



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSTGRADO
PROGRAMA DE MAESTRIA
MAESTRIA EN DESARROLLO RURAL



TESIS

**TIPOS DE TRACTOR Y COMPACTACIÓN DE DOS SERIES DE SUELOS
EN DOS ÉPOCAS EN EL CIP-ILLPA**

PRESENTADA POR:

DAWES RAMOS ALATA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAGISTER SCIENTIAE EN GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES Y
MEDIO AMBIENTE**

**PUNO, PERÚ
2015**

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**TIPOS DE TRACTOR Y COMPACTACION
DE DOS SERIES DE SUELO EN DOS EPOC
AS EN EL CIP ILLPA**

AUTOR

DAWES RAMOS ALATA

RECUENTO DE PALABRAS

63585 Words

RECUENTO DE CARACTERES

257025 Characters

RECUENTO DE PAGINAS

217 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.1MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 30, 2023 4:05 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 30, 2023 4:08 PM GMT-5

● 20% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



M.Sc. Pablo Antonio Beltrán Espinoza
CIP. 99597
DOCENTE FCA UNA PUNO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSTGRADO
PROGRAMA DE MAESTRIA
MAESTRIA EN DESARROLLO RURAL

TESIS

**TIPOS DE TRACTOR Y COMPACTACIÓN DE DOS SERIES DE SUELOS
EN DOS ÉPOCAS EN EL CIP - ILLPA**

PRESENTADA POR:


DAWES RAMOS ALATA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAGISTER SCIENTIAE EN GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES Y
MEDIO AMBIENTE**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE


M.Sc. ALBERTO HERRERA TORRES

PRIMER MIEMBRO


M.Sc. DANIEL CANAZA MAMANI

SEGUNDO MIEMBRO


M.Sc. FRANCIS MIRANDA CHOQUE

ASESOR DE TESIS


M.Sc. PABLO ANTONIO BELTRAN BARRIGA

Puno, 29 de Enero de 2015



DEDICATORIA

A Dios que me ha dado la vida y fortaleza
para terminar este proyecto de investigación,
A mis Padres por estar ahí cuando más los necesité; en
especial a mi madre por su ayuda y constante cooperación y
A mi esposa Norma e hijos Jean y Mireya por apoyarme y ayudarme en los
momentos más difíciles.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a la Universidad Nacional del Altiplano y la Escuela de post Grado Maestría en Desarrollo Rural por haberme forjado en la especialidad e inculcar en mi un profundo respeto por el medio ambiente y los recursos naturales y buscar la sostenibilidad de las actividades que tengan que ver con el suelo el agua y el aire, a sus profesores y personal administrativo que, labora en la Universidad Nacional del Altiplano.



INDICE GENERAL

| | Pág. |
|------------------------|-------------|
| DEDICATORIA..... | I |
| AGRADECIMIENTOS..... | li |
| INDICE GENERAL..... | lii |
| INDICE DE CUADROS..... | Vi |
| INDICE DE FIGURAS..... | Xv |
| INDICE DE ANEXOS..... | Xvii |
| RESUMEN..... | Xix |
| ABSTRACT..... | Xx |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

| | |
|------------------------------------|----|
| 1.1 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 9 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 11 |
| 1.2.1 GENERAL..... | 11 |
| 1.2.2 ESPECÍFICOS..... | 11 |
| 1.3 HIPÓTESIS..... | 14 |
| 1.3.1 GENERAL..... | 15 |
| 1.3.2 ESPECÍFICO..... | 16 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|--|----|
| 2.1 ANTECEDENTES..... | 26 |
| 2.2 MARCO REFERENCIAL..... | 27 |
| 2.2.1 LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO..... | 29 |



| | | |
|---------|--|----|
| 2.2.1.1 | Textura..... | 29 |
| 2.2.1.2 | Estructura..... | 30 |
| 2.2.1.3 | Humedad (Agua en el suelo)..... | 33 |
| 2.2.1.4 | Densidad..... | 35 |
| 2.2.1.5 | Porosidad..... | 35 |
| 2.2.1.6 | Velocidad de Infiltración..... | 35 |
| 2.2.1.7 | Color..... | 35 |
| 2.2.2 | LA MAQUINARIA AGRÍCOLA..... | 36 |
| 2.2.2.1 | El Tractor..... | 37 |
| 2.2.2.2 | Tracción..... | 38 |
| 2.2.3 | LA COMPACTACIÓN DEL SUELO..... | 30 |
| 2.2.3.1 | Causas de la compactación de suelos agrícolas... | 31 |
| 2.2.3.2 | Efectos de la Compactación del Suelo..... | 33 |
| 2.3 | MARCO CONCEPTUAL..... | 35 |
| 2.3.1 | BANDA DE RODAJE..... | 35 |
| 2.3.2 | CARCASA DE LA CUBIERTA..... | 35 |
| 2.3.3 | CUBIERTA DE LA RUEDA..... | 36 |
| 2.3.4 | DIBUJO DE LA CUBIERTA..... | 36 |
| 2.3.5 | MEDIDAS DE LA CUBIERTA..... | 37 |
| 2.3.6 | ÍNDICE DE CARGA..... | 38 |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

| | | |
|-----|-------------------------|----|
| 3.1 | LOCALIZACIÓN..... | 39 |
| 3.2 | UBICACIÓN POLÍTICA..... | 39 |



| | | |
|---------|---|----|
| 3.3 | UBICACIÓN GEOGRÁFICA..... | 39 |
| 3.4 | SERIES DE SUELO EN ESTUDIO..... | 40 |
| 3.4.1 | CARACTERÍSTICAS DE LA SERIE ILLPA..... | 40 |
| 3.4.2 | CARACTERÍSTICAS DE LA SERIE TITICACA CÁLCICO.... | 41 |
| 3.5 | EXTENSIÓN SUPERFICIAL..... | 43 |
| 3.6 | LÍMITES..... | 43 |
| 3.7 | DATOS METEOROLÓGICOS..... | 43 |
| 3.8 | MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE CAMPO..... | 40 |
| 3.8.1 | MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MUESTREO DE SUELOS..... | 46 |
| 3.8.2 | MATERIALES PARA LA PRUEBA DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN..... | 46 |
| 3.8.3 | MAQUINARIA AGRÍCOLA..... | 47 |
| 3.8.4 | INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE LABORATORIO..... | 48 |
| 3.9 | METODOLOGÍA..... | 48 |
| 3.9.1 | DISEÑO EXPERIMENTAL..... | 48 |
| 3.9.2 | VARIABLES EN ESTUDIO..... | 49 |
| 3.9.3 | DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS..... | 51 |
| 3.9.4 | ANÁLISIS DE SUELO EXPERIMENTAL..... | 52 |
| 3.9.5 | CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO..... | 53 |
| 3.9.5.1 | Fase de Campo..... | 53 |
| 3.9.5.2 | Fase de Laboratorio..... | 55 |



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|--|-----|
| 4.1 EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA DENSIDAD APARENTE..... | 62 |
| 4.2 EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA POROSIDAD TOTAL DEL SUELO..... | 75 |
| 4.3 EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA MICROPOROSIDAD DEL SUELO..... | 88 |
| 4.4 EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA MACROPOROSIDAD DEL SUELO..... | 94 |
| 4.5 EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DEL SUELO..... | 108 |
| 4.6. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN..... | 119 |
| CONCLUSIONES..... | 124 |
| RECOMENDACIONES..... | 126 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 127 |
| ANEXOS..... | 133 |



INDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Cuadro 1. Clasificación de las partículas del suelo por su tamaño..... | 12 |
| Cuadro 2. Densidad aparente con relación a la textura del suelo..... | 18 |
| Cuadro 3. Porosidad referencial de acuerdo a la clase textural del suelo..... | 21 |
| Cuadro 4. Clasificación y propiedades de los poros del suelo, según su tamaño..... | 23 |
| Cuadro 5. Permeabilidad del suelo de acuerdo a su clase textural..... | 25 |
| Cuadro 6. Existencia de tractores en el mundo, por continente..... | 29 |
| Cuadro 7. Código Internacional para el Dibujo de la Banda de Rodaje | 37 |
| Cuadro 8. Datos de precipitación pluvial del mes de abril y agosto de 2013..... | 43 |
| Cuadro 9. Temperatura media diaria °C..... | 44 |
| Cuadro 10. PROMEDIO DE TEMPERATURA MEDIA (°C)..... | 45 |
| Cuadro 11. PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)..... | 45 |
| Cuadro 12. Época Húmeda (Abril 2013)..... | 51 |
| Cuadro 13. Época Seca (Agosto 2013)..... | 52 |
| Cuadro 14. Resultados del análisis físico del suelo..... | 53 |
| Cuadro 15. Valores de humedad (%) por época para los dos tipos de tractor en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 61 |
| Cuadro 16. Valores de humedad (%) por época para los dos tipos de tractor en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 62 |



| | |
|---|----|
| Cuadro 17. Análisis de varianza de d_a (g/cm^3) para 2 épocas, 2 tipos de tractor y 5 número de pasadas en DCA con 3 repeticiones en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 62 |
| Cuadro 18. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor época (E), en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 63 |
| Cuadro 19. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de tractor (T), la serie de suelo Illpa (S1)..... | 63 |
| Cuadro 20. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor N° de pasadas (P), la serie de suelo Illpa (S1)..... | 64 |
| Cuadro 21. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X T, la serie de suelo Illpa (S1)..... | 64 |
| Cuadro 22. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X P, la serie de suelo Illpa (S1)..... | 65 |
| Cuadro 23. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción T X P, la serie de suelo Illpa (S1)..... | 66 |
| Cuadro 24. Análisis de varianza de D_a (g/cm^3) para 2 épocas, 2 tipos de tractor y 5 número de pasadas en DCA con 3 repeticiones en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 67 |
| Cuadro 25. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor época (E), en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 68 |
| Cuadro 26. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de tractor (T), la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2).... | 68 |
| Cuadro 27. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor N° de pasadas (P), la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)... | 69 |



| | |
|---|----|
| Cuadro 28. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X T, la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 69 |
| Cuadro 29. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X P, la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2).... | 70 |
| Cuadro 30. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción T X P, la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2).... | 71 |
| Cuadro 31. Análisis de varianza de porosidad total (%) para 2 épocas, 2 tipos de tractor y 5 número de pasadas en DCA con 3 repeticiones en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 75 |
| Cuadro 32. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor época (E), sobre la porosidad total (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 76 |
| Cuadro 33. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de tractor (T), sobre la porosidad total (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 76 |
| Cuadro 34. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor Nº de pasadas (P), sobre la porosidad total (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 77 |
| Cuadro 35. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X T, sobre la porosidad total (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 77 |
| Cuadro 36. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X P, sobre la porosidad total (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 78 |



| | |
|--|----|
| Cuadro 37. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción T X P, sobre la porosidad total (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 79 |
| Cuadro 38. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X T X P, sobre la porosidad total (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 80 |
| Cuadro 39. Análisis de varianza de porosidad total (%) para 2 épocas, 2 tipos de tractor y 5 número de pasadas en DCA con 3 repeticiones en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 81 |
| Cuadro 40. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor época (E), sobre la porosidad total (%) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 82 |
| Cuadro 41. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de tractor (T), sobre la porosidad total (%) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 82 |
| Cuadro 42. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor nº de pasadas (P), sobre la porosidad total (%) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 83 |
| Cuadro 43. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X P, sobre la porosidad total (%) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 84 |
| Cuadro 44. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción T X P, sobre la porosidad total (%) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 85 |



| | |
|---|----|
| Cuadro 45. Análisis de varianza de microporosidad (%) para 2 épocas, 2 tipos de tractor y 5 número de pasadas en DCA con 3 repeticiones en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 88 |
| Cuadro 46. Prueba de comparación de medias de duncan para factor época (E), sobre la microporosidad (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 89 |
| Cuadro 47. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de tractor (T), sobre la microporosidad (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 89 |
| Cuadro 48. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor nº de pasadas (P), sobre la microporosidad (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 90 |
| Cuadro 49. Análisis de varianza de Microporosidad (%) para 2 épocas, 2 tipos de tractor y 5 número de pasadas en DCA con 3 repeticiones en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 90 |
| Cuadro 50. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X T, sobre la microporosidad (%) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 91 |
| Cuadro 51. Análisis de varianza de macroporosidad (%) para 2 épocas, 2 tipos de tractor y 5 número de pasadas en DCA con 3 repeticiones en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 94 |
| Cuadro 52. Prueba de comparación de medias de duncan para factor época (E), sobre la macroporosidad (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 95 |



| | |
|---|-----|
| Cuadro 53. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de tractor (T), sobre la Macroporosidad (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 95 |
| Cuadro 54. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor N° de pasadas (P), sobre la Macroporosidad (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 96 |
| Cuadro 55. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X T, sobre la macroporosidad (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 97 |
| Cuadro 56. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X P, sobre la macroporosidad (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 98 |
| Cuadro 57. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción T X P, sobre la macroporosidad (%) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 99 |
| Cuadro 58. Análisis de varianza de macroporosidad (%) para 2 épocas, 2 tipos de tractor y 5 número de pasadas en DCA con 3 repeticiones en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 100 |
| Cuadro 59. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor época (E), sobre la macroporosidad (%) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 101 |
| Cuadro 60. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de tractor (T), sobre la macroporosidad (%) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 101 |



| | |
|--|-----|
| Cuadro 61. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor N° de pasadas (P), sobre la macroporosidad (%) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 102 |
| Cuadro 62. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X T, sobre la macroporosidad (%) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 102 |
| Cuadro 63. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X P, sobre la macroporosidad (%) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 103 |
| Cuadro 64. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción T X P, sobre la macroporosidad (%) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 104 |
| Cuadro 65. Análisis de varianza de resistencia a la penetración (KPa) para 2 épocas, 2 tipos de tractor y 5 número de pasadas en DCA con 3 repeticiones en la serie de suelo Illpa (S1)... | 108 |
| Cuadro 66. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor época (E), sobre resistencia a la penetración (KPa) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 109 |
| Cuadro 67. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de tractor (T), sobre resistencia a la penetración (KPa) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 109 |
| Cuadro 68. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor N° de pasadas (P), sobre resistencia a la penetración (KPa) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 110 |



| | |
|---|-----|
| Cuadro 69. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X T, sobre resistencia a la penetración (KPa) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 110 |
| Cuadro 70. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción E X P, sobre resistencia a la penetración (KPa) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 111 |
| Cuadro 71. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción T X P, sobre resistencia a la penetración (KPa) en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 122 |
| Cuadro 72. Análisis de varianza de resistencia a la penetración (KPa) para 2 épocas, 2 tipos de tractor y 5 número de pasadas en DCA con 3 repeticiones en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 113 |
| Cuadro 73. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor época (E), sobre resistencia a la penetración (KPa) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 114 |
| Cuadro 74. Prueba de comparación de medias de Duncan para factor tipo de tractor (T), sobre resistencia a la penetración (KPa) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 114 |
| Cuadro 75. Prueba de comparación de medias de duncan para factor N° de pasadas (P), sobre resistencia a la penetración (KPa) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 115 |
| Cuadro 76. Prueba de comparación de medias de Duncan para interacción T X P, sobre resistencia a la penetración (KPa) en la serie de suelo Titicaca Cálculo (S2)..... | 115 |

INDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Variación de la Da por época en la serie de suelo Illpa (S1)... | 72 |
| Figura 2. Variación de la Da por época en la serie de suelo Titicaca Cálcico (S2)..... | 74 |
| Figura 3. Variación de la porosidad total por época en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 86 |
| Figura 4. Variación de la porosidad total por época en la serie de suelo Titicaca Cálcico (S2)..... | 87 |
| Figura 5. Variación de la microporosidad (%) por época en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 92 |
| Figura 6. Variación de la microporosidad (%) por época en la serie de suelo Titicaca Cálcico (S2)..... | 93 |
| Figura 7. Variación de la macroporosidad (%) por época en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 105 |
| Figura 8. Variación de la macroporosidad (%) por época en la serie de suelo Titicaca Cálcico (S2)..... | 107 |
| Figura 9. Variación de la resistencia a la penetración (KPa) por época en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 116 |
| Figura 10. Variación de la resistencia a la penetración (KPa) por época en la serie de suelo Titicaca Cálcico (S2)..... | 117 |
| Figura 11. Variación de la velocidad de infiltración por época en la serie de suelo Illpa (S1)..... | 120 |
| Figura 12. Variación de la velocidad de infiltración por época en la serie de suelo Titicaca Cálcico (S2)..... | 121 |



| | |
|--|-----|
| Figura 13. Tendencia del cambio de las propiedades físicas del suelo con el tractor de 65 HP en época húmeda..... | 123 |
| Figura 14. Tendencia del cambio de las propiedades físicas del suelo con el tractor de 98 HP en época húmeda..... | 123 |
| Figura 15. Tractores utilizados..... | 190 |
| Figura 16. medida con penetrómetro..... | 190 |
| Figura 17. Muestras de suelo..... | 191 |
| Figura.18. Prueba de infiltración..... | 191 |
| Figura 19. Imagen satelital de ubicación de las series de suelos y lugares experimentales, 2013..... | 192 |



INDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo 1. Resultados de humedad relativa época húmeda..... | 133 |
| Anexo 2. Resultados de humedad relativa época seca..... | 134 |
| Anexo 3. Resultados de densidad aparente época húmeda..... | 135 |
| Anexo 4. Resultados de densidad aparente época seca..... | 136 |
| Anexo 5. Resultados de densidad real o de partícula época húmeda. | 137 |
| Anexo 6. Resultados de densidad real o de partícula época seca... | 138 |
| Anexo 7. Resultados de porosidad y resistencia a la penetración época húmeda..... | 139 |
| Anexo 8. Resultados de porosidad y resistencia a la penetración época seca..... | 140 |
| Anexo 9. Resultado de las pruebas de infiltración época húmeda... | 141 |
| Anexo 10. Resultado de las pruebas de infiltración época seca..... | 161 |
| Anexo 11. Densidad aparente (g/cm ³) registrada en la serie de suelo S1..... | 181 |
| Anexo 12. Densidad aparente (g/cm ³) registrada en la serie de suelo S2..... | 181 |
| Anexo 13. Porosidad total (%) registrada en la serie de suelo S1..... | 182 |
| Anexo 14. Valores angulares para Porosidad total (%) registrada en la serie de suelo S1..... | 182 |
| Anexo 15. Porosidad total (%) registrada en la serie de suelo S2..... | 183 |
| Anexo 16. Valores angulares para Porosidad total (%) registrada en la serie de suelo S2..... | 183 |



| | | |
|-----------|---|-----|
| Anexo 17. | Microporosidad (%) registrada en la serie de suelo S1..... | 184 |
| Anexo 18. | Valores angulares para Microporosidad (%) registrada en la serie de suelo S1..... | 184 |
| Anexo 19. | Microporosidad (%) registrada en la serie de suelo S2..... | 185 |
| Anexo 20. | Valores angulares para Microporosidad (%) registrada en la serie de suelo S2..... | 185 |
| Anexo 21. | Macroporosidad (%) registrada en la serie de suelo S1.... | 186 |
| Anexo 22. | Valores angulares para Macroporosidad (%) registrada en la serie de suelo S1..... | 186 |
| Anexo 23. | Macroporosidad (%) registrada en la serie de suelo S2..... | 187 |
| Anexo 24. | Valores angulares para Macroporosidad (%) registrada en la serie de suelo S2..... | 187 |
| Anexo 24. | Resistencia a la penetración (KPa) registrada en la época húmeda..... | 188 |
| Anexo 25. | Resistencia a la penetración (KPa) registrada en la serie de suelo S2..... | 188 |
| Anexo 26. | Velocidad de infiltración (mm/h) inmediata a cada tratamiento..... | 189 |

RESUMEN

En la actualidad el proceso de mecanización está incrementándose considerablemente en el altiplano puneño el CIP Illpa es una muestra del alto índice de mecanización en el campo agrícola razón por la cual se realizó el presente trabajo de investigación en el Centro de Investigación y Producción Illpa; en época húmeda (abril) y época seca (agosto) del año 2013 con la finalidad de: a) Determinar el grado de compactación del suelo en ambas épocas del año, ocasionado por el efecto de dos tipos de tractor, en base a las propiedades físicas de los suelos: densidad aparente, porosidad y resistencia a la penetración. b) Determinar la velocidad de infiltración por época estimando su alteración para cada tratamiento, mediante el efecto de dos tipos de tractor. En ambas épocas se utilizó un tractor de 65HP y otro de 98HP. Las evaluaciones de campo se realizaron en cada época en dos series de suelo (Titicaca y Calapuja), ubicando una parcela testigo (sin cultivo previo) sobre la cual se hizo transitar los tractores 0,1, 3, 5 y 7 pasadas cada vez. En la época húmeda se obtuvo el mayor incremento de densidad aparente con 24.64% respecto al tratamiento testigo con el tractor de mayor potencia y tamaño (98 HP), frente a los 11.59% que se obtuvo en la época seca con tractor de menor tamaño y mediano (65 HP) La porosidad se redujo en mayor grado en la época húmeda con 27.18% de disminución respecto al testigo en el tractor grande, frente al 13.05% de la época seca para el tractor mediano. En cuanto a la resistencia a la penetración el mayor incremento se dio en 126% en la época húmeda con tractor pesado. La velocidad de infiltración, se redujo en 74.84% con respecto al testigo luego de 7 pasadas con el tractor de 65HP. En todos los parámetros, el tractor de 98HP tuvo mayor efecto sobre las propiedades físicas del suelo comparándolo con el tractor de 65HP, siendo esta diferencia variable de acuerdo a la época, número de pases, u otros factores. En general, de acuerdo a los resultados, los parámetros más confiables para la medición de la compactación del suelo son la densidad aparente, porosidad total y resistencia a la penetración. El presente trabajo de investigación ha dado resultados que podrán ser utilizados para hacer el uso adecuado de los tractores según su potencia y de acuerdo a la época para reducir el impacto sobre el suelo, además para aplicar el sistema de labranza más apropiado y no alterar en mayor grado las propiedades físicas del suelo que son factor importante de su productividad.

Palabras clave: Época, Compactación, Propiedades físicas, Tractor.

ABSTRACT

At The present time the mechanization process is increasing considerably in Puno height altitude land ILLPA CIP which is a sample of the high degree of mechanization in the agricultural field reason by which the present research work performed in the Illpa research center in two periods: wet (april) and Dry August) season-2013 to determine: a) compaction degree of the soil for both seasons caused by two types of tractor based on physical properties, apparent density, porosity and penetration resistance of the soil; b) Infiltration speed by season estimating their change for each treatment by effect of two types of tractor. In both seasons was used a tractor of 65 HP and 98 HP powers. The field evaluation was performed at each season in two series of soil (Titicaca and Calapuja) in which exist a control plot (without cultivation) over which the tractors transited, zero, one, three, five and seven passes in each time. In the wet season the greater increase in apparent density with 24.64 % in relation to control treatment with great power tractor (98 HP) compared with 11.59 % obtained in the dry season with smaller tractor (65 HP). The porosity was reduced in great degree in the wet season with 27.18 % less than control treatment with the great power tractor. In relation to penetration resistance of soil the great increase was in 126 % in the wet season with heavy tractor. The infiltration speed diminished in 74.84 % respect to control treatment apter seven passed with light tractor (65 HP). In all parameters the 98 HP tractor had greatest effect on physical properties compared with 65 HP tractor in which the difference was variable according to the season, number of passes of tractor and other factors. In general according to the results the more reliable parameters are: apparent density, total porosity and penetration resistance. This research has produced results that can be used to make proper use of tractors according to tractor power and according to the season for reducing impact on the ground furthermore to apply the most appropriate system of tillage for no change in greater physical properties of the soil which are important factor on the productivity.

Keywords : Time , Compaction , Physical Properties , Tractor.

INTRODUCCIÓN

“El suelo constituye un recurso esencial para el desarrollo económico-social y es el sostén físico y químico de todos los ecosistemas terrestres. Su degradación es definida como la pérdida a largo plazo en la función y productividad de los ecosistemas, causada por alteraciones, a partir de las cuales el suelo no puede recuperarse sin ayuda” (González *et al.*, 2009).

El deterioro de la estructura del suelo, muchas veces llamada compactación del suelo, es considerada la forma más seria de degradación, ocasionada por el hombre y sus máquinas, paradójicamente, de todos los tipos de degradación de suelos, la degradación de la estructura del suelo es reversible y su ocurrencia es previsible o al menos controlable.

La compactación del suelo provoca disminución de los rendimientos agrícolas, mayores requerimientos energéticos en labranzas y labores culturales, necesidades de resiembras, mayores dosis de agroquímicos y número de pasadas de los equipos, necesidades crecientes de fertilizantes e ineficiencia en el uso de la maquinaria (Botta, 2002).

González *et al* (2009) acota que su principal consecuencia es la modificación de la porosidad. “A medida que se incrementa la compactación disminuye el espacio poroso, especialmente la porosidad de mayor diámetro que es la ocupada por el aire y el agua útil”. La infiltración es afectada, disminuye la permeabilidad de la capa compactada. Si esta compactación es superficial aumentara la escorrentía

y de la erosión, y si la capa compactada está a una cierta profundidad aparecerán problemas de encharcamiento al disminuir la velocidad de infiltración. La mayor escorrentía y la menor tasa de infiltración hacen que la reserva de agua es mucho menor.

Los principales factores que tienen efecto en la compactación de suelos habría que dar mayor importancia a la compactación producida por el uso de maquinaria agrícola. Las superficies cultivadas son cada vez más grandes, lo que hizo que productores y fabricantes de maquinarias agrícolas tengan la necesidad de usar máquinas cada vez más potente y de mayor peso, sin prestarle atención a la presión que ejercen los neumáticos en el suelo. “La estructura de suelo ideal se compone de un 50% del suelo, 25% de espacio de agua y 25% del espacio con aire” FAO (2007). “La compactación del suelo modifica estas proporciones produciendo un aumento en su densidad aparente, aumentando su resistencia mecánica, destruyendo y debilitando su estructuración. Todo esto hace disminuir la porosidad total y la macroporosidad (porosidad de aireación) del suelo” (FAO 2007).

Las raíces necesitan agua y oxígeno para poder crecer y desarrollarse, además debe haber poros entre las partículas del suelo por el que puedan ir creciendo. La raíz en su crecimiento puede tener impedimento mecánico que puede deberse tanto a la presencia de rocas u horizontes muy pedregosos a poca profundidad, como a la presencia de capas endurecidas o compactadas, en las cuales la densidad es alta y con pocos espacios entre las partículas. Debemos tener en cuenta que, aunque las raíces puedan penetrar por grietas y poros muy

pequeños, las paredes de éstos deben ser capaces de ceder. “Conforme va aumentando la densidad del suelo el crecimiento de las raíces va requiriendo un mayor gasto de energía y su desarrollo va siendo afectado, pudiendo verse totalmente impedido si la compactación es excesiva” (DuPont Pioneer, 2012).

Según FAO (2007) “la degradación de la estructura del suelo es un problema mundial que ocurre en todos los suelos y niveles de producción agrícola. Algunos ejemplos del gran costo de la degradación de la estructura del suelo son”:

- En Australia, en la cuenca de Murray la degradación de la estructura del suelo ha causado daños estimados en Aus\$ 144 millones.
- En los Estados Unidos de América las pérdidas del rendimiento de los cultivos causadas por la degradación de la estructura del suelo se estimaban en 1 000 millones de dólares estadounidenses anuales.

La degradación de la estructura del suelo no está limitada a las grandes fincas mecanizadas. Los equipos de tiro humano y animal pueden también causar la degradación de la estructura del suelo. Por ejemplo:

- Hay informes sobre la degradación de la estructura del suelo en empresas agrícolas de subsistencia tanto en Malawi como en Bangladesh donde el pisoteo de caballos y bueyes produce presiones sobre la tierra de hasta 150 kPa y 250 kPa, respectivamente. Estas presiones son al menos iguales o mayores que las causadas por un tractor de ruedas.

Como puede apreciarse, la compactación del suelo por el uso del tractor se ha convertido en un problema latente y potencial que amenaza la productividad de los mismos. Por ello se realizó este trabajo de investigación que busca determinar el efecto que pueden tener dos tipos de tractor específicos sobre las propiedades físicas de dos series de suelo que se encuentran en el CIP Illpa, utilizando diferentes números de pasadas en cada uno, los cuales representan labranza mínima y labranza convencional en cada caso.

Además, se busca definir cuál de las propiedades físicas del suelo en cuestión tiene mayor relevancia como indicador de la compactación o si todas las propiedades juegan un papel conjunto. De la misma manera se evaluó la velocidad de infiltración resultante luego de cada tratamiento para tener resultados completos aplicables al manejo y conservación de los suelos en virtud de la agricultura sostenible y de conservación ambiental.

Para un mejor entendimiento del contenido de esta investigación se ha distribuido por capítulos de la siguiente forma: En el capítulo I se aborda el planteamiento del problema que dio origen a su realización, los antecedentes que se tienen al respecto y los objetivos que se fijaron como meta de la ejecución de esta investigación. En el capítulo II se presenta el marco teórico y conceptual como fundamento y directriz de cada una de las actividades y labores que se siguieron durante la conducción del experimento. El capítulo III detalla el método de investigación que se ha seguido para obtener resultados fehacientes y verificables. El capítulo IV contiene la caracterización del CIP Illpa que es el área de investigación. En el capítulo V se procede a exponer los resultados con su



respectivo análisis. Finalmente se tiene el apartado de conclusiones y recomendaciones que afianzará los resultados de la investigación y permitirá tener pautas para mejorar este trabajo o continuarlo.

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la creciente necesidad de producir en grandes extensiones para satisfacer la demanda de productos agrícolas y las ventajas que trae consigo el uso de maquinaria, se viene observando una mayor sofisticación y beneficios que ofrecen los tractores de reciente fabricación; con mayor potencia y utilidades con el objetivo de optimizar las labores en el campo. Por ello se viene observando la preferencia por maquinaria de mayor potencia y tamaño lo que trae consigo un mayor peso ejercido sobre el suelo. Esto constituye un problema latente ya que provoca la pérdida o modificación de algunas características físicas del suelo, como la densidad aparente, porosidad y permeabilidad, que son determinantes del potencial agrícola del mismo. La compactación se da por la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo debido a fuerzas externas que actúan sobre el mismo. El incremento de la densidad aparente del suelo agrícola ocasionado por el paso continuo de los tractores e implementos sobre todo por debajo de la capa arable crea el denominado pie de arado.

Las condiciones desfavorables a causa de la compactación presente en el suelo, pueden presentar reducciones entre el 20% y el 76% en los rendimientos de cultivos (Botta *et al.*, 2006). De lo mencionado se deduce que el principal factor que tiene incidencia en la compactación del suelo es el tránsito del tractor, provocando la modificación de algunas propiedades físicas del suelo de acuerdo a su naturaleza o formación. Por consiguiente, nos planteamos las siguientes preguntas:

¿Cuál es el efecto que producen dos tipos de tractor de diferentes características sobre algunas características en dos series de suelo en el CIP Illpa?

¿Cuál es el nivel de compactación que resulta luego del tránsito de ambos tipos de tractor y con qué características físicas del suelo se relaciona?

¿En qué medida se ve reducida la velocidad de infiltración de acuerdo a las series de suelo en el CIP Illpa?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GENERAL

Determinar el efecto de dos tipos de tractores (98HP y 65HP) sobre las propiedades físicas del suelo en dos épocas del año en el CIP Illpa.

1.2.2 ESPECÍFICOS

- Determinar el grado de compactación del suelo en dos épocas del año, ocasionado por el efecto de dos tipos de tractor, en base a las propiedades físicas de los suelos: densidad aparente, porosidad y resistencia a la penetración.

- Determinar la velocidad de infiltración por época de año estimando su alteración para cada tratamiento.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 GENERAL

El tractor de mayor potencia y peso incide en un mayor efecto negativo sobre las características físicas de porosidad, densidad aparente y velocidad de infiltración del suelo.

1.3.2 ESPECÍFICO

- Los dos tractores de diferente peso y características, tienen efectos distintos sobre las características físicas relacionadas a la compactación de suelos.
- La menor velocidad de infiltración corresponde al tractor de mayor peso y potencia, con mayor relevancia en el fenómeno de compactación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Amézquita (1994) menciona que “la compactación está siempre acompañada de la pérdida de volumen de poros especialmente de los más grandes. Esto causa pérdida en la permeabilidad al aire, en el flujo de agua y de iones, y restricciones en el crecimiento de las raíces”. La porosidad total del suelo cambia negativamente en la distribución del tamaño de los poros, afectando en la interceptación, flujo de masa y difusión, por los cuales se nutren las plantas, los que pasan por los macros, meso y microporos respectivamente.

Balbuena *et al.*, (2003) en su estudio “Compactación de suelos. Efectos del tránsito del tractor en sistemas de siembra directa” La compactación se midió a través de los parámetros: índice de cono (lectura con penetrómetro) y densidad aparente en seco, en forma previa y posterior al tránsito de un tractor: seis, ocho, diez y doce veces sobre la misma senda. En un suelo con una humedad promedio de 22%. Utilizó un tractor de tipo 2RM con 71HP de potencia y 3020kg de masa total. Se comprobó que a medida que aumentó el número de pasadas

con tractores de bajo peso, mayor fue la compactación ocasionada en todo el suelo.

Botta *et al.* (2002) indica: El pasaje reiterado, en una misma senda, de tractores de bajo peso en el eje y alta presión en la zona de contacto inducen procesos de compactación subsuperficial del suelo, el mismo menciona que “el incremento del número de pasadas del tractor aumenta la profundidad a la cual se manifiestan aumentos de la densidad aparente y la resistencia a la penetración, indicadores del proceso de compactación del suelo. Los niveles de compactación del suelo alcanzados por el pasaje reiterado del tractor generan riesgos para el normal desarrollo del sistema radicular de los cultivos”.

Gonzales *et al.* (2009) “la principal causa de degradación física del suelo es la compactación, provocada por: presión sobre el suelo, peso sobre los sistemas de rodaje, número de pases, velocidad de desplazamiento, patinaje y realización de labores en condiciones inadecuadas de humedad, también indican que la compactación de la capa superficial está relacionada con la presión directa sobre el terreno (en la que interviene la presión de inflado), mientras que la compactación a mayores profundidades está relacionada con el peso sobre los sistemas de rodaje”.

Richmond y Rillo (2005) obtuvieron que el mayor efecto de la compactación sobre el suelo se da en el estrato superficial. Además, la resistencia a la penetración y densidad aparente son mayores en la zona de huella del tractor.

Zaira (2007) luego de comparar los resultados obtenidos del tránsito de dos tractores sobre un suelo obtuvo 50Kp como la mayor lectura del penetrómetro para el tractor de menor potencia y 19Kp para el tractor de mayor potencia, cada uno usando su implemento rastra. Además, obtuvo que la densidad aparente como mejor indicador de la compactación, situando al testigo con un valor de 1.34g/cm^3 y el mayor valor de 1.51g/cm^3 para el tractor de mayor potencia y 1.48g/cm^3 para el tractor de menor potencia y 1.21g/cm^3 como valores de la densidad aparente y el testigo, respectivamente. La investigación también indica la disminución de la humedad con 8 pasadas de los tractores de mayor y menor potencia, bajando a 21.14 y 19.4% de humedad, comparando con el testigo que presentó valores de 27.3 y 24.2% respectivamente. De igual manera se consideró el porcentaje de porosidad del suelo que bajo a valores de 35% y 39% comparando con los testigos que tuvieron 43% y 48% respectivamente para el tractor de mayor y menor potencia.

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, el drenaje y de almacenamiento de agua, plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender

en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles (Rucks *et al.* 2004).

2.2.1.1 Textura

Según Jordán (2006), “los suelos son una mezcla de partículas minerales y orgánicas de diferentes formas y tamaños, la distribución de estas partículas de acuerdo a su tamaño y la cantidad en porcentaje que contiene el suelo se denomina textura”.

Las partículas del suelo son arena, limo y arcilla, y puede subdividir en fina, media y gruesa. Su clasificación sigue una escala logarítmica con límites entre 0.002 y 2mm. La clasificación es la siguiente:

CUADRO 1

CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DEL SUELO POR SU TAMAÑO

| Partículas del Suelo | Diámetro |
|----------------------|----------------|
| Grava | >2mm |
| Arena | 0.02 – 2mm |
| Limo | 0.002 – 0.02mm |
| Arcilla | <0.002mm |

FUENTE: Sociedad Internacional de Ciencia del Suelo (ISSS)

La textura es, quizás, la característica más permanente del suelo aunque puede ser modificada por la remoción de horizontes superficiales por laboreo y el desarrollo de una nueva superficie de textura diferente; o por la acumulación de materiales acarreados por

el viento o por el agua de riego, etc. (Gimenez, 2001). El término textura se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla, en la masa del suelo, es decir, a las partículas inferiores a 2 mm de diámetro equivalente.

Arena: Son partículas minerales sólidas entre 2 mm y 0.02 mm. La arena es la más grande fracción del suelo, compuesta por granos de cuarzo más o menos meteorizados, no tiene capacidad de agregación, no se unen entre sí y aparecen de manera individualizada, por su gran proporción de arena en el suelo origina poros numerosos y relativamente grandes, siendo el cuarzo el principal, los feldespatos, las micas, etc. Estos son visibles y se pueden observar individualmente, tienen una relación superficie/volumen muy baja (aprox. 3). Su capacidad de intercambio catiónico es baja. Su principal función es la composición de la matriz del suelo.

El limo: Es una clase de partículas minerales de tamaño comprendido entre 0.02 y 0.002mm. El limo está constituido por partículas de tamaño medio- fino, como el talco. Su composición química es semejante a la de la arena. Al igual que esta, el limo no tiene capacidad de agregación. Sus partículas no forman estructura. No sufren expansión ni contracción y su relación superficie/volumen es baja ($300 - 3000\text{m}^{-1}$). Su capacidad de intercambio catiónico es baja.

La arcilla: Es la fracción más pequeña. Mientras que la arena y el limo son el resultado del fraccionamiento físico de la roca, la arcilla se origina de la alteración química del material parental. Por lo tanto, es diferente mineralógicamente de las anteriores fracciones por estar formada por minerales originados por la meteorización, que no se están en las rocas sin meteorizar. Las partículas de arcilla tienen la capacidad de agregación y no se comportan como granos individuales en el suelo. Su tamaño es inferior a $2 \mu\text{m}$ y tienen unas propiedades físicas y químicas especiales y su relación superficie/volumen es superior a 3000 m^{-1} .

2.2.1.2 Estructura

Las partículas que son de origen orgánico y mineral que forman el suelo no están aisladas unas de otras, sino que forman agregados estructurales (denominados peds).

Para Jordán (2006) “las partículas de suelo no forman una masa continua y compacta, sino que se asocian de manera que forman un espacio de poros intercomunicados lo que hace posible el desarrollo de la vida en el suelo”. Este espacio hueco, poros, canales, cámaras y fisuras del suelo permite el movimiento de gases y líquidos en el suelo, favoreciendo a la actividad de los microorganismos y aumentando el crecimiento de las raíces de las plantas. Algunos autores consideran que la estructura es un estado del suelo, ya que

cuando está seco se pone de manifiesto, pero si está húmedo, el suelo se vuelve masivo y sin grietas, y la estructura no se manifiesta. La estructura de manera simple se define como la disposición espacial de las partículas del suelo.

2.2.1.3 Humedad (Agua en el suelo)

“El agua es importante no sólo por ser uno de los factores que más influye en la formación de los suelos, erosión y estabilidad de las estructuras; lo es también por ser base de la alimentación de los seres vivos, especialmente en la producción de cultivos. Por todos esos efectos que ocasiona, se le considera al agua como el reactante universal” (Herrera, 2010).

El agua del suelo lleva en disolución: nutrientes, sales solubles, compuestos orgánicos solubles y contaminantes, así como materia en suspensión, y permite su absorción por las raíces, la humedad del suelo controla su consistencia, penetrabilidad por las raíces, temperatura, etc. De esta forma, el adecuado manejo de suelo necesita un saber de la dinámica del agua en el suelo. “La humedad del suelo es la cantidad de agua que se encuentra en el suelo” (Jordán, 2006).

El agua del suelo proviene de distintas fuentes:

- Agua de precipitación. Es la mayor cantidad del agua aportada en la mayoría de los sistemas. Su aporte puede ser continuo o por estaciones.
- Agua freática, de origen subterráneo.
- Nieblas, humedad atmosférica. Viene a constituir en un aporte mínimo, siendo a veces la única aportación de agua durante la época seca.

2.2.1.4 Densidad

Porta et al., (2008). Manifiesta que “la densidad es una propiedad física de la materia que relaciona su masa y el volumen que ocupa en el espacio. Es una propiedad muy importante en el suelo ya que es un indicador de la compactación del suelo y se puede deducir su composición”.

La organización de las partículas individuales del suelo en unidades mayores hace que el suelo sea un medio poroso, lo que permite establecer dos tipos de densidades, la densidad de las partículas (minerales y orgánicas) o densidad real y la del suelo en su conjunto o densidad de volumen o aparente (Porta et al., 2008).

a) Densidad Aparente o Relativa

La densidad de volumen o densidad aparente se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual

se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso (Pinot, 2000).

Rubio (2010). “Para determinar la densidad aparente se saca del campo una porción de suelo de volumen conocido y se seca en el horno a 105°C, hasta alcanzar un peso constante. La densidad aparente se calcula dividiendo el peso seco del suelo por el volumen que ocupaba en el campo:

$$Da(g/cm^3 \text{ o } Mg/m^3) = \frac{\text{Peso de los sólidos de la muestra o peso seco}}{\text{Volúmen de los sólidos} + \text{Volúmen de los poros}}$$

Los valores de la densidad aparente dependen de varios factores, incluyendo la textura, estructura y contenido de materia orgánica del suelo, así como también del manejo del mismo. A diferencia de la densidad real, que es casi constante, la densidad aparente es muy variable debido a la cantidad / calidad del espacio poroso.

Los suelos de textura fina (arcillosos), bien estructurados y con altos contenidos de materia orgánica tienen valores más bajos de densidad aparente que los suelos de textura gruesa (arenosos), poco estructurados y con bajos contenidos de materia orgánica”.

CUADRO 2

DENSIDAD APARENTE CON RELACIÓN A LA TEXTURA DEL SUELO

| Textura | Densidad Aparente |
|-------------------|-------------------------------|
| Fina (Arcillosos) | 1.00 – 1.30 g/cm ³ |
| Media (Francos) | 1.30 – 1.50 g/cm ³ |
| Gruesa (Arenosos) | 1.50 – 1.70 g/cm ³ |

FUENTE: Schargel y Delgado (1990)

Los valores pueden llegar a ser inferiores a 0,25 g/cm³ en suelos turbosos y superiores a 1,80 g/cm³ en suelos muy compactados (Porta *et al.*, 1999).

Interpretación de la Densidad Aparente (Da)

La densidad aparente puede ser incluida dentro de un grupo reducido de parámetros cuya medida es necesaria para evaluar la calidad de un suelo, como indicador de la estructura, la resistencia mecánica al enraizamiento y la cohesión del mismo (Doran y Parkin, 1994), el mismo menciona que cambios en la densidad aparente reflejan también cambios en la estructura del suelo, debido a la relación entre densidad aparente y la porosidad total.

Rubio, (2010) La densidad aparente del suelo es el mejor indicador de propiedades físicas del suelo, como son: la compactación, porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración, lo que determina la circulación de agua, aire y establecimiento, emergencia, enraizamiento de plantas en el suelo.

La densidad aparente afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces. “Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos que varían según la textura que presenta el suelo y especie de que se trate” (Rubio, 2010).

Los valores de densidad aparente bajos son propios de suelos porosos, bien aireados, con buen drenaje y buena profundidad de penetración de raíces, por el contrario los valores altos de densidad aparente son de suelos compactos y poco porosos, con poca aireación e infiltración baja del agua, lo que puede provocar anegamiento, anoxia y que las raíces no puedan para crecer y penetrar hasta alcanzar el agua y los nutrientes necesarios, en estas condiciones, el desarrollo y crecimiento de las plantas es impedido o retardado consistentemente (Donoso, 1992).

Densidad Real o de Partícula

Rucks *et al.*, (2004) “La densidad real corresponde al peso de la unidad de volumen de los sólidos del suelo. Se determina obteniendo el peso seco de la muestra del suelo y el volumen ocupado por los

sólidos de la muestra”. El volumen se halla por medio de un aparato denominado picnómetro, y el procedimiento corresponde a la aplicación del principio de Arquímedes, es decir, determina qué volumen de líquido desplazan los sólidos al ser sumergidos (Rucks *et al.*, 2004).

Su cálculo sería el siguiente:

$$D_r \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{peso de los sólidos de la muestra o peso seco}}{\text{volumen de los sólidos de la muestra}}$$

Rubio, (2010) “Su valor varío en función del tipo de minerales del material parental y de la cantidad de materia orgánica del suelo. Puesto que la materia orgánica tiene un peso menor que un volumen igual de sólidos minerales, ya que la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta directamente a la densidad de las partículas. Por tanto, los suelos superficiales tienen una densidad de partículas más baja que la del subsuelo generalmente”.

La densidad de distintos tipos de minerales de formación del suelo es muy similar. La mayoría de los suelos tienen un promedio de aproximadamente 2,65 g/cm³ que corresponde al peso ponderado de las partículas minerales constituyentes más comunes y a un contenido bajo de materia orgánica (Plaster, 2004).

2.2.1.5 Porosidad

La porosidad es el porcentaje de volumen que está ocupada por los huecos o espacios vacíos del suelo que están entre las partículas

que lo conforman (llenos de aire o de agua) en relación con su volumen total. Generalmente cuanto más fina sea la textura, más número de poros tendrán.

Los suelos arenosos los poros son mayores y el aire y agua circulan con mayor facilidad y rapidez, mientras que el suelo arcilloso los poros son más menudos y tanto el agua como el aire circulan con mayor dificultad, pero almacena más agua que un suelo arenoso.

La textura y la estructura del suelo condicionan la porosidad. Ya se ha citado la importancia de la porosidad del suelo en la regulación de la aireación y la dinámica del agua en el suelo (Jordán, 2006).

CUADRO 3

POROSIDAD REFERENCIAL DE ACUERDO A LA CLASE TEXTURAL DEL SUELO

| Textura | Porosidad |
|-----------------|-----------|
| Suelo Medio | 40% |
| Suelo Arenoso | 30% |
| Suelo Arcilloso | 40-50% |

FUENTE: Schargel y Delgado (1990)

Jordán (2006) sostiene que “un aumento en el valor de la densidad aparente se debe a la disminución del espacio poroso. De manera indirecta, un incremento de la densidad aparente puede ocasionar una mayor conductividad térmica y una menor facilidad de penetración de las raíces en el suelo”. La densidad aparente del suelo puede aumentar por diversas causas:

- Reducción en la cantidad de materia orgánica del suelo.
- Por la degradación de la estructura.
- Por la aplicación de una fuerza externa que reduzca el espacio poroso. Uso de maquinaria pesada en las labores de campo puede causar lo que se conoce como pie de arado, una capa compactada y profunda que dificulta el paso del agua y una barrera impenetrable para las raíces.

Jordán (2006) “La porosidad se expresa en tanto por ciento (%), y está condicionada por la textura y la estructura del suelo. Los suelos arcillosos tienen gran número de poros pequeños (microporos), mientras que los arenosos tienen un mayor número de poros grandes (macroporos) comunicados entre sí”.

Jordán, (2006) manifiesta que los poros del suelo son diversos en cuanto a su tamaño, forma y orientación. “En los suelos arcillosos, los poros son pequeños y estrechos, mientras que, en los suelos arenosos, los poros son grandes y forman canales más o menos continuos. A pesar de todo lo visto anteriormente, la aireación y la dinámica del agua en el suelo no están reguladas simplemente por el espacio poroso”. Un suelo con un volumen de poros del 60 %, por ejemplo, puede estar mal aireado. La razón de este fenómeno es el tamaño de los poros, más que su volumen total. Los poros del suelo pueden clasificarse según su tamaño:

CUADRO 4

CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES DE LOS POROS DEL SUELO, SEGÚN SU TAMAÑO

| DÍAMETRO DE PORO | TIPO | PROPIEDADES |
|------------------|------------|--|
| >30 um | Macroporos | Permiten el movimiento libre de fluidos. El agua de lluvia se pierde por gravedad fácilmente y no puede ser aprovechada por las plantas. |
| 30-10 um | Mesoporos | Retienen el agua que pueden utilizar las plantas (agua útil) |
| 10-0.2 um | Microporos | Retienen el agua con mucha fuerza, de manera que no pueden ser utilizadas por las plantas. |

Fuente: Jordán (2006)

En los suelos arenosos, por ejemplo, la aireación es fácil, debido a que los poros tienen tamaño suficiente para permitir el drenaje del agua en exceso. En los suelos arcillosos, con poros más pequeños, la aireación es menor, pero la retención de agua disponible para las plantas es mayor. Por otro lado, el tamaño de los poros es también importante para el crecimiento radicular de las plantas, de manera que en suelos compactados la facilidad de penetración de las raíces es muy baja.

La importancia agrícola de la porosidad del suelo es muy grande, y está relacionada íntimamente con otras propiedades del suelo que influyen sobre su fertilidad física: textura, estructura, humedad, etc. En general, los suelos con una estructura de tipo granular o

migajosa, de textura franca, poseen una porosidad total elevada (en torno al 65 %). Los suelos francos son los que proporcionan una mejor aireación y una mayor reserva de agua en el suelo. Los suelos compactos, por el contrario, no ofrecen una buena fertilidad física.

En cuanto a la textura, los suelos arenosos poseen una elevada proporción de macroporosidad, con lo que se consigue una buena aireación, pero una mala capacidad de campo. Los suelos limosos poseen una porosidad baja (en torno al 40 %), lo que ocasiona una mala aireación, aunque la cantidad de agua útil es buena. Sin embargo, en el caso de los suelos de textura arcillosa, la porosidad total puede ser elevada (60 %), pero con una baja proporción de macroporos. Esto ocasiona una falta de aireación. Aunque la capacidad de campo sea elevada, la mayor parte del agua retenida está confinada en los microporos, lo que impide la absorción de agua por las plantas.

2.2.1.6 Velocidad de Infiltración

Según Vásquez y Chang-Navarro (1988) “la infiltración puede ser definida como la entrada vertical (gravitacional) del agua en el perfil del suelo. Los factores más importantes que afectan la velocidad de infiltración son”:

- Características físicas del suelo
- Carga hidrostática usada en la prueba
- Contenido de materia orgánica y carbonatos
- Características de humedad del suelo

- Grado de uniformidad del perfil del suelo
- Prácticas culturales realizadas (labranza y uso de maquinaria)

La velocidad de infiltración es el tiempo en que se infiltra dicha lámina de agua en el suelo, y pueden ser medidas en: cm/hora, cm/min, mm/hora o mm/min. Por otro lado, la **permeabilidad** se define como la velocidad de infiltración del agua en el suelo, la facilidad que ofrece el suelo para ser atravesado por el agua; ésta aumenta con la cantidad y tamaño de los poros del suelo.

CUADRO 5

PERMEABILIDAD DEL SUELO DE ACUERDO A SU CLASE TEXTURAL

| Textura | Permeabilidad |
|--------------------|---------------|
| Suelos Gruesos | > 100 mm/h |
| Suelos Ligeros | 50 a 100 mm/h |
| Suelos Medios | 10 a 50 mm/h |
| Suelos Pesados | 5 a 10 mm/h |
| Suelos muy pesados | 1 a 5 mm/h |

FUENTE: Martin de Santa Olalla y De Juan Valero (1993)

2.2.1.7 Color

El color es un carácter del suelo, fácil de observar y de uso cómodo para identificar un tipo de suelo dentro del cuadro regional o local. Generalmente está en relación con los procesos de pedogénesis o con uno de los factores de formación. Pero, por una parte, el proceso que colorea el suelo no es siempre fundamental, y por otra parte, la

misma coloración, o matices vecinos bien pueden resultar de causas diferentes.

2.2.2 LA MAQUINARIA AGRÍCOLA

“En esta época de explosión demográfica y de urgente necesidad de más alimentos, la cantidad de energía apropiada y los tipos de fuentes de energía necesarias para producir alimentos de manera eficiente son tópicos de mucha actualidad. En el hemisferio occidental la reacción a esta problemática ha sido un aumento en el tamaño de los tractores” (Rodríguez, 2005).

Según Rodríguez (2005), “en algunas naciones en desarrollo el tamaño óptimo y definitivo aún no ha sido determinado. Por lo tanto es responsabilidad prioritaria de los ingenieros desarrollar nuevos y mejores tractores para satisfacer las necesidades de la manera más económica posible”.

Por ello en la mayor parte del mundo el tractor se ha convertido en un símbolo de la evolución del hombre, que de ser una bestia de carga pasa a una posición más alta desde la cual aprovecha y maneja las fuerzas de la naturaleza para su bienestar. (Liljedhal *et al.*, 1984).

El hombre a diferencia de los tractores con motor a combustión, son muy ineficientes e ineficaces; presentan un rendimiento energético continuo de menos de 0,1 kW y tienen, por consiguiente, un valor casi nulo como fuentes primarias de potencia.

Por consiguiente, la mecanización de la agricultura tiene dos objetivos principales:

- Incrementar la producción y productividad por agricultor
- Mejorar la comodidad del trabajo agrícola haciéndolo menos arduo y más atractivo.

De esta manera la incorporación de tractores a los sistemas productivos agropecuarios es acompañada por máquinas que hacen uso de la energía que éstos proporcionan para realizar distintos tipos de trabajo. Este conjunto de hechos y acciones recibe el nombre de mecanización agrícola, lo que se define como el proceso por el cual la energía es puesta al servicio de la producción agrícola (Destailats, 2004).

2.2.2.1 El Tractor

El tractor es un vehículo dotado de motor que le sirve para poder desplazarse por sí mismo y remolcar o accionar las distintas máquinas que se utilizan en la agricultura actual (Arnal y Laguna, 2000).

Asimismo, Liljedahl *et al.* (1984) indican que a la palabra tractor se le han atribuido varios orígenes, pero de acuerdo al diccionario de Oxford, se usó por primera vez en 1856 en Inglaterra como sinónimo de motor de tracción. Así mismo, el término tractor aparece hacia 1890 en una patente norteamericana para un motor de tracción a vapor montado sobre orugas (Botta 2003).



El ingreso, acreditación y posterior difusión de los tractores como fuente de energía para la agricultura constituyó un proceso que empezó en los primeros años del siglo XX. Esto, que implicaba abandonar el empleo de animales de trabajo y aprender a operar equipos mecánicos, representó una complicada trama cuya resolución fue muy diferente en cada país y zona en que se produjo.

En los países industrializados la adopción de los tractores fue rápida y ante el éxito derivado de su empleo, a partir de la década del cincuenta se multiplicó el comercio internacional de equipos y se radicaron fábricas de tractores en numerosos países para satisfacer más eficientemente las demandas regionales.

En la actualidad, existen en el mundo 65 marcas comerciales que operan más de 300 plantas industriales de diversa importancia en 20 países, y un parque de tractores estimado en 27 millones de unidades distribuido como se ve en el siguiente cuadro (Destailats, 2004):

CUADRO 6

EXISTENCIA DE TRACTORES EN EL MUNDO, POR CONTINENTE

| Continente | Cantidad de unidades | Porcentaje |
|---|----------------------|------------|
| Europa (incluida Rusia) | 12 000 000 | 43.5 |
| Asia | 7 100 000 | 25.7 |
| América del Norte | 5 900 000 | 21.4 |
| Centro y Sudamérica | 1 600 000 | 5.8 |
| África | 580 000 | 2.1 |
| Oceanía (incluidas Australia y Nueva Zelanda) | 420 000 | 1.5 |
| TOTAL (Año 2003) | 27 600 000 | 100.0 |

Fuente: Destailats, 2004.

2.2.2.2 Tracción

La tracción es un término aplicado a la fuerza de empuje desarrollada por una rueda, cadena u otro dispositivo de tracción.

Transferencia de peso

La capacidad de tracción es afectada por la reacción vertical del terreno contra las ruedas de tracción. La transferencia de peso causada por el jalón de la barra de tiro, disminuye la reacción del terreno contra las ruedas delanteras, y aumenta la reacción contra las ruedas traseras, agregándose así al máximo jalón de la barra de tiro para un tractor con tracción de dos ruedas.

2.2.3 LA COMPACTACIÓN DEL SUELO

Se considera la forma más seria de degradación del suelo causada por las prácticas de preparación de los suelos convencionalmente,

paradójicamente, este problema antrópico es previsible y controlable. La degradación de la estructura del suelo es la reducción del espacio poroso entre los agregados. El suelo compactado no da espacio adecuado para el conservación y movimiento del aire y del agua del suelo.

La compactación también es causada por la compresión de suelos no saturados. Durante este proceso el aire es expulsado del suelo, se conoce como compactación al fenómeno de incremento de la densidad aparente del suelo, como consecuencia a la aplicación de una fuerza externa. “El aumento en la densidad aparente es función de la fuerza aplicada y del contenido de humedad del suelo” (Amézquita *et al.*, 1997).

El pisoteo de caballos y bueyes produce presiones sobre la tierra de hasta 150 kPa y 250 kPa, respectivamente. Estas presiones son al menos iguales o mayores que las causadas por un tractor de ruedas.

2.2.3.1 Causas de la compactación de suelos agrícolas

Como causas de compactación pueden citarse las siguientes (Chancellor, 1977):

- “Consolidación natural del suelo durante el proceso de formación
- Pisoteo por animales, incluido el hombre
- Contracción de suelos debido a secamiento
- Deformaciones causadas por las llantas de tractores y por implementos agrícolas

- Impacto de gotas de agua lluvia, riego por aspersión y riego por inundación”

Las fuerzas de las ruedas de la maquinaria y los implementos agrícolas

Ramos (2006) indica (Especialmente cuando el suelo está húmedo o saturado):

En los sistemas de cultivo mecanizado el uso continuo de implementos de labranza, especialmente los arados y rastras de discos, los arados de vertedera y los rotovadores durante largos períodos, frecuentemente repercuten en la formación de pisos de arado densos que contienen pocos poros grandes capaces de ser penetrados por las raíces de los cultivos. La intensidad de compactación obedece a la presión ejercida por los implementos sobre el suelo, especialmente las gradas de discos pesadas, siendo capaces de compactar de forma casi impermeable en una sola campaña.

Síntomas de la Compactación del Suelo

Chavarría (2014) “Dado que la compactación del suelo afecta el crecimiento de las raíces, los síntomas por encima del suelo pueden tomar muchas formas. Los signos de compactación pueden incluir”:

- Plantas de menor tamaño, señal de compactación. Esto puede deberse a que las raíces no pueden absorber la humedad en el subsuelo.
- Deformación en el crecimiento de las raíces siendo raíces planas, cortas, delgadas y torcidas, con crecimiento lateral poco profundo.
- Falta de nutrientes en los cultivos ya que las raíces son las encargadas de proporcionar nutrientes del suelo para que lleguen al cultivo, siendo deficientes en fósforo, potasio y nitrógeno, pudiendo ser síntomas secundarios de la compactación del suelo.
- Erosión causada por el encostramiento del agua, pueden deberse a una poca o nula infiltración del agua del suelo.

2.2.3.2 Efectos de la Compactación del Suelo

- Rios y Estigarribia, (2018). "Produce restricción física para el crecimiento y desarrollo de las raíces. Una vez que los poros han sido compactados hasta 0,2 - 0,3 mm de diámetro, es difícil que las raíces de los cultivos puedan penetrar libremente en el suelo". Cultivos como el algodón y presentan limitaciones frente a las capas compactadas para un normal crecimiento radicular.
- Se reduce el tamaño de los poros lo suficiente como para reducir la penetración de las raíces, pero no tanto como para detener el drenaje del agua a través del suelo.

- En los suelos pesados, se hunden y se saturan por las intensas lluvias y forman capas densas y duras y se endurece cuando seca y resiste a la penetración de las raíces.
- La disminución del tamaño de los poros afecta enormemente la velocidad de infiltración de la lluvia. Si un poro se reduce diez veces de tamaño, la cantidad de agua que fluirá será 10 000 veces menor que antes de ser reducido, perjudicando la tasa de infiltración del agua de lluvia.
- Formación de costras, con presencia de huellas de neumáticos de tractor, zonas endurecidas por debajo de la superficie, poca agua disponible, erosión alta, necesidad de mayor potencia en las máquinas para descompactar.
- La modificación de la porosidad como principal consecuencia se da a medida que aumenta la compactación, disminuyendo los poros. La infiltración se reduce ya que baja la permeabilidad de la capa compactada. Si esta compactación se origina en la superficie del suelo se producirá una mayor escorrentía y erosión, cuando la capa compactada está a una cierta profundidad el problema será de encharcamiento al ser menor la velocidad de infiltración.
- La compactación del suelo modifica las proporciones de la estructura del suelo ideal (Podemos decir que la estructura de suelo ideal 50% del suelo, 25% de espacio de agua y 25% del espacio con aire) produciendo un aumento en su densidad (densidad aparente), aumentando su resistencia mecánica,



destruyendo y debilitando su estructuración. Todos estos factores afectan la porosidad total y la macroporosidad (porosidad de aireación) del suelo disminuyéndolo considerablemente.

- La compactación del suelo genera una pérdida de los rendimientos de los cultivos a causa del poco crecimiento de las raíces y la reducción del movimiento del aire y el agua en el suelo. El agua y oxígeno son vitales para las raíces para poder desarrollarse, y necesitan de espacios porosos suficientes entre las partículas del suelo para poder crecer.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 BANDA DE RODAJE

Sobre la parte exterior de la carcasa de la cubierta se aplica una capa de caucho, que en las partes laterales constituye los “flancos” y en la parte periférica constituye la “banda de rodaje” (Arnal y Laguna, 2000). La banda de rodaje es la parte de la rueda que permite la tracción y está en contacto directo con el suelo.

2.3.2 CARCASA DE LA CUBIERTA

La carcasa está formada por la superposición de telas que van de “talón a talón”. Estas telas, normalmente denominadas lonas, son de un tejido cuyas fibras tienen gran consistencia y son altamente resistentes a la flexión. Según la dirección que siguen las fibras de las telas en relación con los aros metálicos, la cubierta se denomina “diagonal o convencional” cuando las fibras son oblicuas a los aros, y “radial” cuando las fibras son perpendiculares a los aros, en este caso la carcasa es más flexible y requiere cinturones transversales que le den mayor rigidez.

2.3.3 CUBIERTA DE LA RUEDA

Es la parte más externa de una rueda, tiene por finalidad amortiguar las flexiones del tractor mientras se moviliza, aunque éstas cubiertas tienen misiones comunes, otras son diferentes y dependen de que estén situadas en las ruedas directrices o en las ruedas motrices, por lo que las cubiertas de ambos tipos presentan grandes diferencias en cuanto a tamaño,

constitución y forma de la banda de rodaje. La cubierta está constituida por una carcasa embebida y recubierta por caucho.

2.3.4 DIBUJO DE LA CUBIERTA

La banda de rodaje lleva unos altibajos que, en su conjunto, dan lugar al “dibujo” de la cubierta. Arnal y Laguna (2000), mencionan: Los dibujos que llevan las cubiertas son muy diferentes, según los trabajos que éstas vayan a realizar. Cuando se trata de cubiertas para ruedas directrices, el dibujo está constituido por unos resaltes longitudinales de una cierta profundidad con el fin de asegurar en todo momento la dirección que queremos que siga el tractor, sobre todo, en los virajes. Cuando se trata de ruedas motrices, los resaltes van dispuestos en forma de una “V” que no llegan a unir sus ramas por el vértice y con este situado en la parte central de la banda de rodaje.

La cuña que marca la V, siempre debe estar dirigida en el sentido en que gira la rueda, para darle a ésta una mayor adherencia al suelo, pues los resaltes así dispuestos tienden a expulsar la tierra movida hacia la parte exterior de la cubierta manteniéndose limpios los canales entre los resaltes. Si las cubiertas se montaran en la posición contraria, los resaltes tenderían a meter la tierra hacia el centro de la cubierta llenando los canales antes es decir se acumula la tierra al medio y se anula el efecto de agarre de las estrías o también llamado “dibujo”.

CUADRO 7

CÓDIGO INTERNACIONAL PARA EL DIBUJO DE LA BANDA DE RODAJE

| Traseras | | Delanteras | |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Código | Categoría | Código | Categoría |
| R-1 | Garra normal | F-1 | Banda Circular única |
| R-2 | Garra profunda | F-2 | Dos o más bandas |
| R-3 | Garra superficial | F-3 | Bandas superficiales |
| R-4 | Garra superficial intermedia | | |
| (R = inicial de "rear" > trasera) | | (F = inicial de "front" > delantera) | |

FUENTE: ETRTO (European Tire and Rim Technical Organisation)

2.3.5 MEDIDAS DE LA CUBIERTA

La cubierta del neumático viene definida por dos cifras que nos dan las medidas de la anchura de balón y del diámetro entre talones, ej. 7.0 - 16.

La primera nos indica la anchura exterior que tiene la cubierta del neumático en condiciones normales de utilización (presión y carga) y nos sirve para saber el espacio que ocupa sobre el suelo, 7.0 pulgadas.

La segunda nos indica el diámetro interior de los talones del neumático y debe coincidir con el diámetro de la llanta para que encaje perfectamente en ella, 16 pulgadas. En este caso, la medida se expresa siempre en pulgadas.



2.3.6 ÍNDICE DE CARGA

Es la cantidad de peso o carga que puede soportar un neumático o cubierta sin reventarse, dependiendo de su constitución, número de telas o lonas, disposición y material de éstas, más la presión de inflado del neumático, etc. La carga máxima viene indicada en una de las caras o flanco del neumático: En las primeras nomenclaturas existe un número y un indicador. En la nomenclatura actual, la cubierta lleva un número denominado “índice de carga” el cual, mediante consulta en la tabla correspondiente nos dirá la carga máxima que puede soportar está cubierta expresada en kilogramos (Ramos 2006).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 LOCALIZACIÓN

El presente proyecto fue desarrollado en el Centro Investigación y Producción Illpa ubicado en la parte noroeste de la ciudad de Puno a 19 Km aproximadamente de la vía Puno Juliaca.

3.2 UBICACIÓN POLÍTICA

El centro de investigación y producción Illpa de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, políticamente se encuentra ubicada en:

- Lugar : El centro de investigación y producción Illpa
- Distrito : Paucarcolla
- Provincia : Puno
- Departamento : Puno
- País : Perú

3.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Geográficamente está en la parte Noroeste de la ciudad de Puno y comprendida en las siguientes coordenadas geográficas:

- Longitud : 70° 04' 50" Oeste.
- Latitud : 15° 42' 30" Sur.
- Altitud : 3 820 msnm. (Mamani, 2004).

3.4 SERIES DE SUELO EN ESTUDIO

Según Mamani. (2004) las parcelas experimentales en estudio pertenecen a las siguientes series de suelos:

3.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA SERIE ILLPA

- Orden : Mollisol
- Serie : Illpa
- Localización : CIP Illpa, Mayu witu Pampa
- Altitud : 3815 msnm
- Régimen de humedad : Ustic
- Régimen de temperatura : Frigid
- Fisiografía : Llanura aluvial
- Pendiente : 0 – 1%
- Drenaje natural : Pobre
- Evidencias de erosión : Ligera
- Fragmentos superficiales : Libre
- C. por Cap. de uso mayor : P3ciw, A3ciw
- Uso actual : Ganadería extensiva y cultivos
- Vegetación : Pastos naturales (Stipa, Muhlenbergia, Festuca, Distichlis, Trifolium)

- Material madre : Aluvial fluvial
- Profundidad efectiva : Profundo

| Horizontes | Prof. (cm) | Descripción |
|------------|------------|--|
| A11 | 00–15 | Pardo rojizo oscuro (5YR 3/2) en húmedo; textura franco arcilloso arenoso; estructura granular fina moderada; consistencia firme; raíces medias finas pocas; reacción neutra (6.69); contenido medio de materia orgánica (2.72); permeabilidad moderada; límite gradual. |
| A12 | 15 – 30 | Pardo rojizo (5YR 4/3) en húmedo; franco arcilloso arenoso; estructura granular fina débil a moderada; consistencia firme; raíces medias, finas pocas; reacción ligeramente alcalina (7.74); contenido medio de materia orgánica (2.31); permeabilidad moderada; límite claro. |

3.4.2 Caracterización de la serie Titicaca cálcico

- Orden : Mollisol
- Serie : Titicaca cálcico
- Localización : CIP Illpa, Rueda cancha
- Altitud : 3820 msnm
- Régimen de humedad : Ústic
- Régimen de temperatura : Frigid
- Fisiografía : Llanura aluvial

- Pendiente : 0 a 1%
- Drenaje natural : Imperfecto
- Evidencias de erosión : Muy ligera
- Fragmentos superficiales : Libre o ligeramente pedregoso
- C. por Cap. de uso mayor : P2cw, A3c, P2c
- Uso actual : Ganadería extensiva y cultivos
- Vegetación : Pastos naturales (Festuca, Muhlenbergia, Poa, Eleocharis, Carex, Trifolium, Calamagrostis) y cultivos.
- Material madre : Aluvial lacustre
- Profundidad efectiva : Moderadamente profundo

| Horizonte | Prof. (cm) | Descripción |
|-----------------|------------|--|
| A ₁₁ | 0 – 20 | Pardo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; textura franca arcillosa; estructura granular media fuerte; consistencia friable; raíces medias, finas abundantes; reacción fuertemente alcalina (8.06); contenido alto de materia orgánica (4.64); permeabilidad lenta; límite gradual. |
| A ₁₂ | 20 – 40 | Pardo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; textura franca arcillosa; estructura granular media fuerte; consistencia friable; raíces media, finas pocas; reacción ligeramente alcalina (7.58); contenido alto de materia orgánica (4.38); permeabilidad lenta; limite claro. |

3.5 EXTENSIÓN SUPERFICIAL

El Centro Experimental Illpa, tiene una extensión de 409,246 hectáreas, con un perímetro total de 9548,5 metros, el mismo que encierra una superficie accidentada en aparte del cerro con una extensión aproximada de 148 hectáreas y de 261,25 hectáreas llanas. (Rodríguez, 1992).

3.6 LÍMITES

- Norte : Río Illpa (Fundo Suchisquetas)
- Sur : Comunidad de Alianza Chaly.
- Este : Carretera asfaltada Puno Juliaca
- Oeste : Comunidad de YanicoMocco
- Sur Este : Propiedad del Señor Jesús Alvarez

3.7 DATOS METEOROLÓGICOS

CUADRO 8.
DATOS DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL DEL MES DE ABRIL Y AGOSTO DE 2013.

| PRECIPITACION DIARIA (mm), AÑO 2013 | | | | | |
|-------------------------------------|-------|--------|------------|-------------|------------|
| DIA | ABRIL | AGOSTO | DIA | ABRIL | AGOSTO |
| 1 | 5.4 | 0.0 | 17 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 18 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 19 | 7.8 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 0.0 | 20 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 0.0 | TZ | 21 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 0.0 | 0.0 | 22 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 1.1 | TZ | 23 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 0.0 | 0.0 | 24 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 0.0 | 0.0 | 25 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 0.0 | 0.0 | 26 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 0.0 | 0.0 | 27 | 0.0 | 0.0 |
| 12 | 0.0 | 0.0 | 28 | 0.0 | 4.3 |
| 13 | 0.0 | 0.0 | 29 | 0.0 | 0.0 |
| 14 | 0.0 | 0.0 | 30 | 0.0 | 0.0 |
| 15 | 0.0 | 0.0 | 31 | | 0.0 |
| 16 | 0.0 | 0.0 | TOT | 14.3 | 4.3 |

Fuente SENAMI Puno. 2013

La precipitación de los meses en estudio en este caso abril como mes húmedo finalizando la temporada de lluvias es considerado como el mejor momento para los barbechos nuevos o terrenos en descanso prolongado, sin embargo la precipitación fue escasa o pobre respecto a lo normal es decir la media de 10 años que fue de 39.5 mm y en el 2013 solo de 14.3 mm, es más los días que duro el experimento que fue del 10 al 15 de abril no llovió nada y fueron días totalmente despejados y calurosos con temperaturas por encima del promedio que fue de 9.3 °C razones por la cual la humedad del suelo fue similar o muy baja respecto a lo normal casi comparándose con el mes de agosto considerado época seca, que también se empieza con la preparación de suelos para los cultivos e incluso ampliación de frontera agrícola.

CUADRO 9
TEMPERATURA MEDIA DIARIA (°C)

| AÑO 2013 | | | | | |
|----------|-------------|------------|-----|-------|--------|
| día | abril | agosto | día | abril | agosto |
| 1 | 10.8 | 8.6 | 17 | 8.3 | 8.4 |
| 2 | 10.4 | 8 | 18 | 8.9 | 8.1 |
| 3 | 11.1 | 8.5 | 19 | 8.7 | 7.7 |
| 4 | 10 | 7.2 | 20 | 8.9 | 8.2 |
| 5 | 9.6 | 8.1 | 21 | 8.7 | 8 |
| 6 | 9.6 | 9.6 | 22 | 8.7 | 8.5 |
| 7 | 9.6 | 8.9 | 23 | 8.8 | 9.5 |
| 8 | 10.2 | 8.7 | 24 | 9 | 7.5 |
| 9 | 7.7 | 8.9 | 25 | 9.7 | 8.3 |
| 10 | 10.8 | 7.2 | 26 | 9.5 | 6.8 |
| 11 | 9.4 | 6.6 | 27 | 8.8 | 6.7 |
| 12 | 9.8 | 7 | 28 | 9 | 4.7 |
| 13 | 9.4 | 6.8 | 29 | 9.7 | 6.4 |
| 14 | 7.7 | 6.9 | 30 | 9.5 | 7.3 |
| 15 | 9.7 | 8.4 | 31 | | 7.9 |
| 16 | 8.3 | 7.4 | | | |

Fuente SENAMI Puno, 2013.

CUADRO 10
PROMEDIO DE TEMPERATURA MEDIA (°C)

| AÑOS | ABRIL | AGOSTO |
|-------------|--------------|---------------|
| 2004 | 10.1 | 7.4 |
| 2005 | 10.3 | 7.6 |
| 2006 | 9.8 | 8.2 |
| 2007 | 10.2 | 8.6 |
| 2008 | 9.3 | 7.9 |
| 2009 | 9.4 | 7.6 |
| 2010 | 11.1 | 9.1 |
| 2011 | 9.8 | 8.8 |
| 2012 | 10 | 7.9 |
| 2013 | 9.3 | 7.8 |

Fuente SENAMI Puno

CUADRO 11.
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)

| AÑOS | ABRIL | AGOSTO |
|-----------------|--------------|---------------|
| 2004 | 29.2 | 43 |
| 2005 | 45.7 | 0 |
| 2006 | 44.6 | 0.6 |
| 2007 | 49.7 | 1.6 |
| 2008 | 8.4 | 0.8 |
| 2009 | 83 | 0 |
| 2010 | 12.3 | 7.1 |
| 2011 | 46.8 | 0.2 |
| 2012 | 59.5 | 5.6 |
| 2013 | 14.3 | 4.5 |
| PROMEDIO | 39.35 | 6.34 |

Fuente SENAMI Puno

3.8 MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE CAMPO

3.8.1 MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MUESTREO DE SUELOS

- Unidades experimentales (parcelas): Cada parcela tiene un área de 10m².
- Picos y palas para despejar el lugar de muestreo para Da.
- Cilindros muestreadores.
- Cuchillo, con los que se enrasó las muestras de los cilindros.
- Envases para transportar las muestras.
- Penetrómetro estático (Geofix).

3.8.2 MATERIALES PARA LA PRUEBA DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

- Cilindros infiltrómetros concéntricos con los que realizó las pruebas de velocidad de infiltración.
- Baldes y recipientes, para acarrear agua hasta el lugar de la prueba de infiltración.
- Escalímetro o regla milimetrada para la medición de lámina de infiltración.
- Bolsa o plástico colocado en la superficie del suelo dentro del cilindro interior para disminuir la erosión y evitar la alteración de la capa superficial del suelo.
- Gancho metálico para observar la superficie del agua.

3.8.3 MAQUINARIA AGRÍCOLA

Según Ramos, (2006) las características técnicas de la maquinaria utilizada son las siguientes:

- a) Tractor New Holland TD 95D Plus de 98HP de potencia y peso de 4000kg. Sus dimensiones son:
 - Ancho de la trocha delantera: 1410-1910 mm
 - Ancho de la trocha posterior: 1400-2032 mm
 - Distancia entre ejes: 2248 mm
 - Longitud total: 3283 mm
- Neumáticos
 - Delanteros: 12.4 x 24 R1
 - Posteriores: 18.4 x 30 R1
 - Presión Mecánica: 1.5 kg/cm²
- Arado de 4 discos, peso neto 800kg.

- b) Tractor New Holland modelo TT65 de 65HP de potencia y peso de 2575kg.
 - Ancho total: 1990 mm
 - Distancia entre ejes: 2160 mm
 - Longitud total: 3900 mm
- Neumáticos
 - Delanteros: 12.4 x 24 R1
 - Posteriores: 18.4 x 30 R1
 - Presión Mecánica: 1.2 kg/cm²

- Arado de 3 discos, peso neto 600kg.

3.8.4 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE LABORATORIO

- Balanza de triple barra con capacidad de 500g.
- Balanza analítica de 200g.
- Estufa para la desecación de muestras y obtener la humedad gravimétrica.
- Probetas de 100ml, para la medición aproximada de volúmenes.
- Fiola de 100ml, para la determinación de la densidad real o de partícula.
- Piseta con la que se administró agua destilada a la fiola en la determinación de la densidad real.
- Termómetro digital con aproximación a 0.1°C.
- Agua destilada
- Tamiz N°10 (2mm) para cernir las muestras de suelo y determinar la densidad de partícula.
- Luna de reloj en la que se separaron las muestras cernidas.

3.9 METODOLOGÍA

3.9.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

El trabajo de investigación fue conducido bajo un modelo de Experimento Factorial 2x2x5 en Diseño Completamente al Azar. Teniendo un total de 20 tratamientos, con 3 repeticiones. El modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \rho_k + (\beta\tau)_{ij} + (\beta\rho)_{ik} + (\tau\rho)_{jk} + (\beta\tau\rho)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} : Densidad aparente, Porosidad, Resistencia a la penetración, Velocidad de infiltración por número de pasadas.
- μ : Densidad aparente, Porosidad, Resistencia a la penetración, Velocidad de infiltración verdadero por número de pasadas.
- β_i : Efecto de la época sobre densidad aparente, porosidad, resistencia a la penetración, velocidad de infiltración.
- τ_j : Efecto de tractor sobre densidad aparente, porosidad, resistencia a la penetración, velocidad de infiltración.
- ρ_k : Efecto de numero de pasadas sobre densidad aparente, porosidad, resistencia a la penetración, velocidad de infiltración.
- $(\beta\tau)_{ij}$: Efecto aleatorio de la época con tractor sobre densidad aparente, porosidad, resistencia a la penetración, velocidad de infiltración.
- $(\beta\rho)_{ik}$: Efecto aleatorio de la época con número de pasadas sobre densidad aparente, porosidad, resistencia a la penetración, velocidad de infiltración.
- $(\tau\rho)_{jk}$: Efecto aleatorio de tractor con número de pasadas sobre densidad aparente, porosidad, resistencia a la penetración, velocidad de infiltración.
- $(\beta\tau\rho)_{ijk}$: Efecto aleatorio de la época, tractor y número de pasadas sobre densidad aparente, porosidad, resistencia a la penetración, velocidad de infiltración.
- ε_{ijk} : Efecto del error experimental

3.9.2 VARIABLES EN ESTUDIO

Dos épocas

Época Húmeda abril del 2013.

Época Seca agosto del 2013.

a) Variables Independientes:

- Dos épocas
 - Época Húmeda abril del 2013.
 - Época Seca agosto del 2013.
- Tipos de Tractor
 - Tractor New Holland de 65 HP (T1)
 - Tractor New Holland de 98 HP (T2)
- N° de Pasadas por el tractor
 - Pasada 0 Testigo (0 pasadas)
 - Pasada 1
 - Pasada 3
 - Pasada 5
 - Pasada 7

b) Variables Dependientes:

- Densidad aparente (g/cm^3)
- Porosidad (%)
- Microporosidad (%)
- Macroporosidad (%)
- Resistencia a la penetración (kilo pascales: KPa; y kg/cm^2)
- Velocidad de infiltración (mm/h)

c) Variables de observación:

- Series de Suelo
 - Serie Titicaca S1

- Serie Titicaca cálcico S2

3.9.3 DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS

CUADRO 12

ÉPOCA HÚMEDA (ABRIL 2013)

| Serie de Suelo | Tractor | Número de Pasadas | Combinaciones | Tratamientos |
|---|-------------|-------------------|---------------|--------------|
| S1 Serie Titicaca | T1 65 HP | P1 | S1T1P1 | T1 |
| | | P2 | S1T1P2 | T2 |
| | | P3 | S1T1P3 | T3 |
| | | P4 | S1T1P4 | T4 |
| | | P5 | S1T1P5 | T5 |
| | T2 98HP | P1 | S1T2P1 | T6 |
| | | P2 | S1T2P2 | T7 |
| | | P3 | S1T2P3 | T8 |
| | | P4 | S1T2P4 | T9 |
| | | P5 | S1T2P5 | T10 |
| S2 Serie Titicaca Fase Calapuja | T1 65HP | P1 | S2T1P1 | T11 |
| | | P2 | S2T1P2 | T12 |
| | | P3 | S2T1P3 | T13 |
| | | P4 | S2T1P4 | T14 |
| | | P5 | S2T1P5 | T15 |
| | T2 98HP | P1 | S2T2P1 | T16 |
| | | P2 | S2T2P2 | T17 |
| | | P3 | S2T2P3 | T18 |
| | | P4 | S2T2P4 | T19 |
| | | P5 | S2T2P5 | T20 |

CUADRO 13

EPOCA SECA (AGOSTO 2013)

| Serie de Suelo | Tractor | Número de Pasadas | Combinaciones | Tratamientos |
|---|-------------|-------------------|---------------|--------------|
| S1 Serie Titicaca | T1 65 HP | P1 | S1T1P1 | T1 |
| | | P2 | S1T1P2 | T2 |
| | | P3 | S1T1P3 | T3 |
| | | P4 | S1T1P4 | T4 |
| | | P5 | S1T1P5 | T5 |
| | T2 98HP | P1 | S1T2P1 | T6 |
| | | P2 | S1T2P2 | T7 |
| | | P3 | S1T2P3 | T8 |
| | | P4 | S1T2P4 | T9 |
| | | P5 | S1T2P5 | T10 |
| S2 Serie Titicaca Fase Calapuja | T1 65HP | P1 | S2T1P1 | T11 |
| | | P2 | S2T1P2 | T12 |
| | | P3 | S2T1P3 | T13 |
| | | P4 | S2T1P4 | T14 |
| | | P5 | S2T1P5 | T15 |
| | T2 98HP | P1 | S2T2P1 | T16 |
| | | P2 | S2T2P2 | T17 |
| | | P3 | S2T2P3 | T18 |
| | | P4 | S2T2P4 | T19 |
| | | P5 | S2T2P5 | T20 |

3.9.4 ANÁLISIS DE SUELO EXPERIMENTAL

El análisis de suelo se llevó a cabo en el laboratorio de aguas y suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA-Puno, los resultados se observan en la Tabla 10, de donde podemos interpretar que la clase textural es franco arcilloso.

CUADRO 14

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO.

| N° de orden | Clave de campo | Análisis mecánico | | | Clase textural |
|-------------|----------------|-------------------|-----------|--------|----------------|
| | | Arena % | Arcilla % | Limo % | |
| 1 | S1 | 39.60 | 25.30 | 35.10 | Franco |
| 2 | S2 | 36.80 | 39.90 | 29.30 | Arcilloso |

S1 : serie de suelo, S2 : serie de suelo

Fuente: Laboratorio de aguas y suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNA.

3.9.5 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.9.5.1 Fase de Campo

Para determinar los efectos del tipo de tractor y número de operaciones sobre el terreno en la densidad aparente, porosidad, resistencia a la penetración y velocidad de infiltración se condujo de la siguiente manera:

Estudio Previo al Experimento

La fase experimental de campo se realizó en dos épocas la primera en el mes de abril del 2013 al término de la temporada de lluvias (Barbechos húmedos) y la segunda en el mes de agosto época seca inicio de campaña agrícola, en terrenos recientemente abiertos al cultivo para ambos tractores en el mismo día con sus respectivos implementos a una profundidad constante de 25-30 cm simulando la profundidad de pie de arado que se constituiría al término de los sistemas de laboreo.

Primeramente, se realizó las lecturas del tratamiento testigo, estas evaluaciones corresponden a 0 número de pasadas (P1). Como observación y prueba de los cambios que se origina con el número de operaciones en el terreno.

Experimento (Pasada de Tractor)

En cada serie de suelo se tuvieron 4 parcelas experimentales cada una de 20m² (2mx10m), 2 de ellas para cada tractor y de éstas, una para cada número de pasada que son 1, 3, 5 y 7; los cuales representan a las actividades de labranza cero, mínima y variantes de labranza convencional respectivamente.

Inmediatamente después de cada tratamiento se realizó el muestreo del suelo con sus respectivas repeticiones para llevarlas a laboratorio y proceder con las evaluaciones necesarias: Humedad, densidad aparente y densidad de partícula.

Como observación adicional se realizó las pruebas de velocidad de infiltración para cada serie, tractor, numero de pasada y época del año usando los cilindros infiltrómetros en cada parcela experimental.

3.9.5.2 Fase de Laboratorio

Determinación de la Humedad

- Pesar la muestra húmeda
- Pesar un envase para llevar a la estufa
- Colocar la muestra en el envase
- Poner en la Estufa a 105°C durante 24 horas.
- Pesar el envase junto con la muestra seca y tarar el envase para obtener sólo el peso de la muestra seca.
- Se procedió con el siguiente cálculo:

$$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_f} \times 100$$

Donde:

%H : Porcentaje de la humedad gravimétrica del suelo

Pi : Peso inicial, es decir, peso de muestra húmeda

Pf : Peso final o peso de muestra seca

Determinación de la Densidad Aparente

Para la determinación de la densidad aparente se necesita tener un volumen conocido, así que se usaron los cilindros muestreadores para extraer suelo inalterado, los mismos que se usaron para la determinación de humedad.

- Luego de pesar las muestras secas (al concluir la determinación de humedad), se registra en la tabla de resultados.
- Se calculó el volumen del cilindro muestreador con un vernier.

- Con los datos que se obtuvieron se aplica la siguiente fórmula para determinar la Densidad Aparente:

$$Da = \frac{MS}{VT}$$

Donde:

Da: Densidad aparente (g/cm³)

MS: Masa de suelo seco (g)

VT: Volumen total del suelo (cm³)

Determinación de la Densidad de Partícula

Se determinó por el método del picnómetro y/o fiola:

- Realizar la numeración y pesado de las fiolas (100 ml.) para anotarlos en el siguiente cuadro (las muestras y las fiolas deben estar completamente secas):
- Pesar 40g de muestra de suelo seco y cernido, y colocar en una fiola.
- Pesar la fiola con muestra de suelo aún seca.
- Echar un poco de agua destilada en cada fiola.
- Mover y mezclar hasta mojar toda la muestra dentro de la fiola.
- Colocar las fiolas sobre una cocinilla y hacer hervir las muestras durante 5-10min, agitando periódicamente para que no rebalsen.
- Dejar enfriar hasta una temperatura no mayor de 30°C

- Finalmente aforar las fiolas con agua destilada, pesarlas y medir la temperatura en cada una. Calcular la densidad real con el cuadro anterior.

Determinación de la Porosidad

El cálculo de la porosidad se realizó en tres parámetros: porosidad total, microporosidad y macroporosidad, con las siguientes fórmulas:

Porosidad Total

$$\% PT = \frac{Dp - Da}{Dp} * 100$$

Donde:

% PT: Porcentaje de porosidad total

Dp: Densidad de partícula

Da: Densidad aparente

Microporosidad

$$\% mp = \% HE * Da$$

Donde:

% mp: Porcentaje de microporosidad

% HE: Porcentaje de humedad equivalente

Da: Densidad aparente

Humedad Equivalente:

$$\%HE = \frac{PSh - PSs}{PSs} * 100$$

Donde:

%HE: Porcentaje de humedad equivalente

PSh: Peso de suelo húmedo

PSs: Peso de suelo seco

Macroporosidad

$$\%MP = \%PT - mp$$

Donde:

% MP: Porcentaje de macroporosidad

% PT: Porcentaje de porosidad total

% mp: Porcentaje de microporosidad

Determinación de la velocidad de infiltración.

Según Vásquez y Chang-Navarro (1984), la infiltración básica puede calcularse de la siguiente manera:

- 1) Teniendo los apuntes de la prueba de velocidad de infiltración, se seleccionan los datos correspondientes a “tiempo acumulado (min)” y “lámina infiltrada (cm)”. Para calcular los parámetros de la ecuación de lámina de infiltración acumulada, se utilizará el método analítico mediante los mínimos cuadrados.
- 2) La ecuación de la Función de la Lámina Infiltrada Acumulada es:

$$I_{cum} = A T_o^B$$

- 3) El cálculo de sus parámetros es el siguiente (en base a la técnica de los mínimos cuadrados):

El parámetro B se calcula con la siguiente relación:

$$B = \frac{n(\sum X_i \cdot Y_i) - \sum X_i \cdot \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

Donde: $Y = \log I_{cum}$

$X = \log T_o$

El parámetro A se calcula de la siguiente forma:

$$A_o = \frac{\sum Y_i}{n} - \frac{B \sum X_i}{n}$$

Donde:

$$A = \text{antilog } A_o$$

Luego:

$$A = 10^{A_o}$$

Para conocer el grado de confiabilidad del modelo hallado, se calcula su coeficiente de determinación (R^2), de la siguiente manera:

$$R^2 = \frac{\left[\sum X_i \cdot Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n} \right]^2}{\left[\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n} \right] \left[\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n} \right]}$$

- 4) Al tener definida la ecuación de la función de la lámina infiltrada acumulada (I_{cum}), se procede con su derivación para obtener la ecuación de la velocidad de infiltración (I):

$$I_{cum} = A T_o^B$$

$$I = a T_o^b$$

Donde:

I = Velocidad de infiltración, expresada en mm/h, cm/h, etc.

T_o = Tiempo de oportunidad (tiempo de contacto del agua con el suelo) expresado en minutos

a = Coeficiente que representa la velocidad de infiltración para

$T_o = 1$ min

b = Exponente que varía entre 0 y -1

Para calcular los parámetros de la ecuación de velocidad de infiltración se deriva la ecuación de la Infiltración acumulada:

$$I = \frac{d(I_{cum})}{dt} = \frac{d(AT_o^B)}{dt} = A \cdot (B) \cdot T_o^{B-1}$$

Por lo tanto:

$$a = A \times B$$

$$b = B - 1$$

- 5) Cuando ya tengamos determinada la ecuación de la velocidad de infiltración instantánea, se procede a calcular el tiempo de oportunidad en el cual se logra la velocidad de infiltración básica. Si la ecuación está expresada en minutos, para hallar el Tiempo de oportunidad necesario para que ocurra la velocidad de infiltración básica se calcula de la siguiente forma:

$$T_b = -600 \cdot b$$

- 6) Se reemplaza el tiempo hallado (T_b) en la ecuación de la Infiltración instantánea, para calcular la infiltración básica.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 11 y 12, se muestran los valores promedio de humedad de las distintas series de suelos y épocas analizadas.

CUADRO 15
VALORES DE HUMEDAD (%) POR ÉPOCA PARA LOS DOS TIPOS DE
TRACTOR EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1).

| | T1 65 HP | T2 98HP |
|-----------------|-----------------|----------------|
| Época Húmeda E1 | 20.54 | 20.48 |
| Época Seca E2 | 20.51 | 20.52 |

Donde: E: Época del año T: Tipo de tractor

El contenido de humedad para el mes de abril fue de 20.51 % y 20.515 para el mes de agosto por lo que no muestran diferencias entre época donde debemos considerar que el año no fue lluvioso más bien considerado seco para los dos tipos de tractor en la serie de suelo Illpa S1.

CUADRO 16

VALORES DE HUMEDAD (%) POR ÉPOCA PARA LOS DOS TIPOS DE TRACTOR EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| | T1 | T2 |
|-----------------|-------|-------|
| Época Húmeda E1 | 20.39 | 19.26 |
| Época Seca E2 | 20.32 | 19.22 |

Donde: E: Época del año T: Tipo de tractor

En la serie de suelo Titicaca cálcico (S2) el contenido de humedad presentó similitud entre época para los dos tipos de tractor, posiblemente debido a la semejanza que hubo en las precipitaciones en los días que se tomó las muestras.

4.1 EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA DENSIDAD APARENTE

CUADRO 17

ANÁLISIS DE VARIANZA DE Da (g/cm³) PARA 2 ÉPOCAS, 2 TIPOS DE TRACTOR Y 5 NÚMERO DE PASADAS EN DCA CON 3 REPETICIONES EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Sig. | |
|------------|------|--------|--------|--------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| E | 1 | 0.0862 | 0.0862 | 375.26 | * | ** |
| T | 1 | 0.0379 | 0.0379 | 165.18 | * | ** |
| P | 4 | 0.3815 | 0.0954 | 415.32 | * | ** |
| E x T | 1 | 0.0099 | 0.0099 | 43.29 | * | ** |
| E x P | 4 | 0.0215 | 0.0054 | 23.45 | * | ** |
| T x P | 4 | 0.0126 | 0.0032 | 13.75 | * | ** |
| E x T x P | 4 | 0.0024 | 0.0006 | 2.62 | n.s. | Ns |
| Error Exp. | 40 | 0.0092 | 0.0002 | | | |
| TOTAL | 59 | 0.5613 | | | | |

CV = 1.00 %

En el ANVA para D_a (g/cm^3) para 2 épocas, 2 tipos de tractor y 5 número de pasadas en DCA con 3 repeticiones en la serie de suelo S1 muestra altos valores de significancia al 95% y con un CV 1.0 % esto por tratarse de muestras homogéneas y confiables analizadas en laboratorio.

CUADRO 18

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR ÉPOCA (E), EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)

| Orden de merito | Época | D_a (g/cm^3) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-------------------|---------------------------|------------------|
| 1 | E1 (Época húmeda) | 1.56 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | 1.48 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor época, mostro que se tiene mayor D_a (g/cm^3) en la época húmeda con 1.56 g/cm^3 , el cual es superior estadísticamente a la época seca con 1.56 g/cm^3 .

CUADRO 19

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR TIPO DE TRACTOR (T), LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)

| Orden de merito | Tipo de tractor | D_a (g/cm^3) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------|---------------------------|------------------|
| 1 | T2 (de 98 HP) | 1.55 | a |
| 2 | T1 (de 65 HP) | 1.50 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor tipo de tractor mostró que se tiene mayor D_a (g/cm^3) con el tractor de 98 HP con 1.55 g/cm^3 , el cual es superior estadísticamente al tractor de 65 HP con 1.56 g/cm^3 .

CUADRO 20**PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR N°
DE PASADAS (P), LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)**

| Orden de merito | N° de pasadas | Da (g/cm ³) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|----------------|-------------------------|------------|
| 1 | P4 (7 pasadas) | 1.62 | a |
| 2 | P3 (5 pasadas) | 1.57 | b |
| 3 | P2 (3 pasadas) | 1.55 | c |
| 4 | P1 (1 pasadas) | 1.50 | d |
| 5 | P0 (0 pasadas) | 1.38 | e |

La prueba de comparación de Duncan para factor N° de pasadas mostró que se tiene mayor Da (g/cm³) con 7 pasadas con 1.62 g/cm³, el cual es superior estadísticamente a las demás pasadas, seguido de 5 pasadas con 1.57 g/cm³. En último lugar se ubica el testigo con 1.38 g/cm³.

CUADRO 21**PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X T, LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)**

| Orden de merito | Época | Tractor | Da (g/cm ³) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|---------------|-------------------------|------------|
| 1 | E1(Época húmeda) | T2 (de 98 HP) | 1.60 | a |
| 2 | E1(Época húmeda) | T1(de 65 HP) | 1.52 | b |
| 3 | E2 (Época seca) | T2 (de 98 HP) | 1.50 | c |
| 4 | E2 (Época seca) | T1(de 65 HP) | 1.47 | d |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x T, mostró que se tiene mayor Da (g/cm³) con la interacción E1 x T2 con 1.60 g/cm³, el cual es

superior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E1 x T1 con 1.52 g/cm³. En último lugar se ubica la interacción E2 x T1 con 1.47 g/cm³.

CUADRO 22

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA INTERACCIÓN E X P, LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)

| Orden de merito | Época | Nº de pasadas | Da (g/cm ³) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|----------------|-------------------------|-------------|
| 1 | E1(Época húmeda) | P4 (7 pasadas) | 1.66 | a |
| 2 | E1(Época húmeda) | P3 (5 pasadas) | 1.61 | b |
| 3 | E1(Época húmeda) | P2 (3 pasadas) | 1.59 | c |
| 4 | E2 (Época seca) | P4 (7 pasadas) | 1.57 | d |
| 5 | E1(Época húmeda) | P1 (1 pasadas) | 1.54 | e |
| 6 | E2 (Época seca) | P3 (5 pasadas) | 1.52 | f |
| 7 | E2 (Época seca) | P2 (3 pasadas) | 1.50 | g |
| 8 | E2 (Época seca) | P1 (1 pasada) | 1.45 | h |
| 9 | E2 (Época seca) | P0 (0 pasadas) | 1.38 | i |
| 10 | E1(Época húmeda) | P0 (0 pasadas) | 1.38 | i |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x P, mostró que se tiene mayor Da (g/cm³) con la interacción E1 x P4 con 1.66 g/cm³, el cual es

superior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E1 x P3 con 1.61 g/cm³. En último lugar se ubica la interacción E1 x P0 con 1.38 g/cm³.

CUADRO 23

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA INTERACCIÓN T X P, LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)

| Orden de merito | Tractor | Nº de pasadas | Da (g/cm ³) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|---------------|----------------|-------------------------|------------|
| 1 | T2 (de 98 HP) | P4 (7 pasadas) | 1.66 | a |
| 2 | T2 (de 98 HP) | P3 (5 pasadas) | 1.60 | b |
| 3 | T2 (de 98 HP) | P2 (3 pasadas) | 1.58 | b c |
| 4 | T1(de 65 HP) | P4 (7 pasadas) | 1.57 | c |
| 5 | T1(de 65 HP) | P3 (5 pasadas) | 1.54 | d |
| 6 | T2 (de 98 HP) | P1 (1 pasada) | 1.52 | e |
| 7 | T1(de 65 HP) | P2 (3 pasadas) | 1.51 | e |
| 8 | T1(de 65 HP) | P1 (1 pasada) | 1.48 | f |
| 9 | T2 (de 98 HP) | P0 (0 pasadas) | 1.38 | g |
| 10 | T1(de 65 HP) | P0 (0 pasadas) | 1.38 | g |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción T x P, mostró que se tiene mayor Da (g/cm³) con la interacción T2 x P4 con 1.66 g/cm³, el cual es

superior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción T2 x P3 con 1.60 g/cm³. En último lugar se ubica la interacción T1 x P0 con 1.38 g/cm³.

Asimismo, se tiene el Análisis de Varianza para la serie de suelo 2:

CUADRO 24

ANÁLISIS DE VARIANZA DE Da (g/cm³) PARA 2 ÉPOCAS, 2 TIPOS DE TRACTOR Y 5 NÚMERO DE PASADAS EN DCA CON 3 REPETICIONES EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|------------|------|--------|--------|--------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| E | 1 | 0.0895 | 0.0895 | 192.15 | ** | * |
| T | 1 | 0.0521 | 0.0521 | 111.95 | ** | * |
| P | 4 | 0.4200 | 0.1050 | 225.49 | ** | * |
| ExT | 1 | 0.0019 | 0.0019 | 4.07 | * | Ns |
| ExP | 4 | 0.0224 | 0.0056 | 12.02 | ** | * |
| TxP | 4 | 0.0132 | 0.0033 | 7.11 | ** | * |
| ExTxP | 4 | 0.0023 | 0.0006 | 1.25 | Ns | Ns |
| Error Exp. | 40 | 0.0186 | 0.0005 | | | |
| TOTAL | 59 | 0.6200 | | | | |

CV = 1.37 %

El Análisis de Varianza en densidad aparente muestra altos niveles de significancia para cada factor de variabilidad, demostrando que en cada serie; la época, el tipo de tractor y número de pasadas provocan resultados distintos en densidad aparente con diferencias estadísticas altamente significativas. Respecto a las interacciones época/tractor, época/tractor/número de pasadas no presentaron diferencia significativa, la densidad aparente es un medio confiable

de medir la compactación de suelo, respondiendo con mayor eficacia a las perturbaciones físicas que éste sufra.

CUADRO 25

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
ÉPOCA (E), EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Época | Da (g/cm ³) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|-------------------------|------------|
| 1 | E1(Época húmeda) | 1.61 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | 1.53 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor época, mostro que se tiene mayor Da (g/cm³) en la época húmeda con 1.61 g/cm³, el cual es superior estadísticamente a la época seca con 1.53 g/cm³.

CUADRO 26

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
TIPO DE TRACTOR (T), LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Tipo de tractor | Da (g/cm ³) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------|-------------------------|------------|
| 1 | T2 (de 98 HP) | 1.60 | a |
| 2 | T1(de 65 HP) | 1.54 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor tipo de tractor mostró que se tiene mayor Da (g/cm³) con el tractor de 98 HP con 1.55 g/cm³, el cual es superior estadísticamente al tractor de 65 HP con 1.56 g/cm³.

CUADRO 27

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR N^o
DE PASADAS (P), LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | N ^o de pasadas | Da (g/cm ³) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|---------------------------|-------------------------|-------------|
| 1 | P4 (7 pasadas) | 1.65 | a |
| 2 | P3 (5 pasadas) | 1.63 | b |
| 3 | P2 (3 pasadas) | 1.59 | c |
| 4 | P1 (1 pasadas) | 1.56 | d |
| 5 | P0 (0 pasadas) | 1.42 | e |

La prueba de comparación de Duncan para factor N^o de pasadas mostró que se tiene mayor Da (g/cm³) con 7 pasadas con 1.65 g/cm³, el cual es superior estadísticamente a las demás pasadas, seguido de 5 pasadas con 1.63 g/cm³. En último lugar se ubica el testigo con 1.42 g/cm³.

CUADRO 28

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X T, LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Época | Tractor | Da (g/cm ³) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|---------------|-------------------------|-------------|
| 1 | E1(Época húmeda) | T2 (de 98 HP) | 1.60 | a |
| 2 | E1(Época húmeda) | T1(de 65 HP) | 1.57 | b |
| 3 | E2 (Época seca) | T2 (de 98 HP) | 1.56 | c |
| 4 | E2 (Época seca) | T1(de 65 HP) | 1.51 | d |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x T, mostró que se tiene mayor Da (g/cm³) con la interacción E1 x T2 con 1.60 g/cm³, el cual es superior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción

E1 x T1 con 1.52 g/cm³. En último lugar se ubica la interacción E2 x T1 con 1.47 g/cm³.

CUADRO 29

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X P, LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Época | Nº de pasadas | Da (g/cm ³) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|----------------|-------------------------|-------------|
| 1 | E1(Época húmeda) | P4 (7 pasadas) | 1.70 | a |
| 2 | E1(Época húmeda) | P3 (5 pasadas) | 1.68 | a |
| 3 | E1(Época húmeda) | P2 (3 pasadas) | 1.64 | b |
| 4 | E1(Época húmeda) | P1 (1 pasadas) | 1.61 | c |
| 5 | E2 (Época seca) | P4 (7 pasadas) | 1.61 | c |
| 6 | E2 (Época seca) | P3 (5 pasadas) | 1.59 | c |
| 7 | E2 (Época seca) | P2 (3 pasadas) | 1.54 | d |
| 8 | E2 (Época seca) | P1 (1 pasada) | 1.51 | e |
| 9 | E2 (Época seca) | P0 (0 pasadas) | 1.42 | f |
| 10 | E1(Época húmeda) | P0 (0 pasadas) | 1.42 | f |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x P, mostró que se tiene mayor Da (g/cm³) con la interacción E1 x P4 con 1.70 g/cm³, el cual es

superior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E1 x P3 con 1.68 g/cm³. En último lugar se ubica la interacción E1 x P0 con 1.42 g/cm³.

CUADRO 30

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN T X P, LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Tractor | Nº de pasadas | Da (g/cm ³) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|---------------|----------------|-------------------------|-------------|
| 1 | T2 (de 98 HP) | P4 (7 pasadas) | 1.70 | a |
| 2 | T2 (de 98 HP) | P3 (5 pasadas) | 1.67 | a |
| 3 | T2 (de 98 HP) | P2 (3 pasadas) | 1.62 | b |
| 4 | T1 (de 65 HP) | P4 (7 pasadas) | 1.61 | b c |
| 5 | T1 (de 65 HP) | P3 (5 pasadas) | 1.59 | c |
| 6 | T2 (de 98 HP) | P1 (1 pasada) | 1.59 | c |
| 7 | T1 (de 65 HP) | P2 (3 pasadas) | 1.56 | d |
| 8 | T1 (de 65 HP) | P1 (1 pasada) | 1.53 | e |
| 9 | T2 (de 98 HP) | P0 (0 pasadas) | 1.42 | f |
| 10 | T1 (de 65 HP) | P0 (0 pasadas) | 1.42 | f |

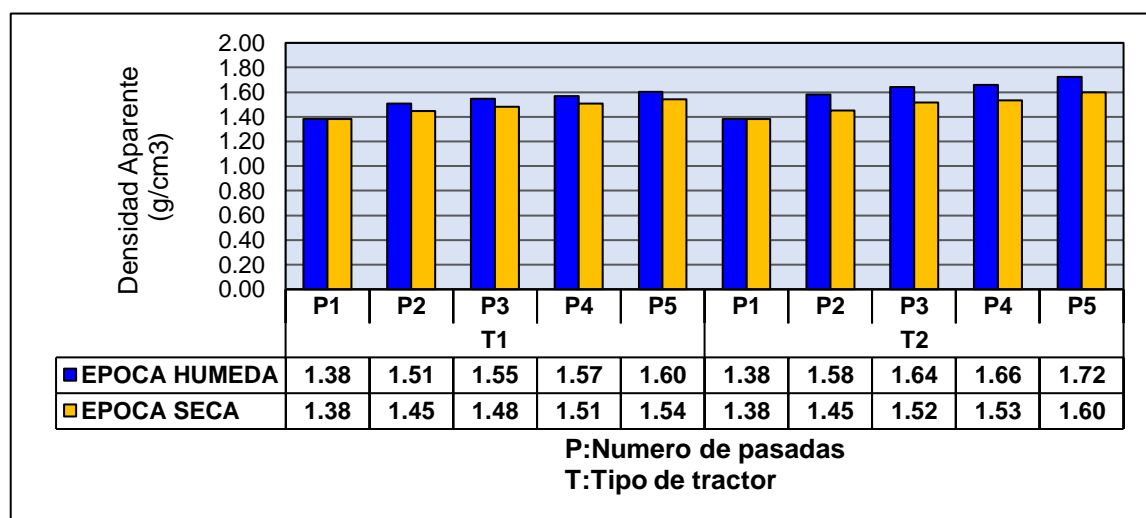
La prueba de comparación de Duncan para la interacción T x P, mostró que se tiene mayor Da (g/cm³) con la interacción T2 x P4 con 1.70 g/cm³, seguido de la

interacción T2 x P3 con 1.67 g/cm^3 , los cuales son similares y superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción T2 x P3 con 1.67 g/cm^3 . En último lugar se ubica la interacción T1 x P0 con 1.42 g/cm^3 .

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede apreciar que la densidad aparente se ha incrementado debido al tránsito del tractor en cada caso. En el siguiente gráfico podemos ver la variación de la densidad aparente en la serie de suelo 1 y en cada época:

FIGURA 1

VARIACIÓN DE LA D_a POR ÉPOCA EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1).



En cada barra de la figura 1, se muestra el promedio de las tres repeticiones que se obtuvieron para cada tratamiento. Siendo para el tractor 1, sin pasada 1.38 g/cm^3 , y con 7 pasadas 1.60 g/cm^3 esto en época húmeda y el mismo tractor en la época seca presento sin pasada 1.38 g/cm^3 , y con 7 pasadas 1.54 g/cm^3 ; esto debido en que la época seca la humedad del suelo fue menor y es menos susceptible a la compactación datos corroborados por Botta 2002 que demostró que a mayores número de operaciones sobre el suelo este tiende a compactarse

asimismo, para el tractor 2, sin pasada 1.38 g/cm^3 , y con 7 pasadas 1.72 g/cm^3 en la época húmeda, para la época seca sin pasada 1.38 g/cm^3 y con 7 pasadas 1.60 g/cm^3 de la misma forma podemos ver que el tamaño y mayor peso del tractor causan efectos directos sobre las propiedades del suelo y que el mayor contenido de humedad favorece al incremento de la densidad aparente del suelo.

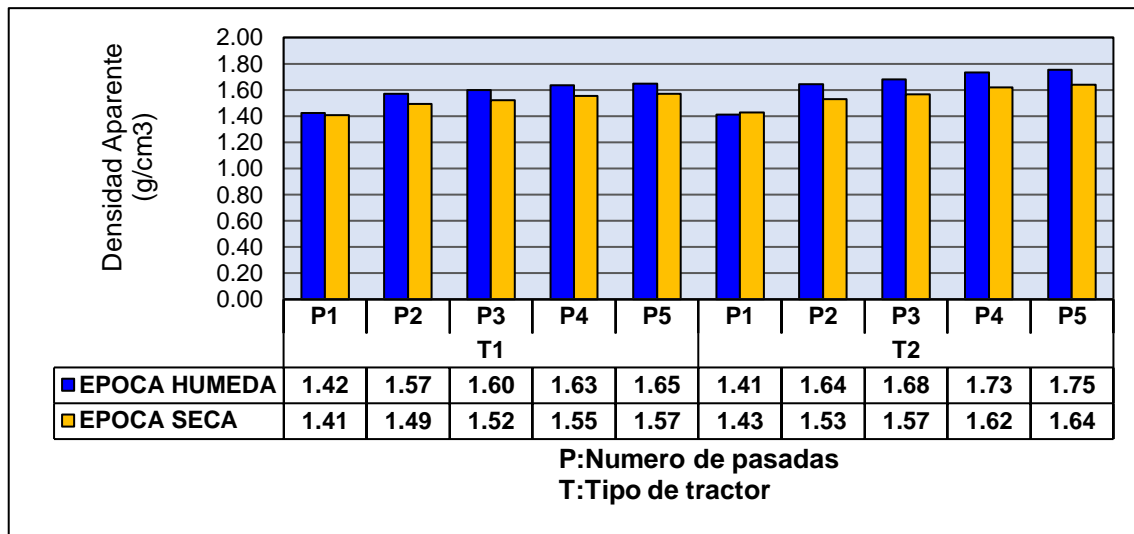
En la figura 1, se muestra claramente la diferencia entre los efectos de cada tractor y su número de pasadas sobre la época. En el caso del tractor 1 (65HP) se tiene un incremento de 15.94% para el tratamiento de 7 pasadas con respecto al testigo (0 pasadas), para la época húmeda y 11.59% para la época seca con respecto al testigo.

Para el tractor 2 (98HP) el incremento de la densidad aparente con 7 pasada es de 24.64% con respecto al testigo, para la época húmeda y 15.94% para la época seca. Esto simulando lo que ocurriría con un sistema de labranza cero, labranza mínima y labranza convencional y demostrando que a mayor peso de la maquinaria, el incremento de la densidad aparente es mayor.

De la misma forma, en la Serie de suelo 2 se pueden apreciar las variaciones de la densidad aparente:

FIGURA 2

VARIACIÓN DE LA D_a POR ÉPOCA EN LA SERIE DE SUELO
TITICACA CÁLCICO (S2).



En cuanto a la humedad podemos decir, de acuerdo a los resultados de humedad del suelo, que en la Serie 1 se registró en promedio un porcentaje de humedad de 20.54, mientras que en la Serie 2 el promedio fue de 19.2%. Siendo mayor en la Serie 1 y dando la razón en cuanto a los resultados ya que un mayor porcentaje de humedad implica mayor facilidad de compactación.

Al respecto, González *et al.* (2008) menciona que la compactibilidad del suelo aumenta con el contenido de humedad; el incremento de humedad entre las partículas del suelo incrementa también la cohesión y origina un efecto de lubricación entre ellas lo cual permite que sean realineadas más fácilmente.

Sin embargo, la diferencia entre los promedios de humedad de las dos series de suelo es reducida, por lo que nos remite a deducir que además de la humedad,

el factor Serie de suelo tiene también intervención en el efecto que se produce sobre la compactación inducida por el uso de maquinaria agrícola.

Además Balbuena *et al.* (2006), menciona que la densidad aparente adecuada para la germinación y normal desarrollo de los cultivos es de 1.2 g/cm³, lo que indica que densidades aparentes alrededor de 1.7 g/cm³, como se obtuvo con el tractor 2, implican un alto grado de compactación. Este mismo autor encontró en su experimento densidades aparentes de 1.6 a 1.66 g/cm³ para condiciones similares a este trabajo.

4.2 EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA POROSIDAD TOTAL DEL SUELO

CUADRO 31

ANÁLISIS DE VARIANZA DE POROSIDAD TOTAL (%) PARA 2 ÉPOCAS, 2 TIPOS DE TRACTOR Y 5 NÚMERO DE PASADAS EN DCA CON 3 REPETICIONES EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1).

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Sig. | |
|------------|------|----------|---------|--------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| E | 1 | 42.5570 | 42.5570 | 172.94 | * | ** |
| T | 1 | 13.6464 | 13.6464 | 55.45 | * | ** |
| P | 4 | 175.6209 | 43.9052 | 178.42 | * | ** |
| ExT | 1 | 3.6669 | 3.6669 | 14.90 | * | ** |
| ExP | 4 | 10.6614 | 2.6653 | 10.83 | * | ** |
| TxP | 4 | 5.2518 | 1.3130 | 5.34 | * | ** |
| ExTxP | 4 | 2.9303 | 0.7326 | 2.98 | * | n.s. |
| Error Exp. | 40 | 9.8433 | 0.2461 | | | |
| TOTAL | 59 | 264.1780 | | | | |

CV = 1.23 %

Según el ANVA, para porosidad total en la serie de suelo 1, bajo datos transformados a valores angulares, muestra una diferencia altamente significativa para todos los factores en estudio excepto en la interacción de

época/tractor/pasada donde al 99% de probabilidad no es significativo con un CV de 1.23% valores propios de trabajos realizados en laboratorio.

CUADRO 32

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
ÉPOCA (E), SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA SERIE
DE SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | Época | Porosidad total (%) | Porosidad total (Valor Angular) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|---------------------|---------------------------------|------------|
| 1 | E2 (Época seca) | 43.51 | 41.27 | a |
| 2 | E1(Época húmeda) | 40.63 | 39.58 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor época, mostro que se tiene mayor porosidad total (%) en la época seca con 43.51 %, el cual es superior estadísticamente a la época húmeda con 40.63 %.

CUADRO 33

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
TIPO DE TRACTOR (T), SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA SERIE
DE SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | Tipo de tractor | Porosidad total (%) | Porosidad total (Valor Angular) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------------------|------------|
| 1 | T1(de 65 HP) | 42.89 | 40.90 | a |
| 2 | T2 (de 98 HP) | 41.26 | 39.95 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor tipo de tractor mostró que se tiene mayor porosidad total (%) con el tractor de 65 HP con 42.89 %, el cual es superior estadísticamente al tractor de 98 HP con 41.26 %.

CUADRO 34

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR N^o
DE PASADAS (P), SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA SERIE DE
SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | N ^o de pasadas | Porosidad total (%) | Porosidad total (Valor Angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|---------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------|
| 1 | P0 (0 pasadas) | 47.21 | 43.40 | a |
| 2 | P1 (1 pasada) | 43.15 | 41.06 | b |
| 3 | P2 (3 pasadas) | 40.92 | 39.76 | c |
| 4 | P3 (5 pasadas) | 40.50 | 39.52 | c |
| 5 | P4 (7 pasadas) | 38.59 | 38.40 | d |

La prueba de comparación de Duncan para factor N^o de pasadas mostró que se tiene mayor porosidad total (%) con 0 pasadas con 47.21%, el cual es superior estadísticamente a las demás pasadas, seguido de una pasada con 43.15%. En último lugar se ubica 7 pasadas 38.59%.

CUADRO 35

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X T, SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA SERIE
DE SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | Época | Tractor | Porosidad total (%) | Porosidad total (Valor Angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-------------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------|
| 1 | E2 (Época seca) | T1 (de 65 HP) | 43.91 | 41.50 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | T2 (de 98 HP) | 43.12 | 41.04 | b |
| 3 | E1 (Época húmeda) | T1 (de 65 HP) | 41.86 | 40.31 | c |
| 4 | E1 (Época húmeda) | T2 (de 98 HP) | 39.41 | 38.86 | d |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x T, mostró que se tiene mayor Porosidad total (%) con la interacción E2 x T1 con 43.91%, el cual es superior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E2 x T2 con 43.12%. En último lugar se ubica la interacción E1 x T2 con 39.41%.

CUADRO 36

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X P, SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA SERIE DE
SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | Época | Nº de pasadas | Porosidad total (%) | Porosidad total (Valor Angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-------------------|----------------|---------------------|---------------------------------|-------------|
| 1 | E1 (Época húmeda) | P0 (0 pasadas) | 47.21 | 43.40 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | P0 (0 pasadas) | 47.21 | 43.40 | a |
| 3 | E2 (Época seca) | P1 (1 pasadas) | 44.95 | 42.10 | b |
| 4 | E2 (Época seca) | P2 (3 pasadas) | 42.73 | 40.82 | c |
| 5 | E2 (Época seca) | P3 (5 pasadas) | 42.29 | 40.57 | c d |
| 6 | E1 (Época húmeda) | P4 (7 pasadas) | 41.35 | 40.02 | d e |
| 7 | E2 (Época seca) | P1 (1 pasadas) | 40.39 | 39.46 | e |
| 8 | E1 (Época húmeda) | P2 (3 pasadas) | 39.12 | 38.71 | f |
| 9 | E1 (Época húmeda) | P3 (5 pasadas) | 38.70 | 38.47 | f |
| 10 | E1 (Época húmeda) | P4 (7 pasadas) | 36.79 | 37.33 | g |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x P, mostró que se tiene mayor Porosidad total (%) con las interacciones E1 x P0 y E2 x P0 con

47.21%, los cuales son superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E2 x P1 con 44.95%. En último lugar se ubica la interacción E1 x P4 con 36.79%.

CUADRO 37

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN T X P, SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA SERIE DE
SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | Tractor | Nº de pasadas | Porosidad total (%) | Porosidad total (Valor Angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------------------|-------------|
| 1 | T1 (de 65 HP) | P0 (0 pasadas) | 47.23 | 43.41 | a |
| 2 | T2 (de 98 HP) | P0 (0 pasadas) | 47.19 | 43.39 | a |
| 3 | T1 (de 65 HP) | P1 (1 pasada) | 43.81 | 41.45 | b |
| 4 | T2 (de 98 HP) | P1 (1 pasada) | 42.49 | 40.67 | c |
| 5 | T1 (de 65 HP) | P2 (3 pasadas) | 41.77 | 40.26 | c |
| 6 | T1 (de 65 HP) | P3 (5 pasadas) | 41.44 | 40.07 | c |
| 7 | T1 (de 65 HP) | P4 (7 pasadas) | 40.17 | 39.33 | d |
| 8 | T2 (de 98 HP) | P2 (3 pasadas) | 40.07 | 39.27 | d |
| 9 | T2 (de 98 HP) | P3 (5 pasadas) | 39.55 | 38.96 | d |
| 10 | T2 (de 98 HP) | P4 (7 pasadas) | 37.02 | 37.47 | e |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción T x P, mostró que se tiene mayor Porosidad total (%) con la interacción T1 x P0 con 47.23%, seguido de la interacción T2 x P0 con 47.19%, los cuales son similares y superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción T1 x P1 con 43.81%. En último lugar se ubica la interacción T2 x P4 con 37.02%.

CUADRO 38

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X T X P, SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA SERIE
DE SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | Época | Tractor | Nº de pasadas | Porosidad total (%) | Porosidad total (Valor Angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------------------|-------------|
| 1 | E2 (Época seca) | T1(de 65 HP) | P0 (0 pasadas) | 47.57 | 43.61 | a |
| 2 | E1(Época húmeda) | T2 (de 98 HP) | P0 (0 pasadas) | 47.53 | 43.58 | a |
| 3 | E1(Época húmeda) | T1(de 65 HP) | P0 (0 pasadas) | 46.89 | 43.22 | a |
| 4 | E2 (Época seca) | T2 (de 98 HP) | P0 (0 pasadas) | 46.85 | 43.19 | a |
| 5 | E2 (Época seca) | T1(de 65 HP) | P1 (1 pasada) | 45.01 | 42.14 | b |
| 6 | E2 (Época seca) | T2 (de 98 HP) | P1 (1 pasada) | 44.90 | 42.07 | b |
| 7 | E2 (Época seca) | T1(de 65 HP) | P2 (3 pasadas) | 42.97 | 40.96 | c |
| 8 | E2 (Época seca) | T1(de 65 HP) | P3 (5 pasadas) | 42.64 | 40.77 | c d |
| 9 | E1(Época húmeda) | T1(de 65 HP) | P1 (1 pasada) | 42.62 | 40.76 | c d |
| 10 | E2 (Época seca) | T2 (de 98 HP) | P2 (3 pasadas) | 42.48 | 40.67 | c d |
| 11 | E2 (Época seca) | T2 (de 98 HP) | P3 (5 pasadas) | 41.95 | 40.36 | c d e |
| 12 | E2 (Época seca) | T1(de 65 HP) | P4 (7 pasadas) | 41.36 | 40.03 | d e f |
| 13 | E1(Época húmeda) | T1(de 65 HP) | P2 (3 pasadas) | 40.56 | 39.56 | e f g |
| 14 | E1(Época húmeda) | T1(de 65 HP) | P3 (5 pasadas) | 40.25 | 39.38 | f g h |
| 15 | E1(Época húmeda) | T2 (de 98 HP) | P1 (1 pasada) | 40.08 | 29.28 | f g h |
| 16 | E2 (Época seca) | T2 (de 98 HP) | P4 (7 pasadas) | 39.43 | 38.90 | g h |
| 17 | E1(Época húmeda) | T1(de 65 HP) | P4 (7 pasadas) | 38.97 | 38.63 | h i |
| 18 | E1(Época húmeda) | T2 (de 98 HP) | P2 (3 pasadas) | 37.67 | 37.86 | i j |
| 19 | E1(Época húmeda) | T2 (de 98 HP) | P3 (5 pasadas) | 37.15 | 37.55 | j |
| 20 | E1(Época húmeda) | T2 (de 98 HP) | P4 (7 pasadas) | 34.61 | 36.03 | k |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x T x P, mostró que se tiene mayor Porosidad total (%) con la interacción E2 x T1 x P0 con 47.57%, seguido de las interacciones E1xT2xP0, E1xT1xP0 y E2xT2xP0 con 47.53%, 46.89% y 46.85% los cuales son similares y superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E2xT1xP1 con 45.01%. En último lugar se ubica la interacción E1xT2x P4 con 36.61%.

Asimismo, se tiene el Análisis de Varianza para la serie de suelo 2:

CUADRO 39

ANÁLISIS DE VARIANZA DE POROSIDAD TOTAL (%) PARA 2 ÉPOCAS, 2 TIPOS DE TRACTOR Y 5 NÚMERO DE PASADAS EN DCA CON 3 REPETICIONES EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Sig. | |
|------------|------|----------|---------|-------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| E | 1 | 44.6161 | 44.6161 | 78.53 | * | ** |
| T | 1 | 26.6760 | 26.6760 | 46.95 | * | ** |
| P | 4 | 200.0136 | 50.0034 | 88.01 | * | ** |
| ExT | 1 | 1.2039 | 1.2039 | 2.12 | ns | ns |
| ExP | 4 | 11.2269 | 2.8067 | 4.94 | * | ** |
| TxP | 4 | 7.2203 | 1.8051 | 3.18 | * | ns |
| ExTxP | 4 | 0.8107 | 0.2027 | 0.36 | ns | ns |
| Error Exp. | 40 | 22.7266 | 0.5682 | | | |
| TOTAL | 59 | 314.4942 | | | | |

CV = 1.91 %

El análisis de varianza para la porosidad total bajo datos transformados a valores angulares, muestra altos niveles de significancia para los factores de variabilidad: época, tractor, pasada y época/pasada, tractor/pasada. Esto indica que los factores época, tractor y pasada provocan resultados con diferencia estadística altamente significativa sobre la porosidad total del suelo. Y el factor época, tractor y de suelo con sus respectivas interacciones no tienen diferencia

sobre la variación de la porosidad total del suelo al no ser significativas estadísticamente.

CUADRO 40

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
ÉPOCA (E), SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA SERIE
DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Época | Porosidad total (%) | Porosidad total (valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|-------------|
| 1 | E2 (Época seca) | 41.88 | 40.32 | a |
| 2 | E1 (Época húmeda) | 38.96 | 38.60 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor época, mostro que se tiene mayor porosidad total (%) en la época seca con 41.88 %, el cual es superior estadísticamente a la época húmeda con 38.96 %.

CUADRO 41

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
TIPO DE TRACTOR (T), SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA
SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Tipo de tractor | Porosidad total (%) | Porosidad total (valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------------------|-------------|
| 1 | T1 (de 65 HP) | 41.55 | 40.13 | a |
| 2 | T2 (de 98 HP) | 39.29 | 38.79 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor tipo de tractor mostró que se tiene mayor porosidad total (%) con el tractor de 65 HP con 41.55 %, el cual es superior estadísticamente al tractor de 98 HP con 39.29 %.

CUADRO 42

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR N° DE PASADAS (P), SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | N° de pasadas | Porosidad total (%) | Porosidad total (valor angular) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|------------|
| 1 | P0 (0 pasadas) | 46.16 | 42.80 | a |
| 2 | P1 (1 pasada) | 41.01 | 39.82 | b |
| 3 | P2 (3 pasadas) | 39.52 | 38.94 | c |
| 4 | P3 (5 pasadas) | 37.96 | 38.02 | d |
| 5 | P4 (7 pasadas) | 37.44 | 37.71 | d |

La prueba de comparación de Duncan para factor N° de pasadas mostró que se tiene mayor porosidad total (%) con 0 pasadas con 46.16%, el cual es superior estadísticamente a las demás pasadas, seguido de una pasada con 41.01%. En último lugar se ubica 7 pasadas 37.44%.

CUADRO 43**PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X P, SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA SERIE
DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).**

| Orden de merito | Época | Nº de pasadas | Porosidad total (%) | Porosidad total (valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-------------------|----------------|---------------------|---------------------------------|-------------|
| 1 | E1 (Época húmeda) | P0 (0 pasadas) | 46.17 | 42.80 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | P0 (0 pasadas) | 46.16 | 42.80 | a |
| 3 | E2 (Época seca) | P1 (1 pasadas) | 42.84 | 40.88 | b |
| 4 | E2 (Época seca) | P2 (3 pasadas) | 41.36 | 40.02 | b |
| 5 | E2 (Época seca) | P3 (5 pasadas) | 39.79 | 39.11 | c |
| 6 | E1 (Época húmeda) | P4 (7 pasadas) | 39.26 | 38.80 | c |
| 7 | E2 (Época seca) | P1 (1 pasadas) | 39.19 | 38.75 | c |
| 8 | E1 (Época húmeda) | P2 (3 pasadas) | 37.68 | 37.86 | d |
| 9 | E1 (Época húmeda) | P3 (5 pasadas) | 36.13 | 36.94 | e |
| 10 | E1 (Época húmeda) | P4 (7 pasadas) | 35.61 | 36.63 | e |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x P, mostró que se tiene mayor Porosidad total (%) con la interacciones E1 x P0 y E2 x P0 con 46.17% y 46.16 %, los cuales son superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E2 x P1 con 42.84%. En último lugar se ubica la interacción E1 x P4 con 35.61%.

CUADRO 54

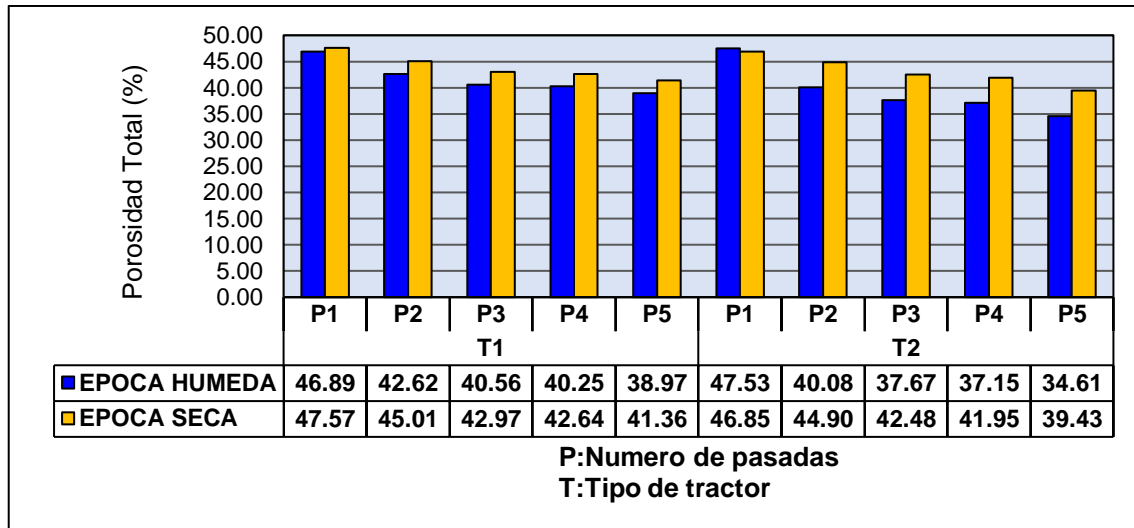
**PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN T X P, SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA SERIE
DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).**

| Orden de merito | Tractor | Nº de pasadas | Porosidad total (%) | Porosidad total (valor angular) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------------------|------------|
| 1 | T1(de 65 HP) | P0 (0 pasadas) | 46.24 | 42.84 | a |
| 2 | T2 (de 98 HP) | P0 (0 pasadas) | 46.09 | 42.76 | a |
| 3 | T1(de 65 HP) | P1 (1 pasada) | 41.97 | 40.38 | b |
| 4 | T1(de 65 HP) | P2 (3 pasadas) | 40.86 | 39.73 | b c |
| 5 | T2 (de 98 HP) | P1 (1 pasada) | 40.05 | 39.26 | c d |
| 6 | T1(de 65 HP) | P3 (5 pasadas) | 39.67 | 39.04 | c d e |
| 7 | T1(de 65 HP) | P4 (7 pasadas) | 39.00 | 38.64 | d e |
| 8 | T2 (de 98 HP) | P2 (3 pasadas) | 38.18 | 38.15 | e |
| 9 | T2 (de 98 HP) | P3 (5 pasadas) | 36.25 | 37.01 | f |
| 10 | T2 (de 98 HP) | P4 (7 pasadas) | 35.88 | 36.79 | f |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción T x P, mostró que se tiene mayor Porosidad total (%) con la interacción T1 x P0 con 46.24%, seguido de la interacción T2 x P0 con 46.09%, los cuales son similares y superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción T1 x P1 con 41.97%. En último lugar se ubica la interacción T2 x P4 con 35.88%.

FIGURA 3

VARIACIÓN DE LA POROSIDAD TOTAL POR ÉPOCA EN LA SERIE DE
SUELO ILLPA (S1)



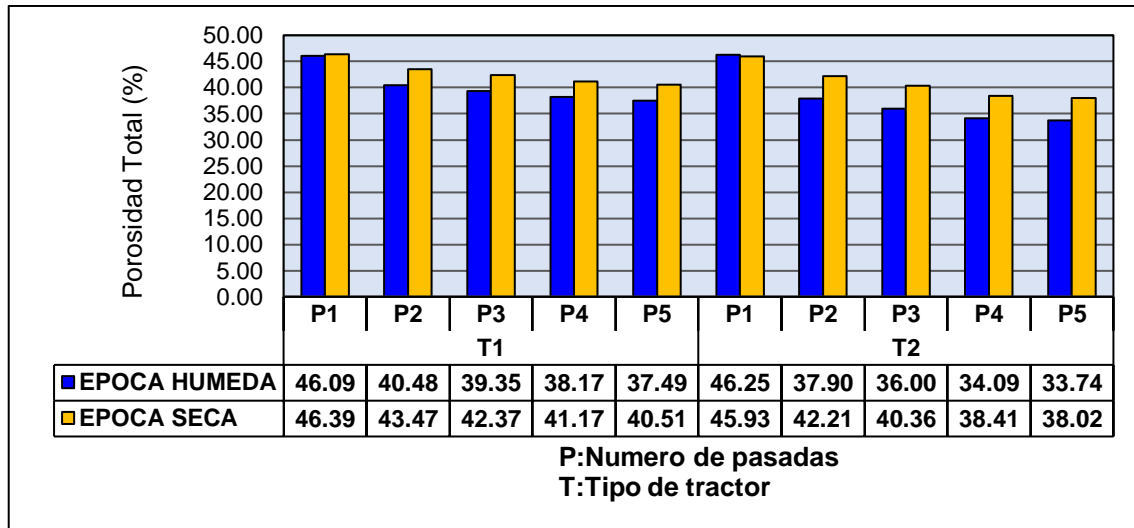
Según la figura 3, el tractor 1 tiene como testigo un porcentaje de porosidad de 46.89%, reduciéndose a 38.97% con 7 pasadas en la época húmeda y de 47.57% a 41.36% en la época seca. En este caso la variación de la porosidad total se ve reducida en un -16.89% con respecto al testigo y -13.05% respectivamente para cada época.

Para el tractor 2 se registró un porcentaje de 47.53% de porosidad total como testigo (P1), luego de 7 pasada este porcentaje se redujo a 34.61% que representa una variación de -27.18% en la época húmeda; de 46.85% a 39.43% de porosidad total que significa una variación de -15.84% con respecto al testigo en la época seca.

De la misma manera, podemos apreciar el siguiente gráfico, la variación de la porosidad total del suelo en la Serie de suelo 2:

FIGURA 4

VARIACIÓN DE LA POROSIDAD TOTAL POR ÉPOCA EN LA SERIE DE
SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).



La porosidad total se ha visto disminuida en cada caso, sin embargo se nota una mayor disminución en la época húmeda con el tractor 2 (98HP) en 7 pasadas que significa una variación negativa respecto al punto inicial o testigo (P1). Demostrando que los tractores de mayor peso y potencia tienen el inconveniente de reducir la porosidad total en alto grado. De esta manera se nota una ligera resistencia a la variación de la porosidad en la época seca con respecto a la época húmeda esto debido a que el suelo está menos susceptible a la compactación por encontrarse más duro o cohesionado.

Al respecto Gómez (2011) afirma que los cambios de la porosidad total entre pases son notorios, pero de la misma forma que en otras propiedades analizadas, se encontraron aumentos entre pases, reafirmando los aumentos de propiedades como Da y RP, éstas íntimamente ligadas a la porosidad total. Encontró una reducción de la porosidad total de 10% con 8 pasadas de un tractor

de 65HP. Teniendo los tractores de dicha potencia un menor peso, explicaría el menor efecto sobre la porosidad, ya que en este trabajo se encuentran reducciones de hasta 35% con un tractor de mayor peso.

4.3 EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA MICROPOROSIDAD DEL SUELO

CUADRO 45

ANÁLISIS DE VARIANZA DE MICROPOROSIDAD (%) PARA 2 ÉPOCAS, 2 TIPOS DE TRACTOR Y 5 NÚMERO DE PASADAS EN DCA CON 3 REPETICIONES EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1).

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|------------|------|---------|--------|------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| E | 1 | 6.0169 | 6.0169 | 8.09 | * | ** |
| T | 1 | 3.1298 | 3.1298 | 4.21 | * | Ns |
| P | 4 | 27.4277 | 6.8569 | 9.22 | * | ** |
| ExT | 1 | 0.4904 | 0.4904 | 0.66 | ns | Ns |
| ExP | 4 | 1.5037 | 0.3759 | 0.51 | ns | Ns |
| TxP | 4 | 0.9373 | 0.2343 | 0.32 | ns | Ns |
| ExTxP | 4 | 0.1616 | 0.0404 | 0.05 | ns | Ns |
| Error Exp. | 40 | 29.7426 | 0.7436 | | | |
| TOTAL | 59 | 69.4099 | | | | |

CV = 2.58 %

De acuerdo al ANVA Microporosidad bajo datos transformados a valores angulares, podemos ver que existe una alta significancia entre épocas, tipos de tractor y numero de pasadas mas no así en las interacciones época/tractor, época/número de pasadas y época/tractor/número de pasadas, el CV 2.58% para trabajos bajo condiciones controladas es aceptable.

CUADRO 46

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
ÉPOCA (E), SOBRE LA MICROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE DE
SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | Época | Microporosidad (%) | Microporosidad (Valor angular) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|--------------------|--------------------------------|------------|
| 1 | E1(Época húmeda) | 30.78 | 33.69 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | 29.76 | 33.05 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor época, mostró que se tiene mayor Microporosidad (%) en la época humedad con 30.78 %, el cual es superior estadísticamente a la época seca con 29.76 %.

CUADRO 47

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
TIPO DE TRACTOR (T), SOBRE LA MICROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE
DE SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | Tipo de tractor | Microporosidad (%) | Microporosidad (Valor angular) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------------------|------------|
| 1 | T2 (de 98 HP) | 30.64 | 33.60 | a |
| 2 | T1(de 65 HP) | 29.90 | 33.14 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor tipo de tractor mostró que se tiene mayor Microporosidad (%) con el tractor de 98 HP con 30.64 %, el cual es superior estadísticamente al tractor de 65 HP con 39.90 %.

CUADRO 48

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR N° DE PASADAS (P), SOBRE LA MICROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | N° de pasadas | Microporosidad (%) | Microporosidad (Valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|----------------|--------------------|--------------------------------|-------------|
| 1 | P4 (7 pasadas) | 31.52 | 34.15 | a |
| 2 | P3 (5 pasadas) | 30.96 | 33.80 | a b |
| 3 | P2 (3 pasadas) | 30.47 | 33.50 | a b |
| 4 | P1 (1 pasadas) | 30.03 | 33.23 | b |
| 5 | P0 (0 pasadas) | 28.35 | 32.17 | c |

La prueba de comparación de Duncan para factor N° de pasadas mostró que se tiene mayor Microporosidad (%) con 7 pasadas con 31.52%, el cual es superior estadísticamente a las demás pasadas, seguido de 5 pasadas con 30.96%. En último lugar se ubica 0 pasadas 28.35%. Asimismo se tiene el Análisis de Varianza para microporosidad en la serie de suelo 2:

CUADRO 49

ANÁLISIS DE VARIANZA DE MICROPOROSIDAD (%) PARA 2 ÉPOCAS, 2 TIPOS DE TRACTOR Y 5 NÚMERO DE PASADAS EN DCA CON 3 REPETICIONES EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|------------|------|----------|---------|------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| E | 1 | 6.0626 | 6.0626 | 2.00 | ns | ns |
| T | 1 | 3.3059 | 3.3059 | 1.09 | ns | ns |
| P | 4 | 26.4474 | 6.6118 | 2.18 | ns | ns |
| ExT | 1 | 17.9722 | 17.9722 | 5.92 | * | ns |
| ExP | 4 | 1.5150 | 0.3788 | 0.12 | ns | ns |
| TxP | 4 | 0.9133 | 0.2283 | 0.08 | ns | ns |
| ExTxP | 4 | 0.2289 | 0.0572 | 0.02 | ns | ns |
| Error Exp. | 40 | 121.4287 | 3.0357 | | | |
| TOTAL | 59 | 177.8740 | | | | |

CV = 5.26 %

En el análisis de varianza de microporosidad bajo datos transformados a valores angulares, se muestra que para cada factor de variación no existe diferencia significativa en la serie de suelo 2, los factores época, tractor y pasada presentan alta significancia estadística en la serie de suelo 1. Esto quiere decir que la propiedad de microporosidad es indiferente a los tratamientos y sus valores son estadísticamente iguales para cada uno de ellos sin importar los factores de variación de este trabajo. Esto puede explicarse debido a la forma en que se obtuvo el valor de microporosidad, teniendo como factores determinantes la densidad aparente y la humedad del suelo, siendo ésta última una propiedad indiferente al paso del tractor y si muestra alguna alteración, es mínima e irrelevante estadísticamente.

CUADRO 50

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X T, SOBRE LA MICROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE
DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Época | Tractor | Microporosidad (%) | Microporosidad (Valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-------------------|---------------|--------------------|--------------------------------|-------------|
| 1 | E1 (Época húmeda) | T2 (de 98 HP) | 31.68 | 34.23 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | T1 (de 65 HP) | 29.89 | 33.13 | a b |
| 3 | E1 (Época húmeda) | T1 (de 65 HP) | 29.17 | 32.67 | b |
| 4 | E2 (Época seca) | T2 (de 98 HP) | 28.91 | 32.50 | b |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x T, mostró que se tiene mayor Microporosidad (%) con la interacción E1 x T2 con 31.68%, seguido

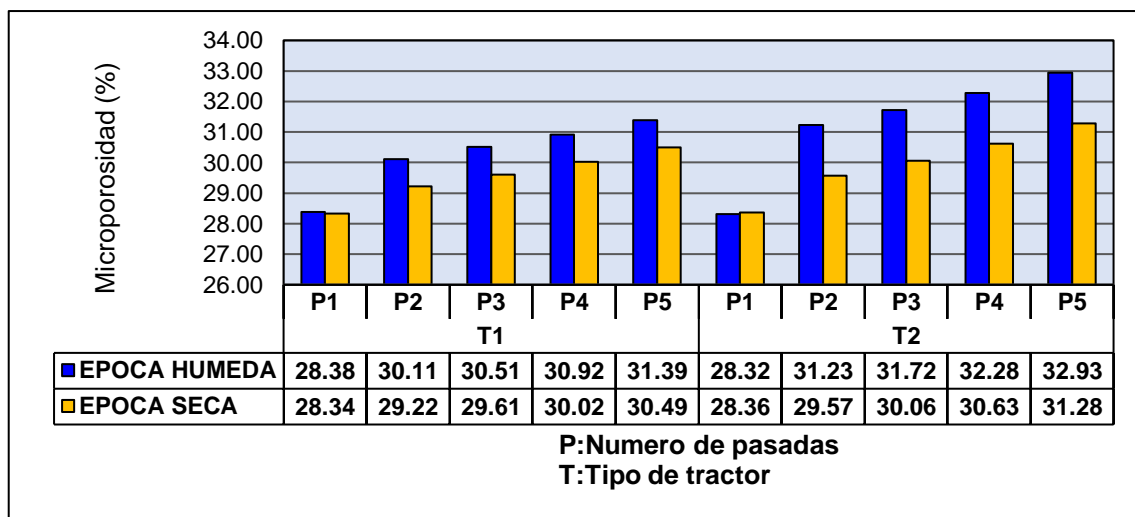
de la interacción E2 x T1 con 29.89%, los cuales son similares estadísticamente.

En último lugar se ubica la interacción E2 x T2 con 28.91%.

En cuanto a la serie de suelo 1, en el siguiente gráfico se muestran las variaciones de microporosidad que se obtuvieron en el trabajo:

FIGURA 5

VARIACIÓN DE LA MICROPOROSIDAD (%) POR ÉPOCA EN LA SERIE
DE SUELO ILLPA (S1)



En la figura 5, la variación de la microporosidad de ambos tractores tiene tendencias ascendentes lo que indica que un aumento en la microporosidad implica una mayor compactación del suelo para cada época. El tractor 1 comienza con una microporosidad de 28.38% en el testigo, luego con 7 pasadas incrementa un 10.61% llegando a un valor de 31.39%, en la época húmeda; de 28,34% a 30.49% al término de 7 pasadas lo que significa un incremento de 7.59% con respecto al testigo.

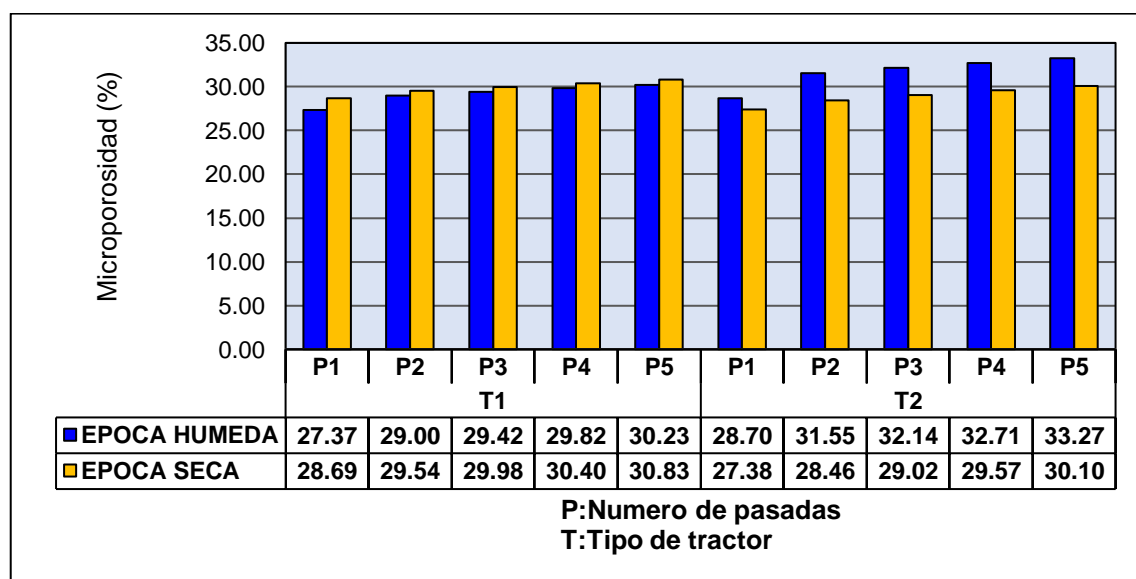
El tractor 2 reporta valores de microporosidad de: 28.32% y 32.93%, 28.36% y 31.28% en 0 y 7 pasadas. Lo cual indica incrementos de 16.28% y 10.30% para cada época. Lo cual confirma mayor compactación en el suelo por parte del tractor de mayor potencia (tractor 2), siendo predominantes los poros pequeños en los cuales el desarrollo radical de las plantas es más escaso.

Gómez (2011) encontró valores de 32.6% a 55.6% de microporosidad para el tránsito de tractores de 65HP. Contrastando con los resultados obtenidos, demuestra que el factor tractor no es necesariamente un determinante para un mayor incremento de la microporosidad, lo cual ya se había mencionado en la parte de análisis de varianza.

De la misma manera, podemos apreciar el siguiente gráfico, la variación de la microporosidad del suelo en la Serie de suelo 2:

FIGURA 6

VARIACIÓN DE LA MICROPOROSIDAD (%) POR ÉPOCA EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).



Este comportamiento en cuanto a la microporosidad del suelo, demuestra una vez más que es indiferente a los factores en estudio de este trabajo, ya que en este caso la serie de suelo no implica una diferencia estadística en sus resultados y el tipo de tractor tampoco tiene un mayor efecto sobre los mismos.

Los valores obtenidos en cuanto a esta variable se asemejan al estudio de Roque *et al.* (2005) donde encontraron variaciones de la microporosidad entre el 4% y 13% para cinco tipos de suelos distintos, con altos valores de densidad aparente. Las variaciones presentadas en esta propiedad también tuvieron comportamiento atípico al margen de sus factores de variabilidad.

4.4 EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA MACROPOROSIDAD DEL SUELO

CUADRO 51

ANÁLISIS DE VARIANZA DE MACROPOROSIDAD (%) PARA 2 ÉPOCAS, 2 TIPOS DE TRACTOR Y 5 NÚMERO DE PASADAS EN DCA CON 3 REPETICIONES EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1).

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|------------|------|-----------|----------|-------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| E | 1 | 254.9004 | 254.9004 | 72.47 | * | ** |
| T | 1 | 112.5811 | 112.5811 | 32.01 | * | ** |
| P | 4 | 829.2806 | 207.3202 | 58.94 | * | ** |
| ExT | 1 | 39.2152 | 39.2152 | 11.15 | * | ** |
| ExP | 4 | 72.0410 | 18.0102 | 5.12 | * | ** |
| TxP | 4 | 54.3347 | 13.5837 | 3.86 | * | ** |
| ExTxP | 4 | 21.8774 | 5.4694 | 1.56 | Ns | ns |
| Error Exp. | 40 | 140.6905 | 3.5173 | | | |
| TOTAL | 59 | 1524.9208 | | | | |

CV = 9.60 %

De acuerdo al ANVA de Macroporosidad bajo datos transformados a valores angulares en la serie de suelo 1, muestra resultados con diferencia altamente significativa en los factores época, tractor y pasada, época/tractor, época/pasada, tractor/pasada y no es significativo en la interacción triple de época/tractor/pasada.

CUADRO 52

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
ÉPOCA (E), SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE
DE SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | Época | Macroporosidad (%) | Macroporosidad (Valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------------------|-------------|
| 1 | E2 (Época seca) | 13.76 | 21.60 | a |
| 2 | E1 (Época húmeda) | 9.85 | 17.48 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor época, mostró que se tiene mayor Macroporosidad (%) en la época seca con 13.76 %, el cual es superior estadísticamente a la época húmeda con 9.85 %.

CUADRO 53

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
TIPO DE TRACTOR (T), SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE
DE SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | Tipo de tractor | Macroporosidad (%) | Macroporosidad (Valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------------------|-------------|
| 1 | T1 (de 65 HP) | 12.99 | 20.91 | a |
| 2 | T2 (de 98 HP) | 10.63 | 18.17 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor tipo de tractor mostró que se tiene mayor Macroporosidad (%) con el tractor de 65 HP con 12.99 %, el cual es superior estadísticamente al tractor de 98 HP con 10.63 %.

CUADRO 54

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR N° DE PASADAS (P), SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | N° de pasadas | Macroporosidad (%) | Macroporosidad (Valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|----------------|--------------------|--------------------------------|-------------|
| 1 | P0 (0 pasadas) | 18.86 | 25.72 | a |
| 2 | P1 (1 pasadas) | 13.12 | 21.08 | b |
| 3 | P2 (3 pasadas) | 10.45 | 18.60 | c |
| 4 | P3 (5 pasadas) | 9.54 | 17.66 | c |
| 5 | P4 (7 pasadas) | 7.07 | 14.63 | d |

La prueba de comparación de Duncan para factor N° de pasadas mostró que se tiene mayor Macroporosidad (%) con 0 pasadas con 18.86%, el cual es superior estadísticamente a las demás pasadas, seguido de 1 pasada con 13.12%. En último lugar se ubica 7 pasadas con 7.07%.

CUADRO 55

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X T, SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE DE
SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | Época | Tractor | Macroporosidad (%) | Macroporosidad (Valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-------------------|---------------|--------------------|--------------------------------|-------------|
| 1 | E2 (Época seca) | T1 (de 65 HP) | 14.37 | 22.16 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | T2 (de 98 HP) | 13.14 | 21.04 | a b |
| 3 | E1 (Época húmeda) | T1 (de 65 HP) | 11.60 | 19.66 | b |
| 4 | E1 (Época húmeda) | T2 (de 98 HP) | 8.11 | 15.30 | c |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x T, mostró que se tiene mayor Macroporosidad (%) con la interacción E2 x T1 con 14.37%, seguido de la interacción E2 x T2 con 13.14%, los cuales son superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E1 x T1 con 11.60%. En último lugar se ubica la interacción E1 x T2 con 8.11%.

CUADRO 56

**PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X P, SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE
DE SUELO ILLPA (S1).**

| Orden de merito | Época | Nº de pasadas | Macroporosidad (%) | Macroporosidad (Valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-------------------|----------------|--------------------|--------------------------------|-------------|
| 1 | E1 (Época húmeda) | P0 (0 pasadas) | 18.86 | 25.73 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | P0 (0 pasadas) | 18.86 | 25.72 | a |
| 3 | E2 (Época seca) | P1 (1 pasadas) | 15.56 | 23.21 | b |
| 4 | E2 (Época seca) | P2 (3 pasadas) | 12.89 | 21.00 | c |
| 5 | E2 (Época seca) | P3 (5 pasadas) | 11.97 | 20.19 | c |
| 6 | E1 (Época húmeda) | P1 (1 pasadas) | 10.68 | 18.96 | c d |
| 7 | E2 (Época seca) | P4 (7 pasadas) | 9.51 | 17.88 | d e |
| 8 | E1 (Época húmeda) | P2 (3 pasadas) | 8.00 | 16.20 | e f |
| 9 | E1 (Época húmeda) | P3 (5 pasadas) | 7.10 | 15.13 | f |
| 10 | E1 (Época húmeda) | P4 (7 pasadas) | 4.63 | 11.39 | g |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x P, mostró que se tiene mayor Porosidad total (%) con la interacciones E1 x P0 y E2 x P0 con 18.86%, los cuales son similares y superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E2 x P1 con 15.56%. En último lugar se ubica la interacción E1 x P4 con 4.63%.

CUADRO 57**PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN T X P, SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE
DE SUELO ILLPA (S1).**

| Orden de merito | Tractor | Nº de pasadas | Macroporosidad (%) | Macroporosidad (Valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|---------------|----------------|--------------------|--------------------------------|-------------|
| 1 | T1 (de 65 HP) | P0 (0 pasadas) | 18.87 | 25.73 | a |
| 2 | T2 (de 98 HP) | P0 (0 pasadas) | 18.85 | 22.72 | a |
| 3 | T1 (de 65 HP) | P1 (1 pasada) | 14.15 | 22.05 | b |
| 4 | T2 (de 98 HP) | P1 (1 pasada) | 12.09 | 20.12 | c |
| 5 | T1 (de 65 HP) | P2 (3 pasadas) | 11.71 | 19.94 | c |
| 6 | T1 (de 65 HP) | P3 (5 pasadas) | 10.98 | 19.26 | c d |
| 7 | T1 (de 65 HP) | P4 (7 pasadas) | 9.33 | 17.57 | d e |
| 8 | T2 (de 98 HP) | P2 (3 pasadas) | 9.18 | 17.26 | e f |
| 9 | T2 (de 98 HP) | P3 (5 pasadas) | 8.10 | 16.06 | f |
| 10 | T2 (de 98 HP) | P4 (7 pasadas) | 4.91 | 11.70 | g |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción T x P, mostró que se tiene mayor Porosidad total (%) con la interacciones T1 x P0 y T2 x P0 con 18.87 y 18.84%, los cuales son similares y superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción T1 x P1 con 14.15%. En último lugar se ubica la interacción T2 x P4 con 4.91%.

Asimismo, se tiene el Análisis de Varianza para macroporosidad en la serie de suelo 2:

CUADRO 58

ANÁLISIS DE VARIANZA DE MACROPOROSIDAD (%) PARA 2 ÉPOCAS, 2 TIPOS DE TRACTOR Y 5 NÚMERO DE PASADAS EN DCA CON 3 REPETICIONES EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|------------|------|-----------|----------|-------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| E | 1 | 374.6341 | 374.6341 | 68.56 | * | ** |
| T | 1 | 248.6437 | 248.6437 | 45.50 | * | ** |
| P | 4 | 1056.6559 | 264.1640 | 48.34 | * | ** |
| ExT | 1 | 157.0735 | 157.0735 | 28.74 | * | ** |
| ExP | 4 | 113.7171 | 28.4293 | 5.20 | * | ** |
| TxP | 4 | 96.1951 | 24.0488 | 4.40 | * | ** |
| ExTxP | 4 | 38.2857 | 9.5714 | 1.75 | ns | ns |
| Error Exp. | 40 | 218.5776 | 5.4644 | | | |
| TOTAL | 59 | 2303.7827 | | | | |

CV = 13.00 %

El análisis de varianza para Macroporosidad bajo datos transformados a valores angulares en la serie de suelo 2, muestra resultados con una diferencia estadística altamente significativa en los factores época, tractor e interacciones de época/tractor, época/pasada y tractor/pasada. No existiendo diferencia estadística significativa en la triple interacción época/tractor/pasada. La época definitivamente influye en la reducción de la macroporosidad por estar en condiciones de mayor humedad, el tamaño de tractor y el número de pasadas reducen la macroporosidad del suelo siendo estos los resultados observados en el presente trabajo.

CUADRO 59

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
ÉPOCA (E), SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE DE
SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Época | Macroporosidad (%) | Macroporosidad (Valor angular) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|--------------------|--------------------------------|------------|
| 1 | E2 (Época seca) | 12.49 | 20.48 | a |
| 2 | E1(Época húmeda) | 8.53 | 15.48 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor época, mostró que se tiene mayor Macroporosidad (%) en la época seca con 12.49 %, el cual es superior estadísticamente a la época húmeda con 8.53 %.

CUADRO 60

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
TIPO DE TRACTOR (T), SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE
DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Tipo de tractor | Macroporosidad (%) | Macroporosidad (Valor angular) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------------------|------------|
| 1 | T1(de 65 HP) | 12.02 | 20.02 | a |
| 2 | T2 (de 98 HP) | 9.00 | 15.94 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor tipo de tractor mostró que se tiene mayor Macroporosidad (%) con el tractor de 65 HP con 12.02%, el cual es superior estadísticamente al tractor de 98 HP con 9.00%.

CUADRO 61

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR N^o
DE PASADAS (P), SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE
DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | N ^o de pasadas | Macroporosidad (%) | Macroporosidad (Valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|---------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------|
| 1 | P0 (0 pasadas) | 18.13 | 25.19 | a |
| 2 | P1 (1 pasadas) | 11.38 | 19.44 | b |
| 3 | P2 (3 pasadas) | 9.38 | 17.41 | c |
| 4 | P3 (5 pasadas) | 7.33 | 14.61 | d |
| 5 | P4 (7 pasadas) | 6.33 | 13.25 | d |

La prueba de comparación de Duncan para factor N^o de pasadas mostró que se tiene mayor Macroporosidad (%) con 0 pasadas con 18.13%, el cual es superior estadísticamente a las demás pasadas, seguido de 1 pasada con 11.38%. En último lugar se ubica 7 pasadas con 6.33%.

CUADRO 62

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X T, SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE DE
SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Época | Tractor | Macroporosidad (%) | Macroporosidad (Valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-------------------|---------------|--------------------|--------------------------------|-------------|
| 1 | E2 (Época seca) | T1 (de 65 HP) | 12.90 | 20.90 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | T2 (de 98 HP) | 12.08 | 20.06 | a |
| 3 | E1 (Época húmeda) | T1 (de 65 HP) | 11.15 | 19.14 | a |
| 4 | E1 (Época húmeda) | T2 (de 98 HP) | 5.92 | 11.83 | b |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x T, mostró que se tiene mayor Macroporosidad (%) con la interacción E2 x T1 con 12.90%, seguido de la interacción E2 x T2 con 12.08%, los cuales son superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E1 x T1 con 11.15%. En último lugar se ubica la interacción E1 x T2 con 5.92%.

CUADRO 63

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X P, SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE
DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Época | Nº de pasadas | Macroporosidad (%) | Macroporosidad (Valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|----------------|--------------------|--------------------------------|-------------|
| 1 | E1(Época húmeda) | P0 (0 pasadas) | 18.13 | 25.19 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | P0 (0 pasadas) | 18.13 | 25.18 | a |
| 3 | E2 (Época seca) | P1 (1 pasadas) | 13.84 | 21.81 | b |
| 4 | E2 (Época seca) | P2 (3 pasadas) | 11.86 | 20.04 | b c |
| 5 | E2 (Época seca) | P3 (5 pasadas) | 9.81 | 18.18 | c d |
| 6 | E1(Época húmeda) | P1 (1 pasadas) | 8.91 | 17.18 | c d e |
| 7 | E2 (Época seca) | P4 (7 pasadas) | 8.80 | 17.07 | d e |
| 8 | E1(Época húmeda) | P2 (3 pasadas) | 6.89 | 14.79 | e |
| 9 | E1(Época húmeda) | P3 (5 pasadas) | 4.86 | 11.04 | f |
| 10 | E1(Época húmeda) | P4 (7 pasadas) | 3.86 | 9.33 | f |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x P, mostró que se tiene mayor Porosidad total (%) con la interacciones E1 x P0 y E2 x P0 con 18.13%, los cuales son similares y superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E2 x P1 con 13.84%. En último lugar se ubica la interacción E1 x P4 con 3.86%.

CUADRO 64

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN T X P, SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE
DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

| Orden de merito | Tractor | Nº de pasadas | Macroporosidad (%) | Macroporosidad (Valor angular) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|---------------|----------------|--------------------|--------------------------------|-------------|
| 1 | T1(de 65 HP) | P0 (0 pasadas) | 18.21 | 25.25 | a |
| 2 | T2 (de 98 HP) | P0 (0 pasadas) | 18.05 | 25.12 | a |
| 3 | T1(de 65 HP) | P1 (1 pasada) | 12.70 | 20.79 | b |
| 4 | T1(de 65 HP) | P2 (3 pasadas) | 11.16 | 19.41 | b c |
| 5 | T2 (de 98 HP) | P1 (1 pasada) | 10.05 | 18.09 | b c d |
| 6 | T1(de 65 HP) | P3 (5 pasadas) | 9.56 | 17.88 | b c d |
| 7 | T1(de 65 HP) | P4 (7 pasadas) | 8.47 | 16.76 | c d |
| 8 | T2 (de 98 HP) | P2 (3 pasadas) | 7.60 | 15.41 | d |
| 9 | T2 (de 98 HP) | P3 (5 pasadas) | 5.11 | 11.35 | e |
| 10 | T2 (de 98 HP) | P4 (7 pasadas) | 4.19 | 9.75 | e |

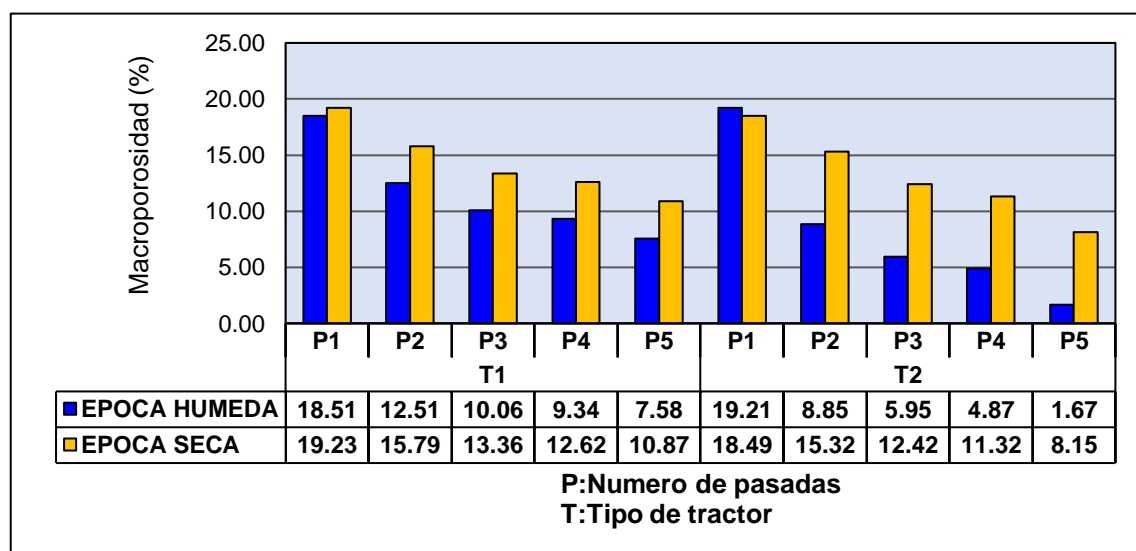
La prueba de comparación de Duncan para la interacción T x P, mostró que se tiene mayor Porosidad total (%) con la interacciones T1 x P0 y T2 x P0 con 18.21 y 18.05%, los cuales son similares y superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción T1 x P1 con 12.70%. En último lugar se ubica la interacción T2 x P4 con 4.19%.

La variación de la macroporosidad del suelo en este caso, en términos generales es descendente debido a que una mayor presión sobre el suelo implica fuerzas de fricción que compactan y reducen el tamaño de los poros en el suelo; convirtiendo lo que en el testigo era macroporosidad a microporosidad. En consecuencia, un menor porcentaje de macroporosidad corresponde a un mayor grado de compactación.

En la siguiente figura, se muestra la variación de la macroporosidad para la Serie 1:

FIGURA 7

VARIACIÓN DE LA MACROPOROSIDAD (%) POR ÉPOCA EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)



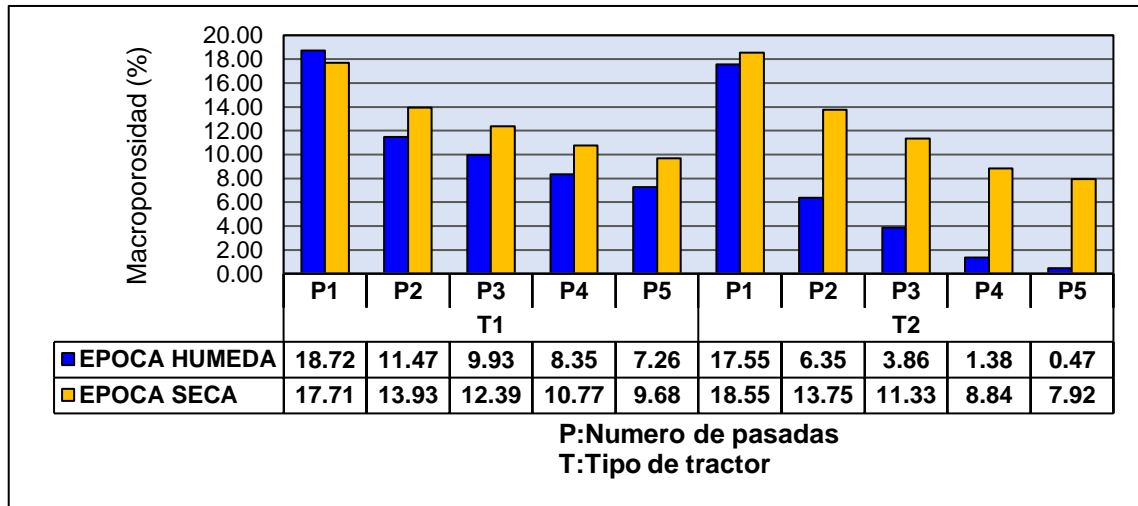
El tractor 1 muestra una influencia en la macroporosidad de 18.51% en el testigo, al pasar con el tractor 7 veces ésta se reduce a 7.58% en la época húmeda; de 19.23 a 10.87 en la época seca. Las variaciones con respecto al testigo son -59.05% en época húmeda y -43.47% en época seca respectivamente.

El tractor 2 tuvo como testigo un suelo con 19.21% de macroporosidad, el cual bajo al valor de 1,67% en la época húmeda; de 18.49% a 8.15% en la época seca. Sus variaciones fueron: -91.31% en la época húmeda tractor de gran tamaño y potencia y -55.92% en época seca agosto respectivamente.

El mayor grado de compactación teniendo como base a la macroporosidad, en la serie 1 la alcanzó el tractor 2 con 7 pasadas, pasando de 19.21% de macroporosidad a un valor de 1.67%. En este caso los tractores tuvieron diferente efecto sobre la macroporosidad evidenciando la diferencia en pesos que tienen estas máquinas de más 4000 kg para el tractor 2 y 2800 kg para el tractor 1, tal como lo muestra el análisis de varianza presentado anteriormente, de igual forma el número de pases de tractor sobre la misma senda en cada época muestra una diferencia altamente significativa sobre la macroporosidad. De la misma manera, podemos apreciar el siguiente gráfico, la variación de la macroporosidad del suelo en la Serie de suelo 2:

FIGURA 8

VARIACIÓN DE LA MACROPOROSIDAD (%) POR ÉPOCA EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).



En este caso puede verse en la época húmeda una disminución preocupante de 91.31% de macroporosidad, para el tractor 2 y 7 pasadas lo cual indica que ésta es más susceptible que en la época seca al ser modificado en cuanto a algunas de sus propiedades físicas.

Gómez (2011) encontró valores de macroporosidad que fluctúan entre 5.03 a 29.25% en 3 tipos de suelo por su uso con un tractor de 65HP. Sus mediciones las hizo a pie de arado, es decir a una profundidad entre 25-35cm. Estos valores de macroporosidad son semejantes a los obtenidos en este trabajo.

También encontró disminuciones entre el 26.6 y 78.02% de macroporosidad, siendo apreciadas las mayores reducciones al tercer y sexto pase del tractor.

En cuanto al CV obtenido en este trabajo para la macroporosidad (9.60% y 13.00%), Gómez (2011) obtuvo el valor de 20%, Barrios y Florentino (2009) encontraron un CV entre 29% y 36% para suelos francos, mientras que Bastos y Oliveira (2003) reportan un CV máximo de 20% para suelos arcillo arenosos. Los altos porcentajes de CV pueden deberse a la constante fluctuación de esta propiedad, cuyas causas no necesariamente son los relacionados a la compactación por el uso de maquinaria agrícola.

4.5 EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DEL SUELO

CUADRO 65

ANÁLISIS DE VARIANZA DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa)
PARA 2 ÉPOCAS, 2 TIPOS DE TRACTOR Y 5 NÚMERO DE PASADAS EN
DCA CON 3 REPETICIONES EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|------------|------|-------------|------------|--------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| E | 1 | 1640237.45 | 1640237.45 | 159.19 | ** | * |
| T | 1 | 646164.07 | 646164.07 | 62.71 | ** | * |
| P | 4 | 12350972.89 | 3087743.22 | 299.67 | ** | * |
| ExT | 1 | 69133.86 | 69133.86 | 6.71 | ** | * |
| ExP | 4 | 118423.23 | 29605.81 | 2.87 | ** | ns |
| TxP | 4 | 373107.32 | 93276.83 | 9.05 | ** | * |
| ExTxP | 4 | 11564.78 | 2891.19 | 0.28 | ns | ns |
| Error Exp. | 40 | 412156.61 | 10303.92 | | | |
| TOTAL | 59 | 15621760.20 | | | | |

CV = 5.91 %

Según el ANVA se puede apreciar que los factores época, tractor, pasada y las interacciones época/tractor, época/pasada y tractor/pasada en la serie 1 tienen valores con alta diferencia significativa, mientras que la interacción época/tractor/pasada no muestra diferencia significativa. Esto quiere decir que

cada factor actúa de forma independiente provoca efectos estadísticamente diferentes sobre los resultados, dejando ver que sus efectos causados sobre los resultados son mínimos y estadísticamente similares.

CUADRO 66

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
ÉPOCA (E), SOBRE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa) EN LA
SERIE DE SUELO ILLPA (S1)

| Orden de merito | Época | Resistencia a la penetración (KPa) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|------------------------------------|-------------|
| 1 | E1(Época húmeda) | 1881.70 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | 1551.02 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor época, mostro que se tiene mayor Resistencia a la penetración en la época húmeda con 1881.70 KPa, el cual es superior estadísticamente a la época seca con 1551.02 KPa.

CUADRO 67

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
TIPO DE TRACTOR (T), SOBRE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa)
EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)

| Orden de merito | Tipo de tractor | Resistencia a la penetración (KPa) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------|------------------------------------|-------------|
| 1 | T2 (de 98 HP) | 1820.13 | a |
| 2 | T1(de 65 HP) | 1612.58 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor tipo de tractor mostró que se tiene Resistencia a la penetración con el tractor de 98 HP con 1820.13 KPa, el cual es superior estadísticamente al tractor de 65 HP con 1612.58 Kpa.

CUADRO 68

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR N° DE PASADAS (P), SOBRE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa) EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1).

| Orden de merito | N° de pasadas | Resistencia a la penetración (KPa) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|----------------|------------------------------------|-------------|
| 1 | P4 (7 pasadas) | 2432.49 | a |
| 2 | P3 (5 pasadas) | 2011.23 | b |
| 3 | P2 (3 pasadas) | 1589.98 | c |
| 4 | P1 (1 pasadas) | 1379.35 | d |
| 5 | P0 (0 pasadas) | 1168.72 | e |

La prueba de comparación de Duncan para factor N° de pasadas mostró que se tiene mayor Resistencia a la penetración con 7 pasadas con 2432.49 KPa, el cual es superior estadísticamente a las demás pasadas, seguido de 5 pasadas con 2011.23 KPa. En último lugar se ubica el testigo con 1168.72 KPa.

CUADRO 69

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA INTERACCIÓN E X T, SOBRE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa) EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)

| Orden de merito | Época | Tractor | Resistencia a la penetración (KPa) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|-------------------|---------------|------------------------------------|-------------|
| 1 | E1 (Época húmeda) | T2 (de 98 HP) | 2019.42 | a |
| 2 | E1 (Época húmeda) | T1 (de 65 HP) | 1743.98 | b |
| 3 | E2 (Época seca) | T2 (de 98 HP) | 1620.85 | c |
| 4 | E2 (Época seca) | T1 (de 65 HP) | 1481.18 | d |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x T, mostró que se tiene mayor Resistencia a la penetración con la interacción E1 x T2 con 2019.42

KPa, el cual es superior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E1 x T1 con 1743.98 KPa. En último lugar se ubica la interacción E2 x T1 con 1481.18 KPa.

CUADRO 70

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN E X P, SOBRE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa)
EN LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)

| Orden de merito | Época | Nº de pasadas | Resistencia a la penetración (KPa) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|----------------|------------------------------------|-------------|
| 1 | E1(Época húmeda) | P4 (7 pasadas) | 2667.95 | a |
| 2 | E1(Época húmeda) | P3 (5 pasadas) | 2205.45 | b |
| 3 | E2 (Época seca) | P4 (7 pasadas) | 2197.03 | b |
| 4 | E2 (Época seca) | P3 (5 pasadas) | 1817.02 | c |
| 5 | E1(Época húmeda) | P2 (3 pasadas) | 1742.94 | c |
| 6 | E1(Época húmeda) | P1 (1 pasada) | 1511.69 | d |
| 7 | E2 (Época seca) | P2 (3 pasadas) | 1437.01 | d |
| 8 | E1(Época húmeda) | P0 (0 pasadas) | 1280.44 | e |
| 9 | E2 (Época seca) | P1 (1 pasada) | 1247.01 | e |
| 10 | E2 (Época seca) | P0 (0 pasadas) | 1057.01 | f |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción E x P, mostró que se tiene mayor Resistencia a la penetración con la interacción E1 x P4 con 2667.95 KPa, el cual es superior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción E1 x P3 con 2205.45 Kpa. En último lugar se ubica la interacción E2 x P0 con 1057.01 Kpa.

CUADRO 71

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN T X P, SOBRE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa) EN
LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)

| Orden de merito | Tractor | Nº de pasadas | Resistencia a la penetración (KPa) | Sig. ≤ 0.05 |
|-----------------|---------------|----------------|------------------------------------|-------------|
| 1 | T2 (de 98 HP) | P4 (7 pasadas) | 2660.74 | a |
| 2 | T1 (de 65 HP) | P4 (7 pasadas) | 2204.25 | b |
| 3 | T2 (de 98 HP) | P3 (5 pasadas) | 2166.26 | b |
| 4 | T1 (de 65 HP) | P3 (5 pasadas) | 1856.21 | c |
| 5 | T2 (de 98 HP) | P2 (3 pasadas) | 1671.79 | d |
| 6 | T1 (de 65 HP) | P2 (3 pasadas) | 1508.17 | e |
| 7 | T2 (de 98 HP) | P1 (1 pasada) | 1424.55 | e f |
| 8 | T1 (de 65 HP) | P1 (1 pasada) | 1334.15 | f |
| 9 | T2 (de 98 HP) | P0 (0 pasadas) | 1177.32 | g |
| 10 | T1 (de 65 HP) | P0 (0 pasadas) | 1160.13 | g |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción T x P, mostró que se tiene mayor Resistencia a la penetración con la interacción T2 x P4 con 2660.74 KPa, el cual es superior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción T1 x P4 con 2204.25 KPa. En último lugar se ubica la interacción T1 x P0 con 1160.13 KPa.

Asimismo se tiene el Análisis de Varianza para Resistencia a la Penetración en la serie de suelo 2:

CUADRO 72

ANÁLISIS DE VARIANZA DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa)
PARA 2 ÉPOCAS, 2 TIPOS DE TRACTOR Y 5 NÚMERO DE PASADAS EN
DCA CON 3 REPETICIONES EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO
(S2)

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|------------|------|-------------|------------|--------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| E | 1 | 386826.09 | 386826.09 | 19.22 | ** | * |
| T | 1 | 1389818.84 | 1389818.84 | 69.04 | ** | * |
| P | 4 | 11366118.24 | 2841529.56 | 141.16 | ** | * |
| ExT | 1 | 9594.39 | 9594.39 | 0.48 | ns | ns |
| ExP | 4 | 20456.93 | 5114.23 | 0.25 | Ns | ns |
| TxP | 4 | 472213.93 | 118053.48 | 5.86 | ** | * |
| ExTxP | 4 | 1583.22 | 395.80 | 0.02 | Ns | ns |
| Error Exp. | 40 | 805217.68 | 20130.44 | | | |
| TOTAL | 59 | 14451829.31 | | | | |

CV = 7.42 %

Puede verse en el análisis de varianza que los factores época, tractor, pasada y tractor/pasada tienen valores con alta significancia, mientras que el factor época/tractor, época/pasada y época/tractor/pasada, no muestra diferencia significativa. Esto quiere decir que cada factor actúa de forma independiente, provoca efectos estadísticamente diferentes sobre los resultados. Sin embargo las interacciones época/tractor no muestran diferencia significativa, dejando ver que sus efectos causados sobre los resultados son mínimos y estadísticamente similares.

CUADRO 73

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
ÉPOCA (E), SOBRE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa) EN LA SERIE
DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2)

| Orden de merito | Época | Resistencia a la penetración (KPa) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|------------------|------------------------------------|------------|
| 1 | E1(Época húmeda) | 1991.35 | a |
| 2 | E2 (Época seca) | 1830.76 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor época, mostro que se tiene mayor Resistencia a la penetración en la época húmeda con 1991.35 KPa, el cual es superior estadísticamente a la época seca con 1830.76 Kpa.

CUADRO 74

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR
TIPO DE TRACTOR (T), SOBRE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa)
EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2)

| Orden de merito | Tipo de tractor | Resistencia a la penetración (KPa) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|-----------------|------------------------------------|------------|
| 1 | T2 (de 98 HP) | 2063.25 | a |
| 2 | T1(de 65 HP) | 1758.86 | b |

La prueba de comparación de Duncan para factor tipo de tractor mostró que se tiene mayor Resistencia a la penetración con el tractor de 98 HP con 2063.25 KPa, el cual es superior estadísticamente al tractor de 65 HP con 1758.86 KPa.

CUADRO 75

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA FACTOR N° DE PASADAS (P), SOBRE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa) EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2)

| Orden de merito | N° de pasadas | Resistencia a la penetración (KPa) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|----------------|------------------------------------|------------|
| 1 | P4 (7 pasadas) | 2598.05 | a |
| 2 | P3 (5 pasadas) | 2193.93 | b |
| 3 | P2 (3 pasadas) | 1789.82 | c |
| 4 | P1 (1 pasadas) | 1587.77 | d |
| 5 | P0 (0 pasadas) | 1385.71 | e |

La prueba de comparación de Duncan para factor N° de pasadas mostró que se tiene mayor Resistencia a la penetración con 7 pasadas con 2598.05 KPa, el cual es superior estadísticamente a las demás pasadas, seguido de 5 pasadas con 2193.93 KPa. En último lugar se ubica el testigo con 1385.71 KPa.

CUADRO 76

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA INTERACCIÓN T X P, SOBRE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa) EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2)

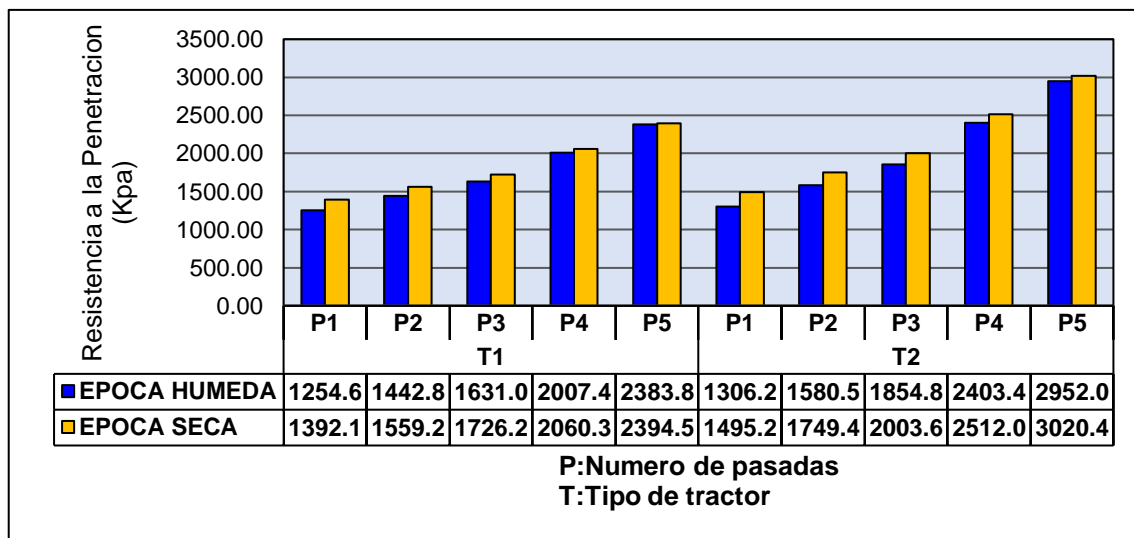
| Orden de merito | Tractor | N° de pasadas | Resistencia a la penetración (KPa) | Sig.≤ 0.05 |
|-----------------|---------------|----------------|------------------------------------|------------|
| 1 | T2 (de 98 HP) | P4 (7 pasadas) | 2890.27 | a |
| 2 | T2 (de 98 HP) | P3 (5 pasadas) | 2403.79 | b |
| 3 | T1(de 65 HP) | P4 (7 pasadas) | 2305.82 | b |
| 4 | T1(de 65 HP) | P3 (5 pasadas) | 1984.08 | c |
| 5 | T2 (de 98 HP) | P2 (3 pasadas) | 1917.31 | c |
| 6 | T2 (de 98 HP) | P1 (1 pasada) | 1674.07 | d |
| 7 | T1(de 65 HP) | P2 (3 pasadas) | 1662.34 | d |
| 8 | T1(de 65 HP) | P1 (1 pasada) | 1501.47 | d e |
| 9 | T2 (de 98 HP) | P0 (0 pasadas) | 1430.83 | e |
| 10 | T1(de 65 HP) | P0 (0 pasadas) | 1340.59 | e |

La prueba de comparación de Duncan para la interacción T x P, mostró que se tiene mayor Resistencia a la penetración con la interacción T2 x P4 con 2890.27 KPa, el cual es superior estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción T2 x P3 con 2403.79 KPa. En último lugar se ubica la interacción T1 x P0 con 1340.59 KPa.

En el siguiente gráfico puede observarse la variación de la resistencia a la penetración en la Serie 1:

FIGURA 9

VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa) POR ÉPOCA EN LA SERIE DE SUELO 1



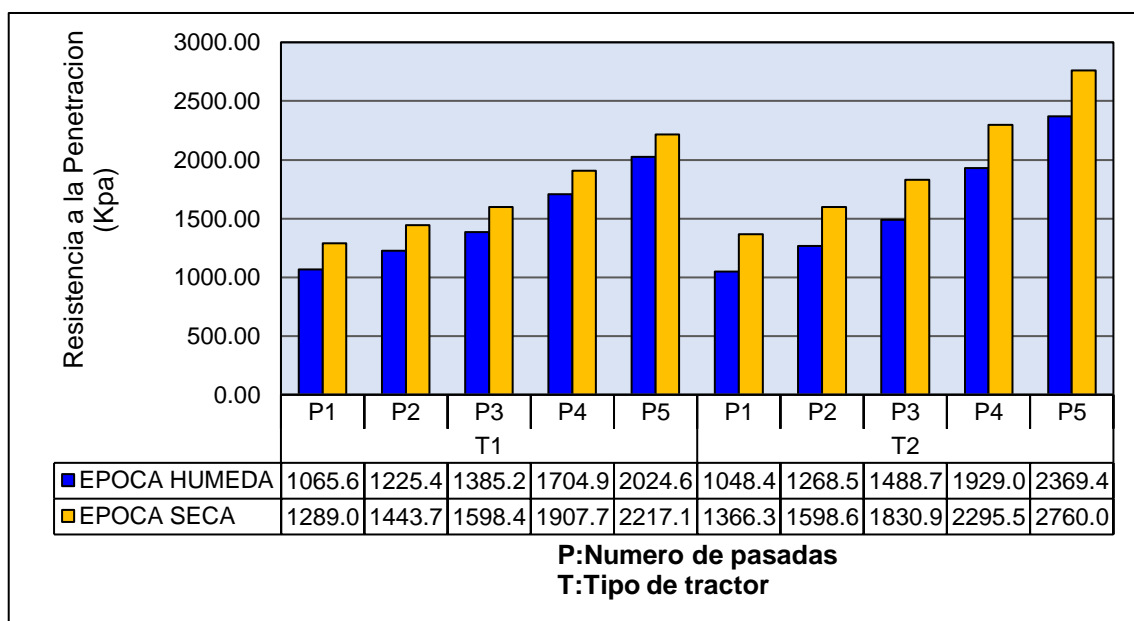
En el testigo para el tractor 1 se obtuvo una resistencia a la penetración de 1254.6 KPa, luego de 7 pasadas la resistencia a la penetración fue de 2383.8 KPa para la época húmeda y 1392.1 a 2394.5 KPa en la época seca. Las variaciones porcentuales son: 90.00% y 72.01% respectivamente.

El tractor 2 tuvo como testigo un valor de 1306.2 KPa, al término de 7 pasadas el valor fue de 2952.0 KPa en la época húmeda; de 1495.2 a 3020.4 KPa en la época seca. Las variaciones con respecto al testigo son de 126.00% y 102.01% respectivamente.

En esta serie de suelo, la mayor variación de resistencia a la penetración la obtuvo el tractor 2 con 7 pasadas que alcanza duplicar la resistencia a la penetración registrada para el testigo. La resistencia a la penetración es un parámetro que permite conocer la reacción del suelo al ser perturbado, por lo tanto es un indicador de su grado de compactación en el momento en que se toma la lectura. Un mayor grado de compactación del suelo se reflejará en una mayor lectura de resistencia a la penetración. De la misma manera, podemos apreciar el siguiente gráfico, la variación de la resistencia a la penetración en la Serie de suelo 2:

FIGURA 10

VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (KPa) POR ÉPOCA EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2)



En ambas series de suelo, el mayor incremento de resistencia a la penetración se dio en la serie 2 para el tractor 2 con 7 pasadas. La interpretación de estos resultados será más perceptible al tenerlos expresados en unidades técnicas.

En cuanto a la resistencia a la penetración Balbuena *et al.* (2003), mencionan que valores de índice de cono (resistencia a la penetración) menores de 1.4 MPa en el suelo permiten una germinación más rápida y completa de los cultivos como el trigo; por otra parte cita que valores de índice de cono de 1.5 MPa retrasan ligeramente el crecimiento del sistema radicular, mientras que registros de 2 a 2.5 MPa pueden detener el mismo.

En este sentido la Serie 1 muestra valores alrededor de 1.2 y 1.3 MPa siendo valores aceptables, asimismo las máximas lecturas alcanzan 2.1 y 2.5 MPa los que están dentro del margen citado que podría detener el crecimiento radicular de las plantas.

De la misma forma Richmond y Rillo (2006) dan a conocer que valores de resistencia a la penetración por encima de 2 MPa impiden el correcto desarrollo radicular y está en función del tipo de maquinaria agrícola, número de pases y la humedad del suelo. Con esto podemos deducir que 2.0 MPa es el valor crítico de resistencia a la penetración para el apropiado desarrollo radicular en los cultivos.

Gómez (2011) obtuvo valores entre 0.98 y 1.81 MPa para sus testigos y como mayores valores de resistencia a la penetración luego de 10 pasadas con un

tractor de 65HP: entre 2.6 MPa y 3.4 MPa, atribuyendo la gran variabilidad de estos datos a la, también muy variable, humedad del suelo. Por otra parte obtuvo incrementos de hasta 160%, lo cual nos indica que la variabilidad de resistencia a la penetración en este trabajo se encuentra en los rangos normales.

Balbuena *et al.* (2003) obtuvo valores de índice de cono entre 1200 y 1400 KPa para sus testigos y entre 2000 y 2200 KPa para su máxima lectura, utilizando un tractor de 75Hp en 8 pasadas bajo condiciones similares, lo que valida los datos obtenidos en este trabajo. Además obtuvo como máximo una variación de 110% en la resistencia a la penetración.

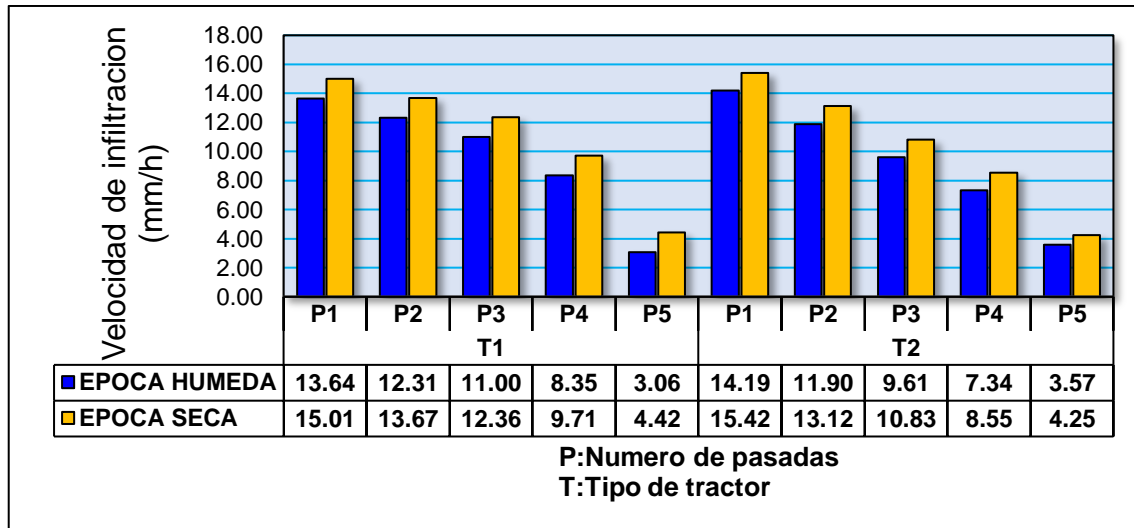
El bajo coeficiente de variabilidad de los datos obtenidos para la resistencia a la penetración nos señala que la utilización de este parámetro para la medición de la compactación del suelo es más precisa y confiable que al utilizar tan solo la micro o macroporosidad.

4.6 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

A continuación se muestra la variación gráfica de la velocidad de infiltración básica en la Serie 1:

FIGURA 11

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN POR ÉPOCA EN LA
SERIE DE SUELO ILLPA (S1)



De los datos obtenidos podemos deducir que en la época húmeda con el Tractor 1, al pasar 7 veces (P5) la velocidad de infiltración inmediata se reduce en -77.57% con respecto a la velocidad de infiltración que tenía el testigo (P1), de la misma forma para la época seca con 7 pasadas (P5) la velocidad de infiltración se redujo en -70.55% con respecto al testigo.

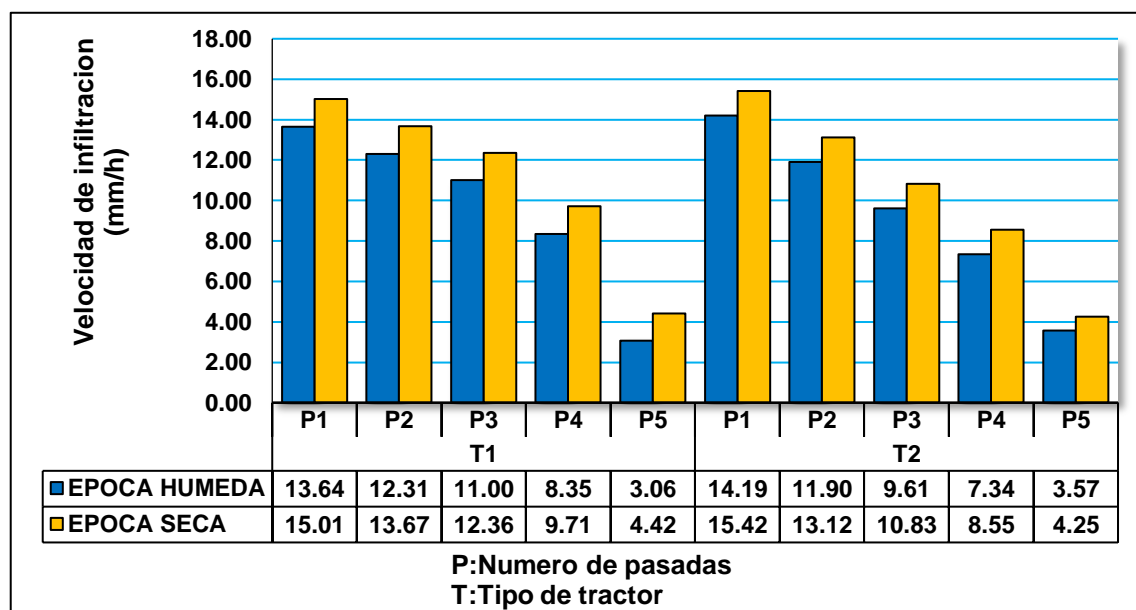
Algo similar ocurre con el Tractor 2 teniendo como testigo una velocidad de infiltración de 14.19 mm/h se reduce a 3.57 mm/h en 7 pasadas en la época húmeda; de 15.42 a 4.25 mm/h en la época seca teniendo una disminución de -74.84% y -72.44% respectivamente. Esto indica que el Tractor puede reducir la velocidad de infiltración observándose que en 7 pasadas la infiltración se reduce cuatro veces en época húmeda y el doble en la época seca.

La velocidad de infiltración que se viene analizando corresponde a la medida tomada inmediatamente después de cada tratamiento, utilizando el modelo de Kostiakov (detalle en el anexo). Así que se debe tomar en cuenta que el suelo posee una capacidad de recuperación de su porosidad de acuerdo a su naturaleza y actividad a la que se destine su uso.

De la misma manera, podemos apreciar el siguiente gráfico, la variación de la velocidad de infiltración básica en la Serie de suelo 2:

FIGURA 12

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN POR ÉPOCA EN LA SERIE DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2)



Una observación importante es la diferencia de velocidad de infiltración que existe entre los testigos, es muy probable que tal situación se deba en primer lugar al porcentaje de humedad que tuvo el suelo al momento de la prueba de

infiltración en cada época y las propiedades físicas del mismo, tales como textura, estructura, porosidad, etc.

Como ya se demostró, el suelo al ser compactado reduce su porosidad total al igual que la macroporosidad que está incluida, pero la microporosidad aumenta ya que los espacios porosos son reducidos por causa de la presión mecánica que ejerce el neumático del tractor (1.5 Kg/cm^2). Esto provoca que el agua tenga una mala circulación ya que de la porosidad total que queda en el suelo posterior a cada tratamiento la mayoría pertenece a la microporosidad, traduciéndose en una drástica disminución de la velocidad de infiltración calculada inmediatamente después de cada tratamiento.

En efecto Gómez (2011), manifiesta que “la disminución en la macroporosidad del suelo causada por la compactación, influencia en gran medida sobre el comportamiento observado en la infiltración, debido a que ésta depende en gran medida de la macroporosidad y su continuidad en el suelo”. De igual forma Carmona y Alberto (2006) “indican que la infiltración del suelo está gobernada por el espacio poroso presente en él, por lo tanto a mayor presencia de poros grandes, mayor es la infiltración y movimiento de agua en el suelo”.

Están cercanos a los valores de velocidad de infiltración citados por Martín de Santa Olalla y De Juan Valero (1993) que citan una velocidad de infiltración de 10 a 50 mm/h para suelos medios y entre 5 a 10 mm/h para suelos pesados. Bajo esta perspectiva, los datos obtenidos en este trabajo clasificarían los suelos en estudio como suelos medios, sin embargo, se debe tomar en cuenta que el

momento de la realización de las pruebas se encontraba en época húmeda que fue menor que la época seca del altiplano (agosto), y la velocidad de infiltración se vio aumentada por esa causa. Además dentro de las series de suelo, la serie 1 mostraba, en el momento de la prueba, grietas de aproximadamente 30-40 cm de profundidad, razón por la cual se nota una velocidad de infiltración ligeramente más elevada que en la serie 2.

FIGURA 13

TENDENCIA DEL CAMBIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO CON EL TRACTOR DE 65 HP EN EPOCA HUMEDA

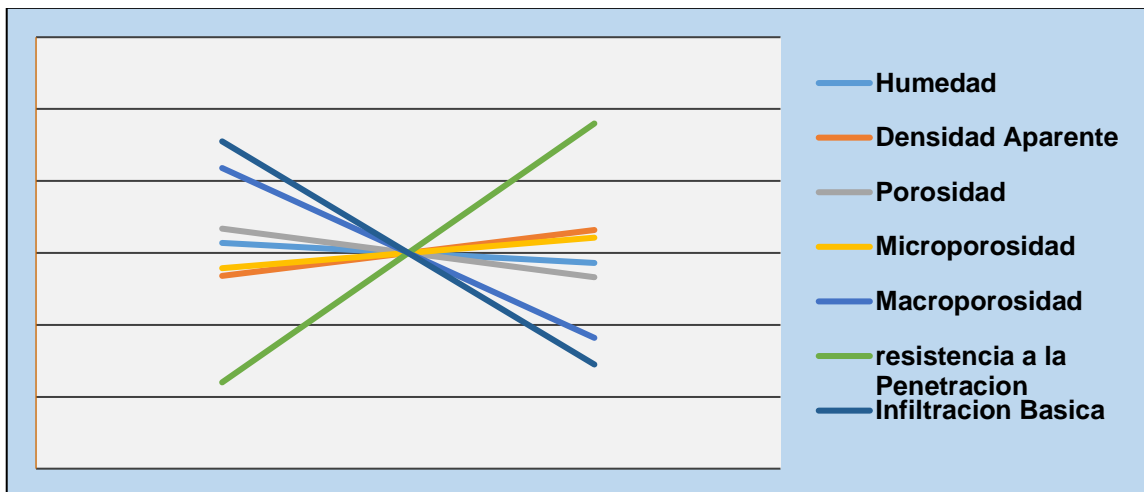
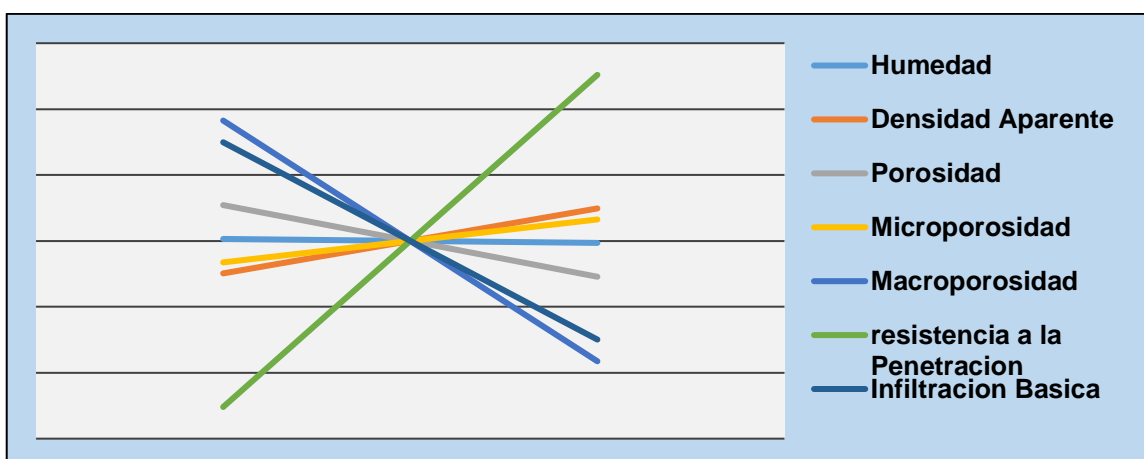


FIGURA 14

TENDENCIA DEL CAMBIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO CON EL TRACTOR DE 98 HP EN EPOCA HUMEDA



CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La densidad aparente es directamente proporcional al número de pasadas por consiguiente a la compactación del suelo, la mayor variación de densidad aparente se encontró en época húmeda, Tractor 2, numero de Pasadas igual a 7 con 24.64% respecto a 0 pasadas. La porosidad total es inversamente proporcional al número de pasadas favoreciendo a la compactación del suelo, la mayor variación de la porosidad total se obtuvo en la época húmeda, Tractor 2, Pasada 7 con una variación de -27.18% respecto al testigo. Además, la macroporosidad y la microporosidad son inversamente proporcional entre sí, es decir los macroporos pasan a formar parte de microporos, como consecuencia de la presión mecánica ejercida por el transito del tractor. Respecto a la resistencia a la penetración se concluye que es directamente proporcional al número de pasadas además es el indicador de la compactación directa en el suelo.

Respecto a los tipos de tractor, se ha cumplido con la hipótesis planteada que es evidente la diferencia entre los efectos que tienen cada uno de ellos sobre el suelo, siendo el de mayor potencia y peso el que incide en mayor magnitud sobre las propiedades físicas del suelo, especialmente sobre el incremento; de la densidad aparente, resistencia a la penetración y microporos también disminuye; la porosidad, macroporos y la infiltración básica.

Las propiedades más confiables para cuantificar la compactación del suelo son la densidad aparente, porosidad total, resistencia a la penetración y la infiltración básica. Por el contrario los coeficientes de variabilidad en el análisis



de varianza para densidad, porosidad, y resistencia a la penetración indican que los datos son confiables para la determinación exacta de la compactación del suelo.

2. La velocidad de infiltración se ha visto afectada en la medida que hayan sido aplicados los tratamientos establecidos. En ambas épocas, el tractor con mayor peso ha tenido mayor incidencia sobre la permeabilidad, además la mayor reducción de velocidad de infiltración se dio en la época húmeda con el tractor 2 en 7 pasadas con una reducción de 74.84% con respecto al testigo. Además la infiltración básica es inversamente proporcional al número de pasadas la que permite validar la compactación en el suelo.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados de la investigación, se recomienda:

El resultado de la presente investigación debe ser tomado en cuenta como base para un estudio más profundo y amplio sobre aspectos de compactación con diferentes implementos agrícolas, para poder determinar el grado de degradación que se hace al uso inadecuado de los tractores en la región altiplánica.

Se recomienda el uso de tractores medianos menores a 75HP en época húmedas y los de mayor potencia y peso en épocas secas, por ser la época en que las consecuencias son menores en modificación en cuanto a las características físicas del suelo que se estudiaron en este trabajo para condiciones similares al CIP Illpa, tener en cuenta el número de labores a realizar en el suelo con fines agrícolas.

Emplear tractores de diferente potencia y tamaño considerando el uso para el cual ha sido diseñado respetando el recurso suelo, en caso de utilizar tractores de gran potencia realizar las labores agrícolas en la época más adecuada para minimizar el efecto negativo sobre las propiedades físicas del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

AMÉZQUITA, E. (1994). *Las propiedades físicas y el manejo productivo de los suelos*. In: F. Silva. Fertilidad de Suelos: Diagnóstico y Control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS), Colombia. 154p.

AMÉZQUITA, E.; HERNÁNDEZ, E. y MORENO, O. (1997). *Influencia de la profundidad de la compactación en la productividad de hortalizas en un suelo Andico de la Sabana de Bogotá*. Suelos. Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Santa Marta (Colombia). 162p.

ARNAL ATARES, P.V. y LAGUNA BLANCA, A. (2000). *Tractores y Motores Agrícolas*. 3° edición, Ediciones Mundi-Prensa, Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 549p.

BALBUENA, R.; BOTTA, G.; DRAGHI, L.; ROSATTO, H., DAGOSTINO, C. 2003. *Compactación de suelos: Efectos del tránsito del tractor en sistemas de siembra directa*. Argentina: Spanish Journal of Agricultural Research. 80p.

BARRIOS, R. y FLORENTINO, A. (2009). *Variabilidad espacial de las propiedades físicas de dos suelos cultivados con palma aceitera en el estado Monagas, Venezuela*. Revista UDO, Venezuela. 78p.

BOTTA, G. (2003). *Dimensionamiento de la maquinaria*. Investigación Agrícola: Vol. 17. Argentina. 75p. Disponible en:



<https://es.slideshare.net/jaimemoraga2/dimensionamiento-de-la-maquinaria-31629751>

BOTTA, G.; JORAJURIA, D.; DRAGHI, L. (2002). *Distribución de la compactación inducida por el tráfico agrícola en un sistema frutícola*. Investigación Agrícola: Vol. 17. Argentina. 75p.

BOTTA, G.; BALBUENA, R.; DRAGHI, L.; ROSATTO, H.; y CLAVERIE, J. (2006). *Compactación de suelos*. Efectos del tránsito del tractor en sistemas de labranza convencional memoria. Spanish Journal of Agricultural Research. Argentina. 80p.

BUCKMAN, H. O. y BRADY, N.C. (1977). *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Ed. Montaner y Simon, S.A. Barcelona, España. 257p.

CARMONA, A. y ALBERTO, G. (2006). *Cambios en la conductividad hidráulica y su relación con otras variables físicas de un Andisol bajo diferentes sistemas de manejo, en el municipio de marinilla (Antioquía)*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 231p.

CHAVARRÍA VIDAL, A.E. (2014). *Prácticas relación suelo - agua - planta en cultivos dendroenergicos. (Honduras)*. Universidad Nacional de Ciencias Forestales, Honduras. 124p.



CHÁVARRI VELARDE, E. A. (2004). *Clase VIII: Infiltración*. Curso de Hidrología Aplicada. Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 21p.

DESTAILLATS, E. D. (2004). *Tractores*. Editorial Grupo Guía S.A. Buenos Aires, Argentina. 240p.

DONOSO, C. (1992). *Ecología forestal*. Editorial Universitaria, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 92p.

DU PONT PIONEER. (2012). *Compactación del Suelo*. Boletín Técnico. Pioneer Argentina S.R.L. En línea. Fecha de Acceso [2 de noviembre de 2013] Disponible en:

http://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina/productos_y_servicios/Boletin_Compactacion_de_suelo.pdf

FAO. (2007). *Soluciones para la compactación del suelo*. Fecha de Acceso [06 de octubre de 2013]. Disponible en:

http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sc/soil_compaction.pdf

GÓMEZ, K. (2011). *Incidencia de la compactación ocasionada por el tractor en las propiedades físicas de un Andisol*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. 104p.



GONZÁLES, O.; IGLESIAS, C.; HERRERA, M. (2009). *Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 18, núm. 2. Universidad Agraria de La Habana, Cuba. 37p.

HERRERA, A. (2003). *Manejo y conservación del Suelo*. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias. Puno, Perú. 86p.

JORDÁN, A. (2006). *Manual de Edafología*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. España. 143p.

LILJEDAHL, J.B.; CARLETON, W.M.; TURNQUIST, P.K. y SMITH, D.W. (1984). *Tractores: Diseño y funcionamiento*. Editorial Limusa. México D.F. 432p.

MARTIN DE SANTA OLALLA MAÑAS, Francisco y DE JUAN VALERO, José Arturo. (1993). *Agronomía del Riego*. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. 732p.

ONERN. (1984). *Inventario, evaluación e integración de los Recursos Naturales de la micro región Puno (reconocimiento)*. ONERN, CORPUNO. Lima, Perú.

PLASTER, E. J. (2004). *La ciencia del suelo y su manejo*. Ed. Paraninfo. México. 221p.

PINOT, R, H. (2000). *Manual de Edafología*. Ed.Computec. Chile. 76p.



RAMOS, A. (2006). *Maquinas e Implementos para la agricultura*. UNA Puno. 103p.

RICHMOND, P. y RILLO, S. (2006). *Evaluación del efecto de la compactación por el rodado de maquinarias sobre algunas propiedades físicas del suelo y el cultivo de trigo en siembra directa*. INFOPOS Informaciones Agronómicas N° 32. Argentina.

RIOS, D. Y ESTIGARRIBIA, A. (2015). *Descompactación biológica, una alternativa de solución a la compactación del suelo*. Rev. Investigación Cient. Tecnol. Vol 2. Disponible en:

[https://doi.org/10.36003/Rev.investig.cient.tecnol.V2N2\(2018\)8](https://doi.org/10.36003/Rev.investig.cient.tecnol.V2N2(2018)8)

RODRIGUEZ, B. J.R. (2005). *Desarrollo Tecnológico de una Metodología para el Diseño de una Transmisión de un Minitractor Agrícola*, 288pp., Tesis (en opción al título de Máster en Ingeniería Mecánica), Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., 2005

RODRÍGUEZ, S. F. (1992). *Levantamiento topográfico del Centro Experimental Illpa*. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano.

ROQUE, M.; SILVA, E.; MATSURA, E. (2005). *Análisis comparativo de la dependencia espacial de las propiedades físico-hídricas en suelos a lo largo de un transecto perpendicular a un drenaje natural*. Brasil: Estudios en la Zona no Saturada del Suelo Vol VII. 95p.



RUBIO, A.M.. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del parque natural Los Alcornocales*. CSIC, Universidad de Sevilla, España. 88p.

RUCKS, L.; GARCIA, F.; KAPLÁN, A.; PONCE DE LEÓN, J.; HILL, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Facultad de Agronomía - Universidad de la República. Uruguay.

VÁSQUEZ, A. y CHANG-NAVARRO, L. (1988). *Principios básicos del riego*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) y Centro Nacional de Riegos (IRRICENT). Lima, Perú. 163p.

ZAIRA, J. (2007). *Compactación de suelos inducida por el uso de maquinaria agrícola en el centro de investigación y producción Illpa*. Tesis presentada para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 95p.



ANEXOS

ANEXO 1. RESULTADOS DE HUMEDAD RELATIVA ÉPOCA HÚMEDA

| MUESTRA | Peso de cilindro (g.) | Peso húmedo (g.) | Peso seco (g.) | Peso de muestra húmeda (g.) | Peso de muestra seca (g.) | HUMEDAD (%) |
|---|-----------------------|------------------|----------------|-----------------------------|---------------------------|-------------|
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₁ | 65.6080 | 216.2550 | 190.5579 | 150.6470 | 124.9499 | 20.5659 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₁ | 64.6104 | 216.8443 | 190.0081 | 152.2339 | 125.3977 | 21.4009 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₁ | 65.7732 | 214.1966 | 189.8027 | 148.4234 | 124.0295 | 19.6678 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₂ | 65.6924 | 229.2303 | 201.9914 | 163.5379 | 136.2990 | 19.9847 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₂ | 65.9462 | 229.8550 | 201.4086 | 163.9088 | 135.4624 | 20.9995 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₂ | 64.6408 | 227.0484 | 201.1909 | 162.4076 | 136.5501 | 18.9363 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₃ | 64.7660 | 232.4741 | 204.8497 | 167.7081 | 140.0837 | 19.7199 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₃ | 64.9694 | 233.1076 | 204.2587 | 168.1382 | 139.2893 | 20.7115 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₃ | 64.4286 | 230.2613 | 204.0379 | 165.8327 | 139.6093 | 18.7834 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₄ | 65.6924 | 235.7180 | 207.7081 | 170.0256 | 142.0157 | 19.7231 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₄ | 65.9462 | 236.3603 | 207.1088 | 170.4141 | 141.1626 | 20.7218 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₄ | 64.6408 | 233.4743 | 206.8849 | 168.8335 | 142.2441 | 18.6928 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₅ | 65.6080 | 238.9618 | 210.5665 | 173.3538 | 144.9585 | 19.5886 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₅ | 64.6104 | 239.6130 | 209.9590 | 175.0026 | 145.3486 | 20.4020 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₅ | 65.7732 | 236.6872 | 209.7320 | 170.9140 | 143.9588 | 18.7243 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₁ | 65.1618 | 215.5427 | 189.4371 | 150.3809 | 124.2753 | 21.0063 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₁ | 65.3682 | 217.4332 | 191.0630 | 152.0650 | 125.6948 | 20.9795 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₁ | 64.9137 | 214.3256 | 189.9912 | 149.4119 | 125.0775 | 19.4555 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₂ | 68.1071 | 237.0970 | 208.3808 | 168.9899 | 140.2737 | 20.4715 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₂ | 64.4339 | 239.1765 | 210.1693 | 174.7426 | 145.7354 | 19.9040 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₂ | 67.6870 | 235.7582 | 208.9903 | 168.0712 | 141.3033 | 18.9435 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₃ | 65.4000 | 241.4078 | 212.1696 | 176.0078 | 146.7696 | 19.9212 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₃ | 63.8307 | 243.5252 | 213.9906 | 179.6945 | 150.1599 | 19.6688 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₃ | 64.2065 | 240.0447 | 212.7901 | 175.8382 | 148.5836 | 18.3429 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₄ | 68.1071 | 245.7187 | 215.9583 | 177.6116 | 147.8512 | 20.1286 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₄ | 64.4339 | 247.8738 | 217.8118 | 183.4399 | 153.3779 | 19.6000 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₄ | 67.6870 | 244.3312 | 216.5900 | 176.6442 | 148.9030 | 18.6304 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₅ | 65.1618 | 250.0295 | 219.7470 | 184.8677 | 154.5852 | 19.5895 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₅ | 65.3682 | 252.2225 | 221.6331 | 186.8543 | 156.2649 | 19.5754 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₅ | 64.9137 | 248.6177 | 220.3898 | 183.7040 | 155.4761 | 18.1558 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 65.8205 | 217.8146 | 195.9728 | 151.9941 | 130.1523 | 16.7817 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 66.5433 | 220.3739 | 194.0578 | 153.8306 | 127.5145 | 20.6377 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 67.1367 | 221.5010 | 195.3943 | 154.3643 | 128.2576 | 20.3549 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₂ | 65.3980 | 230.8835 | 207.7312 | 165.4855 | 142.3332 | 16.2663 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₂ | 64.7130 | 233.5963 | 205.7013 | 168.8833 | 140.9883 | 19.7854 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₂ | 64.4294 | 234.7911 | 207.1180 | 170.3617 | 142.6886 | 19.3941 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₃ | 64.6923 | 234.1507 | 210.6708 | 169.4584 | 145.9785 | 16.0845 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₃ | 65.2787 | 236.9019 | 208.6121 | 171.6232 | 143.3334 | 19.7371 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₃ | 65.2076 | 238.1136 | 210.0489 | 172.9060 | 144.8413 | 19.3762 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₄ | 65.3980 | 237.4179 | 213.6104 | 172.0199 | 148.2124 | 16.0631 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₄ | 64.7130 | 240.2076 | 211.5230 | 175.4946 | 146.8100 | 19.5386 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₄ | 64.4294 | 241.4361 | 212.9798 | 177.0067 | 148.5504 | 19.1560 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₅ | 65.8205 | 240.6851 | 216.5499 | 174.8646 | 150.7294 | 16.0123 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₅ | 66.5433 | 243.5132 | 214.4339 | 176.9699 | 147.8906 | 19.6627 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₅ | 67.1367 | 244.7586 | 215.9107 | 177.6219 | 148.7740 | 19.3904 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₁ | 64.6075 | 219.8950 | 192.2468 | 155.2875 | 127.6393 | 21.6612 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₁ | 68.1775 | 219.9932 | 196.4380 | 151.8157 | 128.2605 | 18.3651 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₁ | 65.7749 | 219.6691 | 193.0302 | 153.8942 | 127.2553 | 20.9334 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 64.7580 | 241.8845 | 211.4715 | 177.1265 | 146.7135 | 20.7295 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 64.3230 | 241.9925 | 216.0818 | 177.6695 | 151.7588 | 17.0736 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 64.4442 | 241.6360 | 212.3332 | 177.1918 | 147.8890 | 19.8140 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₃ | 65.2622 | 246.2824 | 215.3164 | 181.0202 | 150.0542 | 20.6365 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₃ | 65.2596 | 246.3924 | 220.0106 | 181.1328 | 154.7510 | 17.0479 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₃ | 64.8281 | 246.0294 | 216.1938 | 181.2013 | 151.3657 | 19.7109 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₄ | 64.7580 | 250.6803 | 219.1614 | 185.9223 | 154.4034 | 20.4134 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₄ | 64.3230 | 250.7922 | 223.9393 | 186.4692 | 159.6163 | 16.8234 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₄ | 64.4442 | 250.4228 | 220.0544 | 185.9786 | 155.6102 | 19.5156 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₅ | 64.6075 | 255.0782 | 223.0063 | 190.4707 | 158.3988 | 20.2476 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₅ | 68.1775 | 255.1921 | 227.8681 | 187.0146 | 159.6906 | 17.1106 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₅ | 65.7749 | 254.8162 | 223.9150 | 189.0413 | 158.1401 | 19.5403 |

M=Muestra; S1= Suelo Serie Illpa; S2=Suelo Serie Titicaca cálcico; T1=Tractor de 65 HP; T2= Tractor de 98 HP; P=Pasada.

ANEXO 2. RESULTADOS DE HUMEDAD RELATIVA ÉPOCA SECA

| MUESTRA | Peso de cilindro (g.) | Peso húmedo (g.) | Peso seco (g.) | Peso de muestra húmeda (g.) | Peso de muestra seca (g.) | HUMEDAD (%) |
|---|-----------------------|------------------|----------------|-----------------------------|---------------------------|-------------|
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₁ | 65.6080 | 215.5427 | 189.4371 | 149.9347 | 123.8291 | 21.0820 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₁ | 64.6104 | 217.4332 | 191.0630 | 152.8228 | 126.4526 | 20.8538 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₁ | 65.7732 | 214.3256 | 189.9912 | 148.5524 | 124.2180 | 19.5901 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₂ | 65.6924 | 222.0090 | 195.1202 | 156.3166 | 129.4278 | 20.7751 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₂ | 65.9462 | 223.9562 | 196.7949 | 158.0100 | 130.8487 | 20.7578 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₂ | 64.6408 | 220.7554 | 195.6909 | 156.1146 | 131.0501 | 19.1258 |
| M ₁ S ₁ T ₃ P ₃ | 64.7660 | 225.2421 | 197.9618 | 160.4761 | 133.1958 | 20.4814 |
| M ₂ S ₁ T ₃ P ₃ | 64.9694 | 227.2177 | 199.6608 | 162.2483 | 134.6914 | 20.4593 |
| M ₃ S ₁ T ₃ P ₃ | 64.4286 | 223.9703 | 198.5408 | 159.5417 | 134.1122 | 18.9613 |
| M ₁ S ₁ T ₄ P ₄ | 65.6924 | 228.4753 | 200.8033 | 162.7829 | 135.1109 | 20.4809 |
| M ₂ S ₁ T ₄ P ₄ | 65.9462 | 230.4792 | 202.5268 | 164.5330 | 136.5806 | 20.4659 |
| M ₃ S ₁ T ₄ P ₄ | 64.6408 | 227.1851 | 201.3907 | 162.5443 | 136.7499 | 18.8625 |
| M ₁ S ₁ T ₅ P ₅ | 65.6080 | 231.7084 | 203.6449 | 166.1004 | 138.0369 | 20.3305 |
| M ₂ S ₁ T ₅ P ₅ | 64.6104 | 233.7407 | 205.3927 | 169.1303 | 140.7823 | 20.1360 |
| M ₃ S ₁ T ₅ P ₅ | 65.7732 | 230.4000 | 204.2405 | 164.6268 | 138.4673 | 18.8922 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 65.1618 | 216.2550 | 190.5579 | 151.0932 | 125.3961 | 20.4927 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 65.3682 | 216.8443 | 190.0081 | 151.4761 | 124.6399 | 21.5310 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 64.9137 | 214.1966 | 189.8027 | 149.2829 | 124.8890 | 19.5325 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 68.1071 | 224.9052 | 198.1802 | 156.7981 | 130.0731 | 20.5461 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 64.4339 | 225.5181 | 197.6084 | 161.0842 | 133.1745 | 20.9572 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 67.6870 | 222.7645 | 197.3948 | 155.0775 | 129.7078 | 19.5591 |
| M ₁ S ₂ T ₃ P ₃ | 65.4000 | 229.2303 | 201.9914 | 163.8303 | 136.5914 | 19.9419 |
| M ₂ S ₂ T ₃ P ₃ | 63.8307 | 229.8550 | 201.4086 | 166.0243 | 137.5779 | 20.6766 |
| M ₃ S ₂ T ₃ P ₃ | 64.2065 | 227.0484 | 201.1909 | 162.8419 | 136.9844 | 18.8763 |
| M ₁ S ₂ T ₄ P ₄ | 68.1071 | 233.5554 | 205.8025 | 165.4483 | 137.6954 | 20.1553 |
| M ₂ S ₂ T ₄ P ₄ | 64.4339 | 234.1918 | 205.2087 | 169.7579 | 140.7748 | 20.5883 |
| M ₃ S ₂ T ₄ P ₄ | 67.6870 | 231.3323 | 204.9869 | 163.6453 | 137.2999 | 19.1882 |
| M ₁ S ₂ T ₅ P ₅ | 65.1618 | 237.8805 | 209.6137 | 172.7187 | 144.4519 | 19.5683 |
| M ₂ S ₂ T ₅ P ₅ | 65.3682 | 238.5287 | 209.0089 | 173.1605 | 143.6407 | 20.5512 |
| M ₃ S ₂ T ₅ P ₅ | 64.9137 | 235.6163 | 208.7830 | 170.7026 | 143.8693 | 18.6512 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 65.8205 | 219.8950 | 192.2468 | 154.0745 | 126.4263 | 21.8690 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 66.5433 | 219.9932 | 196.4380 | 153.4499 | 129.8947 | 18.1341 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 67.1367 | 219.6691 | 193.0302 | 152.5324 | 125.8935 | 21.1599 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 65.3980 | 226.4919 | 198.0142 | 161.0939 | 132.6162 | 21.4737 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 64.7130 | 226.5930 | 202.3311 | 161.8800 | 137.6181 | 17.6298 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 64.4294 | 226.2592 | 198.8211 | 161.8298 | 134.3917 | 20.4165 |
| M ₁ S ₂ T ₃ P ₃ | 64.6923 | 229.7903 | 200.8979 | 165.0980 | 136.2056 | 21.2123 |
| M ₂ S ₂ T ₃ P ₃ | 65.2787 | 229.8929 | 205.2777 | 164.6142 | 139.9990 | 17.5824 |
| M ₃ S ₂ T ₃ P ₃ | 65.2076 | 229.5542 | 201.7166 | 164.3466 | 136.5090 | 20.3925 |
| M ₁ S ₂ T ₄ P ₄ | 65.3980 | 233.0887 | 203.7816 | 167.6907 | 138.3836 | 21.1782 |
| M ₂ S ₂ T ₄ P ₄ | 64.7130 | 233.1928 | 208.2243 | 168.4798 | 143.5113 | 17.3983 |
| M ₃ S ₂ T ₄ P ₄ | 64.4294 | 232.8492 | 204.6120 | 168.4198 | 140.1826 | 20.1432 |
| M ₁ S ₂ T ₅ P ₅ | 65.8205 | 236.3871 | 206.6653 | 170.5666 | 140.8448 | 21.1025 |
| M ₂ S ₂ T ₅ P ₅ | 66.5433 | 236.4927 | 211.1709 | 169.9494 | 144.6276 | 17.5083 |
| M ₃ S ₂ T ₅ P ₅ | 67.1367 | 236.1443 | 207.5075 | 169.0076 | 140.3708 | 20.4008 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 64.6075 | 217.8146 | 195.9728 | 153.2071 | 131.3653 | 16.6268 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 68.1775 | 220.3739 | 194.0578 | 152.1964 | 125.8803 | 20.9057 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 65.7749 | 221.5010 | 195.3943 | 155.7261 | 129.6194 | 20.1410 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 64.7580 | 226.5272 | 203.8117 | 161.7692 | 139.0537 | 16.3358 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 64.3230 | 229.1889 | 201.8201 | 164.8659 | 137.4971 | 19.9050 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 64.4442 | 230.3610 | 203.2101 | 165.9168 | 138.7659 | 19.5660 |
| M ₁ S ₂ T ₃ P ₃ | 65.2622 | 230.8835 | 207.7312 | 165.6213 | 142.4690 | 16.2508 |
| M ₂ S ₂ T ₃ P ₃ | 65.2596 | 233.5963 | 205.7013 | 168.3367 | 140.4417 | 19.8624 |
| M ₃ S ₂ T ₃ P ₃ | 64.8281 | 234.7911 | 207.1180 | 169.9630 | 142.2899 | 19.4484 |
| M ₁ S ₂ T ₄ P ₄ | 64.7580 | 235.2398 | 211.6506 | 170.4818 | 146.8926 | 16.0588 |
| M ₂ S ₂ T ₄ P ₄ | 64.3230 | 238.0038 | 209.5824 | 173.6808 | 145.2594 | 19.5660 |
| M ₃ S ₂ T ₄ P ₄ | 64.4442 | 239.2211 | 211.0258 | 174.7769 | 146.5816 | 19.2352 |
| M ₁ S ₂ T ₅ P ₅ | 64.6075 | 239.5961 | 215.5701 | 174.9886 | 150.9626 | 15.9152 |
| M ₂ S ₂ T ₅ P ₅ | 68.1775 | 242.4113 | 213.4636 | 174.2338 | 145.2861 | 19.9246 |
| M ₃ S ₂ T ₅ P ₅ | 65.7749 | 243.6511 | 214.9337 | 177.8762 | 149.1588 | 19.2529 |

M=Muestra; S1= Suelo Serie Illpa; S2=Suelo Serie Titicaca cálcico; T1=Tractor de 65 HP; T2=Tractor de 98 HP; P=Pasada.

ANEXO 3. RESULTADOS DE DENSIDAD APARENTE ÉPOCA HÚMEDA

| MUESTRA | Peso de Muestra Seca | Diámetro | Altura | Volumen | DENSIDAD APARENTE |
|---|----------------------|----------|--------|---------|-------------------|
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₁ | 124.9499 | 4.7980 | 5.0000 | 90.4025 | 1.3822 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₁ | 125.3977 | 4.7940 | 4.9970 | 90.1977 | 1.3903 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₁ | 124.0295 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.3708 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₂ | 136.2990 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5064 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₂ | 135.4624 | 4.7940 | 5.0000 | 90.2518 | 1.5009 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₂ | 136.5501 | 4.7920 | 4.9920 | 90.0322 | 1.5167 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₃ | 140.0837 | 4.7980 | 5.0000 | 90.4025 | 1.5496 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₃ | 139.2893 | 4.7940 | 4.9970 | 90.1977 | 1.5443 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₃ | 139.6093 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5430 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₄ | 142.0157 | 4.8000 | 4.9980 | 90.4417 | 1.5702 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₄ | 141.1626 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5602 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₄ | 142.2441 | 4.7960 | 4.9980 | 90.2910 | 1.5754 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₅ | 144.9585 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6021 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₅ | 145.3486 | 4.7940 | 5.0000 | 90.2518 | 1.6105 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₅ | 143.9588 | 4.7920 | 4.9920 | 90.0322 | 1.5990 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₁ | 124.2753 | 4.7960 | 4.9980 | 90.2910 | 1.3764 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₁ | 125.6948 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.3892 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₁ | 125.0775 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.3824 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₂ | 140.2737 | 4.7960 | 4.9840 | 90.0381 | 1.5579 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₂ | 145.7354 | 4.7940 | 4.9980 | 90.2157 | 1.6154 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₂ | 141.3033 | 4.8000 | 4.9900 | 90.2969 | 1.5649 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₃ | 146.7696 | 4.7960 | 4.9980 | 90.2910 | 1.6255 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₃ | 150.1599 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6596 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₃ | 148.5836 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6422 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₄ | 147.8512 | 4.7960 | 5.0000 | 90.3271 | 1.6368 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₄ | 153.3779 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6952 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₄ | 148.9030 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6457 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₅ | 154.5852 | 4.7960 | 4.9840 | 90.0381 | 1.7169 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₅ | 156.2649 | 4.7940 | 4.9980 | 90.2157 | 1.7321 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₅ | 155.4761 | 4.8000 | 4.9900 | 90.2969 | 1.7218 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 130.1523 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.4385 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 127.5145 | 4.7990 | 5.0000 | 90.4402 | 1.4099 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 128.2576 | 4.8000 | 4.9970 | 90.4236 | 1.4184 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₂ | 142.3332 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5731 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₂ | 140.9883 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5583 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₂ | 142.6886 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5771 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₃ | 145.9785 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6134 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₃ | 143.3334 | 4.7990 | 5.0000 | 90.4402 | 1.5848 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₃ | 144.8413 | 4.8000 | 4.9970 | 90.4236 | 1.6018 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₄ | 148.2124 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6381 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₄ | 146.8100 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6226 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₄ | 148.5504 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6418 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₅ | 150.7294 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6659 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₅ | 147.8906 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6345 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₅ | 148.7740 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6443 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₁ | 127.6393 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.4107 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₁ | 128.2605 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.4176 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₁ | 127.2553 | 4.7960 | 4.9980 | 90.2910 | 1.4094 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 146.7135 | 4.7990 | 5.0000 | 90.4402 | 1.6222 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 151.7588 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6773 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 147.8890 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6345 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₃ | 150.0542 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6585 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₃ | 154.7510 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.7104 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₃ | 151.3657 | 4.7960 | 4.9980 | 90.2910 | 1.6764 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₄ | 154.4034 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.7065 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₄ | 159.6163 | 4.8000 | 4.9900 | 90.2969 | 1.7677 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₄ | 155.6102 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.7199 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₅ | 158.3988 | 4.7990 | 5.0000 | 90.4402 | 1.7514 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₅ | 159.6906 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.7650 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₅ | 158.1401 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.7478 |

M=Muestra; S1= Suelo Serie Illpa; S2=Suelo Serie Titicaca cálcico; T1=Tractor de 65 HP; T2=Tractor de 98 HP; P=Pasada.

ANEXO 4. RESULTADOS DE DENSIDAD APARENTE ÉPOCA SECA

| MUESTRA | Peso de Muestra Seca | Diámetro | Altura | Volumen | DENSIDAD APARENTE |
|---|----------------------|----------|--------|---------|-------------------|
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₁ | 123.8291 | 4.7980 | 5.0000 | 90.4025 | 1.3698 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₁ | 126.4526 | 4.7940 | 4.9970 | 90.1977 | 1.4019 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₁ | 124.2180 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.3729 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₂ | 129.4278 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.4305 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₂ | 130.8487 | 4.7940 | 5.0000 | 90.2518 | 1.4498 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₂ | 131.0501 | 4.7920 | 4.9920 | 90.0322 | 1.4556 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₃ | 133.1958 | 4.7980 | 5.0000 | 90.4025 | 1.4734 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₃ | 134.6914 | 4.7940 | 4.9970 | 90.1977 | 1.4933 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₃ | 134.1122 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.4823 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₄ | 135.1109 | 4.8000 | 4.9980 | 90.4417 | 1.4939 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₄ | 136.5806 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5095 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₄ | 136.7499 | 4.7960 | 4.9980 | 90.2910 | 1.5145 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₅ | 138.0369 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5256 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₅ | 140.7823 | 4.7940 | 5.0000 | 90.2518 | 1.5599 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₅ | 138.4673 | 4.7920 | 4.9920 | 90.0322 | 1.5380 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₁ | 125.3961 | 4.7960 | 4.9980 | 90.2910 | 1.3888 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₁ | 124.6399 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.3776 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₁ | 124.8890 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.3803 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₂ | 130.0731 | 4.7960 | 4.9840 | 90.0381 | 1.4446 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₂ | 133.1745 | 4.7940 | 4.9980 | 90.2157 | 1.4762 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₂ | 129.7078 | 4.8000 | 4.9900 | 90.2969 | 1.4365 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₃ | 136.5914 | 4.7960 | 4.9980 | 90.2910 | 1.5128 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₃ | 137.5779 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5206 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₃ | 136.9844 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5140 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₄ | 137.6954 | 4.7960 | 5.0000 | 90.3271 | 1.5244 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₄ | 140.7748 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5559 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₄ | 137.2999 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5175 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₅ | 144.4519 | 4.7960 | 4.9840 | 90.0381 | 1.6043 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₅ | 143.6407 | 4.7940 | 4.9980 | 90.2157 | 1.5922 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₅ | 143.8693 | 4.8000 | 4.9900 | 90.2969 | 1.5933 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 126.4263 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.3973 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 129.8947 | 4.7990 | 5.0000 | 90.4402 | 1.4363 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 125.8935 | 4.8000 | 4.9970 | 90.4236 | 1.3923 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₂ | 132.6162 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.4657 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₂ | 137.6181 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5210 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₂ | 134.3917 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.4854 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₃ | 136.2056 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5054 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₃ | 139.9990 | 4.7990 | 5.0000 | 90.4402 | 1.5480 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₃ | 136.5090 | 4.8000 | 4.9970 | 90.4236 | 1.5097 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₄ | 138.3836 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5295 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₄ | 143.5113 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5861 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₄ | 140.1826 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5494 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₅ | 140.8448 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5567 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₅ | 144.6276 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5985 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₅ | 140.3708 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5514 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₁ | 131.3653 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.4519 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₁ | 125.8803 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.3913 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₁ | 129.6194 | 4.7960 | 4.9980 | 90.2910 | 1.4356 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 139.0537 | 4.7990 | 5.0000 | 90.4402 | 1.5375 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 137.4971 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5197 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 138.7659 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5337 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₃ | 142.4690 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5746 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₃ | 140.4417 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.5522 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₃ | 142.2899 | 4.7960 | 4.9980 | 90.2910 | 1.5759 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₄ | 146.8926 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6235 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₄ | 145.2594 | 4.8000 | 4.9900 | 90.2969 | 1.6087 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₄ | 146.5816 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6201 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₅ | 150.9626 | 4.7990 | 5.0000 | 90.4402 | 1.6692 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₅ | 145.2861 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6058 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₅ | 149.1588 | 4.8000 | 5.0000 | 90.4779 | 1.6486 |

M=Muestra; S1= Suelo Serie Illpa; S2=Suelo Serie Titicaca cálcico; T1=Tractor de 65 HP; T2=Tractor de 98 HP; P=Pasada.

ANEXO 5. RESULTADOS DE DENSIDAD REAL O DE PARTÍCULA ÉPOCA HÚMEDA

| MUESTRA | Fiola Vacía | Fiola con Suelo | Suelo | Fiola con Suelo y Agua | Peso de Agua | Temperatura | Densidad del agua | Volumen de agua | Volumen de suelo | DENSIDAD REAL |
|---|-------------|-----------------|---------|------------------------|--------------|-------------|-------------------|-----------------|------------------|---------------|
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₁ | 53.5067 | 93.5051 | 39.9984 | 178.2608 | 84.7557 | 16.0000 | 0.9990 | 84.6736 | 15.3264 | 2.6098 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₁ | 53.0600 | 93.0845 | 40.0245 | 177.7633 | 84.6788 | 15.3000 | 0.9991 | 84.6062 | 15.3938 | 2.6000 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₁ | 53.0055 | 93.1084 | 40.1029 | 177.7198 | 84.6114 | 16.2000 | 0.9990 | 84.5267 | 15.4733 | 2.5918 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₂ | 53.5054 | 93.5143 | 40.0089 | 178.2138 | 84.6995 | 15.5000 | 0.9991 | 84.6242 | 15.3758 | 2.6021 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₂ | 53.0601 | 93.0653 | 40.0052 | 178.0146 | 84.9493 | 16.0000 | 0.9990 | 84.8670 | 15.1330 | 2.6436 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₂ | 53.0042 | 93.0043 | 40.0001 | 177.9231 | 84.9188 | 15.5000 | 0.9991 | 84.8433 | 15.1567 | 2.6391 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₃ | 53.5067 | 93.5051 | 39.9984 | 178.2608 | 84.7557 | 16.0000 | 0.9990 | 84.6736 | 15.3264 | 2.6098 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₃ | 53.0600 | 93.0845 | 40.0245 | 177.7633 | 84.6788 | 15.3000 | 0.9991 | 84.6062 | 15.3938 | 2.6000 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₃ | 53.0055 | 93.1084 | 40.1029 | 177.7198 | 84.6114 | 16.2000 | 0.9990 | 84.5267 | 15.4733 | 2.5918 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₄ | 53.0593 | 93.0651 | 40.0058 | 177.8028 | 84.7377 | 15.6000 | 0.9991 | 84.6611 | 15.3389 | 2.6081 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₄ | 52.6486 | 92.6498 | 40.0012 | 177.3870 | 84.7372 | 15.4000 | 0.9991 | 84.6632 | 15.3368 | 2.6082 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₄ | 52.9270 | 92.9297 | 40.0027 | 177.9696 | 85.0399 | 15.6000 | 0.9991 | 84.9630 | 15.0370 | 2.6603 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₅ | 53.5054 | 93.5143 | 40.0089 | 178.2138 | 84.6995 | 15.5000 | 0.9991 | 84.6242 | 15.3758 | 2.6021 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₅ | 53.0601 | 93.0653 | 40.0052 | 178.0146 | 84.9493 | 16.0000 | 0.9990 | 84.8670 | 15.1330 | 2.6436 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₅ | 53.0042 | 93.0043 | 40.0001 | 177.9231 | 84.9188 | 15.5000 | 0.9991 | 84.8433 | 15.1567 | 2.6391 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₁ | 46.1320 | 86.2062 | 40.0742 | 171.4146 | 85.2084 | 17.1000 | 0.9988 | 85.1101 | 14.8899 | 2.6914 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₁ | 53.0097 | 93.0155 | 40.0058 | 177.6673 | 84.6518 | 15.5000 | 0.9991 | 84.5766 | 15.4234 | 2.5938 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₁ | 53.5079 | 93.6032 | 40.0953 | 178.3901 | 84.7869 | 15.5000 | 0.9991 | 84.7115 | 15.2885 | 2.6226 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₂ | 52.9283 | 92.9275 | 39.9992 | 177.8805 | 84.9530 | 16.0000 | 0.9990 | 84.8707 | 15.1293 | 2.6438 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₂ | 52.0110 | 92.1193 | 40.1083 | 176.9895 | 84.8702 | 17.1000 | 0.9988 | 84.7723 | 15.2277 | 2.6339 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₂ | 46.1306 | 86.1372 | 40.0066 | 171.0058 | 84.8686 | 16.0000 | 0.9990 | 84.7864 | 15.2136 | 2.6297 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₃ | 46.1320 | 86.2062 | 40.0742 | 171.4146 | 85.2084 | 17.1000 | 0.9988 | 85.1101 | 14.8899 | 2.6914 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₃ | 53.0097 | 93.0155 | 40.0058 | 177.6673 | 84.6518 | 15.5000 | 0.9991 | 84.5766 | 15.4234 | 2.5938 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₃ | 53.5079 | 93.6032 | 40.0953 | 178.3901 | 84.7869 | 15.5000 | 0.9991 | 84.7115 | 15.2885 | 2.6226 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₄ | 46.1293 | 86.1316 | 40.0023 | 170.9507 | 84.8191 | 15.4000 | 0.9991 | 84.7450 | 15.2550 | 2.6222 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₄ | 52.0095 | 92.0160 | 40.0065 | 176.9817 | 84.9657 | 16.0000 | 0.9990 | 84.8834 | 15.1166 | 2.6465 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₄ | 53.0054 | 93.0113 | 40.0059 | 178.0048 | 84.9935 | 16.1000 | 0.9990 | 84.9098 | 15.0902 | 2.6511 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₅ | 52.9283 | 92.9275 | 39.9992 | 177.8805 | 84.9530 | 16.0000 | 0.9990 | 84.8707 | 15.1293 | 2.6438 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₅ | 52.0110 | 92.1193 | 40.1083 | 176.9895 | 84.8702 | 17.1000 | 0.9988 | 84.7723 | 15.2277 | 2.6339 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₅ | 46.1306 | 86.1372 | 40.0066 | 171.0058 | 84.8686 | 16.0000 | 0.9990 | 84.7864 | 15.2136 | 2.6297 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 52.9300 | 93.0562 | 40.1262 | 177.7025 | 84.6463 | 17.2000 | 0.9988 | 84.5472 | 15.4528 | 2.5967 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 52.9295 | 92.8963 | 39.9668 | 178.2314 | 85.3351 | 17.0000 | 0.9989 | 85.2381 | 14.7619 | 2.7074 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 53.5300 | 93.5317 | 40.0017 | 178.3183 | 84.7866 | 16.5000 | 0.9989 | 84.6975 | 15.3025 | 2.6141 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₂ | 52.9296 | 92.9480 | 40.0184 | 177.9354 | 84.9874 | 18.0000 | 0.9987 | 84.8755 | 15.1245 | 2.6459 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₂ | 52.4336 | 92.4595 | 40.0259 | 177.5675 | 85.1080 | 18.0000 | 0.9987 | 84.9960 | 15.0040 | 2.6677 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₂ | 53.5082 | 93.5246 | 40.0164 | 178.2358 | 84.7112 | 18.2000 | 0.9986 | 84.5965 | 15.4035 | 2.5979 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₃ | 52.9300 | 93.0562 | 40.1262 | 177.7025 | 84.6463 | 17.2000 | 0.9988 | 84.5472 | 15.4528 | 2.5967 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₃ | 52.9295 | 92.8963 | 39.9668 | 178.2314 | 85.3351 | 17.0000 | 0.9989 | 85.2381 | 14.7619 | 2.7074 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₃ | 53.5300 | 93.5317 | 40.0017 | 178.3183 | 84.7866 | 16.5000 | 0.9989 | 84.6975 | 15.3025 | 2.6141 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₄ | 53.0072 | 93.0248 | 40.0176 | 178.0257 | 85.0009 | 18.2000 | 0.9986 | 84.8859 | 15.1141 | 2.6477 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₄ | 53.0612 | 93.0792 | 40.0180 | 178.1336 | 85.0544 | 18.2000 | 0.9986 | 84.9393 | 15.0607 | 2.6571 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₄ | 53.5270 | 93.5460 | 40.0190 | 178.4141 | 84.8681 | 18.2000 | 0.9986 | 84.7532 | 15.2468 | 2.6248 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₅ | 52.9296 | 92.9480 | 40.0184 | 177.9354 | 84.9874 | 18.0000 | 0.9987 | 84.8755 | 15.1245 | 2.6459 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₅ | 52.4336 | 92.4595 | 40.0259 | 177.5675 | 85.1080 | 18.0000 | 0.9987 | 84.9960 | 15.0040 | 2.6677 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₅ | 53.5082 | 93.5246 | 40.0164 | 178.2358 | 84.7112 | 18.2000 | 0.9986 | 84.5965 | 15.4035 | 2.5979 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₁ | 52.4335 | 92.4391 | 40.0056 | 177.5510 | 85.1119 | 18.4000 | 0.9986 | 84.9935 | 15.0065 | 2.6659 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₁ | 53.0619 | 93.1696 | 40.1077 | 177.7920 | 84.6224 | 17.1000 | 0.9988 | 84.5248 | 15.4752 | 2.5917 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₁ | 53.5326 | 93.5420 | 40.0094 | 178.4122 | 84.8702 | 17.0000 | 0.9989 | 84.7738 | 15.2262 | 2.6277 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 53.0614 | 93.0629 | 40.0015 | 177.8269 | 84.7640 | 18.3000 | 0.9986 | 84.6477 | 15.3523 | 2.6056 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 53.0076 | 93.1113 | 40.1037 | 178.1945 | 85.0832 | 17.2000 | 0.9988 | 84.9835 | 15.0165 | 2.6707 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 53.5318 | 93.6691 | 40.1373 | 178.7311 | 85.0620 | 17.2000 | 0.9988 | 84.9624 | 15.0376 | 2.6691 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₃ | 52.4335 | 92.4391 | 40.0056 | 177.5510 | 85.1119 | 18.4000 | 0.9986 | 84.9935 | 15.0065 | 2.6659 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₃ | 53.0619 | 93.1696 | 40.1077 | 177.7920 | 84.6224 | 17.1000 | 0.9988 | 84.5248 | 15.4752 | 2.5917 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₃ | 53.5326 | 93.5420 | 40.0094 | 178.4122 | 84.8702 | 17.0000 | 0.9989 | 84.7738 | 15.2262 | 2.6277 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₄ | 53.5271 | 93.5286 | 40.0015 | 178.1372 | 84.6086 | 18.4000 | 0.9986 | 84.4909 | 15.5091 | 2.5792 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₄ | 52.9296 | 92.9348 | 40.0052 | 178.0173 | 85.0825 | 18.4000 | 0.9986 | 84.9641 | 15.0359 | 2.6607 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₄ | 53.5084 | 93.5123 | 40.0039 | 178.4795 | 84.9672 | 18.3000 | 0.9986 | 84.8506 | 15.1494 | 2.6406 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₅ | 53.0614 | 93.0629 | 40.0015 | 177.8269 | 84.7640 | 18.3000 | 0.9986 | 84.6477 | 15.3523 | 2.6056 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₅ | 53.0076 | 93.1113 | 40.1037 | 178.1945 | 85.0832 | 17.2000 | 0.9988 | 84.9835 | 15.0165 | 2.6707 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₅ | 53.5318 | 93.6691 | 40.1373 | 178.7311 | 85.0620 | 17.2000 | 0.9988 | 84.9624 | 15.0376 | 2.6691 |

M=Muestra; S1= Suelo Serie Illpa; S2=Suelo Serie Titicaca cálcico; T1=Tractor de 65 HP; T2=Tractor de 98 HP; P=Pasada.

ANEXO 6. RESULTADOS DE DENSIDAD REAL O DE PARTÍCULA ÉPOCA SECA

| MUESTRA | Fiola Vacía | Fiola con Suelo | Suelo | Fiola con Suelo y Agua | Peso de Agua | Temperatura | Densidad del agua | Volumen de agua | Volumen de suelo | DENSIDAD REAL |
|---|-------------|-----------------|---------|------------------------|--------------|-------------|-------------------|-----------------|------------------|---------------|
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₁ | 46.1320 | 86.2062 | 40.0742 | 171.4146 | 85.2084 | 17.1000 | 0.9988 | 85.1101 | 14.8899 | 2.6914 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₁ | 53.0097 | 93.0155 | 40.0058 | 177.6673 | 84.6518 | 15.5000 | 0.9991 | 84.5766 | 15.4234 | 2.5938 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₁ | 53.5079 | 93.6032 | 40.0953 | 178.3901 | 84.7869 | 15.5000 | 0.9991 | 84.7115 | 15.2885 | 2.6226 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₂ | 53.5054 | 93.5143 | 40.0089 | 178.2138 | 84.6995 | 15.5000 | 0.9991 | 84.6242 | 15.3758 | 2.6021 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₂ | 53.0601 | 93.0653 | 40.0052 | 178.0146 | 84.9493 | 16.0000 | 0.9990 | 84.8670 | 15.1330 | 2.6436 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₂ | 53.0042 | 93.0043 | 40.0001 | 177.9231 | 84.9188 | 15.5000 | 0.9991 | 84.8433 | 15.1567 | 2.6391 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₃ | 53.5065 | 93.5051 | 39.9984 | 178.2608 | 84.7557 | 16.0000 | 0.9990 | 84.6736 | 15.3264 | 2.6098 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₃ | 53.0600 | 93.0840 | 40.0245 | 177.7633 | 84.6788 | 15.3000 | 0.9991 | 84.6062 | 15.3938 | 2.6000 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₃ | 53.0055 | 93.1084 | 40.1029 | 177.7198 | 84.6114 | 16.2000 | 0.9990 | 84.5267 | 15.4733 | 2.5918 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₄ | 53.0593 | 93.0651 | 40.0058 | 177.8028 | 84.7377 | 15.6000 | 0.9991 | 84.6611 | 15.3389 | 2.6081 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₄ | 52.6486 | 92.6498 | 40.0012 | 177.3870 | 84.7372 | 15.4000 | 0.9991 | 84.6632 | 15.3368 | 2.6082 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₄ | 52.9270 | 92.9297 | 40.0027 | 177.9696 | 85.0399 | 15.6000 | 0.9991 | 84.9630 | 15.0370 | 2.6603 |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₅ | 53.5054 | 93.5143 | 40.0089 | 178.2138 | 84.6995 | 15.5000 | 0.9991 | 84.6242 | 15.3758 | 2.6021 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₅ | 53.0601 | 93.0653 | 40.0052 | 178.0146 | 84.9493 | 16.0000 | 0.9990 | 84.8670 | 15.1330 | 2.6436 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₅ | 53.0042 | 93.0043 | 40.0001 | 177.9231 | 84.9188 | 15.5000 | 0.9991 | 84.8433 | 15.1567 | 2.6391 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₁ | 53.5067 | 93.5051 | 39.9984 | 178.2608 | 84.7557 | 16.0000 | 0.9990 | 84.6736 | 15.3264 | 2.6098 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₁ | 53.0600 | 93.0845 | 40.0245 | 177.7633 | 84.6788 | 15.3000 | 0.9991 | 84.6062 | 15.3938 | 2.6000 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₁ | 53.0055 | 93.1084 | 40.1029 | 177.7198 | 84.6114 | 16.2000 | 0.9990 | 84.5267 | 15.4733 | 2.5918 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₂ | 52.9283 | 92.9275 | 39.9992 | 177.8805 | 84.9530 | 16.0000 | 0.9990 | 84.8707 | 15.1293 | 2.6438 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₂ | 52.0110 | 92.1193 | 40.1083 | 176.9895 | 84.8702 | 17.1000 | 0.9988 | 84.7723 | 15.2277 | 2.6339 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₂ | 46.1306 | 86.1372 | 40.0066 | 171.0058 | 84.8686 | 16.0000 | 0.9990 | 84.7864 | 15.2136 | 2.6297 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₃ | 46.1320 | 86.2062 | 40.0742 | 171.4146 | 85.2084 | 17.1000 | 0.9988 | 85.1101 | 14.8899 | 2.6914 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₃ | 53.0097 | 93.0155 | 40.0058 | 177.6673 | 84.6518 | 15.5000 | 0.9991 | 84.5766 | 15.4234 | 2.5938 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₃ | 53.5079 | 93.6032 | 40.0953 | 178.3901 | 84.7869 | 15.5000 | 0.9991 | 84.7115 | 15.2885 | 2.6226 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₄ | 46.1293 | 86.1316 | 40.0023 | 170.9507 | 84.8191 | 15.4000 | 0.9991 | 84.7450 | 15.2550 | 2.6222 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₄ | 52.0095 | 92.0160 | 40.0065 | 176.9817 | 84.9657 | 16.0000 | 0.9990 | 84.8834 | 15.1166 | 2.6465 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₄ | 53.0054 | 93.0113 | 40.0059 | 178.0048 | 84.9935 | 16.1000 | 0.9990 | 84.9098 | 15.0902 | 2.6511 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₅ | 52.9283 | 92.9275 | 39.9992 | 177.8805 | 84.9530 | 16.0000 | 0.9990 | 84.8707 | 15.1293 | 2.6438 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₅ | 52.0110 | 92.1193 | 40.1083 | 176.9895 | 84.8702 | 17.1000 | 0.9988 | 84.7723 | 15.2277 | 2.6339 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₅ | 46.1306 | 86.1372 | 40.0066 | 171.0058 | 84.8686 | 16.0000 | 0.9990 | 84.7864 | 15.2136 | 2.6297 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 52.4335 | 92.4391 | 40.0056 | 177.5510 | 85.1119 | 18.4000 | 0.9986 | 84.9935 | 15.0065 | 2.6659 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 53.0619 | 93.1696 | 40.1077 | 177.7920 | 84.6224 | 17.1000 | 0.9988 | 84.5248 | 15.4752 | 2.5917 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 53.5326 | 93.5420 | 40.0094 | 178.4122 | 84.8702 | 17.0000 | 0.9989 | 84.7738 | 15.2262 | 2.6277 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₂ | 52.9296 | 92.9480 | 40.0184 | 177.9354 | 84.9874 | 18.0000 | 0.9987 | 84.8755 | 15.1245 | 2.6459 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₂ | 52.4336 | 92.4595 | 40.0259 | 177.5675 | 85.1080 | 18.0000 | 0.9987 | 84.9960 | 15.0040 | 2.6677 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₂ | 53.5082 | 93.5246 | 40.0164 | 178.2358 | 84.7112 | 18.2000 | 0.9986 | 84.5965 | 15.4035 | 2.5979 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₃ | 52.9300 | 93.0562 | 40.1262 | 177.7025 | 84.6463 | 17.2000 | 0.9988 | 84.5472 | 15.4528 | 2.5967 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₃ | 52.9295 | 92.8963 | 39.9668 | 178.2314 | 85.3351 | 17.0000 | 0.9989 | 85.2381 | 14.7619 | 2.7074 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₃ | 53.5300 | 93.5317 | 40.0017 | 178.3183 | 84.7866 | 16.5000 | 0.9989 | 84.6975 | 15.3025 | 2.6141 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₄ | 53.0072 | 93.0248 | 40.0176 | 178.0257 | 85.0009 | 18.2000 | 0.9986 | 84.8859 | 15.1141 | 2.6477 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₄ | 53.0612 | 93.0792 | 40.0180 | 178.1336 | 85.0544 | 18.2000 | 0.9986 | 84.9393 | 15.0607 | 2.6571 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₄ | 53.5270 | 93.5460 | 40.0190 | 178.4141 | 84.8681 | 18.2000 | 0.9986 | 84.7532 | 15.2468 | 2.6248 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₅ | 52.9296 | 92.9480 | 40.0184 | 177.9354 | 84.9874 | 18.0000 | 0.9987 | 84.8755 | 15.1245 | 2.6459 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₅ | 52.4336 | 92.4595 | 40.0259 | 177.5675 | 85.1080 | 18.0000 | 0.9987 | 84.9960 | 15.0040 | 2.6677 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₅ | 53.5082 | 93.5246 | 40.0164 | 178.2358 | 84.7112 | 18.2000 | 0.9986 | 84.5965 | 15.4035 | 2.5979 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₁ | 52.9300 | 93.0562 | 40.1262 | 177.7025 | 84.6463 | 17.2000 | 0.9988 | 84.5472 | 15.4528 | 2.5967 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₁ | 52.9295 | 92.8963 | 39.9668 | 178.2314 | 85.3351 | 17.0000 | 0.9989 | 85.2381 | 14.7619 | 2.7074 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₁ | 53.5300 | 93.5317 | 40.0017 | 178.3183 | 84.7866 | 16.5000 | 0.9989 | 84.6975 | 15.3025 | 2.6141 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 53.0614 | 93.0629 | 40.0015 | 177.8269 | 84.7640 | 18.3000 | 0.9986 | 84.6477 | 15.3523 | 2.6056 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 53.0076 | 93.1113 | 40.1037 | 178.1945 | 85.0832 | 17.2000 | 0.9988 | 84.9835 | 15.0165 | 2.6707 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 53.5318 | 93.6691 | 40.1373 | 178.7311 | 85.0620 | 17.2000 | 0.9988 | 84.9624 | 15.0376 | 2.6691 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₃ | 52.4335 | 92.4391 | 40.0056 | 177.5510 | 85.1119 | 18.4000 | 0.9986 | 84.9935 | 15.0065 | 2.6659 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₃ | 53.0619 | 93.1696 | 40.1077 | 177.7920 | 84.6224 | 17.1000 | 0.9988 | 84.5248 | 15.4752 | 2.5917 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₃ | 53.5326 | 93.5420 | 40.0094 | 178.4122 | 84.8702 | 17.0000 | 0.9989 | 84.7738 | 15.2262 | 2.6277 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₄ | 53.5271 | 93.5286 | 40.0015 | 178.1372 | 84.6086 | 18.4000 | 0.9986 | 84.4909 | 15.5091 | 2.5792 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₄ | 52.9296 | 92.9348 | 40.0052 | 178.0173 | 85.0825 | 18.4000 | 0.9986 | 84.9641 | 15.0359 | 2.6607 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₄ | 53.5084 | 93.5123 | 40.0039 | 178.4795 | 84.9672 | 18.3000 | 0.9986 | 84.8506 | 15.1494 | 2.6406 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₅ | 53.0614 | 93.0629 | 40.0015 | 177.8269 | 84.7640 | 18.3000 | 0.9986 | 84.6477 | 15.3523 | 2.6056 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₅ | 53.0076 | 93.1113 | 40.1037 | 178.1945 | 85.0832 | 17.2000 | 0.9988 | 84.9835 | 15.0165 | 2.6707 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₅ | 53.5318 | 93.6691 | 40.1373 | 178.7311 | 85.0620 | 17.2000 | 0.9988 | 84.9624 | 15.0376 | 2.6691 |

M=Muestra; S1= Suelo Serie Illpa; S2=Suelo Serie Titicaca cálcico; T1=Tractor de 65 HP; T2=Tractor de 98 HP; P=Pasada.

ANEXO 7. RESULTADOS DE POROSIDAD Y RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ÉPOCA HÚMEDA

| MUESTRA | Porosidad (%) | | | Resistencia a la Penetración | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|--------------------|---------------|---------------|----------|------------|
| | Porosidad Total | Micro-porosidad | Macro-porosidad | Lectura | Kg/cm ² | Kilo Pascales | Mega Pascales | PSI | ATMOSFERAS |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₁ | 47.0395 | 28.4252 | 18.6143 | 50.0000 | 13.1534 | 1289.0327 | 1.2890 | 186.9584 | 12.7218 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₁ | 46.5293 | 29.7527 | 16.7767 | 50.0000 | 13.1534 | 1289.0327 | 1.2890 | 186.9584 | 12.7218 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₁ | 47.1081 | 26.9612 | 20.1469 | 46.0000 | 12.1011 | 1185.9100 | 1.1859 | 172.0017 | 11.7040 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₂ | 42.1064 | 30.1056 | 12.0007 | 57.5000 | 15.1264 | 1482.3876 | 1.4824 | 215.0021 | 14.6300 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₂ | 43.2233 | 31.5189 | 11.7044 | 57.5000 | 15.1264 | 1482.3876 | 1.4824 | 215.0021 | 14.6300 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₂ | 42.5306 | 28.7203 | 13.8103 | 52.9000 | 13.9163 | 1363.7965 | 1.3638 | 197.8020 | 13.4596 |
| M ₁ S ₁ T ₃ P ₃ | 40.6250 | 30.5571 | 10.0679 | 65.0000 | 17.0994 | 1675.7424 | 1.6757 | 243.0459 | 16.5383 |
| M ₂ S ₁ T ₃ P ₃ | 40.6058 | 31.9841 | 8.6217 | 65.0000 | 17.0994 | 1675.7424 | 1.6757 | 243.0459 | 16.5383 |
| M ₃ S ₁ T ₃ P ₃ | 40.4641 | 28.9833 | 11.4809 | 59.8000 | 15.7315 | 1541.6831 | 1.5417 | 223.6022 | 15.2152 |
| M ₁ S ₁ T ₄ P ₄ | 39.7939 | 30.9701 | 8.8239 | 80.0000 | 21.0454 | 2062.4522 | 2.0625 | 299.1334 | 20.3548 |
| M ₂ S ₁ T ₄ P ₄ | 40.1810 | 32.3300 | 7.8510 | 80.0000 | 21.0454 | 2062.4522 | 2.0625 | 299.1334 | 20.3548 |
| M ₃ S ₁ T ₄ P ₄ | 40.7808 | 29.4485 | 11.3323 | 73.6000 | 19.3618 | 1897.4561 | 1.8975 | 275.2027 | 18.7264 |
| M ₁ S ₁ T ₅ P ₅ | 38.4282 | 31.3837 | 7.0445 | 95.0000 | 24.9915 | 2449.1620 | 2.4492 | 355.2209 | 24.1713 |
| M ₂ S ₁ T ₅ P ₅ | 39.0797 | 32.8570 | 6.2228 | 95.0000 | 24.9915 | 2449.1620 | 2.4492 | 355.2209 | 24.1713 |
| M ₃ S ₁ T ₅ P ₅ | 39.4125 | 29.9396 | 9.4729 | 87.4000 | 22.9921 | 2253.2291 | 2.2532 | 326.8033 | 22.2376 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 48.8592 | 28.9127 | 19.9465 | 50.0000 | 13.1534 | 1289.0327 | 1.2890 | 186.9584 | 12.7218 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 46.4409 | 29.1455 | 17.2954 | 54.0000 | 14.2057 | 1392.1553 | 1.3922 | 201.9151 | 13.7395 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 47.2883 | 26.8954 | 20.3929 | 48.0000 | 12.6273 | 1237.4713 | 1.2375 | 179.4801 | 12.2129 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 41.0727 | 31.8933 | 9.1794 | 60.5000 | 15.9156 | 1559.7295 | 1.5597 | 226.2196 | 15.3933 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 38.6685 | 32.1532 | 6.5154 | 65.3400 | 17.1889 | 1684.5079 | 1.6845 | 244.3172 | 16.6248 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 40.4915 | 29.6442 | 10.8472 | 58.0800 | 15.2790 | 1497.3403 | 1.4973 | 217.1709 | 14.7776 |
| M ₁ S ₂ T ₃ P ₃ | 39.6026 | 32.3823 | 7.2203 | 71.0000 | 18.6778 | 1830.4264 | 1.8304 | 265.4809 | 18.0649 |
| M ₂ S ₂ T ₃ P ₃ | 36.0162 | 32.6429 | 3.3733 | 76.6800 | 20.1720 | 1976.8605 | 1.9769 | 286.7194 | 19.5101 |
| M ₃ S ₂ T ₃ P ₃ | 37.3820 | 30.1229 | 7.2592 | 68.1600 | 17.9307 | 1757.2093 | 1.7572 | 254.8617 | 17.3423 |
| M ₁ S ₂ T ₄ P ₄ | 37.5787 | 32.9473 | 4.6313 | 92.0000 | 24.2022 | 2371.8201 | 2.3718 | 344.0034 | 23.4080 |
| M ₂ S ₂ T ₄ P ₄ | 35.9465 | 33.2258 | 2.7206 | 99.3600 | 26.1384 | 2561.5657 | 2.5616 | 371.5237 | 25.2807 |
| M ₃ S ₂ T ₄ P ₄ | 37.9229 | 30.6608 | 7.2622 | 88.3200 | 23.2342 | 2276.9473 | 2.2769 | 330.2433 | 22.4717 |
| M ₁ S ₂ T ₅ P ₅ | 35.0606 | 33.6330 | 1.4277 | 113.0000 | 29.7267 | 2913.2138 | 2.9132 | 422.5260 | 28.7512 |
| M ₂ S ₂ T ₅ P ₅ | 34.2373 | 33.9070 | 0.3303 | 122.0400 | 32.1048 | 3146.2709 | 3.1463 | 456.3280 | 31.0513 |
| M ₃ S ₂ T ₅ P ₅ | 34.5228 | 31.2612 | 3.2616 | 108.4800 | 28.5376 | 2796.6852 | 2.7967 | 405.6249 | 27.6011 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 44.6025 | 24.1405 | 20.4621 | 40.0000 | 10.5227 | 1031.2261 | 1.0312 | 149.5667 | 10.1774 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 47.9237 | 29.0978 | 18.8259 | 42.0000 | 11.0489 | 1082.7874 | 1.0828 | 157.0450 | 10.6863 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 45.7394 | 28.8716 | 16.8678 | 42.0000 | 11.0489 | 1082.7874 | 1.0828 | 157.0450 | 10.6863 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 40.5457 | 25.5889 | 14.9567 | 46.0000 | 12.1011 | 1185.9100 | 1.1859 | 172.0017 | 11.7040 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 41.5874 | 30.8308 | 10.7565 | 48.3000 | 12.7062 | 1245.2055 | 1.2452 | 180.6018 | 12.2892 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 39.2947 | 30.5855 | 8.7092 | 48.3000 | 12.7062 | 1245.2055 | 1.2452 | 180.6018 | 12.2892 |
| M ₁ S ₂ T ₃ P ₃ | 37.8664 | 25.9510 | 11.9153 | 52.0000 | 13.6795 | 1340.5940 | 1.3406 | 194.4367 | 13.2306 |
| M ₂ S ₂ T ₃ P ₃ | 41.4634 | 31.2801 | 10.1832 | 54.6000 | 14.3635 | 1407.6237 | 1.4076 | 204.1586 | 13.8922 |
| M ₃ S ₂ T ₃ P ₃ | 38.7235 | 31.0369 | 7.6865 | 54.6000 | 14.3635 | 1407.6237 | 1.4076 | 204.1586 | 13.8922 |
| M ₁ S ₂ T ₄ P ₄ | 38.1308 | 26.3131 | 11.8177 | 64.0000 | 16.8363 | 1649.9618 | 1.6500 | 239.3067 | 16.2839 |
| M ₂ S ₂ T ₄ P ₄ | 38.9334 | 31.7034 | 7.2300 | 67.2000 | 17.6782 | 1732.4599 | 1.7325 | 251.2721 | 17.0980 |
| M ₃ S ₂ T ₄ P ₄ | 37.4478 | 31.4511 | 5.9966 | 67.2000 | 17.6782 | 1732.4599 | 1.7325 | 251.2721 | 17.0980 |
| M ₁ S ₂ T ₅ P ₅ | 37.0384 | 26.6752 | 10.3632 | 76.0000 | 19.9932 | 1959.3296 | 1.9593 | 284.1767 | 19.3371 |
| M ₂ S ₂ T ₅ P ₅ | 38.7277 | 32.1397 | 6.5880 | 79.8000 | 20.9928 | 2057.2961 | 2.0573 | 298.3856 | 20.3039 |
| M ₃ S ₂ T ₅ P ₅ | 36.7057 | 31.8839 | 4.8217 | 79.8000 | 20.9928 | 2057.2961 | 2.0573 | 298.3856 | 20.3039 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 47.0823 | 30.5580 | 16.5243 | 40.0000 | 10.5227 | 1031.2261 | 1.0312 | 149.5667 | 10.1774 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 45.3035 | 26.0342 | 19.2693 | 38.0000 | 9.9966 | 979.6648 | 0.9797 | 142.0884 | 9.6685 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 46.3633 | 29.5034 | 16.8600 | 44.0000 | 11.5750 | 1134.3487 | 1.1343 | 164.5234 | 11.1952 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 37.7404 | 33.6278 | 4.1126 | 48.4000 | 12.7325 | 1247.7836 | 1.2478 | 180.9757 | 12.3147 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 37.1950 | 28.6376 | 8.5573 | 45.9800 | 12.0959 | 1185.3944 | 1.1854 | 171.9269 | 11.6989 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 38.7615 | 32.3867 | 6.3748 | 53.2400 | 14.0057 | 1372.5620 | 1.3726 | 199.0733 | 13.5461 |
| M ₁ S ₂ T ₃ P ₃ | 37.7893 | 34.2249 | 3.5644 | 56.8000 | 14.9423 | 1464.3411 | 1.4643 | 212.3847 | 14.4519 |
| M ₂ S ₂ T ₃ P ₃ | 34.0066 | 29.1583 | 4.8483 | 53.9600 | 14.1951 | 1391.1240 | 1.3911 | 201.7655 | 13.7293 |
| M ₃ S ₂ T ₃ P ₃ | 36.2011 | 33.0438 | 3.1573 | 62.4800 | 16.4365 | 1610.7752 | 1.6108 | 233.6232 | 15.8971 |
| M ₁ S ₂ T ₄ P ₄ | 33.8355 | 34.8361 | -1.0006 | 73.6000 | 19.3618 | 1897.4561 | 1.8975 | 275.2027 | 18.7264 |
| M ₂ S ₂ T ₄ P ₄ | 33.5620 | 29.7385 | 3.8235 | 69.9200 | 18.3937 | 1802.5833 | 1.8026 | 261.4426 | 17.7901 |
| M ₃ S ₂ T ₄ P ₄ | 34.8688 | 33.5644 | 1.3044 | 80.9600 | 21.2980 | 2087.2017 | 2.0872 | 302.7230 | 20.5991 |
| M ₁ S ₂ T ₅ P ₅ | 32.7816 | 35.4620 | -2.6804 | 90.4000 | 23.7813 | 2330.5710 | 2.3306 | 338.0208 | 23.0009 |
| M ₂ S ₂ T ₅ P ₅ | 33.9124 | 30.1997 | 3.7127 | 85.8800 | 22.5923 | 2214.0425 | 2.2140 | 321.1197 | 21.8509 |
| M ₃ S ₂ T ₅ P ₅ | 34.5166 | 34.1532 | 0.3634 | 99.4400 | 26.1595 | 2563.6281 | 2.5636 | 371.8228 | 25.3010 |

M=Muestra; S1= Suelo Serie Illpa; S2=Suelo Serie Titicaca cálcico; T1=Tractor de 65 HP; T2=Tractor de 98 HP; P=Pasada.

ANEXO 8. RESULTADOS DE POROSIDAD Y RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ÉPOCA SECA

| MUESTRA | Porosidad (%) | | | Resistencia a la Penetración | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|--------------------|---------------|---------------|----------|------------|
| | Porosidad Total | Micro-porosidad | Macro-porosidad | Lectura | Kg/cm ² | Kilo Pascales | Mega Pascales | PSI | ATMOSFERAS |
| M ₁ S ₁ T ₁ P ₁ | 49.1057 | 28.8771 | 20.2286 | 55.0000 | 14.4687 | 1417.9359 | 1.4179 | 205.6542 | 13.9939 |
| M ₂ S ₁ T ₁ P ₁ | 45.9506 | 29.2360 | 16.7146 | 50.0000 | 13.1534 | 1289.0327 | 1.2890 | 186.9584 | 12.7218 |
| M ₃ S ₁ T ₁ P ₁ | 47.6505 | 26.8954 | 20.7551 | 57.0000 | 14.9949 | 1469.4972 | 1.4695 | 213.1326 | 14.5028 |
| M ₁ S ₁ T ₂ P ₂ | 45.0249 | 29.7186 | 15.3063 | 61.6000 | 16.2050 | 1588.0882 | 1.5881 | 230.3327 | 15.6732 |
| M ₂ S ₁ T ₂ P ₂ | 45.1571 | 30.0950 | 15.0620 | 56.0000 | 14.7318 | 1443.7166 | 1.4437 | 209.3934 | 14.2484 |
| M ₃ S ₁ T ₂ P ₂ | 44.8453 | 27.8394 | 17.0059 | 63.8400 | 16.7943 | 1645.8369 | 1.6458 | 238.7085 | 16.2431 |
| M ₁ S ₁ T ₃ P ₃ | 43.5445 | 30.1766 | 13.3679 | 68.2000 | 17.9412 | 1758.2405 | 1.7582 | 255.0112 | 17.3525 |
| M ₂ S ₁ T ₃ P ₃ | 42.5664 | 30.5516 | 12.0148 | 62.0000 | 16.3102 | 1598.4005 | 1.5984 | 231.8284 | 15.7750 |
| M ₃ S ₁ T ₃ P ₃ | 42.8083 | 28.1057 | 14.7026 | 70.6800 | 18.5936 | 1822.1766 | 1.8222 | 264.2844 | 17.9835 |
| M ₁ S ₁ T ₄ P ₄ | 42.7211 | 30.5964 | 12.1247 | 81.4000 | 21.4137 | 2098.5452 | 2.0985 | 304.3683 | 20.7110 |
| M ₂ S ₁ T ₄ P ₄ | 42.1227 | 30.8942 | 11.2285 | 74.0000 | 19.4670 | 1907.7683 | 1.9078 | 276.6984 | 18.8282 |
| M ₃ S ₁ T ₄ P ₄ | 43.0682 | 28.5681 | 14.5001 | 84.3600 | 22.1924 | 2174.8559 | 2.1749 | 315.4362 | 21.4642 |
| M ₁ S ₁ T ₅ P ₅ | 41.3682 | 31.0170 | 10.3512 | 94.6000 | 24.8862 | 2438.8498 | 2.4388 | 353.7253 | 24.0696 |
| M ₂ S ₁ T ₅ P ₅ | 40.9936 | 31.4099 | 9.5837 | 86.0000 | 22.6238 | 2217.1362 | 2.2171 | 321.5684 | 21.8814 |
| M ₃ S ₁ T ₅ P ₅ | 41.7237 | 29.0557 | 12.6680 | 98.0400 | 25.7912 | 2527.5352 | 2.5275 | 366.5880 | 24.9448 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 46.7848 | 28.4603 | 18.3244 | 57.0000 | 14.9949 | 1469.4972 | 1.4695 | 213.1326 | 14.5028 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 47.0171 | 29.6605 | 17.3566 | 62.0000 | 16.3102 | 1598.4005 | 1.5984 | 231.8284 | 15.7750 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 46.7415 | 26.9612 | 19.7804 | 55.0000 | 14.4687 | 1417.9359 | 1.4179 | 205.6542 | 13.9939 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 45.3579 | 29.6819 | 15.6760 | 66.6900 | 17.5440 | 1719.3118 | 1.7193 | 249.3651 | 16.9683 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 43.9547 | 30.9366 | 13.0181 | 72.5400 | 19.0829 | 1870.1286 | 1.8701 | 271.2392 | 18.4567 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 45.3748 | 28.0958 | 17.2790 | 64.3500 | 16.9284 | 1658.9850 | 1.6590 | 240.6154 | 16.3729 |
| M ₁ S ₂ T ₃ P ₃ | 43.7910 | 30.1679 | 13.6231 | 76.3800 | 20.0931 | 1969.1263 | 1.9691 | 285.5976 | 19.4338 |
| M ₂ S ₂ T ₃ P ₃ | 41.3775 | 31.4401 | 9.9373 | 83.0800 | 21.8557 | 2141.8567 | 2.1419 | 310.6501 | 21.1385 |
| M ₃ S ₂ T ₃ P ₃ | 42.2704 | 28.5788 | 13.6915 | 73.7000 | 19.3881 | 1900.0341 | 1.9000 | 275.5767 | 18.7519 |
| M ₁ S ₂ T ₄ P ₄ | 41.8663 | 30.7248 | 11.1415 | 95.7600 | 25.1914 | 2468.7553 | 2.4688 | 358.0627 | 24.3647 |
| M ₂ S ₂ T ₄ P ₄ | 41.2097 | 32.0334 | 9.1764 | 104.1600 | 27.4012 | 2685.3128 | 2.6853 | 389.4717 | 26.5020 |
| M ₃ S ₂ T ₄ P ₄ | 42.7602 | 29.1181 | 13.6421 | 92.4000 | 24.3075 | 2382.1323 | 2.3821 | 345.4991 | 23.5098 |
| M ₁ S ₂ T ₅ P ₅ | 39.3175 | 31.3943 | 7.9233 | 115.1400 | 30.2896 | 2968.3844 | 2.9684 | 430.5278 | 29.2957 |
| M ₂ S ₂ T ₅ P ₅ | 39.5501 | 32.7214 | 6.8287 | 125.2400 | 32.9466 | 3228.7690 | 3.2288 | 468.2934 | 31.8655 |
| M ₃ S ₂ T ₅ P ₅ | 39.4109 | 29.7167 | 9.6941 | 111.1000 | 29.2268 | 2864.2306 | 2.8642 | 415.4215 | 28.2678 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 47.5852 | 30.5580 | 17.0272 | 50.0000 | 13.1534 | 1289.0327 | 1.2890 | 186.9584 | 12.7218 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 44.5835 | 26.0451 | 18.5384 | 48.0000 | 12.6273 | 1237.4713 | 1.2375 | 179.4801 | 12.2129 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 47.0151 | 29.4601 | 17.5550 | 52.0000 | 13.6795 | 1340.5940 | 1.3406 | 194.4367 | 13.2306 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 44.6045 | 31.4747 | 13.1298 | 56.0000 | 14.7318 | 1443.7166 | 1.4437 | 209.3934 | 14.2484 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 42.9836 | 26.8152 | 16.1684 | 53.7600 | 14.1425 | 1385.9679 | 1.3860 | 201.0177 | 13.6784 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 42.8245 | 30.3257 | 12.4988 | 58.2400 | 15.3211 | 1501.4652 | 1.5015 | 217.7691 | 14.8183 |
| M ₁ S ₂ T ₃ P ₃ | 42.0260 | 31.9331 | 10.0930 | 62.0000 | 16.3102 | 1598.4005 | 1.5984 | 231.8284 | 15.7750 |
| M ₂ S ₂ T ₃ P ₃ | 42.8251 | 27.2171 | 15.6080 | 59.5200 | 15.6578 | 1534.4645 | 1.5345 | 222.5553 | 15.1440 |
| M ₃ S ₂ T ₃ P ₃ | 42.2485 | 30.7858 | 11.4627 | 64.4800 | 16.9626 | 1662.3365 | 1.6623 | 241.1015 | 16.4060 |
| M ₁ S ₂ T ₄ P ₄ | 42.2337 | 32.3914 | 9.8422 | 74.0000 | 19.4670 | 1907.7683 | 1.9078 | 276.6984 | 18.8282 |
| M ₂ S ₂ T ₄ P ₄ | 40.3056 | 27.5963 | 12.7093 | 71.0400 | 18.6883 | 1831.4576 | 1.8315 | 265.6305 | 18.0751 |
| M ₃ S ₂ T ₄ P ₄ | 40.9713 | 31.2090 | 9.7623 | 76.9600 | 20.2457 | 1984.0791 | 1.9841 | 287.7664 | 19.5813 |
| M ₁ S ₂ T ₅ P ₅ | 41.1674 | 32.8498 | 8.3175 | 86.0000 | 22.6238 | 2217.1362 | 2.2171 | 321.5684 | 21.8814 |
| M ₂ S ₂ T ₅ P ₅ | 40.0796 | 27.9868 | 12.0928 | 82.5600 | 21.7189 | 2128.4507 | 2.1285 | 308.7057 | 21.0062 |
| M ₃ S ₂ T ₅ P ₅ | 40.2807 | 31.6506 | 8.6301 | 89.4400 | 23.5288 | 2305.8216 | 2.3058 | 334.4312 | 22.7567 |
| M ₁ S ₂ T ₁ P ₁ | 44.0862 | 24.1405 | 19.9458 | 59.0000 | 15.5210 | 1521.0585 | 1.5211 | 220.6109 | 15.0117 |
| M ₂ S ₂ T ₁ P ₁ | 48.6125 | 29.0857 | 19.5269 | 51.0000 | 13.4165 | 1314.8133 | 1.3148 | 190.6976 | 12.9762 |
| M ₃ S ₂ T ₁ P ₁ | 45.0827 | 28.9140 | 16.1688 | 49.0000 | 12.8903 | 1263.2520 | 1.2633 | 183.2192 | 12.4673 |
| M ₁ S ₂ T ₂ P ₂ | 40.9909 | 25.1166 | 15.8743 | 69.0300 | 18.1596 | 1779.6385 | 1.7796 | 258.1148 | 17.5637 |
| M ₂ S ₂ T ₂ P ₂ | 43.0971 | 30.2491 | 12.8480 | 59.6700 | 15.6973 | 1538.3316 | 1.5383 | 223.1161 | 15.1822 |
| M ₃ S ₂ T ₂ P ₂ | 42.5392 | 30.0084 | 12.5308 | 57.3300 | 15.0817 | 1478.0048 | 1.4780 | 214.3665 | 14.5868 |
| M ₁ S ₂ T ₃ P ₃ | 40.9341 | 25.5889 | 15.3452 | 79.0600 | 20.7981 | 2038.2184 | 2.0382 | 295.6186 | 20.1157 |
| M ₂ S ₂ T ₃ P ₃ | 40.1088 | 30.8308 | 9.2780 | 68.3400 | 17.9781 | 1761.8498 | 1.7618 | 255.5347 | 17.3881 |
| M ₃ S ₂ T ₃ P ₃ | 40.0264 | 30.6488 | 9.3776 | 65.6600 | 17.2730 | 1692.7577 | 1.6928 | 245.5138 | 16.7062 |
| M ₁ S ₂ T ₄ P ₄ | 37.0540 | 26.0717 | 10.9822 | 99.1200 | 26.0753 | 2555.3783 | 2.5554 | 370.6263 | 25.2196 |
| M ₂ S ₂ T ₄ P ₄ | 39.5378 | 31.4755 | 8.0624 | 85.6800 | 22.5397 | 2208.8864 | 2.2089 | 320.3719 | 21.8000 |
| M ₃ S ₂ T ₄ P ₄ | 38.6478 | 31.1626 | 7.4852 | 82.3200 | 21.6557 | 2122.2634 | 2.1223 | 307.8083 | 20.9451 |
| M ₁ S ₂ T ₅ P ₅ | 35.9372 | 26.5656 | 9.3716 | 119.1800 | 31.3524 | 3072.5382 | 3.0725 | 445.6340 | 30.3236 |
| M ₂ S ₂ T ₅ P ₅ | 39.8737 | 31.9942 | 7.8794 | 103.0200 | 27.1013 | 2655.9229 | 2.6559 | 385.2091 | 26.2119 |
| M ₃ S ₂ T ₅ P ₅ | 38.2357 | 31.7397 | 6.4960 | 98.9800 | 26.0385 | 2551.7690 | 2.5518 | 370.1028 | 25.1840 |

M=Muestra; S1= Suelo Serie Illpa; S2=Suelo Serie Titicaca cálcico; T1=Tractor de 65 HP; T2=Tractor de 98 HP; P=Pasada.

ANEXO 9. RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE INFILTRACIÓN ÉPOCA HÚMEDA

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 65 HP, Pasada 1 (S1T1P1)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/min) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|----------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:18:00 | 24.30 | | | | | | |
| 7:19:00 | 22.10 | 1 | 1 | 2.2 | 2.20 | 132 | 132.00 |
| 7:20:00 | 20.20 | 1 | 2 | 1.9 | 4.10 | 114 | 123.00 |
| 7:21:00 | 18.80 | 1 | 3 | 1.4 | 5.50 | 84 | 110.00 |
| 7:23:00 | 17.00 | 2 | 5 | 1.8 | 7.30 | 54 | 87.60 |
| 7:25:00 | 15.50 | 2 | 7 | 1.5 | 8.80 | 45 | 75.43 |
| 7:27:00 | 14.40 | 2 | 9 | 1.1 | 9.90 | 33 | 66.00 |
| 7:32:00 | 13.20 | 5 | 14 | 1.2 | 11.10 | 14.4 | 47.57 |
| 7:37:00 | 12.30 | 5 | 19 | 0.9 | 12.00 | 10.8 | 37.89 |
| 7:42:00 | 11.50 | 5 | 24 | 0.8 | 12.80 | 9.6 | 32.00 |
| 7:52:00 | 10.30 | 10 | 34 | 1.2 | 14.00 | 7.2 | 24.71 |
| 8:02:00 | 17.70 | 10 | 44 | 1.0 | 15.00 | 6 | 20.45 |
| 8:12:00 | 17.00 | 10 | 54 | 0.7 | 15.70 | 4.2 | 17.44 |
| 8:32:00 | 15.90 | 20 | 74 | 1.1 | 16.80 | 3.3 | 13.62 |
| 8:52:00 | 15.00 | 20 | 94 | 0.9 | 17.70 | 2.7 | 11.30 |
| 9:22:00 | 14.10 | 30 | 124 | 0.9 | 18.60 | 1.8 | 9.00 |
| 9:52:00 | 13.20 | 30 | 154 | 0.9 | 19.50 | 1.8 | 7.60 |
| 10:22:00 | 12.60 | 30 | 184 | 0.6 | 20.10 | 1.2 | 6.55 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X.Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 2.20 | | | | | |
| 2 | 4.10 | 0.301029996 | 0.612783857 | 0.184466322 | 0.090619058 | 0.375504055 |
| 3 | 5.50 | 0.477121255 | 0.740362689 | 0.353242775 | 0.227644692 | 0.548136912 |
| 5 | 7.30 | 0.698970004 | 0.86332286 | 0.603436783 | 0.488559067 | 0.745326361 |
| 7 | 8.80 | 0.84509804 | 0.944482672 | 0.798180455 | 0.714190697 | 0.892047518 |
| 9 | 9.90 | 0.954242509 | 0.995635195 | 0.950077427 | 0.910578767 | 0.991289441 |
| 14 | 11.10 | 1.146128036 | 1.045322979 | 1.198073972 | 1.313609474 | 1.09270013 |
| 19 | 12.00 | 1.278753601 | 1.079181246 | 1.380006904 | 1.635210772 | 1.164632162 |
| 24 | 12.80 | 1.380211242 | 1.10720997 | 1.528183647 | 1.904983072 | 1.225913917 |
| 34 | 14.00 | 1.531478917 | 1.146128036 | 1.755270923 | 2.345427673 | 1.313609474 |
| 44 | 15.00 | 1.643452676 | 1.176091259 | 1.932850327 | 2.7009367 | 1.38319065 |
| 54 | 15.70 | 1.73239376 | 1.195899652 | 2.071769095 | 3.001188139 | 1.430175979 |
| 74 | 16.80 | 1.86923172 | 1.225309282 | 2.290386976 | 3.494027222 | 1.501382836 |
| 94 | 17.70 | 1.973127854 | 1.247973266 | 2.462410812 | 3.893233527 | 1.557437274 |
| 124 | 18.60 | 2.093421685 | 1.269512944 | 2.657625927 | 4.382414352 | 1.611663116 |
| 154 | 19.50 | 2.187520721 | 1.290034611 | 2.821977443 | 4.785246904 | 1.664189299 |
| 184 | 20.10 | 2.264817823 | 1.303196057 | 2.951501658 | 5.129399771 | 1.698319964 |
| SUMA | | 22.38 | 17.24 | 25.94 | 37.02 | 19.20 |

$I_b = 13.64 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 65 HP, Pasada 2 (S1T1P2)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:30:00 | 24.30 | | | | | | |
| 7:31:00 | 22.32 | 1 | 1 | 2.0 | 1.98 | 119.064 | 119.06 |
| 7:32:00 | 20.60 | 1 | 2 | 1.7 | 3.70 | 102.828 | 110.95 |
| 7:33:00 | 19.34 | 1 | 3 | 1.3 | 4.96 | 75.768 | 99.22 |
| 7:35:00 | 17.72 | 2 | 5 | 1.6 | 6.58 | 48.708 | 79.02 |
| 7:37:00 | 16.36 | 2 | 7 | 1.4 | 7.94 | 40.59 | 68.04 |
| 7:39:00 | 15.37 | 2 | 9 | 1.0 | 8.93 | 29.766 | 59.53 |
| 7:44:00 | 14.29 | 5 | 14 | 1.1 | 10.01 | 12.9888 | 42.91 |
| 7:49:00 | 13.48 | 5 | 19 | 0.8 | 10.82 | 9.7416 | 34.18 |
| 7:54:00 | 12.75 | 5 | 24 | 0.7 | 11.55 | 8.6592 | 28.86 |
| 8:04:00 | 11.67 | 10 | 34 | 1.1 | 12.63 | 6.4944 | 22.28 |
| 8:14:00 | 17.70 | 10 | 44 | 0.9 | 13.53 | 5.412 | 18.45 |
| 8:24:00 | 17.07 | 10 | 54 | 0.6 | 14.16 | 3.7884 | 15.73 |
| 8:44:00 | 16.08 | 20 | 74 | 1.0 | 15.15 | 2.9766 | 12.29 |
| 9:04:00 | 15.26 | 20 | 94 | 0.8 | 15.97 | 2.4354 | 10.19 |
| 9:34:00 | 14.45 | 30 | 124 | 0.8 | 16.78 | 1.6236 | 8.12 |
| 10:04:00 | 13.64 | 30 | 154 | 0.8 | 17.59 | 1.6236 | 6.85 |
| 10:34:00 | 13.10 | 30 | 184 | 0.5 | 18.13 | 1.0824 | 5.91 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.98 | | | | | |
| 2 | 3.70 | 0.301029996 | 0.567990394 | 0.170982146 | 0.090619058 | 0.322613088 |
| 3 | 4.96 | 0.477121255 | 0.695569227 | 0.331870862 | 0.227644692 | 0.48381655 |
| 5 | 6.58 | 0.698970004 | 0.818529398 | 0.572127497 | 0.488559067 | 0.669990375 |
| 7 | 7.94 | 0.84509804 | 0.89968921 | 0.760325588 | 0.714190697 | 0.809440674 |
| 9 | 8.93 | 0.954242509 | 0.950841732 | 0.907333601 | 0.910578767 | 0.9041 |
| 14 | 10.01 | 1.146128036 | 1.000529516 | 1.146734929 | 1.313609474 | 1.001059313 |
| 19 | 10.82 | 1.278753601 | 1.034387784 | 1.322727103 | 1.635210772 | 1.069958087 |
| 24 | 11.55 | 1.380211242 | 1.062416507 | 1.466359207 | 1.904983072 | 1.128728835 |
| 34 | 12.63 | 1.531478917 | 1.101334573 | 1.686670679 | 2.345427673 | 1.212937842 |
| 44 | 13.53 | 1.643452676 | 1.131297797 | 1.859234392 | 2.7009367 | 1.279834705 |
| 54 | 14.16 | 1.73239376 | 1.15110619 | 1.99416918 | 3.001188139 | 1.325045461 |
| 74 | 15.15 | 1.86923172 | 1.180515819 | 2.206657615 | 3.494027222 | 1.3936176 |
| 94 | 15.97 | 1.973127854 | 1.203179804 | 2.374027584 | 3.893233527 | 1.447641641 |
| 124 | 16.78 | 2.093421685 | 1.224719482 | 2.563854321 | 4.382414352 | 1.499937809 |
| 154 | 17.59 | 2.187520721 | 1.245241149 | 2.723990816 | 4.785246904 | 1.550625519 |
| 184 | 18.13 | 2.264817823 | 1.258402595 | 2.850052626 | 5.129399771 | 1.583577091 |
| SUMA | | 22.38 | 16.53 | 24.94 | 37.02 | 17.68 |

$I_b = 12.31 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 65 HP, Pasada 3 (S1T1P3)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 10:40:00 | 24.30 | | | | | | |
| 10:41:00 | 22.53 | 1 | 1 | 1.8 | 1.77 | 106.392 | 106.39 |
| 10:42:00 | 21.00 | 1 | 2 | 1.5 | 3.30 | 91.884 | 99.14 |
| 10:43:00 | 19.87 | 1 | 3 | 1.1 | 4.43 | 67.704 | 88.66 |
| 10:45:00 | 18.42 | 2 | 5 | 1.5 | 5.88 | 43.524 | 70.61 |
| 10:47:00 | 17.21 | 2 | 7 | 1.2 | 7.09 | 36.27 | 60.80 |
| 10:49:00 | 16.32 | 2 | 9 | 0.9 | 7.98 | 26.598 | 53.20 |
| 10:54:00 | 15.35 | 5 | 14 | 1.0 | 8.95 | 11.6064 | 38.34 |
| 10:59:00 | 14.63 | 5 | 19 | 0.7 | 9.67 | 8.7048 | 30.54 |
| 11:04:00 | 13.98 | 5 | 24 | 0.6 | 10.32 | 7.7376 | 25.79 |
| 11:14:00 | 13.02 | 10 | 34 | 1.0 | 11.28 | 5.8032 | 19.91 |
| 11:24:00 | 17.70 | 10 | 44 | 0.8 | 12.09 | 4.836 | 16.49 |
| 11:34:00 | 17.14 | 10 | 54 | 0.6 | 12.65 | 3.3852 | 14.06 |
| 11:54:00 | 16.25 | 20 | 74 | 0.9 | 13.54 | 2.6598 | 10.98 |
| 12:14:00 | 15.52 | 20 | 94 | 0.7 | 14.27 | 2.1762 | 9.11 |
| 12:44:00 | 14.80 | 30 | 124 | 0.7 | 14.99 | 1.4508 | 7.25 |
| 13:14:00 | 14.07 | 30 | 154 | 0.7 | 15.72 | 1.4508 | 6.12 |
| 13:44:00 | 13.59 | 30 | 184 | 0.5 | 16.20 | 0.9672 | 5.28 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.77 | | | | | |
| 2 | 3.30 | 0.301029996 | 0.519118899 | 0.15627036 | 0.090619058 | 0.269484431 |
| 3 | 4.43 | 0.477121255 | 0.646697731 | 0.308553233 | 0.227644692 | 0.418217956 |
| 5 | 5.88 | 0.698970004 | 0.769657902 | 0.537967787 | 0.488559067 | 0.592373286 |
| 7 | 7.09 | 0.84509804 | 0.850817714 | 0.719024382 | 0.714190697 | 0.723890782 |
| 9 | 7.98 | 0.954242509 | 0.901970236 | 0.860698342 | 0.910578767 | 0.813550307 |
| 14 | 8.95 | 1.146128036 | 0.951658021 | 1.090721938 | 1.313609474 | 0.905652988 |
| 19 | 9.67 | 1.278753601 | 0.985516288 | 1.260232502 | 1.635210772 | 0.971242354 |
| 24 | 10.32 | 1.380211242 | 1.013545011 | 1.398906219 | 1.904983072 | 1.02727349 |
| 34 | 11.28 | 1.531478917 | 1.052463077 | 1.611825014 | 2.345427673 | 1.107678529 |
| 44 | 12.09 | 1.643452676 | 1.082426301 | 1.778916401 | 2.7009367 | 1.171646697 |
| 54 | 12.65 | 1.73239376 | 1.102234694 | 1.909504506 | 3.001188139 | 1.214921321 |
| 74 | 13.54 | 1.86923172 | 1.131644324 | 2.115305465 | 3.494027222 | 1.280618875 |
| 94 | 14.27 | 1.973127854 | 1.154308308 | 2.277597874 | 3.893233527 | 1.33242767 |
| 124 | 14.99 | 2.093421685 | 1.175847986 | 2.461545672 | 4.382414352 | 1.382618486 |
| 154 | 15.72 | 2.187520721 | 1.196369653 | 2.617083406 | 4.785246904 | 1.431300347 |
| 184 | 16.20 | 2.264817823 | 1.209531099 | 2.739367591 | 5.129399771 | 1.46296548 |
| SUMA | | 22.38 | 15.74 | 23.84 | 37.02 | 16.11 |

$I_b = 11.00 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 65 HP, Pasada 4 (S1T1P4)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 11:00:00 | 24.30 | | | | | | |
| 11:01:00 | 22.95 | 1 | 1 | 1.3 | 1.35 | 80.784 | 80.78 |
| 11:02:00 | 21.79 | 1 | 2 | 1.2 | 2.51 | 69.768 | 75.28 |
| 11:03:00 | 20.93 | 1 | 3 | 0.9 | 3.37 | 51.408 | 67.32 |
| 11:05:00 | 19.83 | 2 | 5 | 1.1 | 4.47 | 33.048 | 53.61 |
| 11:07:00 | 18.91 | 2 | 7 | 0.9 | 5.39 | 27.54 | 46.16 |
| 11:09:00 | 18.24 | 2 | 9 | 0.7 | 6.06 | 20.196 | 40.39 |
| 11:14:00 | 17.51 | 5 | 14 | 0.7 | 6.79 | 8.8128 | 29.11 |
| 11:19:00 | 16.96 | 5 | 19 | 0.6 | 7.34 | 6.6096 | 23.19 |
| 11:24:00 | 16.47 | 5 | 24 | 0.5 | 7.83 | 5.8752 | 19.58 |
| 11:34:00 | 15.73 | 10 | 34 | 0.7 | 8.57 | 4.4064 | 15.12 |
| 11:44:00 | 17.70 | 10 | 44 | 0.6 | 9.18 | 3.672 | 12.52 |
| 11:54:00 | 17.27 | 10 | 54 | 0.4 | 9.61 | 2.5704 | 10.68 |
| 12:14:00 | 16.60 | 20 | 74 | 0.7 | 10.28 | 2.0196 | 8.34 |
| 12:34:00 | 16.05 | 20 | 94 | 0.6 | 10.83 | 1.6524 | 6.91 |
| 13:04:00 | 15.50 | 30 | 124 | 0.6 | 11.38 | 1.1016 | 5.51 |
| 13:34:00 | 14.95 | 30 | 154 | 0.6 | 11.93 | 1.1016 | 4.65 |
| 14:04:00 | 14.58 | 30 | 184 | 0.4 | 12.30 | 0.7344 | 4.01 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | X.Y | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.35 | | | | | |
| 2 | 2.51 | 0.301029996 | 0.399535279 | 0.120272103 | 0.090619058 | 0.159628439 |
| 3 | 3.37 | 0.477121255 | 0.527114112 | 0.251497346 | 0.227644692 | 0.277849287 |
| 5 | 4.47 | 0.698970004 | 0.650074282 | 0.454382424 | 0.488559067 | 0.422596572 |
| 7 | 5.39 | 0.84509804 | 0.731234094 | 0.6179645 | 0.714190697 | 0.534703301 |
| 9 | 6.06 | 0.954242509 | 0.782386617 | 0.746586569 | 0.910578767 | 0.612128818 |
| 14 | 6.79 | 1.146128036 | 0.832074401 | 0.953663799 | 1.313609474 | 0.692347809 |
| 19 | 7.34 | 1.278753601 | 0.865932668 | 1.107314518 | 1.635210772 | 0.749839386 |
| 24 | 7.83 | 1.380211242 | 0.893961392 | 1.233855563 | 1.904983072 | 0.79916697 |
| 34 | 8.57 | 1.531478917 | 0.932879458 | 1.428685222 | 2.345427673 | 0.870264083 |
| 44 | 9.18 | 1.643452676 | 0.962842681 | 1.582386381 | 2.7009367 | 0.927066029 |
| 54 | 9.61 | 1.73239376 | 0.982651075 | 1.70233859 | 3.001188139 | 0.965603134 |
| 74 | 10.28 | 1.86923172 | 1.012060704 | 1.89177597 | 3.494027222 | 1.024266868 |
| 94 | 10.83 | 1.973127854 | 1.034724689 | 2.041644104 | 3.893233527 | 1.070655181 |
| 124 | 11.38 | 2.093421685 | 1.056264366 | 2.21120673 | 4.382414352 | 1.115694412 |
| 154 | 11.93 | 2.187520721 | 1.076786034 | 2.35549176 | 4.785246904 | 1.159468162 |
| 184 | 12.30 | 2.264817823 | 1.08994748 | 2.468532478 | 5.129399771 | 1.187985508 |
| SUMA | | 22.38 | 13.83 | 21.17 | 37.02 | 12.57 |

$I_b = 8.35 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 65 HP, Pasada 5 (S1T1P5)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 14:00:00 | 24.30 | | | | | | |
| 14:01:00 | 23.81 | 1 | 1 | 0.5 | 0.49 | 29.568 | 29.57 |
| 14:02:00 | 23.38 | 1 | 2 | 0.4 | 0.92 | 25.536 | 27.55 |
| 14:03:00 | 23.07 | 1 | 3 | 0.3 | 1.23 | 18.816 | 24.64 |
| 14:05:00 | 22.66 | 2 | 5 | 0.4 | 1.64 | 12.096 | 19.62 |
| 14:07:00 | 22.33 | 2 | 7 | 0.3 | 1.97 | 10.08 | 16.90 |
| 14:09:00 | 22.08 | 2 | 9 | 0.2 | 2.22 | 7.392 | 14.78 |
| 14:14:00 | 21.81 | 5 | 14 | 0.3 | 2.49 | 3.2256 | 10.66 |
| 14:19:00 | 21.61 | 5 | 19 | 0.2 | 2.69 | 2.4192 | 8.49 |
| 14:24:00 | 21.43 | 5 | 24 | 0.2 | 2.87 | 2.1504 | 7.17 |
| 14:34:00 | 21.16 | 10 | 34 | 0.3 | 3.14 | 1.6128 | 5.53 |
| 14:44:00 | 17.70 | 10 | 44 | 0.2 | 3.36 | 1.344 | 4.58 |
| 14:54:00 | 17.54 | 10 | 54 | 0.2 | 3.52 | 0.9408 | 3.91 |
| 15:14:00 | 17.30 | 20 | 74 | 0.2 | 3.76 | 0.7392 | 3.05 |
| 15:34:00 | 17.10 | 20 | 94 | 0.2 | 3.96 | 0.6048 | 2.53 |
| 16:04:00 | 16.89 | 30 | 124 | 0.2 | 4.17 | 0.4032 | 2.02 |
| 16:34:00 | 16.69 | 30 | 154 | 0.2 | 4.37 | 0.4032 | 1.70 |
| 17:04:00 | 16.56 | 30 | 184 | 0.1 | 4.50 | 0.2688 | 1.47 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X.Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.49 | | | | | |
| 2 | 0.92 | 0.301029996 | -0.036968125 | -0.011128514 | 0.090619058 | 0.001366642 |
| 3 | 1.23 | 0.477121255 | 0.090610708 | 0.043232295 | 0.227644692 | 0.0082103 |
| 5 | 1.64 | 0.698970004 | 0.213570878 | 0.149279638 | 0.488559067 | 0.04561252 |
| 7 | 1.97 | 0.84509804 | 0.29473069 | 0.249076329 | 0.714190697 | 0.08686618 |
| 9 | 2.22 | 0.954242509 | 0.345883213 | 0.330056465 | 0.910578767 | 0.119635197 |
| 14 | 2.49 | 1.146128036 | 0.395570997 | 0.45337501 | 1.313609474 | 0.156476414 |
| 19 | 2.69 | 1.278753601 | 0.429429264 | 0.549134218 | 1.635210772 | 0.184409493 |
| 24 | 2.87 | 1.380211242 | 0.457457988 | 0.631388658 | 1.904983072 | 0.209267811 |
| 34 | 3.14 | 1.531478917 | 0.496376054 | 0.760189462 | 2.345427673 | 0.246389187 |
| 44 | 3.36 | 1.643452676 | 0.526339277 | 0.865013694 | 2.7009367 | 0.277033035 |
| 54 | 3.52 | 1.73239376 | 0.546147671 | 0.946142817 | 3.001188139 | 0.298277278 |
| 74 | 3.76 | 1.86923172 | 0.5755573 | 1.075849962 | 3.494027222 | 0.331266206 |
| 94 | 3.96 | 1.973127854 | 0.598221285 | 1.180367079 | 3.893233527 | 0.357868705 |
| 124 | 4.17 | 2.093421685 | 0.619760963 | 1.297421039 | 4.382414352 | 0.384103651 |
| 154 | 4.37 | 2.187520721 | 0.64028263 | 1.40063152 | 4.785246904 | 0.409961846 |
| 184 | 4.50 | 2.264817823 | 0.653444076 | 1.479931789 | 5.129399771 | 0.42698916 |
| SUMA | | 22.38 | 6.85 | 11.40 | 37.02 | 3.54 |

$I_b = 3.06$ mm/h

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 98 HP, Pasada 1 (S1T2P1)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:18:00 | 21.30 | | | | | | |
| 7:19:00 | 19.70 | 1 | 1 | 1.6 | 1.60 | 96 | 96.00 |
| 7:20:00 | 18.20 | 1 | 2 | 1.5 | 3.10 | 90 | 93.00 |
| 7:22:00 | 16.10 | 2 | 4 | 2.1 | 5.20 | 63 | 78.00 |
| 7:24:00 | 14.30 | 2 | 6 | 1.8 | 7.00 | 54 | 70.00 |
| 7:26:00 | 13.20 | 2 | 8 | 1.1 | 8.10 | 33 | 60.75 |
| 7:28:00 | 22.90 | 2 | 10 | 1.0 | 9.10 | 30 | 54.60 |
| 7:33:00 | 21.50 | 5 | 15 | 1.4 | 10.50 | 16.8 | 42.00 |
| 7:38:00 | 20.40 | 5 | 20 | 1.1 | 11.60 | 13.2 | 34.80 |
| 7:48:00 | 18.90 | 10 | 30 | 1.5 | 13.10 | 9 | 26.20 |
| 7:58:00 | 17.80 | 10 | 40 | 1.1 | 14.20 | 6.6 | 21.30 |
| 8:18:00 | 16.80 | 20 | 60 | 1.0 | 15.20 | 3 | 15.20 |
| 8:38:00 | 16.00 | 20 | 80 | 0.8 | 16.00 | 2.4 | 12.00 |
| 9:08:00 | 15.10 | 30 | 110 | 0.9 | 16.90 | 1.8 | 9.22 |
| 10:08:00 | 14.30 | 60 | 170 | 0.8 | 17.70 | 0.8 | 6.25 |
| 11:08:00 | 13.50 | 60 | 230 | 0.8 | 18.50 | 0.8 | 4.83 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | X.Y | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.60 | | | | | |
| 2 | 3.10 | 0.301029996 | 0.491361694 | 0.147914609 | 0.090619058 | 0.241436314 |
| 4 | 5.20 | 0.602059991 | 0.716003344 | 0.431076967 | 0.362476233 | 0.512660788 |
| 6 | 7.00 | 0.77815125 | 0.84509804 | 0.657614097 | 0.605519368 | 0.714190697 |
| 8 | 8.10 | 0.903089987 | 0.908485019 | 0.820443724 | 0.815571525 | 0.82534503 |
| 10 | 9.10 | 1 | 0.959041392 | 0.959041392 | 1 | 0.919760392 |
| 15 | 10.50 | 1.176091259 | 1.021189299 | 1.201011808 | 1.38319065 | 1.042827585 |
| 20 | 11.60 | 1.301029996 | 1.064457989 | 1.384891773 | 1.69267905 | 1.133070811 |
| 30 | 13.10 | 1.477121255 | 1.117271296 | 1.650345178 | 2.181887201 | 1.248295148 |
| 40 | 14.20 | 1.602059991 | 1.152288344 | 1.846035055 | 2.566596216 | 1.327768429 |
| 60 | 15.20 | 1.77815125 | 1.181843588 | 2.101496654 | 3.161821869 | 1.396754266 |
| 80 | 16.00 | 1.903089987 | 1.204119983 | 2.291548682 | 3.621751499 | 1.449904933 |
| 110 | 16.90 | 2.041392685 | 1.227886705 | 2.506598937 | 4.167284095 | 1.507705759 |
| 170 | 17.70 | 2.230448921 | 1.247973266 | 2.783540626 | 4.974902391 | 1.557437274 |
| 230 | 18.50 | 2.361727836 | 1.267171728 | 2.992714744 | 5.577758371 | 1.605724189 |
| SUMA | | 19.46 | 14.40 | 21.77 | 32.20 | 15.48 |

$I_b = 14.19 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 98 HP, Pasada 2 (S1T2P2)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:30:00 | 21.30 | | | | | | |
| 7:31:00 | 20.00 | 1 | 1 | 1.3 | 1.30 | 78 | 78.00 |
| 7:32:00 | 18.78 | 1 | 2 | 1.2 | 2.52 | 73.125 | 75.56 |
| 7:34:00 | 17.08 | 2 | 4 | 1.7 | 4.23 | 51.1875 | 63.38 |
| 7:36:00 | 15.61 | 2 | 6 | 1.5 | 5.69 | 43.875 | 56.88 |
| 7:38:00 | 14.72 | 2 | 8 | 0.9 | 6.58 | 26.8125 | 49.36 |
| 7:40:00 | 22.90 | 2 | 10 | 1.0 | 7.58 | 30 | 45.49 |
| 7:45:00 | 21.76 | 5 | 15 | 1.1 | 8.72 | 13.65 | 34.88 |
| 7:50:00 | 20.87 | 5 | 20 | 0.9 | 9.61 | 10.725 | 28.84 |
| 8:00:00 | 19.65 | 10 | 30 | 1.2 | 10.83 | 7.3125 | 21.66 |
| 8:10:00 | 18.76 | 10 | 40 | 0.9 | 11.73 | 5.3625 | 17.59 |
| 8:30:00 | 17.94 | 20 | 60 | 0.8 | 12.54 | 2.4375 | 12.54 |
| 8:50:00 | 17.29 | 20 | 80 | 0.7 | 13.19 | 1.95 | 9.89 |
| 9:20:00 | 16.56 | 30 | 110 | 0.7 | 13.92 | 1.4625 | 7.59 |
| 10:20:00 | 15.91 | 60 | 170 | 0.6 | 14.57 | 0.65 | 5.14 |
| 11:20:00 | 15.26 | 60 | 230 | 0.7 | 15.22 | 0.65 | 3.97 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.30 | | | | | |
| 2 | 2.52 | 0.301029996 | 0.401185063 | 0.120768738 | 0.090619058 | 0.160949455 |
| 4 | 4.23 | 0.602059991 | 0.625826713 | 0.376785226 | 0.362476233 | 0.391659075 |
| 6 | 5.69 | 0.77815125 | 0.75492141 | 0.587443039 | 0.605519368 | 0.569906335 |
| 8 | 6.58 | 0.903089987 | 0.818308389 | 0.739006112 | 0.815571525 | 0.669628619 |
| 10 | 7.58 | 1 | 0.879740818 | 0.879740818 | 1 | 0.773943907 |
| 15 | 8.72 | 1.176091259 | 0.940454225 | 1.106059994 | 1.38319065 | 0.884454149 |
| 20 | 9.61 | 1.301029996 | 0.982836353 | 1.278699576 | 1.69267905 | 0.965967296 |
| 30 | 10.83 | 1.477121255 | 1.03467858 | 1.528345722 | 2.181887201 | 1.070559764 |
| 40 | 11.73 | 1.602059991 | 1.069112851 | 1.712782925 | 2.566596216 | 1.143002289 |
| 60 | 12.54 | 1.77815125 | 1.098210946 | 1.952785167 | 3.161821869 | 1.206067282 |
| 80 | 13.19 | 1.903089987 | 1.120162473 | 2.131769985 | 3.621751499 | 1.254763965 |
| 110 | 13.92 | 2.041392685 | 1.143600234 | 2.334537153 | 4.167284095 | 1.307821496 |
| 170 | 14.57 | 2.230448921 | 1.163422291 | 2.594953994 | 4.974902391 | 1.353551427 |
| 230 | 15.22 | 2.361727836 | 1.182378983 | 2.792457357 | 5.577758371 | 1.398020059 |
| SUMA | | 19.46 | 13.21 | 20.14 | 32.20 | 13.15 |

$I_b = 11.90 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 98 HP, Pasada 3 (S1T2P3)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 10:40:00 | 21.30 | | | | | | |
| 10:41:00 | 20.30 | 1 | 1 | 1.0 | 1.00 | 60 | 60.00 |
| 10:42:00 | 19.36 | 1 | 2 | 0.9 | 1.94 | 56.25 | 58.13 |
| 10:44:00 | 18.05 | 2 | 4 | 1.3 | 3.25 | 39.375 | 48.75 |
| 10:46:00 | 16.93 | 2 | 6 | 1.1 | 4.38 | 33.75 | 43.75 |
| 10:48:00 | 16.24 | 2 | 8 | 0.7 | 5.06 | 20.625 | 37.97 |
| 10:50:00 | 22.90 | 2 | 10 | 1.0 | 6.06 | 30 | 36.38 |
| 10:55:00 | 22.03 | 5 | 15 | 0.9 | 6.94 | 10.5 | 27.75 |
| 11:00:00 | 21.34 | 5 | 20 | 0.7 | 7.63 | 8.25 | 22.88 |
| 11:10:00 | 20.40 | 10 | 30 | 0.9 | 8.56 | 5.625 | 17.13 |
| 11:20:00 | 19.71 | 10 | 40 | 0.7 | 9.25 | 4.125 | 13.88 |
| 11:40:00 | 19.09 | 20 | 60 | 0.6 | 9.88 | 1.875 | 9.88 |
| 12:00:00 | 18.59 | 20 | 80 | 0.5 | 10.38 | 1.5 | 7.78 |
| 12:30:00 | 18.03 | 30 | 110 | 0.6 | 10.94 | 1.125 | 5.97 |
| 13:30:00 | 17.53 | 60 | 170 | 0.5 | 11.44 | 0.5 | 4.04 |
| 14:30:00 | 17.03 | 60 | 230 | 0.5 | 11.94 | 0.5 | 3.11 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.00 | | | | | |
| 2 | 1.94 | 0.301029996 | 0.287241711 | 0.086468371 | 0.090619058 | 0.082507801 |
| 4 | 3.25 | 0.602059991 | 0.511883361 | 0.308184492 | 0.362476233 | 0.262024575 |
| 6 | 4.38 | 0.77815125 | 0.640978057 | 0.498777877 | 0.605519368 | 0.41085287 |
| 8 | 5.06 | 0.903089987 | 0.704365036 | 0.636105011 | 0.815571525 | 0.496130104 |
| 10 | 6.06 | 1 | 0.782651752 | 0.782651752 | 1 | 0.612543764 |
| 15 | 6.94 | 1.176091259 | 0.841202996 | 0.989331491 | 1.38319065 | 0.707622481 |
| 20 | 7.63 | 1.301029996 | 0.882239848 | 1.147820506 | 1.69267905 | 0.778347149 |
| 30 | 8.56 | 1.477121255 | 0.932600585 | 1.377564146 | 2.181887201 | 0.86974385 |
| 40 | 9.25 | 1.602059991 | 0.966141733 | 1.547817016 | 2.566596216 | 0.933429848 |
| 60 | 9.88 | 1.77815125 | 0.994537104 | 1.768437396 | 3.161821869 | 0.989104052 |
| 80 | 10.38 | 1.903089987 | 1.015988105 | 1.93351679 | 3.621751499 | 1.03223183 |
| 110 | 10.94 | 2.041392685 | 1.038918066 | 2.12083974 | 4.167284095 | 1.079350748 |
| 170 | 11.44 | 2.230448921 | 1.058331107 | 2.360553476 | 4.974902391 | 1.120064732 |
| 230 | 11.94 | 2.361727836 | 1.076913385 | 2.543376317 | 5.577758371 | 1.159742438 |
| SUMA | | 19.46 | 11.73 | 18.10 | 32.20 | 10.53 |

$I_b = 9.61 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 98 HP, Pasada 4 (S1T2P4)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 11:00:00 | 21.30 | | | | | | |
| 11:01:00 | 20.60 | 1 | 1 | 0.7 | 0.70 | 42 | 42.00 |
| 11:02:00 | 19.94 | 1 | 2 | 0.7 | 1.36 | 39.375 | 40.69 |
| 11:04:00 | 19.03 | 2 | 4 | 0.9 | 2.28 | 27.5625 | 34.13 |
| 11:06:00 | 18.24 | 2 | 6 | 0.8 | 3.06 | 23.625 | 30.63 |
| 11:08:00 | 17.76 | 2 | 8 | 0.5 | 3.54 | 14.4375 | 26.58 |
| 11:10:00 | 22.90 | 2 | 10 | 1.0 | 4.54 | 30 | 27.26 |
| 11:15:00 | 22.29 | 5 | 15 | 0.6 | 5.16 | 7.35 | 20.63 |
| 11:20:00 | 21.81 | 5 | 20 | 0.5 | 5.64 | 5.775 | 16.91 |
| 11:30:00 | 21.15 | 10 | 30 | 0.7 | 6.29 | 3.9375 | 12.59 |
| 11:40:00 | 20.67 | 10 | 40 | 0.5 | 6.78 | 2.8875 | 10.16 |
| 12:00:00 | 20.23 | 20 | 60 | 0.4 | 7.21 | 1.3125 | 7.21 |
| 12:20:00 | 19.88 | 20 | 80 | 0.4 | 7.56 | 1.05 | 5.67 |
| 12:50:00 | 19.49 | 30 | 110 | 0.4 | 7.96 | 0.7875 | 4.34 |
| 13:50:00 | 19.14 | 60 | 170 | 0.3 | 8.31 | 0.35 | 2.93 |
| 14:50:00 | 18.79 | 60 | 230 | 0.4 | 8.66 | 0.35 | 2.26 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.70 | | | | | |
| 2 | 1.36 | 0.301029996 | 0.132339751 | 0.039838235 | 0.090619058 | 0.01751381 |
| 4 | 2.28 | 0.602059991 | 0.356981401 | 0.214924219 | 0.362476233 | 0.127435721 |
| 6 | 3.06 | 0.77815125 | 0.486076097 | 0.378240723 | 0.605519368 | 0.236269972 |
| 8 | 3.54 | 0.903089987 | 0.549463076 | 0.496214602 | 0.815571525 | 0.301909672 |
| 10 | 4.54 | 1 | 0.657414428 | 0.657414428 | 1 | 0.43219373 |
| 15 | 5.16 | 1.176091259 | 0.712333966 | 0.837769751 | 1.38319065 | 0.507419679 |
| 20 | 5.64 | 1.301029996 | 0.751086555 | 0.977186137 | 1.69267905 | 0.564131013 |
| 30 | 6.29 | 1.477121255 | 0.798909488 | 1.180086185 | 2.181887201 | 0.63825637 |
| 40 | 6.78 | 1.602059991 | 0.8309093 | 1.331166545 | 2.566596216 | 0.690410264 |
| 60 | 7.21 | 1.77815125 | 0.858085826 | 1.525806385 | 3.161821869 | 0.736311285 |
| 80 | 7.56 | 1.903089987 | 0.878665388 | 1.672179301 | 3.621751499 | 0.772052863 |
| 110 | 7.96 | 2.041392685 | 0.900708421 | 1.838699582 | 4.167284095 | 0.81127566 |
| 170 | 8.31 | 2.230448921 | 0.919404998 | 2.050685887 | 4.974902391 | 0.845305551 |
| 230 | 8.66 | 2.361727836 | 0.937329791 | 2.213717858 | 5.577758371 | 0.878587137 |
| SUMA | | 19.46 | 9.77 | 15.41 | 32.20 | 7.56 |

$I_b = 7.34 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 98 HP, Pasada 5 (S1T2P5)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 14:00:00 | 21.30 | | | | | | |
| 14:01:00 | 21.19 | 1 | 1 | 0.1 | 0.11 | 6.48 | 6.48 |
| 14:02:00 | 21.09 | 1 | 2 | 0.1 | 0.21 | 6.075 | 6.28 |
| 14:04:00 | 20.95 | 2 | 4 | 0.1 | 0.35 | 4.2525 | 5.27 |
| 14:06:00 | 20.83 | 2 | 6 | 0.1 | 0.47 | 3.645 | 4.73 |
| 14:08:00 | 20.75 | 2 | 8 | 0.1 | 0.55 | 2.2275 | 4.10 |
| 14:10:00 | 22.90 | 2 | 10 | 1.0 | 1.55 | 30 | 9.28 |
| 14:15:00 | 22.81 | 5 | 15 | 0.1 | 1.64 | 1.134 | 6.57 |
| 14:20:00 | 22.73 | 5 | 20 | 0.1 | 1.72 | 0.891 | 5.15 |
| 14:30:00 | 22.63 | 10 | 30 | 0.1 | 1.82 | 0.6075 | 3.63 |
| 14:40:00 | 22.56 | 10 | 40 | 0.1 | 1.89 | 0.4455 | 2.84 |
| 15:00:00 | 22.49 | 20 | 60 | 0.1 | 1.96 | 0.2025 | 1.96 |
| 15:20:00 | 22.43 | 20 | 80 | 0.1 | 2.01 | 0.162 | 1.51 |
| 15:50:00 | 22.37 | 30 | 110 | 0.1 | 2.07 | 0.1215 | 1.13 |
| 16:50:00 | 22.32 | 60 | 170 | 0.1 | 2.13 | 0.054 | 0.75 |
| 17:50:00 | 22.27 | 60 | 230 | 0.1 | 2.18 | 0.054 | 0.57 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.11 | | | | | |
| 2 | 0.21 | 0.301029996 | -0.679334533 | -0.204500072 | 0.090619058 | 0.461495408 |
| 4 | 0.35 | 0.602059991 | -0.454692884 | -0.273752394 | 0.362476233 | 0.206745618 |
| 6 | 0.47 | 0.77815125 | -0.325598187 | -0.253364636 | 0.605519368 | 0.106014179 |
| 8 | 0.55 | 0.903089987 | -0.262211208 | -0.236800317 | 0.815571525 | 0.068754718 |
| 10 | 1.55 | 1 | 0.189420125 | 0.189420125 | 1 | 0.035879984 |
| 15 | 1.64 | 1.176091259 | 0.215174739 | 0.25306513 | 1.38319065 | 0.046300168 |
| 20 | 1.72 | 1.301029996 | 0.234390722 | 0.304949361 | 1.69267905 | 0.054939011 |
| 30 | 1.82 | 1.477121255 | 0.259295169 | 0.383010405 | 2.181887201 | 0.067233985 |
| 40 | 1.89 | 1.602059991 | 0.276691529 | 0.443276428 | 2.566596216 | 0.076558202 |
| 60 | 1.96 | 1.77815125 | 0.291923576 | 0.519084271 | 3.161821869 | 0.085219374 |
| 80 | 2.01 | 1.903089987 | 0.303735889 | 0.578036729 | 3.621751499 | 0.09225549 |
| 110 | 2.07 | 2.041392685 | 0.316651674 | 0.646410411 | 4.167284095 | 0.100268283 |
| 170 | 2.13 | 2.230448921 | 0.327818532 | 0.731182492 | 4.974902391 | 0.10746499 |
| 230 | 2.18 | 2.361727836 | 0.338705444 | 0.799930076 | 5.577758371 | 0.114721378 |
| SUMA | | 19.46 | 1.03 | 3.88 | 32.20 | 1.62 |

$I_b = 3.57 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 65 HP, Pasada 1 (S2T1P1)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:19:00 | 19.90 | | | | | | |
| 7:20:00 | 18.30 | 1 | 1 | 1.6 | 1.60 | 96 | 96.00 |
| 7:22:00 | 16.30 | 2 | 3 | 2.0 | 3.60 | 60 | 72.00 |
| 7:24:00 | 14.70 | 2 | 5 | 1.6 | 5.20 | 48 | 62.40 |
| 7:26:00 | 13.80 | 2 | 7 | 0.9 | 6.10 | 27 | 52.29 |
| 7:30:00 | 12.60 | 4 | 11 | 1.2 | 7.30 | 18 | 39.82 |
| 7:34:00 | 21.60 | 4 | 15 | 1.1 | 8.40 | 16.5 | 33.60 |
| 7:38:00 | 20.70 | 4 | 19 | 0.9 | 9.30 | 13.5 | 29.37 |
| 7:42:00 | 20.00 | 4 | 23 | 0.7 | 10.00 | 10.5 | 26.09 |
| 7:52:00 | 19.00 | 10 | 33 | 1.0 | 11.00 | 6 | 20.00 |
| 8:02:00 | 18.10 | 10 | 43 | 0.9 | 11.90 | 5.4 | 16.60 |
| 8:22:00 | 17.30 | 20 | 63 | 0.8 | 12.70 | 2.4 | 12.10 |
| 8:42:00 | 16.60 | 20 | 83 | 0.7 | 13.40 | 2.1 | 9.69 |
| 9:12:00 | 15.90 | 30 | 113 | 0.7 | 14.10 | 1.4 | 7.49 |
| 10:12:00 | 15.30 | 60 | 173 | 0.6 | 14.70 | 0.6 | 5.10 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.60 | | | | | |
| 3 | 3.60 | 0.477121255 | 0.556302501 | 0.265423747 | 0.227644692 | 0.309472472 |
| 5 | 5.20 | 0.698970004 | 0.716003344 | 0.50046486 | 0.488559067 | 0.512660788 |
| 7 | 6.10 | 0.84509804 | 0.785329835 | 0.663680704 | 0.714190697 | 0.61674295 |
| 11 | 7.30 | 1.041392685 | 0.86332286 | 0.899058111 | 1.084498725 | 0.745326361 |
| 15 | 8.40 | 1.176091259 | 0.924279286 | 1.087036789 | 1.38319065 | 0.854292199 |
| 19 | 9.30 | 1.278753601 | 0.968482949 | 1.238451058 | 1.635210772 | 0.937959222 |
| 23 | 10.00 | 1.361727836 | 1 | 1.361727836 | 1.854302699 | 1 |
| 33 | 11.00 | 1.51851394 | 1.041392685 | 1.581369309 | 2.305884586 | 1.084498725 |
| 43 | 11.90 | 1.633468456 | 1.075546961 | 1.756872034 | 2.668219195 | 1.156801266 |
| 63 | 12.70 | 1.799340549 | 1.103803721 | 1.986118794 | 3.237626413 | 1.218382654 |
| 83 | 13.40 | 1.919078092 | 1.127104798 | 2.163002126 | 3.682860725 | 1.270365226 |
| 113 | 14.10 | 2.053078443 | 1.149219113 | 2.359436987 | 4.215131095 | 1.320704569 |
| 173 | 14.70 | 2.238046103 | 1.167317335 | 2.612510012 | 5.00885036 | 1.36262976 |
| SUMA | | 18.04 | 12.48 | 18.48 | 28.51 | 12.39 |

$I_b = 11.62 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 65 HP, Pasada 2 (S2T1P2)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:35:00 | 19.90 | | | | | | |
| 7:36:00 | 18.49 | 1 | 1 | 1.4 | 1.41 | 84.768 | 84.77 |
| 7:38:00 | 16.72 | 2 | 3 | 1.8 | 3.18 | 52.98 | 63.58 |
| 7:40:00 | 15.31 | 2 | 5 | 1.4 | 4.59 | 42.384 | 55.10 |
| 7:42:00 | 14.51 | 2 | 7 | 0.8 | 5.39 | 23.841 | 46.17 |
| 7:46:00 | 13.45 | 4 | 11 | 1.1 | 6.45 | 15.894 | 35.16 |
| 7:50:00 | 21.60 | 4 | 15 | 1.1 | 7.55 | 16.5 | 30.18 |
| 7:54:00 | 20.81 | 4 | 19 | 0.8 | 8.34 | 11.9205 | 26.34 |
| 7:58:00 | 20.19 | 4 | 23 | 0.6 | 8.96 | 9.2715 | 23.37 |
| 8:08:00 | 19.30 | 10 | 33 | 0.9 | 9.84 | 5.298 | 17.89 |
| 8:18:00 | 18.51 | 10 | 43 | 0.8 | 10.64 | 4.7682 | 14.84 |
| 8:38:00 | 17.80 | 20 | 63 | 0.7 | 11.34 | 2.1192 | 10.80 |
| 8:58:00 | 17.19 | 20 | 83 | 0.6 | 11.96 | 1.8543 | 8.65 |
| 9:28:00 | 16.57 | 30 | 113 | 0.6 | 12.58 | 1.2362 | 6.68 |
| 10:28:00 | 16.04 | 60 | 173 | 0.5 | 13.11 | 0.5298 | 4.55 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.41 | | | | | |
| 3 | 3.18 | 0.477121255 | 0.502263204 | 0.23964045 | 0.227644692 | 0.252268326 |
| 5 | 4.59 | 0.698970004 | 0.661964047 | 0.462693013 | 0.488559067 | 0.4381964 |
| 7 | 5.39 | 0.84509804 | 0.731290539 | 0.618012201 | 0.714190697 | 0.534785852 |
| 11 | 6.45 | 1.041392685 | 0.809283564 | 0.842781983 | 1.084498725 | 0.654939886 |
| 15 | 7.55 | 1.176091259 | 0.877711046 | 1.032268289 | 1.38319065 | 0.770376679 |
| 19 | 8.34 | 1.278753601 | 0.921197294 | 1.177984357 | 1.635210772 | 0.848604454 |
| 23 | 8.96 | 1.361727836 | 0.952244994 | 1.296698515 | 1.854302699 | 0.906770528 |
| 33 | 9.84 | 1.51851394 | 0.993070123 | 1.507990824 | 2.305884586 | 0.986188268 |
| 43 | 10.64 | 1.633468456 | 1.026794661 | 1.67723669 | 2.668219195 | 1.054307277 |
| 63 | 11.34 | 1.799340549 | 1.054720275 | 1.897800958 | 3.237626413 | 1.112434857 |
| 83 | 11.96 | 1.919078092 | 1.077763859 | 2.068313011 | 3.682860725 | 1.161574937 |
| 113 | 12.58 | 2.053078443 | 1.099646117 | 2.257659739 | 4.215131095 | 1.209221583 |
| 173 | 13.11 | 2.238046103 | 1.117562938 | 2.501157377 | 5.00885036 | 1.248946919 |
| SUMA | | 18.04 | 11.83 | 17.58 | 28.51 | 11.18 |

$I_b = 10.57 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 65 HP, Pasada 3 (S2T1P3)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 10:30:00 | 19.90 | | | | | | |
| 10:31:00 | 18.67 | 1 | 1 | 1.2 | 1.23 | 73.536 | 73.54 |
| 10:33:00 | 17.14 | 2 | 3 | 1.5 | 2.76 | 45.96 | 55.15 |
| 10:35:00 | 15.92 | 2 | 5 | 1.2 | 3.98 | 36.768 | 47.80 |
| 10:37:00 | 15.23 | 2 | 7 | 0.7 | 4.67 | 20.682 | 40.05 |
| 10:41:00 | 14.31 | 4 | 11 | 0.9 | 5.59 | 13.788 | 30.50 |
| 10:45:00 | 21.60 | 4 | 15 | 1.1 | 6.69 | 16.5 | 26.77 |
| 10:49:00 | 20.91 | 4 | 19 | 0.7 | 7.38 | 10.341 | 23.31 |
| 10:53:00 | 20.37 | 4 | 23 | 0.5 | 7.92 | 8.043 | 20.65 |
| 11:03:00 | 19.61 | 10 | 33 | 0.8 | 8.68 | 4.596 | 15.79 |
| 11:13:00 | 18.92 | 10 | 43 | 0.7 | 9.37 | 4.1364 | 13.08 |
| 11:33:00 | 18.31 | 20 | 63 | 0.6 | 9.99 | 1.8384 | 9.51 |
| 11:53:00 | 17.77 | 20 | 83 | 0.5 | 10.52 | 1.6086 | 7.61 |
| 12:23:00 | 17.23 | 30 | 113 | 0.5 | 11.06 | 1.0724 | 5.87 |
| 13:23:00 | 16.77 | 60 | 173 | 0.5 | 11.52 | 0.4596 | 3.99 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X.Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.23 | | | | | |
| 3 | 2.76 | 0.477121255 | 0.44053127 | 0.210186832 | 0.227644692 | 0.1940678 |
| 5 | 3.98 | 0.698970004 | 0.600232113 | 0.419544243 | 0.488559067 | 0.36027859 |
| 7 | 4.67 | 0.84509804 | 0.669558605 | 0.565842664 | 0.714190697 | 0.448308725 |
| 11 | 5.59 | 1.041392685 | 0.74755163 | 0.778494799 | 1.084498725 | 0.558833439 |
| 15 | 6.69 | 1.176091259 | 0.825542953 | 0.970913851 | 1.38319065 | 0.681521167 |
| 19 | 7.38 | 1.278753601 | 0.868126973 | 1.110120493 | 1.635210772 | 0.753644441 |
| 23 | 7.92 | 1.361727836 | 0.898582587 | 1.223624921 | 1.854302699 | 0.807450665 |
| 33 | 8.68 | 1.51851394 | 0.938689807 | 1.425413557 | 2.305884586 | 0.881138554 |
| 43 | 9.37 | 1.633468456 | 0.97186935 | 1.587517926 | 2.668219195 | 0.944530033 |
| 63 | 9.99 | 1.799340549 | 0.999374165 | 1.79821446 | 3.237626413 | 0.998748722 |
| 83 | 10.52 | 1.919078092 | 1.022090042 | 1.961470609 | 3.682860725 | 1.044668055 |
| 113 | 11.06 | 2.053078443 | 1.043676586 | 2.1427499 | 4.215131095 | 1.089260815 |
| 173 | 11.52 | 2.238046103 | 1.061361992 | 2.375377069 | 5.00885036 | 1.126489277 |
| SUMA | | 18.04 | 11.09 | 16.57 | 28.51 | 9.89 |

$I_b = 9.53$ mm/h

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 65 HP, Pasada 4 (S2T1P4)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 10:40:00 | 19.90 | | | | | | |
| 10:41:00 | 19.05 | 1 | 1 | 0.9 | 0.85 | 51.072 | 51.07 |
| 10:43:00 | 17.98 | 2 | 3 | 1.1 | 1.92 | 31.92 | 38.30 |
| 10:45:00 | 17.13 | 2 | 5 | 0.9 | 2.77 | 25.536 | 33.20 |
| 10:47:00 | 16.65 | 2 | 7 | 0.5 | 3.25 | 14.364 | 27.82 |
| 10:51:00 | 16.02 | 4 | 11 | 0.6 | 3.88 | 9.576 | 21.18 |
| 10:55:00 | 21.60 | 4 | 15 | 1.1 | 4.98 | 16.5 | 19.93 |
| 10:59:00 | 21.12 | 4 | 19 | 0.5 | 5.46 | 7.182 | 17.25 |
| 11:03:00 | 20.75 | 4 | 23 | 0.4 | 5.83 | 5.586 | 15.22 |
| 11:13:00 | 20.22 | 10 | 33 | 0.5 | 6.37 | 3.192 | 11.58 |
| 11:23:00 | 19.74 | 10 | 43 | 0.5 | 6.85 | 2.8728 | 9.55 |
| 11:43:00 | 19.31 | 20 | 63 | 0.4 | 7.27 | 1.2768 | 6.92 |
| 12:03:00 | 18.94 | 20 | 83 | 0.4 | 7.64 | 1.1172 | 5.53 |
| 12:33:00 | 18.57 | 30 | 113 | 0.4 | 8.02 | 0.7448 | 4.26 |
| 13:33:00 | 18.25 | 60 | 173 | 0.3 | 8.34 | 0.3192 | 2.89 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.85 | | | | | |
| 3 | 1.92 | 0.477121255 | 0.282214133 | 0.134650361 | 0.227644692 | 0.079644817 |
| 5 | 2.77 | 0.698970004 | 0.441914976 | 0.308885313 | 0.488559067 | 0.195288846 |
| 7 | 3.25 | 0.84509804 | 0.511241467 | 0.432049162 | 0.714190697 | 0.261367838 |
| 11 | 3.88 | 1.041392685 | 0.589234492 | 0.61362449 | 1.084498725 | 0.347197287 |
| 15 | 4.98 | 1.176091259 | 0.697543177 | 0.820374433 | 1.38319065 | 0.486566484 |
| 19 | 5.46 | 1.278753601 | 0.737383499 | 0.942931805 | 1.635210772 | 0.543734425 |
| 23 | 5.83 | 1.361727836 | 0.766025974 | 1.043118892 | 1.854302699 | 0.586795793 |
| 33 | 6.37 | 1.51851394 | 0.803921208 | 1.22076556 | 2.305884586 | 0.646289308 |
| 43 | 6.85 | 1.633468456 | 0.835411519 | 1.364618364 | 2.668219195 | 0.697912406 |
| 63 | 7.27 | 1.799340549 | 0.86160609 | 1.550322776 | 3.237626413 | 0.742365055 |
| 83 | 7.64 | 1.919078092 | 0.883297952 | 1.695117748 | 3.682860725 | 0.780215272 |
| 113 | 8.02 | 2.053078443 | 0.903957709 | 1.855896085 | 4.215131095 | 0.817139539 |
| 173 | 8.34 | 2.238046103 | 0.920916025 | 2.061052521 | 5.00885036 | 0.848086325 |
| SUMA | | 18.04 | 9.23 | 14.04 | 28.51 | 7.03 |

$I_b = 7.48$ mm/h

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 65 HP, Pasada 5 (S2T1P5)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 13:40:00 | 19.90 | | | | | | |
| 13:41:00 | 19.77 | 1 | 1 | 0.1 | 0.13 | 8.064 | 8.06 |
| 13:43:00 | 19.60 | 2 | 3 | 0.2 | 0.30 | 5.04 | 6.05 |
| 13:45:00 | 19.46 | 2 | 5 | 0.1 | 0.44 | 4.032 | 5.24 |
| 13:47:00 | 19.39 | 2 | 7 | 0.1 | 0.51 | 2.268 | 4.39 |
| 13:51:00 | 19.29 | 4 | 11 | 0.1 | 0.61 | 1.512 | 3.34 |
| 13:55:00 | 21.60 | 4 | 15 | 1.1 | 1.71 | 16.5 | 6.85 |
| 13:59:00 | 21.52 | 4 | 19 | 0.1 | 1.79 | 1.134 | 5.65 |
| 14:03:00 | 21.47 | 4 | 23 | 0.1 | 1.85 | 0.882 | 4.82 |
| 14:13:00 | 21.38 | 10 | 33 | 0.1 | 1.93 | 0.504 | 3.51 |
| 14:23:00 | 21.31 | 10 | 43 | 0.1 | 2.01 | 0.4536 | 2.80 |
| 14:43:00 | 21.24 | 20 | 63 | 0.1 | 2.07 | 0.2016 | 1.98 |
| 15:03:00 | 21.18 | 20 | 83 | 0.1 | 2.13 | 0.1764 | 1.54 |
| 15:33:00 | 21.12 | 30 | 113 | 0.1 | 2.19 | 0.1176 | 1.16 |
| 16:33:00 | 21.07 | 60 | 173 | 0.1 | 2.24 | 0.0504 | 0.78 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.13 | | | | | |
| 3 | 0.30 | 0.477121255 | -0.519418213 | -0.24782547 | 0.227644692 | 0.26979528 |
| 5 | 0.44 | 0.698970004 | -0.35971737 | -0.251431652 | 0.488559067 | 0.129396586 |
| 7 | 0.51 | 0.84509804 | -0.290390879 | -0.245408763 | 0.714190697 | 0.084326863 |
| 11 | 0.61 | 1.041392685 | -0.212397854 | -0.221189571 | 1.084498725 | 0.045112848 |
| 15 | 1.71 | 1.176091259 | 0.233808066 | 0.274979622 | 1.38319065 | 0.054666212 |
| 19 | 1.79 | 1.278753601 | 0.252561786 | 0.322964294 | 1.635210772 | 0.063787456 |
| 23 | 1.85 | 1.361727836 | 0.266607954 | 0.363047472 | 1.854302699 | 0.071079801 |
| 33 | 1.93 | 1.51851394 | 0.285917197 | 0.434169249 | 2.305884586 | 0.081748643 |
| 43 | 2.01 | 1.633468456 | 0.302590648 | 0.494272279 | 2.668219195 | 0.0915611 |
| 63 | 2.07 | 1.799340549 | 0.316892504 | 0.570197532 | 3.237626413 | 0.100420859 |
| 83 | 2.13 | 1.919078092 | 0.329031575 | 0.631437287 | 3.682860725 | 0.108261777 |
| 113 | 2.19 | 2.053078443 | 0.34084055 | 0.699772385 | 4.215131095 | 0.11617228 |
| 173 | 2.24 | 2.238046103 | 0.350713085 | 0.784912053 | 5.00885036 | 0.122999668 |
| SUMA | | 18.04 | 1.30 | 3.61 | 28.51 | 1.34 |

$I_b = 4.96$ mm/h

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 98 HP, Pasada 1 (S2T2P1)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:19:00 | 21.40 | | | | | | |
| 7:20:00 | 20.20 | 1 | 1 | 1.2 | 1.20 | 72 | 72.00 |
| 7:22:00 | 19.20 | 2 | 3 | 1.0 | 2.20 | 30 | 44.00 |
| 7:26:00 | 17.80 | 4 | 7 | 1.4 | 3.60 | 21 | 30.86 |
| 7:30:00 | 16.80 | 4 | 11 | 1.0 | 4.60 | 15 | 25.09 |
| 7:34:00 | 15.90 | 4 | 15 | 0.9 | 5.50 | 13.5 | 22.00 |
| 7:38:00 | 15.10 | 4 | 19 | 0.8 | 6.30 | 12 | 19.89 |
| 7:48:00 | 14.10 | 10 | 29 | 1.0 | 7.30 | 6 | 15.10 |
| 7:58:00 | 13.30 | 10 | 39 | 0.8 | 8.10 | 4.8 | 12.46 |
| 8:08:00 | 20.70 | 10 | 49 | 0.8 | 8.90 | 4.8 | 10.90 |
| 8:18:00 | 20.10 | 10 | 59 | 0.6 | 9.50 | 3.6 | 9.66 |
| 8:38:00 | 19.20 | 20 | 79 | 0.9 | 10.40 | 2.7 | 7.90 |
| 9:08:00 | 18.30 | 30 | 109 | 0.9 | 11.30 | 1.8 | 6.22 |
| 9:38:00 | 17.60 | 30 | 139 | 0.7 | 12.00 | 1.4 | 5.18 |
| 10:08:00 | 17.10 | 30 | 169 | 0.5 | 12.50 | 1 | 4.44 |
| 11:08:00 | 16.60 | 60 | 229 | 0.5 | 13.00 | 0.5 | 3.41 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.20 | | | | | |
| 3 | 2.20 | 0.477121255 | 0.342422681 | 0.163377139 | 0.227644692 | 0.117253292 |
| 7 | 3.60 | 0.84509804 | 0.556302501 | 0.470130153 | 0.714190697 | 0.309472472 |
| 11 | 4.60 | 1.041392685 | 0.662757832 | 0.690191158 | 1.084498725 | 0.439247943 |
| 15 | 5.50 | 1.176091259 | 0.740362689 | 0.870734088 | 1.38319065 | 0.548136912 |
| 19 | 6.30 | 1.278753601 | 0.799340549 | 1.022159606 | 1.635210772 | 0.638945314 |
| 29 | 7.30 | 1.462397998 | 0.86332286 | 1.262521622 | 2.138607904 | 0.745326361 |
| 39 | 8.10 | 1.591064607 | 0.908485019 | 1.44545836 | 2.531486584 | 0.82534503 |
| 49 | 8.90 | 1.69019608 | 0.949390007 | 1.604655268 | 2.856762789 | 0.901341385 |
| 59 | 9.50 | 1.770852012 | 0.977723605 | 1.731403813 | 3.135916847 | 0.955943448 |
| 79 | 10.40 | 1.897627091 | 1.017033339 | 1.929950017 | 3.600988578 | 1.034356813 |
| 109 | 11.30 | 2.037426498 | 1.053078443 | 2.145569925 | 4.151106735 | 1.108974208 |
| 139 | 12.00 | 2.1430148 | 1.079181246 | 2.312701382 | 4.592512434 | 1.164632162 |
| 169 | 12.50 | 2.227886705 | 1.096910013 | 2.443791234 | 4.963479169 | 1.203211577 |
| 229 | 13.00 | 2.359835482 | 1.113943352 | 2.628723048 | 5.568823504 | 1.240869792 |
| SUMA | | 22.00 | 12.16 | 20.72 | 38.58 | 11.23 |

$I_b = 12.32 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 98 HP, Pasada 2 (S2T2P2)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:35:00 | 21.40 | | | | | | |
| 7:36:00 | 20.38 | 1 | 1 | 1.0 | 1.02 | 61.128 | 61.13 |
| 7:38:00 | 19.53 | 2 | 3 | 0.8 | 1.87 | 25.47 | 37.36 |
| 7:42:00 | 18.34 | 4 | 7 | 1.2 | 3.06 | 17.829 | 26.20 |
| 7:46:00 | 17.49 | 4 | 11 | 0.8 | 3.91 | 12.735 | 21.30 |
| 7:50:00 | 16.73 | 4 | 15 | 0.8 | 4.67 | 11.4615 | 18.68 |
| 7:54:00 | 16.05 | 4 | 19 | 0.7 | 5.35 | 10.188 | 16.89 |
| 8:04:00 | 15.20 | 10 | 29 | 0.8 | 6.20 | 5.094 | 12.82 |
| 8:14:00 | 14.52 | 10 | 39 | 0.7 | 6.88 | 4.0752 | 10.58 |
| 8:24:00 | 20.70 | 10 | 49 | 0.8 | 7.68 | 4.8 | 9.40 |
| 8:34:00 | 20.19 | 10 | 59 | 0.5 | 8.19 | 3.0564 | 8.33 |
| 8:54:00 | 19.43 | 20 | 79 | 0.8 | 8.95 | 2.2923 | 6.80 |
| 9:24:00 | 18.66 | 30 | 109 | 0.8 | 9.71 | 1.5282 | 5.35 |
| 9:54:00 | 18.07 | 30 | 139 | 0.6 | 10.31 | 1.1886 | 4.45 |
| 10:24:00 | 17.64 | 30 | 169 | 0.4 | 10.73 | 0.849 | 3.81 |
| 11:24:00 | 17.22 | 60 | 229 | 0.4 | 11.16 | 0.4245 | 2.92 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.02 | | | | | |
| 3 | 1.87 | 0.477121255 | 0.271330371 | 0.129457487 | 0.227644692 | 0.07362017 |
| 7 | 3.06 | 0.84509804 | 0.485210191 | 0.410050181 | 0.714190697 | 0.235428929 |
| 11 | 3.91 | 1.041392685 | 0.591665522 | 0.616156147 | 1.084498725 | 0.35006809 |
| 15 | 4.67 | 1.176091259 | 0.66927038 | 0.787123044 | 1.38319065 | 0.447922841 |
| 19 | 5.35 | 1.278753601 | 0.72824824 | 0.931250059 | 1.635210772 | 0.530345499 |
| 29 | 6.20 | 1.462397998 | 0.79223055 | 1.158556371 | 2.138607904 | 0.627629245 |
| 39 | 6.88 | 1.591064607 | 0.837392709 | 1.332345902 | 2.531486584 | 0.701226549 |
| 49 | 7.68 | 1.69019608 | 0.885185883 | 1.49613771 | 2.856762789 | 0.783554048 |
| 59 | 8.19 | 1.770852012 | 0.913087656 | 1.616943112 | 3.135916847 | 0.833729068 |
| 79 | 8.95 | 1.897627091 | 0.951842445 | 1.80624201 | 3.600988578 | 0.90600404 |
| 109 | 9.71 | 2.037426498 | 0.987420453 | 2.011796595 | 4.151106735 | 0.97499915 |
| 139 | 10.31 | 2.1430148 | 1.013208114 | 2.171319984 | 4.592512434 | 1.026590682 |
| 169 | 10.73 | 2.227886705 | 1.030733268 | 2.296356944 | 4.963479169 | 1.06241107 |
| 229 | 11.16 | 2.359835482 | 1.047578573 | 2.472113086 | 5.568823504 | 1.097420866 |
| SUMA | | 22.00 | 11.20 | 19.24 | 38.58 | 9.65 |

$I_b = 10.78 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 98 HP, Pasada 3 (S2T2P3)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 10:30:00 | 21.40 | | | | | | |
| 10:31:00 | 20.56 | 1 | 1 | 0.8 | 0.84 | 50.256 | 50.26 |
| 10:33:00 | 19.86 | 2 | 3 | 0.7 | 1.54 | 20.94 | 30.71 |
| 10:37:00 | 18.89 | 4 | 7 | 1.0 | 2.51 | 14.658 | 21.54 |
| 10:41:00 | 18.19 | 4 | 11 | 0.7 | 3.21 | 10.47 | 17.51 |
| 10:45:00 | 17.56 | 4 | 15 | 0.6 | 3.84 | 9.423 | 15.36 |
| 10:49:00 | 17.00 | 4 | 19 | 0.6 | 4.40 | 8.376 | 13.89 |
| 10:59:00 | 16.30 | 10 | 29 | 0.7 | 5.10 | 4.188 | 10.54 |
| 11:09:00 | 15.75 | 10 | 39 | 0.6 | 5.65 | 3.3504 | 8.70 |
| 11:19:00 | 20.70 | 10 | 49 | 0.8 | 6.45 | 4.8 | 7.90 |
| 11:29:00 | 20.28 | 10 | 59 | 0.4 | 6.87 | 2.5128 | 6.99 |
| 11:49:00 | 19.65 | 20 | 79 | 0.6 | 7.50 | 1.8846 | 5.70 |
| 12:19:00 | 19.02 | 30 | 109 | 0.6 | 8.13 | 1.2564 | 4.47 |
| 12:49:00 | 18.54 | 30 | 139 | 0.5 | 8.62 | 0.9772 | 3.72 |
| 13:19:00 | 18.19 | 30 | 169 | 0.3 | 8.97 | 0.698 | 3.18 |
| 14:19:00 | 17.84 | 60 | 229 | 0.3 | 9.32 | 0.349 | 2.44 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.84 | | | | | |
| 3 | 1.54 | 0.477121255 | 0.186278103 | 0.088877242 | 0.227644692 | 0.034699532 |
| 7 | 2.51 | 0.84509804 | 0.400157923 | 0.338172677 | 0.714190697 | 0.160126364 |
| 11 | 3.21 | 1.041392685 | 0.506613254 | 0.527583337 | 1.084498725 | 0.256656989 |
| 15 | 3.84 | 1.176091259 | 0.584218112 | 0.687093815 | 1.38319065 | 0.341310803 |
| 19 | 4.40 | 1.278753601 | 0.643195972 | 0.822489165 | 1.635210772 | 0.413701058 |
| 29 | 5.10 | 1.462397998 | 0.707178283 | 1.034176105 | 2.138607904 | 0.500101124 |
| 39 | 5.65 | 1.591064607 | 0.752340442 | 1.197022249 | 2.531486584 | 0.56601614 |
| 49 | 6.45 | 1.69019608 | 0.809815503 | 1.368746988 | 2.856762789 | 0.655801148 |
| 59 | 6.87 | 1.770852012 | 0.837121068 | 1.482417527 | 3.135916847 | 0.700771682 |
| 79 | 7.50 | 1.897627091 | 0.875107586 | 1.660627862 | 3.600988578 | 0.765813286 |
| 109 | 8.13 | 2.037426498 | 0.910037124 | 1.85413375 | 4.151106735 | 0.828167566 |
| 139 | 8.62 | 2.1430148 | 0.935386332 | 2.004546753 | 4.592512434 | 0.87494759 |
| 169 | 8.97 | 2.227886705 | 0.952627796 | 2.122346802 | 4.963479169 | 0.907499718 |
| 229 | 9.32 | 2.359835482 | 0.969210832 | 2.287178112 | 5.568823504 | 0.939369637 |
| SUMA | | 22.00 | 10.07 | 17.48 | 38.58 | 7.94 |

$I_b = 9.24 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 98 HP, Pasada 4 (S2T2P4)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 10:40:00 | 21.40 | | | | | | |
| 10:41:00 | 20.92 | 1 | 1 | 0.5 | 0.48 | 28.512 | 28.51 |
| 10:43:00 | 20.53 | 2 | 3 | 0.4 | 0.87 | 11.88 | 17.42 |
| 10:47:00 | 19.97 | 4 | 7 | 0.6 | 1.43 | 8.316 | 12.22 |
| 10:51:00 | 19.58 | 4 | 11 | 0.4 | 1.82 | 5.94 | 9.94 |
| 10:55:00 | 19.22 | 4 | 15 | 0.4 | 2.18 | 5.346 | 8.71 |
| 10:59:00 | 18.91 | 4 | 19 | 0.3 | 2.49 | 4.752 | 7.88 |
| 11:09:00 | 18.51 | 10 | 29 | 0.4 | 2.89 | 2.376 | 5.98 |
| 11:19:00 | 18.19 | 10 | 39 | 0.3 | 3.21 | 1.9008 | 4.93 |
| 11:29:00 | 20.70 | 10 | 49 | 0.8 | 4.01 | 4.8 | 4.91 |
| 11:39:00 | 20.46 | 10 | 59 | 0.2 | 4.25 | 1.4256 | 4.32 |
| 11:59:00 | 20.11 | 20 | 79 | 0.4 | 4.60 | 1.0692 | 3.49 |
| 12:29:00 | 19.75 | 30 | 109 | 0.4 | 4.96 | 0.7128 | 2.73 |
| 12:59:00 | 19.47 | 30 | 139 | 0.3 | 5.24 | 0.5544 | 2.26 |
| 13:29:00 | 19.27 | 30 | 169 | 0.2 | 5.43 | 0.396 | 1.93 |
| 14:29:00 | 19.08 | 60 | 229 | 0.2 | 5.63 | 0.198 | 1.48 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.48 | | | | | |
| 3 | 0.87 | 0.477121255 | -0.059882133 | -0.028571039 | 0.227644692 | 0.00358587 |
| 7 | 1.43 | 0.84509804 | 0.153997687 | 0.130143143 | 0.714190697 | 0.023715288 |
| 11 | 1.82 | 1.041392685 | 0.260453018 | 0.271233867 | 1.084498725 | 0.067835774 |
| 15 | 2.18 | 1.176091259 | 0.338057875 | 0.397586912 | 1.38319065 | 0.114283127 |
| 19 | 2.49 | 1.278753601 | 0.397035735 | 0.507710876 | 1.635210772 | 0.157637375 |
| 29 | 2.89 | 1.462397998 | 0.461018046 | 0.674191868 | 2.138607904 | 0.212537639 |
| 39 | 3.21 | 1.591064607 | 0.506180205 | 0.805365409 | 2.531486584 | 0.2562184 |
| 49 | 4.01 | 1.69019608 | 0.602884368 | 1.018992795 | 2.856762789 | 0.363469561 |
| 59 | 4.25 | 1.770852012 | 0.627898156 | 1.111914712 | 3.135916847 | 0.394256094 |
| 79 | 4.60 | 1.897627091 | 0.662908864 | 1.25795382 | 3.600988578 | 0.439448162 |
| 109 | 4.96 | 2.037426498 | 0.695306522 | 1.416635933 | 4.151106735 | 0.48345116 |
| 139 | 5.24 | 2.1430148 | 0.718933278 | 1.540684654 | 4.592512434 | 0.516865058 |
| 169 | 5.43 | 2.227886705 | 0.735055692 | 1.637620803 | 4.963479169 | 0.54030687 |
| 229 | 5.63 | 2.359835482 | 0.750600952 | 1.77129476 | 5.568823504 | 0.563401789 |
| SUMA | | 22.00 | 6.85 | 12.51 | 38.58 | 4.14 |

$I_b = 6.22$ mm/h

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 98 HP, Pasada 5 (S2T2P5)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 13:40:00 | 21.40 | | | | | | |
| 13:41:00 | 21.29 | 1 | 1 | 0.1 | 0.11 | 6.768 | 6.77 |
| 13:43:00 | 21.19 | 2 | 3 | 0.1 | 0.21 | 2.82 | 4.14 |
| 13:47:00 | 21.06 | 4 | 7 | 0.1 | 0.34 | 1.974 | 2.90 |
| 13:51:00 | 20.97 | 4 | 11 | 0.1 | 0.43 | 1.41 | 2.36 |
| 13:55:00 | 20.88 | 4 | 15 | 0.1 | 0.52 | 1.269 | 2.07 |
| 13:59:00 | 20.81 | 4 | 19 | 0.1 | 0.59 | 1.128 | 1.87 |
| 14:09:00 | 20.71 | 10 | 29 | 0.1 | 0.69 | 0.564 | 1.42 |
| 14:19:00 | 20.64 | 10 | 39 | 0.1 | 0.76 | 0.4512 | 1.17 |
| 14:29:00 | 20.70 | 10 | 49 | 0.8 | 1.56 | 4.8 | 1.91 |
| 14:39:00 | 20.64 | 10 | 59 | 0.1 | 1.62 | 0.3384 | 1.65 |
| 14:59:00 | 20.56 | 20 | 79 | 0.1 | 1.70 | 0.2538 | 1.29 |
| 15:29:00 | 20.47 | 30 | 109 | 0.1 | 1.79 | 0.1692 | 0.98 |
| 15:59:00 | 20.41 | 30 | 139 | 0.1 | 1.85 | 0.1316 | 0.80 |
| 16:29:00 | 20.36 | 30 | 169 | 0.0 | 1.90 | 0.094 | 0.67 |
| 17:29:00 | 20.31 | 60 | 229 | 0.0 | 1.95 | 0.047 | 0.51 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.11 | | | | | |
| 3 | 0.21 | 0.477121255 | -0.684449466 | -0.326565388 | 0.227644692 | 0.468471071 |
| 7 | 0.34 | 0.84509804 | -0.470569646 | -0.397677485 | 0.714190697 | 0.221435791 |
| 11 | 0.43 | 1.041392685 | -0.364114315 | -0.379185984 | 1.084498725 | 0.132579234 |
| 15 | 0.52 | 1.176091259 | -0.286509457 | -0.336961268 | 1.38319065 | 0.082087669 |
| 19 | 0.59 | 1.278753601 | -0.227531597 | -0.290956849 | 1.635210772 | 0.051770628 |
| 29 | 0.69 | 1.462397998 | -0.163549286 | -0.239174149 | 2.138607904 | 0.026748369 |
| 39 | 0.76 | 1.591064607 | -0.118387128 | -0.188361569 | 2.531486584 | 0.014015512 |
| 49 | 1.56 | 1.69019608 | 0.193514175 | 0.3270769 | 2.856762789 | 0.037447736 |
| 59 | 1.62 | 1.770852012 | 0.208924831 | 0.369974957 | 3.135916847 | 0.043649585 |
| 79 | 1.70 | 1.897627091 | 0.231061611 | 0.438468772 | 3.600988578 | 0.053389468 |
| 109 | 1.79 | 2.037426498 | 0.252124553 | 0.513685244 | 4.151106735 | 0.063566679 |
| 139 | 1.85 | 2.1430148 | 0.267828542 | 0.57396053 | 4.592512434 | 0.071732128 |
| 169 | 1.90 | 2.227886705 | 0.278707883 | 0.620929588 | 4.963479169 | 0.077678084 |
| 229 | 1.95 | 2.359835482 | 0.289321338 | 0.682750758 | 5.568823504 | 0.083706836 |
| SUMA | | 22.00 | -0.59 | 1.37 | 38.58 | 1.43 |

$I_b = 3.67$ mm/h

ANEXO 10. RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE INFILTRACIÓN ÉPOCA SECA

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 65 HP, Pasada 1 (S1T1P1)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/min) | |
|----------|--------------|--------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:18:00 | 24.30 | | | | | | |
| 7:19:00 | 21.88 | 1 | 1 | 2.4 | 2.42 | 145.2 | 145.20 |
| 7:20:00 | 19.79 | 1 | 2 | 2.1 | 4.51 | 125.4 | 135.30 |
| 7:21:00 | 18.25 | 1 | 3 | 1.5 | 6.05 | 92.4 | 121.00 |
| 7:23:00 | 16.27 | 2 | 5 | 2.0 | 8.03 | 59.4 | 96.36 |
| 7:25:00 | 14.62 | 2 | 7 | 1.7 | 9.68 | 49.5 | 82.97 |
| 7:27:00 | 13.41 | 2 | 9 | 1.2 | 10.89 | 36.3 | 72.60 |
| 7:32:00 | 12.09 | 5 | 14 | 1.3 | 12.21 | 15.84 | 52.33 |
| 7:37:00 | 11.10 | 5 | 19 | 1.0 | 13.20 | 11.88 | 41.68 |
| 7:42:00 | 10.22 | 5 | 24 | 0.9 | 14.08 | 10.56 | 35.20 |
| 7:52:00 | 8.90 | 10 | 34 | 1.3 | 15.40 | 7.92 | 27.18 |
| 8:02:00 | 17.70 | 10 | 44 | 1.1 | 16.50 | 6.6 | 22.50 |
| 8:12:00 | 16.93 | 10 | 54 | 0.8 | 17.27 | 4.62 | 19.19 |
| 8:32:00 | 15.72 | 20 | 74 | 1.2 | 18.48 | 3.63 | 14.98 |
| 8:52:00 | 14.73 | 20 | 94 | 1.0 | 19.47 | 2.97 | 12.43 |
| 9:22:00 | 13.74 | 30 | 124 | 1.0 | 20.46 | 1.98 | 9.90 |
| 9:52:00 | 12.75 | 30 | 154 | 1.0 | 21.45 | 1.98 | 8.36 |
| 10:22:00 | 12.09 | 30 | 184 | 0.7 | 22.11 | 1.32 | 7.21 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X.Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 2.42 | | | | | |
| 2 | 4.51 | 0.301029996 | 0.654176542 | 0.196926762 | 0.090619058 | 0.427946948 |
| 3 | 6.05 | 0.477121255 | 0.781755375 | 0.372992105 | 0.227644692 | 0.611141466 |
| 5 | 8.03 | 0.698970004 | 0.904715545 | 0.632369029 | 0.488559067 | 0.818510218 |
| 7 | 9.68 | 0.84509804 | 0.985875357 | 0.833161332 | 0.714190697 | 0.97195022 |
| 9 | 10.89 | 0.954242509 | 1.03702788 | 0.989576086 | 0.910578767 | 1.075426823 |
| 14 | 12.21 | 1.146128036 | 1.086715664 | 1.245515289 | 1.313609474 | 1.180950934 |
| 19 | 13.20 | 1.278753601 | 1.120573931 | 1.43293795 | 1.635210772 | 1.255685935 |
| 24 | 14.08 | 1.380211242 | 1.148602655 | 1.585314296 | 1.904983072 | 1.319288059 |
| 34 | 15.40 | 1.531478917 | 1.187520721 | 1.818662948 | 2.345427673 | 1.410205462 |
| 44 | 16.50 | 1.643452676 | 1.217483944 | 2.000877247 | 2.7009367 | 1.482267154 |
| 54 | 17.27 | 1.73239376 | 1.237292338 | 2.143477525 | 3.001188139 | 1.530892329 |
| 74 | 18.48 | 1.86923172 | 1.266701967 | 2.367759496 | 3.494027222 | 1.604533873 |
| 94 | 19.47 | 1.973127854 | 1.289365952 | 2.544083872 | 3.893233527 | 1.662464557 |
| 124 | 20.46 | 2.093421685 | 1.310905629 | 2.744278272 | 4.382414352 | 1.718473569 |
| 154 | 21.45 | 2.187520721 | 1.331427297 | 2.912524799 | 4.785246904 | 1.772698646 |
| 184 | 22.11 | 2.264817823 | 1.344588743 | 3.045248549 | 5.129399771 | 1.807918887 |
| SUMA | | 22.38 | 17.90 | 26.87 | 37.02 | 20.65 |

$I_b = 15.01 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 65 HP, Pasada 2 (S1T1P2)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:30:00 | 24.30 | | | | | | |
| 7:31:00 | 22.10 | 1 | 1 | 2.2 | 2.20 | 132.264 | 132.26 |
| 7:32:00 | 20.19 | 1 | 2 | 1.9 | 4.11 | 114.228 | 123.25 |
| 7:33:00 | 18.79 | 1 | 3 | 1.4 | 5.51 | 84.168 | 110.22 |
| 7:35:00 | 16.99 | 2 | 5 | 1.8 | 7.31 | 54.108 | 87.78 |
| 7:37:00 | 15.48 | 2 | 7 | 1.5 | 8.82 | 45.09 | 75.58 |
| 7:39:00 | 14.38 | 2 | 9 | 1.1 | 9.92 | 33.066 | 66.13 |
| 7:44:00 | 13.18 | 5 | 14 | 1.2 | 11.12 | 14.4288 | 47.67 |
| 7:49:00 | 12.28 | 5 | 19 | 0.9 | 12.02 | 10.8216 | 37.97 |
| 7:54:00 | 11.47 | 5 | 24 | 0.8 | 12.83 | 9.6192 | 32.06 |
| 8:04:00 | 10.27 | 10 | 34 | 1.2 | 14.03 | 7.2144 | 24.76 |
| 8:14:00 | 17.70 | 10 | 44 | 1.0 | 15.03 | 6.012 | 20.50 |
| 8:24:00 | 17.00 | 10 | 54 | 0.7 | 15.73 | 4.2084 | 17.48 |
| 8:44:00 | 15.90 | 20 | 74 | 1.1 | 16.83 | 3.3066 | 13.65 |
| 9:04:00 | 14.99 | 20 | 94 | 0.9 | 17.74 | 2.7054 | 11.32 |
| 9:34:00 | 14.09 | 30 | 124 | 0.9 | 18.64 | 1.8036 | 9.02 |
| 10:04:00 | 13.19 | 30 | 154 | 0.9 | 19.54 | 1.8036 | 7.61 |
| 10:34:00 | 12.59 | 30 | 184 | 0.6 | 20.14 | 1.2024 | 6.57 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 2.20 | | | | | |
| 2 | 4.11 | 0.301029996 | 0.613651578 | 0.184727532 | 0.090619058 | 0.376568259 |
| 3 | 5.51 | 0.477121255 | 0.741230411 | 0.353656784 | 0.227644692 | 0.549422522 |
| 5 | 7.31 | 0.698970004 | 0.864190582 | 0.604043295 | 0.488559067 | 0.746825361 |
| 7 | 8.82 | 0.84509804 | 0.945350394 | 0.798913765 | 0.714190697 | 0.893687367 |
| 9 | 9.92 | 0.954242509 | 0.996502916 | 0.950905443 | 0.910578767 | 0.993018062 |
| 14 | 11.12 | 1.146128036 | 1.0461907 | 1.199068492 | 1.313609474 | 1.094514981 |
| 19 | 12.02 | 1.278753601 | 1.080048968 | 1.381116506 | 1.635210772 | 1.166505772 |
| 24 | 12.83 | 1.380211242 | 1.108077691 | 1.529381286 | 1.904983072 | 1.22783617 |
| 34 | 14.03 | 1.531478917 | 1.146995757 | 1.75659982 | 2.345427673 | 1.315599267 |
| 44 | 15.03 | 1.643452676 | 1.176958981 | 1.934276387 | 2.7009367 | 1.385232442 |
| 54 | 15.73 | 1.73239376 | 1.196767374 | 2.073272331 | 3.001188139 | 1.432252147 |
| 74 | 16.83 | 1.86923172 | 1.226177003 | 2.292008948 | 3.494027222 | 1.503510043 |
| 94 | 17.74 | 1.973127854 | 1.248840988 | 2.464122938 | 3.893233527 | 1.559603813 |
| 124 | 18.64 | 2.093421685 | 1.270380666 | 2.659442434 | 4.382414352 | 1.613867036 |
| 154 | 19.54 | 2.187520721 | 1.290902333 | 2.823875602 | 4.785246904 | 1.666428833 |
| 184 | 20.14 | 2.264817823 | 1.304063779 | 2.953466889 | 5.129399771 | 1.70058234 |
| SUMA | | 22.38 | 17.26 | 25.96 | 37.02 | 19.23 |

$lb = 13.67 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 65 HP, Pasada 3 (S1T1P3)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 10:40:00 | 24.30 | | | | | | |
| 10:41:00 | 22.31 | 1 | 1 | 2.0 | 1.99 | 119.592 | 119.59 |
| 10:42:00 | 20.59 | 1 | 2 | 1.7 | 3.71 | 103.284 | 111.44 |
| 10:43:00 | 19.32 | 1 | 3 | 1.3 | 4.98 | 76.104 | 99.66 |
| 10:45:00 | 17.69 | 2 | 5 | 1.6 | 6.61 | 48.924 | 79.37 |
| 10:47:00 | 16.33 | 2 | 7 | 1.4 | 7.97 | 40.77 | 68.34 |
| 10:49:00 | 15.33 | 2 | 9 | 1.0 | 8.97 | 29.898 | 59.80 |
| 10:54:00 | 14.24 | 5 | 14 | 1.1 | 10.06 | 13.0464 | 43.10 |
| 10:59:00 | 13.43 | 5 | 19 | 0.8 | 10.87 | 9.7848 | 34.33 |
| 11:04:00 | 12.70 | 5 | 24 | 0.7 | 11.60 | 8.6976 | 28.99 |
| 11:14:00 | 11.62 | 10 | 34 | 1.1 | 12.68 | 6.5232 | 22.38 |
| 11:24:00 | 17.70 | 10 | 44 | 0.9 | 13.59 | 5.436 | 18.53 |
| 11:34:00 | 17.07 | 10 | 54 | 0.6 | 14.22 | 3.8052 | 15.80 |
| 11:54:00 | 16.07 | 20 | 74 | 1.0 | 15.22 | 2.9898 | 12.34 |
| 12:14:00 | 15.25 | 20 | 94 | 0.8 | 16.04 | 2.4462 | 10.24 |
| 12:44:00 | 14.44 | 30 | 124 | 0.8 | 16.85 | 1.6308 | 8.15 |
| 13:14:00 | 13.62 | 30 | 154 | 0.8 | 17.67 | 1.6308 | 6.88 |
| 13:44:00 | 13.08 | 30 | 184 | 0.5 | 18.21 | 1.0872 | 5.94 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.99 | | | | | |
| 2 | 3.71 | 0.301029996 | 0.569912054 | 0.171560623 | 0.090619058 | 0.32479975 |
| 3 | 4.98 | 0.477121255 | 0.697490887 | 0.332787727 | 0.227644692 | 0.486493538 |
| 5 | 6.61 | 0.698970004 | 0.820451058 | 0.573470679 | 0.488559067 | 0.673139938 |
| 7 | 7.97 | 0.84509804 | 0.90161087 | 0.761949579 | 0.714190697 | 0.812902161 |
| 9 | 8.97 | 0.954242509 | 0.952763392 | 0.90916733 | 0.910578767 | 0.907758082 |
| 14 | 10.06 | 1.146128036 | 1.002451176 | 1.148937398 | 1.313609474 | 1.004908361 |
| 19 | 10.87 | 1.278753601 | 1.036309444 | 1.325184433 | 1.635210772 | 1.073937263 |
| 24 | 11.60 | 1.380211242 | 1.064338167 | 1.469011504 | 1.904983072 | 1.132815734 |
| 34 | 12.68 | 1.531478917 | 1.103256233 | 1.689613661 | 2.345427673 | 1.217174316 |
| 44 | 13.59 | 1.643452676 | 1.133219457 | 1.862392549 | 2.7009367 | 1.284186337 |
| 54 | 14.22 | 1.73239376 | 1.15302785 | 1.997498252 | 3.001188139 | 1.329473223 |
| 74 | 15.22 | 1.86923172 | 1.182437479 | 2.210249643 | 3.494027222 | 1.398158393 |
| 94 | 16.04 | 1.973127854 | 1.205101464 | 2.377819265 | 3.893233527 | 1.452269539 |
| 124 | 16.85 | 2.093421685 | 1.226641142 | 2.567877166 | 4.382414352 | 1.504648491 |
| 154 | 17.67 | 2.187520721 | 1.247162809 | 2.728194487 | 4.785246904 | 1.555415072 |
| 184 | 18.21 | 2.264817823 | 1.260324255 | 2.854404836 | 5.129399771 | 1.588417228 |
| SUMA | | 22.38 | 16.56 | 24.98 | 37.02 | 17.75 |

$lb = 12.36 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 65 HP, Pasada 4 (S1T1P4)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 11:00:00 | 24.30 | | | | | | |
| 11:01:00 | 22.73 | 1 | 1 | 1.6 | 1.57 | 93.984 | 93.98 |
| 11:02:00 | 21.38 | 1 | 2 | 1.4 | 2.92 | 81.168 | 87.58 |
| 11:03:00 | 20.38 | 1 | 3 | 1.0 | 3.92 | 59.808 | 78.32 |
| 11:05:00 | 19.10 | 2 | 5 | 1.3 | 5.20 | 38.448 | 62.37 |
| 11:07:00 | 18.03 | 2 | 7 | 1.1 | 6.27 | 32.04 | 53.71 |
| 11:09:00 | 17.25 | 2 | 9 | 0.8 | 7.05 | 23.496 | 46.99 |
| 11:14:00 | 16.40 | 5 | 14 | 0.9 | 7.90 | 10.2528 | 33.87 |
| 11:19:00 | 15.76 | 5 | 19 | 0.6 | 8.54 | 7.6896 | 26.98 |
| 11:24:00 | 15.19 | 5 | 24 | 0.6 | 9.11 | 6.8352 | 22.78 |
| 11:34:00 | 14.33 | 10 | 34 | 0.9 | 9.97 | 5.1264 | 17.59 |
| 11:44:00 | 17.70 | 10 | 44 | 0.7 | 10.68 | 4.272 | 14.56 |
| 11:54:00 | 17.20 | 10 | 54 | 0.5 | 11.18 | 2.9904 | 12.42 |
| 12:14:00 | 16.42 | 20 | 74 | 0.8 | 11.96 | 2.3496 | 9.70 |
| 12:34:00 | 15.78 | 20 | 94 | 0.6 | 12.60 | 1.9224 | 8.04 |
| 13:04:00 | 15.14 | 30 | 124 | 0.6 | 13.24 | 1.2816 | 6.41 |
| 13:34:00 | 14.50 | 30 | 154 | 0.6 | 13.88 | 1.2816 | 5.41 |
| 14:04:00 | 14.07 | 30 | 184 | 0.4 | 14.31 | 0.8544 | 4.67 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.57 | | | | | |
| 2 | 2.92 | 0.301029996 | 0.46526385 | 0.140058375 | 0.090619058 | 0.21647045 |
| 3 | 3.92 | 0.477121255 | 0.592842683 | 0.282857845 | 0.227644692 | 0.351462447 |
| 5 | 5.20 | 0.698970004 | 0.715802854 | 0.500324724 | 0.488559067 | 0.512373725 |
| 7 | 6.27 | 0.84509804 | 0.796962666 | 0.673511587 | 0.714190697 | 0.635149491 |
| 9 | 7.05 | 0.954242509 | 0.848115188 | 0.809307566 | 0.910578767 | 0.719299373 |
| 14 | 7.90 | 1.146128036 | 0.897802972 | 1.028997157 | 1.313609474 | 0.806050177 |
| 19 | 8.54 | 1.278753601 | 0.93166124 | 1.191365165 | 1.635210772 | 0.867992666 |
| 24 | 9.11 | 1.380211242 | 0.959689963 | 1.324574876 | 1.904983072 | 0.921004826 |
| 34 | 9.97 | 1.531478917 | 0.998608029 | 1.529347143 | 2.345427673 | 0.997217996 |
| 44 | 10.68 | 1.643452676 | 1.028571253 | 1.690408178 | 2.7009367 | 1.057958822 |
| 54 | 11.18 | 1.73239376 | 1.048379646 | 1.816206357 | 3.001188139 | 1.099099882 |
| 74 | 11.96 | 1.86923172 | 1.077789275 | 2.014637901 | 3.494027222 | 1.161629722 |
| 94 | 12.60 | 1.973127854 | 1.10045326 | 2.171334979 | 3.893233527 | 1.210997377 |
| 124 | 13.24 | 2.093421685 | 1.121992938 | 2.348804347 | 4.382414352 | 1.258868153 |
| 154 | 13.88 | 2.187520721 | 1.142514605 | 2.499274372 | 4.785246904 | 1.305339623 |
| 184 | 14.31 | 2.264817823 | 1.155676051 | 2.617395718 | 5.129399771 | 1.335587135 |
| SUMA | | 22.38 | 14.88 | 22.64 | 37.02 | 14.46 |

$lb = 9.71 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 65 HP, Pasada 5 (S1T1P5)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 14:00:00 | 24.30 | | | | | | |
| 14:01:00 | 23.59 | 1 | 1 | 0.7 | 0.71 | 42.768 | 42.77 |
| 14:02:00 | 22.97 | 1 | 2 | 0.6 | 1.33 | 36.936 | 39.85 |
| 14:03:00 | 22.52 | 1 | 3 | 0.5 | 1.78 | 27.216 | 35.64 |
| 14:05:00 | 21.93 | 2 | 5 | 0.6 | 2.37 | 17.496 | 28.38 |
| 14:07:00 | 21.45 | 2 | 7 | 0.5 | 2.85 | 14.58 | 24.44 |
| 14:09:00 | 21.09 | 2 | 9 | 0.4 | 3.21 | 10.692 | 21.38 |
| 14:14:00 | 20.70 | 5 | 14 | 0.4 | 3.60 | 4.6656 | 15.41 |
| 14:19:00 | 20.41 | 5 | 19 | 0.3 | 3.89 | 3.4992 | 12.28 |
| 14:24:00 | 20.15 | 5 | 24 | 0.3 | 4.15 | 3.1104 | 10.37 |
| 14:34:00 | 19.76 | 10 | 34 | 0.4 | 4.54 | 2.3328 | 8.00 |
| 14:44:00 | 17.70 | 10 | 44 | 0.3 | 4.86 | 1.944 | 6.63 |
| 14:54:00 | 17.47 | 10 | 54 | 0.2 | 5.09 | 1.3608 | 5.65 |
| 15:14:00 | 17.12 | 20 | 74 | 0.4 | 5.44 | 1.0692 | 4.41 |
| 15:34:00 | 16.83 | 20 | 94 | 0.3 | 5.73 | 0.8748 | 3.66 |
| 16:04:00 | 16.53 | 30 | 124 | 0.3 | 6.03 | 0.5832 | 2.92 |
| 16:34:00 | 16.24 | 30 | 154 | 0.3 | 6.32 | 0.5832 | 2.46 |
| 17:04:00 | 16.05 | 30 | 184 | 0.2 | 6.51 | 0.3888 | 2.12 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.71 | | | | | |
| 2 | 1.33 | 0.301029996 | 0.123328867 | 0.037125688 | 0.090619058 | 0.015210009 |
| 3 | 1.78 | 0.477121255 | 0.2509077 | 0.119713397 | 0.227644692 | 0.062954674 |
| 5 | 2.37 | 0.698970004 | 0.37386787 | 0.261322427 | 0.488559067 | 0.139777184 |
| 7 | 2.85 | 0.84509804 | 0.455027682 | 0.384543003 | 0.714190697 | 0.207050192 |
| 9 | 3.21 | 0.954242509 | 0.506180205 | 0.483018669 | 0.910578767 | 0.2562184 |
| 14 | 3.60 | 1.146128036 | 0.555867989 | 0.637095886 | 1.313609474 | 0.308989221 |
| 19 | 3.89 | 1.278753601 | 0.589726256 | 0.754114574 | 1.635210772 | 0.347777057 |
| 24 | 4.15 | 1.380211242 | 0.61775498 | 0.852632368 | 1.904983072 | 0.381621215 |
| 34 | 4.54 | 1.531478917 | 0.656673046 | 1.005680925 | 2.345427673 | 0.431219489 |
| 44 | 4.86 | 1.643452676 | 0.686636269 | 1.128454214 | 2.7009367 | 0.471469366 |
| 54 | 5.09 | 1.73239376 | 0.706444663 | 1.223840325 | 3.001188139 | 0.499064061 |
| 74 | 5.44 | 1.86923172 | 0.735854292 | 1.375482184 | 3.494027222 | 0.541481539 |
| 94 | 5.73 | 1.973127854 | 0.758518277 | 1.496653539 | 3.893233527 | 0.575349976 |
| 124 | 6.03 | 2.093421685 | 0.780057954 | 1.632990237 | 4.382414352 | 0.608490412 |
| 154 | 6.32 | 2.187520721 | 0.800579622 | 1.751284511 | 4.785246904 | 0.64092773 |
| 184 | 6.51 | 2.264817823 | 0.813741068 | 1.842975273 | 5.129399771 | 0.662174525 |
| SUMA | | 22.38 | 9.41 | 14.99 | 37.02 | 6.15 |

$lb = 4.42 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 98 HP, Pasada 1 (S1T2P1)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:18:00 | 21.30 | | | | | | |
| 7:19:00 | 19.54 | 1 | 1 | 1.8 | 1.76 | 105.6 | 105.60 |
| 7:20:00 | 17.89 | 1 | 2 | 1.7 | 3.41 | 99 | 102.30 |
| 7:22:00 | 15.58 | 2 | 4 | 2.3 | 5.72 | 69.3 | 85.80 |
| 7:24:00 | 13.60 | 2 | 6 | 2.0 | 7.70 | 59.4 | 77.00 |
| 7:26:00 | 12.39 | 2 | 8 | 1.2 | 8.91 | 36.3 | 66.83 |
| 7:28:00 | 22.90 | 2 | 10 | 1.0 | 9.91 | 30 | 59.46 |
| 7:33:00 | 21.36 | 5 | 15 | 1.5 | 11.45 | 18.48 | 45.80 |
| 7:38:00 | 20.15 | 5 | 20 | 1.2 | 12.66 | 14.52 | 37.98 |
| 7:48:00 | 18.50 | 10 | 30 | 1.7 | 14.31 | 9.9 | 28.62 |
| 7:58:00 | 17.29 | 10 | 40 | 1.2 | 15.52 | 7.26 | 23.28 |
| 8:18:00 | 16.19 | 20 | 60 | 1.1 | 16.62 | 3.3 | 16.62 |
| 8:38:00 | 15.31 | 20 | 80 | 0.9 | 17.50 | 2.64 | 13.13 |
| 9:08:00 | 14.32 | 30 | 110 | 1.0 | 18.49 | 1.98 | 10.09 |
| 10:08:00 | 13.44 | 60 | 170 | 0.9 | 19.37 | 0.88 | 6.84 |
| 11:08:00 | 12.56 | 60 | 230 | 0.9 | 20.25 | 0.88 | 5.28 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.76 | | | | | |
| 2 | 3.41 | 0.301029996 | 0.532754379 | 0.160375048 | 0.090619058 | 0.283827228 |
| 4 | 5.72 | 0.602059991 | 0.757396029 | 0.455997847 | 0.362476233 | 0.573648744 |
| 6 | 7.70 | 0.77815125 | 0.886490725 | 0.689823866 | 0.605519368 | 0.785865806 |
| 8 | 8.91 | 0.903089987 | 0.949877704 | 0.857825043 | 0.815571525 | 0.902267653 |
| 10 | 9.91 | 1 | 0.996073654 | 0.996073654 | 1 | 0.992162725 |
| 15 | 11.45 | 1.176091259 | 1.058805487 | 1.245251878 | 1.38319065 | 1.121069059 |
| 20 | 12.66 | 1.301029996 | 1.102433706 | 1.434299319 | 1.69267905 | 1.215360075 |
| 30 | 14.31 | 1.477121255 | 1.155639634 | 1.707019866 | 2.181887201 | 1.335502963 |
| 40 | 15.52 | 1.602059991 | 1.190891717 | 1.907879974 | 2.566596216 | 1.418223081 |
| 60 | 16.62 | 1.77815125 | 1.220631019 | 2.170466573 | 3.161821869 | 1.489940086 |
| 80 | 17.50 | 1.903089987 | 1.243038049 | 2.365613264 | 3.621751499 | 1.54514359 |
| 110 | 18.49 | 2.041392685 | 1.266936911 | 2.586315743 | 4.167284095 | 1.605129137 |
| 170 | 19.37 | 2.230448921 | 1.287129621 | 2.870876874 | 4.974902391 | 1.656702661 |
| 230 | 20.25 | 2.361727836 | 1.306425028 | 3.085420353 | 5.577758371 | 1.706746353 |
| SUMA | | 19.46 | 14.95 | 22.53 | 32.20 | 16.63 |

$I_b = 15.42 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 98 HP, Pasada 2 (S1T2P2)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:30:00 | 21.30 | | | | | | |
| 7:31:00 | 19.84 | 1 | 1 | 1.5 | 1.46 | 87.6 | 87.60 |
| 7:32:00 | 18.47 | 1 | 2 | 1.4 | 2.83 | 82.125 | 84.86 |
| 7:34:00 | 16.56 | 2 | 4 | 1.9 | 4.75 | 57.4875 | 71.18 |
| 7:36:00 | 14.91 | 2 | 6 | 1.6 | 6.39 | 49.275 | 63.88 |
| 7:38:00 | 13.91 | 2 | 8 | 1.0 | 7.39 | 30.1125 | 55.43 |
| 7:40:00 | 22.90 | 2 | 10 | 1.0 | 8.39 | 30 | 50.35 |
| 7:45:00 | 21.62 | 5 | 15 | 1.3 | 9.67 | 15.33 | 38.68 |
| 7:50:00 | 20.62 | 5 | 20 | 1.0 | 10.67 | 12.045 | 32.02 |
| 8:00:00 | 19.25 | 10 | 30 | 1.4 | 12.04 | 8.2125 | 24.08 |
| 8:10:00 | 18.25 | 10 | 40 | 1.0 | 13.05 | 6.0225 | 19.57 |
| 8:30:00 | 17.33 | 20 | 60 | 0.9 | 13.96 | 2.7375 | 13.96 |
| 8:50:00 | 16.60 | 20 | 80 | 0.7 | 14.69 | 2.19 | 11.02 |
| 9:20:00 | 15.78 | 30 | 110 | 0.8 | 15.51 | 1.6425 | 8.46 |
| 10:20:00 | 15.05 | 60 | 170 | 0.7 | 16.24 | 0.73 | 5.73 |
| 11:20:00 | 14.32 | 60 | 230 | 0.7 | 16.97 | 0.73 | 4.43 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.46 | | | | | |
| 2 | 2.83 | 0.301029996 | 0.451594567 | 0.135943511 | 0.090619058 | 0.203937653 |
| 4 | 4.75 | 0.602059991 | 0.676236217 | 0.407134771 | 0.362476233 | 0.457295421 |
| 6 | 6.39 | 0.77815125 | 0.805330913 | 0.626669257 | 0.605519368 | 0.64855788 |
| 8 | 7.39 | 0.903089987 | 0.868717892 | 0.78453043 | 0.815571525 | 0.754670776 |
| 10 | 8.39 | 1 | 0.92382666 | 0.92382666 | 1 | 0.853455698 |
| 15 | 9.67 | 1.176091259 | 0.985370331 | 1.158885433 | 1.38319065 | 0.970954689 |
| 20 | 10.67 | 1.301029996 | 1.028266163 | 1.337805122 | 1.69267905 | 1.057331303 |
| 30 | 12.04 | 1.477121255 | 1.080671573 | 1.59628295 | 2.181887201 | 1.167851049 |
| 40 | 13.05 | 1.602059991 | 1.115444083 | 1.787008339 | 2.566596216 | 1.244215503 |
| 60 | 13.96 | 1.77815125 | 1.144807637 | 2.03564113 | 3.161821869 | 1.310584525 |
| 80 | 14.69 | 1.903089987 | 1.16694788 | 2.220806825 | 3.621751499 | 1.361767354 |
| 110 | 15.51 | 2.041392685 | 1.190576795 | 2.430434761 | 4.167284095 | 1.417473105 |
| 170 | 16.24 | 2.230448921 | 1.210552596 | 2.700075732 | 4.974902391 | 1.465437587 |
| 230 | 16.97 | 2.361727836 | 1.229649851 | 2.904098282 | 5.577758371 | 1.512038757 |
| SUMA | | 19.46 | 13.88 | 21.05 | 32.20 | 14.43 |

$I_b = 13.12 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 98 HP, Pasada 3 (S1T2P3)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 10:40:00 | 21.30 | | | | | | |
| 10:41:00 | 20.14 | 1 | 1 | 1.2 | 1.16 | 69.6 | 69.60 |
| 10:42:00 | 19.05 | 1 | 2 | 1.1 | 2.25 | 65.25 | 67.43 |
| 10:44:00 | 17.53 | 2 | 4 | 1.5 | 3.77 | 45.675 | 56.55 |
| 10:46:00 | 16.23 | 2 | 6 | 1.3 | 5.08 | 39.15 | 50.75 |
| 10:48:00 | 15.43 | 2 | 8 | 0.8 | 5.87 | 23.925 | 44.04 |
| 10:50:00 | 22.90 | 2 | 10 | 1.0 | 6.87 | 30 | 41.24 |
| 10:55:00 | 21.89 | 5 | 15 | 1.0 | 7.89 | 12.18 | 31.55 |
| 11:00:00 | 21.09 | 5 | 20 | 0.8 | 8.69 | 9.57 | 26.06 |
| 11:10:00 | 20.00 | 10 | 30 | 1.1 | 9.77 | 6.525 | 19.55 |
| 11:20:00 | 19.20 | 10 | 40 | 0.8 | 10.57 | 4.785 | 15.86 |
| 11:40:00 | 18.48 | 20 | 60 | 0.7 | 11.30 | 2.175 | 11.30 |
| 12:00:00 | 17.90 | 20 | 80 | 0.6 | 11.88 | 1.74 | 8.91 |
| 12:30:00 | 17.25 | 30 | 110 | 0.7 | 12.53 | 1.305 | 6.83 |
| 13:30:00 | 16.67 | 60 | 170 | 0.6 | 13.11 | 0.58 | 4.63 |
| 14:30:00 | 16.09 | 60 | 230 | 0.6 | 13.69 | 0.58 | 3.57 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.16 | | | | | |
| 2 | 2.25 | 0.301029996 | 0.3516997 | 0.105872159 | 0.090619058 | 0.123692679 |
| 4 | 3.77 | 0.602059991 | 0.57634135 | 0.346992068 | 0.362476233 | 0.332169352 |
| 6 | 5.08 | 0.77815125 | 0.705436047 | 0.548935942 | 0.605519368 | 0.497640016 |
| 8 | 5.87 | 0.903089987 | 0.768823025 | 0.694316376 | 0.815571525 | 0.591088844 |
| 10 | 6.87 | 1 | 0.837114749 | 0.837114749 | 1 | 0.700761102 |
| 15 | 7.89 | 1.176091259 | 0.896939372 | 1.054882556 | 1.38319065 | 0.804500237 |
| 20 | 8.69 | 1.301029996 | 0.938769823 | 1.221367698 | 1.69267905 | 0.88128878 |
| 30 | 9.77 | 1.477121255 | 0.990005679 | 1.462358431 | 2.181887201 | 0.980111245 |
| 40 | 10.57 | 1.602059991 | 1.024074987 | 1.640629565 | 2.566596216 | 1.04872958 |
| 60 | 11.30 | 1.77815125 | 1.052886235 | 1.872190976 | 3.161821869 | 1.108569424 |
| 80 | 11.88 | 1.903089987 | 1.074633618 | 2.045124479 | 3.621751499 | 1.154837414 |
| 110 | 12.53 | 2.041392685 | 1.097864411 | 2.241172379 | 4.167284095 | 1.205306266 |
| 170 | 13.11 | 2.230448921 | 1.117519866 | 2.492570981 | 4.974902391 | 1.248850652 |
| 230 | 13.69 | 2.361727836 | 1.136324132 | 2.683688334 | 5.577758371 | 1.291232533 |
| SUMA | | 19.46 | 12.57 | 19.25 | 32.20 | 11.97 |

$I_b = 10.83 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 98 HP, Pasada 4 (S1T2P4)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 11:00:00 | 21.30 | | | | | | |
| 11:01:00 | 20.44 | 1 | 1 | 0.9 | 0.86 | 51.6 | 51.60 |
| 11:02:00 | 19.63 | 1 | 2 | 0.8 | 1.67 | 48.375 | 49.99 |
| 11:04:00 | 18.51 | 2 | 4 | 1.1 | 2.80 | 33.8625 | 41.93 |
| 11:06:00 | 17.54 | 2 | 6 | 1.0 | 3.76 | 29.025 | 37.63 |
| 11:08:00 | 16.95 | 2 | 8 | 0.6 | 4.35 | 17.7375 | 32.65 |
| 11:10:00 | 22.90 | 2 | 10 | 1.0 | 5.35 | 30 | 32.12 |
| 11:15:00 | 22.15 | 5 | 15 | 0.8 | 6.11 | 9.03 | 24.43 |
| 11:20:00 | 21.56 | 5 | 20 | 0.6 | 6.70 | 7.095 | 20.09 |
| 11:30:00 | 20.75 | 10 | 30 | 0.8 | 7.50 | 4.8375 | 15.01 |
| 11:40:00 | 20.16 | 10 | 40 | 0.6 | 8.10 | 3.5475 | 12.14 |
| 12:00:00 | 19.62 | 20 | 60 | 0.5 | 8.63 | 1.6125 | 8.63 |
| 12:20:00 | 19.19 | 20 | 80 | 0.4 | 9.06 | 1.29 | 6.80 |
| 12:50:00 | 18.71 | 30 | 110 | 0.5 | 9.55 | 0.9675 | 5.21 |
| 13:50:00 | 18.28 | 60 | 170 | 0.4 | 9.98 | 0.43 | 3.52 |
| 14:50:00 | 17.85 | 60 | 230 | 0.4 | 10.41 | 0.43 | 2.71 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.86 | | | | | |
| 2 | 1.67 | 0.301029996 | 0.221740162 | 0.06675044 | 0.090619058 | 0.0491687 |
| 4 | 2.80 | 0.602059991 | 0.446381812 | 0.26874863 | 0.362476233 | 0.199256722 |
| 6 | 3.76 | 0.77815125 | 0.575476509 | 0.447807765 | 0.605519368 | 0.331173212 |
| 8 | 4.35 | 0.903089987 | 0.638863487 | 0.576951219 | 0.815571525 | 0.408146556 |
| 10 | 5.35 | 1 | 0.728658087 | 0.728658087 | 1 | 0.530942608 |
| 15 | 6.11 | 1.176091259 | 0.785774581 | 0.924142616 | 1.38319065 | 0.617441692 |
| 20 | 6.70 | 1.301029996 | 0.825912722 | 1.074537225 | 1.69267905 | 0.682131825 |
| 30 | 7.50 | 1.477121255 | 0.875278356 | 1.292892264 | 2.181887201 | 0.766112201 |
| 40 | 8.10 | 1.602059991 | 0.908216853 | 1.455017884 | 2.566596216 | 0.824857852 |
| 60 | 8.63 | 1.77815125 | 0.936136587 | 1.664592443 | 3.161821869 | 0.87635171 |
| 80 | 9.06 | 1.903089987 | 0.95724802 | 1.821729121 | 3.621751499 | 0.916323771 |
| 110 | 9.55 | 2.041392685 | 0.979832804 | 2.000223518 | 4.167284095 | 0.960072323 |
| 170 | 9.98 | 2.230448921 | 0.998967324 | 2.22814559 | 4.974902391 | 0.997935714 |
| 230 | 10.41 | 2.361727836 | 1.017294255 | 2.40257216 | 5.577758371 | 1.034887602 |
| SUMA | | 19.46 | 10.90 | 16.95 | 32.20 | 9.19 |

$I_b = 8.55 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Illpa, Tractor de 98 HP, Pasada 5 (S1T2P5)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 14:00:00 | 21.30 | | | | | | |
| 14:01:00 | 21.03 | 1 | 1 | 0.3 | 0.27 | 16.08 | 16.08 |
| 14:02:00 | 20.78 | 1 | 2 | 0.3 | 0.52 | 15.075 | 15.58 |
| 14:04:00 | 20.43 | 2 | 4 | 0.4 | 0.87 | 10.5525 | 13.07 |
| 14:06:00 | 20.13 | 2 | 6 | 0.3 | 1.17 | 9.045 | 11.73 |
| 14:08:00 | 19.94 | 2 | 8 | 0.2 | 1.36 | 5.5275 | 10.18 |
| 14:10:00 | 22.90 | 2 | 10 | 1.0 | 2.36 | 30 | 14.14 |
| 14:15:00 | 22.67 | 5 | 15 | 0.2 | 2.59 | 2.814 | 10.37 |
| 14:20:00 | 22.48 | 5 | 20 | 0.2 | 2.78 | 2.211 | 8.33 |
| 14:30:00 | 22.23 | 10 | 30 | 0.3 | 3.03 | 1.5075 | 6.05 |
| 14:40:00 | 22.05 | 10 | 40 | 0.2 | 3.21 | 1.1055 | 4.82 |
| 15:00:00 | 21.88 | 20 | 60 | 0.2 | 3.38 | 0.5025 | 3.38 |
| 15:20:00 | 21.74 | 20 | 80 | 0.1 | 3.51 | 0.402 | 2.63 |
| 15:50:00 | 21.59 | 30 | 110 | 0.2 | 3.66 | 0.3015 | 2.00 |
| 16:50:00 | 21.46 | 60 | 170 | 0.1 | 3.80 | 0.134 | 1.34 |
| 17:50:00 | 21.33 | 60 | 230 | 0.1 | 3.93 | 0.134 | 1.03 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.27 | | | | | |
| 2 | 0.52 | 0.301029996 | -0.284623495 | -0.085680209 | 0.090619058 | 0.081010534 |
| 4 | 0.87 | 0.602059991 | -0.059981845 | -0.036112669 | 0.362476233 | 0.003597822 |
| 6 | 1.17 | 0.77815125 | 0.069112851 | 0.053780252 | 0.605519368 | 0.004776586 |
| 8 | 1.36 | 0.903089987 | 0.13249983 | 0.11965927 | 0.815571525 | 0.017556205 |
| 10 | 2.36 | 1 | 0.372313516 | 0.372313516 | 1 | 0.138617354 |
| 15 | 2.59 | 1.176091259 | 0.413509315 | 0.486324691 | 1.38319065 | 0.170989954 |
| 20 | 2.78 | 1.301029996 | 0.443341232 | 0.576800241 | 1.69267905 | 0.196551448 |
| 30 | 3.03 | 1.477121255 | 0.480976551 | 0.710460687 | 2.181887201 | 0.231338443 |
| 40 | 3.21 | 1.602059991 | 0.506640306 | 0.811668164 | 2.566596216 | 0.256684399 |
| 60 | 3.38 | 1.77815125 | 0.528723923 | 0.940151105 | 3.161821869 | 0.279548987 |
| 80 | 3.51 | 1.903089987 | 0.545616333 | 1.03835698 | 3.621751499 | 0.297697183 |
| 110 | 3.66 | 2.041392685 | 0.563866558 | 1.151073067 | 4.167284095 | 0.317945496 |
| 170 | 3.80 | 2.230448921 | 0.579469191 | 1.292476432 | 4.974902391 | 0.335784543 |
| 230 | 3.93 | 2.361727836 | 0.594530663 | 1.404119616 | 5.577758371 | 0.353466709 |
| SUMA | | 19.46 | 4.89 | 8.84 | 32.20 | 2.69 |

$I_b = 4.25 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 65 HP, Pasada 1 (S2T1P1)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:19:00 | 19.90 | | | | | | |
| 7:20:00 | 18.14 | 1 | 1 | 1.8 | 1.76 | 105.6 | 105.60 |
| 7:22:00 | 15.94 | 2 | 3 | 2.2 | 3.96 | 66 | 79.20 |
| 7:24:00 | 14.18 | 2 | 5 | 1.8 | 5.72 | 52.8 | 68.64 |
| 7:26:00 | 13.19 | 2 | 7 | 1.0 | 6.71 | 29.7 | 57.51 |
| 7:30:00 | 11.87 | 4 | 11 | 1.3 | 8.03 | 19.8 | 43.80 |
| 7:34:00 | 21.60 | 4 | 15 | 1.1 | 9.13 | 16.5 | 36.52 |
| 7:38:00 | 20.61 | 4 | 19 | 1.0 | 10.12 | 14.85 | 31.96 |
| 7:42:00 | 19.84 | 4 | 23 | 0.8 | 10.89 | 11.55 | 28.41 |
| 7:52:00 | 18.74 | 10 | 33 | 1.1 | 11.99 | 6.6 | 21.80 |
| 8:02:00 | 17.75 | 10 | 43 | 1.0 | 12.98 | 5.94 | 18.11 |
| 8:22:00 | 16.87 | 20 | 63 | 0.9 | 13.86 | 2.64 | 13.20 |
| 8:42:00 | 16.10 | 20 | 83 | 0.8 | 14.63 | 2.31 | 10.58 |
| 9:12:00 | 15.33 | 30 | 113 | 0.8 | 15.40 | 1.54 | 8.18 |
| 10:12:00 | 14.67 | 60 | 173 | 0.7 | 16.06 | 0.66 | 5.57 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado T_0 (min) | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.76 | | | | | |
| 3 | 3.96 | 0.477121255 | 0.597695186 | 0.285173077 | 0.227644692 | 0.357239535 |
| 5 | 5.72 | 0.698970004 | 0.757396029 | 0.529397106 | 0.488559067 | 0.573648744 |
| 7 | 6.71 | 0.84509804 | 0.82672252 | 0.698661581 | 0.714190697 | 0.683470125 |
| 11 | 8.03 | 1.041392685 | 0.904715545 | 0.942164151 | 1.084498725 | 0.818510218 |
| 15 | 9.13 | 1.176091259 | 0.960470778 | 1.129601286 | 1.38319065 | 0.922504114 |
| 19 | 10.12 | 1.278753601 | 1.005180513 | 1.2853782 | 1.635210772 | 1.010387863 |
| 23 | 10.89 | 1.361727836 | 1.03702788 | 1.412149731 | 1.854302699 | 1.075426823 |
| 33 | 11.99 | 1.51851394 | 1.078819183 | 1.638201968 | 2.305884586 | 1.16385083 |
| 43 | 12.98 | 1.633468456 | 1.113274692 | 1.818499093 | 2.668219195 | 1.239380541 |
| 63 | 13.86 | 1.799340549 | 1.14176323 | 2.054420878 | 3.237626413 | 1.303623274 |
| 83 | 14.63 | 1.919078092 | 1.165244326 | 2.236194859 | 3.682860725 | 1.35779434 |
| 113 | 15.40 | 2.053078443 | 1.187520721 | 2.438073193 | 4.215131095 | 1.410205462 |
| 173 | 16.06 | 2.238046103 | 1.205745541 | 2.698514109 | 5.00885036 | 1.45382231 |
| SUMA | | 18.04 | 12.98 | 19.17 | 28.51 | 13.37 |

$lb = 12.52 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 65 HP, Pasada 2 (S2T1P2)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:35:00 | 19.90 | | | | | | |
| 7:36:00 | 18.33 | 1 | 1 | 1.6 | 1.57 | 94.368 | 94.37 |
| 7:38:00 | 16.36 | 2 | 3 | 2.0 | 3.54 | 58.98 | 70.78 |
| 7:40:00 | 14.79 | 2 | 5 | 1.6 | 5.11 | 47.184 | 61.34 |
| 7:42:00 | 13.90 | 2 | 7 | 0.9 | 6.00 | 26.541 | 51.40 |
| 7:46:00 | 12.72 | 4 | 11 | 1.2 | 7.18 | 17.694 | 39.14 |
| 7:50:00 | 21.60 | 4 | 15 | 1.1 | 8.28 | 16.5 | 33.10 |
| 7:54:00 | 20.72 | 4 | 19 | 0.9 | 9.16 | 13.2705 | 28.93 |
| 7:58:00 | 20.03 | 4 | 23 | 0.7 | 9.85 | 10.3215 | 25.69 |
| 8:08:00 | 19.04 | 10 | 33 | 1.0 | 10.83 | 5.898 | 19.69 |
| 8:18:00 | 18.16 | 10 | 43 | 0.9 | 11.72 | 5.3082 | 16.35 |
| 8:38:00 | 17.37 | 20 | 63 | 0.8 | 12.50 | 2.3592 | 11.91 |
| 8:58:00 | 16.69 | 20 | 83 | 0.7 | 13.19 | 2.0643 | 9.54 |
| 9:28:00 | 16.00 | 30 | 113 | 0.7 | 13.88 | 1.3762 | 7.37 |
| 10:28:00 | 15.41 | 60 | 173 | 0.6 | 14.47 | 0.5898 | 5.02 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.57 | | | | | |
| 3 | 3.54 | 0.477121255 | 0.548856019 | 0.261870872 | 0.227644692 | 0.301242929 |
| 5 | 5.11 | 0.698970004 | 0.708556861 | 0.495259993 | 0.488559067 | 0.502052826 |
| 7 | 6.00 | 0.84509804 | 0.777883353 | 0.657387697 | 0.714190697 | 0.605102511 |
| 11 | 7.18 | 1.041392685 | 0.855876378 | 0.891303399 | 1.084498725 | 0.732524374 |
| 15 | 8.28 | 1.176091259 | 0.917815234 | 1.079434475 | 1.38319065 | 0.842384804 |
| 19 | 9.16 | 1.278753601 | 0.96192392 | 1.230063677 | 1.635210772 | 0.925297628 |
| 23 | 9.85 | 1.361727836 | 0.993378909 | 1.352711712 | 1.854302699 | 0.986801656 |
| 33 | 10.83 | 1.51851394 | 1.034696623 | 1.571201246 | 2.305884586 | 1.070597102 |
| 43 | 11.72 | 1.633468456 | 1.06879419 | 1.745841595 | 2.668219195 | 1.142321021 |
| 63 | 12.50 | 1.799340549 | 1.097007284 | 1.973889689 | 3.237626413 | 1.203424981 |
| 83 | 13.19 | 1.919078092 | 1.120274428 | 2.149894112 | 3.682860725 | 1.255014794 |
| 113 | 13.88 | 2.053078443 | 1.142358176 | 2.345350945 | 4.215131095 | 1.304982202 |
| 173 | 14.47 | 2.238046103 | 1.160432513 | 2.597101465 | 5.00885036 | 1.346603618 |
| SUMA | | 18.04 | 12.39 | 18.35 | 28.51 | 12.22 |

$I_b = 11.47$ mm/h

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 65 HP, Pasada 3 (S2T1P3)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 10:30:00 | 19.90 | | | | | | |
| 10:31:00 | 18.51 | 1 | 1 | 1.4 | 1.39 | 83.136 | 83.14 |
| 10:33:00 | 16.78 | 2 | 3 | 1.7 | 3.12 | 51.96 | 62.35 |
| 10:35:00 | 15.40 | 2 | 5 | 1.4 | 4.50 | 41.568 | 54.04 |
| 10:37:00 | 14.62 | 2 | 7 | 0.8 | 5.28 | 23.382 | 45.28 |
| 10:41:00 | 13.58 | 4 | 11 | 1.0 | 6.32 | 15.588 | 34.48 |
| 10:45:00 | 21.60 | 4 | 15 | 1.1 | 7.42 | 16.5 | 29.69 |
| 10:49:00 | 20.82 | 4 | 19 | 0.8 | 8.20 | 11.691 | 25.90 |
| 10:53:00 | 20.21 | 4 | 23 | 0.6 | 8.81 | 9.093 | 22.98 |
| 11:03:00 | 19.35 | 10 | 33 | 0.9 | 9.67 | 5.196 | 17.59 |
| 11:13:00 | 18.57 | 10 | 43 | 0.8 | 10.45 | 4.6764 | 14.59 |
| 11:33:00 | 17.88 | 20 | 63 | 0.7 | 11.15 | 2.0784 | 10.61 |
| 11:53:00 | 17.27 | 20 | 83 | 0.6 | 11.75 | 1.8186 | 8.50 |
| 12:23:00 | 16.66 | 30 | 113 | 0.6 | 12.36 | 1.2124 | 6.56 |
| 13:23:00 | 16.14 | 60 | 173 | 0.5 | 12.88 | 0.5196 | 4.47 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.39 | | | | | |
| 3 | 3.12 | 0.477121255 | 0.493820393 | 0.235612205 | 0.227644692 | 0.24385858 |
| 5 | 4.50 | 0.698970004 | 0.653521236 | 0.456791741 | 0.488559067 | 0.427090005 |
| 7 | 5.28 | 0.84509804 | 0.722847727 | 0.610877197 | 0.714190697 | 0.522508836 |
| 11 | 6.32 | 1.041392685 | 0.800840752 | 0.833989701 | 1.084498725 | 0.64134591 |
| 15 | 7.42 | 1.176091259 | 0.870509247 | 1.023798316 | 1.38319065 | 0.757786349 |
| 19 | 8.20 | 1.278753601 | 0.913877403 | 1.16862402 | 1.635210772 | 0.835171908 |
| 23 | 8.81 | 1.361727836 | 0.944847721 | 1.286625442 | 1.854302699 | 0.892737216 |
| 33 | 9.67 | 1.51851394 | 0.985579146 | 1.496615673 | 2.305884586 | 0.971366254 |
| 43 | 10.45 | 1.633468456 | 1.019232641 | 1.664884368 | 2.668219195 | 1.038835176 |
| 63 | 11.15 | 1.799340549 | 1.047103453 | 1.884095702 | 3.237626413 | 1.096425641 |
| 83 | 11.75 | 1.919078092 | 1.070104392 | 2.053613895 | 3.682860725 | 1.145123409 |
| 113 | 12.36 | 2.053078443 | 1.091948191 | 2.241855292 | 4.215131095 | 1.192350852 |
| 173 | 12.88 | 2.238046103 | 1.109834931 | 2.483861743 | 5.00885036 | 1.231733574 |
| SUMA | | 18.04 | 11.72 | 17.44 | 28.51 | 11.00 |

$I_b = 10.42 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 65 HP, Pasada 4 (S2T1P4)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 10:40:00 | 19.90 | | | | | | |
| 10:41:00 | 18.89 | 1 | 1 | 1.0 | 1.01 | 60.672 | 60.67 |
| 10:43:00 | 17.62 | 2 | 3 | 1.3 | 2.28 | 37.92 | 45.50 |
| 10:45:00 | 16.61 | 2 | 5 | 1.0 | 3.29 | 30.336 | 39.44 |
| 10:47:00 | 16.04 | 2 | 7 | 0.6 | 3.86 | 17.064 | 33.04 |
| 10:51:00 | 15.29 | 4 | 11 | 0.8 | 4.61 | 11.376 | 25.17 |
| 10:55:00 | 21.60 | 4 | 15 | 1.1 | 5.71 | 16.5 | 22.85 |
| 10:59:00 | 21.03 | 4 | 19 | 0.6 | 6.28 | 8.532 | 19.84 |
| 11:03:00 | 20.59 | 4 | 23 | 0.4 | 6.72 | 6.636 | 17.54 |
| 11:13:00 | 19.96 | 10 | 33 | 0.6 | 7.36 | 3.792 | 13.38 |
| 11:23:00 | 19.39 | 10 | 43 | 0.6 | 7.93 | 3.4128 | 11.06 |
| 11:43:00 | 18.88 | 20 | 63 | 0.5 | 8.43 | 1.5168 | 8.03 |
| 12:03:00 | 18.44 | 20 | 83 | 0.4 | 8.87 | 1.3272 | 6.41 |
| 12:33:00 | 18.00 | 30 | 113 | 0.4 | 9.32 | 0.8848 | 4.95 |
| 13:33:00 | 17.62 | 60 | 173 | 0.4 | 9.70 | 0.3792 | 3.36 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|---------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.01 | | | | | |
| 3 | 2.28 | 0.477121255 | 0.357019579 | 0.17034163 | 0.227644692 | 0.12746298 |
| 5 | 3.29 | 0.698970004 | 0.516720422 | 0.361172076 | 0.488559067 | 0.266999994 |
| 7 | 3.86 | 0.84509804 | 0.586046913 | 0.495267098 | 0.714190697 | 0.343450985 |
| 11 | 4.61 | 1.041392685 | 0.664039938 | 0.691526335 | 1.084498725 | 0.44094904 |
| 15 | 5.71 | 1.176091259 | 0.756909833 | 0.890195038 | 1.38319065 | 0.572912495 |
| 19 | 6.28 | 1.278753601 | 0.798125584 | 1.020605965 | 1.635210772 | 0.637004449 |
| 23 | 6.72 | 1.361727836 | 0.827679373 | 1.127074041 | 1.854302699 | 0.685053144 |
| 33 | 7.36 | 1.51851394 | 0.86668895 | 1.316079251 | 2.305884586 | 0.751149735 |
| 43 | 7.93 | 1.633468456 | 0.89903215 | 1.468540658 | 2.668219195 | 0.808258807 |
| 63 | 8.43 | 1.799340549 | 0.925889392 | 1.665990326 | 3.237626413 | 0.857271165 |
| 83 | 8.87 | 1.919078092 | 0.948099848 | 1.819477647 | 3.682860725 | 0.898893322 |
| 113 | 9.32 | 2.053078443 | 0.96922948 | 1.989904152 | 4.215131095 | 0.939405785 |
| 173 | 9.70 | 2.238046103 | 0.986556772 | 2.20795954 | 5.00885036 | 0.973294265 |
| SUMA | | 18.04 | 10.10 | 15.22 | 28.51 | 8.30 |

$I_b = 8.35$ mm/h

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 65 HP, Pasada 5 (S2T1P5)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 13:40:00 | 19.90 | | | | | | |
| 13:41:00 | 19.61 | 1 | 1 | 0.3 | 0.29 | 17.664 | 17.66 |
| 13:43:00 | 19.24 | 2 | 3 | 0.4 | 0.66 | 11.04 | 13.25 |
| 13:45:00 | 18.94 | 2 | 5 | 0.3 | 0.96 | 8.832 | 11.48 |
| 13:47:00 | 18.78 | 2 | 7 | 0.2 | 1.12 | 4.968 | 9.62 |
| 13:51:00 | 18.56 | 4 | 11 | 0.2 | 1.34 | 3.312 | 7.33 |
| 13:55:00 | 21.60 | 4 | 15 | 1.1 | 2.44 | 16.5 | 9.77 |
| 13:59:00 | 21.43 | 4 | 19 | 0.2 | 2.61 | 2.484 | 8.24 |
| 14:03:00 | 21.31 | 4 | 23 | 0.1 | 2.74 | 1.932 | 7.14 |
| 14:13:00 | 21.12 | 10 | 33 | 0.2 | 2.92 | 1.104 | 5.31 |
| 14:23:00 | 20.96 | 10 | 43 | 0.2 | 3.09 | 0.9936 | 4.31 |
| 14:43:00 | 20.81 | 20 | 63 | 0.1 | 3.23 | 0.4416 | 3.08 |
| 15:03:00 | 20.68 | 20 | 83 | 0.1 | 3.36 | 0.3864 | 2.43 |
| 15:33:00 | 20.55 | 30 | 113 | 0.1 | 3.49 | 0.2576 | 1.85 |
| 16:33:00 | 20.44 | 60 | 173 | 0.1 | 3.60 | 0.1104 | 1.25 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.29 | | | | | |
| 3 | 0.66 | 0.477121255 | -0.178879676 | -0.085347296 | 0.227644692 | 0.031997939 |
| 5 | 0.96 | 0.698970004 | -0.019178833 | -0.013405429 | 0.488559067 | 0.000367828 |
| 7 | 1.12 | 0.84509804 | 0.050147658 | 0.042379688 | 0.714190697 | 0.002514788 |
| 11 | 1.34 | 1.041392685 | 0.128140683 | 0.13344477 | 1.084498725 | 0.016420035 |
| 15 | 2.44 | 1.176091259 | 0.38795902 | 0.456275212 | 1.38319065 | 0.150512201 |
| 19 | 2.61 | 1.278753601 | 0.416440786 | 0.532525154 | 1.635210772 | 0.173422928 |
| 23 | 2.74 | 1.361727836 | 0.437369992 | 0.595578893 | 1.854302699 | 0.19129251 |
| 33 | 2.92 | 1.51851394 | 0.465620756 | 0.707051608 | 2.305884586 | 0.216802688 |
| 43 | 3.09 | 1.633468456 | 0.489564766 | 0.799688602 | 2.668219195 | 0.23967366 |
| 63 | 3.23 | 1.799340549 | 0.509793728 | 0.917292527 | 3.237626413 | 0.259889645 |
| 83 | 3.36 | 1.919078092 | 0.526752694 | 1.010879556 | 3.682860725 | 0.277468401 |
| 113 | 3.49 | 2.053078443 | 0.543074235 | 1.114974005 | 4.215131095 | 0.294929625 |
| 173 | 3.60 | 2.238046103 | 0.556591934 | 1.245678409 | 5.00885036 | 0.309794581 |
| SUMA | | 18.04 | 4.31 | 7.46 | 28.51 | 2.17 |

$I_b = 4.86$ mm/h

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 98 HP, Pasada 1 (S2T2P1)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:19:00 | 21.40 | | | | | | |
| 7:20:00 | 20.08 | 1 | 1 | 1.3 | 1.32 | 79.2 | 79.20 |
| 7:22:00 | 18.98 | 2 | 3 | 1.1 | 2.42 | 33 | 48.40 |
| 7:26:00 | 17.44 | 4 | 7 | 1.5 | 3.96 | 23.1 | 33.94 |
| 7:30:00 | 16.34 | 4 | 11 | 1.1 | 5.06 | 16.5 | 27.60 |
| 7:34:00 | 15.35 | 4 | 15 | 1.0 | 6.05 | 14.85 | 24.20 |
| 7:38:00 | 14.47 | 4 | 19 | 0.9 | 6.93 | 13.2 | 21.88 |
| 7:48:00 | 13.37 | 10 | 29 | 1.1 | 8.03 | 6.6 | 16.61 |
| 7:58:00 | 12.49 | 10 | 39 | 0.9 | 8.91 | 5.28 | 13.71 |
| 8:08:00 | 20.70 | 10 | 49 | 0.8 | 9.71 | 4.8 | 11.89 |
| 8:18:00 | 20.04 | 10 | 59 | 0.7 | 10.37 | 3.96 | 10.55 |
| 8:38:00 | 19.05 | 20 | 79 | 1.0 | 11.36 | 2.97 | 8.63 |
| 9:08:00 | 18.06 | 30 | 109 | 1.0 | 12.35 | 1.98 | 6.80 |
| 9:38:00 | 17.29 | 30 | 139 | 0.8 | 13.12 | 1.54 | 5.66 |
| 10:08:00 | 16.74 | 30 | 169 | 0.6 | 13.67 | 1.1 | 4.85 |
| 11:08:00 | 16.19 | 60 | 229 | 0.6 | 14.22 | 0.55 | 3.73 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.32 | | | | | |
| 3 | 2.42 | 0.477121255 | 0.383815366 | 0.183126469 | 0.227644692 | 0.147314235 |
| 7 | 3.96 | 0.84509804 | 0.597695186 | 0.505111103 | 0.714190697 | 0.357239535 |
| 11 | 5.06 | 1.041392685 | 0.704150517 | 0.733297197 | 1.084498725 | 0.49582795 |
| 15 | 6.05 | 1.176091259 | 0.781755375 | 0.919415663 | 1.38319065 | 0.611141466 |
| 19 | 6.93 | 1.278753601 | 0.840733235 | 1.075090651 | 1.635210772 | 0.706832372 |
| 29 | 8.03 | 1.462397998 | 0.904715545 | 1.323054202 | 2.138607904 | 0.818510218 |
| 39 | 8.91 | 1.591064607 | 0.949877704 | 1.511316796 | 2.531486584 | 0.902267653 |
| 49 | 9.71 | 1.69019608 | 0.98721923 | 1.668594073 | 2.856762789 | 0.974601808 |
| 59 | 10.37 | 1.770852012 | 1.015778756 | 1.798793854 | 3.135916847 | 1.031806482 |
| 79 | 11.36 | 1.897627091 | 1.055378331 | 2.002714513 | 3.600988578 | 1.113823422 |
| 109 | 12.35 | 2.037426498 | 1.091666958 | 2.224191186 | 4.151106735 | 1.191736746 |
| 139 | 13.12 | 2.1430148 | 1.117933835 | 2.395748754 | 4.592512434 | 1.24977606 |
| 169 | 13.67 | 2.227886705 | 1.135768515 | 2.530363573 | 4.963479169 | 1.289970119 |
| 229 | 14.22 | 2.359835482 | 1.152899596 | 2.720653375 | 5.568823504 | 1.329177479 |
| SUMA | | 22.00 | 12.72 | 21.59 | 38.58 | 12.22 |

$I_b = 13.34 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 98 HP, Pasada 2 (S2T2P2)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 7:35:00 | 21.40 | | | | | | |
| 7:36:00 | 20.26 | 1 | 1 | 1.1 | 1.14 | 68.328 | 68.33 |
| 7:38:00 | 19.31 | 2 | 3 | 0.9 | 2.09 | 28.47 | 41.76 |
| 7:42:00 | 17.98 | 4 | 7 | 1.3 | 3.42 | 19.929 | 29.28 |
| 7:46:00 | 17.03 | 4 | 11 | 0.9 | 4.37 | 14.235 | 23.81 |
| 7:50:00 | 16.18 | 4 | 15 | 0.9 | 5.22 | 12.8115 | 20.88 |
| 7:54:00 | 15.42 | 4 | 19 | 0.8 | 5.98 | 11.388 | 18.88 |
| 8:04:00 | 14.47 | 10 | 29 | 0.9 | 6.93 | 5.694 | 14.33 |
| 8:14:00 | 13.71 | 10 | 39 | 0.8 | 7.69 | 4.5552 | 11.83 |
| 8:24:00 | 20.70 | 10 | 49 | 0.8 | 8.49 | 4.8 | 10.39 |
| 8:34:00 | 20.13 | 10 | 59 | 0.6 | 9.06 | 3.4164 | 9.21 |
| 8:54:00 | 19.28 | 20 | 79 | 0.9 | 9.91 | 2.5623 | 7.53 |
| 9:24:00 | 18.42 | 30 | 109 | 0.9 | 10.76 | 1.7082 | 5.93 |
| 9:54:00 | 17.76 | 30 | 139 | 0.7 | 11.43 | 1.3286 | 4.93 |
| 10:24:00 | 17.28 | 30 | 169 | 0.5 | 11.90 | 0.949 | 4.23 |
| 11:24:00 | 16.81 | 60 | 229 | 0.5 | 12.38 | 0.4745 | 3.24 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 1.14 | | | | | |
| 3 | 2.09 | 0.477121255 | 0.319688893 | 0.152530366 | 0.227644692 | 0.102200988 |
| 7 | 3.42 | 0.84509804 | 0.533568713 | 0.450917874 | 0.714190697 | 0.284695572 |
| 11 | 4.37 | 1.041392685 | 0.640024044 | 0.666516358 | 1.084498725 | 0.409630777 |
| 15 | 5.22 | 1.176091259 | 0.717628902 | 0.843997079 | 1.38319065 | 0.514991241 |
| 19 | 5.98 | 1.278753601 | 0.776606762 | 0.993088693 | 1.635210772 | 0.603118063 |
| 29 | 6.93 | 1.462397998 | 0.840589073 | 1.229275777 | 2.138607904 | 0.706589989 |
| 39 | 7.69 | 1.591064607 | 0.885751231 | 1.409287435 | 2.531486584 | 0.784555244 |
| 49 | 8.49 | 1.69019608 | 0.928749085 | 1.569768063 | 2.856762789 | 0.862574863 |
| 59 | 9.06 | 1.770852012 | 0.956950801 | 1.69461825 | 3.135916847 | 0.915754835 |
| 79 | 9.91 | 1.897627091 | 0.996091184 | 1.890209616 | 3.600988578 | 0.992197646 |
| 109 | 10.76 | 2.037426498 | 1.031993862 | 2.10261164 | 4.151106735 | 1.065011331 |
| 139 | 11.43 | 2.1430148 | 1.058000633 | 2.267311015 | 4.592512434 | 1.119365339 |
| 169 | 11.90 | 2.227886705 | 1.075667379 | 2.396465053 | 4.963479169 | 1.157060311 |
| 229 | 12.38 | 2.359835482 | 1.092643461 | 2.578458809 | 5.568823504 | 1.193869733 |
| SUMA | | 22.00 | 11.85 | 20.25 | 38.58 | 10.71 |

$I_b = 11.80 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 98 HP, Pasada 3 (S2T2P3)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 10:30:00 | 21.40 | | | | | | |
| 10:31:00 | 20.44 | 1 | 1 | 1.0 | 0.96 | 57.456 | 57.46 |
| 10:33:00 | 19.64 | 2 | 3 | 0.8 | 1.76 | 23.94 | 35.11 |
| 10:37:00 | 18.53 | 4 | 7 | 1.1 | 2.87 | 16.758 | 24.62 |
| 10:41:00 | 17.73 | 4 | 11 | 0.8 | 3.67 | 11.97 | 20.02 |
| 10:45:00 | 17.01 | 4 | 15 | 0.7 | 4.39 | 10.773 | 17.56 |
| 10:49:00 | 16.37 | 4 | 19 | 0.6 | 5.03 | 9.576 | 15.88 |
| 10:59:00 | 15.57 | 10 | 29 | 0.8 | 5.83 | 4.788 | 12.05 |
| 11:09:00 | 14.94 | 10 | 39 | 0.6 | 6.46 | 3.8304 | 9.94 |
| 11:19:00 | 20.70 | 10 | 49 | 0.8 | 7.26 | 4.8 | 8.89 |
| 11:29:00 | 20.22 | 10 | 59 | 0.5 | 7.74 | 2.8728 | 7.87 |
| 11:49:00 | 19.50 | 20 | 79 | 0.7 | 8.46 | 2.1546 | 6.43 |
| 12:19:00 | 18.78 | 30 | 109 | 0.7 | 9.18 | 1.4364 | 5.05 |
| 12:49:00 | 18.23 | 30 | 139 | 0.6 | 9.74 | 1.1172 | 4.20 |
| 13:19:00 | 17.83 | 30 | 169 | 0.4 | 10.14 | 0.798 | 3.60 |
| 14:19:00 | 17.43 | 60 | 229 | 0.4 | 10.54 | 0.399 | 2.76 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.96 | | | | | |
| 3 | 1.76 | 0.477121255 | 0.244425572 | 0.116620636 | 0.227644692 | 0.05974386 |
| 7 | 2.87 | 0.84509804 | 0.458305392 | 0.387312989 | 0.714190697 | 0.210043832 |
| 11 | 3.67 | 1.041392685 | 0.564760723 | 0.588137686 | 1.084498725 | 0.318954674 |
| 15 | 4.39 | 1.176091259 | 0.642365581 | 0.755480545 | 1.38319065 | 0.412633539 |
| 19 | 5.03 | 1.278753601 | 0.701343441 | 0.89684545 | 1.635210772 | 0.491882622 |
| 29 | 5.83 | 1.462397998 | 0.765325751 | 1.119210847 | 2.138607904 | 0.585723506 |
| 39 | 6.46 | 1.591064607 | 0.81048791 | 1.289538628 | 2.531486584 | 0.656890653 |
| 49 | 7.26 | 1.69019608 | 0.861163878 | 1.455535811 | 2.856762789 | 0.741603225 |
| 59 | 7.74 | 1.770852012 | 0.888886823 | 1.574087019 | 3.135916847 | 0.790119784 |
| 79 | 8.46 | 1.897627091 | 0.927411429 | 1.759881053 | 3.600988578 | 0.860091959 |
| 109 | 9.18 | 2.037426498 | 0.96279537 | 1.961624799 | 4.151106735 | 0.926974924 |
| 139 | 9.74 | 2.1430148 | 0.988451931 | 2.118267117 | 4.592512434 | 0.977037219 |
| 169 | 10.14 | 2.227886705 | 1.005892309 | 2.241014102 | 4.963479169 | 1.011819338 |
| 229 | 10.54 | 2.359835482 | 1.022659274 | 2.41330764 | 5.568823504 | 1.04583199 |
| SUMA | | 22.00 | 10.84 | 18.68 | 38.58 | 9.09 |

$I_b = 10.26 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 98 HP, Pasada 4 (S2T2P4)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 10:40:00 | 21.40 | | | | | | |
| 10:41:00 | 20.80 | 1 | 1 | 0.6 | 0.60 | 35.712 | 35.71 |
| 10:43:00 | 20.31 | 2 | 3 | 0.5 | 1.09 | 14.88 | 21.82 |
| 10:47:00 | 19.61 | 4 | 7 | 0.7 | 1.79 | 10.416 | 15.31 |
| 10:51:00 | 19.12 | 4 | 11 | 0.5 | 2.28 | 7.44 | 12.45 |
| 10:55:00 | 18.67 | 4 | 15 | 0.4 | 2.73 | 6.696 | 10.91 |
| 10:59:00 | 18.28 | 4 | 19 | 0.4 | 3.12 | 5.952 | 9.87 |
| 11:09:00 | 17.78 | 10 | 29 | 0.5 | 3.62 | 2.976 | 7.49 |
| 11:19:00 | 17.38 | 10 | 39 | 0.4 | 4.02 | 2.3808 | 6.18 |
| 11:29:00 | 20.70 | 10 | 49 | 0.8 | 4.82 | 4.8 | 5.90 |
| 11:39:00 | 20.40 | 10 | 59 | 0.3 | 5.12 | 1.7856 | 5.20 |
| 11:59:00 | 19.96 | 20 | 79 | 0.4 | 5.56 | 1.3392 | 4.22 |
| 12:29:00 | 19.51 | 30 | 109 | 0.4 | 6.01 | 0.8928 | 3.31 |
| 12:59:00 | 19.16 | 30 | 139 | 0.3 | 6.36 | 0.6944 | 2.74 |
| 13:29:00 | 18.91 | 30 | 169 | 0.2 | 6.60 | 0.496 | 2.34 |
| 14:29:00 | 18.67 | 60 | 229 | 0.2 | 6.85 | 0.248 | 1.80 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.60 | | | | | |
| 3 | 1.09 | 0.477121255 | 0.037904357 | 0.018084975 | 0.227644692 | 0.00143674 |
| 7 | 1.79 | 0.84509804 | 0.251784177 | 0.212782315 | 0.714190697 | 0.063395272 |
| 11 | 2.28 | 1.041392685 | 0.358239508 | 0.373068003 | 1.084498725 | 0.128335545 |
| 15 | 2.73 | 1.176091259 | 0.435844366 | 0.512592749 | 1.38319065 | 0.189960311 |
| 19 | 3.12 | 1.278753601 | 0.494822226 | 0.632755703 | 1.635210772 | 0.244849035 |
| 29 | 3.62 | 1.462397998 | 0.558804537 | 0.817194636 | 2.138607904 | 0.31226251 |
| 39 | 4.02 | 1.591064607 | 0.603966695 | 0.960950033 | 2.531486584 | 0.364775769 |
| 49 | 4.82 | 1.69019608 | 0.682830738 | 1.154117837 | 2.856762789 | 0.466257817 |
| 59 | 5.12 | 1.770852012 | 0.708862619 | 1.255290795 | 3.135916847 | 0.502486213 |
| 79 | 5.56 | 1.897627091 | 0.74519975 | 1.414111235 | 3.600988578 | 0.555322668 |
| 109 | 6.01 | 2.037426498 | 0.778729924 | 1.586604982 | 4.151106735 | 0.606420295 |
| 139 | 6.36 | 2.1430148 | 0.803129222 | 1.72111781 | 4.592512434 | 0.645016548 |
| 169 | 6.60 | 2.227886705 | 0.819754452 | 1.826320044 | 4.963479169 | 0.671997361 |
| 229 | 6.85 | 2.359835482 | 0.835766646 | 1.972271785 | 5.568823504 | 0.698505886 |
| SUMA | | 22.00 | 8.12 | 14.46 | 38.58 | 5.45 |

$I_b = 7.21 \text{ mm/h}$

TRATAMIENTO: Suelo Serie Titicaca cálcico, Tractor de 98 HP, Pasada 5 (S2T2P5)

Prueba de infiltración

| HORA | LECTURA (cm) | TIEMPO (min) | | LAMINA INFILTRADA (cm) | | VEL. DE INFILTRACIÓN (cm/h) | |
|----------|-----------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| | | Parcial | Acumulado | Parcial | Acumulado | Instantánea | Promedio |
| 13:40:00 | 21.40 | | | | | | |
| 13:41:00 | 21.17 | 1 | 1 | 0.2 | 0.23 | 13.968 | 13.97 |
| 13:43:00 | 20.97 | 2 | 3 | 0.2 | 0.43 | 5.82 | 8.54 |
| 13:47:00 | 20.70 | 4 | 7 | 0.3 | 0.70 | 4.074 | 5.99 |
| 13:51:00 | 20.51 | 4 | 11 | 0.2 | 0.89 | 2.91 | 4.87 |
| 13:55:00 | 20.33 | 4 | 15 | 0.2 | 1.07 | 2.619 | 4.27 |
| 13:59:00 | 20.18 | 4 | 19 | 0.2 | 1.22 | 2.328 | 3.86 |
| 14:09:00 | 19.98 | 10 | 29 | 0.2 | 1.42 | 1.164 | 2.93 |
| 14:19:00 | 19.83 | 10 | 39 | 0.2 | 1.57 | 0.9312 | 2.42 |
| 14:29:00 | 20.70 | 10 | 49 | 0.8 | 2.37 | 4.8 | 2.90 |
| 14:39:00 | 20.58 | 10 | 59 | 0.1 | 2.49 | 0.6984 | 2.53 |
| 14:59:00 | 20.41 | 20 | 79 | 0.2 | 2.66 | 0.5238 | 2.02 |
| 15:29:00 | 20.23 | 30 | 109 | 0.2 | 2.84 | 0.3492 | 1.56 |
| 15:59:00 | 20.10 | 30 | 139 | 0.1 | 2.97 | 0.2716 | 1.28 |
| 16:29:00 | 20.00 | 30 | 169 | 0.1 | 3.07 | 0.194 | 1.09 |
| 17:29:00 | 19.90 | 60 | 229 | 0.1 | 3.17 | 0.097 | 0.83 |

Función de la lámina infiltrada acumulada

| Mínimos Cuadrados | | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Tiempo Acumulado (min) T_0 | Lám. Infil. Acumulada (cm) (I_{cum}) | $\log T_0 = X$ | $\log I_{cum} = Y$ | $X \cdot Y$ | X^2 | Y^2 |
| 1 | 0.23 | | | | | |
| 3 | 0.43 | 0.477121255 | -0.369775589 | -0.176427793 | 0.227644692 | 0.136733986 |
| 7 | 0.70 | 0.84509804 | -0.155895769 | -0.131747209 | 0.714190697 | 0.024303491 |
| 11 | 0.89 | 1.041392685 | -0.049440438 | -0.051486911 | 1.084498725 | 0.002444357 |
| 15 | 1.07 | 1.176091259 | 0.028164419 | 0.033123928 | 1.38319065 | 0.000793235 |
| 19 | 1.22 | 1.278753601 | 0.087142279 | 0.111433504 | 1.635210772 | 0.007593777 |
| 29 | 1.42 | 1.462397998 | 0.15112459 | 0.221004298 | 2.138607904 | 0.022838642 |
| 39 | 1.57 | 1.591064607 | 0.196286749 | 0.312304899 | 2.531486584 | 0.038528488 |
| 49 | 2.37 | 1.69019608 | 0.375004816 | 0.633831669 | 2.856762789 | 0.140628612 |
| 59 | 2.49 | 1.770852012 | 0.395815463 | 0.70093061 | 3.135916847 | 0.156669881 |
| 79 | 2.66 | 1.897627091 | 0.425273305 | 0.807010144 | 3.600988578 | 0.180857384 |
| 109 | 2.84 | 2.037426498 | 0.452859336 | 0.922667611 | 4.151106735 | 0.205081578 |
| 139 | 2.97 | 2.1430148 | 0.473165692 | 1.014001082 | 4.592512434 | 0.223885772 |
| 169 | 3.07 | 2.227886705 | 0.487110082 | 1.085226075 | 4.963479169 | 0.237276232 |
| 229 | 3.17 | 2.359835482 | 0.500620636 | 1.181382341 | 5.568823504 | 0.250621021 |
| SUMA | | 22.00 | 3.00 | 6.66 | 38.58 | 1.63 |

$I_b = 4.33 \text{ mm/h}$

ANEXO 11. Densidad aparente (g/cm^3) registrada en la serie de suelo Illpa (S1)

| E | E1 | | | | | | | | | | E2 | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | |
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | |
| R | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 1.3822 | 1.5064 | 1.5496 | 1.5702 | 1.6021 | 1.3764 | 1.5579 | 1.6255 | 1.6368 | 1.7169 | 1.3698 | 1.4305 | 1.4734 | 1.4939 | 1.5256 | 1.3888 | 1.4446 | 1.5128 | 1.5244 | 1.6043 |
| 2 | | 1.3903 | 1.5009 | 1.5443 | 1.5602 | 1.6105 | 1.3892 | 1.6154 | 1.6596 | 1.6952 | 1.7321 | 1.4019 | 1.4498 | 1.4933 | 1.5095 | 1.5599 | 1.3776 | 1.4762 | 1.5206 | 1.5559 | 1.5922 |
| 3 | | 1.3708 | 1.5167 | 1.5430 | 1.5754 | 1.5990 | 1.3824 | 1.5649 | 1.6422 | 1.6457 | 1.7218 | 1.3729 | 1.4556 | 1.4823 | 1.5145 | 1.5380 | 1.3803 | 1.4365 | 1.5140 | 1.5175 | 1.5933 |
| PROM | | 1.3811 | 1.5080 | 1.5456 | 1.5686 | 1.6039 | 1.3827 | 1.5794 | 1.6425 | 1.6593 | 1.7236 | 1.3815 | 1.4453 | 1.4830 | 1.5060 | 1.5412 | 1.3822 | 1.4524 | 1.5158 | 1.5326 | 1.5966 |

Donde: E: Época del año T: Tipo de tractor P: Cantidad de pasadas R: Repetición

ANEXO 12. Densidad aparente (g/cm^3) registrada en la serie de suelo Titicaca cálcico (S2)

| E | E1 | | | | | | | | | | E2 | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | |
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | |
| R | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 1.4385 | 1.5731 | 1.6134 | 1.6381 | 1.6659 | 1.4107 | 1.6222 | 1.6585 | 1.7065 | 1.7514 | 1.3973 | 1.4657 | 1.5054 | 1.5295 | 1.5567 | 1.4519 | 1.5375 | 1.5746 | 1.6235 | 1.6692 |
| 2 | | 1.4099 | 1.5583 | 1.5848 | 1.6226 | 1.6345 | 1.4176 | 1.6773 | 1.7104 | 1.7677 | 1.7650 | 1.4363 | 1.5210 | 1.5480 | 1.5861 | 1.5985 | 1.3913 | 1.5197 | 1.5522 | 1.6087 | 1.6058 |
| 3 | | 1.4184 | 1.5771 | 1.6018 | 1.6418 | 1.6443 | 1.4094 | 1.6345 | 1.6764 | 1.7199 | 1.7478 | 1.3923 | 1.4854 | 1.5097 | 1.5494 | 1.5514 | 1.4356 | 1.5337 | 1.5759 | 1.6201 | 1.6486 |
| PROM | | 1.4223 | 1.5695 | 1.6000 | 1.6342 | 1.6483 | 1.4126 | 1.6447 | 1.6818 | 1.7314 | 1.7547 | 1.4086 | 1.4907 | 1.5210 | 1.5550 | 1.5689 | 1.4263 | 1.5303 | 1.5676 | 1.6174 | 1.6412 |

Donde: E: Época del año T: Tipo de tractor P: Cantidad de pasadas R: Repetición

ANEXO 13. Porosidad total (%) registrada en la serie de Illpa (S1)

| E | E1 | | | | | | | | | | E2 | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|----|--|--|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | | | | |
| | R | P | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | | |
| 1 | 47.0395 | 42.1064 | 40.625 | 39.7939 | 38.4282 | 48.8592 | 41.0727 | 39.6026 | 37.5787 | 35.0606 | 49.1057 | 45.0249 | 43.5445 | 42.7211 | 41.3682 | 46.7848 | 45.3579 | 43.791 | 41.8663 | 39.3175 | | | | |
| 2 | 46.5293 | 43.2233 | 40.6058 | 40.181 | 39.0797 | 46.4409 | 38.6685 | 36.0162 | 35.9465 | 34.2373 | 45.9506 | 45.1571 | 42.5664 | 42.1227 | 40.9936 | 47.0171 | 43.9547 | 41.3775 | 41.2097 | 39.5501 | | | | |
| 3 | 47.1081 | 42.5306 | 40.4641 | 40.7808 | 39.4125 | 47.2883 | 40.4915 | 37.382 | 37.9229 | 34.5228 | 47.6505 | 44.8453 | 42.8083 | 43.0682 | 41.7237 | 46.7415 | 45.3748 | 42.2704 | 42.7602 | 39.4109 | | | | |
| PROM | 46.8923 | 42.6201 | 40.5650 | 40.2519 | 38.9735 | 47.5295 | 40.0776 | 37.6669 | 37.1494 | 34.6069 | 47.5689 | 45.0091 | 42.9731 | 42.6373 | 41.3618 | 46.8478 | 44.8958 | 42.4796 | 41.9454 | 39.4262 | | | | |

Donde: E: Época del año T: Tipo de tractor P: Cantidad de pasadas R: Repetición

ANEXO 14. Valores angulares para Porosidad total (%) registrada en la serie de Illpa (S1)

| E | E1 | | | | | | | | | | E2 | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|----|--|--|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | | | | |
| | R | P | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | | |
| 1 | 43.3028 | 40.4583 | 39.5965 | 39.1109 | 38.3092 | 44.3463 | 39.8575 | 38.9989 | 37.8078 | 36.3076 | 44.4876 | 42.1448 | 41.2909 | 40.8146 | 40.0294 | 43.1566 | 42.3364 | 41.4333 | 40.3189 | 38.8318 | | | | |
| 2 | 43.0098 | 41.1053 | 39.5853 | 39.3373 | 38.6923 | 42.9591 | 38.4506 | 36.8796 | 36.8380 | 35.8119 | 42.6773 | 42.2209 | 40.7250 | 40.4678 | 39.8114 | 43.2899 | 41.5278 | 40.0349 | 39.9372 | 38.9682 | | | | |
| 3 | 43.3421 | 40.7043 | 39.5027 | 39.6874 | 38.8875 | 43.4455 | 39.5186 | 37.6914 | 38.0112 | 35.9841 | 43.6533 | 42.0413 | 40.8651 | 41.0155 | 40.2361 | 43.1317 | 42.3462 | 40.5534 | 40.8373 | 38.8866 | | | | |
| PROM | 43.2182 | 40.7559 | 39.5615 | 39.3786 | 38.6297 | 43.5836 | 39.2756 | 37.8566 | 37.5523 | 36.0345 | 43.6061 | 42.1356 | 40.9603 | 40.7660 | 40.0256 | 43.1927 | 42.0701 | 40.6739 | 40.3645 | 38.8955 | | | | |

ANEXO 15. Porosidad total (%) registrada en la serie de suelo Titicaca cálcico (S2)

| E | E1 | | | | | | | | | | | | | | | E2 | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | |
| | R | P | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 |
| 1 | 44.6025 | 40.5457 | 37.8664 | 38.1308 | 37.0384 | 47.0823 | 37.7404 | 37.7893 | 33.8355 | 32.7816 | 47.5852 | 44.6045 | 42.026 | 42.2337 | 41.1674 | 44.0862 | 40.9909 | 40.9341 | 40.9341 | 37.054 | 35.9372 |
| 2 | 47.9237 | 41.5874 | 41.4634 | 38.9334 | 38.7277 | 45.3035 | 37.195 | 34.0066 | 33.562 | 33.9124 | 44.5835 | 42.9836 | 42.8251 | 40.3056 | 40.0796 | 48.6125 | 43.0971 | 40.1088 | 39.5378 | 39.8737 | |
| 3 | 45.7394 | 39.2947 | 38.7235 | 37.4478 | 36.7057 | 46.3633 | 38.7615 | 36.2011 | 34.8688 | 34.5166 | 47.0151 | 42.8245 | 42.2485 | 40.9713 | 40.2807 | 45.0827 | 42.5392 | 40.0264 | 38.6478 | 38.2357 | |
| PROM | 46.0885 | 40.4759 | 39.3511 | 38.1707 | 37.4906 | 46.2497 | 37.8989 | 35.9990 | 34.0888 | 33.7369 | 46.3946 | 43.4709 | 42.3666 | 41.1702 | 40.5092 | 45.9272 | 42.2091 | 40.3564 | 38.4132 | 38.0155 | |

Donde: E: Época del año T: Tipo de tractor P: Cantidad de pasadas R: Repetición

ANEXO 16. Valores angulares para Porosidad total (%) registrada en la serie de suelo Titicaca cálcico (S2)

| E | E1 | | | | | | | | | | | | | | | E2 | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | |
| | R | P | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 |
| 1 | 44.6025 | 40.5457 | 37.8664 | 38.1308 | 37.0384 | 47.0823 | 37.7404 | 37.7893 | 33.8355 | 32.7816 | 47.5852 | 44.6045 | 42.026 | 42.2337 | 41.1674 | 44.0862 | 40.9909 | 40.9341 | 40.9341 | 37.054 | 35.9372 |
| 2 | 47.9237 | 41.5874 | 41.4634 | 38.9334 | 38.7277 | 45.3035 | 37.195 | 34.0066 | 33.562 | 33.9124 | 44.5835 | 42.9836 | 42.8251 | 40.3056 | 40.0796 | 48.6125 | 43.0971 | 40.1088 | 39.5378 | 39.8737 | |
| 3 | 45.7394 | 39.2947 | 38.7235 | 37.4478 | 36.7057 | 46.3633 | 38.7615 | 36.2011 | 34.8688 | 34.5166 | 47.0151 | 42.8245 | 42.2485 | 40.9713 | 40.2807 | 45.0827 | 42.5392 | 40.0264 | 38.6478 | 38.2357 | |
| PROM | 46.0885 | 40.4759 | 39.3511 | 38.1707 | 37.4906 | 46.2497 | 37.8989 | 35.9990 | 34.0888 | 33.7369 | 46.3946 | 43.4709 | 42.3666 | 41.1702 | 40.5092 | 45.9272 | 42.2091 | 40.3564 | 38.4132 | 38.0155 | |

ANEXO 17. Microporosidad (%) registrada en la serie de suelo Illpa (S1)

| E | E2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| | E1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | |
| | R | P | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 |
| 1 | 28.4252 | 30.1056 | 30.5571 | 30.9701 | 31.3837 | 28.9127 | 31.8933 | 32.3823 | 32.9473 | 33.633 | 28.8771 | 29.7186 | 30.1766 | 30.5964 | 31.017 | 28.4603 | 29.6819 | 30.1679 | 30.7248 | 31.3943 | |
| 2 | 29.7527 | 31.5189 | 31.9841 | 32.33 | 32.857 | 29.1455 | 32.1532 | 32.6429 | 33.2258 | 33.907 | 29.236 | 30.095 | 30.5516 | 30.8942 | 31.4099 | 29.6605 | 30.9366 | 31.4401 | 32.0334 | 32.7214 | |
| 3 | 26.9612 | 28.7203 | 28.9833 | 29.4485 | 29.9396 | 26.8954 | 29.6442 | 30.1229 | 30.6608 | 31.2612 | 26.8954 | 27.8394 | 28.1057 | 28.5681 | 29.0557 | 26.9612 | 28.0958 | 28.5788 | 29.1181 | 29.7167 | |
| PROM | 28.3797 | 30.1149 | 30.5082 | 30.9162 | 31.3934 | 28.3179 | 31.2302 | 31.7160 | 32.2780 | 32.9337 | 28.3362 | 29.2177 | 29.6113 | 30.0196 | 30.4942 | 28.3607 | 29.5714 | 30.0623 | 30.6254 | 31.2775 | |

Donde: E: Época del año T: Tipo de tractor P: Cantidad de pasadas R: Repetición

ANEXO 18. Valores angulares para Microporosidad (%) registrada en la serie de suelo Illpa (S1)

| E | E2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| | E1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | |
| | R | P | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 |
| 1 | 32.2187 | 33.2769 | 33.5583 | 33.8146 | 34.0704 | 32.5276 | 34.3843 | 34.6843 | 35.0294 | 35.4463 | 32.5051 | 33.0348 | 33.3212 | 33.5827 | 33.8437 | 32.2410 | 33.0117 | 33.3158 | 33.6625 | 34.0770 | |
| 2 | 33.0561 | 34.1538 | 34.4401 | 34.6523 | 34.9744 | 32.6745 | 34.5439 | 34.8437 | 35.1990 | 35.6123 | 32.7315 | 33.2703 | 33.5548 | 33.7676 | 34.0866 | 32.9983 | 33.7939 | 34.1052 | 34.4704 | 34.8916 | |
| 3 | 31.2814 | 32.4059 | 32.5722 | 32.8652 | 33.1731 | 31.2389 | 32.9881 | 33.2877 | 33.6227 | 33.9948 | 31.2389 | 31.8455 | 32.0155 | 32.3094 | 32.6179 | 31.2814 | 32.0092 | 32.3162 | 32.6572 | 33.0336 | |
| PROM | 32.1854 | 33.2789 | 33.5235 | 33.7774 | 34.0727 | 32.1470 | 33.9721 | 34.2719 | 34.6171 | 35.0178 | 32.1585 | 32.7168 | 32.9638 | 33.2199 | 33.5161 | 32.1736 | 32.9383 | 33.2457 | 33.5967 | 34.0007 | |

ANEXO 19. Microporosidad (%) registrada en la serie de suelo Titicaca cálcico (S2)

| E | E1 | | | | | | | | | | | | | | | E2 | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|----|--|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | | | |
| | R | P | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | |
| 1 | 24.1405 | 25.5889 | 25.951 | 26.3131 | 26.6752 | 30.558 | 33.6278 | 34.2249 | 34.8361 | 35.462 | 30.558 | 31.4747 | 31.9331 | 32.3914 | 32.8498 | 24.1405 | 25.1166 | 25.5889 | 26.0717 | 26.5656 | | | |
| 2 | 29.0978 | 30.8308 | 31.2801 | 31.7034 | 32.1397 | 26.0342 | 28.6376 | 29.1583 | 29.7385 | 30.1997 | 26.0451 | 26.8152 | 27.2171 | 27.5963 | 27.9868 | 29.0857 | 30.2491 | 30.8308 | 31.4755 | 31.9942 | | | |
| 3 | 28.8716 | 30.5855 | 31.0369 | 31.4511 | 31.8839 | 29.5034 | 32.3867 | 33.0438 | 33.5644 | 34.1532 | 29.4601 | 30.3257 | 30.7858 | 31.209 | 31.6506 | 28.914 | 30.0084 | 30.6488 | 31.1626 | 31.7397 | | | |
| PROM | 27.3700 | 29.0017 | 29.4227 | 29.8225 | 30.2329 | 28.6985 | 31.5507 | 32.1423 | 32.7130 | 33.2716 | 28.6877 | 29.5385 | 29.9787 | 30.3989 | 30.8291 | 27.3801 | 28.4580 | 29.0228 | 29.5699 | 30.0998 | | | |

Dónde: E: Época del año T: Tipo de tractor P: Cantidad de pasadas R: Repetición

ANEXO 20. Valores angulares para Microporosidad (%) registrada en la serie de suelo Titicaca cálcico (S2)

| E | E1 | | | | | | | | | | | | | | | E2 | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|----|--|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | | | |
| | R | P | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | |
| 1 | 29.4280 | 30.3881 | 30.6253 | 30.8614 | 31.0965 | 33.5588 | 35.4431 | 35.8044 | 36.1727 | 36.5483 | 33.5588 | 34.1266 | 34.4088 | 34.6899 | 34.9700 | 29.4280 | 30.0771 | 30.3881 | 30.7041 | 31.0254 | | | |
| 2 | 32.6444 | 33.7283 | 34.0064 | 34.2675 | 34.5356 | 30.6796 | 32.3535 | 32.6826 | 33.0472 | 33.3356 | 30.6867 | 31.1871 | 31.4464 | 31.6899 | 31.9396 | 32.6368 | 33.3665 | 33.7283 | 34.1271 | 34.4463 | | | |
| 3 | 32.5016 | 33.5759 | 33.8560 | 34.1120 | 34.3786 | 32.8997 | 34.6870 | 35.0882 | 35.4047 | 35.7611 | 32.8725 | 33.4142 | 33.7004 | 33.9625 | 34.2350 | 32.5284 | 33.2162 | 33.6153 | 33.9338 | 34.2999 | | | |
| PROM | 31.5247 | 32.5641 | 32.8292 | 33.0803 | 33.3369 | 32.3794 | 34.1612 | 34.5251 | 34.8749 | 35.2150 | 32.3727 | 32.9093 | 33.1852 | 33.4474 | 33.7149 | 31.5311 | 32.2199 | 32.5772 | 32.9217 | 33.2539 | | | |

ANEXO 21. Macroporosidad (%) registrada en la serie de suelo Illpa (S1)

| E | E1 | | | | | | | | | | E2 | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|----|----|--|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | | | |
| | R | P | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | |
| 1 | 18.6143 | 12.0007 | 10.0679 | 8.8239 | 7.0445 | 19.9465 | 9.1794 | 7.2203 | 4.6313 | 1.4277 | 15.3063 | 13.3679 | 12.1247 | 10.3512 | 18.3244 | 15.676 | 13.6231 | 11.1415 | 7.9233 | | | | |
| 2 | 16.7767 | 11.7044 | 8.6217 | 7.851 | 6.2228 | 17.2954 | 6.5154 | 3.3733 | 2.7206 | 0.3303 | 16.7146 | 15.062 | 12.0148 | 11.2285 | 9.5837 | 17.3566 | 13.0181 | 9.9373 | 9.1764 | 6.8287 | | | |
| 3 | 20.1469 | 13.8103 | 11.4809 | 11.3323 | 9.4729 | 20.3929 | 10.8472 | 7.2592 | 7.2622 | 3.2616 | 20.7551 | 14.7026 | 14.5001 | 12.668 | 19.7804 | 17.279 | 13.6915 | 13.6421 | 9.6941 | | | | |
| PROM | 18.5126 | 12.5051 | 10.0568 | 9.3357 | 7.5801 | 19.2116 | 8.8473 | 5.9509 | 4.8714 | 1.6732 | 19.2328 | 13.3618 | 12.6178 | 10.8676 | 18.4871 | 15.3244 | 12.4173 | 11.3200 | 8.1487 | | | | |

Donde: E: Época del año T: Tipo de tractor P: Cantidad de pasadas R: Repetición

ANEXO 22. Valores angulares para Macroporosidad (%) registrada en la serie de suelo Illpa (S1)

| E | E1 | | | | | | | | | | E2 | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|----|--|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | | | |
| | R | P | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | |
| 1 | 25.5592 | 20.2685 | 18.4997 | 17.2805 | 15.3916 | 26.5267 | 17.6364 | 15.5873 | 12.4275 | 6.8625 | 26.7284 | 23.0312 | 21.4458 | 20.3776 | 18.7678 | 25.3451 | 23.3239 | 21.6598 | 19.4989 | 16.3488 | | | |
| 2 | 24.1793 | 20.0059 | 17.0752 | 16.2719 | 14.4453 | 24.5746 | 14.7886 | 10.5833 | 9.4939 | 3.2947 | 24.1317 | 22.8362 | 20.2809 | 19.5780 | 18.0337 | 24.6209 | 21.1497 | 18.3750 | 17.6334 | 15.1483 | | | |
| 3 | 26.6701 | 21.8157 | 19.8059 | 19.6720 | 17.9255 | 26.8454 | 19.2294 | 15.6303 | 15.6336 | 10.4047 | 27.1021 | 24.3546 | 22.5469 | 22.3826 | 20.8499 | 26.4074 | 24.5622 | 21.7169 | 21.6757 | 18.1408 | | | |
| PROM | 25.4695 | 20.6967 | 18.4603 | 17.7415 | 15.9208 | 25.9822 | 17.2181 | 13.9336 | 12.5183 | 6.8539 | 25.9874 | 23.4073 | 21.4246 | 20.7794 | 19.2171 | 25.4578 | 23.0119 | 20.5839 | 19.6027 | 16.5460 | | | |

ANEXO 23. Macroporosidad (%) registrada en la serie de suelo Titicaca cálcico (S2)

| E | E1 | | | | | | | | | | | | | | | E2 | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | | | | | | | | | | |
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | | | | | | | | | | |
| 1 | 20.4621 | 14.9567 | 11.9153 | 11.8177 | 10.3632 | 16.5243 | 4.1126 | 3.5644 | 0.0006 | 0.0035 | 17.0272 | 13.1298 | 10.0930 | 9.8422 | 8.3175 | 19.9458 | 15.8743 | 15.3452 | 10.9822 | 9.3716 | | | | | | | | | | |
| 2 | 18.8259 | 10.7565 | 10.1832 | 7.2300 | 6.5880 | 19.2693 | 8.5573 | 4.8483 | 2.8217 | 1.0286 | 18.5384 | 16.1684 | 15.6080 | 12.7093 | 12.0928 | 19.5269 | 12.8480 | 9.2780 | 8.0624 | 7.8794 | | | | | | | | | | |
| 3 | 16.8678 | 8.7092 | 7.6865 | 5.9966 | 4.8217 | 16.8600 | 6.3748 | 3.1573 | 1.3044 | 0.3634 | 17.5550 | 12.4988 | 11.4627 | 9.7623 | 8.6301 | 16.1688 | 12.5308 | 9.3776 | 7.4852 | 6.4960 | | | | | | | | | | |
| PROM | 18.7186 | 11.4741 | 9.9283 | 8.3481 | 7.2576 | 17.5512 | 6.3482 | 3.8567 | 1.3756 | 0.4652 | 17.7069 | 13.9323 | 12.3879 | 10.7713 | 9.6801 | 18.5472 | 13.7510 | 11.3336 | 8.8433 | 7.9157 | | | | | | | | | | |

Donde: E: Época del año T: Tipo de tractor P: Cantidad de pasadas R: Repetición

ANEXO 24. Valores angulares para Macroporosidad (%) registrada en la serie de suelo Titicaca cálcico (S2)

| E | E1 | | | | | | | | | | | | | | | E2 | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | | | | | | | | | | | |
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | | | | | | | | | | |
| 1 | 26.8946 | 22.7517 | 20.1931 | 20.1067 | 18.7790 | 23.9852 | 11.7005 | 10.8825 | 0.1403 | 0.3390 | 24.3708 | 21.2446 | 18.5236 | 18.2837 | 16.7622 | 26.5262 | 23.4798 | 23.0622 | 19.3534 | 17.8262 | | | | | | | | | | |
| 2 | 25.7146 | 19.1457 | 18.6092 | 15.5980 | 14.8726 | 26.0381 | 17.0094 | 12.7201 | 9.6703 | 5.8210 | 25.5033 | 23.7095 | 23.2703 | 20.8855 | 20.3496 | 26.2247 | 21.0045 | 17.7340 | 16.4957 | 16.3021 | | | | | | | | | | |
| 3 | 24.2491 | 17.1643 | 16.0959 | 14.1747 | 12.6846 | 24.2431 | 14.6245 | 10.2351 | 6.5581 | 3.4560 | 24.7706 | 20.7038 | 19.7895 | 18.2067 | 17.0838 | 23.7098 | 20.7315 | 17.8321 | 15.8781 | 14.7660 | | | | | | | | | | |
| PROM | 25.6194 | 19.6873 | 18.2994 | 16.6265 | 15.4454 | 24.7555 | 14.4448 | 11.2793 | 5.4563 | 3.2053 | 24.8816 | 21.8860 | 20.5278 | 19.1253 | 18.0652 | 25.4869 | 21.7386 | 19.5427 | 17.2424 | 16.2981 | | | | | | | | | | |

ANEXO 24. Resistencia a la penetración (KPa) registrada en la época húmeda.

| SERIE TRACTOR | S1 | | | | | | | | | | S2 | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | |
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
| R | 1289.0327 | 1482.3876 | 1675.7424 | 2062.4522 | 2449.1620 | 1289.0327 | 1559.7295 | 1830.4264 | 2371.8201 | 2913.2138 | 1031.2261 | 1185.9100 | 1340.5940 | 1649.9618 | 1959.3296 | 1031.2261 | 1247.7836 | 1464.3411 | 1897.4561 | 2330.5710 |
| 1 | 1289.0327 | 1482.3876 | 1675.7424 | 2062.4522 | 2449.1620 | 1392.1553 | 1684.5079 | 1976.8605 | 2561.5657 | 3146.2709 | 1082.7874 | 1245.2055 | 1407.6237 | 1732.4599 | 2057.2961 | 1185.3944 | 1372.5620 | 1610.7752 | 2087.2017 | 2563.6281 |
| 2 | 1185.9100 | 1363.7965 | 1641.6831 | 1897.4561 | 2253.2291 | 1237.4713 | 1497.3403 | 1757.2093 | 2276.9473 | 2796.6852 | 1082.7874 | 1245.2055 | 1407.6237 | 1732.4599 | 2057.2961 | 1134.3487 | 1372.5620 | 1610.7752 | 2087.2017 | 2563.6281 |
| 3 | 1254.66 | 1442.86 | 1631.06 | 2007.45 | 2383.85 | 1306.22 | 1580.53 | 1854.83 | 2403.44 | 2952.06 | 1065.60 | 1225.44 | 1385.28 | 1704.96 | 2024.64 | 1048.41 | 1268.58 | 1488.75 | 1929.08 | 2369.41 |
| PROM (Kp) | 12.80 | 14.72 | 16.64 | 20.48 | 24.33 | 13.33 | 16.13 | 18.93 | 24.52 | 30.12 | 10.87 | 12.50 | 14.14 | 17.40 | 20.66 | 10.70 | 12.94 | 15.19 | 19.68 | 24.18 |
| PROM (Kg/cm2) | 1.25 | 1.44 | 1.63 | 2.01 | 2.38 | 1.31 | 1.58 | 1.85 | 2.40 | 2.95 | 1.07 | 1.23 | 1.39 | 1.70 | 2.02 | 1.05 | 1.27 | 1.49 | 1.93 | 2.37 |
| PROM (MP) | 181.97 | 209.27 | 236.56 | 291.16 | 345.75 | 189.45 | 229.24 | 269.02 | 348.59 | 428.16 | 154.55 | 177.74 | 200.92 | 247.28 | 293.65 | 152.06 | 183.99 | 215.92 | 279.79 | 343.65 |
| PROM (PSI) | 12.38 | 14.24 | 16.10 | 19.81 | 23.53 | 12.89 | 15.60 | 18.31 | 23.72 | 29.14 | 10.52 | 12.10 | 13.67 | 16.83 | 19.98 | 10.35 | 12.52 | 14.69 | 19.04 | 23.39 |

Donde: E: Epoca del año T: Tipo de tractor P: Cantidad de pasadas R: Repetición

ANEXO 25. Resistencia a la penetración (KPa) registrada en la serie de suelo Titicaca cálcico (S2)

| SERIE TRACTOR | S1 | | | | | | | | | | S2 | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | |
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
| R | 1417.9359 | 1588.0882 | 1758.2405 | 2098.5452 | 2438.8498 | 1469.4972 | 1719.3118 | 1969.1263 | 2468.7553 | 2968.3844 | 1289.0327 | 1443.7166 | 1598.4005 | 1907.7683 | 2217.1362 | 1521.0585 | 1779.6385 | 2038.2184 | 2555.3783 | 3072.5382 |
| 1 | 1289.0327 | 1443.7166 | 1598.4005 | 1907.7683 | 2217.1362 | 1598.4005 | 1870.1286 | 2141.8567 | 2685.3128 | 3228.7690 | 1237.4713 | 1385.9679 | 1534.4645 | 1831.4576 | 2128.4507 | 1314.8133 | 1538.3316 | 1761.8498 | 2208.8864 | 2655.9229 |
| 2 | 1469.4972 | 1645.8369 | 1822.1766 | 2174.8559 | 2527.5352 | 1417.9359 | 1658.9850 | 1900.0341 | 2382.1323 | 2864.2306 | 1340.5940 | 1501.4652 | 1662.3365 | 1984.0791 | 2305.8216 | 1263.2520 | 1478.0048 | 1692.7577 | 2122.2634 | 2551.7690 |
| 3 | 1392.16 | 1559.21 | 1726.27 | 2060.39 | 2394.51 | 1495.28 | 1749.48 | 2003.67 | 2512.07 | 3020.46 | 1289.03 | 1443.72 | 1598.40 | 1907.77 | 2217.14 | 1366.37 | 1598.66 | 1830.94 | 2295.51 | 2760.08 |
| PROM (Kp) | 14.21 | 15.91 | 17.62 | 21.02 | 24.43 | 15.26 | 17.85 | 20.45 | 25.63 | 30.82 | 13.15 | 14.73 | 16.31 | 19.47 | 22.62 | 13.94 | 16.31 | 18.68 | 23.42 | 28.16 |
| PROM (Kg/cm2) | 1.39 | 1.56 | 1.73 | 2.06 | 2.39 | 1.50 | 1.75 | 2.00 | 2.51 | 3.02 | 1.29 | 1.44 | 1.60 | 1.91 | 2.22 | 1.37 | 1.60 | 1.83 | 2.30 | 2.76 |
| PROM (MP) | 201.92 | 226.14 | 250.37 | 298.83 | 347.29 | 216.87 | 253.74 | 290.61 | 364.34 | 438.08 | 186.96 | 209.39 | 231.83 | 276.70 | 321.57 | 198.18 | 231.87 | 265.56 | 332.94 | 400.32 |
| PROM (PSI) | 13.74 | 15.39 | 17.04 | 20.34 | 23.63 | 14.76 | 17.27 | 19.78 | 24.79 | 29.81 | 12.72 | 14.25 | 15.78 | 18.83 | 21.88 | 13.49 | 15.78 | 18.07 | 22.66 | 27.24 |

Donde: E: Epoca del año T: Tipo de tractor P: Cantidad de pasadas R: Repetición

ANEXO 26. Velocidad de infiltración (mm/h) inmediata a cada tratamiento

| E | E1 | | | | | | | | | | E2 | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
| | T1 | | | | | T2 | | | | | T1 | | | | | T2 | | | | |
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
| S1 | 13.64 | 12.31 | 11.00 | 8.35 | 3.06 | 14.19 | 11.90 | 9.61 | 7.34 | 3.57 | 15.01 | 13.67 | 12.36 | 9.71 | 4.42 | 15.42 | 13.12 | 10.83 | 8.55 | 4.25 |
| S2 | 11.62 | 10.57 | 9.53 | 7.48 | 4.96 | 12.32 | 10.78 | 9.24 | 6.22 | 3.67 | 12.52 | 11.47 | 10.42 | 8.35 | 4.86 | 13.34 | 11.80 | 10.26 | 7.21 | 4.33 |

Donde: E: Época del año T: Tipo de tractor P: Cantidad de pasadas S: Serie de suelo

ANEXO 27. PANEL FOTOGRÁFICO

FIGURA 15
TRACTORES UTILIZADOS



FIGURA 16
MEDIDA CON PENETRÓMETRO



FIGURA 17

MUESTRAS DE SUELO



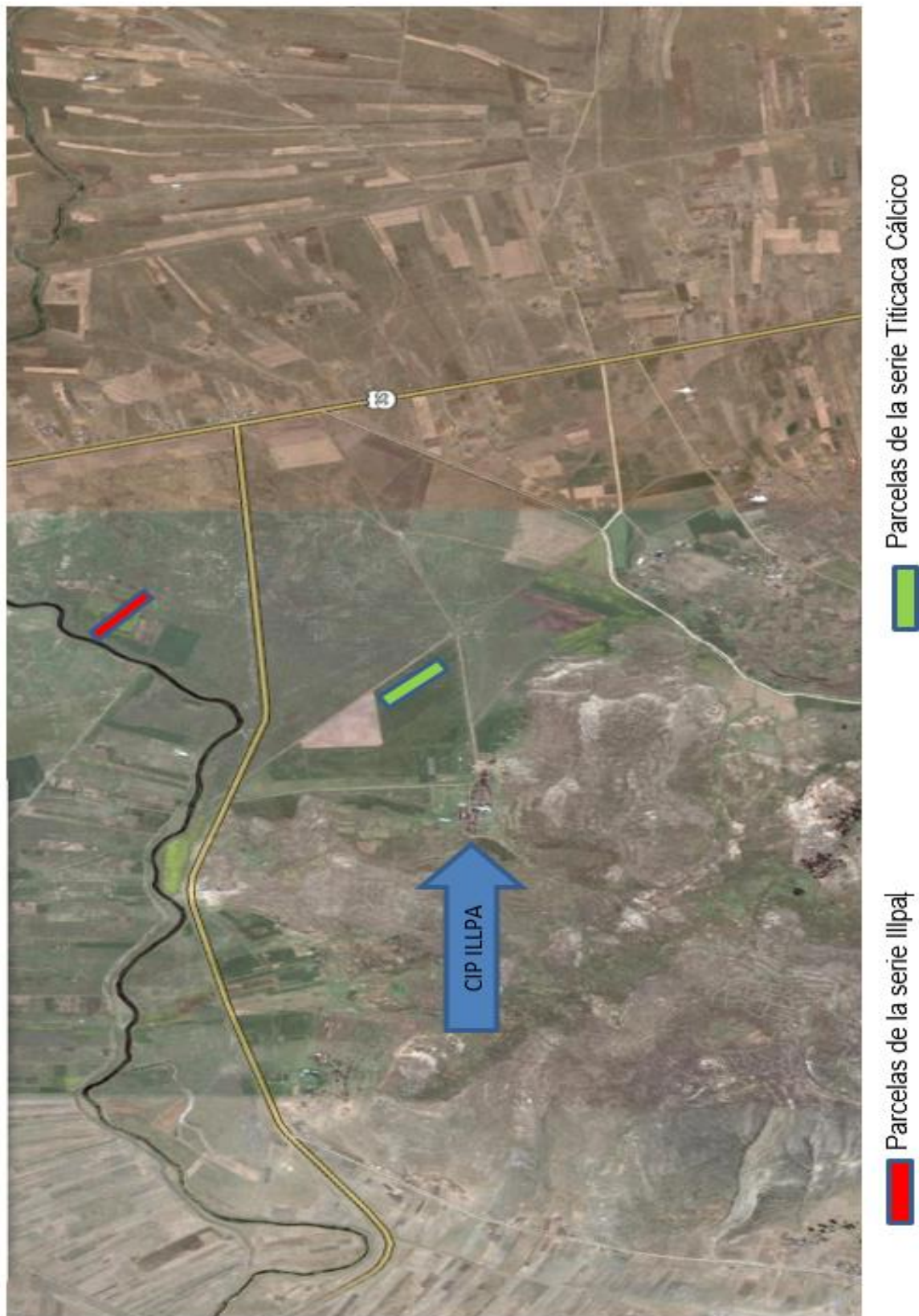
FIGURA 18

PRUEBA DE INFILTRACIÓN



FIGURA 19

IMAGEN SATELITAL DE UBICACIÓN DE LAS SERIES DE SUELOS Y
LUGARES EXPERIMENTALES, 2013



Parcelas de la serie Titicaca Cálcico



Parcelas de la serie Illpa





Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Dawes Ramos Alata
identificado con DNI 01319362 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ TIPOS DE TRACTOR Y COMPACTACIÓN DE DOS SERIES
DE SUELOS EN DOS ÉPOCAS EN EL CIP - ILLPA ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 30 de noviembre del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



VRI
Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL.

Por el presente documento, Yo Dawes Ramos Alata
identificado con DNI 01319362 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Gestion de Recursos Naturales y Medio Ambiente

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

.. TIPOS DE TRACTOR Y COMPACTACIÓN DE DOS SERIES
DE SUELOS EN DOS ÉPOCAS EN EL CIP - ILLPA

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío, en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 30 de noviembre del 2023


FIRMA (obligatoria)

