

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LA INFILTRACIÓN
DEL SUELO EN PREDIOS DEL CENTRO EXPERIMENTAL DE
CHOCLOCA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL
INFILTRÓMETRO Y PERMEÁMETRO.**

Por:

JOSÉ ARMANDO FERNANDEZ COLQUE

Tesis presentada a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN
MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura
en Ingeniería Agronómica

Gestión 2024

TARIJA BOLIVIA

VºBº

.....
Ing. Pablo Montaña Zambrana
DOCENTE GUÍA

.....
M.Sc.Ing. Milton Javier Cava Olguín
DECANO
FACULTAD CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

.....
M.Sc.Ing. Víctor Enrique Zenteno López
VICEDECANO
FACULTAD CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Wilfredo Benítez Ordoñez
TRIBUNAL

.....
M.Sc. Ing. Grover Marcelino Mealla Cortez
TRUBUNAL

.....
M.Sc. Ing. José Lindolfo Laime Nieves
TRIBUNAL

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del (la) autor (a).

DEDICATORIAS

A DIOS, por el éxito y la satisfacción de esta investigación, quien me regala los dones de la sabiduría para enfrentar los retos, las alegrías y los obstáculos que se me presentan constantemente. A mis padres mi sincero agradecimiento por haberme depositado su confianza e impartido sus sabios consejos.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios por haberme dado el don de la vida, haber guiado e iluminado mi camino y darme las fuerzas necesarias para alcanzar unas de las metas más anheladas y que no será la última a lo largo de mi camino.

A mi familia, quienes me dieron educación, apoyo y consejos en cada etapa de mi formación profesional.

A la universidad autónoma “Juan Misael Saracho” y a todo el plantel de docente por haberme brindado una enseñanza de calidad.

ÍNDICE

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	Páginas
INTRODUCCIÓN	
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Descripción del problema.....	3
1.4 Planteamiento del problema	4
1.5 Justificación.....	4
1.6 Objetivo General	5
1.6.1 Objetivos específicos	5
1.7 Hipótesis	5
CAPÍTULO I	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.1 Infiltración	6
2.2 Proceso de infiltración.....	6
2.3 Velocidad de la infiltración	6
2.4 Infiltración instantánea	7
2.5 Infiltración básica	8
2.6 Factores que afectan a la capacidad de infiltración	9
2.6.1 Características del Suelo	9
2.6.2 Grado de Humedad del suelo	10
2.6.3 Acción de la precipitación sobre el suelo.....	10
2.6.4 Cubierta vegetal.	10
2.6.5 Acción del hombre y de los animales.	11
2.6.6 Temperatura.	11
2.7 Características del terreno o medio permeable.....	11
2.8 Capacidad de campo.....	12
2.9 Métodos para medir la infiltración	13
2.9.1 Infiltrómetro de doble anillo	14

2.10	Modelos matemáticos que explican la infiltración.....	15
2.11	Permeabilidad del suelo.....	16
2.12	Variación de la permeabilidad según la textura del suelo	17
2.13	Clases de permeabilidad del suelo.....	17
2.14	Métodos de medición de la permeabilidad	18
2.14.1	Permeámetro Guelph.....	19
2.14.2	Instalación del permeámetro Guelph	20
2.14.3	Toma de lecturas del permeámetro	20
CAPÍTULO II		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	Localización	22
3.2	Ubicación.....	22
3.3	Características agroclimáticas.	24
3.3.1	Clima	24
3.3.2	Precipitación.....	29
3.3.3	Vientos	29
3.4	Geología	29
3.5	Geomorfología del CECH	29
3.6	Suelos	32
3.7	Textura.....	32
3.8	Vegetación Natural	35
3.9	Uso Actual	36
3.10	Materiales	37
3.11	Metodología.....	37
3.11.1	Tipo de investigación	37
3.12	Descripción del procedimiento.....	38
3.12.1	Método del infiltrómetro de doble anillo	38
3.12.2	Método del permeámetro de Guelph.....	39
3.13	Procedimiento experimental.....	40
3.14	Variables a medir.....	41
CAPÍTULO III		

RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	
4.1 Infiltración básica a través de las metodologías propuestas anillos Infiltrómetros de doble cilindro y Permeámetro de Guelph.	42
4.2 Infiltración básica con el cilindro	42
4.3 Determinación de la permeabilidad con el Permeámetro de Guelph	45
4.4 Comparación de datos de la infiltración básica con el Permeámetro de Guelph y los cilindros de doble anillo.	47
4.5 Propuesta de Medidas de manejo para los suelos del Centro Experimental de Chocloca	50
4.6 Desarrollo de los modelos matemáticos	52
4.6.1 Ecuación matemática de la infiltración instantánea de los anillos infiltrómetros de doble cilindro para todos los lotes del CECH.	52
4.6.2 Ecuación matemática desarrollada para el permeámetro Guelph.	66
4.7 Ecuación matemática.....	67
CAPÍTULO IV.....	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	
5.1 Conclusiones	68
5.2 Recomendaciones	70
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Variación de la curva de velocidad de infiltración por la textura del suelo	8
Figura 2 Suelo saturado y suelo seco	13
Figura 3 Infiltrómetro de doble anillo	14
Figura 4 Mapa de ubicación del Centro Experimental de Chocloca (C.E.CH)	23
Figura 5 Mapa Fisiográfico del C.E.CH.	31
Figura 6 Mapa de las unidades de suelo del C.E.CH	32
Figura 7 Mapa de ubicación de las pruebas de infiltración	34

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Rangos de velocidad de infiltración básica de los diferentes tipos de suelo	9
Cuadro 2 Variación de la permeabilidad según la textura del suelo	17
Cuadro 3 Coeficientes de permeabilidad	18
Cuadro 4 Valores de alfa recomendados por Reynolds para suelos según estructura y porosidad.	20
Cuadro 5 Datos Agrometeorológicos	25
Cuadro 6 División del Paisaje Fisiográfico del CECH.	30
Cuadro 7 Tabla de clase textural con profundidad de extracción de 0 – 20 cm por unidad de suelo	33
Cuadro 8 Vegetación natural del centro experimental de Chocloca	35
Cuadro 9 Cultivos anuales	35
Cuadro 10 Cultivos perennes	36
Cuadro 11 Tabla de interpretación de resultados de la infiltración básica	41
Cuadro 12 Ecuación de la infiltración instantánea y su coeficiente de correlación obtenidos mediante los anillos infiltrómetro de doble cilindro	42
Cuadro 13 Infiltración básica (Ib) de cada punto de muestreo del CECH con su respectivo tiempo base (Tb).	43
Cuadro 14 Datos de la infiltración básica promedio obtenidos con los anillos infiltrómetro de doble cilindro	44
Cuadro 15 Valores matemáticas para encontrar la infiltración básica con el Permeámetro de Guelph	45
Cuadro 16 Datos de infiltración básica promedio obtenidos con el permeámetro Guelph	46
Cuadro 17 Comparación de los resultados de infiltración básica (Ib) con los anillos infiltrómetro de doble cilindro y el Permeámetro de Guelph.	47
Cuadro 18 Modelo matemático propuesto para aproximar el valor de infiltración básica de los cilindros al permeámetro	66

INDICE DE GRAFICAS

	Pagina
Grafica 1 Resumen de la infiltración promedio del CECH con los anillos infiltrómetro de doble cilindro	49
Grafica 2 Resumen de la infiltración promedio del CECH con el permeámetro de Guelph	50
Grafica 3 Infiltración instantánea del lote N 2 punto1 ladera superior	52
Grafica 4 Punto 2 Ladera superior	53
Grafica 5 Infiltración instantánea del lote N 3 punto 1 ladera inferior	54
Grafica 6 Punto 2 Ladera inferior	55
Grafica 7 Infiltración instantánea del lote N 4 Punto 1 terraza alta lote (F)	56
Grafica 8 Punto 2 terraza alta lote (F)	57
Grafica 9 Infiltración instantánea del lote N 5 Punto 1 terraza alta lote (E)	58
Grafica 10 Punto 2 terraza alta lote (E)	59
Grafica 11 Infiltración instantánea del lote N 7 Punto 1 terraza intermedia lote (c)	60
Grafica 12 Punto 2 terraza intermedia lote (C)	61
Grafica 13 Infiltración instantánea del lote N 8 Punto 1 terraza intermedia lote (B)	62
Grafica 14 Punto 2 terraza intermedia lote (B)	63
Grafica 15 Infiltración instantánea del lote N 9 Punto 1 terraza baja lote (A)	64
Grafica 16 Punto 2 terraza baja lote (A)	65

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Planillas de infiltración del lote N2 prueba 1
Anexo 2	Planillas de infiltración del lote N2 prueba 2
Anexo 3	Planillas de infiltración del lote N3 prueba 1
Anexo 4	Planillas de infiltración del lote N3 prueba 2
Anexo 5	Planillas de infiltración del lote N4 prueba 1
Anexo 6	Planillas de infiltración del lote N4 prueba 2
Anexo 7	Planillas de infiltración del lote N5 prueba 1
Anexo 8	Planillas de infiltración del lote N5 prueba 2
Anexo 9	Planillas de infiltración del lote N7 prueba 1
Anexo 10	Planillas de infiltración del lote N7 prueba 2
Anexo 11	Planillas de infiltración del lote N8 prueba 1
Anexo 12	Planillas de infiltración del lote N8 prueba 2
Anexo 13	Planillas de infiltración del lote N9 prueba 1
Anexo 14	Planillas de infiltración del lote N9 prueba 2
Anexo 15	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N2 prueba 1
Anexo 16	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N2 prueba 2
Anexo 17	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N3 prueba 1
Anexo 18	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N3 prueba 2
Anexo 19	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N4 prueba 1
Anexo 20	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N4 prueba 2
Anexo 21	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N5 prueba 1
Anexo 22	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N5 prueba 2
Anexo 23	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N7 prueba 1
Anexo 24	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N7 prueba 2
Anexo 25	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N8 prueba 1
Anexo 26	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N8 prueba 2
Anexo 27	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N9 prueba 1
Anexo 28	Planilla de infiltración del permeámetro Guelph lote N9 prueba 2
Anexo 29	Obtención de las ecuaciones de infiltración mediante la fórmula de Kostiakov
Anexo 30	Hoja de cálculo del permeámetro Guelph
Anexo 31	Informe de nombres científicos

FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 Toma de datos con los cilindros

Fotografía 2 Toma de datos con el permeámetro Guelph