



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:

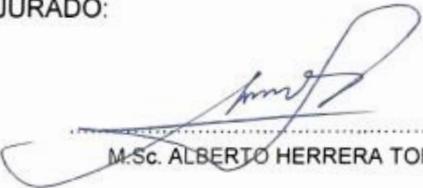
DAWES RAMOS ALATA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

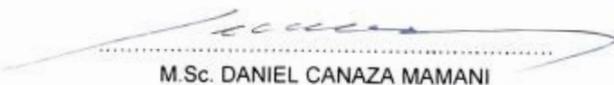
**MAGISTER SCIENTIAE EN GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES Y
MEDIO AMBIENTE**

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:

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

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

DIÁMETRO 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: Martín 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^o
DE PASADAS (P), LA SERIE DE SUELO ILLPA (S1)

Orden de merito	N ^o 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^o 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

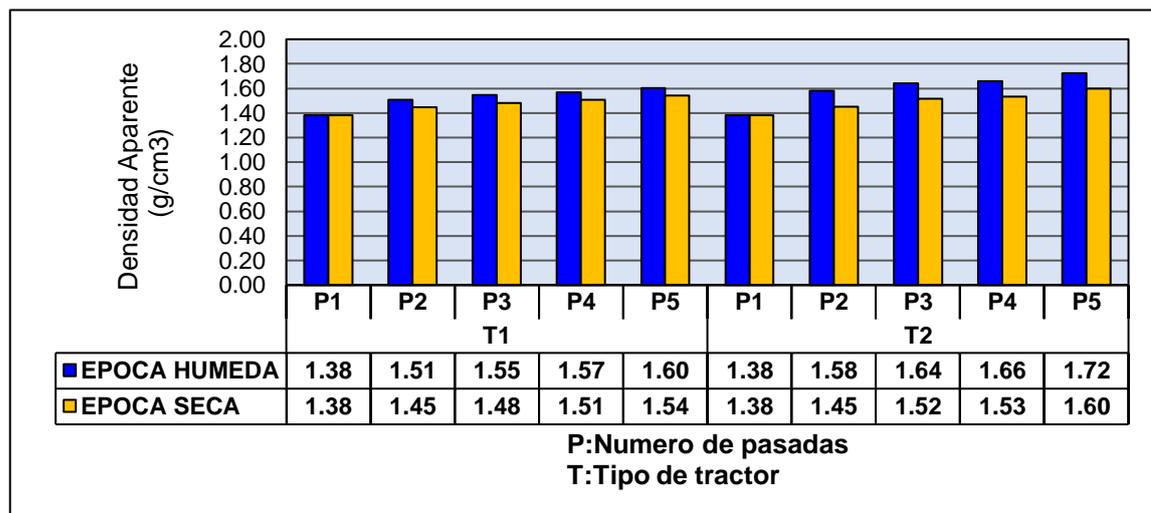
La prueba de comparación de Duncan para la interacción T x P, mostró que se tiene mayor Da (g/cm³) con la interacción T2 x P4 con 1.70 g/cm³, seguido de la

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 Da 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.

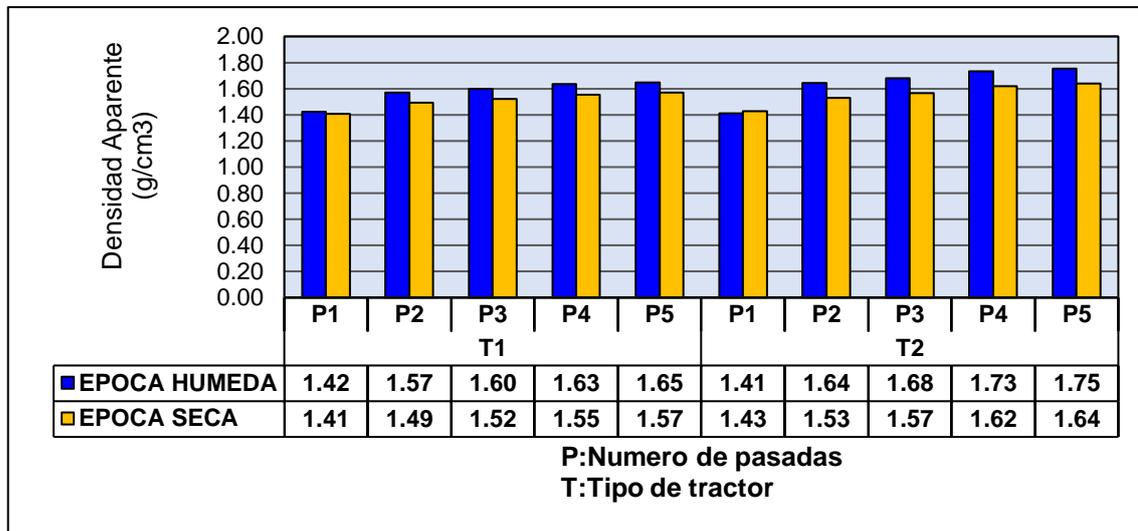
En la figura 1, se muestra claramente la diferencia entre los efectos de cada tractor y su número de pasadas sobre la época. En el caso del tractor 1 (65HP) se tiene un incremento de 15.94% para el tratamiento de 7 pasadas con respecto al testigo (0 pasadas), para la época húmeda y 11.59% para la época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

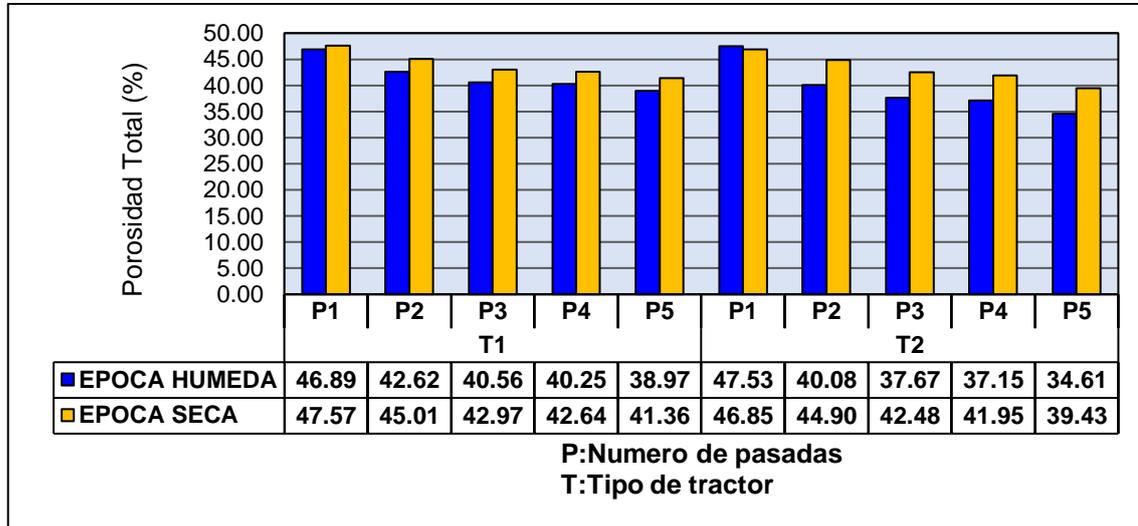
**PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE DUNCAN PARA
INTERACCIÓN T X P, SOBRE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN LA SERIE
DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).**

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)



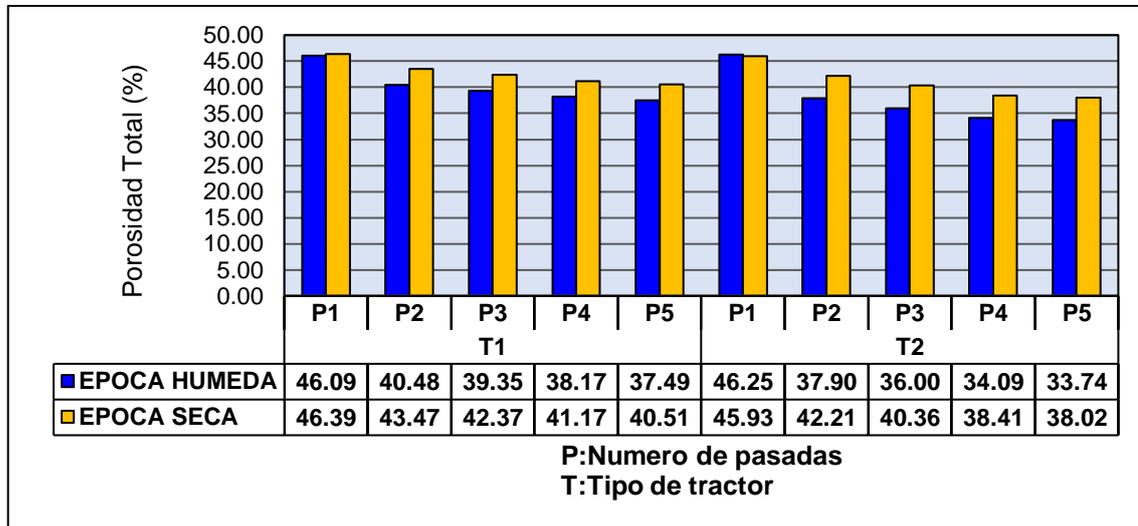
Según la figura 3, el tractor 1 tiene como testigo un porcentaje de porosidad de 46.89%, reduciéndose a 38.97% con 7 pasadas en la época húmeda y de 47.57% a 41.36% en la época seca. En este caso la variación de la porosidad total se ve reducida en un -16.89% con respecto al testigo y -13.05% respectivamente 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 29.90 %.

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

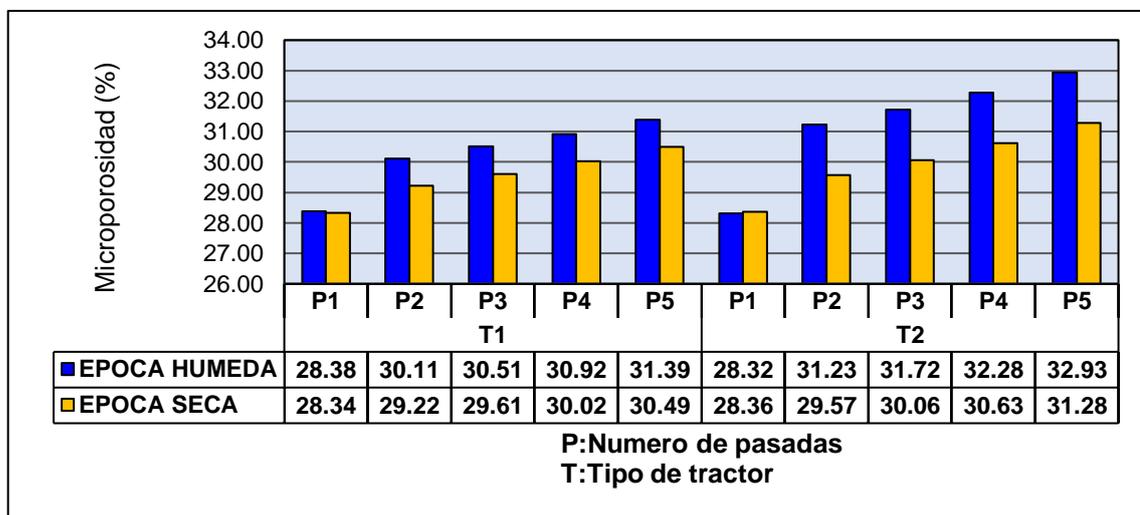
de la interacción E2 x T1 con 29.89%, los cuales son similares estadísticamente.

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.

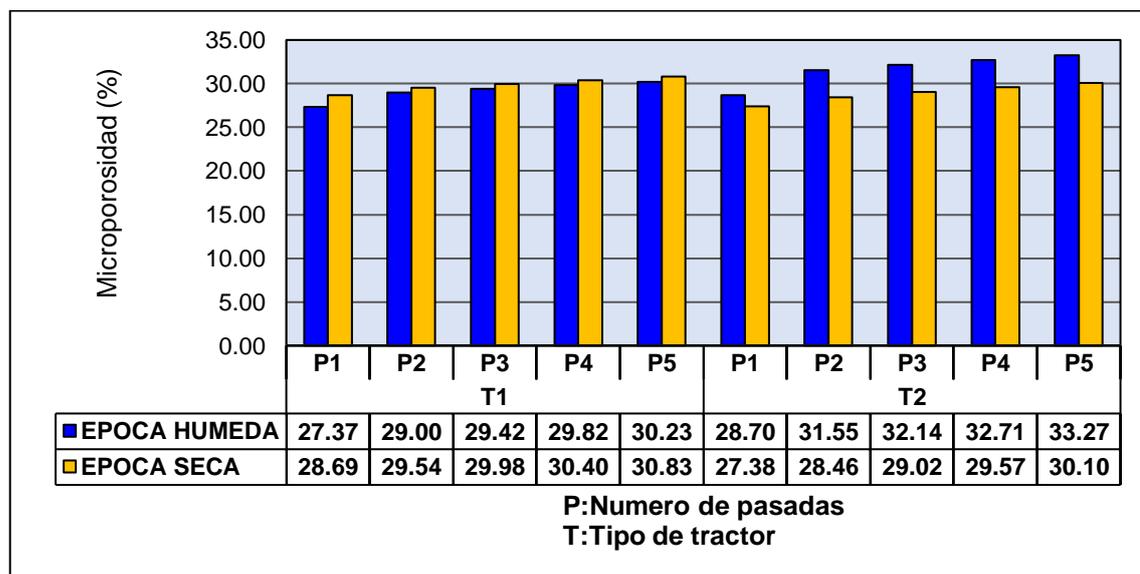
El tractor 2 reporta valores de microporosidad de: 28.32% y 32.93%, 28.36% y 31.28% en 0 y 7 pasadas. Lo cual indica incrementos de 16.28% y 10.30% para cada época. Lo cual confirma mayor compactación en el suelo por parte del tractor de mayor potencia (tractor 2), siendo predominantes los poros pequeños 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°
DE PASADAS (P), SOBRE LA MACROPOROSIDAD (%) EN LA SERIE
DE SUELO TITICACA CÁLCICO (S2).

Orden de merito	N° 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° 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

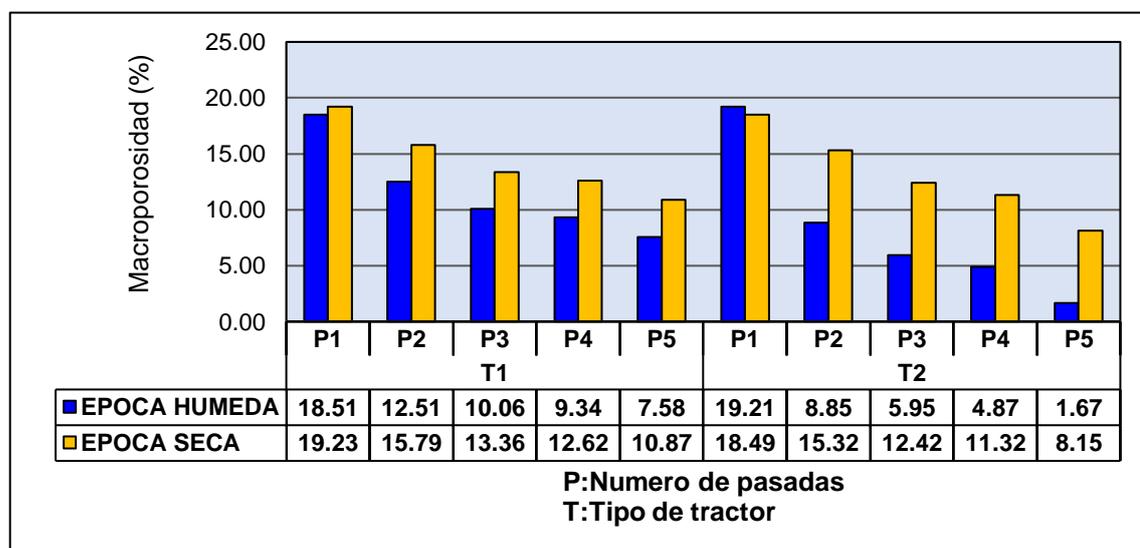
La prueba de comparación de Duncan para la interacción T x P, mostró que se tiene mayor Porosidad total (%) con la interacciones T1 x P0 y T2 x P0 con 18.21 y 18.05%, los cuales son similares y superiores estadísticamente a las demás interacciones, seguido de la interacción T1 x P1 con 12.70%. En último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



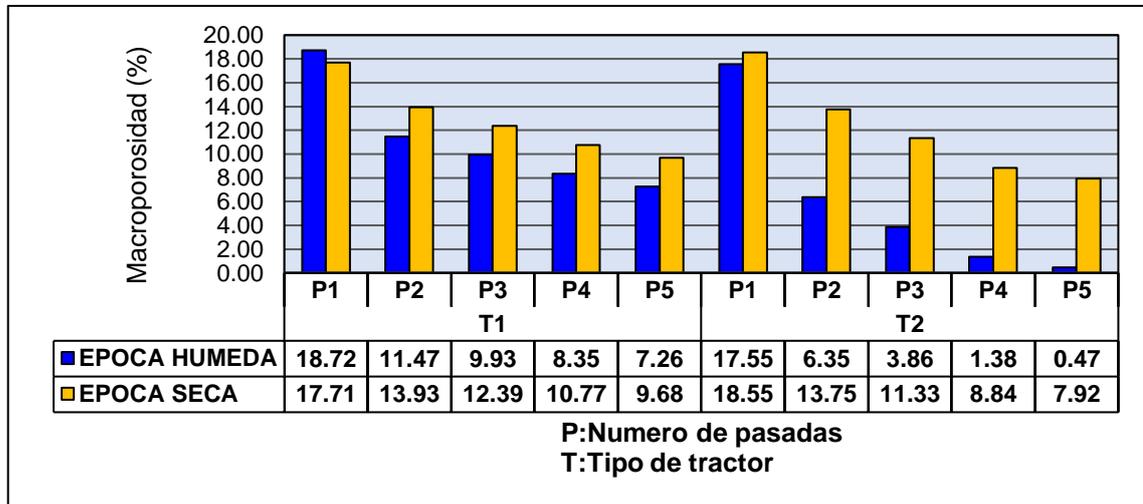
El tractor 1 muestra una influencia en la macroporosidad de 18.51% en el testigo, al pasar con el tractor 7 veces ésta se reduce a 7.58% en la época húmeda; de 19.23 a 10.87 en la época seca. Las variaciones con respecto al testigo son -59.05% en época húmeda y -43.47% en época seca respectivamente.

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)

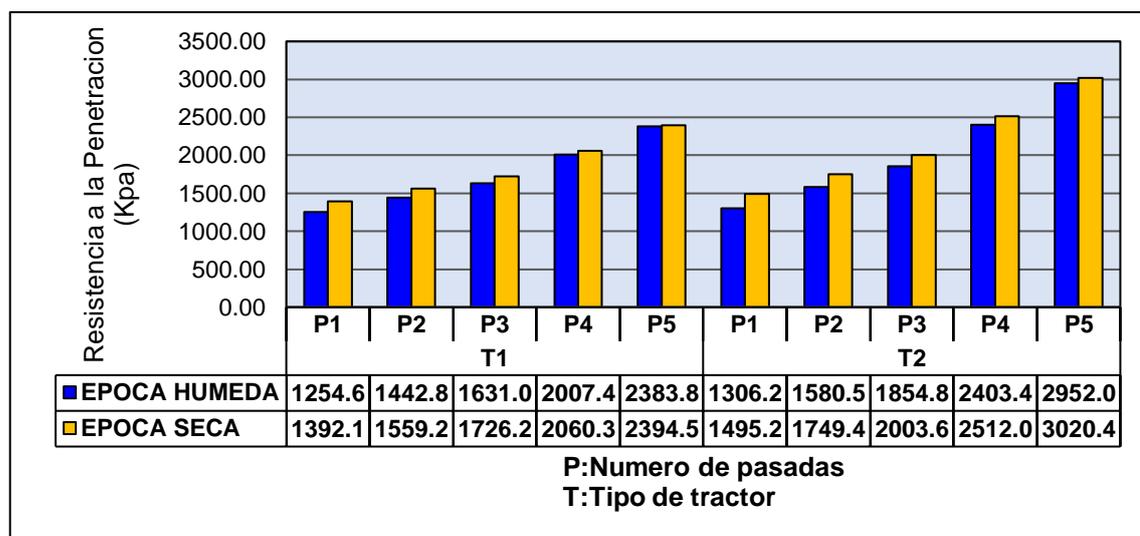
Orden de merito	Tractor	N° de pasadas	Resistencia a la penetración (KPa)	Sig.≤ 0.05
1	T2 (de 98 HP)	P4 (7 pasadas)	2890.27	a
2	T2 (de 98 HP)	P3 (5 pasadas)	2403.79	b
3	T1(de 65 HP)	P4 (7 pasadas)	2305.82	b
4	T1(de 65 HP)	P3 (5 pasadas)	1984.08	c
5	T2 (de 98 HP)	P2 (3 pasadas)	1917.31	c
6	T2 (de 98 HP)	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



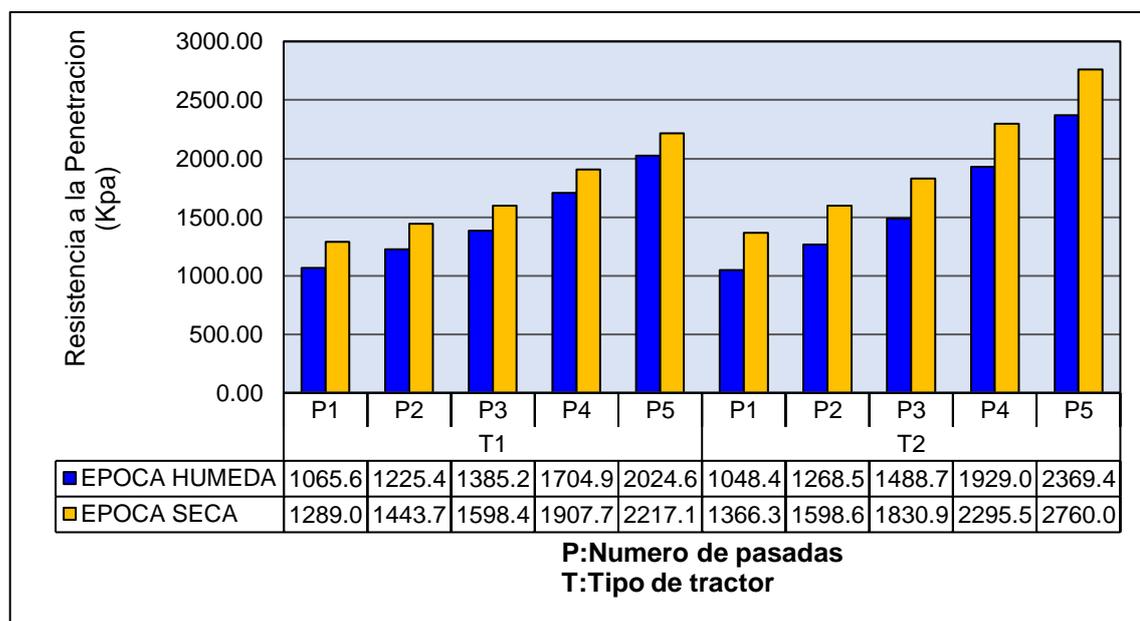
En el testigo para el tractor 1 se obtuvo una resistencia a la penetración de 1254.6 KPa, luego de 7 pasadas la resistencia a la penetración fue de 2383.8 KPa para la época húmeda y 1392.1 a 2394.5 KPa en la época seca. Las variaciones porcentuales son: 90.00% y 72.01% respectivamente.

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.

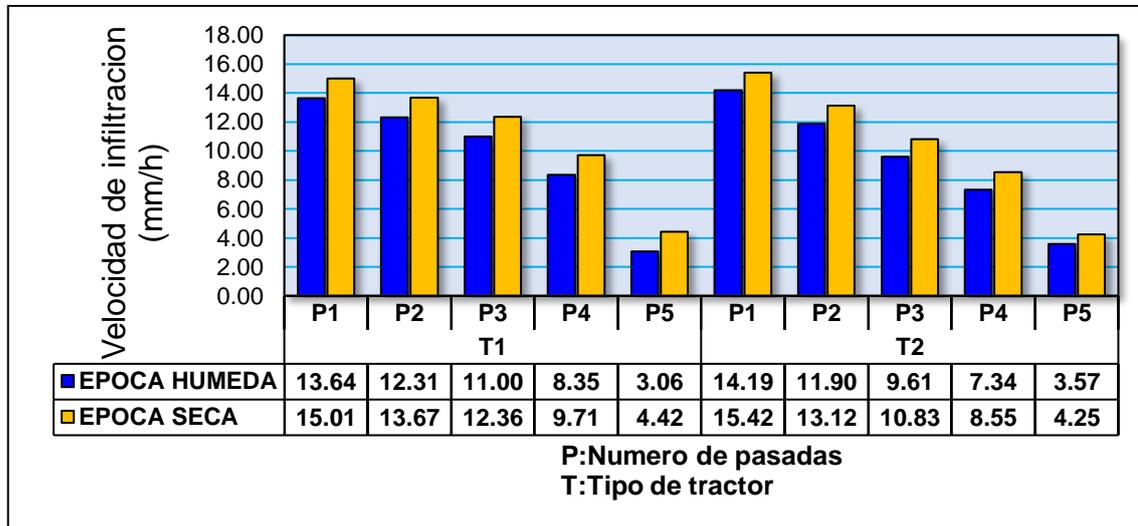
El bajo coeficiente de variabilidad de los datos obtenidos para la resistencia a la penetración nos señala que la utilización de este parámetro para la medición de la compactación del suelo es más precisa y confiable que al utilizar tan solo la micro o macroporosidad.

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.

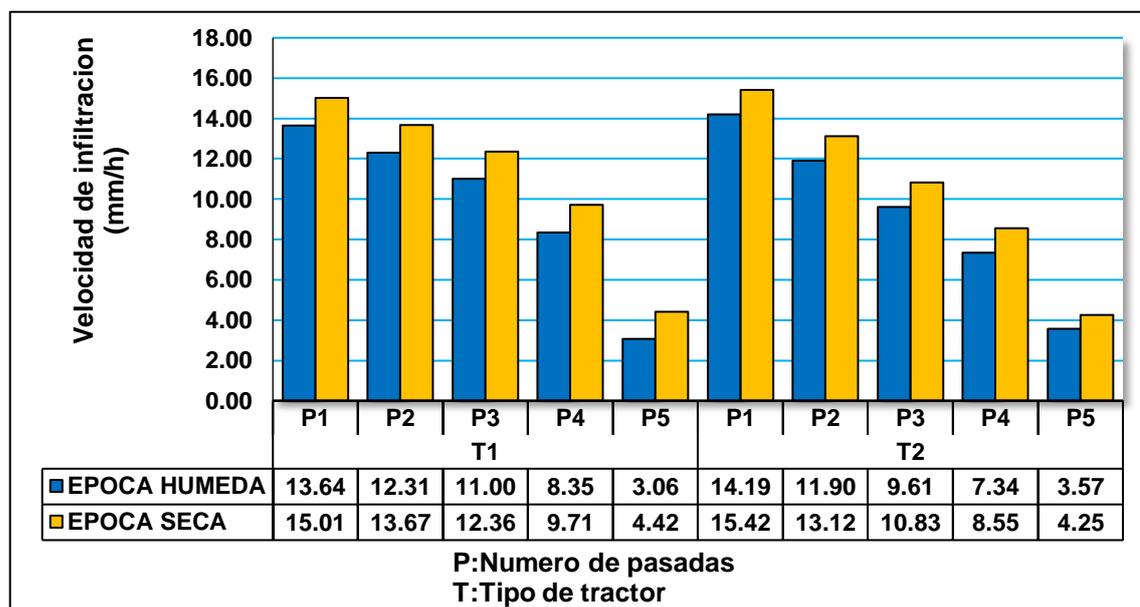
Algo similar ocurre con el Tractor 2 teniendo como testigo una velocidad de infiltración de 14.19 mm/h se reduce a 3.57 mm/h en 7 pasadas en la época húmeda; de 15.42 a 4.25 mm/h en la época seca teniendo una disminución de -74.84% y -72.44% respectivamente. Esto indica que el Tractor puede reducir la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

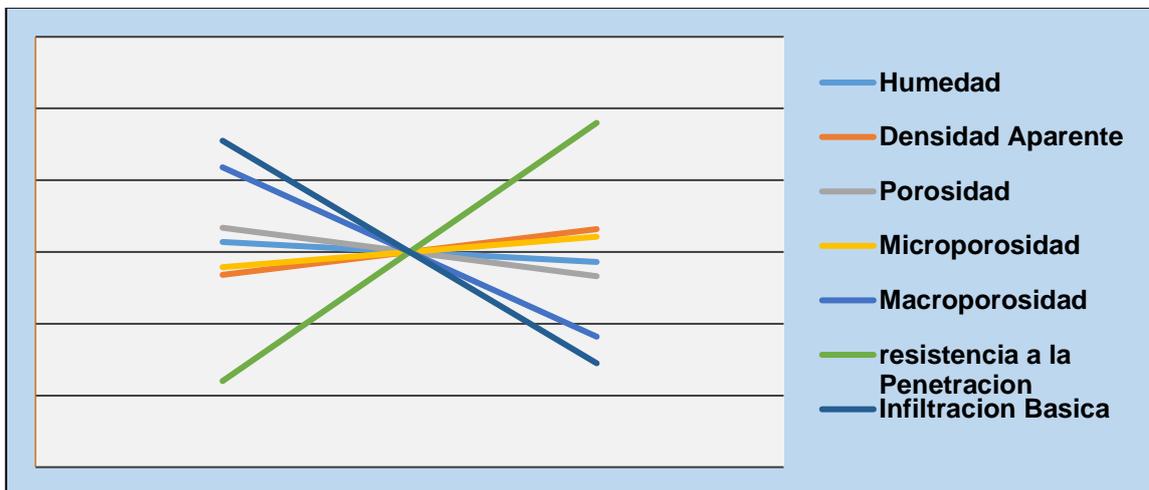
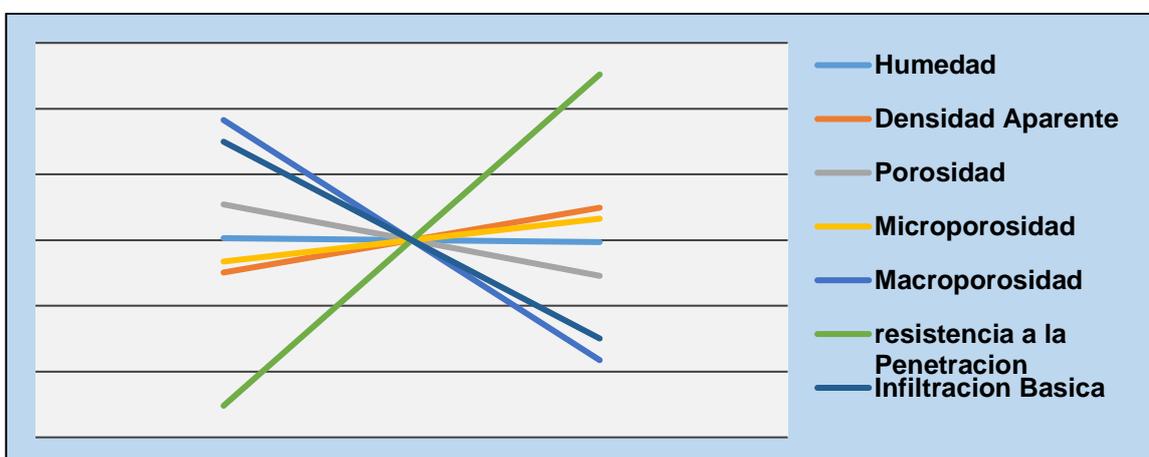


FIGURA 14

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})	$\log T_0 = X$	$\log I_{cum} = Y$	$X \cdot Y$	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) (l_{cum})	$\log T_0 = X$	$\log l_{cum} = Y$	$X \cdot Y$	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

$lb = 6.22$ 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

$I_b = 4.25$ 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

$I_b = 11.47 \text{ mm/h}$

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	18.51	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

$I_b = 11.80$ 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

$I_b = 4.33$ 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	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
1	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
2	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	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
1	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
2	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	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	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	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	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
R	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
1	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
2	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
R	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
1	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
2	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	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
TRACTOR																				
R																				
1	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
2	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	979.6648	1185.3944	1391.1240	1802.5833	2221.4.0425
3	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
PROM (KP)	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 (Kg/cm2)	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 (MP)	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 (PSI)	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 (AT)	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	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
TRACTOR																				
R																				
1	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
2	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
3	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
PROM (KP)	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 (Kg/cm2)	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 (MP)	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 (PSI)	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 (AT)	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



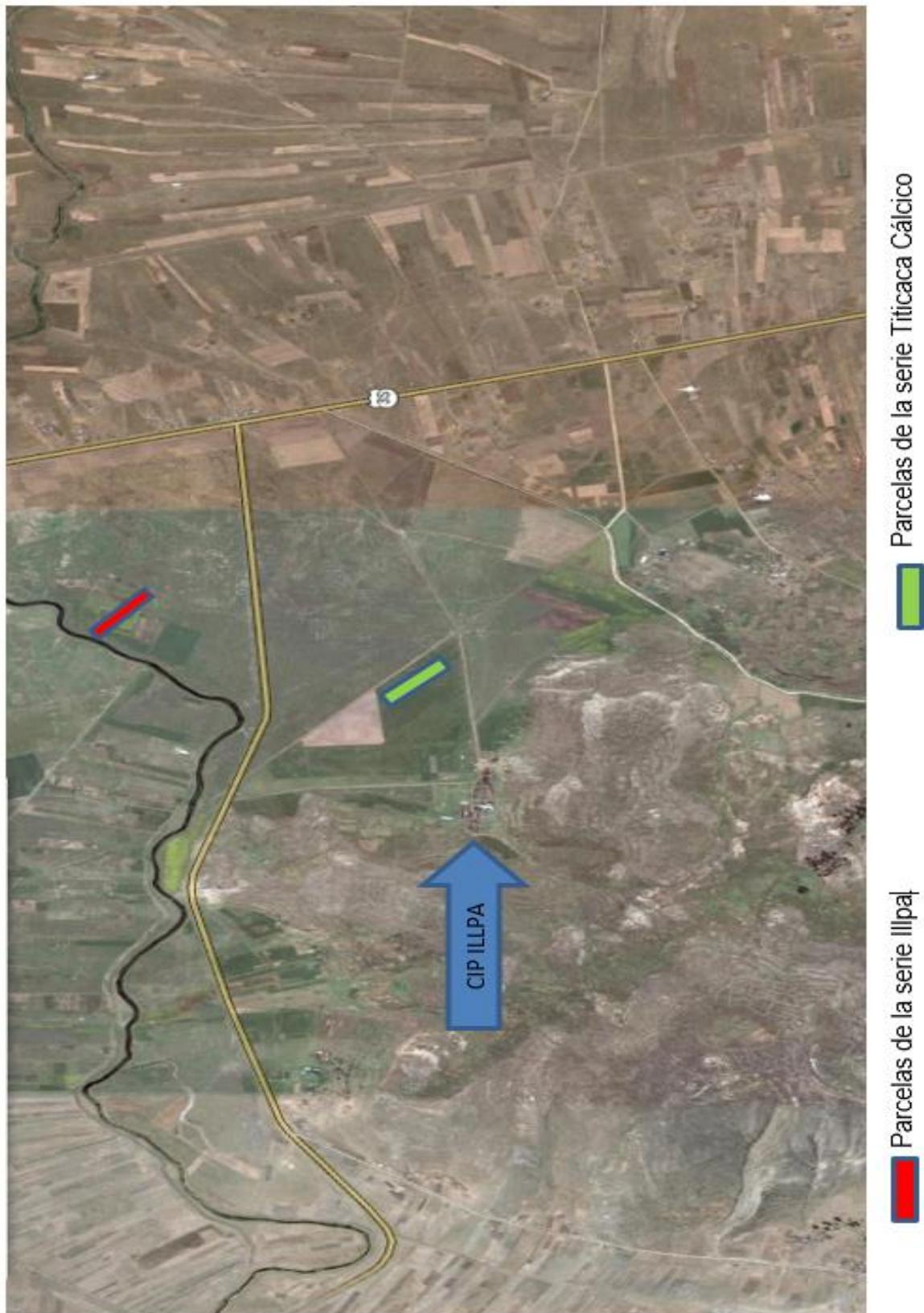
FIGURA 18

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



VRI
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.

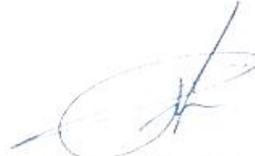
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío, en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de 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)

