

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



**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE RIEGO DE AGUAS  
RESIDUALES EN EL CRECIMIENTO DEL ALGARROBO  
BLANCO (*prosopis alba griseb*) EN EL VIVERO MUNICIPAL DE  
VILLA MONTES**

**Por:**

**FRANCISCO JAVIER SERRUDO ARANCIBIA**

Trabajo de tesis presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA**  
“**JUAN MISAEL SARACHO**”, como requisito a optar el Grado Académico de  
Licenciatura en Ingeniería Forestal

**Diciembre de 2017**

**TARIJA – BOLIVIA**

**VºBº**

.....  
Ing. Cesar Giovanni Ríos Ríos

**DOCENTE GUÍA**

.....  
M.Sc. Ing. Freddy Castro Salinas

**DECANO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRÍCOLAS Y  
FORESTALES**

.....  
M.Sc. Ing. Luis Arandia Mendivil

**VICEDECANO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRÍCOLAS Y  
FORESTALES**

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
M.Sc. Ing. Carlos Alberto Cossío Narvárez

.....  
M.Sc. Ing. Fidel Ibarra Martínez

.....  
M.Sc. Ing. Juan Óscar Hiza Zúñiga

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

### **DEDICATORIA:**

A mis padres Patricio Serrudo C. y Francisca Arancibia P., porque creyeron en mí y por qué me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación, porque en gran parte gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mis hermanos/a sobrinos/a y amigos gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación. Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo su comprensión y consejos

## **AGRADECIMIENTOS**

En la realización del presente trabajo, recibí el apoyo desinteresado de muchas amistades.

Agradezco a la U.A.J.M.S. a la cámara de Ingeniería Forestal por acogerme en sus aulas.

Deseo expresar un agradecimiento especial:

A los docentes de la carrera de ingeniería Forestal con el aporte de sus conocimientos, experiencias me inculcaron la formación académica, ética, moral y los valores que desarrollare en el transcurso de mi vida profesional.

Deseo resaltar un agradecimiento profundo a mis Padres Patricio Serrudo C. y Francisca Arancibia P. hermanos Israel, Guilver, Magali, Yolanda, Patricia, y a mi queridos sobrinos Jhon, Liz y Ana Paula por todo el apoyo brindado.

## INDICE

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen

### **CAPITULO I**

#### **INTRODUCCIÓN**

1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.....	3
1.2.1. Utilización de aguas residuales urbanas para el riego forestal.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5

### **CAPITULO II**

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Agua residual.....	6
2.2. Tratamiento Natural de Aguas Residuales.....	6
2.3. Laguna de oxidación.....	7
2.4. Laguna anaerobia.....	7
2.5. Laguna Facultativa.....	7
2.6. Laguna de maduración.....	8

2.7. Reutilización de aguas tratadas por las lagunas de oxidación.....	8
2.8. Reutilización de agua de laguna de oxidación en riego de especies forestales.	10
2.9. Viveros forestales.....	11
2.9.1. Labores importantes en la etapa de vivero.....	11
2.9.2. Riego en especies forestales en vivero.....	13
2.10. Características generales del Algarrobo. (Prosopis alba).....	13
2.10.1. Descripción botánica del algarrobo blanco (Prosopis alba).....	14

### **CAPITULO III**

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. Características del área de estudio.....	18
3.1.1. Ubicación geográfica.....	18
3.1.2. División política.....	20
3.2. Aspecto físico – naturales.....	20
3.2.1. Descripción fisiográfica.....	20
3.2.2. Clima.....	20
3.2.2.1. Temperatura.....	20
3.2.2.2. Precipitaciones pluviales.....	20
3.2.2.3. Heladas.....	20
3.2.2.4. Sequías.....	21
3.2.2.5. Vientos.....	21
3.3. Aspectos socio culturales.....	21
3.3.1. Aspecto demográfico.....	21

3.3.2. Idioma.....	21
3.4. Materiales.....	21
3.4.1. Instrumento de medición.....	21
3.4.2. Herramientas.....	22
3.4.3. Insumos .....	22
3.5. Metodología.....	22
3.5.1. Diseño Experimental completamente al azar.....	22
3.5.1.1. Diseño de una unidad experimental.....	23
3.5.1.2. Diseño de los tratamientos.....	24
3.5.1.3. Diseño de campo.....	25
3.5.1.4. Modelo matemático.....	26
3.5.2. Metodología de trabajo.....	27
3.5.3. Recolección de los frutos del algarrobo.....	28
3.5.4. Tratamiento al fruto del algarrobo para la extracción de la semilla.....	28
3.5.6. Almacenamiento.....	29
3.5.7. Selección del sitio en el vivero para realizar el ensayo.....	29
3.5.8. Análisis de Calidad de Semilla.....	29
3.5.8.1. Pureza.....	29
3.5.8.2. Peso de la Semilla.....	30
3.5.8.3. Prueba de Germinación.....	30
3.5.8.4. Energía Germinativa.....	31
3.5.8.5. Valor cultural de la semilla.....	31

3.5.9. Preparación de platabandas.....	31
3.5.10. Preparación del Sustrato.....	32
3.5.11. Llenado de bolsas.....	32
3.5.12. Siembra directa de semilla.....	32
3.5.13. Riego.....	33
3.5.14. Deshierbe.....	33
3.5.15. Toma de datos.....	33
3.5.16. Análisis Físico Químico.....	34
3.5.17. Evaluación de vigor y calidad de los plántones mediante el índice de esbeltez (IE).....	35

#### **CAPITULO IV**

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. Análisis de Calidad de Semilla.....	36
4.2. Sobrevivencia.....	38
4.3. Evaluación del desarrollo de los plántones a través de su crecimiento en diámetro.....	40
4.4. Evaluación del desarrollo de los plántones a través de su crecimiento en altura....	41
4.5. Calidad del agua residual empleada en el riego.....	43
4.6. Evaluación de vigor y calidad de los plántones mediante el índice de esbeltez (IE).....	45
4.7. Correlación Diámetro Altura.....	45

**CAPITULO V**

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....49

5.1. Conclusiones.....49

5.2. Recomendaciones.....50

BIBLIOGRAFÍA.....51

## Índice de Gráfico

Gráfico N° 1 Mapa de ubicación del vivero forestal.....	19
Gráfico N° 2 Diseño de una unidad experimental aplicada en experimento.....	24
Gráfico N° 3 Diseño de las unidades experimentales en la platabanda.....	25
Grafica N° 4 Porcentaje de germinación.....	37
Gráfico N° 5 % De Germinación total de todas las semillas .....	37
Grafica N° 6 Supervivencia (%) al final del ensayo.....	38
Gráfico N° 7 Curva de crecimiento en diámetro.....	40
Grafica N° 8 Curva de crecimiento en altura en cm.....	42
Grafica N° 9 Correlación diámetro altura repetición 1 .....	46
Grafica N° 10 Correlación diámetro altura repetición 2.....	46
Grafica N° 11 Correlación diámetro altura repetición 3 .....	47
Grafica N° 12 Correlación diámetro altura repetición 4.....	47

## **Anexo I**

Fotografía 1.....	54
Fotografía 2.....	54
Fotografía 3.....	54
Fotografía 4.....	55
Fotografía 5.....	55
Fotografía 6.....	55
Fotografía 7.....	56
Fotografía 8.....	56
Fotografía 9.....	56
Fotografía 10.....	57
Fotografía 11.....	57
Fotografía 12.....	58
Fotografía 13.....	58
Fotografía 14.....	58
Fotografía 15.....	59
Fotografía 16.....	60

## **Anexo II**

### **Índice de tablas**

Tabla N° 1 Diseño de los tratamientos aplicados en campo.....	24
Tabla N° 2 Modelo de un cuadro de ANVA en los diseños de bloques completos al azar.....	27
Tabla N° 3 Detalles del proceso de muestro del agua residual utilizadas en el ensayo..	35
Tabla N° 4 Cuadro de porcentaje.....	36
Tabla N° 5 Tabla de ANVA Supervivencia (%).....	39
Tabla N° 6 Prueba de MDS de supervivencia.....	40
Tabla N° 7 Resultado de diferencias de comparación.....	40
Tabla N° 8 Tabla de ANVA de Diámetro.....	41
Tabla N° 9 Tabla de ANVA de la altura.....	43
Tabla N° 10 Resultados de laboratorio fisicoquímico bacteriológico comparado a la ley 1333.....	43
Tabla N° 11 Resultado del índice de esbeltez.....	45
Tabla N° 12 Tabla de datos de diámetros (mm).....	61
Tabla N° 13 Resumen de diámetro de todos los tratamientos.....	61
Tabla N° 14 Tabla de resumen de datos de crecimiento en altura en cm.....	62
Tabla N° 15 Resumen de datos.....	62
Tabla N° 16 resumen de datos climatológicos.....	63
Tabla N° 17 Registro de germinación total.....	64
Tabla N° 18 Planilla de registro de árbol semillero.....	64

Tablas N° 19 Guía o ilustraciones para identificación de árbol semillero.....	65
Tabla N° 20 Planilla de datos diámetro y altura.....	70
Tabla N° 21 Análisis del agua residual.....	71
Tabla N° 22 Análisis de sustrato.....	72