

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**



**IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RECARGA HÍDRICA  
EN LA CUENCA DEL RÍO TOLOMOSA  
PROVINCIA CERCADO - TARIJA**

**Por:**

**DANIELA GAVY REARTE CARDOZO**

Tesis, presentada a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en ingeniería forestal.

**Tarija – Bolivia**

El Tribunal Calificador del presente trabajo, no se solidarizan con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esta responsabilidad del autor.

### **DEDICATORIA:**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida y a los seres más maravillosos que la vida me pudo dar, mi familia por ser mi pilar, los inspiradores y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

### **AGRADECIMIENTO:**

A quien es un ejemplo de persona al Ing. Edwin Fernando Hiza Sánchez, hago llegar mi más sincero agradecimiento por permitirme ser partícipe de sus conocimientos por su esfuerzo y dedicación, quien con su paciencia y su motivación me ayudo a lograr esta meta, mis respetos y admiración por siempre.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
--------------	---

### CAPÍTULO I

1.1.INTRODUCCIÓN .....	3
1.2.JUSTIFICACIÓN .....	4
1.3.OBJETIVOS.....	5
1.3.1.    Objetivo General.....	5
1.3.2.    Objetivos Específicos .....	5

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Hidrología .....	6
2.2. Ciclo Hidrológico.....	6
2.3. Los principales procesos implicados en el ciclo del agua son: .....	7
2.3.1. Evaporación.....	7
2.3.2. Condensación.....	7
2.3.3. Precipitación.....	7
2.3.4. Infiltración .....	7
2.3.5. Escorrentía.....	7
2.3.6. Circulación subterránea .....	8
2.3.7. Fusión .....	8
2.3.8. Solidificación .....	8
2.4. Cuenca hidrográfica .....	9
2.5. Tipos de cuencas.....	10
2.6. Zonas de recarga hídrica .....	11
2.6.1. Principales factores que afectan el régimen de agua subterránea.....	13
2.6.1.1. Sistema de aguas subterráneas para una cuenca andina.....	13
2.6.1.2. Cantidad y tipo de precipitación.....	15
2.6.1.3. Ritmo de precipitación.....	15

2.6.1.4. Declive superficial .....	15
2.6.1.5. Porosidad del suelo y rocas .....	15
2.6.1.6. Permeabilidad de rocas y suelo .....	16
2.6.1.7. Cantidad y tipo de vegetación .....	17
2.6.1.8. Corrientes efluentes y afluentes .....	17
2.6.1.9. Acción Antrópica.....	18
2.6.2. Importancia de la recarga hídrica .....	18
2.6.3. Medidas de conservación para las zonas de recarga hídrica .....	19
2.6.4. Gestión de zonas de protección de recarga hídrica.....	19
2.6.5. Regulación de zonas de protección de recarga hídrica.....	20
2.7. Balance Hídrico Superficial.....	21

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>22</b>
3.1.1. Ubicación geográfica.....	22
3.1.2. Características generales de la Cuenca del río Tolomosa .....	24
<b>3.2. MATERIALES.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3. METODOLOGÍA .....</b>	<b>26</b>
a. Fase de gabinete inicial .....	28
b.1 - Mapa de pendiente .....	29
b.3 - Mapa geológico o tipo de roca .....	31
<b>3.4. DETERMINACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO POTENCIAL:.....</b>	<b>35</b>
A. Definir área de estudio: crear polígono.....	35
B. Descarga de datos del programa Wordclim 2-0.....	36
C. Método Holdridge .....	36
D. Determinación del balance hídrico:.....	38

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS y DISCUSION**

<b>4. GENERACIÓN DE MAPAS .....</b>	<b>39</b>
-------------------------------------	-----------

<b>MAPA DE TEXTURA – TIPO DE SUELO.....</b>	<b>42</b>
<b>MAPA GEOLÓGICO – TIPO DE ROCA .....</b>	<b>47</b>
<b>MAPA DE COBERTURA VEGETAL.....</b>	<b>50</b>
<b>MAPA DE USOS DEL SUELO.....</b>	<b>55</b>
<b>4.1. ZONAS POTENCIALES DE RECARGA HÍDRICA.....</b>	<b>59</b>
<b>4.2 BALANCE HÍDRICO .....</b>	<b>69</b>

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>78</b>
<b>.....</b>	<b>108</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1</b>	<b>Árbol de Problemas.....</b>	<b>5</b>
<b>Figura N° 2</b>	<b>La Cuenca Hidrográfica. ....</b>	<b>10</b>
<b>Figura N° 3</b>	<b>División de una cuenca hidrográfica. ....</b>	<b>11</b>
<b>Figura N° 4</b>	<b>Distribución de la zona de estudio de la cuenca .....</b>	<b>12</b>
<b>Figura N° 5</b>	<b>Zonas donde se encuentra el agua subsuperficial.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura N° 6</b>	<b>El nivel freático varía en los períodos húmedo y seco.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura N° 7</b>	<b>Las diaclasas en una roca ígnea plutónica representarían la porosidad.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura N° 8</b>	<b>Corrientes efluentes e influentes. ....</b>	<b>17</b>
<b>Figura N° 9</b>	<b>Recarga artificial y natural de un acuífero. ....</b>	<b>18</b>
<b>Figura N° 10</b>	<b>Esquema Metodológico adaptado, propuesto a seguir para la identificación y caracterización de la Zona de Recarga Hídrica (Basada en Matus, 2007). ....</b>	<b>28</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N° 1</b>	<b>Coordenadas de la Cuenca del río Tolomosa .....</b>	<b>22</b>
<b>Cuadro N° 2</b>	<b>Relieve .....</b>	<b>30</b>
<b>Cuadro N° 3</b>	<b>Textura.....</b>	<b>31</b>
<b>Cuadro N° 4</b>	<b>Rocas .....</b>	<b>32</b>
<b>Cuadro N° 5</b>	<b>Cobertura permanente .....</b>	<b>33</b>
<b>Cuadro N° 6</b>	<b>Uso de la tierra .....</b>	<b>34</b>
<b>Cuadro N° 7</b>	<b>Matriz para la determinación del potencial de recarga hídrica....</b>	<b>35</b>
<b>Cuadro N° 8</b>	<b>variables "bioclimáticas" .....</b>	<b>36</b>
<b>Cuadro N° 9</b>	<b>RECARGA HÍDRICA CUENCA TOLOMOSA.....</b>	<b>59</b>
<b>Cuadro N° 10</b>	<b>BALANCE HÍDRICO - CUENCA DE TOLOMOSA .....</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro N° 11</b>	<b>Estadística de las subcuencas de TOLOMOSA .....</b>	<b>73</b>



## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 1	UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO TOLOMOSA.....	23
Mapa N° 2	PENDIENTE .....	39
Mapa N° 3	TEXTURA- TIPO DE SUELO.....	43
Mapa N° 4	GEOLÓGICO O TIPO DE ROCA.....	48
Mapa N° 5	COBERTURA VEGETAL .....	51
Mapa N° 6	USOS DEL SUELO .....	56
Mapa N° 7	MAPA DE RECARGA HÍDRICA .....	68
Mapa N° 8	MAPA DE BALANCE HÍDRICO .....	74

## ANEXOS

### ANEXO N° 1 MAPAS

ANEXO Mapa N° 1	PENDIENTE.....	84
ANEXO Mapa N° 2	TEXTURA .....	85
ANEXO Mapa N° 3	GEOLÓGICO.....	86
ANEXO Mapa N° 4	VEGETACIÓN.....	87
ANEXO Mapa N° 5	USO DE LA TIERRA .....	88
ANEXO Mapa N° 6	MAPA BASE .....	89

### ANEXO 2 NVENTARIO FLORISTICO

ANEXO N°2	COMPOSICIÓN FLORÍSTICA 1 TIPO DE VEGETACIÓN: BOSQUE .....	90
ANEXO N°2	COMPOSICIÓN FLORÍSTICA 2 TIPO DE VEGETACIÓN: MATORRAL.....	91
ANEXO N°2	COMPOSICIÓN FLORÍSTICA 3 TIPO DE VEGETACIÓN: HERBÁCEA .....	93

### ANEXO N°3 VARIABLES CLIMÁTICAS WORLD CLIM

ANEXO N°3	VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 1 MES DE ENERO .....	94
ANEXO N°3	VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 2 MES DE FEBRERO .....	95

<b>ANEXO N°3 VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 3 MES DE MARZO .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO N°3 VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 4 MES DE ABRIL.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO N°3 VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 5 MES DE MAYO.....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO N°3 VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 6 MES DE JUNIO.....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO N°3 VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 7 MES DE JULIO .....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO N°3 VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 8 MES DE AGOSTO..</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO N°3 VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 9 MES DE SEPTIEMBRE</b> <b>.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO N°3 VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 10 MES DE OCTUBRE</b> <b>.....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO N°3 VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 11 MES DE NOVIEMBRE</b> <b>.....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO N°3 VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 12 MES DE DICIEMBRE</b> <b>.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO N°3 VARIABLES CLIMÁTICAS WORLDCLIM 13 MEDIA ANUAL ....</b>	<b>106</b>

## **ANEXO DE FOTOS**

<b>ANEXO N°4 FOTO N° 1 Vista Panorámica de Serranías, colinas bajas y</b> <b>piedemonte Con vegetación herbácea baja, con sinusia arbustiva, montano....</b>	<b>107</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 2 Vegetación herbácea graminoide intermedia, sin</b> <b>minucia arbustiva.....</b>	<b>107</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 3 Plantación de pinos en colina baja, zona Pinos Sud</b> <b>.....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 4 Plantación de pinos en colina baja, zona Pinos Sud</b> <b>.....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 5 Plantación de pinos en colina baja, zona Pinos Sud</b> <b>.....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 6 Vista panorámica de Serranía Alta, con uso</b> <b>agrícola extensivo con cultivos anuales y perennes.....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 7 Vista Panorámica Llanura aluvial de Río Sola.</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 8 Serranía Alta con vegetación herbácea baja,</b> <b>montano y cañadones con Pino de Cerro.....</b>	<b>110</b>

<b>ANEXO N°4 FOTO N° 9 Vegetación herbácea graminoide intermedia, con minucia arbustiva, montano, amacollado zona Pinos Norte .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 10 Vegetación herbácea graminoide intermedia, sin sinucia arbustiva, montano, amacollado zona Pinos Sud.....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 11 Bosque implantados de Eucalipto zona San Andrés .....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 12 Bosque implantados de Pinos zona Pinos Sud .....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 13 Vista panorámica de los afluentes principales del rio Tolomosa y el rio Pinos.....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 14 Uso pastoril con ganado vacuno en ladera, con pendientes escarpadas.....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 15 Vista panorámica de la cordillera oriental, Abra de Calderilla “camino del Inca .....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 16 Montaña Estructural alta en Laderas disectadas a muy disectadas en Cruz Loma .....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 17 Pie de Monte Compuesto por graminoide con amacollados de Cobertura Variable.....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 18 Identificación Florísticas de la thola (Baccharis sp. .....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 19 Vegetación herbácea rala graminoide baja con sinucia arbustiva montano .....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO N°4 FOTO N° 20 Vista Panorámica de Terraza Aluvial desarrollada sobre depósitos Fluvio – lacustres en Tolomosa Norte .....</b>	<b>116</b>