

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

**“CARACTERIZACIÓN MULTITEMPORAL DE LA SEQUÍA  
EN EL VALLE CENTRAL DE TARIJA APLICANDO EL  
MÉTODO SPI”**

**Por:**

**FABIANA SUSANA ESCALANTE FERNÁNDEZ**

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

**Junio de 2013**

**TARIJA – BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a mis padres Andrés Escalante y Teresa Fernández a mis hermanos Adriana, Andrea, Andresito y a mis sobrinitos Julián Andrés y Carlos Andrés.

También quiero dedicar este trabajo a mis abuelitos, tíos, primos y a toda mi familia.

## **AGRADECIMIENTOS**

Darle gracias a dios por permitir que yo pueda cumplir este sueño, por llenar mi vida de logros, fortalezas e incontables bendiciones, a mis padres por su apoyo incondicional y a mis hermanos.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Forestal por brindarme su apoyo y su amistad, a mi profesor guía Ing. Javier Caba Olguín, por su cooperación en la elaboración del presente trabajo, a mis compañeros y amigos de la facultad

## **PENSAMIENTO**

La vida es solo comprendida mirando hacia atrás, pero ha de ser vivida mirando hacia adelante.

(SörenAabye Kierkegaard)

## ÍNDICE

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	
	<b>Página</b>
Introducción .....	1
Justificación.....	2
Objetivos .....	3
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	3
Hipótesis.....	4

### CAPÍTULO I

#### MARCO TEÓRICO O REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1	Definición de sequía.....	5
1.1.1	Sequía meteorológica .....	6
1.1.2	Sequía agrícola.....	6
1.1.3	Sequía hidrológica.....	7
1.1.4	Sequía socioeconómica .....	7
1.2	Precipitación .....	9
1.2.1	Formación de la precipitación .....	10
1.2.2	Núcleos de condensación .....	12
1.2.3	Clasificación de las precipitaciones.....	13
1.2.3.1	Por su origen .....	13
1.2.3.1.1	Precipitación convectiva.....	13
1.2.3.1.2	Precipitación orográfica .....	14
1.2.3.1.3	Precipitación frontal o ciclónica .....	14

1.2.3.2	Por su forma.....	15
1.2.3.2.1	Llovizna.....	15
1.2.3.2.2	Lluvia.....	16
1.2.3.2.3	Nieve.....	16
1.2.3.2.4	Granizo.....	17
1.3	Índice de precipitación estandarizada (STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX SPI).....	17
1.3.1	Ventajas y desventajas del SPI.....	21
1.4	Medidas de Tendencia Central.....	22
1.5	Medidas de Dispersión.....	23
1.6	Distribución de Laplace-Gauss o ley normal.....	24
1.7	Distribución Gamma.....	26
1.8	Estaciones Meteorológicas.....	28
1.8.1	Como funciona.....	28
1.8.2	Instrumentos de medición.....	29
1.8.3	Variables de medida.....	29
1.9	Pluviómetro.....	30
1.10	El fenómeno ENOS.....	30
1.10.1	El niño.....	32
1.10.2	La niña.....	33

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

2.	Descripción de la zona de estudio.....	34
2.1	Ubicación.....	34
2.1.1	El medio natural.....	35

2.1.2	Clima.....	35
2.1.2.1	Temperatura .....	36
2.1.2.2	Precipitación .....	36
2.1.2.3	Humedad relativa .....	36
2.1.2.4	La evaporación.....	37
2.1.2.5	La radiación solar .....	37
2.1.3	Hidrología .....	37
2.1.4	Vegetación .....	38
2.1.5	Suelos.....	39
2.2	Materiales y Métodos .....	42
2.2.1	Materiales.....	42
2.3	Metodología .....	42
2.3.1	Selección de las estaciones meteorológicas .....	42
2.3.1.1	Acopio de información de precipitación.....	46
2.3.1.2	Análisis de la información.....	47
2.3.2	Procesamiento de datos .....	47
2.3.3	Cálculo de los valores trimestrales, semestrales, anuales, año y medio y dos años.....	47
2.3.4	El Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) .....	48

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

3.1	Las escalas temporales de análisis SPI_3, SPI_6, SPI_12, SPI_18 y SPI_24 meses .....	50
3.2	Análisis de consistencia y homogeneidad de los datos pluviométricos.....	
3.3	determinación del SPI a diferentes escalas temporales .....	
3.3.1	SPI_3, SPI_6, SPI_12, SPI_18, SPI_24 estación del Aeropuerto .....	
3.3.2	SPI_3, SPI_6, SPI_12, SPI_18, SPI_24 estación de Juntas .....	

3.3.3	SPI_3, SPI_6, SPI_12, SPI_18, SPI_24 estación de León Cancha .....	
3.3.4	SPI_3, SPI_6, SPI_12, SPI_18, SPI_24 estación de Cañas.....	
3.3.5	SPI_3, SPI_6, SPI_12, SPI_18, SPI_24 estación de Pinos Sud .....	
3.3.6	SPI_3, SPI_6, SPI_12, SPI_18, SPI_24 estación de Yesera Norte .....	
3.4	Agrupación SPI respecto a las escalas de tiempo .....	
3.4.1	Agrupación SPI trimestral .....	
3.4.2	Agrupación SPI semestral .....	
3.4.3	Agrupación SPI anual .....	
3.4.4	Agrupación SPI 18 meses .....	
3.4.5	Agrupación SPI 24 meses .....	

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1	Conclusiones .....	94
4.2	Recomendaciones.....	96

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

	<b>Página</b>
Figura 1	Ciclo hidrológica..... 10
Figura 2	Precipitación orográfica ..... 14
Figura 3	Curva de distribución normal de probabilidades ..... 25
Figura 4	Distribución gamma ..... 27
Figura 5	Ejemplo de transformación de una distribución gamma ajustada a una distribución normal estandarizada ..... 49
Figura 6	SPI Trimestral: TARIJA AEROPUERTO..... 51



Figura 7	SPI Semestral: TARIJA AEROPUERTO.....	52
Figura 8	SPI Anual: TARIJA AEROPUERTO.....	53
Figura 9	SPI 18 Meses: TARIJA AEROPUERTO .....	54
Figura 10	SPI 24 Meses: TARIJA AEROPUERTO .....	54
Figura 11	SPI Trimestral: JUNTAS.....	55
Figura 12	SPI Semestral. JUNTAS.....	57
Figura 13	SPI Anual: JUNTAS .....	58
Figura 14	SPI 18 Meses: JUNTAS .....	59
Figura 15	SPI 24 Meses: JUNTAS .....	60
Figura 16	SPI Trimestral: LEÓN CANCHA .....	61
Figura 17	SPI Semestral: LEÓN CANCHA .....	62
Figura 18	SPI Anual: LEÓN CANCHA.....	63
Figura 19	SPI 18 Meses: LEÓN CANCHA.....	64
Figura 20	SPI 24 Meses: LEÓN CANCHA.....	65
Figura 21	SPI Trimestral: CAÑAS.....	66
Figura 22	SPI Semestral: CAÑAS.....	67
Figura 23	SPI Anual: CAÑAS.....	68
Figura 24	SPI 18 Meses: CAÑAS .....	69
Figura 25	SPI 24 Meses: CAÑAS .....	70
Figura 26	SPI Trimestral: PINOS SUD.....	71
Figura 27	SPI Semestral: PINOS SUD.....	72
Figura 28	SPI Anual: PINOS SUD.....	73
Figura 29	SPI 18 Meses: PINOS SUD .....	74
Figura 30	SPI 24 Meses: PINOS SUD .....	75
Figura 31	SPI Trimestral: YESERA NORTE.....	76
Figura 32	SPI Semestral: YESERA NORTE.....	77
Figura 33	SPI Anual: YESERA NORTE.....	78

Figura 34	SPI 18 Meses: YESERA NORTE .....	79
Figura 35	SPI 24 Meses: YESERA NORTE .....	80

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>	
Cuadro 1	Clasificación del SPI .....	20
Cuadro 2	Coordenadas del valle central de Tarija.....	34
Cuadro 3	Principales cultivos en el valle central de Tarija.....	39
Cuadro 4	Categorías de suelo, zona valle central de Tarija .....	40
Cuadro 5	Número de estaciones .....	43
Cuadro 6	Estaciones del valle central de Tarija .....	45
Cuadro 7	Estaciones seleccionadas .....	46
Cuadro 8	Análisis de consistencia .....	47
Cuadro 9	Relación de la sequía con el fenómeno ENOS.....	93

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Tabla de precipitación total Aeropuerto
Anexo 2	Tabla de precipitación total Juntas
Anexo 3	Tabla de precipitación total León Cancha
Anexo 4	Tabla de precipitación total Cañas
Anexo 5	Tabla de precipitación total Pinos Sud
Anexo 6	Tabla de precipitación total Yesera Norte

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1	Ubicación de estaciones .....	41
--------	-------------------------------	----