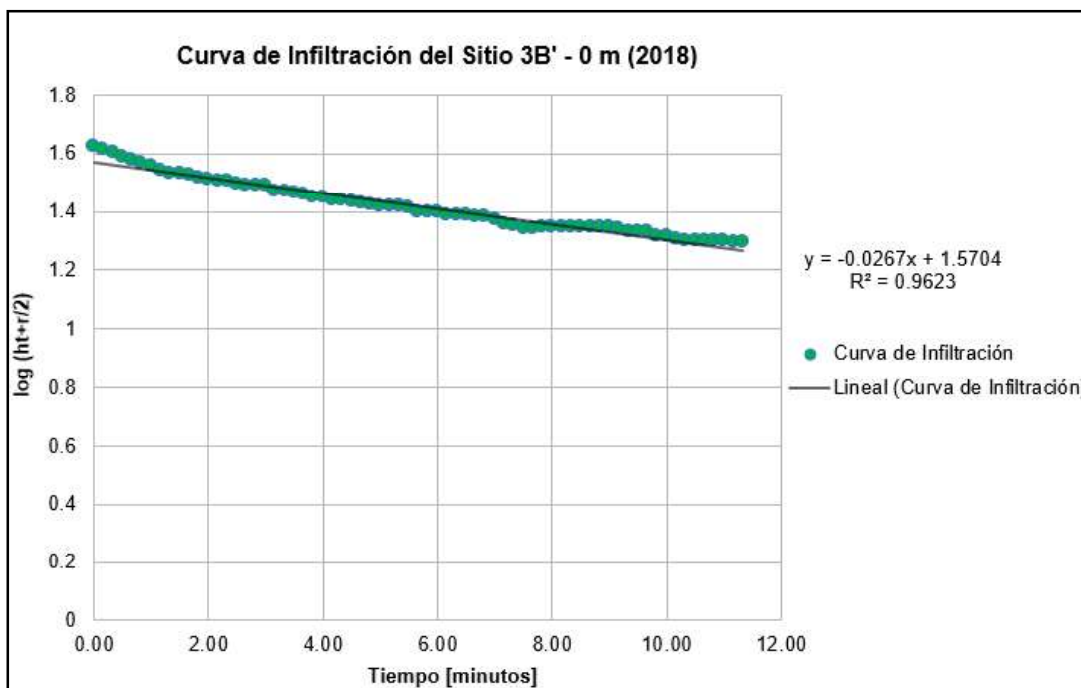
30) Curva de infiltración del Sitio 3A - Distancia 25 m - Ensayo 2



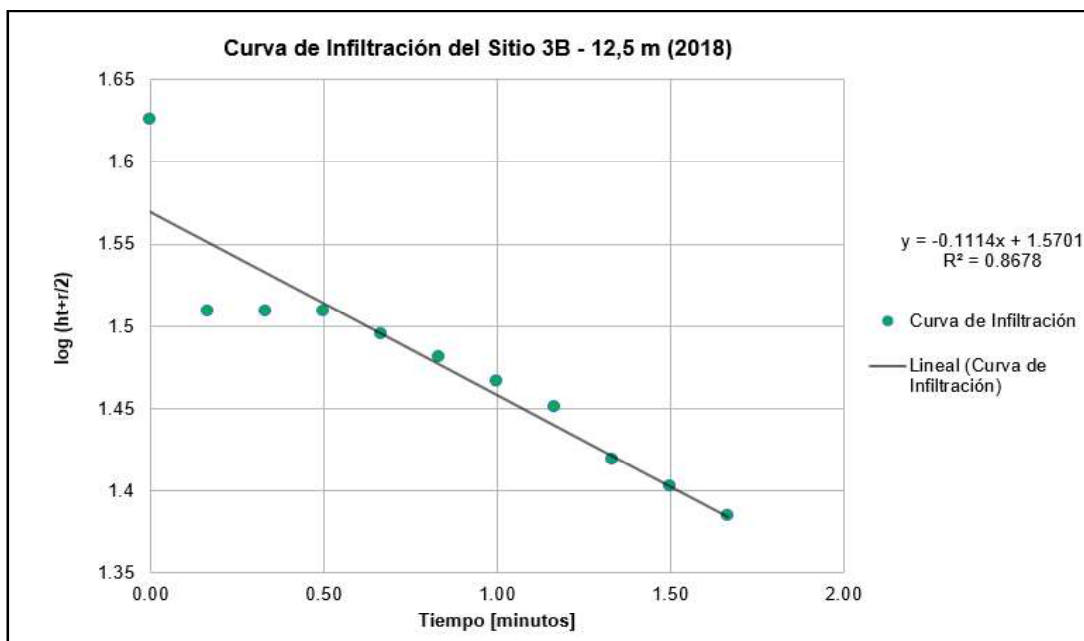
31) Curva de infiltración del Sitio 3B - Distancia 0 m - Ensayo 1



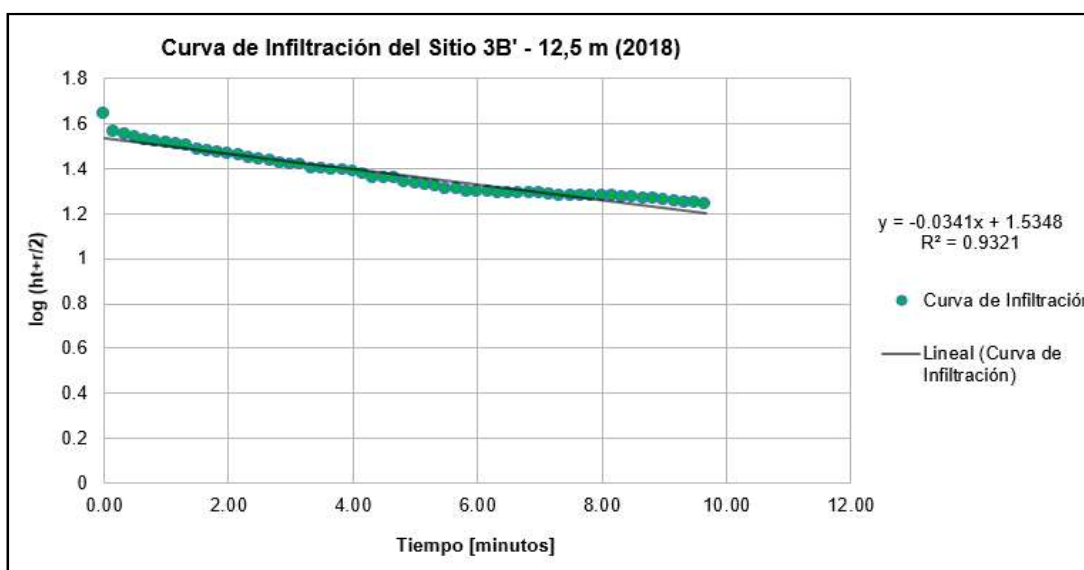
32) Curva de infiltración del Sitio 3B - Distancia 0 m - Ensayo 2



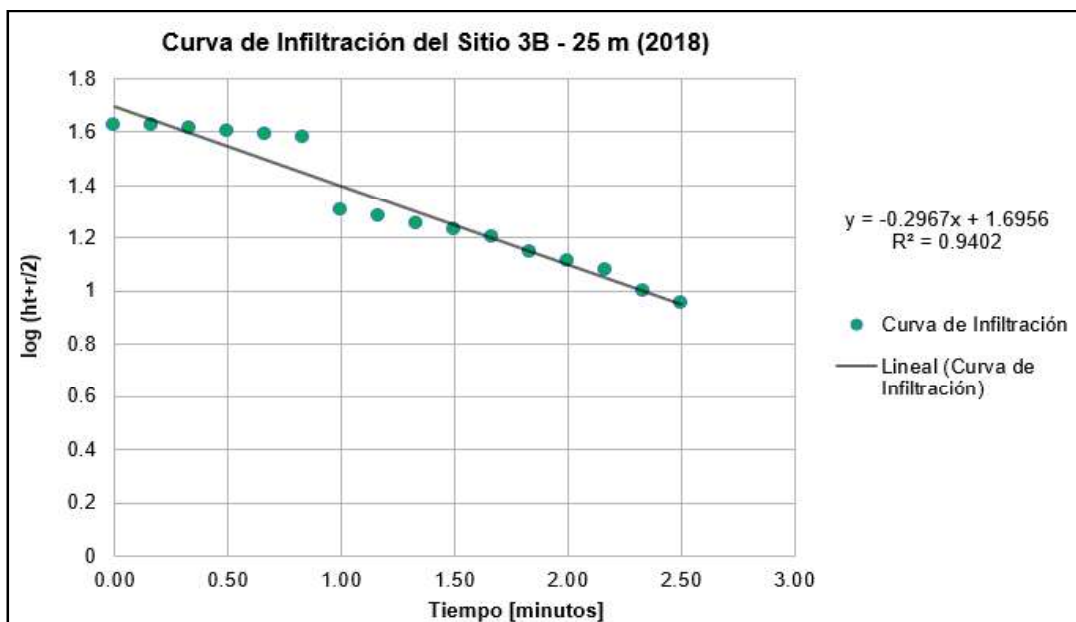
33) Curva de infiltración del Sitio 3B - Distancia 12, 5 m - Ensayo 1



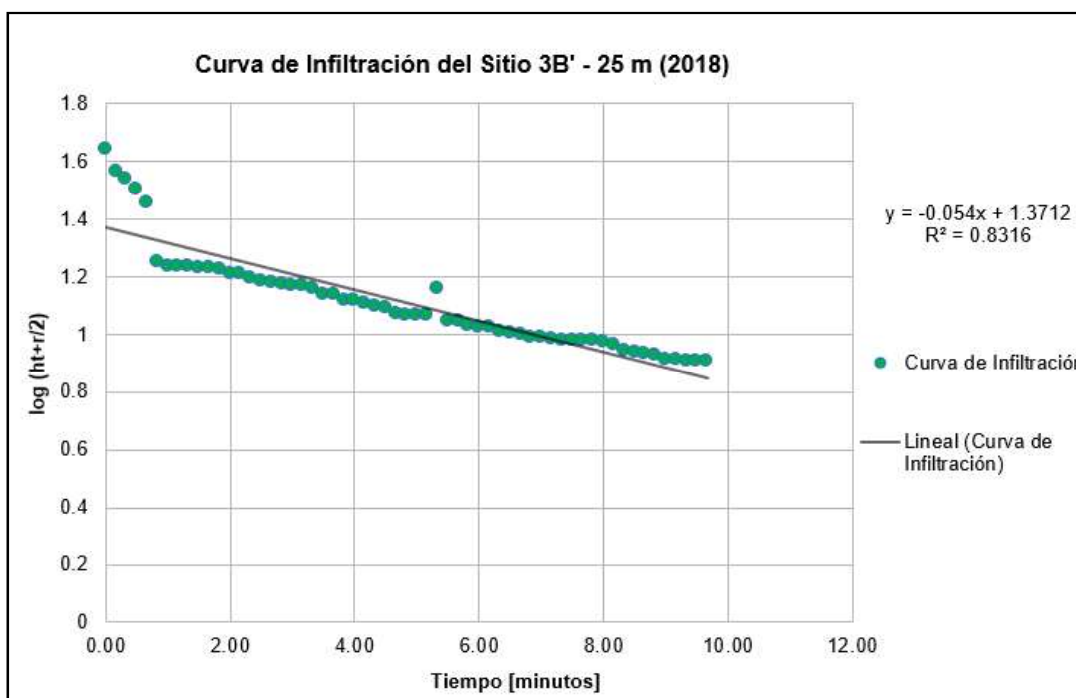
34) Curva de infiltración del Sitio 3B - Distancia 12, 5 m - Ensayo 2



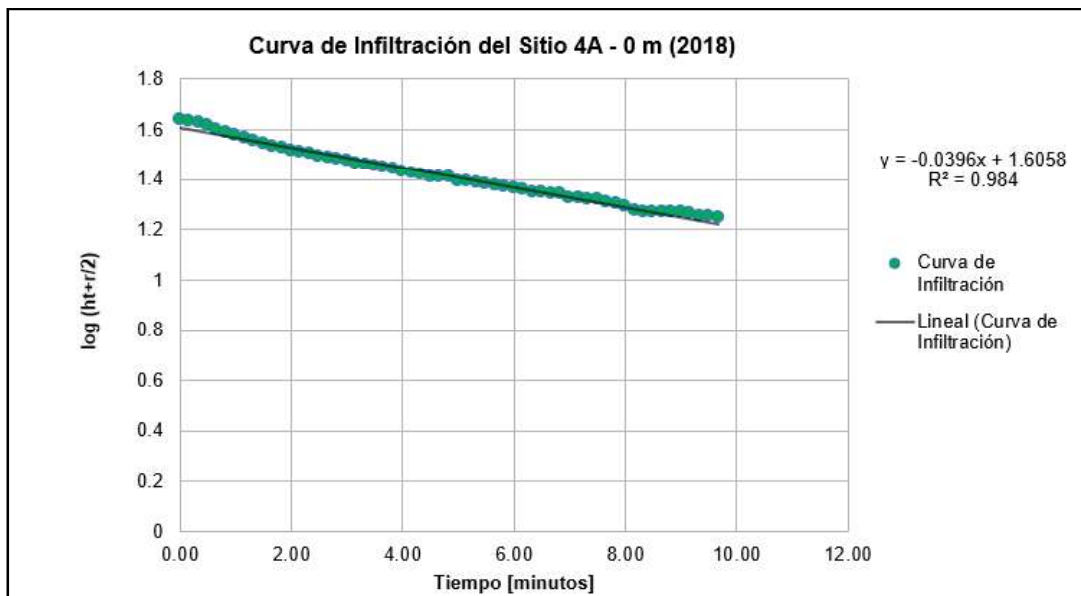
35) Curva de infiltración del Sitio 3B - Distancia 25 m - Ensayo 1



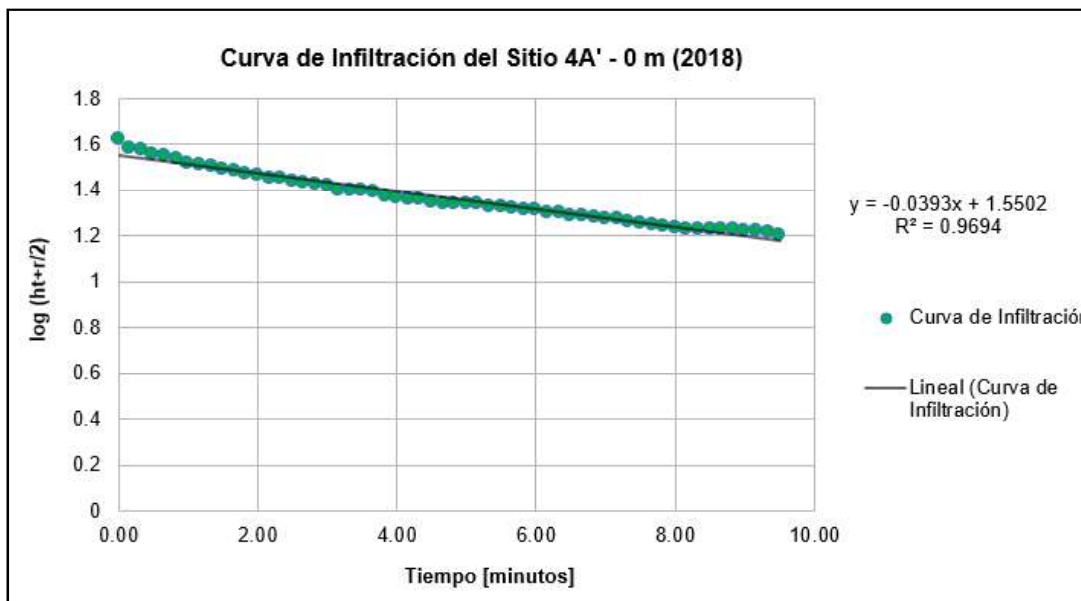
36) Curva de infiltración del Sitio 3B' - Distancia 25 m - Ensayo 2



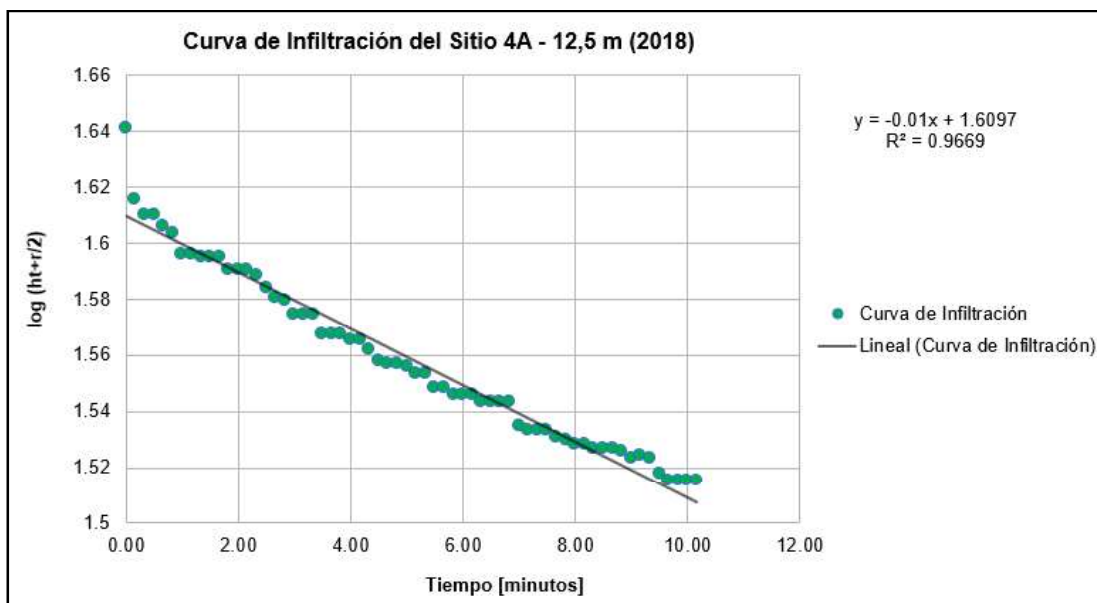
37) Curva de infiltración del Sitio 4A - Distancia 0 m - Ensayo 1



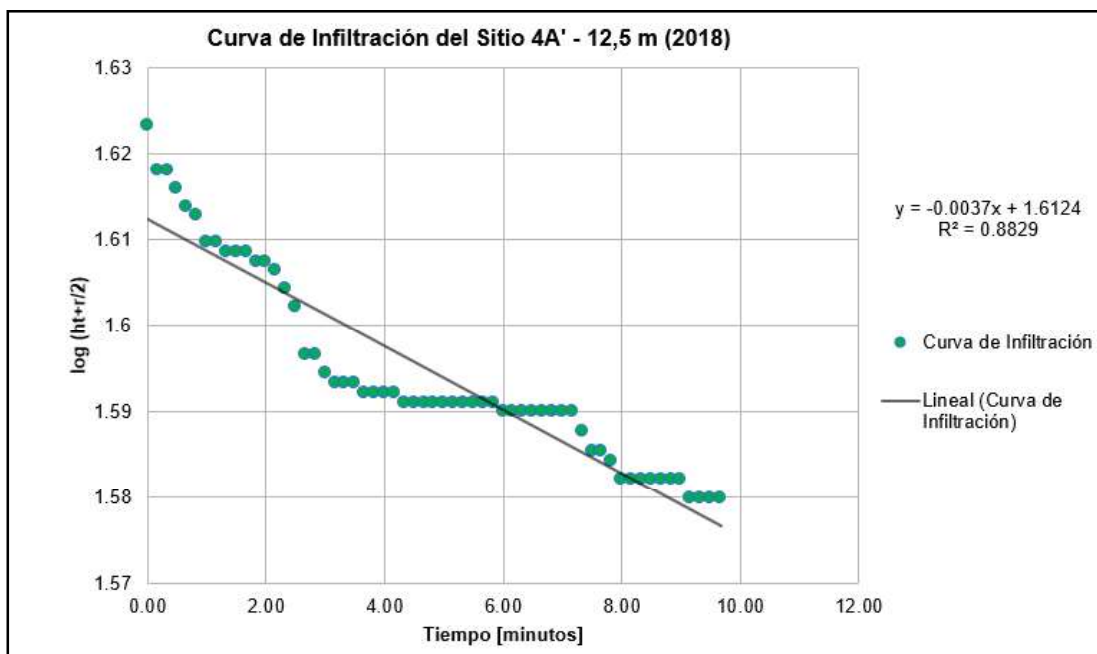
38) Curva de infiltración del Sitio 4A - Distancia 0 m - Ensayo 2



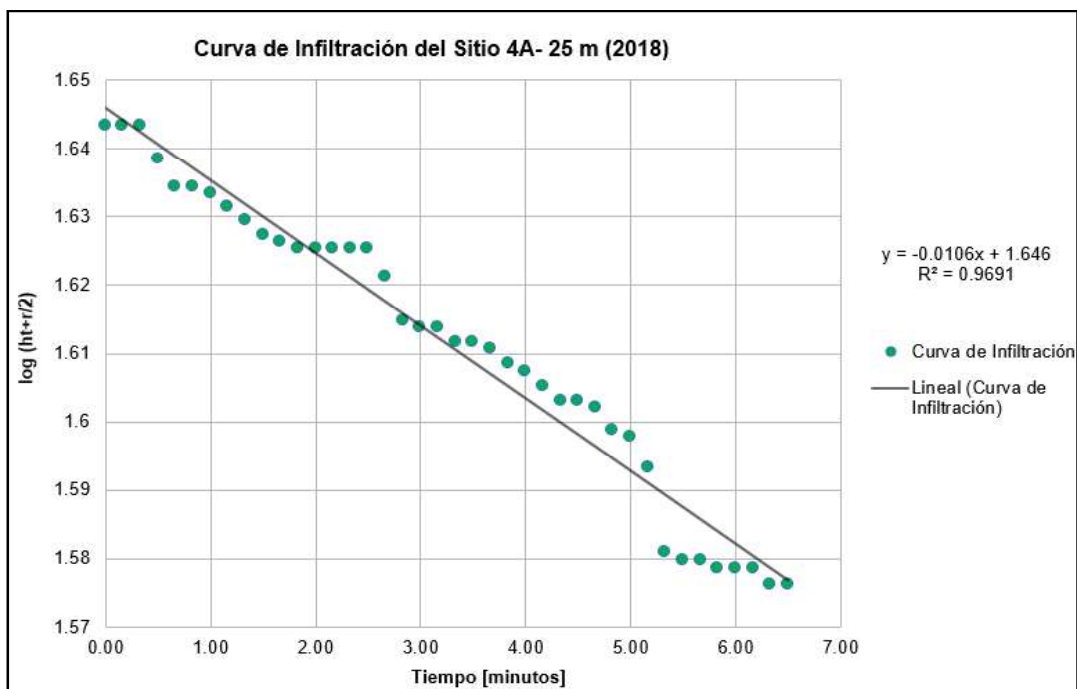
39) Curva de infiltración del Sitio 4A - Distancia 12,5 m- Ensayo 1



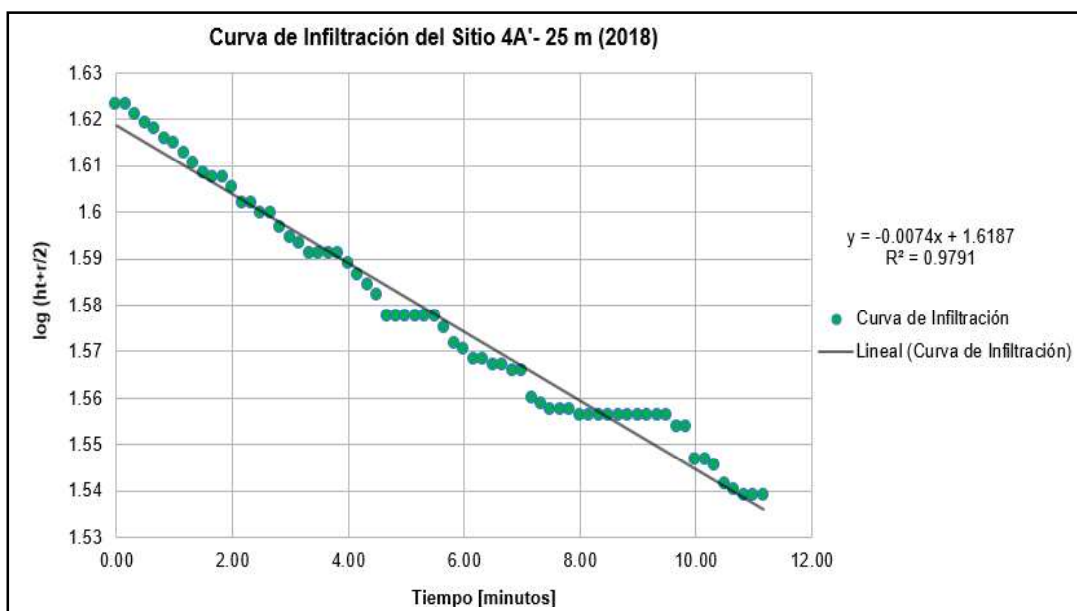
40) Curva de infiltración del Sitio 4A - Distancia 12,5 m- Ensayo 2



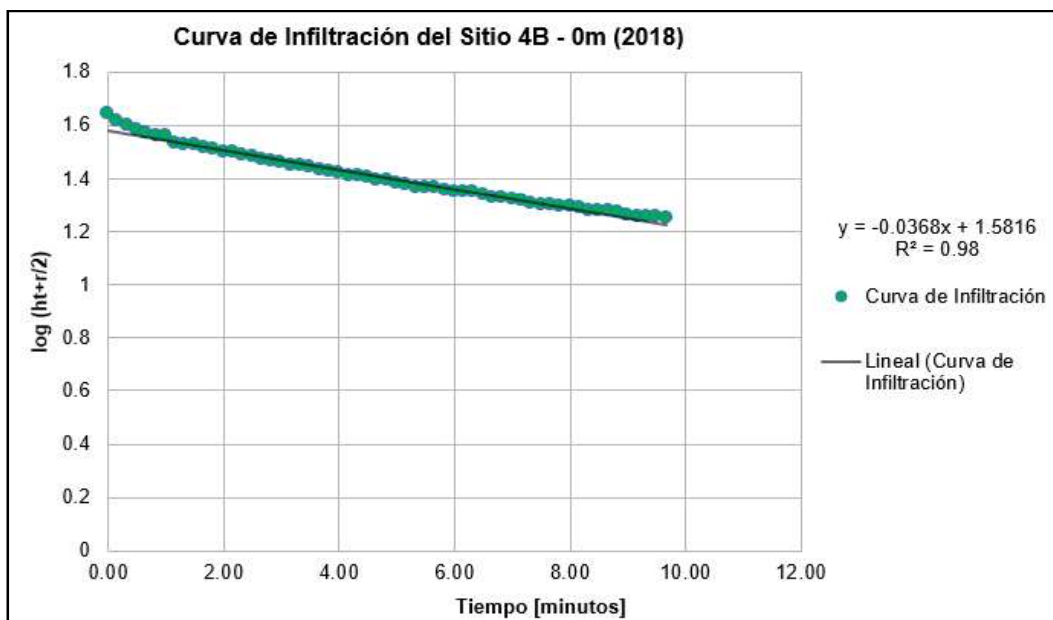
41) Curva de infiltración del Sitio 4A - Distancia 25 m- Ensayo 1



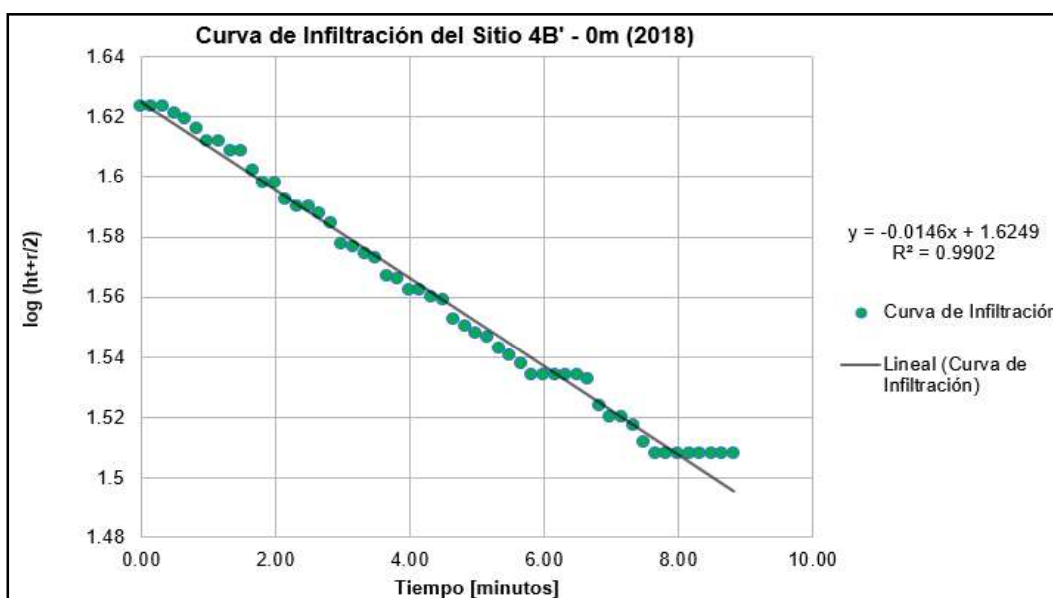
42) Curva de infiltración del Sitio 4A - Distancia 25 m- Ensayo 2



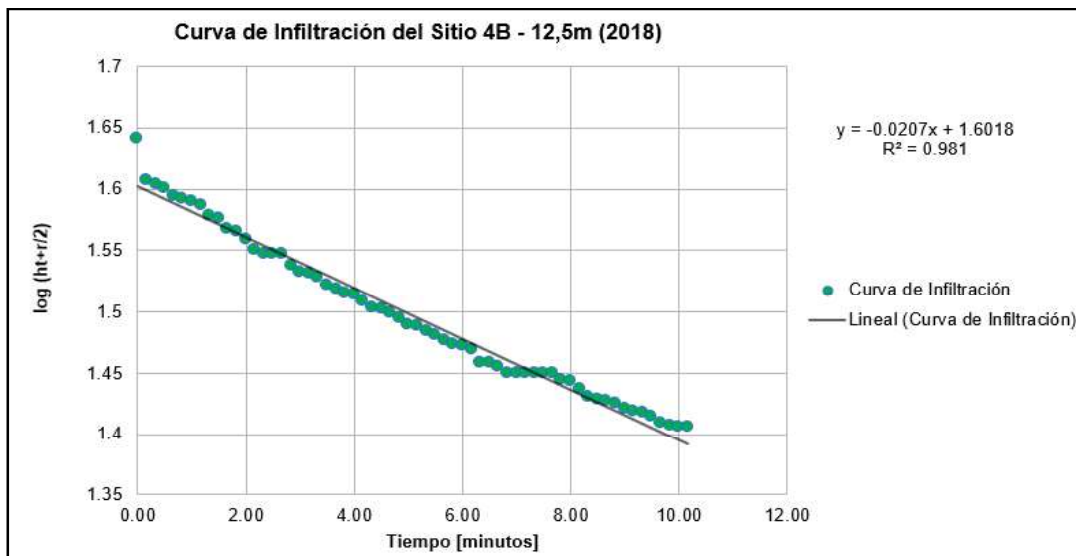
43) Curva de infiltración del Sitio 4B - Distancia 0 m- Ensayo 1



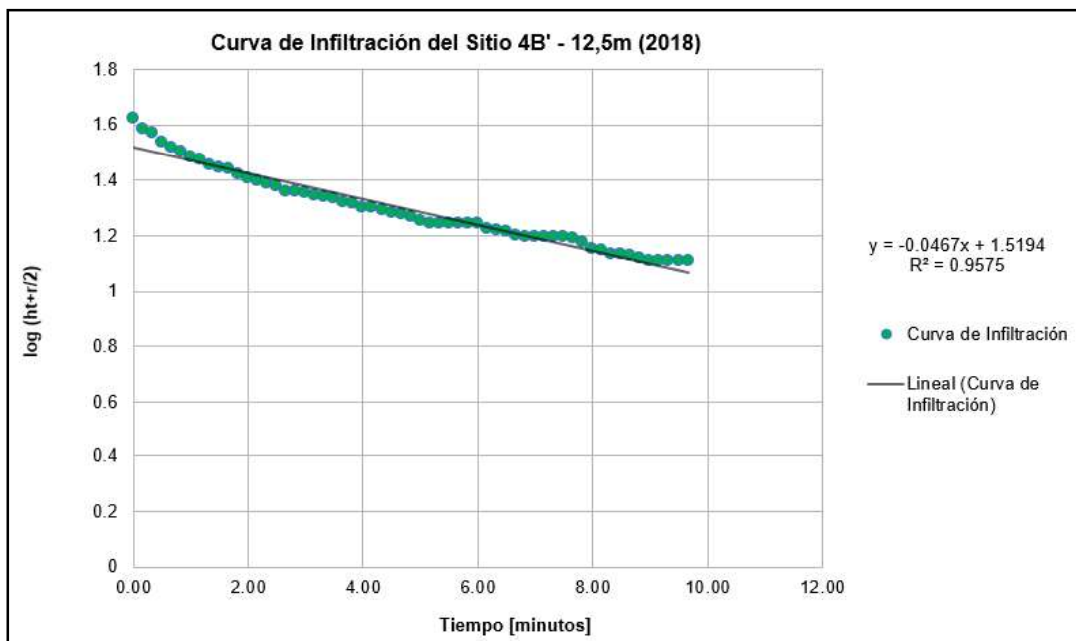
44) Curva de infiltración del Sitio 4B - Distancia 0 m- Ensayo 2



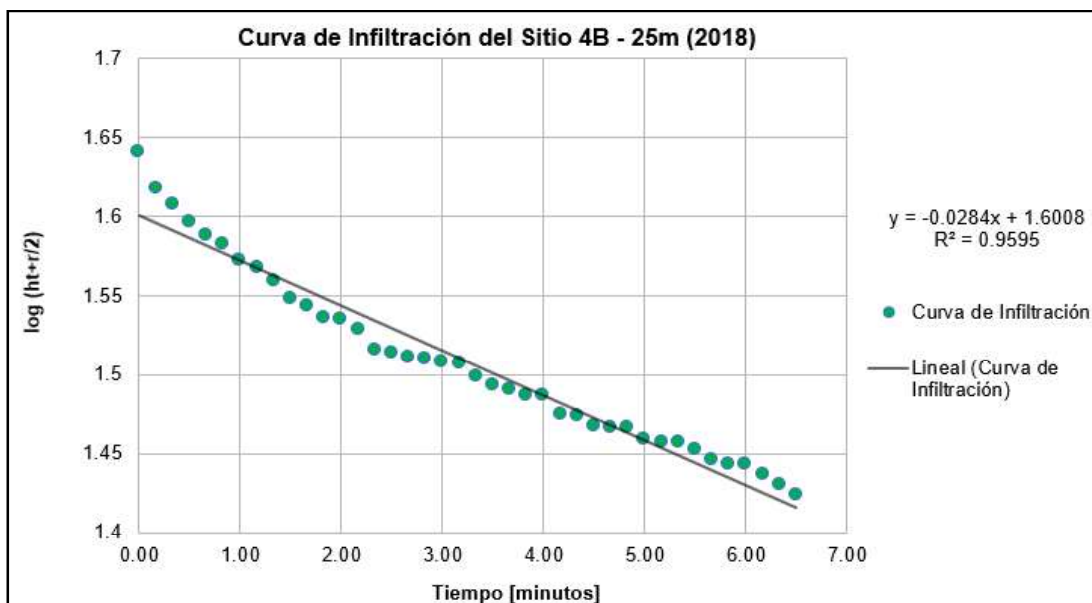
45) Curva de infiltración del Sitio 4B - Distancia 12, 5 m - Ensayo 1



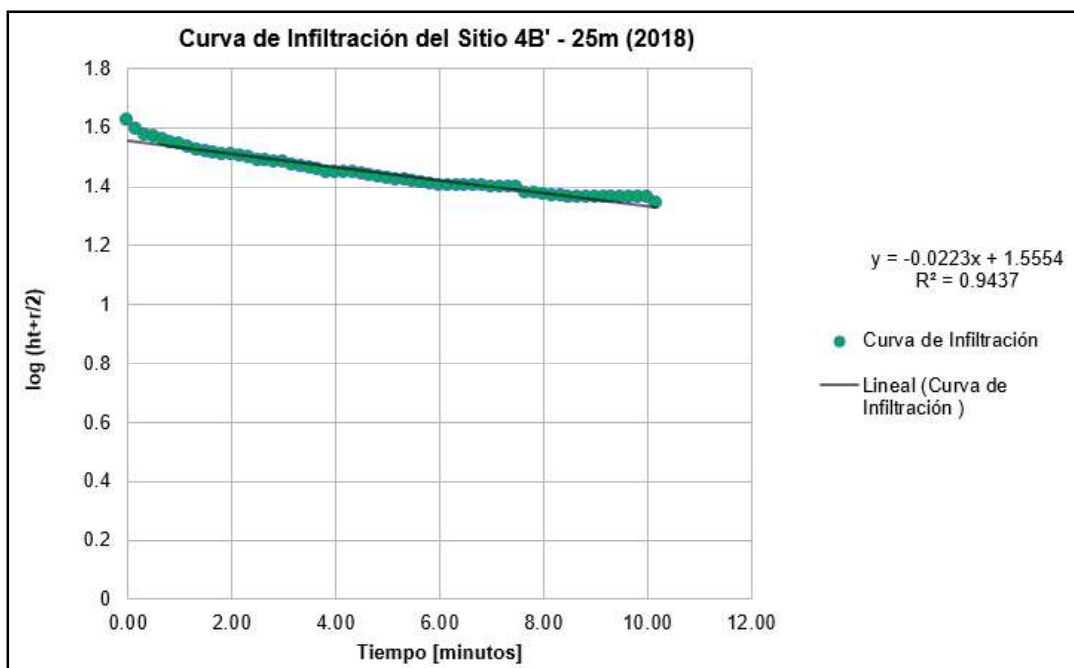
46) Curva de infiltración del Sitio 4B' - Distancia 12, 5 m - Ensayo 2



47) Curva de infiltración del Sitio 4B - Distancia 25 m - Ensayo 1

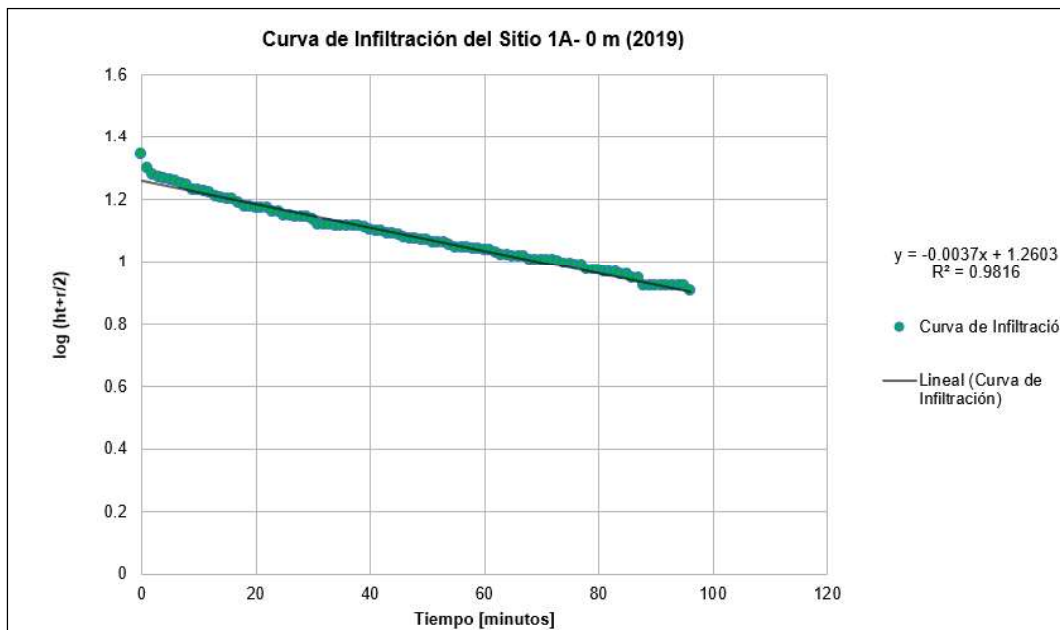


48) Curva de infiltración del Sitio 4B - Distancia 12, 5 m - Ensayo 2

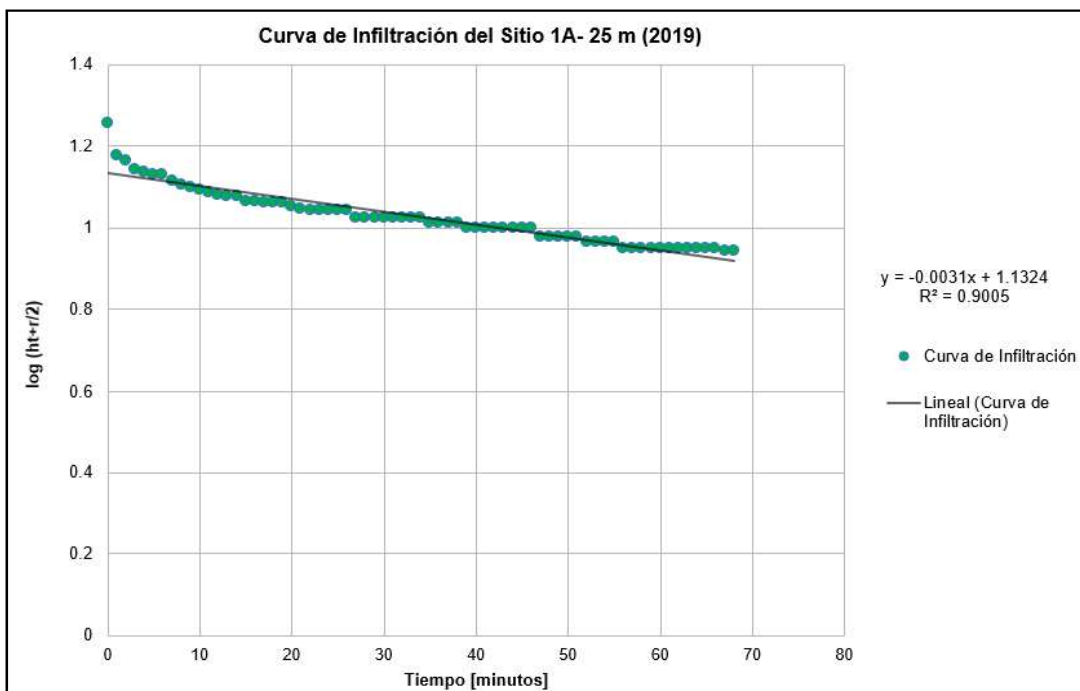


- Segunda etapa de muestreo (marzo-abril 2019)

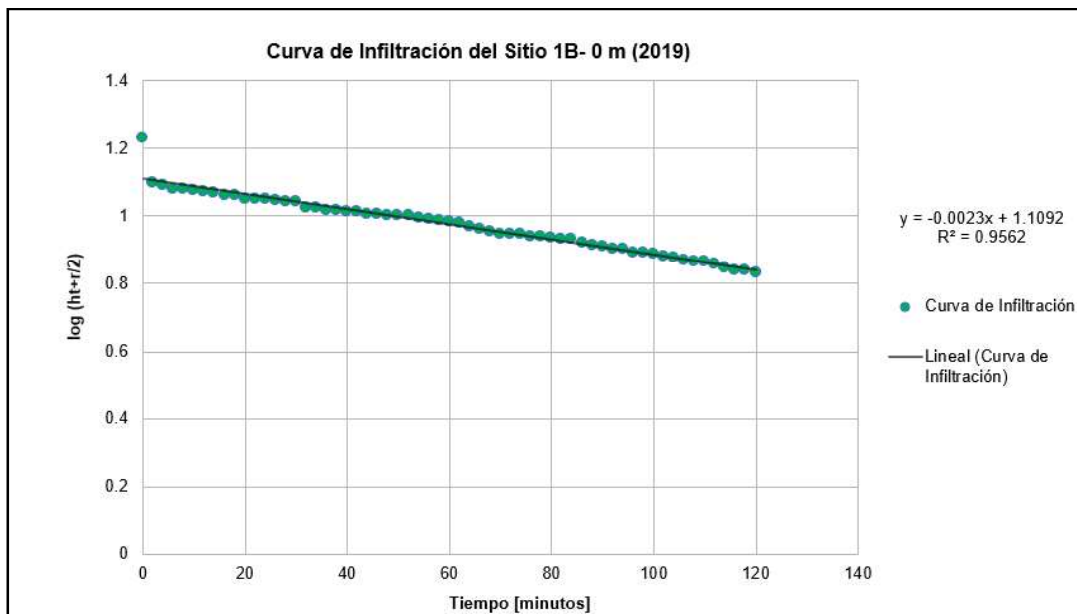
1) Curva de infiltración del Sitio 1A - Distancia 0 m



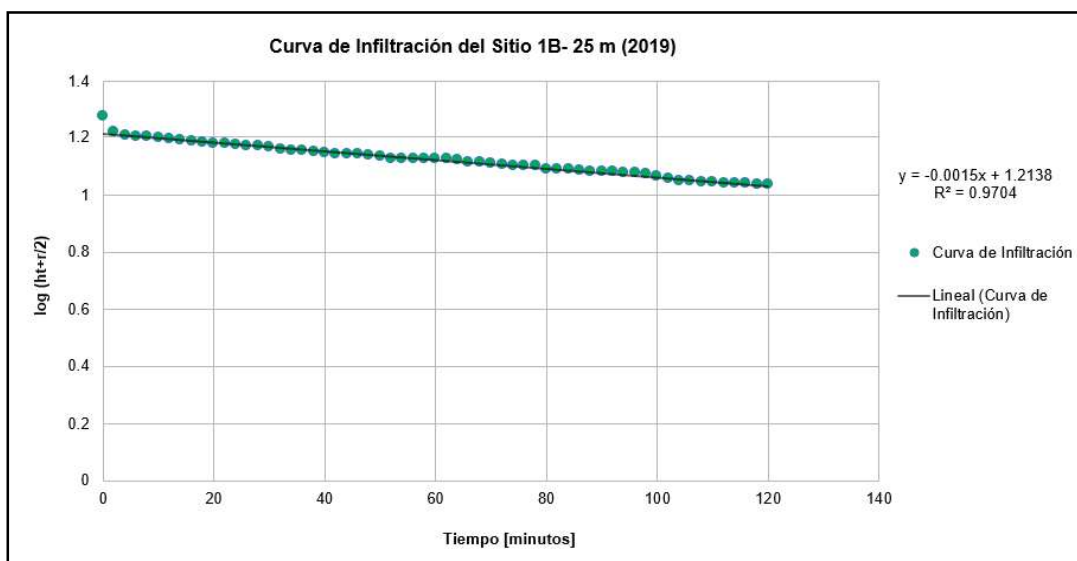
2) Curva de infiltración del Sitio 1A - Distancia 25 m



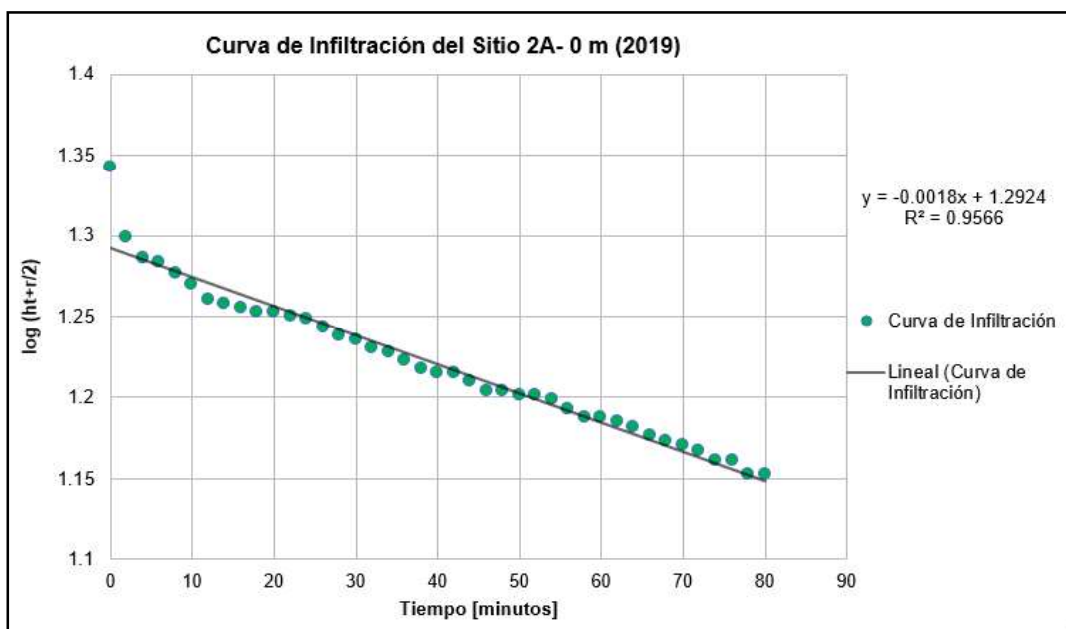
3) Curva de infiltración del Sitio 1B - Distancia 0 m



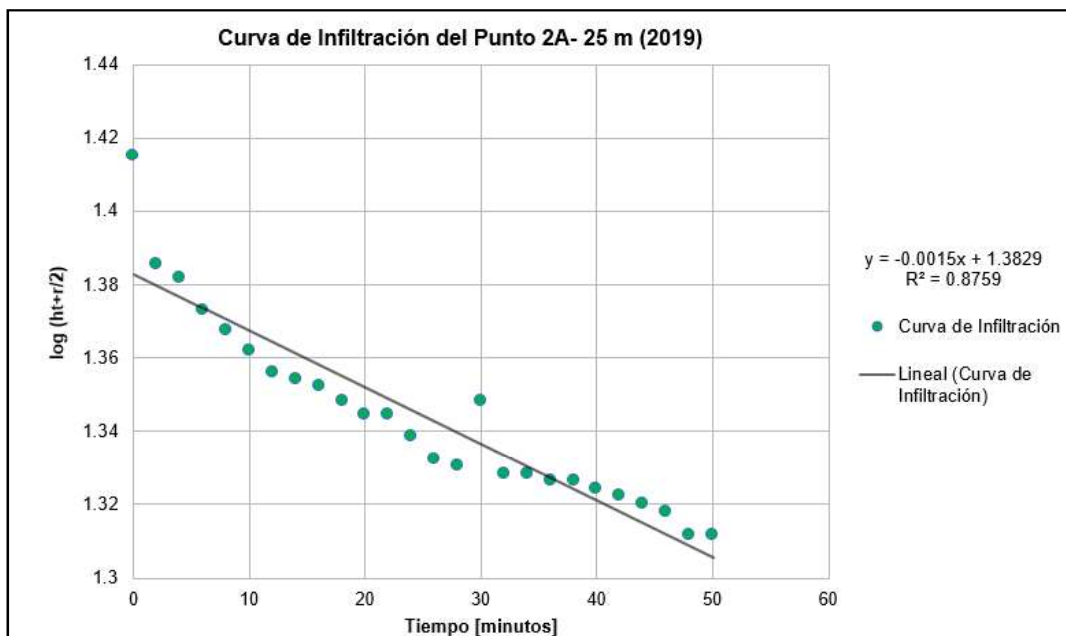
4) Curva de infiltración del Sitio 1B - Distancia 25 m



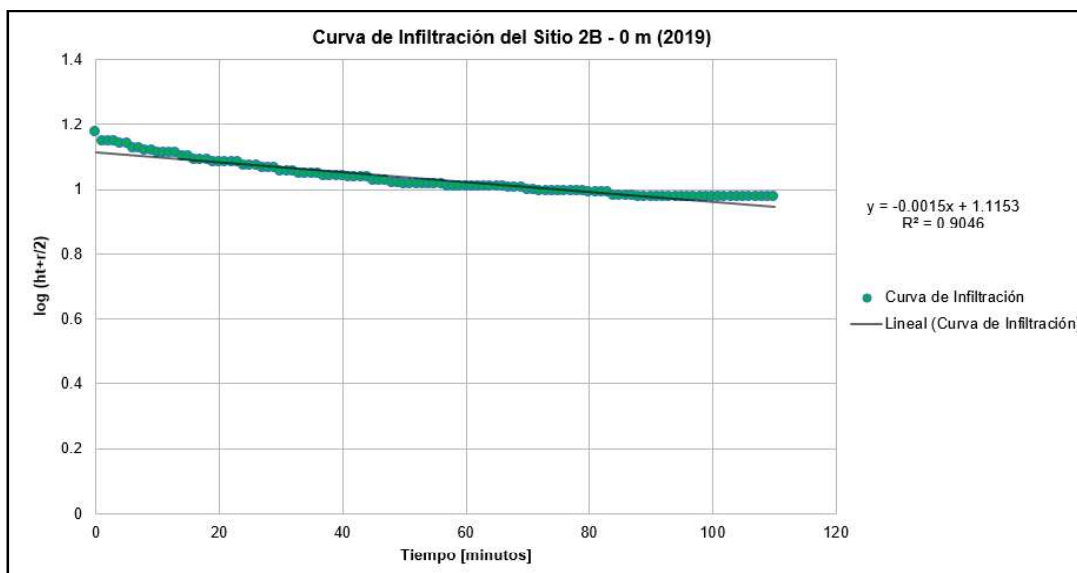
5) Curva de infiltración del Sitio 2A - Distancia 0 m



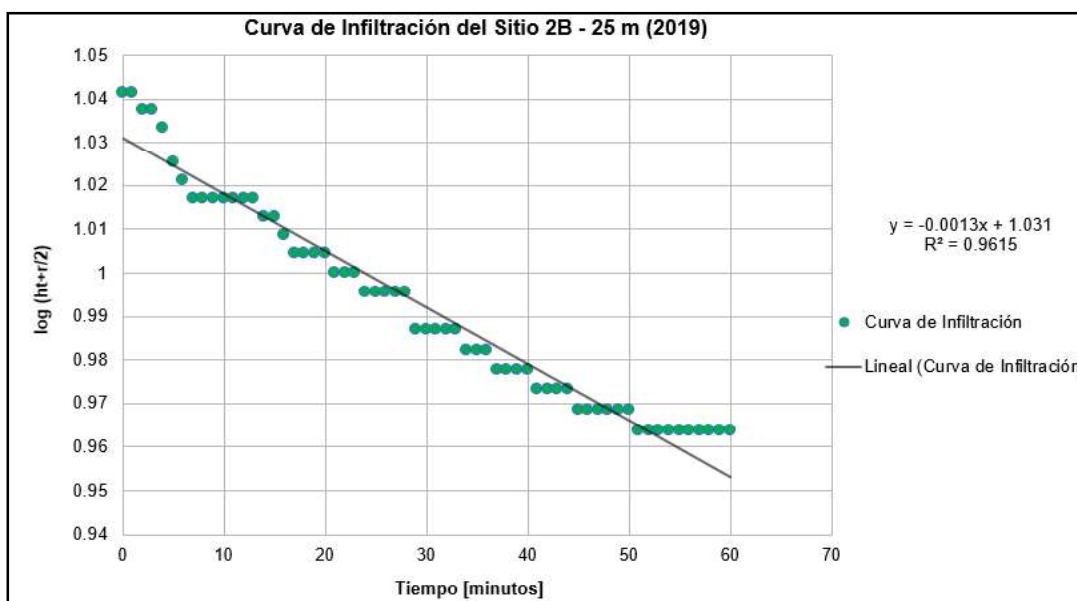
6) Curva de infiltración del Sitio 2A - Distancia 25 m



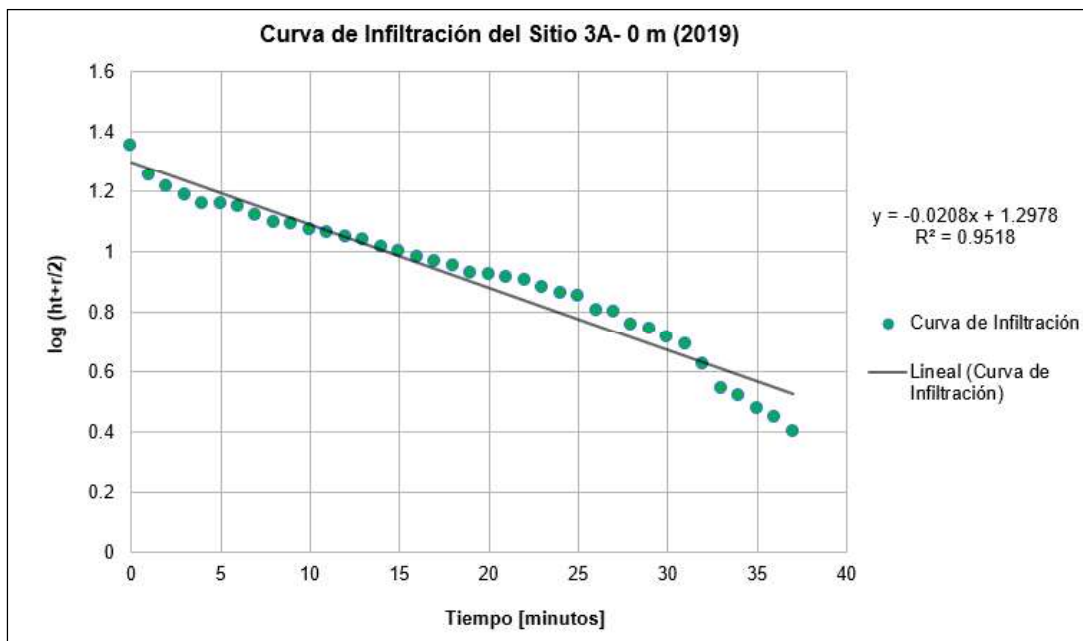
7) Curva de infiltración del Sitio 2B - Distancia 0 m



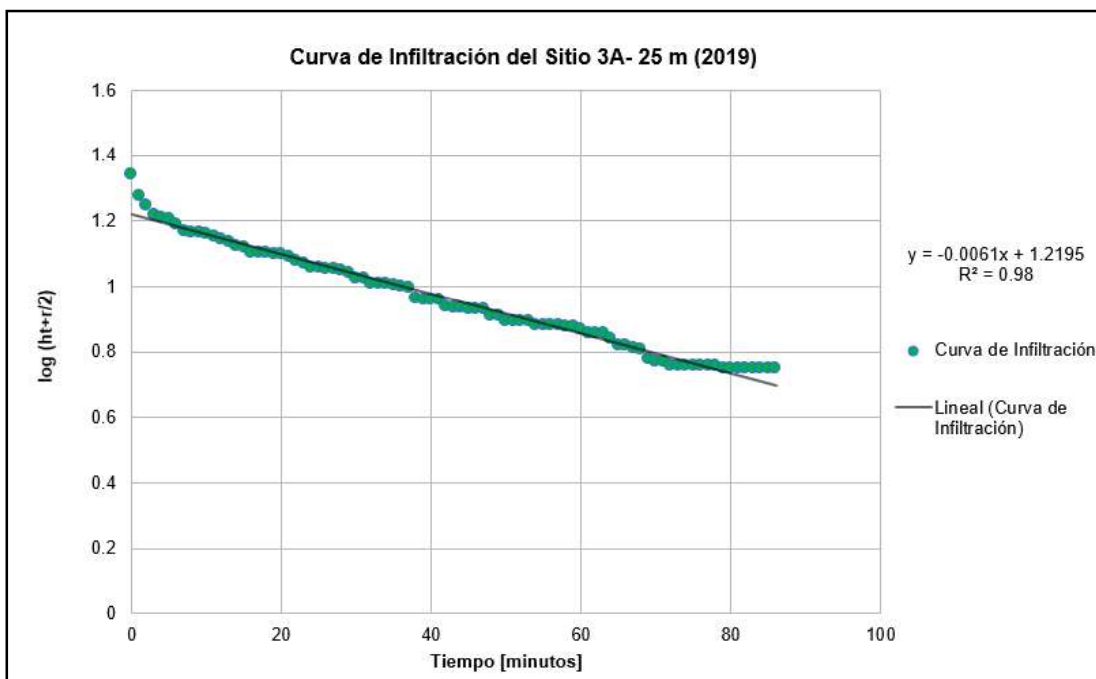
8) Curva de infiltración del Sitio 2B - Distancia 25 m



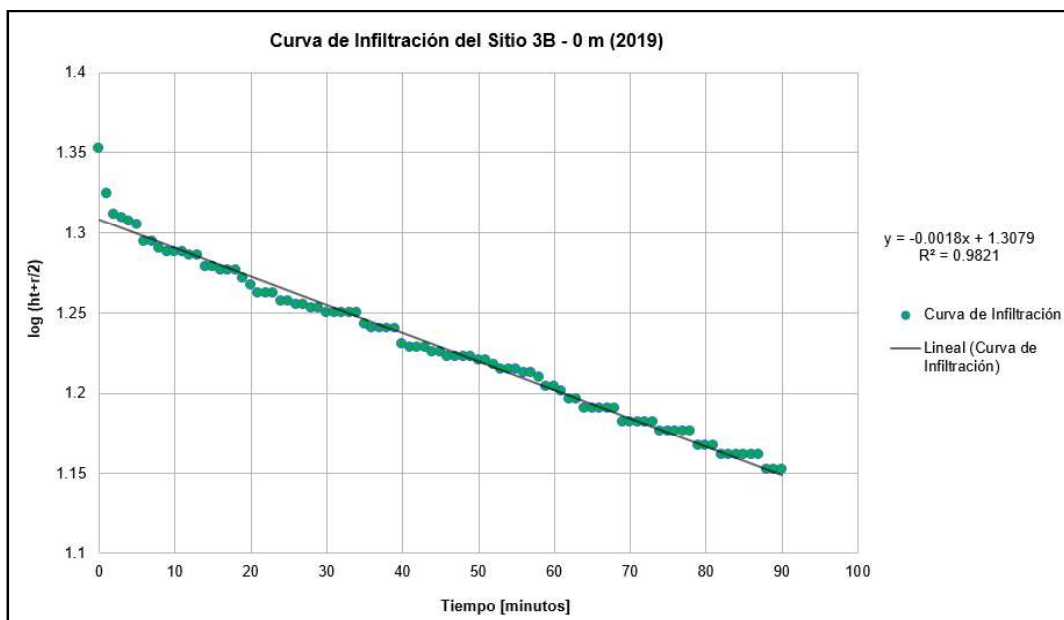
9) Curva de infiltración del Sitio 3A - Distancia 0 m



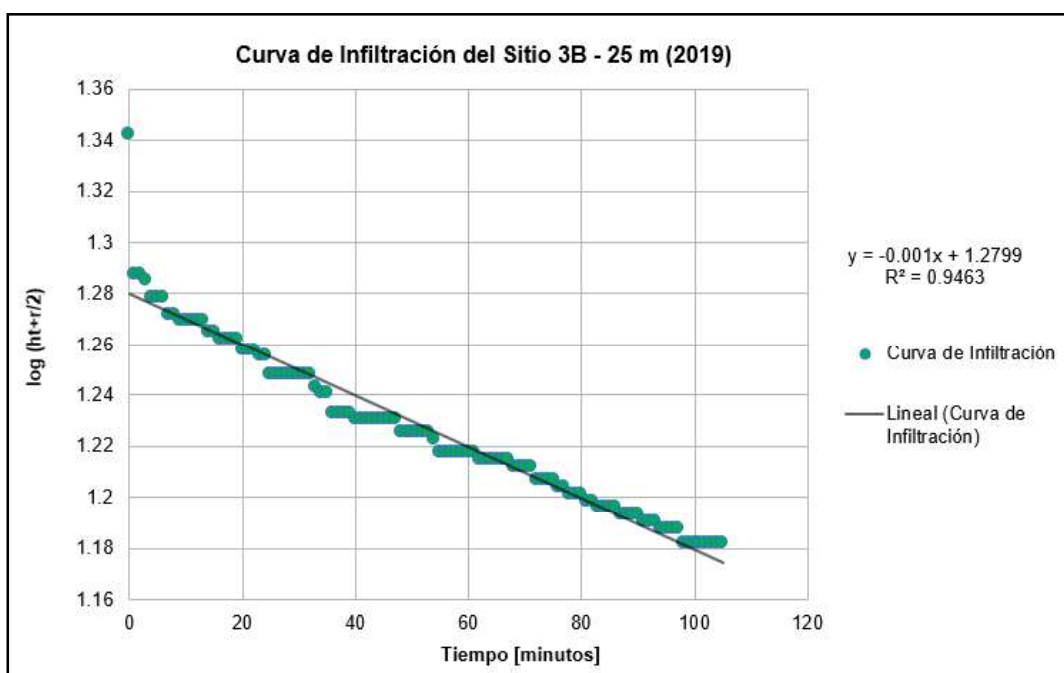
10) Curva de infiltración del Sitio 3A - Distancia 25 m



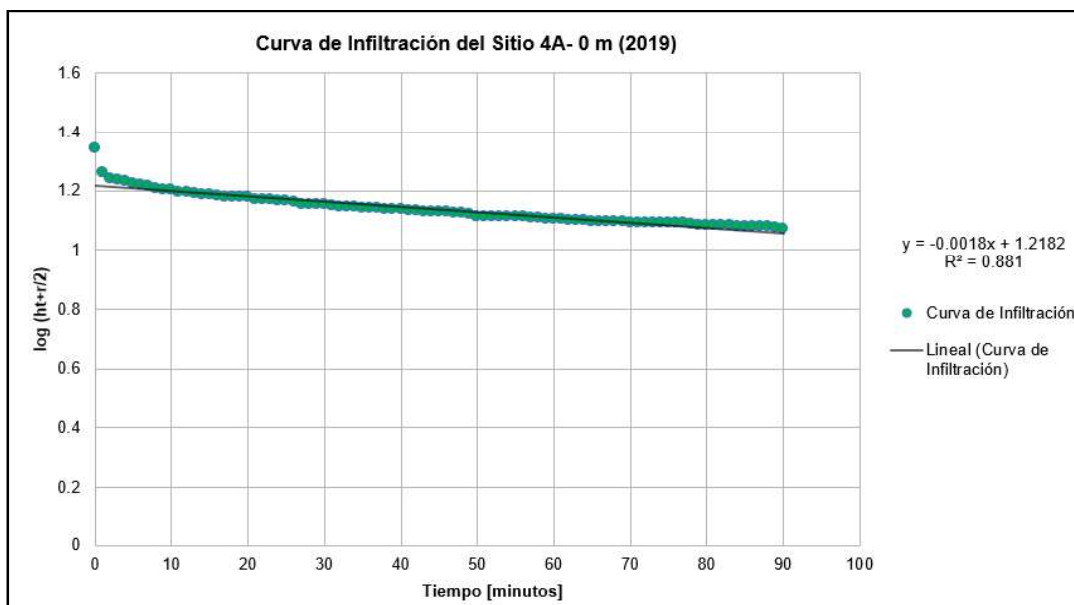
11) Curva de infiltración del Sitio 3B - Distancia 0 m



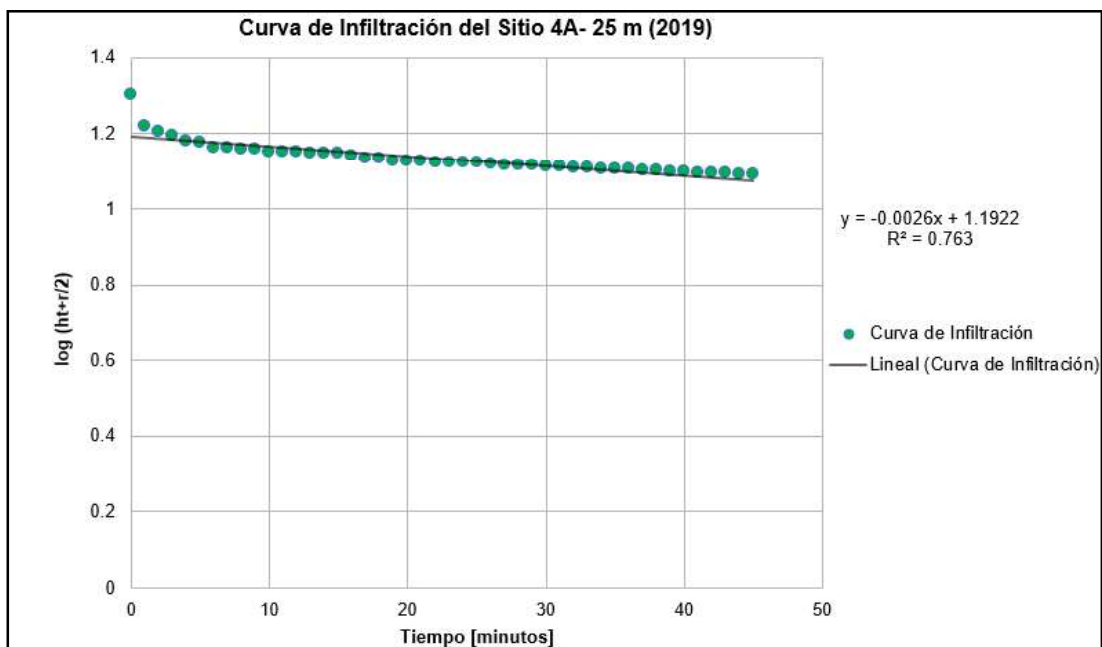
12) Curva de infiltración del Sitio 3B - Distancia 25 m



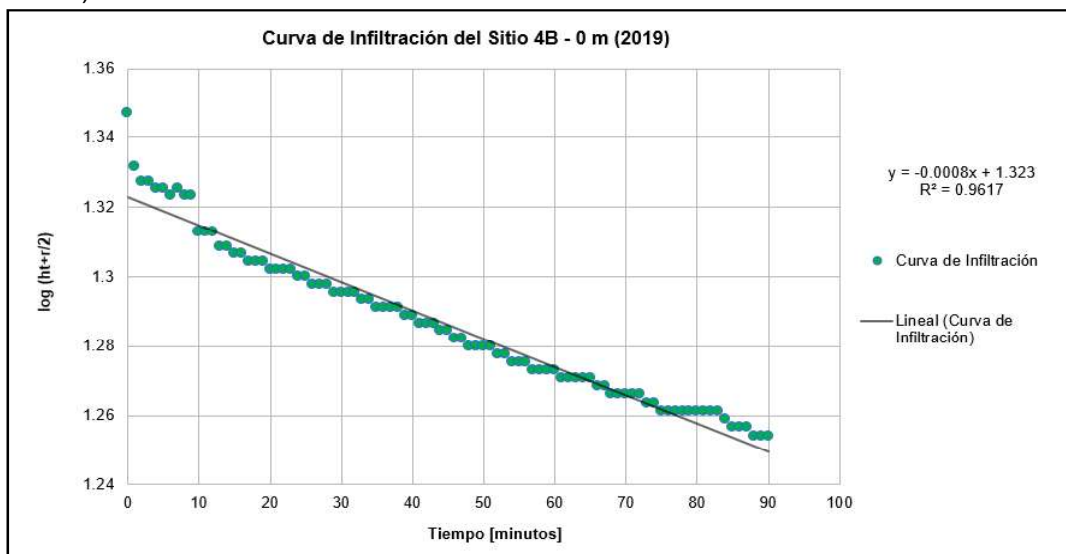
13) Curva de infiltración del Sitio 4A - Distancia 0 m



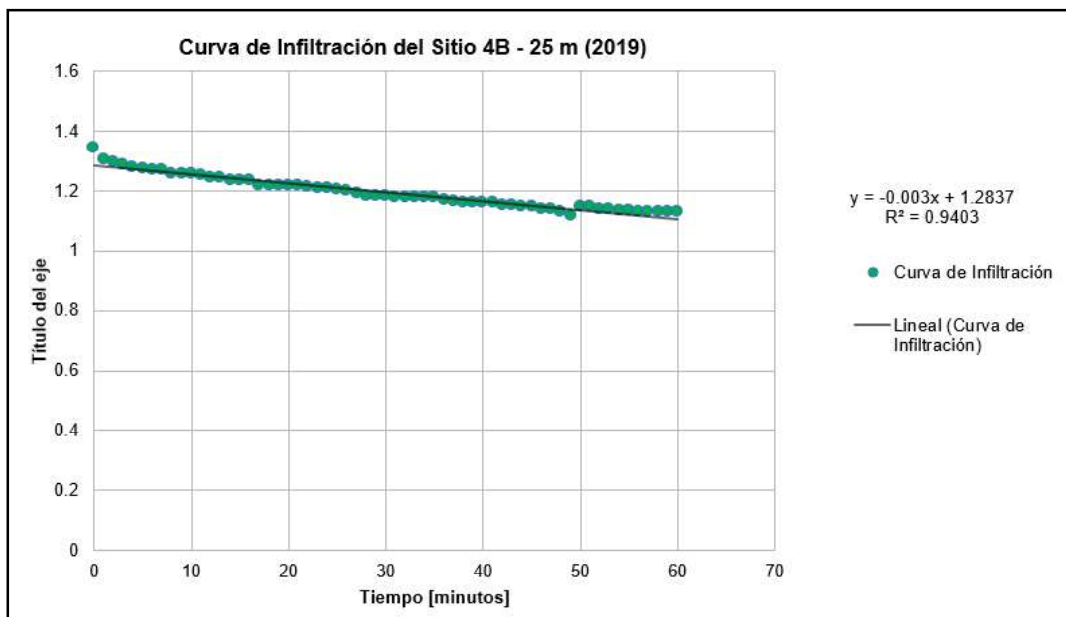
14) Curva de infiltración del Sitio 4A - Distancia 25 m



15) Curva de infiltración del Sitio 4B - Distancia 0 m



16) Curva de infiltración del Sitio 4B - Distancia 25 m



ANEXO 9
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD

1) Densidad Aparente a superficie y Porosidad para el Punto 1A

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g]		Peso en seco [g]		Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]	Porosidad %
Nº	Código			Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro	Muestra seca + cilindro							
1	P1A1	7.3	15	242.02	191.3	93.72	5	97.58	98.175	0.994	62.493		
2	P1A1'	7.3	15	235.26	185.65	95.43	5	90.22	98.175	0.919	65.322		
3	P1A2	10.7	10.6	244.59	197.11	96.66	5	100.45	98.175	1.023	61.390		
4	P1A2'	10.7	10.5	243.2	188.89	93.7	5	95.19	98.175	0.970	63.411		
5	P1A3	16.8	10.5	227.11	178.1	93.18	5	84.92	98.175	0.865	67.359		
6	P1A3'	16.9	10.5	227.99	172.59	93.73	5	78.86	98.175	0.803	69.688		
7	P1A4	8.9	10.2	236.35	176.57	94.27	5	82.3	98.175	0.838	68.366		
8	P1A4'	13	10.6	231.93	164.12	93.66	5	70.46	98.175	0.718	72.917		
9	P1A5	10.7	10	236.26	179.75	93.54	5	86.21	98.175	0.878	66.863		
10	P1A5'	17.7	10.1	235.81	174.7	95.11	5	79.59	98.175	0.811	69.408		
11	P1A6	21.7	10.6	235.51	176.44	94.92	5	81.52	98.175	0.830	68.666		
12	P1A6'	25.1	10	221.3	178.7	93.85	5	84.85	98.175	0.864	67.386		
									PROM		0.876	66.939	

2) Densidad Aparente a superficie y Porosidad para el Punto 1B

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g]		Peso en seco [g]		Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]	Porosidad %
Nº	Código			Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro	Muestra seca + cilindro							
1	P1B1	7.9	10	246.06	205.9	88.27	4.9	117.63	94.29	1.25	52.92		
2	P1B1'	6.7	10	257.68	216.76	89.22	4.9	127.54	94.29	1.35	48.96		
3	P1B2	2.9	10	272.69	224.33	121.2	4.8	103.13	90.48	1.14	56.99		
4	P1B2'	7.2	10	298.14	247.85	148.49	5	99.36	98.17	1.01	61.81		
5	P1B3	9.1	10	265.9	215.84	118.76	4.8	97.08	90.48	1.07	59.51		
6	P1B3'	7.4	10	247.55	193.09	90.74	5	102.35	98.17	1.04	60.66		
7	P1B4	16.2	10	238.33	187.05	88.06	4.9	98.99	94.29	1.05	60.38		
8	P1B4'	17.6	10	239.49	187.65	88.35	4.9	99.3	94.29	1.05	60.26		
9	P1B5	14.8	10	250.56	193.87	90.7	5	103.17	98.17	1.05	60.34		
10	P1B5'	15	10	244.32	205.8	88.27	4.9	117.53	94.29	1.25	52.96		
11	P1B6'	12.9	10	237.47	189.21	88.78	4.9	100.43	94.29	1.07	59.81		
12	P1B6'	11.3	10	249.09	193.46	94.11	5	99.35	98.17	1.01	61.81		
									PROM		1.11	58.03	

3) Densidad Aparente a superficie y Porosidad para el Punto 2A

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g]		Peso en seco [g]	Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]	Porosidad %
Nº	Código			Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro							
1	P2A1	4.2	10	233.38	175.81	93.77	5	82.04	98.17	0.84	68.47	
2	P2A1'	4.7	10	240.1	195.22	119.66	4.9	75.56	94.29	0.80	69.76	
3	P2A2	5.3	10	233.23	173.63	94.03	5	79.6	98.17	0.81	69.40	
4	P2A2'	9.6	10	228.62	173.2	93.34	5	79.86	98.17	0.81	69.30	
5	P2A3	7.1	10	234.63	180.46	93.6	5	86.86	98.17	0.88	66.61	
6	P2A3'	13.1	10	242.22	189.91	93.18	5	96.73	98.17	0.99	62.82	
7	P2A4	7.1	10	232.65	177.81	88.28	4.9	89.53	94.29	0.95	64.17	
8	P2A4'	5.4	10	235.91	187.26	93.7	5	93.56	98.17	0.95	64.04	
9	P2A5	3.4	10	237.33	186.77	93.7	5	93.07	98.17	0.95	64.23	
10	P2A5'	5.9	10	240.33	184.27	94.92	5	89.35	98.17	0.91	65.66	
11	P2A6	5.7	10	234.71	183.27	95.22	5	88.05	98.17	0.90	66.16	
12	P2A6'	9.1	10	232.22	175.38	88.71	4.9	86.67	94.29	0.92	65.31	
										PROM	0.89	66.33

4) Densidad Aparente a superficie y Porosidad para el Punto 2B

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g]		Peso en seco [g]	Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]	Porosidad %
Nº	Código			Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro							
1	P2B1	21.6	12.5	223.63	174.86	88.33	4.9	86.53	94.29	0.92	65.37	
2	P2B1'	10.5	9.5	243.71	211.9	118.83	4.9	93.07	94.29	0.99	62.75	
3	P2B2	37.6	9.5	249.68	210.12	119.85	4.9	90.27	94.29	0.96	63.87	
4	P2B2'	14.9	8.5	249.93	206.62	121.15	4.8	85.47	90.48	0.94	64.35	
5	P2B3	17.9	10.5	225.54	180.93	94.05	5	86.88	98.17	0.88	66.61	
6	P2B3'	14.1	9	216.27	180.21	93.56	5	86.65	98.17	0.88	66.69	
7	P2B4	31.1	19	208.11	182.88	90.72	4.9	92.16	94.29	0.98	63.12	
8	P2B4'	8.9	14	224.68	180.17	88.24	4.9	91.93	94.29	0.98	63.21	
9	P2B5	23.6	18	230.9	185.59	88.17	4.9	97.42	94.29	1.03	61.01	
10	P2B5'	18.4	15	246.81	200.7	122.02	4.8	78.68	90.48	0.87	67.18	
11	P2B6	5.1	15	215.9	179.06	88.11	4.9	90.95	94.29	0.96	63.60	
12	P2B6'	8.2	14	242.54	207.27	120.61	4.8	86.66	90.48	0.96	63.86	
										PROM	0.95	64.30

5) Densidad Aparente a superficie y Porosidad para el Punto 3A

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g]		Peso en seco [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]	Porosidad %
Nº	Código			Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro						
1	P3A1	26.8	10	223.35	179.68	93.87	5	85.81	98.17	0.87	67.02
2	P3A1'	24.5	10.2	240.36	190.01	94.08	5	95.93	98.17	0.98	63.13
3	P3A2	15.9	10.2	216.9	184.82	93.89	5	90.93	98.17	0.93	65.05
4	P3A2'	18	10.1	228.64	189.86	93.39	5	96.47	98.17	0.98	62.92
5	P3A3	17.1	10.2	225.35	187.14	96.7	5	90.44	98.17	0.92	65.24
6	P3A3'	21.3	10.5	239.98	191.57	95.14	5	96.43	98.17	0.98	62.93
7	P3A4	17.3	11.5	218.41	166.83	93.59	5	73.24	98.17	0.75	71.85
8	P3A4'	36.7	10.5	228.42	167.66	93.26	5	74.4	98.17	0.76	71.40
9	P3A5	19.8	10.1	226.34	181.99	94.33	5	87.66	98.17	0.89	66.31
10	P3A5'	21.9	10.5	223.09	183.05	94.86	5	88.19	98.17	0.90	66.10
11	P3A6	17.4	11	225.44	174.57	93.47	5	81.1	98.17	0.83	68.83
12	P3A6'	17.8	10.4	232.64	184.4	93.71	5	90.69	98.17	0.92	65.14
									PROM	0.89	66.33

6) Densidad Aparente a superficie y Porosidad para el Punto 3B

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g]		Peso en seco [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]	Porosidad %
Nº	Código			Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro						
1	P3B1	20.1	29	265.79	221.58	119.84	4.9	101.74	94.29	1.08	59.28
2	P3B1'	25.7	29	301.47	257.38	148.32	5	109.06	98.17	1.11	58.08
3	P3B2	12.9	11.5	231.67	195.76	118.4	4.9	77.36	94.29	0.82	69.04
4	P3B2'	34.7	8.5	206.99	177.54	93.71	5	83.83	98.17	0.85	67.78
5	P3B3	25.6	37	200	176.04	93.68	5	82.36	98.17	0.84	68.34
6	P3B3'	23.7	29	197.08	175.24	88.33	4.9	86.91	94.29	0.92	65.22
7	P3B4	27.5	49	237.47	201.61	94.01	5	107.6	98.17	1.10	58.64
8	P3B4'	26	48	241.47	196.03	89.17	4.9	106.86	94.29	1.13	57.23
9	P3B5	35.9	15	195.8	164.75	88.25	4.9	76.5	94.29	0.81	69.38
10	P3B5'	20	15	215.58	181.94	88.22	4.9	93.72	94.29	0.99	62.49
11	P3B6	28.3	33	272.2	231.84	130.39	4.8	101.45	90.48	1.12	57.69
12	P3B6'	37	14	211.52	184.28	88.02	4.9	96.26	94.29	1.02	61.47
									PROM	0.98	62.89

7) Densidad Aparente a superficie y Porosidad para el Punto 4A

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g]		Peso en seco [g]	Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]	Porosidad %
Nº	Código			Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro							
1	P4A1	2.2	11.3	225.44	186.16	95.46	5	90.7	98.17	0.92	65.14	
2	P4A1'	1.5	12.4	228.88	186.43	93.87	5	92.56	98.17	0.94	64.42	
3	P4A2	5.2	11.4	226.57	178.7	95.19	5	83.51	98.17	0.85	67.90	
4	P4A2'	2.7	13.3	227.83	184.16	93.97	5	90.19	98.17	0.92	65.33	
5	P4A3	6.2	12.5	225.57	178.47	93.6	5	84.87	98.17	0.86	67.38	
6	P4A3'	6.3	11.1	225.51	179.75	95.09	5	84.66	98.17	0.86	67.46	
7	P4A4	5.1	11.5	229.96	184.31	93.82	5	90.49	98.17	0.92	65.22	
8	P4A4'	5.6	11.2	214.93	171.62	93.4	5	78.22	98.17	0.80	69.93	
9	P4A5	3.6	11.5	223.6	179.54	93.7	5	85.84	98.17	0.87	67.01	
10	P4A5'	3.1	11.4	228.13	175.94	94.23	5	81.71	98.17	0.83	68.59	
11	P4A6	7.4	13.3	225.15	175.34	94.04	5	81.3	98.17	0.83	68.75	
12	P4A6'	7.2	11	228.95	176.18	93.5	5	82.68	98.17	0.84	68.22	
										PROM	0.87	67.11

8) Densidad Aparente a superficie y Porosidad para el Punto 4B

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g]		Peso en seco [g]	Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]	Porosidad %
Nº	Código			Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro							
1	P4B1	8.8	17	219.1	177.55	88.21	4.9	89.34	94.29	0.95	64.24	
2	P4B1'	14.5	9.6	216.37	188.54	89.15	4.9	99.39	94.29	1.05	60.22	
3	P4B2	18.1	14.5	201.48	169.32	88.26	4.9	81.06	94.29	0.86	67.56	
4	P4B2'	13.2	11	211.32	184.03	90.67	4.9	93.36	94.29	0.99	62.64	
5	P4B3	9.1	13.7	250.83	200.71	121.1	4.8	79.61	90.48	0.88	66.80	
6	P4B3'	0.8	14.5	216.89	178.83	88.23	4.9	90.6	94.29	0.96	63.74	
7	P4B4	8.5	15.5	218.58	184.65	88.69	4.9	95.96	94.29	1.02	61.59	
8	P4B4'	4.4	7	200.1	172.84	90.71	4.8	82.13	90.48	0.91	65.75	
9	P4B5	14.2	12.5	224.67	175.26	88.15	4.9	87.11	94.29	0.92	65.14	
10	P4B5'	26.3	12	227.5	184.6	93.69	4.9	90.91	94.29	0.96	63.62	
11	P4B6'	20.6	18.5	248.95	217.17	130.39	4.9	86.78	94.29	0.92	65.27	
12	P4B6'	15	15.5	232.47	206.37	118.71	4.9	87.66	94.29	0.93	64.92	
										PROM	0.95	64.29

9) Densidad Aparente a profundidad para el Punto 1A

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g]		Peso en seco [g]	Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]
Nº	Código			Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro						
1	P1AC1	29.6	15.1	238.76	195.06	93.3	5	101.76	98.17	1.04	
2	P1AC2	37.1	20	243.84	190.97	93.73	5	97.24	98.17	0.99	
3	P1AC3	34.8	15.5	232.61	179.41	95.2	5	84.21	98.17	0.86	
4	P1AC4	42.1	20.5	246.46	198.44	93.39	5	105.05	98.17	1.07	
5	P1AC5	20.7	15.5	233.62	177.13	93.94	5	83.19	98.17	0.85	
6	P1AC6	7.5	20.3	235.26	182.71	94.06	5	88.65	98.17	0.90	
									PROM		0.95

10) Densidad Aparente a profundidad para el Punto 1B

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g]		Peso en seco [g]	Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]
Nº	Código			Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro						
1	P1BD1	22.3	16	234.75	208.57	93.81	5	114.76	98.17	1.17	
2	P1BD2	23.9	21	232.31	191.79	93.36	5	98.43	98.17	1.00	
3	P1BD3	21.5	15.5	259.49	204.36	119.65	4.9	84.71	94.29	0.90	
4	P1BD4	27.1	20	244.2	214.46	130.41	4.9	84.05	94.29	0.89	
5	P1BD5	20.3	15.1	239.65	188.59	93.19	5	95.4	98.17	0.97	
6	P1BD6	27.8	20.02	256.91	210.6	120.67	4.9	89.93	94.29	0.95	
									PROM		0.98

11) Densidad Aparente a profundidad para el Punto 2A

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g]		Peso en seco [g]	Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]
Nº	Código			Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro						
1	P2AC1	6.5	25	258.7	207.32	119.54	4.9	87.78	94.29	0.93	
2	P2AC2	2.4	20	253.73	205.53	118.42	4.9	87.11	94.29	0.92	
3	P2AC3	9.5	25	277.83	221.97	130.48	4.8	91.49	90.48	1.01	
4	P2AC4	8.7	20	261.57	228.32	120.75	4.8	107.57	90.48	1.19	
5	P2AC5	8.2	25	236.81	180.44	89.18	4.9	91.26	94.29	0.97	
6	P2AC6	12.2	20	238.86	180.5	90.68	5	89.82	98.17	0.91	
									PROM		0.99

12) Densidad Apparente a profundidad para el Punto 2B

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g] Muestra húmeda + cilindro	Peso en seco [g] Muestra seca + cilindro	Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]
Nº	Código									
1	P2BD1	21.4	25	285.54	234.24	112.39	4.9	121.85	94.29	1.29
2	P2BD2	18.2	20	256.71	202.09	148.42	4.8	53.67	90.48	0.59
3	P2BD3	23.7	25	263.2	207.37	112.96	4.9	94.41	94.29	1.00
4	P2BD4	13.3	20	261.47	214.44	118.01	4.9	96.43	94.29	1.02
5	P2BD5	8.5	25	242.58	191.14	111.91	4.9	79.23	94.29	0.84
6	P2BD6	8	20	245.79	194.55	112.28	4.9	82.27	94.29	0.87
									PROM	0.94

13) Densidad Apparente a profundidad para el Punto 3A

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g] Muestra húmeda + cilindro	Peso en seco [g] Muestra seca + cilindro	Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]
Nº	Código									
1	P3AC1	24.6	25	216.53	186.48	88.76	4.9	97.72	94.29	1.04
2	P3AC2	18.6	20	231.09	202.72	95.26	5	107.46	98.17	1.09
3	P3AC3	26.9	25	237.31	190.75	90.7	4.9	100.05	94.29	1.06
4	P3AC4	26.2	20	242.35	199.33	93.61	5	105.72	98.17	1.08
5	P3AC5	18.7	25	239.32	191.73	88.2	4.9	103.53	94.29	1.10
6	P3AC6	18.9	20	219.24	186.83	93.71	5	93.12	98.17	0.95
									PROM	1.05

14) Densidad Apparente a profundidad para el Punto 3B

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g] Muestra húmeda + cilindro	Peso en seco [g] Muestra seca + cilindro	Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]
Nº	Código									
1	P3BD1	17.5	26.5	256.12	221.33	121.2	4.9	100.13	94.29	1.06
2	P3BD2	23.1	21.5	239.25	221.07	120.59	4.9	100.48	94.29	1.07
3	P3BD3	32.5	26.5	243.85	196.66	90.84	4.9	105.82	94.29	1.12
4	P3BD4	23.8	21.5	243.54	208.02	118.76	4.8	89.26	90.48	0.99
5	P3BD5	31.6	34.5	265.3	226.29	117.96	4.9	108.33	94.29	1.15
6	P3BD6	15.9	21.5	248.23	210.34	112.87	4.9	97.47	94.29	1.03
									PROM	1.07

15) Densidad Aparente a profundidad para el Punto 4A

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g] Muestra húmeda + cilindro	Peso en seco [g] Muestra seca + cilindro	Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]
Nº	Código									
1	P4AC1	2.3	27.9	240.78	190.78	96.59	5	94.19	98.17	0.96
2	P4AC2	2.8	21.9	216.52	182.83	93.79	5	89.04	98.17	0.91
3	P4AC3	6.8	27.5	230.29	177.71	93.19	5	84.52	98.17	0.86
4	P4AC4	6.6	21.2	234.35	196.93	93.57	5	103.36	98.17	1.05
5	P4AC5	10.1	26.5	221.58	183.98	93.54	5	90.44	98.17	0.92
6	P4AC6	10.4	23.3	240.32	171.57	94.77	5	76.8	98.17	0.78
									PROM	0.91

16) Densidad Aparente a profundidad para el Punto 4B

Información		Pendiente	Profundidad [cm]	Peso en húmedo [g] Muestra húmeda + cilindro	Peso en seco [g] Muestra seca + cilindro	Peso del anillo [g]	Diámetro del anillo [cm]	Masa del suelo seco [g]	Volumen del anillo [cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]
Nº	Código									
1	P4BD1*	19.6	36	242.43	184.55	93.78	5	90.77	98.17	0.92
2	P4BD2*	18.6	34.5	290.74	239.68	148.28	5	91.4	98.17	0.93
3	P4BD3*	14.4	37.5	242.41	182.46	93.73	5	88.73	98.17	0.90
4	P4BD4	3.6	30	243.92	193.96	94.89	5	99.07	98.17	1.01
5	P4BD5	8.4	33.5	237.88	181.34	93.28	5	88.06	98.17	0.90
6	P4BD6	3.3	28.5	241.99	184.91	93.11	5	91.8	98.17	0.94
									PROM	0.93

ANEXO 10
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

1) Contenido de Humedad para el Punto 1A

Peso en húmedo [g]	Peso en seco [g]	Peso del anillo	Contenido de humedad	
Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro	[g]	%	
242.02	191.3	93.72	0.52	52
235.26	185.65	95.43	0.55	55
244.59	197.11	96.66	0.47	47
243.2	188.89	93.7	0.57	57
227.11	178.1	93.18	0.58	58
227.99	172.59	93.73	0.70	70
236.35	176.57	94.27	0.73	73
231.93	164.12	93.66	0.96	96
236.26	179.75	93.54	0.66	66
235.81	174.7	95.11	0.77	77
235.51	176.44	94.92	0.72	72
221.3	178.7	93.85	0.50	50
			PROM	64

2) Contenido de Humedad para el Punto 1B

Peso en húmedo [g]	Peso en seco [g]	Peso del anillo	Contenido de humedad	
Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro	[g]	%	
246.06	205.9	88.27	0.34	34
257.68	216.76	89.22	0.32	32
272.69	224.33	121.2	0.47	47
298.14	247.85	148.49	0.51	51
265.9	215.84	118.76	0.52	52
247.55	193.09	90.74	0.53	53
238.33	187.05	88.06	0.52	52
239.49	187.65	88.35	0.52	52
250.56	193.87	90.7	0.55	55
244.32	205.8	88.27	0.33	33
237.47	189.21	88.78	0.48	48
249.09	193.46	94.11	0.56	56
			PROM	47

3) Contenido de Humedad para el Punto 2A

Peso en húmedo [g]	Peso en seco [g]	Peso del anillo	Contenido de humedad	
Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro	[g]	%	
233.38	175.81	93.77	0.70	70
240.1	195.22	119.66	0.59	59
233.23	173.63	94.03	0.75	75
228.62	173.2	93.34	0.69	69
234.63	180.46	93.6	0.62	62
242.22	189.91	93.18	0.54	54
232.65	177.81	88.28	0.61	61
235.91	187.26	93.7	0.52	52
237.33	186.77	93.7	0.54	54
240.33	184.27	94.92	0.63	63
234.71	183.27	95.22	0.58	58
232.22	175.38	88.71	0.66	66
			PROM	62

4) Contenido de Humedad para el Punto 2B

Peso en húmedo [g]	Peso en seco [g]	Peso del anillo	Contenido de humedad	
Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro	[g]	%	
223.63	174.86	88.33	0.56	56
243.71	211.9	118.83	0.34	34
249.68	210.12	119.85	0.44	44
249.93	206.62	121.15	0.51	51
225.54	180.93	94.05	0.51	51
216.27	180.21	93.56	0.42	42
208.11	182.88	90.72	0.27	27
224.68	180.17	88.24	0.48	48
230.9	185.59	88.17	0.47	47
246.81	200.7	122.02	0.59	59
215.9	179.06	88.11	0.41	41
242.54	207.27	120.61	0.41	41
			PROM	45

5) Contenido de Humedad para el Punto 3A

Peso en húmedo [g]	Peso en seco [g]	Peso del anillo	Contenido de humedad	
Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro	[g]	%	
223.35	179.68	93.87	0.51	51
240.36	190.01	94.08	0.52	52
216.9	184.82	93.89	0.35	35
228.64	189.86	93.39	0.40	40
225.35	187.14	96.7	0.42	42
239.98	191.57	95.14	0.50	50
218.41	166.83	93.59	0.70	70
228.42	167.66	93.26	0.82	82
226.34	181.99	94.33	0.51	51
223.09	183.05	94.86	0.45	45
225.44	174.57	93.47	0.63	63
232.64	184.4	93.71	0.53	53
			PROM	53

6) Contenido de Humedad para el Punto 3B

Peso en húmedo [g]	Peso en seco [g]	Peso del anillo	Contenido de humedad	
Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro	[g]	%	
265.79	221.58	119.84	0.43	43
301.47	257.38	148.32	0.40	40
231.67	195.76	118.4	0.46	46
206.99	177.54	93.71	0.35	35
200	176.04	93.68	0.29	29
197.08	175.24	88.33	0.25	25
237.47	201.61	94.01	0.33	33
241.47	196.03	89.17	0.43	43
195.8	164.75	88.25	0.41	41
215.58	181.94	88.22	0.36	36
272.2	231.84	130.39	0.40	40
211.52	184.28	88.02	0.28	28
			PROM	37

7) Contenido de Humedad para el Punto 4A

Peso en húmedo [g]	Peso en seco [g]	Peso del anillo	Contenido de humedad	
Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro	[g]	%	
225.44	186.16	95.46	0.43	43
228.88	186.43	93.87	0.46	46
226.57	178.7	95.19	0.57	57
227.83	184.16	93.97	0.48	48
225.57	178.47	93.6	0.55	55
225.51	179.75	95.09	0.54	54
229.96	184.31	93.82	0.50	50
214.93	171.62	93.4	0.55	55
223.6	179.54	93.7	0.51	51
228.13	175.94	94.23	0.64	64
225.15	175.34	94.04	0.61	61
228.95	176.18	93.5	0.64	64
PROM				54

8) Contenido de Humedad para el Punto 4B

Peso en húmedo [g]	Peso en seco [g]	Peso del anillo	Contenido de humedad	
Muestra húmeda + cilindro	Muestra seca + cilindro	[g]	%	
219.1	177.55	88.21	0.47	47
216.37	188.54	89.15	0.28	28
201.48	169.32	88.26	0.40	40
211.32	184.03	90.67	0.29	29
250.83	200.71	121.1	0.63	63
216.89	178.83	88.23	0.42	42
218.58	184.65	88.69	0.35	35
200.1	172.84	90.71	0.33	33
224.67	175.26	88.15	0.57	57
227.5	184.6	93.69	0.47	47
248.95	217.17	130.39	0.37	37
232.47	206.37	118.71	0.30	30
PROM				41

ANEXO 11
DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS GRÁFICOS DE CADA PROPIEDAD
FÍSICA

1. Descripción de los gráficos 2, 3, 4, 5, 6 y 7

En el gráfico N°2 se observan los valores correspondientes a la conductividad hidráulica saturada (a profundidad) del Sitio 1. El valor mínimo de A (75,35 *mm/h*) es mayor que el valor mínimo de B (65,96 *mm/h*). El valor máximo de A (372,6 *mm/h*) es menor que el valor máximo de B (1633,23 *mm/h*). Los diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (2,83) es menor que el F crítico (4,965). Además, el valor p calculado (0,1229) es mayor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios en este sitio no existe diferencia significativa. Por ende, existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°3 se observan los valores correspondientes a la conductividad hidráulica saturada (a profundidad) del Sitio 2. El valor mínimo de A (2,25 *mm/h*) es menor que el valor mínimo de B (23,87 *mm/h*). El valor máximo de A (11,96 *mm/h*) es menor que el valor máximo de B (164,50 *mm/h*). Los diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (11,72) es mayor que el F crítico (4,965). Además, el valor p calculado (0,006531) es menor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios en este sitio sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°4 se observan los valores correspondientes a la conductividad hidráulica saturada (a profundidad) del Sitio 3. El valor mínimo de A (31,96 *mm/h*) es menor que el valor mínimo de B (73,69 *mm/h*). El valor máximo de A (97,43 *mm/h*) es menor que el valor máximo de B (819,72 *mm/h*). Los diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la

mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de $F(7,34)$ es mayor que el F crítico (4,965). Además, el valor p calculado (0,02199) es menor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios en este sitio sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°5 se observan los valores correspondientes a la conductividad hidráulica saturada (a profundidad) del Sitio 4. El valor mínimo de A (10,21 *mm/h*) es menor que el valor mínimo de B (40,27 *mm/h*). El valor máximo de A (204,93 *mm/h*) es menor que el valor máximo de B (190,44 *mm/h*). El diagrama de caja correspondiente al escenario A posee una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana) mientras que el diagrama de caja correspondiente al escenario B posee una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que la mediana en el diagrama de caja del escenario A se encuentra desplazada hacia la parte inferior de la caja mientras que la del escenario B se encuentra desplazada hacia la parte superior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de $F(0,98)$ es menor que el F crítico (4,965). Además, el valor p calculado (0,13447) es mayor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios en este sitio no existe diferencia significativa. Por ende, existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°6 se observan los valores correspondientes a la conductividad hidráulica saturada (a profundidad) entre escenarios. El valor mínimo de A (2,25 *mm/h*) es menor que el valor mínimo de B (23,87 *mm/h*). El valor máximo de A (372,6 *mm/h*) es menor que el valor máximo de B (1633,23 *mm/h*). Los diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de $F(6,40)$ es mayor

que el F crítico (4,052). Además, el valor p calculado (0,01491) es menor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios en este sitio sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°7 se observan los valores correspondientes a la conductividad hidráulica saturada (a profundidad) global. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (4,64) es mayor que el F crítico (2,25). Además, el valor p calculado (0,0007154) es menor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente a nivel global sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

2. Descripción de los gráficos 8 y 9

En el gráfico N°8 se observan los valores correspondientes a la conductividad hidráulica saturada (superficial) entre escenarios. El valor mínimo de A (4,25 *mm/h*) es mayor que el valor mínimo de B (2,54 *mm/h*) El valor máximo de A (71,76 *mm/h*) es mayor que el valor máximo de B (8,2 *mm/h*). La media del sitio B (4,73 *mm/h*) es 66,06% menor que la media del sitio A (16,32 *mm/h*). Los diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (1,78) es menor que el F crítico (4,6). Además, el valor p calculado (0,2036) es mayor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios no existe diferencia significativa. Por ende, existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°9 se observan los valores correspondientes a la conductividad hidráulica saturada (superficial) global. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (1,95) es menor que el F crítico (3,50). Además, el valor p calculado (0,184) es mayor que el valor de

significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente a nivel global no existe diferencia significativa. Por ende, existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

3. Descripción de los gráficos 10, 11, 12, 13, 14 y 15

En el gráfico N°10 se observan los valores correspondientes a la densidad aparente superficial en el Sitio 1. El valor mínimo de A ($0,72 \text{ g/cm}^3$) es menor que el valor mínimo de B ($1,01 \text{ g/cm}^3$). El valor máximo de A ($1,02 \text{ g/cm}^3$) es menor que el valor máximo de B ($1,35 \text{ g/cm}^3$). La media del sitio A ($0,88 \text{ g/cm}^3$) es 21,2% menor que la media del sitio B ($1,11 \text{ g/cm}^3$). Los dos diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que las medianas se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (33,52) es mayor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,00000797) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°11 se observan los valores correspondientes a la densidad aparente superficial Sitio 2. El valor mínimo de A ($0,80 \text{ g/cm}^3$) es menor que el valor mínimo de B ($0,87 \text{ g/cm}^3$). El valor máximo de A ($0,99 \text{ g/cm}^3$) es menor que el valor máximo de B ($1,03 \text{ g/cm}^3$). La media del sitio A ($0,89 \text{ g/cm}^3$) es 5,7% menor que la media del sitio B ($0,95 \text{ g/cm}^3$). Los dos diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte superior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (5,41) es mayor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,02962) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°12 se observan los valores correspondientes a la densidad aparente superficial del Sitio 3. El valor máximo de A ($0,98 \text{ g/cm}^3$) es menor que el valor máximo de B ($1,13 \text{ g/cm}^3$). El valor mínimo de A ($0,75 \text{ g/cm}^3$) es menor que el valor mínimo de B ($0,81 \text{ g/cm}^3$). La media del sitio A ($0,89 \text{ g/cm}^3$) es 9,3% menor que la media del sitio B ($0,98 \text{ g/cm}^3$). Los dos diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte superior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (4,40) es mayor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,0477) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°13 se observan los valores correspondientes a la densidad aparente superficial del Sitio 4. El valor mínimo de A ($0,80 \text{ g/cm}^3$) es menor que el valor mínimo de B ($0,86 \text{ g/cm}^3$). El valor máximo de A ($0,94 \text{ g/cm}^3$) es menor que el valor máximo de B ($1,05 \text{ g/cm}^3$). La media del sitio A ($0,87 \text{ g/cm}^3$) es 7,9% menor que la media del sitio B ($0,95 \text{ g/cm}^3$). Los dos diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que las medianas se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (12,95) es mayor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,001599) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°14 se observan los valores correspondientes a la densidad aparente superficial entre escenarios. El valor mínimo de A ($0,72 \text{ g/cm}^3$) es menor que el valor mínimo de B ($0,81 \text{ g/cm}^3$). El valor máximo de A ($1,02 \text{ g/cm}^3$) es menor que el valor máximo de B ($1,35 \text{ g/cm}^3$). La media del sitio A ($0,88 \text{ g/cm}^3$) es 11,4% menor que la media del sitio B ($1,00 \text{ g/cm}^3$). Los dos diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se

observa que las medianas se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (35,55) es mayor que el F crítico (3,94). Además, el valor p calculado (0,00000004334) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°15 se observan los valores correspondientes a la densidad aparente superficial global. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (11,37) es mayor que el F crítico (2,12). Además, el valor p calculado (0,0000000003468) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

4. Descripción de los gráficos 16, 17 y 18

En el gráfico N°16 se observan los valores correspondientes a la densidad aparente a profundidad (media) entre escenarios. El valor mínimo de A ($0,78 \text{ g/cm}^3$) es mayor que el valor mínimo de B ($0,59 \text{ g/cm}^3$). El valor máximo de A ($1,19 \text{ g/cm}^3$) es mayor que el valor máximo de B ($1,17 \text{ g/cm}^3$). La media del sitio A ($0,97 \text{ g/cm}^3$) es 1,2% mayor que la media del sitio B ($0,96 \text{ g/cm}^3$). El diagrama de caja correspondiente al escenario A posee una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que la mediana se encuentra desplazada hacia la parte inferior de la caja. El diagrama correspondiente al escenario B posee una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que la mediana se encuentra desplazada hacia la parte superior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (0,05004) es menor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,8251) es mayor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios no existe

diferencia significativa. Por ende, existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°17 se observan los valores correspondientes a la densidad aparente a profundidad (fondo) entre escenarios Sitios (1 - 2 - 3 y 4). El valor mínimo de A ($0,86 \text{ g/cm}^3$) es mayor que el valor mínimo de B ($0,84 \text{ g/cm}^3$). El valor máximo de A ($1,10 \text{ g/cm}^3$) es menor que el valor máximo de B ($1,29 \text{ g/cm}^3$). La media del sitio A ($0,98 \text{ g/cm}^3$) es 1,9% menor que la media del sitio B ($1,00 \text{ g/cm}^3$). Los dos diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que las medianas se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (0,193) es menor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,6647) es mayor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios no existe diferencia significativa. Por ende, existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°18 se observan los valores correspondientes a la densidad aparente (superficial - medio - fondo) entre escenarios Sitios (1 -2 - 3 y 4). El valor mínimo de A ($0,72 \text{ g/cm}^3$) es mayor que el valor mínimo de B ($0,59 \text{ g/cm}^3$). El valor máximo de A ($1,35 \text{ g/cm}^3$) es mayor que el valor máximo de B ($1,19 \text{ g/cm}^3$). La media del sitio A ($0,91 \text{ g/cm}^3$) es 7,8% menor que la media del sitio B ($0,99 \text{ g/cm}^3$). El diagrama correspondiente al escenario A posee una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que la mediana se encuentra desplazada hacia la parte superior de la caja. El diagrama de caja correspondiente al escenario B posee una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que la mediana se encuentra desplazada hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (18,94) es mayor que el F crítico (3,90). Además, el valor p calculado (0,00002563) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

5. Descripción de los gráficos 19, 20, 21, 22, 23 y 24

En el gráfico N°19 se observan los valores correspondientes al contenido de humedad del Sitio 1. El porcentaje mínimo de A (61,39%) es mayor que el porcentaje mínimo de B (48,96%). El porcentaje máximo de A (72,92%) es mayor que el porcentaje máximo de B (61,81%). La media del sitio A (64,42%) es 36,8% mayor que la media del sitio B (47,08%). El diagrama de caja correspondiente al escenario A posee una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que la mediana se encuentra desplazada hacia la parte inferior de la caja. El diagrama correspondiente al escenario B posee una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que la mediana se encuentra desplazada hacia la parte superior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (13,07) es mayor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,001533) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°20 se observan los valores correspondientes al contenido de humedad del Sitio 2. El porcentaje mínimo de A (62,82%) es mayor que el porcentaje mínimo de B (61,01%). El porcentaje máximo de A (69,76%) es mayor que el porcentaje máximo de B (67,18%). La media del sitio A (61,92%) es 37,3% mayor que la media del sitio B (45,08%). El diagrama de caja correspondiente al escenario A posee una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que la mediana se encuentra desplazada hacia la parte inferior de la caja. El diagrama correspondiente al escenario B posee una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que la mediana se encuentra desplazada hacia la parte superior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (25,94) es mayor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,00004204) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°21 se observan los valores correspondientes al contenido de humedad del Sitio 3. El porcentaje mínimo de A (62,92%) es mayor que el porcentaje mínimo de B (57,23%). El porcentaje máximo de A (71,85%) es mayor que el porcentaje máximo de B (69,38%). La media del sitio A (52,83%) es 44,4% mayor que la media del sitio B (36,58%). El diagrama de caja correspondiente al escenario A posee una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que la mediana se encuentra desplazada hacia la parte inferior de la caja. El diagrama correspondiente al escenario B posee una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que la mediana se encuentra desplazada hacia la parte superior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (14,4) es mayor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,0009937) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°22 se observan los valores correspondientes al contenido de humedad del Sitio 4. El porcentaje mínimo de A (64,42%) es mayor que el porcentaje mínimo de B (60,22%). El porcentaje máximo de A (69,93%) es mayor que el porcentaje máximo de B (67,56%). La media del sitio A (54,00%) es 32,8% mayor que la media del sitio B (40,67%). El diagrama correspondiente al escenario A posee una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que la mediana se encuentra desplazada hacia la parte superior de la caja. El diagrama de caja correspondiente al escenario B posee una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que la mediana se encuentra desplazada hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (12,56) es mayor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,001822) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°23 se observan los valores correspondientes al contenido de humedad entre escenarios. El porcentaje mínimo de A (35 %) es mayor que el porcentaje mínimo de B (25%). El porcentaje máximo de A (96%) es mayor que el porcentaje máximo de B (63%). La media del sitio A (58,29%) es 37,6% mayor que la media del sitio B (42,35%). Los dos diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que las medianas se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (53,34) es mayor que el F crítico (3,94). Además, el valor p calculado ($8,976E-11$) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°24 se observan los valores correspondientes al contenido de humedad global. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (11,58) es mayor que el F crítico (2,12). Además, el valor p calculado (0,0000000002402) es menor que el valor de significancia ($p=0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

6. Descripción de los gráficos 25, 26, 27, 28, 29 y 30

En el gráfico N°25 se observan los valores correspondientes a la porosidad en el Sitio 1. El valor mínimo de A (61,39%) es mayor que el valor mínimo de B (48,96%). El valor máximo de A (72,92 %) es mayor que el valor máximo de B (61,81%). La media del sitio A (66,94%) es 15,40% mayor que la media del sitio B (58,03%). Los diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte superior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (33,51) es mayor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,00000007896) es menor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica

que estadísticamente entre escenarios en este sitio sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°26 se observan los valores correspondientes a la porosidad en el Sitio 2. El valor mínimo de A (62,82%) es mayor que el valor mínimo de B (61,01%). El valor máximo de A (69,76 %) es mayor que el valor máximo de B (67,18%). La media del sitio A (66,33%) es 3,2% mayor que la media del sitio B (64,3%). Los diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (5,418) es mayor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,02953) es menor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios en este sitio sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°27 se observan los valores correspondientes a la porosidad en el Sitio 3. El valor mínimo de A (62,92%) es mayor que el valor mínimo de B (57,23%). El valor máximo de A (71,85 %) es mayor que el valor máximo de B (69,38 %). La media de sitio A (66,33%) es 5,5% mayor que la media del sitio B (62,89%). Los diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (4,399) es mayor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,04767) es menor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios en este sitio sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°28 se observan los valores correspondientes a la porosidad en el Sitio 4. El valor mínimo de A (64,42%) es mayor que el valor mínimo de B (60,22%). El valor máximo de A (69,93 %) es mayor que el valor máximo de B (67,56%). La media del sitio A (67,11%) es 4,4% mayor que la media del sitio B (64,29%). Los

diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte superior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (12,93) es mayor que el F crítico (4,30). Además, el valor p calculado (0,001608) es menor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios en este sitio sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°29 se observan los valores correspondientes a la porosidad entre escenarios. El valor mínimo de A (61,39%) es mayor que el valor mínimo de B (48,96%). El valor máximo de A (72,92%) es mayor que el valor máximo de B (69,38%). La media del sitio A (66,68%) es 6,9% mayor que la media del sitio B (62,38%). Los diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte superior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (35,54) es mayor que el F crítico (3,94). Además, el valor p calculado (0,00000004336) es menor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°30 se observan los valores correspondientes a la porosidad global. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (11,36) es mayor que el F crítico (2,11). Además, el valor p calculado (0,000000003841) es menor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente a nivel global sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

7. Descripción de los gráficos 31, 32, 33, 34, 35 y 36

En el gráfico N°31 se observan los valores correspondientes a la materia orgánica del Sitio 1. El valor mínimo de A (11,9%) es mayor que el valor mínimo de B (8,4%).

El valor máximo de A (18,1 %) es mayor que el valor máximo de B (12,2%). La media del sitio A (13,57%) es 37,04% mayor que la media del sitio B (9,90%). Los diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (11,47) es mayor que el F crítico (4,96). Además, el valor p calculado (0,006918) es menor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios en este sitio sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°32 se observan los valores correspondientes a la materia orgánica del Sitio 2. El valor mínimo de A (9,7%) es mayor que el valor mínimo de B (10,8%). El valor máximo de A (13,3 %) es mayor que el valor máximo de B (13,5%). La media del sitio A (12,27%) es 1,66% mayor que la media del sitio B (12,07%). El diagrama de caja correspondiente al escenario A posee una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana) mientras que el diagrama de caja correspondiente al escenario B posee una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que la mediana en el diagrama de caja del escenario A se encuentra desplazada hacia la parte superior de la caja mientras que la del escenario B se encuentra desplazada hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (0,09) es menor que el F crítico (4,96). Además, el valor p calculado (0,7748) es mayor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios en este sitio no existe diferencia significativa. Por ende, existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°33 se observan los valores correspondientes a la materia orgánica del Sitio 3. El valor mínimo de A (9,7%) es mayor que el valor mínimo de B (6,9%). El valor máximo de A (16,4 %) es mayor que el valor máximo de B (16%). La media del sitio A (12,35%) es 15,96% mayor que la media del sitio B (10,55%). Los diagramas de caja poseen una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media

mayor a la mediana). Se observa que las medianas en los diagramas de caja se encuentran desplazadas hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (0,74) es menor que el F crítico (4,96). Además, el valor p calculado (0,4111) es mayor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios en este sitio no existe diferencia significativa. Por ende, existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°34 se observan los valores correspondientes a la materia orgánica del Sitio 4. El valor mínimo de A (13,5%) es mayor que el valor mínimo de B (12,6%). El valor máximo de A (15,6 %) es menor que el valor máximo de B (17,1%). La media del sitio B (15,28%) es 6,63% mayor que la media del sitio A (14,33%). El diagrama de caja correspondiente al escenario A posee una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana) mientras que el diagrama de caja correspondiente al escenario B posee una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana). Se observa que la mediana en el diagrama de caja del escenario A se encuentra desplazada hacia la parte inferior de la caja mientras que la del escenario B se encuentra desplazada hacia la parte superior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de F (1,66) es menor que el F crítico (4,96). Además, el valor p calculado (0,2266) es mayor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios en este sitio no existe diferencia significativa. Por ende, existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°35 se observan los valores correspondientes a la materia orgánica entre escenarios. El valor mínimo de A (9,7%) es mayor que el valor mínimo de B (6,9%). El valor máximo de A (18,1%) es menor que el valor máximo de B (17,1%). La media del sitio B (13,13%) es 6,63% mayor que la media del sitio A (11,98%). El diagrama de caja correspondiente al escenario A posee una distribución asimétrica sesgada a la izquierda (media menor a la mediana) mientras que el diagrama de caja correspondiente al escenario B posee una distribución asimétrica sesgada a la derecha (media mayor a la mediana). Se observa que la mediana en el diagrama

de caja del escenario A se encuentra desplazada hacia la parte superior de la caja mientras que la del escenario B se encuentra desplazada hacia la parte inferior de la caja. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de $F(2,43)$ es menor que el F crítico (4,05). Además, el valor p calculado (0,1262) es mayor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente entre escenarios no existe diferencia significativa. Por ende, existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.

En el gráfico N°36 se observan los valores correspondientes a la materia orgánica global. Los resultados de la tabla de análisis de varianza (Ver Anexo 7) indican que para este sitio el valor de $F(4,24)$ es mayor que el F crítico (2,25). Además, el valor p calculado (0,001384) es menor que el valor de significancia ($p= 0,05$). Esto nos indica que estadísticamente a nivel global sí existe diferencia significativa. Por ende, no existe una distribución normal de la varianza del grupo muestral.