

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE INDICADORES DE DEGRADACIÓN  
FÍSICA PARA EL MANEJO PRODUCTIVO DE LOS SUELOS DEL CENTRO  
EXPERIMENTAL DE CHOCLOCA (CECH)**

**Por:**

**DANIEL ALBERTO SEGOVIA CARDOZO**

Tesis presentada a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar al Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

**Marzo de 2016**

**TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE INDICADORES DE DEGRADACIÓN  
FÍSICA PARA EL MANEJO PRODUCTIVO DE LOS SUELOS DEL CENTRO  
EXPERIMENTAL DE CHOCLOCA (CECH)**

**Por:**

**DANIEL ALBERTO SEGOVIA CARDOZO**

Tesis presentada a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar al Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

**Marzo de 2016**  
**TARIJA – BOLIVIA**

V°B°

.....  
M. Sc Ing. Pablo Montaña Zambrana

**PROFESOR GUÍA**

.....  
M.Sc Ing. Linder Espinoza Márquez

**DECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

.....  
M.Sc Ing. Henry Valdez Huanca

**VICEDECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
M.Sc Ing. Linder Espinoza Márquez

.....  
M.Sc Ing. Oscar Tordoya Rojas

.....  
M.Sc Ing. Wilfredo Benítez Ordoñez

El tribunal calificador de la presente tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

### **DEDICATORIAS:**

Con el más sincero cariño y amor dedico el presente trabajo a Dios, a mis padres y hermanos, quienes fueron la fuerza el aliento, la esperanza, la motivación y el ejemplo para seguir adelante.

### **AGRADECIMIENTOS:**

Expreso mi mayor agradecimiento a Dios, a mis padres y a todos los Ingenieros y compañeros que colaboraron de una u otra manera en la realización de este trabajo, y un especial agradecimiento a los ingenieros del laboratorio de Suelos de la Facultad.

# ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

**Página**

## **CAPÍTULO I**

**INTRODUCCIÓN**.....1

PROBLEMA.....3

JUSTIFICACIÓN.....4

OBJETIVOS.....5

Objetivo General.....5

Objetivos Específicos.....5

Hipótesis.....5

## **CAPÍTULO II**

**MARCO TEÓRICO O REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**.....6

1. Definición de Términos.....6

1.1. Compactación.....6

1.2. Densidad Aparente.....6

1.3. Densidad Real o de Partícula.....7

1.4. Porosidad.....7

1.5. Infiltración.....7

1.6. Perfil de Penetrometría.....8

1.6.1. Penetrometro Fieldscout SC900.....8

1.7. Perfil de Aradura.....9

1.8. Perfil de Crecimiento Radicular.....10

2. Origen de la Compactación.....10

3. Compactación potencial.....10

4. Síntomas y Detección de la Compactación del Suelo.....11

5. Métodos de Medida de la Compactación.....12

6. Influencia del Tráfico Agrícola en la Compactación.....13

7. Influencia del pisoteo animal en la compactación.....	15
8. Efectos de la Compactación sobre el Suelo.....	16
9. Efecto de la Compactación Sobre las Raíces de las Plantas.....	17
10. Prevención de la Compactación del Suelo.....	20
10.1. Factores relacionados con la maquinaria.....	20
10.2. Factores relacionados con el suelo.....	21
10.3. Medidas que pueden ayudar a evitar el problema.....	22
11. Corrección de la Compactación del Suelo.....	22
11.1. Subsulado.....	22
11.2. Uso de acondicionadores físicos.....	23
11.2.1.- Yeso Agrícola.....	24
11.3. Camellones.....	26
11.4. Cubiertas vegetales.....	26
12. Degradación Física en el CECH.....	27

### **CAPÍTULO III**

<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
1. Características Generales de la Zona de Estudio.....	28
1.1. Ubicación.....	28
1.2. Clima.....	30
1.3. Geología.....	30
1.4. Geomorfología.....	31
1.5. Vegetación Natural.....	31
1.6. Uso Actual.....	32
1.7. Suelos.....	33
1.7.1. Distribución espacial de los suelos del CECH.....	33
1.7.1.1. Llanura fluvio-Lacustre Residual.....	35
1.7.1.1.1. Zona Colinosa.....	35
1.7.1.1.1.1. Ladera.....	35
1.7.1.1.1.2. Ladera inferior.....	36
1.7.1.2. Llanura Aluvial del Rio Camacho.....	36
1.7.1.2.1. Llanura aluvial Subreciente.....	36

1.7.1.2.1.1. Terraza alta.....	37
1.7.1.2.1.2. Terraza intermedia.....	38
1.7.1.2.2. Llanura aluvial Reciente.....	38
1.7.1.2.2.1. Terraza Baja.....	38
1.7.1.2.2.2. Vegas o Lecho de Rio.....	39
1.8. Hidrografía.....	39
1.9. Vías de Comunicación.....	40
2. Materiales.....	40
3. Metodología.....	41
3.1. Densidad Aparente.....	41
3.2. Densidad de Partícula.....	42
3.3. Porosidad.....	43
3.4. Infiltración.....	44
3.5. Perfil de Penetrometria.....	45
3.6. Perfil de Aradura y de Crecimiento Radicular.....	47
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>49</b>
1. Densidad Aparente; Densidad Real y Porosidad.....	49
2. Infiltración.....	50
2.1. Unidad 2.....	51
2.2. Unidad 3.....	53
2.3. Unidad 4.....	55
2.4. Unidad 5.....	57
2.5. Unidad 6.....	59
2.6. Unidad 7.....	61
2.7. Unidad 8.....	63
2.8. Unidad 9.....	65
3. Perfil de Penetrometria.....	67
4. Perfil de Aradura y Crecimiento Radicular.....	70

4.1. Unidad 2.....	70
4.2. Unidad 3.....	71
4.3. Unidad 4.....	72
4.4. Unidad 5.....	72
4.5. Unidad 6.....	73
4.6. Unidad 7.....	74
4.7. Unidad 8.....	75
4.8. Unidad 9.....	76
5. Discusion.....	77
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>81</b>
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	86
ANEXOS	

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro N°1: Presión Ejercida al suelo por pisoteo.....	15
Cuadro N°2: Vegetación natural CECH.....	32
Cuadro N° 3: División Fisiográfica del CECH.....	33
Cuadro N° 4: Interpretación de la Porosidad.....	44
Cuadro N° 5: Interpretación de la infiltración Instantánea.....	45
Cuadro N° 6: Especificaciones técnicas penetrometro SC-900 Fieldscout.....	46
Cuadro N° 7: Resultados obtenidos en la determinación de la Da; Dp y Porosidad.....	49
Cuadro N° 8: Planilla de Infiltración Unidad 2.....	51
Cuadro N° 9: Cuadro de interpretación de la Infiltración unidad 2.....	52
Cuadro N° 10: Planilla de infiltración Unidad 3.....	53
Cuadro N° 11: Cuadro de interpretación de la Infiltración unidad 3.....	54
Cuadro N° 12: Planilla de infiltración Unidad 4.....	55
Cuadro N° 13: Cuadro de interpretación de la infiltración Unidad 4.....	56
Cuadro N° 14: Planilla de infiltración Unidad 5.....	57
Cuadro N° 15: Cuadro de interpretación de la infiltración Unidad 5.....	58
Cuadro N° 16: Planilla de Infiltración Unidad 6. ....	59
Cuadro N° 17: Cuadro de interpretación de la infiltración Unidad 6.....	60
Cuadro N° 18: Planilla de Infiltración Unidad 7.....	61
Cuadro N° 19: Cuadro de interpretación Unidad 7.....	62
Cuadro N° 20: Planilla de infiltración Unidad 8.....	63
Cuadro N° 21: Cuadro de interpretación de la infiltración Unidad 8.....	64
Grafico N° 22: Planilla de infiltración unidad 9.....	65
Cuadro N° 23: Cuadro de interpretación de la infiltración Unidad 9.....	66
Cuadro N° 24: Características del perfil unidad 2 (Margen Izquierdo).....	70
Cuadro N° 25: Características del perfil unidad 2 (Margen Derecho).....	71
Cuadro N°26: Características del perfil unidad 3.....	71
Cuadro N° 27: Características del perfil unidad 4.....	72
Cuadro N° 28: Características del perfil unidad 5.....	73

Cuadro N° 29: Características del perfil unidad 6.....	73
Cuadro N° 30: Características del perfil unidad 7.....	74
Cuadro N° 31: Características del perfil unidad 8 (Margen Izquierdo).....	75
Cuadro N° 32: Características del perfil unidad 8 (Margen Derecho).....	75
Cuadro N° 33: Características del perfil unidad 9 (Margen Derecho).....	76
Cuadro N° 34: Características del perfil unidad 9 (Margen Izquierdo).....	76

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Página</b>
Gráfica N°1: Comparación de los datos obtenidos de Da con los obtenidos por Torrez (2006).....	50
Gráfico N° 2: Curva de Infiltración Unidad 2.....	52
Gráfico N° 3: Curva de infiltración Unidad 3.....	54
Gráfico N° 4: Curva de infiltración Unidad 4.....	56
Gráfico N° 5: Curva de infiltración Unidad 5.....	58
Gráfico N° 6: Curva de Infiltración Unidad 6.....	60
Gráfico N° 7: Curva de infiltración Unidad 7.....	62
Gráfica N° 8: Curva de infiltración Unidad 8.....	64
Gráfico N° 9: Curva de infiltración Unidad 9.....	66
Gráfico N° 10: Resistencia a la penetración a partir de las medias en cada pulgada.....	69
Gráfico N° 11: Resistencia a la penetración a partir de los valores máximos registrados en cada pulgada.....	69

## ÍNDICE DE MAPAS

	<b>Página</b>
Mapa N°1: Mapa de Ubicación del CECH.....	29
Mapa N°2: Mapa Fisiográfico del CECH.....	34
Mapa N°3: Mapa de Resistencia a la penetración Media .....	67
Mapa N°4: Mapa de Resistencia a la Penetración Máximas.....	68