

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"

FACULTAD CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**“DETERMINACIÓN DEL PLAN DE CULTIVO Y CÁLCULO
DE DEMANDA DE AGUA DE RIEGO EN LA ZONA DE
INFLUENCIA DE LA PRESA DE CALDERAS, PROVINCIA
CERCADO – TARIJA”**

Por: NELSON RODRIGUEZ MANCILLA

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

TARIJA- BOLIVIA

VºBº

.....

M.Sc. Ing. Javier Caba Olguín

DOCENTE GUÍA

.....

Ing. M.Sc. Línder Espinoza Márquez

DECANO

**FACULTAD CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

.....

Ing. M.Sc. Henry Esnor Valdez Huanca

VICEDECANO

**FACULTAD CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

APROBADA POR:

.....

M.Sc Ing. Freddy Castro Salinas

TRIBUNAL

.....

M.Sc Ing. Luis ArandiaMendivil

TRIBUNAL

.....

M.Sc Ing. GroverMealla Cortez

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 autor.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre
José Rodríguez Cruzy mi madre
Isabel Mancilla Rengifo por
haberme brindado la oportunidad
de alcanzar una de las metas
anheladas de mi vida

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia especialmente a mis padres por el apoyo incondicional en todo momento, por la confianza puesta en mí, para poder alcanzar uno de los objetivos más anhelados.

Al cuerpo docente de la Carrera ingeniería Agronómica por el asesoramiento y enriquecimiento de conocimientos durante todo el ciclo de aprendizaje.

Agradezco a mis compañeros y amigos con los cuales pude compartir grandes momentos de alegría y caídas. Debemos, por consiguiente, trabajar para construir un futuro viable

PENSAMIENTO

Cuando miramos hacia el futuro, vemos numerosas incertidumbres lo que será del mundo... pero al menos, de algo podemos estar seguro: si queremos que la tierra pueda satisfacer las necesidades de los seres humanos que la habitan, entonces la sociedad humana deberá transformarse. Así, el mundo de mañana deberá ser diferente al mundo que conocemos hoy...

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

Página

CAPÍTULO I

1.-Introduccion	1
1.2.-Justificacion	2
1.3.-Objetivos	3
1.3.1.-Objetivo general.....	3
1.3.2.-Objetivos específicos	3
1.4.-Hipótesis	3
2.-Marco Teórico	4
2.1.-El Riego en el Departamento Tarija	4
2.2.- Suelo	4
2.2.1.-Propiedades Físicas del Suelo.....	4
2.2.1.1.-Textura	5
2.2.1.2.- Estructura.	5
2.2.1.3.- Densidad Aparente.....	6
2.2.1.4.-Densidad Real.	7
2.2.1.5.- La porosidad.	7
2.2.1.6.-Permeabilidad.	8
2.2.1.7.-Percolación.....	8

2.2.2.-Propiedades Química del Suelo.	8
2.2.2.1.-EL PH.	8
2.3.-Relación Suelo - Agua – Planta – Atmosfera	9
2.4.- Relación Suelo – Agua	9
2.4.1.-Capacidad de Retención de Humedad.	9
2.4.1.1.-La Humedad de Saturación HSS.	9
2.4.1.2.-La capacidad de campo CC.	10
2.4.1.3.-El Punto de Marchitez Permanente PMP.....	10
2.4.2-La Infiltración.	10
2.4.3.-La Redistribución.....	12
2.4.4.-El Ascenso Capilar.....	12
2.4.5.-La Conductividad Hidráulica.....	12
2.4.6.-Fuerzas de Retención del Agua.	13
2.5.-Relaciones Suelo – Planta.....	15
2.5.1.-Disponibilidad de Nutrientes.	15
2.5.2.-Disponibilidad de Agua.	16
2.5.3.-Salinidad y Alcalinidad.....	16
2.5.4.-Toxicidad.	16
2.5.5.-Compactación.	16
2.5.6.- Efecto de las Plantas Sobre el Suelo.....	16
2.5.7.- Eficiencia de Aplicación de Riego.....	17
2.6.-Relaciones Planta-Atmósfera.....	17
2.6.1.-Clima:	17

2.6.1.1.-Crecimiento Potencial.....	18
2.6.1.2-Temperatura.....	18
2.6.1.3-Fotosíntesis de la Planta.....	18
2.6.1.4.-Definición de la Evapotranspiración.....	19
2.6.1.4.1.-Factores Meteorológicos.....	20
2.6.1.4.1.1.- Radiación Solar.....	20
2.6.1.4.1.2.-Temperatura del Aire.....	21
2.6.1.4.1.3 Humedad del Aire.....	21
2.6.1.4.1.4.-Velocidad de Viento.....	22
2.6.1.4.2.-Factores Relacionados con la Vegetación.....	22
2.6.1.4.3.-Factores Ambientales o de Manejo.....	22
2.6.1.5.-Evapotranspiracion de Referencia (ETo).....	23
2.6.1.5.1.-Determinación de la Evapotranspiración Referencia.....	23
2.6.1.5.1.-Métodos Directos.....	24
2.6.1.5.1.1.-Metodo Lisímetros.....	24
2.6.1.5.1.2.-Métodos fisiológicos.....	25
2.6.1.5.2.-Métodos Indirectos.....	26
2.6.1.5.2.1.- Método de Hargreaves.....	27
2.6.1.5.2.2 Método de Thornthwaite.....	28
2.6.1.5.2.3.- Método Blanney – Criddle.....	29
2.6.1.5.2.4.-Método de Blanney - Criddle modificado por Phelan.....	29
2.6.1.5.2.5.- Método del Tanque de Evaporación - Clase A.....	31
2.6.1.5.2.6.- Método de la Radiación.....	31

2.6.1.5.2.6.- Método de Penman Monteith.....	33
2.7.-Relaciones Agua-Planta.....	34
2.7.1.-Agua y Crecimiento.....	34
2.7.2.-Deficit de Agua.....	34
2.7.3.-Excesos de Agua.....	34
2.7.4.-Calidad del agua.....	35
2.7.5.-Evapotranspiracion del Cultivo (ETc).....	35
2.7.5.1.-Factores que Inciden en la Evapotranspiración del Cultivo (ETc).	36
2.7.5.2.-Coeficiente de Cultivo.....	36
2.7.5.2.1.-Coeficiente General de su Elección del (Kc).....	36
2.7.5.2.2.-Etapas de Desarrollo de los Cultivos.....	36
2.7.5.2.3.-Definicion de Precipitación Efectiva.....	37
2.7.5.2.4.-Métodos para Estimar la Precipitación Efectiva.....	37
2.7.5.2.4.1.- Método de Weibull.....	37
2.7.5.2.4.2.- Método de USDA – Soil Conservación Servicie.....	38
2.7.5.2.4.3.-Porecentaje Fijo de Precipitación.....	39
2.7.5.2.4.4.-Método de la FAO/AGLW.....	39
2.7.5.2.4.5.- La precipitación Efectiva (Pe) PRONAR (2002).....	39
2.7.6.-.- Demanda de Agua para Riego.....	40
2.7.7.- Demanda Neta o Necesidad Neta de Riego.....	40
2.7.8.- Demanda Bruta o Necesidades Brutas de Riego.....	41

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1-Localización	42
3.2.-Vegetación:	43
3.3.-Clima.....	44
3.3.1.-Precipitación.	44
3.3.2.- Temperatura.	44
3.4.- Suelo.	44
3.5.-Fauna.....	45
3.6.-Información y Características de la Presa Calderas.....	46
3.7.-Identificación de los Principales Cultivos de Zona de Estudio	46
3.8.-Elección de las Estaciones Meteorológicas.	47
3.8.1 Análisis de la Calidad de la Información Climatológica.	47
3.9.- Cálculo de las Necesidades Hídricas de cada Cultivo.	48
3.9.1.- Cálculos de la Evapotranspiración de referencia (ET _o) Método Blaney - Criddle	48
3.9.1.1.-Cálculos de la Evapotranspiración Real del Cultivo (ET _c)	48
3.9.1.2.- Cálculo de Precipitación Efectiva.....	49
3.9.1.3.-Cálculo de las Necesidades Hídricas Netas del Cultivo.	49
3.9.2.- Cálculos de la Evapotranspiración de Referencia (ET _o) Mediante Método Hargreaves	49
3.9.2.1.-Cálculos de la Evapotranspiración Real del Cultivo (ET _c)	50
3.9.2.2.- Cálculo de Precipitación Efectiva.....	50
3.9.2.3.-Cálculo de las Necesidades Hídricas Netas del Cultivo.	50

3.10.-Comparación el Volumen de Agua de riego aprovechable de la presa, con los Datos Calculados en el Proyecto de Investigación.	50
---	----

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.-Características Generales de la Presa Calderas.....	51
4.2.-Información Referente a los Cultivos	52
4.3.-Datos Generales de los Cultivos	53
4.3.1- Cultivo del Maíz Choclo.....	53
4.3.2.-Cultivo de la Papa Tardía.....	53
4.3.3.-Cultivo de la Papa Temprana.....	54
4.3.4.-Cultivo de arveja verde	54
4.3.5.-Cultivo de Tomate Tardío.....	55
4.3.6.-Cultivo del pimentón	55
4.3.7.-Cultivo de la Haba Verde	56
4.3.8.-Cultivo de la Cebolla Cabeza.....	56
4.3.9.-Cultivo de Hortalizas	57
4.4.-Plan de cultivo	58
4.5-Evapotranspiración de Referencia Mensual Método Blanney – Criddle (Estación Yesera Sud).....	59
4.5.1.-Precipitación Efectiva (Método – Pronar) Estación Yesera Sud.	59
4.5.2.-Precipitación y Evapotranspiración de Referencia Mensual (Estación Yesera Sud).....	60
4.5.3.-Demanda de Agua de Riego Método Blanney – Criddle.....	61

4.5.4.-Precipitación Efectiva y la Evapotranspiración real de los Cultivos (Estación Yesera Sud).....	63
4.5.5.-Comparación del Volumen de Agua de riego aprovechable de la presa, con los Datos Calculados en el Proyecto de Investigación.....	64
4.6.-Evapotranspiración de Referencia Mensual Método Hargreaves (Estación Yesera sud).....	65
4.6.1.-Precipitación Efectiva (Método – Pronar) Estación Yesera Sud	65
4.6.2.-Precipitación y Evapotranspiración de Referencia Mensual (Estación Yesera sud).....	66
4.6.3.-Demanda de Agua de Riego Método Hargreaves.....	67
4.6.4.-Precipitación Efectiva y la Evapotranspiración real de los Cultivos (Estación Yesera sud).....	69
4.6.5.-Comparación del Volumen de Agua de riego aprovechable de la presa, Con los Datos Calculados en el Proyecto de Investigación.	70
4.7.- Optimización de Agua de Riego.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Conclusiones.....	72
Recomendaciones.....	74
Bibliografía.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1	Precipitación y Evapotranspiración de Referencia	
	Mensual método Blanney- Criddle (Estación Yesera Sud).....	60
FIGURA N° 2	Precipitación Efectiva y la Evapotranspiración real de los	
	Cultivos método Blanney - Criddle (Estación Yesera Sud).....	63
FIGURA N° 3	Comparación de oferta y demanda de agua	
	Método Blanney - Criddle.....	64
FIGURA N° 4	Precipitación y Evapotranspiración de Referencia Mensual	
	Método Hargreaves (Estación Yesera sud)	66
FIGURA N° 5	Precipitación Efectiva y la Evapotranspiración real de los	
	Cultivos método Hargreaves (Estación Yesera sud)	69
FIGURA N° 6	Comparación de oferta y demanda de agua Método	
	Hargreaves	70

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 4.1	Ubicación Periodo de Registro por las Estaciones Cercanas a la Zona de Estudio.....47
CUADRO 4.2	Superficie de los Cultivos bajo Riego dela Presa Calderas 52
CUADRO 4.3.1	Datos Generales del Maíz Choclo 53
CUADRO 4.3.2	Datos Generales de la Papa Tardía 53
CUADRO 4.3.3	Datos Generales de la Papa Temprana 54
CUADRO 4.3.4	Datos Generales de la Arveja Verde..... 54
CUADEO 4.3.5	Datos Generales de la Tomate Tardío 55
CUADRO 4.3.6	Datos Generales de la Pimentón..... 55
CUADRO 4.3.7	Datos Generales de la Haba Verde 56
CUADRO 4.3.8	Datos Generales de la Cebolla Cabeza 56
CUADRO 4.3.9	Datos Generales de la Hortalizas..... 57
CUADRO 4.4	Plan de cultivo 58
CUADRO 4.5	Evapotranspiración de Referencia Mensual Método Blanney – Criddle (Estación Yesera Sud) 59
CUADRO 4.5.1	Precipitación Efectiva (Método – Pronar) Estación Yesera Sud..... 59
CUADRO 4.5.2	Precipitación y Evapotranspiración de Referencia

	Mensual (Estación Yesera Sud).....	60
CUADRO 4.5.3	Demanda de Agua de Riego Estación Yesera Sud.....	61
CUADRO 4.5.4	Precipitación Efectiva y la Evapotranspiración real de los Cultivos (Estación Yesera Sud)	63
CUADRO 4.6	Evapotranspiración de Referencia Mensual Método Hargreaves (Estación Yesera sud).....	65
CUADRO 4.6.1	Precipitación Efectiva (Método – Pronar) Estación Yesera Sud	65
CUADRO 4.6.2	Precipitación y Evapotranspiración de Referencia Mensual (Estación Yesera sud)	66
CUADRO 4.6.3	Demanda de Agua de Riego	67
CUADRO 4.6.4	Precipitación Efectiva y la Evapotranspiración real de los Cultivos (Estación Yesera sud)	69

ÍNDICES DE ANEXOS

ANEXO 1	Datos Generales de la Estación de Yesera Sud.....	78
ANEXO 2	Datos Generales de la Estación de Yesera Norte	78
ANEXO 3	Altura de Precipitación Estación de Yesera Sud.....	79
ANEXO 4	Temperatura Media Estación de Yesera Sud	79
ANEXO 5	Coefficientes de Cultivos Para Valles	80
ANEXO 6	Porcentaje Mensual Horas Luz Solar Durante el Año ...	81
ANEXO 7	Interpolación para Latitud Sur 21°	82
ANEXO 8	Radiación Extraterrestre	83
ANEXO 9	Demanda de Agua de Riego Método Blanney – Criddle Estación Yesera Norte	84
ANEXO 10	Demanda de Agua de Riego Método Hargreaves Estación Yesera Norte	85