

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“MICROZONIFICACION CLIMATICA PARA EL  
MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCION AGRICOLA EN  
LA CUENCA DE ZAPATILLA DEL DEPARTAMENTO DE  
PUNO”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. JAIME BERNABÉ OROCOLLO LLANQUE.**

**PARA OPTAR EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRICOLA**

**PUNO – PERÚ**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**

“MICROZONIFICACION CLIMATICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA  
PRODUCCION AGRICOLA EN LA CUENCA DE ZAPATILLA DEL  
DEPARTAMENTO DE PUNO”

**TESIS**

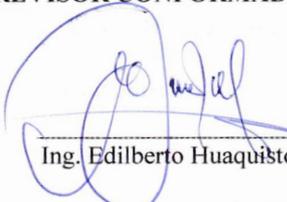
PRESENTADO POR:

**JAIME BERNABÉ OROCOLLO LLANQUE.**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE: INGENIERO AGRICOLA.

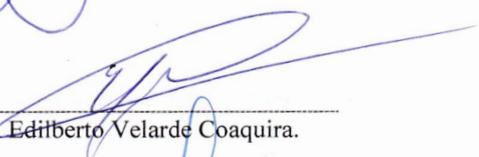
**APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

PRESIDENTE:



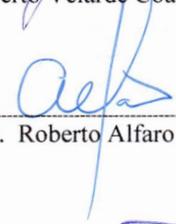
Ing. Edilberto Huaquisto Ramos.

PRIMER MIEMBRO:



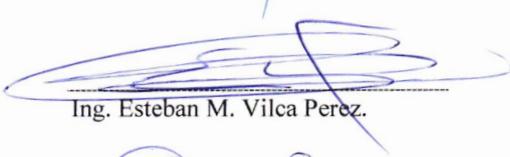
Ing. Edilberto Velarde Coaquira.

SEGUNDO MIEMBRO:



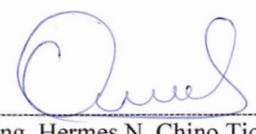
Ing. M.Sc. Roberto Alfaro Alejo.

DIRECTOR DE TESIS:



Ing. Esteban M. Vilca Perez.

ASESOR:



Ing. Hermes N. Chino Ticona.

**PUNO – PERÚ**  
**2014**

**ÁREA : Ingeniería y Tecnología**

**TEMA: Ordenamiento territorial**

**LÍNEA: Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente**

**DEDICATORIA.**

*Mi tesis le dedico con todo mi amor y cariño a ti mi **Dios** que me diste la oportunidad de vivir, por estar a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten.*

*Con mucho cariño principalmente a mis padres **Andrea Llanque y Bernabé Velásquez** ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, fueron los que me dieron ese cariño y calor humano necesario, han velado por mi salud, mis estudios, mi educación, son a ellos a quien les debo todo.*

*Con mucho amor en especial para **Elsa Mamani Puma** por su apoyo incesante en todo momento supo motivarme, te quiero con todo mi corazón.*

*A mis hermanos **Orestes, Raúl, Regino, René, Wilma, Marlene, Luis, Yaneth y Cristian**; gracias por apoyarme siempre les quiero con todo mi corazón.*

*A mis amigos (a) y compañeros con gratitud y reconocimiento de la promoción 2008 – II y a todos que me apoyaron sin interés alguno.*

**Jaime.**

## AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ciencias Agrarias en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por sus enseñanzas impartidas para mi formación profesional.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola, quienes me brindaron todo sus conocimientos durante los cinco años de estudio.

Al SENAMHI - PUNO, por haberme facilitado los datos de las estaciones meteorológicas del área de influencia de mí proyecto.

A mi director de tesis Ing. Esteban M. Vilca Perez, por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la elaboración de este trabajo.

A los miembros del Jurado Calificador de esta Tesis; por sus oportunas correcciones que contribuyeron a mejorar el contenido de la tesis que hoy presento.

A mis amigos (a) especialmente a Rafael, Ronald, Alicia, William, Héctor, en ellos encontré la amistad y el cariño que necesitaba.

*Jaime.*

## Contenido

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. ....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	1
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN. ....	2
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. ....	4
1.3.1. Objetivo general. ....	4
1.3.2. Objetivos específicos. ....	4
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>5</b>
2.1. MARCO TEÓRICO. ....	5
2.1.1. Zonificación y categorías de manejo. ....	5
2.1.2. Elementos del clima. ....	7
2.1.3. Factores del clima. ....	8
2.1.4. Factores que modifican el clima. ....	8
2.1.4.2. Altitud. ....	11
2.1.5. Clasificación climática. ....	12
2.1.6. Variables climáticas. ....	13
2.1.6.1. Precipitación. ....	13
2.1.6.2. Tipos de precipitación en función de los procesos de formación. ....	14
2.1.6.3. Medición de la precipitación. ....	16
2.1.6.4. Temperatura. ....	19
2.1.6.5. Medición de la temperatura. ....	22
2.1.6.6. Escalas de temperatura. ....	24
2.1.6.7. Variaciones de temperatura. ....	26
2.1.6.8. Humedad relativa. ....	29
2.1.6.9. Medición de la humedad relativa. ....	31

2.1.7. Análisis de consistencia de las variables climáticas en estudio. ....	32
2.1.8. Teoría de regresión y correlación. ....	38
2.1.8.1. Teoría de regresión. ....	38
2.1.8.2. Modelo de regresión múltiple. ....	38
2.1.8.3. Correlación lineal simple. ....	39
2.1.8.4. Regresión simple y correlación. ....	40
2.1.8.5. Coeficiente de determinación $R^2$ o $r^2$ ....	44
2.1.8.6. Análisis de regresión. ....	44
2.1.9. La Encuesta Nacional de Hogares – ENAHO (1998). ....	51
2.2. MARCO CONCEPTUAL. ....	53
2.2.1. Zonificación. ....	53
2.2.2. Ministerio De Relaciones Exteriores. ....	53
2.2.3. Cuenca hidrográfica. ....	55
2.2.4. Delimitación de una cuenca. ....	55
2.2.5. Pendiente de una cuenca. ....	56
2.2.6. Perfil longitudinal del curso de agua. ....	56
2.2.7. Microclimas. ....	56
2.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION. ....	57
2.3.1. Hipótesis general. ....	57
2.3.2. Hipótesis específicos: ....	57
<b>CAPITULO III. ....</b>	<b>58</b>
<b>MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN. ....</b>	<b>58</b>
3.1. METODOLOGÍA. ....	58
3.1.1. Zonificación climática. ....	60
3.1.2. Relación entre la producción de cultivos de pan llevar con los elementos climáticos de la cuenca del río Zapatilla. ....	61
<b>CAPITULO IV. ....</b>	<b>63</b>
<b>CARACTERISTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN. ....</b>	<b>63</b>

4.1. Características de la zona de estudio. ....	63
4.2. Información climática y ecológica. ....	64
4.3.1. Materiales. ....	65
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>66</b>
<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>
5.1. Características del sistema hidrográfico de la cuenca de Zapatilla.....	66
5.2. Subcuencas Tributarias.....	67
5.3. Características fisiográficas de la cuenca.....	68
5.4. Análisis de los parámetros meteorológicos.....	69
5.4.1. Precipitación. ....	70
5.4.2. Temperatura.....	72
5.4.3. Evaporación y transpiración. ....	74
5.4.4. Evaporación.....	75
5.4.4.1. Comportamiento de evaporación de estaciones en las cuencas zona sur promedio anual. ....	75
5.4.5. Humedad relativa.....	78
5.4.6. Velocidad del viento.....	80
5.4.6.1. Viento. ....	80
5.4.7. Horas de sol. ....	82
5.4.8. Análisis bioclimático. ....	84
5.4.9. Temperatura media mínima.....	91
5.4.10. Comparación de temperaturas máximas y mininas. ....	92
5.5. Identificación de los microclimas en la cuenca de Río Zapatilla. ....	94
5.5.1. Tipos climáticos Identificado. ....	94
5.5.1.1. Clima lluvioso frio, con otoño, invierno primavera seco, B(oip)C´.....	95
5.5.1.2. Clima semi lluvioso y frio con otoño, invierno, primavera, seco C(oip)C´. ....	96
5.5.1.3. Clima semilluvioso y frígido con otoño e invierno seco, C(oip)D´. ....	97

5.6. Relación entre la producción de cultivos de papa con los elementos climáticos en la cuenca del río Zapatilla.....	100
5.6.1. Relación entre elementos climáticos y cultivo de papa cuenca Zapatilla utilizando regresión cuadrática.....	102
5.6.2. Relación entre elementos climáticos y cultivo de Haba Cuenca Zapatilla utilizando regresión múltiple no lineal.....	103
5.6.3. Relación entre elementos climáticos y cultivo de haba cuenca Zapatilla utilizando regresión cuadrática.....	104
5.6.5. Relación entre elementos climáticos y cultivo de quinua cuenca Zapatilla utilizando regresión cuadrática.....	107
<b>CONCLUSIONES.</b> ....	<b>109</b>
<b>RECOMENDACIONES.</b> ....	<b>110</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.</b> ....	<b>111</b>
<b>ANEXOS. PLANOS DE LA CUENCA DE ZAPATILLA.</b> .....	<b>113</b>

**CONTENIDO DE FIGURAS.**

Figura 1. Análisis de doble masa de precipitación. ....	61
Figura 2. Precipitación promedio anual. ....	71
Figura 3. Variación anual de la temperatura media Mensual en las cuencas. ....	74
Figura 4. Variación anual de la evaporación total mensual en la cuenca de zapatilla... ..	77
Figura 5: variación total de la humedad relativa en la cuenca. ....	79
Figura 6: Variación anual de la velocidad de viento. ....	82
Figura 7. Variación anual del número medio de horas de sol día.....	83
Figura 8: Diagrama bioclimático de estación Chilligua.. ....	85
Figura 9. Diagrama bioclimático de estación Pocoaque.....	86
Figura 10. Diagrama bioclimático de estación Juli.....	86
Figura 11. Diagrama bioclimático de estación Ilave.. ....	87
Figura 12. Diagrama bioclimático de estación Rincon de la Cruz.. ....	88
Figura 13. Diagrama bioclimático de estación Laraqueri.....	88
Figura 14. Se muestra la regresión cuadrática de la producción de papa y temperatura	103
Figura 15. Se muestra la regresión cuadrática de la producción de haba y temperatura	106
Figura 16. Se muestra la regresión cuadrática de la producción de quinua y temperatura....	108

**CONTENIDO DE TABLAS.**

Tabla 1: Características de la atmósfera en distintas alturas. Promedios válidos para las latitudes templadas.....	31
Tabla 2. Porcentaje de pobreza total en función del ingreso. ....	51
Tabla 3. Niveles de pobreza por regiones naturales y área, 1998 (%).....	52
Tabla 4: Ubicación Política y Geográfica de las Estaciones Meteorológicas de la Cuenca de Zapatilla. ....	64
Tabla 5. Parámetros fisiográficos de la cuenca del río Zapatilla. ....	68

Tabla 6. Parámetros fisiográficos de las cuencas desde estaciones hidrométricas.....	69
Tabla 7. Resumen de precipitaciones promedio media Anual de las estaciones del ámbito de la cuenca zapatilla.....	71
Tabla 8. Resumen de temperatura promedio media anual de las Estaciones del ámbito de la cuenca zona sur.....	73
Tabla 9. Resumen de tanque evaporímetro de las estaciones del ámbito de la cuencas zona sur.....	77
Tabla 10: Resumen de humedad relativa de las estaciones del ámbito de las cuencas zona sur.....	79
Tabla 11. Comportamiento y dirección de velocidad de viento .....	81
Tabla 12. Promedios mensuales de horas sol registro historico .....	84
Tabla 13. Resumen de comportamiento de parámetros meteorológicos .....	85
Tabla 14. Resumen de comportamiento de parámetros meteorológicos .....	85
Tabla 15. Resumen de comportamiento de parámetros meteorológicos.....	86
Tabla 16. Resumen de comportamiento de parámetros meteorológicos.....	87
Tabla 17. Resumen de comportamiento de parámetros meteorológicos.....	87
Tabla 18. Resumen de comportamiento de parámetros meteorológicos.....	88
Tabla 19. Resumen de comportamiento de temperaturas .....	93
Tabla 20. Tipos de clima en la cuenca de Zapatilla.....	95
Tabla 21. Relación entre elementos climáticos y cultivo de papa Cuenca Zapatilla utilizando regresión múltiple no lineal.. ..	101
Tabla 22. Análisis de variancia de la regresión entre la producción de papa y la oscilación de la temperatura de Zapatilla. ....	102
Tabla 23. Determinación de regresión Múltiple producción de haba versus elementos climáticos en la zona de Zapatilla de producción de papa (TM/Ha) .....	103
Tabla 24. Análisis de variancia de la regresión entre la producción de Haba y la oscilación de la temperatura de la Cuenca de Zapatilla.....	105
Tabla 25. Relación entre elementos climáticos y cultivo de Quinoa Cuenca Zapatilla utilizando regresión múltiple no lineal. ....	106



Tabla 26. Análisis de variancia de la regresión entre la producción de quinua y la oscilación de la temperatura de Zapatilla. .... 107

## RESUMEN.

El presente trabajo de investigación se realizó, en la cuenca de Zapatilla forma parte de las provincias de Collao y Chucuito, también con los distritos de Ilave y Juli. - Puno, geográficamente se ubica entre las coordenadas 16° 5'17.13" Latitud sur, 69°37'55.76" Longitud oeste, 440000 Este, 8200000 Norte. Entre los 3,900 msnm, el objetivo general fue: Determinar la microzonificación climática para el mejoramiento de la producción agrícola en la cuenca de zapatilla del departamento de Puno, y como objetivos específicos a) Identificar los microclimas según los elementos meteorológicos determinantes en la cuenca de zapatilla del departamento de Puno, b) Realizar estudios sobre el relieve fisiográfico, pendientes y cobertura vegetal a través de imágenes satelitales, el uso de Arc Gis, c) Determinar los cultivos adaptables a los microclimas de la cuenca de zapatilla. La metodología utilizada es el método científico descriptivo de donde; se han identificado cuatro tipos de microclimas en la cuenca de Zapatilla: Clima lluvioso frío, con otoño, invierno primavera seco, B(oip)C', Clima semilluvioso y frío con otoño, invierno, primavera, seco C(oip)C', Clima semilluvioso y frígido con otoño e invierno seco, C(oip)D', Clima Semilluvioso y frígido, con otoño, invierno y primavera secos, C(oip)E'. Para relacionar entre la producción de cultivos de pan llevar con los elementos climáticos de la cuenca del río Zapatilla, se ha seguido el siguiente procedimiento: Se ha obtenido los rendimientos de los cultivos alimenticios para cada zona sub-tipo climático, estos datos se han obtenido de las Oficinas del Ministerio de Agricultura. Para explicar mejor la relación que existe entre la producción agrícola con la oscilación de la temperatura, se ha utilizado el modelo de regresión cuadrática de solamente de dos variables.

**Palabras clave:** Zonificación, microclima, clima, cultivo, cobertura vegetal.

## ABSTRACT

The present research was carried out in the basin Shoe is part of the provinces of Collao and Chucuito, also districts wrench and Juli. - Puno, geographically located between latitudes 16°5'17.13" south latitude, 69°37'55.76" West Longitude, 440000 East, 8200000 North. Among the 3,900 m, the overall objective was: To determine the climate micro-zoning to improve agricultural production in the basin shoe department of Puno, and as specific objectives a) Identify microclimates as determinants meteorological elements in the basin slipper the department of Puno. b) Conduct studies on the physiographic, pending relief and vegetation cover through satellite images, using Arc Gis, c) Identify microclimates suitable for basin shoe crops. The methodology used is the descriptive scientific method where; have been identified were four types of microclimates in the basin Slipper: Rainy Weather cold, with autumn, winter dry spring, B (oip) C', rainy semi Climate and cold with autumn, winter, spring, dry C (oip) C', rainy semi and frigid climate with dry autumn and winter, C (oip) D'climate rainy semi and frigid, with fall, winter and spring droughts, C (oip) E'. To correlate the production of food crops to climatic elements Slipper river basin, we have followed the following procedure: We have obtained yields of food crops for each sub-type climate zone; these data were obtained Offices of the Ministry of Agriculture. To better explain the relationship between agricultural productions with temperature range, we have used the quadratic regression model only two variables.

**Keywords:** Zoning, microclimate, climate, culture, vegetation cover.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la cuenca del río Zapatilla, sufre un proceso de degradación ambiental por el efecto combinado de diversos factores naturales y antrópicos. La cobertura vegetal disminuye desde hace varios siglos por la tala indiscriminada de la vegetación leñosa y por el sobre pastoreo, ocasionando una fuerte erosión del suelo. En la Cuenca del río Zapatilla se produce una reducción de la flora y la fauna, la disminución de la población de peces nativos, y la contaminación biológica de la bahía de Puno. Las aguas del lago Titicaca se encuentran altamente contaminadas por metales pesados, producto de las actividades mineras que vierten sus aguas a río como cuerpo receptor, y por su elevada salinidad natural. En este caso nuevo sistema consiste en la aplicación de las tecnologías computacionales SIG que actualmente se vienen desarrollando con más intensidad y utilidad en otras regiones, lo cual nos motiva implementar un sistema de información geográfica “SIG” a la microzonificación climática para el mejoramiento de la producción agrícola.

El presente trabajo realizado durante el año 2011-2013, quiere contribuir a la toma de decisiones de las autoridades Regional y Local, para el uso racional y protección de los recursos naturales, agua y suelo como fuente de la producción agrícola.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En el Perú las cuencas alto hidrográficas constituyen una unidad territorial natural y básica que permite la planificación apropiada para la utilización de los recursos agua, suelo y vegetación. Sin embargo, por la variabilidad climática propia del medio andino y combinado con las actividades antrópicas, las cuencas por si solas no proporcionan seguridad de desarrollo más al contrario se está generando un desorden en el entorno ambiental.

En la región de Puno las cuencas hidrográficas también vienen generando problemas que causan zonas de desequilibrio ambiental; esta problemática tiene su origen en los fenómenos naturales, como las fuertes precipitaciones pluviales,

inundaciones, desborde de los ríos, sequías, temperaturas muy bajas, etc.; principal y fundamentalmente por las actividades humanas ya que hacen un uso inadecuado de manejo de suelos, de recursos hídricos y otros recursos naturales.

En el área de estudio la población se dedica principalmente a la agricultura y ganadería, siendo estos su principal sustento. En la producción agrícola y pecuaria no obtienen rendimientos adecuados, debido a que los agricultores siembran cultivos (papa, quinua, cebada, etc.) y crían ganados (vacunos y ovinos, etc.) en sus parcelas sin tener en cuenta el clima (humedad, temperatura, horas de sol, precipitación, etc.), ya que cada cultivo y ganado tiene un clima específico donde se puede desarrollar y producir en su totalidad.

El crecimiento demográfico dentro de las comunidades también constituye parte del problema, la falta de áreas agrícolas para los nuevos integrantes de las comunidades, están generando la atomización de las parcelas, es decir las parcelas cada vez se van dividiendo en áreas muy reducidas, esto obliga a realizar las actividades agrícolas en ambientes inapropiados, generando la baja producción agrícola y pecuaria, sin tener en cuenta la ubicación de los cultivos a una cierta altitud.

## **1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.**

- ✓ Propuesta de zonificación ecológica económica de la microcuenca del río Pochcomayu y parte baja de la microcuenca del río Atunmayu (Tesis Universidad Nacional Mayor de San Marcos).

- ✓ Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca Bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua (Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).
- ✓ Los planes directores de las principales ciudades, elaborados por INADUR (Instituto Nacional de Desarrollo Urbano), desde la década del 70, incluyen la zonificación del suelo con propósitos de desarrollo urbano.
- ✓ El mapa de capacidad de uso mayor de la tierra, elaborado por la Ex ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales) en 1981, es forma de realizar la zonificación con propósito de identificar áreas para el desarrollo agropecuario y forestal, incluyendo áreas destinadas a la protección ecológica.
- ✓ El Mapa Ecológico del Perú, elaborado por la Ex ONERN en 1976, zonifica el territorio nacional en función de los factores principales del clima y la vegetación, utilizando el sistema Holdridge. Identifica 84 Zonas de vida (de las 103 a nivel de planeta) y 17 formaciones transicionales.
- ✓ El mapa geológico elaborado por INGEMMET en 1994, versión digital, zonificación del territorio nacional en función de las características geológicas.
- ✓ La región San Martín la Zonificación Ecológica Económica – OT (1996) a nivel Macrozonificación.
- ✓ La región Cajamarca, la Zonificación Ecológica Económica – OT (2008) a nivel Mesozonificación, entre otros.
- ✓ En la región Puno se elaboró la Zonificación Ecológica Económica – OT (2008) a nivel Macrozonificación a escala 1:100000. Y también se viene

implementando la Zonificación Ecológica Económica - OT de la cuenca Rio Zapatilla a nivel microzonificación (en proceso).

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Determinar la microzonificación climática para el mejoramiento de la producción agrícola en la cuenca de Zapatilla del departamento de Puno.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Identificar los microclimas según los elementos meteorológicos determinantes en la cuenca de Zapatilla del departamento de Puno.
- Realizar estudios sobre el relieve fisiográfico, pendientes y cobertura vegetal a través de imágenes satelitales, el uso de Arc Gis.
- Determinar los cultivos adaptables a los microclimas de la cuenca de zapatilla.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 2.1. MARCO TEÓRICO.

##### 2.1.1. Zonificación y categorías de manejo.

UNESCO (2005), la mayoría de los países, las leyes de conservación de la naturaleza, de uso de suelo u ordenamiento territorial distinguen entre diversos tipos de áreas protegidas. En el caso ideal, sus definiciones y disposiciones legales cubren toda la gama de intereses de protección y uso.

A pesar de las 140 denominaciones que definen en el mundo los diferentes tipos de áreas protegidas, es posible reducirles a las siguientes seis o siete categorías de manejo.

Ia. Reserva natural estricta (Strict Nature Reserve)

Ib. Area silvestre (Wilderness Area)

II. Parque nacional (National Park)

III. Monumento natural (Natural Monument)

IV. Hábitat/Area de protección de especies con manejo (Habitat/Species Management Area)

V. Paisaje (marino) protegido (Protected Landscape/Seascape)

VI. Área protegida con recursos manejados (Managed Resource Protected Area); tal como se observa en la descripción de las categorías de áreas protegidas, el grado de intervención humana tolerable aumenta continuamente. En general, las categorías I hasta II son clasificadas como áreas "estrictamente" protegidas, mientras que en las categorías IV a VI el hombre es considerado parte integrativa del área protegida. En sus explicaciones acerca de este sistema, IUCN insiste fuertemente en el hecho de que la clasificación de estas categorías no es de ningún modo una valoración. Todos los tipos de áreas protegidas son importantes y sus funciones se complementan. La denominación escogida por un Estado para las áreas de conservación tampoco tiene mayor importancia. Lo esencial es su función cumplida al interior de un sistema con protecciones y usos graduados. La elección de la categoría adecuada de manejo de un área protegida determinada debería hacerse en base a una evaluación realista de la situación global (biofísica y socioeconómica) y corresponder a la determinación del objetivo definido para la conservación del área.

Una declaración de áreas estrictamente protegidas, hecha a la ligera, excluyente de

todo uso humano, puede resultar contraproduktiva y obstaculizante en el manejo diario si impide la flexibilidad necesaria en el trabajo con la población local.

La combinación de diferentes categorías de áreas protegidas, se presta para ser usada como instrumento estratégico en la planificación del uso de suelo. La integración de zonas núcleo (en forma de áreas estrictamente protegidas) y zonas de amortiguación (por ejemplo con las categorías IV hasta VI), como en el caso de una reserva de la biosfera, facilita en gran medida la aceptación de la población. Argentina, por ejemplo, combina los 'parques nacionales' estrictamente protegidos con 'reservas naturales' que permiten el uso humano, siendo estas últimas también administradas por la entidad responsable de los parques nacionales.

### **2.1.2. Elementos del clima.**

Según Trewartha, T. (1995), los elementos constituyentes del clima son temperatura, presión, vientos, humedad y precipitaciones. Tener un registro durante muchos años de los valores correspondientes a dichos elementos con respecto a un lugar determinado, nos sirve para poder definir cómo es el clima de ese lugar. De estos cinco elementos, los más importantes son la temperatura y las precipitaciones, porque en gran parte, los otros tres elementos o rasgos del clima están estrechamente relacionados con los dos que se han citado. Ello significa que la mayor o menor temperatura da origen a una menor o mayor presión atmosférica, respectivamente, ya que el aire caliente tiene menor densidad y por ello se eleva (ciclón o zona de baja presión), mientras que el aire frío tiene mayor

densidad y tiene tendencia a descender (zona de alta presión o anticiclón). A su vez, estas diferencias de presión dan origen a los vientos (de los anticiclones a los ciclones), los cuales transportan la humedad y las nubes y, por lo tanto, dan origen a la desigual repartición de las lluvias sobre la superficie terrestre.

### **2.1.3. Factores del clima.**

Según Cazabone (1997), la atmósfera como capa continua de gases que envuelve a la tierra tiene una movilidad constante que se conoce como circulación atmosférica. Pero cada una serie de factores influyen y modificada uno de los elementos del clima. Unos son de naturaleza cósmica, es decir, dependen de la forma y posición de la tierra en el sistema solar. Otros son de carácter geográficos y dependen de los mares, montañas o zonas de la tierra. La atmósfera impide que los rayos solares lleguen directamente a la superficie terrestre, así protege del calor de los rayos y del enfriamiento que hay en la noche. La latitud también influye en la climatología. Las temperaturas van en descenso del ecuador a los polos y el hemisferio sur es más húmedo y menos cálido que el norte. La misma cantidad de calor actuando durante el mismo tiempo elevará la temperatura del suelo aproximadamente el doble que la del agua. El suelo se calienta dos veces más pronto que el agua.

### **2.1.4. Factores que modifican el clima.**

Según Trewartha, T. (1995), los factores que modifican el clima son:

- Latitud.
- Altitud.
- Orientación del relieve.
- Masas de aguas (océanos).
- Distancia al mar (continentalidad).
- Corrientes oceánicas.
- Dirección de los vientos planetarios y estacionales.

#### **2.1.4.1. Latitud geográfica.**

Según Trewartha, T. (1995), la latitud es la distancia angular entre la línea ecuatorial (el ecuador), y un punto determinado de la tierra, medida a lo largo del meridiano en el que se encuentra dicho punto.

- Efectos sobre la temperatura atmosférica:

La latitud determina la inclinación con la que caen los rayos del sol y la diferencia de la duración del día y la noche. Cuanto más directamente incide la radiación solar, más calor aporta a la tierra.

Las variaciones en latitud son causadas, de hecho, por la inclinación del eje de rotación de la tierra. El ángulo de incidencia de los rayos del sol no es el mismo en verano que en invierno siendo la causa principal de las diferencias estacionales. Cuando los rayos solares inciden con mayor inclinación calientan mucho menos porque el calor atmosférico tiene que repartirse en un

espesor mucho mayor de atmósfera, con lo que se filtra y dispersa parte de ese calor.

Fácilmente se puede comprobar este hecho cuando comparamos la insolación producida en horas de la mañana y de la tarde (radiación con mayor inclinación) con la que recibimos en horas próximas al mediodía (insolación más efectiva por tener menor inclinación). Es decir, una mayor inclinación en los rayos solares provoca que estos tengan que atravesar mayor cantidad de atmósfera, atenuándose más que si incidieran más perpendicularmente. Por otra parte, a mayor inclinación, mayor será la componente horizontal de la intensidad de radiación. Mediante sencillos cálculos trigonométricos puede verse que:  $I(\text{incidente}) = I(\text{total}) \cdot \cos\theta$ .

Es así que los rayos solares inciden con mayor inclinación durante el invierno por lo que calientan menos en esta estación. También podemos referirnos a la variación diaria de la inclinación de los rayos solares: Las temperaturas atmosféricas más frías se dan al amanecer y las más elevadas, en horas de la tarde.

- Efectos sobre las precipitaciones:

La latitud determina la localización de los centros de acción que dan origen a los vientos: anticiclones (centros de altas presiones) y ciclones (áreas de baja presión o depresiones). Los anticiclones son áreas de alta presión, donde el aire desciende de cierta altura por ser frío y seco (el aire frío y seco es más pesado que el cálido y húmedo). La ubicación de los centros de acción

determina la dirección y mecánica de los vientos planetarios o constantes y por consiguiente, las zonas de mayor o menor cantidad de precipitación. Los cuatro paralelos notables (trópicos y círculos polares) generan la existencia de grandes zonas anticiclónicas y depresiones de origen dinámico, es decir, originadas por el movimiento de rotación terrestre y de origen térmico originadas por la desigual repartición del calentamiento de la atmósfera.

#### **2.1.4.2. Altitud.**

Según Trewartha, T. (1995), la altura del relieve modifica sustancialmente el clima, en especial en la zona intertropical, donde se convierte en el factor modificador del clima de mayor importancia. Este hecho ha determinado un criterio para la conceptualización de los pisos térmicos, que son fajas climáticas delimitadas por curvas de nivel que generan también curvas de temperatura (isotermas) que se han establecido tomando en cuenta tipos de vegetación, temperaturas y orientación del relieve. Se considera la existencia de cuatro o cinco pisos térmicos en la zona intertropical:

1. Macrotérmico (menos de 1 km de altura), con una temperatura que varía entre los 27° al nivel del mar y los 20°
2. Mesotérmico (1 a 3 km): presenta una temperatura entre los 10 y 20 °C, su clima es templado de montaña.
3. Microtérmico (3 a 4,7 km): su temperatura varía entre los 0 y 10 °C. Presenta un tipo de clima de Páramo o frío.

4. Gélido (más de 4,7 km): su temperatura es menor de  $-0^{\circ}\text{C}$  y le corresponde un clima de nieves perpetuas.

Algunos autores subdividen el piso mesotérmico en dos para lograr una mayor precisión debido a que la diferencia de altitud y temperatura entre 1 y 3 km es demasiado grande como para incluir un solo piso climático. Quedaría así un piso intermedio entre 1000 y 1500 que se le ha denominado piso subtropical, aunque se trata de un nombre poco apropiado ya que este término se refiere a una latitud determinada y no a un piso térmico determinado por la temperatura. Y el piso ubicado entre los 1500 y 3000 m constituiría el piso templado, al que le seguiría el piso de páramo hasta los 4700 msnm.

El cálculo aproximado que se realiza, es que al elevarse 160 m, la temperatura baja  $1^{\circ}\text{C}$ . Como se puede ver en el artículo principal sobre los pisos térmicos, la disminución de la temperatura con la altitud varía según las zonas geoastronómica en la que nos encontremos. Si es en la zona intertropical, en la que el espesor de la atmósfera es bastante mayor, la temperatura desciende  $1^{\circ}\text{C}$ , no a los 160 m de ascenso, sino a los 180 aproximadamente.

#### **2.1.5. Clasificación climática.**

Según Thornthwaite, W. (1931), se basa en dos conceptos la evapotranspiración potencial y en el balance de vapor de agua. Para elaborar sus criterios de clasificación utiliza cuatro criterios básicos:

1. índice global de humedad.
2. variación estacional de la humedad efectiva.
3. índice de eficiencia térmica.
4. concentración estival de la eficacia térmica.

La evapotranspiración potencial (ETP) se determina a partir de la temperatura media mensual, corregida según la duración del día.

El exceso o déficit se calcula a partir del balance de vapor de agua, que se obtiene a partir de la humedad ( $I_m$ ), y la ETP. Ello nos permite definir los tipos de clima, los cuales presentan diferentes subtipos en función las variaciones de la ETP que se produce en cada estación del año. Thornthwaite establece dos clasificaciones una en función de la humedad, y otra en función de la eficacia térmica.

#### **2.1.6. Variables climáticas.**

##### **2.1.6.1. Precipitación.**

Castillo (2001), indica que, la precipitación es la fuente principal del ciclo hidrológico, y puede definirse como el agua en forma líquida o sólida que alcanza la superficie terrestre. Viene siempre precedida de condensación, sublimación o una combinación de ambas, generalmente está asociada con movimientos verticales de aire. Las formas comunes son la lluvia, la nieve y el granizo y sus variaciones.

La precipitación se forma a partir de vapor de agua, siendo, por lo tanto, la humedad atmosférica una condición necesaria, pero la cantidad y formas de precipitación dependerán de la acción de otros elementos climáticos, tales como el viento, la temperatura y presión atmosférica.

#### **2.1.6.2. Tipos de precipitación en función de los procesos de formación.**

Castillo (2001), indica que el enfriamiento adiabático o dinámico es la causa primaria de la condensación y responsable de la mayor parte de las precipitaciones. Así pues, el transporte vertical de las masas de aire es una condición necesaria para que tenga lugar la precipitación.

De acuerdo a las condiciones que generan los movimientos verticales de aire, los tipos de precipitación se puede clasificar en tres grandes categorías: Convectivas, orográficas y ciclónicas.

La precipitación convectiva resulta por un calentamiento del aire en la superficie terrestre, con la consiguiente expansión y disminución de su densidad.

El ascenso convectivo que tiene lugar, convierte al aire húmedo y caliente en inestable, desarrollándose corrientes verticales pronunciadas. El enfriamiento dinámico o adiabático que se produce, causa condensación y la precipitación.

Las formas asociadas a la precipitación convectiva son generalmente del tipo chubasco de lluvia, nieve o granizo, si bien también pueden originar normalmente de forma muy local tormentas convectivas severas.

Las células tormentosas se desarrollan a partir de movimientos verticales de aire asociado a un calentamiento superficial intenso o bien a efectos orográficos, diferenciándose claramente tres estados a lo largo de su desarrollo: el estado de cúmulo, de madurez y disipativo.

El estado de cúmulo, con una duración de 10 – 15 minutos, se caracteriza por la existencia de fuertes velocidades ascendentes en su seno (de hasta 60 Km/h), junto con arrastre horizontal de aire que proporciona una humedad adicional a la célula, siendo éste un elemento importante en el desarrollo de la tormenta.

Estos procesos dan lugar a una condensación cada vez mayor y al desarrollo de las gotitas de agua y cristales de hielo que, en el estado de madurez de la célula, son lo suficientemente grandes en tamaño y número como para que se produzca la precipitación a nivel de la superficie. A medida que las gotitas y cristales de hielo enfrían el aire inferior, se crean fuertes velocidades descendentes (alrededor de 30 Km/h por encima de los 1.500 m de altitud), que en los niveles inferiores dan lugar a rachas de viento superficial que escapa de la zona de precipitación intensa. El estado disipativo final aparece cuando las velocidades descendentes se convierten en predominantes y todo el aire dentro de la célula se calienta dinámicamente.

Ya que cesa el arrastre, cesa el mecanismo para la condensación y la precipitación desaparece.

La precipitación orográfica se forma cuando el aire se eleva y enfría a causa de un obstáculo orográfico. Es dudoso que una gran cantidad de precipitación se produzca solamente por un efecto orográfico, si bien es un factor importante en la activación de los procesos de precipitación y en la intensificación de la lluvia en las vertientes o barlovento, y por tanto afecta a su distribución espacial.

Además de forzar el ascenso del aire húmedo, las barreras orográficas obstaculizan el paso de áreas de baja presión y de los frentes, contribuyen a la convección debida a un calentamiento diferencial a lo largo de las laderas, e indirectamente enfrían los vientos por contacto con las cumbres frías y capas de nieve

La precipitación ciclónica está asociada con el movimiento de masas de aire desde regiones de altas presiones a regiones de bajas presiones. Estas diferencias de presión se crean como consecuencia del desigual calentamiento de la superficie terrestre.

### **2.1.6.3. Medición de la precipitación.**

Castro (2008), indica que el término precipitación se usa para designar cualquier tipo de forma en que el agua cae desde las nubes a la tierra. Existe

una lista hecha por meteorólogos de diez tipos de precipitación pero sólo se distinguen normalmente tres: lluvia, granizo y nieve.

Las nubes al ascender se expanden y al hacerlo se enfrían alcanzando el vapor de agua el punto de rocío y la condensación. La condensación hace que la fuerza de la gravedad supere las de suspensión y el agua cae hacia el suelo originándose las diferentes precipitaciones.

Cada gota de lluvia puede estar formada por un millón de gotitas de agua que el aire es capaz de sostener y cada gotita está formada por cuatrillones de moléculas de agua. Dependiendo de la temperatura a la que se forman las gotitas de agua de las nubes pueden ser de cristales de hielo. Cuando estas gotitas aumentan de tamaño y adquieren un peso suficiente para no flotar, se produce la precipitación y caen a tierra. Si el aire está lo suficientemente caliente las partículas de hielo se funden y llegan al suelo en forma de lluvia. Alguna vez te habrás dado cuenta de que, normalmente, cuando llueve, sopla un viento tibio.

Sin embargo, si el viento es frío, caen en forma de nieve o granizo. La lluvia no es igual en todo el planeta. Depende mucho del clima existente en la zona y puede ir desde una simple llovizna a una lluvia fuerte y muy densa.

El granizo es otra forma de precipitación, que proviene de las nubes cúmulo-nimbo. Son granos blancos y opacos de hielo que pueden medir entre 2 y 5

milímetros de diámetro, y que al caer al suelo rebotan. El granizo se forma por el ascenso de rápidas corrientes de aire que llevan vapor de agua que, al congelarse caen.

Otras formas asociadas a la precipitación son el rocío (gotitas de agua sobre los objetos y cuerpos expuestos a la intemperie) y la escarcha (cristales o escamas de hielo que se forman cuando la condensación del agua se lleva a cabo a una temperatura por debajo de 0 °C.) Las precipitaciones se miden por medio de un aparato llamado pluviómetro.

La precipitación se mide con un aparato llamado pluviómetro se calcula midiendo el agua que cae sobre un metro cuadrado de superficie durante 24 horas y expresando esa cantidad en litros por metro cuadrado.

Los mapas que recogen las precipitaciones sobre un continente, un país, o una región expresan la pluviosidad en milímetros de agua anuales. El agua que cae durante un día siempre se expresa en litros por metro cuadrado. A primera vista parece que existe una contradicción por establecer una equivalencia entre mm y litros, ya que el litro es una unidad de volumen y el mm es una unidad de longitud. Veamos la explicación de esta aparente contradicción:

Decir que la precipitación fue de 200 mm anuales, equivale a decir que la precipitación recibida durante un año en ese lugar cubriría el suelo con una capa de agua hasta una altura de 200 mm.

Podemos tomar sobre ese suelo una superficie de  $1 \text{ m}^2$  y sobre él suelo, el agua se elevaría 200 mm. el volumen de agua depositada sobre ese metro cuadrado sería de:  $10 \text{ dm} \times 10 \text{ dm} \times 2 \text{ dm} = 200 \text{ dm}^3$ . Como  $200 \text{ dm}^3$  equivalen a 200 litros, sobre  $1 \text{ m}^2$  de suelo cayeron durante ese año 200 litros de agua.

Por lo tanto una precipitación anual de 200 mm quiere decir que en un año cayeron 200 litros de agua sobre cada  $\text{m}^2$ .

#### **2.1.6.4. Temperatura.**

Zuñiga, I. Crespo, E. (2010), manifiestan que, la mayor parte de los fenómenos del clima se deducen de la distribución de las temperaturas del aire para cualquier estudio climatológico. Las variaciones geográficas de la distribución de las temperaturas medias se reflejan en los mapas de isotermas.

Sobre el globo terráqueo se han establecidos las isotermas anuales, lo que permite conocer los rasgos generales de la distribución de las temperaturas.

Por ejemplo la comparación de las temperaturas de enero y julio, los meses más extremados, da una idea bastante exacta de la amplitud térmica y sirve para establecer los regímenes térmicos.

Quereda (2005), manifiesta que, la temperatura es el elemento más importante del clima. En la naturaleza todo aparece gobernado por lo térmico. Consecuentemente la temperatura es la causa de la circulación atmosférica y

por tanto el verdadero motor del sistema climático. Al mismo tiempo que fuerza motriz, la temperatura es el elemento más sensible del clima.

Fundamento básico del mundo vegetal a través de la energía fotosintética, puede afirmarse que constituye la fuente de toda la vida sobre la superficie del globo. Por ello la distribución de las formaciones vegetales del globo coincide con las temperaturas.

Esta distribución térmica y vegetal por latitudes vino siempre explicada en función de la mayor o menor verticalidad de los rayos solares. Sin embargo, tanto los isotermas como consecuentemente las zonas de vegetación no aparecen sobre el globo rigurosamente zonales, sino que, por lo contrario, cortan sensiblemente a los paralelos en ocasiones con ángulos muy agudos.

Ello obedece a que la radiación solar, factor por excelencia de la temperatura, está en interacción con otros elementos atmosféricos y geográficos que explican las anomalías observadas.

Todos los procesos fisiológicos y funciones de las plantas se llevan a cabo dentro de ciertos límites de temperatura relativamente estrechos. En general, la vida activa de las plantas superiores se localiza entre 0 y 50 °C, aun cuando estos límites varían mucho de una especie a otra. Los procesos fisiológicos que se efectúan dentro de una planta, tales como la fotosíntesis, la respiración y el crecimiento responden con frecuencia en forma diferente a la temperatura, así

es que la temperatura óptima para cada función, si no son limitantes otros factores, puede ser muy diferente.

Las oscilaciones diurnas y anuales, etcétera, las cuales actúan marcadamente sobre las plantas, constituyendo factores limitantes de la extensión geográfica de los cultivos.

Las experiencias demuestran que las pérdidas de cosecha a causa de temperaturas altas o bajas, son considerables. Existen en la vida de las plantas periodos críticos en que sensiblemente son afectadas por esas temperaturas. Así vemos cómo las altas temperaturas provocan grandes evaporaciones de la humedad del suelo y hacen transpirar abundantemente a las plantas, provocándoles una deshidratación, marchités o muerte.

Las bajas temperaturas son perjudiciales a los cultivos, sobre todo cuando sus valores son iguales o inferiores a 0 °C, denominándose entonces "helada".

Las plantas de las zonas templadas, la fotosíntesis se realiza entre 10 y 35 °C. Es evidente que plantas que permanecen verdes durante el invierno de las zonas templadas deben efectuar la fotosíntesis a temperaturas bajas. En plantas tropicales, el límite inferior para la fotosíntesis es 5 °C., algunas especies de algas crecen a temperaturas relativamente bajas; otras sobreviven a temperaturas altas. Ciertas algas marinas completan su ciclo de vida a temperaturas bajo cero. Algas de las fuentes termales viven a 75 °C. puesto que

estas especies de algas completan sus ciclos de vida en estas temperaturas extremas, hay que admitir que realizan fotosíntesis en estas condiciones.

No es posible establecer una temperatura óptima para la fotosíntesis sin aclarar ciertos detalles. ¿Estamos interesados en la intensidad inicial o en la continua?, experimentos hechos con plantas a 25, 30, 35 y 40 °C., indican que la intensidad inicial de la fotosíntesis aumenta con la temperatura; pero al final de treinta minutos de experimento, solo las plantas a 25 °C. Mantienen la intensidad original de fotosíntesis. En las demás, la intensidad caía al final de este período; y en las parcelas de 40 °C., la intensidad era menor a 25 °C.

#### **2.1.6.5. Medición de la temperatura.**

Quereda (2005), afirma que en los observatorios meteorológicos se usa corrientemente el termómetro de mercurio, líquido que al dilatarse discurre en forma continua por el interior de un capilar, leyéndose directamente en la escala grabada sobre el tubo termométrico la temperatura. En graduación centígrada la escala está dividida en medios grados o en décimas de grado.

Para lugares muy fríos ( $t < 25^{\circ}\text{C}$ ) el mercurio se sustituye por alcohol que tiene un punto de solidificación más bajo.

Otra medida corriente es la máxima y mínima temperatura diaria. Un termómetro de máxima tiene un estrechamiento en la base de la columna

capilar, que la impide descender. La vuelta al depósito se consigue con sacudidas bruscas. Los termómetros de mínima son de alcohol con un índice empujado por el menisco que forma el líquido al retroceder por el capilar, pero que no se mueve cuando el líquido asciende. Ambos termómetros se disponen horizontalmente para paliar la acción de la gravedad.

Hay modelos (Six-Bellani) que reúnen las medidas de máxima y mínima, señaladas por índices metálicos empujados por mercurio en dos escalas dispuestas en forma inversa. Un imán devuelve los índices, tras la lectura a los extremos de las columnas de mercurio.

Es importante señalar que interesa medir la temperatura del aire y por tanto no conviene que el sol incida directamente sobre el termómetro, pues ésta actuaría de forma similar a un solarímetro midiendo su propia temperatura. Tampoco debe estancarse el aire alrededor del termómetro, pues la mayor masa específica del mercurio haría que cediese calor al aire, dilatándose menos de lo debido.

Para evitar ambas cuestiones se instalan los termómetros en el interior de las garitas meteorológicas que permitan la circulación del aire y eviten la incidencia directa del Sol sobre el aparato.

La temperatura del aire varía muy rápidamente desde el nivel del suelo hasta 1,50 m sobre él y, a partir de ahí, la variación es pequeña. Por esta razón, los

termómetros, en general, se sitúan a 1,50 m de altura sobre el suelo.

Quadrat (2006), indica que el instrumento utilizado para medir temperaturas se llama termómetro. Existen varios tipos de termómetros, cuya construcción varía según el uso a que se destinan y su modo de utilización.

Todos los termómetros miden la temperatura y sus variaciones aprovechando el efecto producido por el calor sobre un cuerpo. Generalmente se utiliza la dilatación que acompaña a un incremento de calor.

En meteorología, la temperatura que mayormente se miden es la siguiente: Temperatura del aire o ambiente, que es la temperatura del aire registrada en el instante de la lectura.

#### **2.1.6.6. Escalas de temperatura.**

Zuñiga, I. Crespo, E. (2010), manifiestan que, las escalas de temperatura más comúnmente usadas son dos: Celsius y Fahrenheit, con fines de aplicaciones físicas o en la experimentación, es posible hacer uso de una tercera escala llamada Kelvin o absoluta.

La escala Celsius es la más difundida en el mundo y se la emplea para mediciones de rutina, en superficie y en altura. La escala Fahrenheit se usa en algunos países con el mismo fin, pero para temperaturas relativamente bajas

continúa siendo de valores positivos. Se aclarará este concepto cuando se expongan las diferencias entre ambas escalas.

Tradicionalmente, se eligieron como temperaturas de referencia, para ambas escalas los puntos de fusión del hielo puro (como 0 °C ó 32 °F) y de ebullición del agua pura, a nivel del mar (como 100 °C. o 212 °F.).

Como puede verse, la diferencia entre estos dos valores extremos es de 100 °C y 180 °F, respectivamente en las dos escalas.

Por otro lado, la relación o cociente entre ambas escalas es de 100/180, es decir 5/9. Asimismo una temperatura de 0 °F. es 32 °F. más fría que una de 0° C, esto permite comparar diferentes temperaturas entre una y otra escala.

Un algoritmo sencillo hace posible pasar de un valor de temperatura, en una escala, a unos en la otra y viceversa, o sea:

$$0^{\circ}\text{C.} = 5/9^{\circ}\text{F.} - 32 \qquad 0^{\circ}\text{F} = 9/5^{\circ}\text{C.} + 32$$

La escala absoluta o Kelvin es llamada así por ser éste su creador. El límite teórico inferior de la misma no se puede alcanzar interpretándose el °K. Como el estado energético más bajo que puede llegar a alcanzar las moléculas de la materia.

En los laboratorios de bajas temperaturas se han alcanzado valores muy bajos,

cercanos a  $-273.16\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mediante la congelación del hielo o del hidrógeno, que son los gases de  $273.16\text{ K} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  menor peso molecular (es decir los más livianos). Por lo tanto se define como:

#### 2.1.6.7. Variaciones de temperatura.

Zuñiga, I. Crespo, E. (2010), aseguran que la cantidad de energía solar recibida, en cualquier región del planeta, varía con la hora del día, con la estación del año y con la latitud. Estas diferencias de radiación originan las variaciones de temperatura. Por otro lado, la temperatura puede variar debido a la distribución de distintos tipos de superficies y en función de la altura. Ejercen influencia sobre la temperatura:

- Variación diurna.
- Distribución latitudinal.
- Variación estacional.
- Tipos de superficie terrestre.
- Variación con la altura.

Variación diurna. Se define como el cambio en la temperatura, entre el día y la noche, producido por la rotación de la tierra.

Variación de la temperatura con la latitud. En este caso se produce una

distribución natural de la temperatura sobre la esfera terrestre, debido a que el ángulo de incidencia de los rayos solares varía con la latitud geográfica.

Variación estacional. Esta característica de la temperatura se debe al hecho que la Tierra circunda al Sol, en su órbita, una vez al año, dando lugar a las cuatro estaciones: verano, otoño, invierno y primavera.

Como se sabe, el eje de rotación de la tierra está inclinado con respecto al plano de su órbita; entonces el ángulo de incidencia de los rayos solares varía, estacionalmente, en forma diferente para ambos hemisferios. Es decir, el hemisferio norte es más cálido que el hemisferio sur durante los meses de Junio, Julio y Agosto, porque recibe más energía solar. Recíprocamente, durante los meses de diciembre, enero y febrero, el Hemisferio Sur recibe más energía solar que el similar del norte y, por lo tanto, se torna más cálido.

Variaciones con los tipos de superficie terrestre. La distribución de continentes y océanos produce un efecto muy importante en la variación de temperatura. Al establecerse diferentes capacidades de absorción y emisión de radiación entre tierra y agua (capacidad calorífica), podemos decir que las variaciones de temperatura sobre las áreas de agua experimentan menores amplitudes que sobre las sólidas.

Sobre los continentes, se debe resaltar el hecho de que existen diferentes tipos de suelos en cuanto a sus características: Desérticos, selváticos, cubiertos de nieve, etc.

Tal es así que, por ejemplo, suelos muy húmedos, como pantanos o ciénagas, actúan en forma similar a las superficies de agua, atenuando considerablemente las variaciones de temperatura. También la vegetación espesa tiende a atenuar los cambios de temperatura, debido a que contiene bastante agua, actuando como un aislante para la transferencia de calor entre la Tierra y la atmósfera.

El viento es un factor muy importante en la variación de la temperatura. Por ejemplo, en áreas donde los vientos proceden predominantemente de zonas húmedas u oceánicas, la amplitud de temperatura es generalmente pequeña; por otro lado, se observan cambios pronunciados cuando los vientos prevalecientes soplan de regiones áridas, desérticas o continentales.

Como caso interesante, se puede citar que en muchas islas, la temperatura permanece aproximadamente constante durante todo el año.

Variaciones con la altura. A través de la primera parte de la atmósfera, llamada tropósfera, la temperatura decrece normalmente con la altura. Este decrecimiento de la temperatura con la altura recibe la denominación de Gradiente Vertical de Temperatura, definido como un cociente entre la variación de la temperatura y la variación de altura, entre dos niveles.

En la tropósfera el G.V.T. medio es de aproximadamente  $6.5\text{ }^{\circ}\text{C} / 1000\text{ m}$ . Sin embargo a menudo se registra un aumento de temperatura, con la altura, en determinadas capas de la atmósfera. A este incremento de la temperatura con la

altura se la denomina inversión de temperatura. Una inversión de temperatura se puede desarrollar a menudo en las capas de la atmósfera que están en contacto con la superficie terrestre, durante noches despejadas y frías, y en condiciones de calma o de vientos muy suaves.

Superada esta capa de inversión térmica, la temperatura comienza a disminuir nuevamente con la altura, restableciéndose las condiciones normales en la tropósfera. Puede ocurrir que se produzcan inversiones térmicas, en distintos niveles de altura de la tropósfera inferior o media. Esto se debe, fundamentalmente, al ingreso de aire caliente en algunas capas determinadas, debido a la presencia de alguna zona frontal.

En términos generales, la temperatura decrece a lo largo de toda la tropósfera, hasta alcanzar la región llamada estratósfera (variable con la latitud y la época del año), donde la temperatura no decrece si no que permanece aproximadamente constante o, inclusive, aumenta con la altura.

La zona de transición entre la tropósfera y la estratósfera recibe el nombre de tropopausa.

#### **2.1.6.8. Humedad relativa.**

Echarri (2003), señala que la humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenido realmente en el aire estudiado (humedad absoluta)

y el que podría llegar a contener si estuviera saturado (humedad de saturación). Se expresa en un porcentaje. Así, por ejemplo, una humedad relativa normal junto al mar puede ser del 90% lo que significa que el aire contiene el 90% del vapor de agua que puede admitir, mientras un valor normal en una zona seca puede ser de 30%.

El vapor que se encuentra en la atmósfera procede de la evaporación del agua de los océanos, de los ríos y lagos y de los suelos húmedos. Que se evapore más o menos depende de la temperatura y del nivel de saturación del aire, pues un aire cuya humedad relativa es baja puede admitir mucho vapor de agua procedente de la evaporación, mientras que un aire próximo a la saturación ya no admitirá vapor de agua por muy elevada que sea la temperatura.

El concepto de evapotranspiración es especialmente interesante en ecología pues se refiere al conjunto del vapor de agua enviado a la atmósfera en una superficie, y es la suma del que se evapora directamente desde el suelo y el que las plantas y otros seres vivos emiten a la atmósfera en su transpiración.

Tabla 1: Características de la atmósfera en distintas alturas.

Promedios válidos para las latitudes templadas.

Altura (m)	Presión (milibares)	Densidad (g · dm <sup>-3</sup> )	Temperatura (°C)
0	1013,0	1,226	15,0
1000	898,6	1,112	8,5
2000	794,8	1,007	2,0
3000	700,9	0,910	-4,5
4000	616,2	0,820	-11,0
5000	540,0	0,736	-17,5
10000	264,1	0,413	-50,0
15000	120,3	0,194	-56,5

Fuente: Echarri (2003), Libro electrónico Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente.

#### 2.1.6.9. Medición de la humedad relativa.

Medrano S. (2007), alude que para medir la humedad relativa se usa el Psicrómetro, que está formado por dos termómetros; determina la humedad relativa midiendo la temperatura ambiente y la temperatura de una fuente de agua en evaporación. El bulbo de uno de ellos está envuelto en un tejido que se mantiene siempre humedecido.

Principio de funcionamiento. La evaporación desde la superficie del bulbo húmedo dentro de la corriente de aire enfría el bulbo húmedo hasta una temperatura estacionaria tal que haya un equilibrio entre el calor perdido por la evaporación y el ganado por la convección y radiación. Esta temperatura

depende de la presión, temperatura y humedad de la atmósfera. Así pues cuando se dispone de un valor aproximado de presión, la humedad puede obtenerse a partir de las temperaturas observadas de los bulbos húmedo y seco. Existen dos tipos de psicrómetros: Ventilación natural y ventilación forzada.

Ventilación natural. Los psicrómetros de ventilación natural están formados por dos termómetros, normalmente por RTD's (detector de temperatura de resistencia) o termómetros de mercurio. Los elementos no están sujetos al movimiento de aire forzado, son menos exactos, utilizándose en algunas aplicaciones.

El termómetro de bulbo seco se usa para medir la temperatura ambiente y el termómetro de bulbo húmedo (cubierto por una mecha de algodón que está en contacto con un depósito de Ventilación forzada. En un psicrómetro con ventilación forzada los dos sensores de temperatura se exponen a una corriente de aire. Estos son usualmente termistores, RTD's, termopares o termómetros de mercurio.

#### **2.1.7. Análisis de consistencia de las variables climáticas en estudio.**

Castillo (2001), considera que la cantidad de datos que se obtienen de las estaciones meteorológicas es tan voluminosa que resulta imprescindible hacer uso de la estadística para obtener la información deseada. La correlación entre dos o más variables puede no tener un variable aleatorio por existir una

dependencia física entre ellas muchas veces conocida, en estos casos no se justifican las técnicas.

La estadística presenta dos aspectos a destacar, uno, en que sólo se hace una recopilación y presentación de datos y otros que se llegan a deducir leyes aplicables al colectivo o una muestra. En el primer caso, se habla de estadística descriptiva y en el segundo de estadística inferencial y entre ambas se encuentra la estadística analítica o análisis estadístico. Cuando se hace uso de la estadística se debe considerar que un dato es un valor extraído de una población, y por tanto, un elemento de muestra de esa población.

Villón, M. (2001), menciona que, el hidrólogo o especialista que desea desarrollar un estudio hidrológico debe buscar la información de la cuenca en estudio en las instituciones encargadas de su recopilación, pero una vez obtenido ésta, una de las interrogantes que se debe hacer, ¿es confiable la información disponible?

La respuesta a esta pregunta, se obtiene realizando un análisis de consistencia de la información disponible mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que han podido ocurrir, sea por causas naturales u ocasionadas por la intervención de la mano del hombre.

La no homogeneidad e inconsistencia, son los causales del cambio a que están

expuestas las informaciones hidrológicas, por lo cual su estudio es de mucha importancia para determinar los errores sistemáticos que puedan afectarlas.

Inconsistencia es sinónimo de error sistemático y se presenta como saltos y tendencias, y no homogeneidad es definido como los cambios de datos vírgenes con el tiempo.

La no homogeneidad en una serie de tiempo hidrológico, se debe a factores humanos (tala indiscriminada de una cuenca, construcción de estructuras hidráulicas, etc.) o a factores naturales de gran significación, como los desastres naturales (inundaciones, derrumbes, etc.).

La inconsistencia de una serie de tiempo, está dada por la producción de errores sistemáticos (déficit de toma de datos, cambio de estación de registro, etc.).

Esta inconsistencia y no homogeneidad se pone de manifiesto con la presencia de saltos y/o tendencias en las series hidrológicas afectando las características estadísticas de dichas series, tales como la media, desviación estándar y correlación serial.

El análisis de consistencia de la información, es el proceso que consiste en la identificación o detección, descripción y remoción de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie de tiempo hidrológica.

Antes de utilizar la serie histórica para el moldeamiento es necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo, a fin de obtener una serie confiable, es decir, homogénea y consistente.

El análisis de consistencia de la información hidrológica, se realiza mediante los siguientes procesos:

- Análisis visual gráfico.
- Análisis doble masa.
- Análisis estadístico.

Análisis visual gráfico. En coordenadas cartesianas se plotea la información hidrológica histórica, ubicándose en las ordenadas, los valores de la serie y en las abscisa el tiempo (años, meses, días, etc.).

Este gráfico sirve para analizar la consistencia de la información hidrológica en forma visual, e indicar el período o períodos en los cuales la información es dudosa, lo cual se puede reflejar como picos muy altos o valores muy bajos, saltos y/o tendencias, los mismos que deberán comprobarse, si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido, o si son producto de errores sistemáticos.

Para conocer la causa del fenómeno detectado, se puede analizar de diversas formas:

- 1.- Cuando se tienen estaciones vecinas, se comparan los gráficos de las series históricas, y se observa cuál período varía notoriamente uno con respecto al otro.
- 2.- Cuando se tiene una sola estación, esta se divide en varios períodos y se compara con la información de campo obtenida.
- 3.- Cuando se tienen datos de precipitación y escorrentía se comparan los diagramas, los cuales deben ser similares en su comportamiento.

La interpretación de estas comparaciones, se efectúa conjuntamente con el análisis de doble masa.

Análisis de doble masa. Este análisis es para tener una cierta confiabilidad en la información, así como también, para analizar la consistencia en lo relacionado a errores, que pueden producirse durante la obtención de los mismos, y no para una corrección a partir de la recta doble masa.

El diagrama de doble masa se obtiene ploteando en el eje de las abscisa los acumulados, por ejemplo de los promedios de los volúmenes anuales en millones de  $m^3$  de todas las estaciones de la cuenca y en el eje de las ordenadas los acumulados de los volúmenes anuales, en millones de  $m^3$ , de cada una de las estaciones en estudio.

De estas dobles masas se selecciona como la estación más confiable, la que presenta el menor número de quiebres.

El análisis doble masa propiamente dicho, consiste en conocer mediante los quiebres que se presenta en los diagramas, las causas de los fenómenos naturales, o si estos han sido ocasionados por errores sistemáticos. En este último caso, permite determinar el rango de los períodos dudosos y confiables para cada estación en estudio, la cual se deberá corregir utilizando ciertos criterios estadísticos.

Análisis de saltos. El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba t (prueba de hipótesis), si los valores medios (  $\bar{x}_1, \bar{x}_2$  ) de las submuestras son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o con 5% de nivel de significación de la siguiente manera:

Cálculo de la media y de la desviación estándar para un período según:

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i \quad ; \quad S_1(x) = \left[ \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j \quad ; \quad S_2(x) = \left[ \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

### **2.1.8. Teoría de regresión y correlación.**

#### **2.1.8.1. Teoría de regresión.**

Weiers, R. M. (2008), indica que el tipo de Correlación debe ser analizado en el diagrama de dispersión en base a la forma que toma la curva de la función y a la relación entre las variables. Cuando el análisis se basa en el estudio de dos variables se denomina correlación simple, cuando se analizan mas variables se las denomina correlación múltiple.

En términos de estadística los conceptos de regresión y ajuste con líneas paralelas son sinónimos lo cual resulta estimar los valores de la variable dependiente (Y) correspondiente a los valores dados de la variable independiente (X), por lo que si se estima el valor de "Y" a partir de "X" decimos que se trata de una curva de regresión de "Y" sobre "X". Ejemplo, la precipitación depende de la humedad relativa.

#### **2.1.8.2. Modelo de regresión múltiple.**

Harnett Donald L. (1980), afirman que, si disponemos de una muestra de n observaciones de cada una de las m variables. El problema consiste en determinar la ecuación de regresión muestra con el “mejor ajuste” a estos datos, y usar los coeficientes de esa ecuación como estimaciones de los

parámetros de la ecuación de regresión poblacional. La ecuación muestra para la regresión múltiple es:

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m$$

El valor de  $\hat{y}$  es la estimación de  $\mu_{y.x_1,x_2,\dots,x_m}$ ;  $a$  es la estimación de  $\alpha$  y  $b_1, b_2, \dots, b_m$  son las estimaciones de los coeficientes de regresión parcial  $\beta_1, \beta_2, \beta_m$ .

### 2.1.8.3. Correlación lineal simple.

Rincón (2005), Indica que si sabemos que existe una relación entre una variable denominada dependiente y otras denominadas independientes (como por ejemplo las existentes entre: la experiencia profesional de los trabajadores y sus respectivos sueldos, las estaturas y pesos de personas, la producción agraria y la cantidad de fertilizantes utilizados, etc.), puede darse el problema de que la dependiente asuma múltiples valores para una combinación de valores de las independientes.

La dependencia a la que hacemos referencia es relacional matemática y no necesariamente de causalidad. Así, para un mismo número de unidades producidas, pueden existir niveles de costo, que varían empresa a empresa.

Si se da ese tipo de relaciones, se suele recurrir a los estudios de regresión en los cuales se obtiene una nueva relación pero de un tipo especial denominado función, en la cual la variable independiente se asocia con un indicador de tendencia central de la variable dependiente. Cabe recordar que en términos

generales, una función es un tipo de relación en la cual para cada valor de la variable independiente le corresponde uno y sólo un valor de la variable dependiente.

#### **2.1.8.4. Regresión simple y correlación.**

Rincón (2005), menciona que la Regresión y la correlación son dos técnicas estadísticas que se pueden utilizar para solucionar problemas comunes.

Muchos estudios se basan en la creencia de que es posible identificar y cuantificar alguna Relación Funcional entre dos o más variables, donde una variable depende de la otra variable.

Se puede decir que Y depende de X, en donde Y y X son dos variables cualquiera en un modelo de Regresión Simple.

"Y es una función de X":

$$Y = f(X) = a + bX$$

- Como Y depende de X,
- Y es la variable dependiente, y
- X es la variable independiente.

En el Modelo de Regresión es muy importante identificar cuál es la variable dependiente y cuál es la variable independiente.

En el Modelo de Regresión Simple se establece que Y es una función de sólo una variable independiente, razón por la cual se le denomina también Regresión Divariada porque sólo hay dos variables, una dependiente y otra independiente y se representa así:

$$Y = f(X)$$

"Y está regresando por X"

La variable dependiente es la variable que se desea explicar, predecir. También se le llama regresando ó variable de respuesta.

La variable Independiente X se le denomina variable explicativa ó regresor y se le utiliza para explicar Y.

### **Análisis estadístico: Regresión lineal simple.**

Rincón (2005), indica que el estudio de la relación funcional entre dos variables poblacionales, una variable X, llamada independiente, explicativa o de predicción y una variable Y, llamada dependiente o variable respuesta, presenta la siguiente notación:

$$Y = a + b X + e$$

Donde:

a = Es el valor de la ordenada donde la línea de regresión se intercepta con el eje Y.

b = Es el coeficiente de regresión poblacional (pendiente de la línea recta)

e = Es el error

**Suposiciones de la regresión lineal.**

1. Los valores de la variable independiente X son fijos, medidos sin error.
2. La variable Y es aleatoria
3. Para cada valor de X, existe una distribución normal de valores de Y (subpoblaciones Y)
4. Las variancias de las subpoblaciones y son todas iguales.
5. Todas las medias de las subpoblaciones de Y están sobre la recta.
6. Los valores de Y están normalmente distribuidos y son estadísticamente independientes.

**Coefficiente de correlación.**

Ibáñez (2010), la correlación viene del Latín cum (con y relatus) relacionado, la correlación lineal permite medir si hay asociación entre dos variables o medir la intensidad de dicha asociación. Para ello es importante que la muestra bivariado sea tomada al azar, tanto para la variable X como para la variable Y.

El coeficiente de correlación de Pearson, se ajusta al tipo de información cuantitativa, esto con la finalidad de detectar y medir la asociación entre variables o de razón. Los valores del coeficiente de correlación oscilan entre +1 y -1, y se explica de la siguiente manera:

- a) El valor de  $r = +1$ , indica una correlación positiva perfecta o correlación directa, cuando al aumentar o disminuir el valor de la variable

independiente, aumenta o disminuye también el valor de la variable dependiente (pendiente positiva).

b) El valor de  $r = -1$ , expresa una correlación inversa o relación negativa perfecta: cuando al aumentar o disminuir el valor de la variable independiente, disminuye o aumenta el valor de la variable dependiente (pendiente negativa).

c) El valor de  $r = 0$ , indica la ausencia de correlación, es decir las dos variables no están correlacionadas o relacionadas.

El coeficiente de correlación esta dado por:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{\left[ \sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2 \right] \left[ \sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2 \right]}}$$

Los rangos del coeficiente de correlación, se pueden interpretar haciendo uso de las siguientes expresiones:

$r = 0.2$ á $r = 0.3$	Coficiente de correlación muy bajo.
$r = 0.4$ á $r = 0.5$	Coficiente de correlación bajo.
$r = 0.6$ á $r = 0.7$	Coficiente de correlación alto.
$r = 0.8$ á $r = 1.0$	Coficiente de Correlación muy alto.

#### 2.1.8.5. Coeficiente de determinación $R^2$ o $r^2$ .

El coeficiente de determinación.  $R^2$ , es el valor cuadrado del coeficiente  $r$  de Pearson, y representa la proporción de la varianza explicada por una variable respecto a la varianza total, también se conoce con el nombre de determinación porque se considera como la medida del grado de influencia de una variable frente a la a la otra variable. El coeficiente de determinación mide la proporción de la variación que se explica por la variable independiente en el modelo de regresión, y está definido por:

$$R^2 = r^2 = \frac{\text{Varianza Explicada}}{\text{Varianza Total}} \times 100 = \frac{SSR_m}{SST_m} \times 100$$

El valor complementario del coeficiente de determinación,  $1 - R^2$ , recibe el nombre de no determinación o coeficiente de alineación, que indica la varianza de una variable no explicada por otra.

#### 2.1.8.6. Análisis de regresión.

Ibáñez (2010), afirma que el término de regresión viene del latín regresión, que significa regreso, vuelta, retroceso y fue usado por primera vez como concepto estadístico en 1877 por Sir Francis Galton.

Los métodos de regresión, se utiliza para analizar datos que provienen de experimentos que no fueron diseñados, este es el caso del estudio de

fenómenos no controlados o de registros históricos. Los métodos de regresión se usan para determinar la mejor relación funcional entre las variables, mientras que los métodos de correlación se utilizan para medir el grado de asociación de las distintas variables. Palabras, regresión es la cantidad de cambio de una variable asociado a un cambio único de otra variable.

El principal objetivo del análisis de la regresión es realizar predicciones. La regresión permite determinar si existe relación entre las variables en estudio ( $X$  e  $Y$ ), para lo cual se utiliza el comportamiento de una variable ( $X =$  independiente), para predecir el comportamiento de otra variable ( $Y =$  dependiente). Las dos características son medibles

Usos de la regresión:

- Para hacer predicciones futuras de  $Y$ , teniendo como base la  $X$ .
- Para ver si la variable ( $Y$ ) depende de otra ( $X$ ) estimado por consiguiente la media de dicha relación o asociación
- Para determinar la forma de la curva de la regresión
- Para conocer el error real implicado en un experimento, después que haya sido descontado el efecto de una variable relacionada.
- Sirve de base para el análisis estadístico.

Regresión lineal simple (RLS)

Consideremos una variable dependiente  $Y$  con una sola variable independiente  $X$ . Representemos una muestra aleatoria de tamaño “ $n$ ” de  $(X, Y)$  por el conjunto de pares de datos:  $\{(x, y) / i = 1, 2, \dots, n\}$  La relación entre variable es

aquel que se considera únicamente dos variables a estas designamos por “Y” y “X”, donde “Y” es la variable dependiente o variable de respuesta y “X” la variable independiente o predictor. El modelo de regresión lineal consiste en especificar la forma de la relación lineal, es decir:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

$Y_i$  = Variable dependiente

$X_i$  = Variable independiente.

$\beta_0$  = Parámetro desconocido que indica la ordenada donde la línea de regresión lo intersecta.

$\beta_1$  = Parámetro desconocido que indica la pendiente de la línea de mejor ajuste, llamada también coeficiente de regresión poblacional.

$\varepsilon_i$  = Error de perturbación que puede tomar valores positivos o negativos

Propiedades del modelo.

a) Toda perturbación aleatoria tiene de media cero, es decir

$$E(\varepsilon_i) = 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

b) Todas las perturbaciones aleatorias tiene la misma varianza

$$V(\varepsilon_i) = \sigma_i^2 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

c) Las perturbaciones son independientes entre sí.

$$\text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \quad i \neq j$$

Diagrama de dispersión.

Una vez recopilada la serie de “n” observaciones bidimensionales, cada par de valores (X,Y) en el plano cartesiano o rectangular está representado por un punto, y habrá tantos puntos como parejas de observaciones que tenga.

Esta representación da origen a una nube de puntos que se denomina diagrama de dispersión ó esparcimiento; este diagrama puede tener diferentes formas. Esta es la forma más usual para detectar si la función lineal, exponencial, recopilada, de la forma que describa adecuadamente la relación entre las variables en estudio.

Estimación de la ecuación de regresión.

En el análisis de regresión lineal simple, se busca una línea de tal forma que la sumatoria de los errores de todas las observaciones con respecto a la línea sea mínima, para lograr la estimación de los parámetros desconocidos ( $\beta_0$  y  $\beta_1$ ) se utiliza el método de mínimos cuadrados. Este método consiste en encontrar los valores  $\beta_0$  y  $\beta_1$  de las ecuaciones de regresión muestral, de manera que la suma de los cuadrados de todos los residuos  $\varepsilon_i$  (suma de cuadrados del error: SCE) alrededor de la línea de regresión sea mínima. Para estimar los parámetros se partirá del modelo original que está expresada en la siguiente ecuación.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \varepsilon_i = Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_1$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_i^2 &= (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_1)^2 \text{ elevando al cuadrado.} \\ \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 &= \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_1)^2 \text{ aplicando sumatoria.} \end{aligned}$$

Interpretación del coeficiente de regresión  $\hat{\beta}_1$ .

El valor constante  $\beta_0$  de la ecuación de regresión muestral es la ordenada con el origen. El valor de la pendiente  $\beta_1$  es el cambio en  $\hat{Y}_i$  cuando  $X_1$  cambia una unidad de medición.

Si  $\hat{\beta}_1 > 0$ , entonces, la tendencia es creciente, es decir, a mayores valores de  $X$  corresponden valores de  $Y$ . también a menores valores de  $X$  corresponden menores valores de  $Y$ .

Si  $\hat{\beta}_1 < 0$ , entonces, la tendencia lineal es decreciente, es decir a mayores valores de  $X$  corresponden menores valores de  $Y$ . también a menores valores de  $X$  corresponden mayores valores de  $Y$ .

Si  $\hat{\beta}_1 = 0$  entonces  $\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0$  luego,  $Y$  permanece estacionario para cualquier valor de  $X$ . Es decir, no hay regresión. Esta misma interpretación es válida para la pendiente  $\hat{\beta}_1$  en la ecuación es válido para la pendiente  $B$  en la ecuación de regresión poblacional.

### **Regresión lineal múltiple. (RLM)**

Muchos problemas de regresión involucran más de una variable regresiva. Tales modelos de regresión se denominan regresión múltiple. La regresión múltiple es una de las técnicas estadísticas más ampliamente utilizadas en la actualidad, siendo las técnicas básicas de la estimación de parámetros conocido como el Método de los Mínimos Cuadrados.

El modelo de regresión que involucra más de una variable regresora se llama modelo de regresión múltiple; como un ejemplo, supóngase  $Y$  la variable dependiente,  $X_1$  y  $X_2$  son las variables independientes. Un modelo de regresión múltiple que podría describir esta relación es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

Donde:

$Y$  = Representa la variable dependiente.

$X_1$  y  $X_2$  = Son las variables independientes o regresoras.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$  = Son los parámetros desconocidos que será estimado.

$\varepsilon$  = Es el error residual o perturbación.

El parámetro  $\beta_0$  define la ordenada del plano. Algunas veces llamamos a  $\beta_1$  y  $\beta_2$  coeficientes de regresión parciales, porque  $\beta_1$  mide el cambio esperado en  $Y$  por cambio unitario en  $X_1$  cuando  $X_2$  se mantiene constante, y  $\beta_2$  mide el cambio esperado en  $Y$  por cambio unitario en  $X_2$  cuando  $X_1$  se mantiene constante.

En general, sea  $X_1, X_2, \dots, X_k$  variables independientes o regresoras, ya sea  $Y$  una variable de respuesta, entonces el modelo de regresión lineal múltiple con “ $k$ ” variables independientes es el polinomio de primer orden.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i; \quad \text{ó } Y = X\beta + \varepsilon$$

Se denomina modelo de regresión lineal múltiple con  $k$ - variables independientes.

Los parámetros  $\beta_j = 0, 1, \dots, k$ , se llaman coeficientes de regresión.

Este modelo describe un hiperplano en el espacio k-dimensional de las variables regresoras  $X_i$ .

El término lineal del modelo de regresión se emplea debido a que la ecuación anterior es función lineal de los parámetros desconocidos  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ . La interpretación de estos es muy similar a los de la regresión lineal simple:  $\beta_0$ . Es la ordenada de origen, y  $\beta_j$  mide el cambio de  $X_j$  cuando el resto de las variables regresoras se mantienen fijas o constantes.

Estimación de los parámetros del modelo.

Para estimar los parámetros de la regresión lineal múltiple se necesita contar con “n” datos ( $n > k$ ). El método de Mínimos Cuadrados puede utilizarse para estimar los coeficientes de regresión. Supóngase que se dispone  $n > k$  observaciones, y déjese que  $X_{ij}$  denote la observación i-ésima o el nivel de la variable  $X_j$

En término de los datos, el modelo de regresión lineal múltiple puede escribirse de la siguiente manera:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i; \quad = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i \quad I = 1, 2, \dots, n$$

### 2.1.9. La Encuesta Nacional de Hogares – ENAHO (1998).

Según el INEI (2008), construye tres canastas mínimas alimentarias, una para cada región natural. Ellas aseguran el consumo de 2318 Kilo calorías diarias per cápita. Para cada área, se definió una población de referencia equivalente al 30%, con el fin de obtener información confiable en cada región. En la costa, se consideró a los hogares ubicados entre los percentiles 11 al 40; en la sierra del 42 al 71 y en la selva del 27 al 56.

En 1995, la población del país, con un ingreso per cápita por debajo de la línea de pobreza, fue 47,8%. En 1996, este indicador fue de 47,4% y en 1997, su valor se redujo a 43,5%. En 1998, fue de 40,3%.

Tabla 2. Porcentaje de pobreza total en función del ingreso.

Año	% de población
1995	47.8
1996	47.4
1997	43.5
1998	40.3

Fuente: INEI – ENAHO 1998.

El porcentaje de la población pobre es decir, con un nivel de consumo por debajo de la línea de pobreza total, habría descendido del 37,6 al 37,3 entre 1997 y 1998. Esto significa que habrían 9 millones 347 mil personas en tal situación.

El nivel de pobreza más alto se encuentra en el área rural del país donde el 57,4% de sus habitantes se encuentra en dicha condición.

La pobreza extrema, habría descendido de 15,9% a 15,6% entre 1997 y 1998. En 1998 estaría afectando a 3 millones 909 mil personas. La pobreza extrema, en el área rural, afecta al 36,1% de sus habitantes, y en el área urbana, al 4,6%.

Existe una tendencia decreciente de la tasa de pobreza desde 1993, en que el Censo de Población y Vivienda encontró que el 56,8% de la población, indicaba al menos una NBI (necesidades básicas insatisfechas). Para los años siguientes, utilizando la Encuesta Nacional de Hogares, se encontró que en 1995, el 48,8% de la población total tenía al menos una NBI. En 1998, este indicador se redujo a 42,1%.. En el área rural este indicador llegó a 71,9% y en el área urbana fue de 25,9%. Según dominios el más alto se encontró en la Selva Rural con 74,4% y el más bajo en Lima Metropolitana con 18,8%.

Tabla 3. Niveles de pobreza por regiones naturales y área, 1998 (%)

AREA Y REGIONES	TOTAL	NIVELES DE POBREZA			NO POBRE
		POBREZA EXTREMA	POBREZA NO EXTREMA	TOTAL	
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>15.6</b>	<b>21.7</b>	<b>37.3</b>	<b>62.7</b>
<b>AREA</b>					
URBANA	100.0	4.6	21.9	26.5	73.5
RURAL	100.0	36.1	21.3	57.4	42.6
<b>REGIONES</b>					
LIMA METROPOLITANA	100.0	2.0	19.2	21.2	78.8
RESTO COSTA	100.0	8.5	22.9	31.4	68.6
SIERRA	100.0	30.5	20.9	51.4	48.6
SELVA	100.0	17.2	26.9	44.1	55.9
<b>REGIONES Y AREA</b>					
COSTA URBANA	100.0	5.1	22.8	27.9	72.1
COSTA RURAL	100.0	19.9	23.2	43.1	56.9
SIERRA URBANA	100.0	8.6	24.2	32.8	67.2
SIERRA RURAL	100.0	42.9	19.0	61.9	38.1
SELVA URBANA	100.0	6.7	26.8	33.5	66.5
SELVA RURAL	100.0	26.2	27.0	53.2	46.8
LIMA METROPOLITANA	100.0	2.0	19.2	21.2	78.8

Fuente: INEI-ENAO-IV Trimestre 1998.

De los 9 millones 347 mil pobres que tiene el Perú, el 54% se ubica en el área rural y el 46% restante en la costa.

Tomando en cuenta las regiones naturales, la mayor parte de los pobres se encuentra en la sierra (49,1%), sumando 4 millones 589 mil personas. En Lima Metropolitana, sólo se encuentra el 16,1%.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL.**

### **2.2.1. Zonificación.**

Ponce, R. (1998), define Se puede entender la zonificación como el proceso de división o parcelamiento, ya sea regular o irregular en un área determinada, conducente a la definición de zonas individuales que poseen características propias y un grado relativamente alto de uniformidad interna en todos o en ciertos atributos esenciales para propósitos específicos.

### **2.2.2. Ministerio De Relaciones Exteriores.**

Menciona, en concordancia con los usuarios de la ZEE y con los objetivos que se persiguen, este proceso se puede desarrollar en tres niveles de escala espacial:

Macrozonificación. Tiene como objetivo la identificación de grandes ecosistemas o unidades ambientales, con el fin de caracterizarlos y determinar su potencial y posibilidades de uso, en grandes áreas, a nivel de país o de región. Esto permitirá la identificación y priorización de uso de las áreas.

La Macrozonificación utiliza datos muy generales de los aspectos temáticos, productos de levantamientos Exploratorios y de Reconocimiento.

1. Meso zonificación. A este nivel, la zonificación actúa fundamentalmente como un instrumento de los Gobiernos Regionales y Locales, que les ayuda a optimizar y diversificar la producción, recuperación de áreas degradadas, manejo de ecosistemas especiales, conservación de áreas únicas, solución de conflictos de uso, mejoramiento de servicios básicos y de infraestructura vial y de comunicaciones.
2. Microzonificación. En este nivel la zonificación se constituye en un instrumento para los Gobiernos Regionales, Gobiernos Locales y otras instituciones, como el Instituto Nacional de Desarrollo (INADE) u ONG's, que facilita el diseño e implementación de proyectos de desarrollo en áreas específicas. Este nivel permite realizar aplicaciones para zonificación agroecológica de cultivos, manejo de cuencas, aplicación de políticas de desarrollo agropecuario y forestal, entre otras.

### 2.2.3. Cuenca hidrográfica.

Chow, V. (1994), Define, Una cuenca es el área de terreno que drena hacia una corriente en un lugar dado. O dicho de otra forma, es el área de captación de agua.

Vásquez, A. (1997), menciona la cuenca hidrográfica es el área o ámbito, delimitada por el Divortium Acuarium, donde ocurre el ciclo hidrológico e interactúan los factores naturales, sociales, económicos, políticos e institucionales y que son variables en el tiempo.

Villón, M. (2001), por su parte define la cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido.

### 2.2.4. Delimitación de una cuenca.

Villón, M. (2001), indica que la delimitación de una cuenca, se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel (Escala 1/10000), siguiendo las líneas del divortium acuarium (parte aguas), la cual es una línea imaginaria, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por las precipitaciones, que en cada sistema de corriente, fluye hacia el punto de salida de las cuencas.

### **2.2.5. Pendiente de una cuenca.**

Villón, M. (2001), define la pendiente de una cuenca, es un parámetro muy importante en el estudio de toda cuenca tiene una relación muy importante y compleja con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterráneo a la escorrentía. Es uno de los factores, que controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, y tiene una importancia directa en relación a la magnitud de las crecidas.

### **2.2.6. Perfil longitudinal del curso de agua.**

Villón, M. (2001), refiere la importancia de conocer el perfil longitudinal del curso principal, radica en que nos proporciona una idea de las pendientes que tiene el cauce, en diferentes tramos de su recorrido, y que es un factor de importancia para ciertos trabajos, como control de las aguas, punto de captación y evacuación.

### **2.2.7. Microclimas.**

Un microclima es un clima local de características distintas a las que están en la misma zona en que se encuentra. El microclima es un conjunto de valores meteorológicos que caracterizan un contorno o ámbito reducido y que se diferencian de los que existen en el entorno.

Los factores que lo componen son la topografía, temperatura, humedad, altitud, latitud, insolación y la cobertura vegetal.

### **2.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.**

#### **2.3.1. Hipótesis general.**

Los microclimas influyen en la baja producción agrícola de la cuenca de zapatilla del departamento de puno.

#### **2.3.2. Hipótesis específicos:**

- Los elementos meteorológicos determinan los microclimas en la cuenca de zapatilla del departamento de Puno.
- La imagen satelital, el uso de Arc Gis determinan el relieve fisiográfico, pendientes y curvatura vegetal.
- Los microclimas determinan los cultivos adaptables a un espacio geográfico de la cuenca de zapatilla.

## **CAPITULO III**

### **MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **3.1. METODOLOGÍA.**

Fase I. Trabajo de Gabinete.

Se realizó la recopilación, consolidación y evaluación de la información existente, sobre los trabajos de estudios realizados tales como hidrológicos y climatológicos, de las instituciones como; ZEE - ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL LAS CUENCAS ZONA SUR ,INADE – PELT, PRORRIDRE, ATDR (Ilave) Juntas de Usuarios de cada uno de las cuencas, PRONAMACHCS, MINISTERIO DE AGRICULTURA, SENAMHI, ONERN, ALA, así mismo, la recopilación de información bibliográfica complementaria a los trabajos de investigación (tesis) referentes a la hidrología y climatología, todo estas informaciones fueron sistematizados.

## Fase II. Trabajo de campo.

El trabajo de campo consistió en reconocimiento, identificación, verificación y la georeferenciación de información generada (consolidación de información en la fase anterior), así mismo la recopilación de información de campo evaluación hídrica, se tomo en cuenta la (utilización de formatos de registros, algunos métodos de muestreo, fotografías y otros); y para la definición de aspectos climatológicos y sus componentes se determino con parámetros de estaciones meteorológicas que nos permitirá identificar las zonas agroecológicas, de comportamiento climatológico, otros documentos adicionales de eventos y los talleres de capacitación.

## Fase III. Sistematización y gabinete.

La tercera fase consistió en el análisis y sistematización de cada área temática de observación de campo, lo cual consistió en analizar los datos obtenidos en la segunda fase, para determinar el cálculo de análisis de hidrógrafa se utilizó el polígono de THIESSEN, para datos de separación de periodos se utilizó el análisis estadístico de DOBLE MASA, MEDIA VARIANZA, luego para el cálculo de precipitación en una cuenca se aplicó Izoyetas y Polígono de Thiessen.

Para el cálculo de evaporación se utilizara método PENMAN MONTEITH y HARGREAVES el balance hídrico, y en aspectos climatológicos se aplicara el método de THORNTHWAITE que nos permitirá identificar y clasificar los tipos

de climas, al final nos permitirá el manejo de información sistematizada en el proceso de ordenamiento territorial.

### **3.1.1. Zonificación climática.**

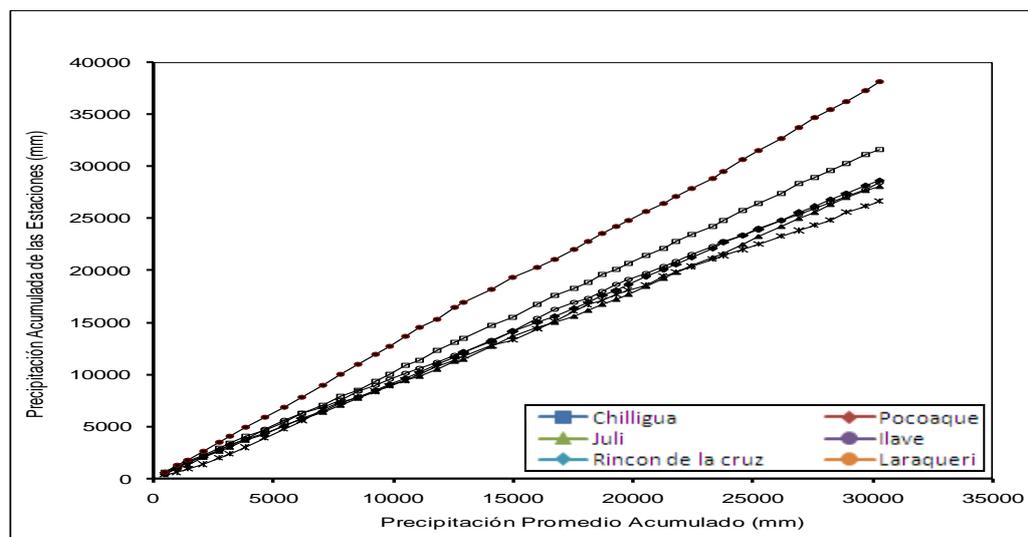
La identificación de los climas existentes en el área de estudio se ha efectuado utilizando como base el sistema de clasificación propuesto por el Dr. Warren Thornthwaite, cuyo fundamento teórico está referido al grado de favorabilidad de la humedad y de la temperatura ambiental para el desarrollo de las plantas.

El grado de favorabilidad de ambos elementos se calcula mediante dos ecuaciones (para humedad y temperatura, respectivamente) propuestos por el indicado autor y la expresión de dicho grado de favorabilidad se hace mediante tablas que comprenden series de valores agrupados en diferentes niveles y/o jerarquía de humedad y temperatura respectivamente.

Para la microzonificación climática de la cuenca se procedió de la siguiente manera:

1. Se ha efectuado el análisis de consistencia de los datos meteorológicos a través del análisis de doble masa no existe quiebres en la acumulación de datos promedios, por lo tanto los datos son confiables y consistentes para realizar el análisis de regresión utilizado el método de mínimos cuadrados ordinarios.

Figura 1. Análisis de doble masa de precipitación.



2.- Para la zonificación se han elaborado mapas para los elementos climáticos tales como: Isotermas, isoyetas, isobaras, etc. y mediante la superposición de estos mapas se han delimitado la zonificación.

### 3.1.2. Relación entre la producción de cultivos de pan llevar con los elementos climáticos de la cuenca del río Zapatilla.

Para relacionar entre la producción de cultivos de pan llevar con los elementos climáticos de la cuenca del río Zapatilla, se ha seguido el siguiente procedimiento:

1. Se ha obtenido los rendimientos de los cultivos alimenticios para cada zona sub-tipo climático, estos datos se han obtenido de las Oficinas del Ministerio de Agricultura.

2. Primeramente se aplicó el modelo más adecuado a través de los estimadores utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios.

3. Se ha seleccionado un modelo de regresión múltiple no lineal por ser el modelo que ajusta mejor y por ser un más adecuado y cuyas características y el modelo

a utilizar es la siguiente:  $Y_{ij} = \alpha X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_n^{\beta_n}$

4. Para explicar mejor la relación que existe entre la producción agrícola con la oscilación de la temperatura, se ha utilizado el modelo de regresión cuadrática de solamente de dos variables y por cada estación y la función es la siguiente:

$$Y_{ij} = \alpha + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y= Producción de papa (Tn/ha)

X= Oscilación de la temperatura (°C).

$\varepsilon_{ij}$  = error de la regresión.

5. Finalmente se hizo la interpretación de los coeficientes de regresión y correlación del modelo obtenido.

## CAPITULO IV

### CARACTERISTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

#### 4.1. Características de la zona de estudio.

La cuenca del río Zapatilla, políticamente se encuentra inmerso en la región Puno, la cuenca forma parte de las provincias de Collao y Chucuito y también con los distritos de Ilave y Juli. Geográficamente se ubica entre las coordenadas 16° 5'17.13" Latitud sur, 69°37'55.76" Longitud oeste, 440000 Este, 8200000 Norte. Entre los 3,900 msnm que es la desembocadura al lago y hasta los 4500 msnm en los cerros de Juli. Hidrográficamente pertenece a la cuenca del lago Titicaca y limita por el norte con la cuenca del río Bajo Ilave, por el sur con la cuenca del río Medio Bajo Ilave, por el este con las cuencas de Circunlacustre y por el oeste con la cuenca del río Medio Bajo Ilave. La principal arteria en la cuenca del río Zapatilla es la vía que une las capitales de Juli e Ilave con una longitud asfaltada dentro de la

cuenca de 25 kms. Esta se constituye en un eje de desarrollo dado que atraviesa los poblados de Patjata, Tolacollo y otros. Esta vía es clasificada como una vía de 2<sup>do</sup> orden y tiene una dirección de sur a norte.

Tabla 4: Ubicación Política y Geográfica de las Estaciones Meteorológicas de la Cuenca de Zapatilla.

Nº	ESTACION	TIPO	CODIGO	UBICACION POLITICA			UBICACION GEOGRAFICA				UBICACION HIDROGRAFICA	PROPIETARIO	
				Dpto	Provincia	Distrito	Longitud Oeste	Latitud Sur	UTM(m)				Altitud (msnm)
									Este	Norte			
1	Chilligua	PLU	116056	Puno	Chucuito	Juli	69°40'11.5"	16°32'25.4"	428524.93	8171169.4	3960.00	Ilave	Senamhi
2	Pocoaque	CO	S/C	Puno	Chucuito	Pomata	69°17'06"	16°22'49"	469565.64	8188978.3	3850.00	Alto Desaguadero	Pelt
3	Juli	CO	110880	Puno	Chucuito	Juli	69°27'35.7"	16°12'13.6"	450842.53	8208468.60	3812.00	Titicaca	Senamhi
4	Ilave	CO	116027	Puno	El Collao	Ilave	69°38'42"	16°05'17.7"	431019.57	8221195.3	3880.00	Ilave	Senamhi
5	Rincón de la Cruz	CO	S/C	Puno	Puno	Acora	69°48'39.0"	15°59'26.1"	413241.13	8231937.1	3835.00	Titicaca	Senamhi
6	Laraqueri	CO	116033	Puno	Puno	Laraqueri	70°03'59.7"	16°09'16.9"	385967.18	8213657.7	3900.00	Ilave	Senamhi

Fuente: Estudio de Climatología de la Cuenca del Rio Zapatilla.

#### 4.2. Información climática y ecológica.

Para el caso del Altiplano del departamento de Puno las características climatológicas (termo-pluviales), juegan un papel importante ya que son causa de la existencia de graves problemas, representados principalmente por la sequías y heladas.

El clima general corresponde al tipo semi seco y frío, con estaciones de otoño e invierno carentes de lluvias y sin cambio térmico invernal definido, sin embargo es posible establecer 04 variantes climáticas que si bien no se diferencian grandemente, adquieren una gran importancia dentro del patrón climático en general.

### **4.3. Materiales y recursos.**

#### **4.3.1. Materiales.**

- Papel bond A-4
- Papel de formato continuo
- Memoria USB
- CD – ROM y DVD
- Una computadora Core 2 Duo
- Una impresora Laser
- SOFTWARE: SAS 9.2 y, ARC GIS 9.3.
- Cámara fotográfica
- Otros

#### **4.3.2. Instrumentos.**

- GPS.
- Otros, instrumentos necesarios.

## CAPITULO V

### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

#### 5.1. Características del sistema hidrográfico de la cuenca de Zapatilla.

La cuenca hidrográfico del río Zapatilla es una de las cuencas aportantes al lago Titicaca con 329.8385 Km<sup>2</sup> de extensión y un perímetro de 90.8337 Km, su parte más alta tiene una cota de 4500 msnm y se ubica en el Distrito de Ilave y Juli, su parte más baja desemboca al Lago Titicaca, con una altitud aproximada de 3900 msnm. La configuración de la cuenca de Zapatilla es la de una hoya hidrográfica de fondo plano, la pendiente de los ríos dentro de la cuenca varia de 0.076 a 0.15, por lo que el comportamiento fluviomorfológico del río es típico, con velocidades relativamente altas en las parte altas de la cuenca y velocidades bajas en la parte baja de la cuenca. Lo último descrito favorece a la movilidad fluvial. Así mismo, indicar que la parte baja de la cuenca del río Zapatilla sufre con poca frecuencia desbordamientos. La cuenca presenta 01 laguna, los cuales son alimentados por la escorrentía superficial y precipitaciones pluviales. Estas lagunas por su ubicación representan un potencial hídrico para su aprovechamiento dentro de la cuenca.

## 5.2. Subcuencas Tributarias.

### 5.2.1. Subcuenca Zapatilla.

Para efectos de describir a la cuenca del río Zapatilla, se procedió a dividir la subcuenca de zapatilla pertenece a la cuenca de Desaguadero. Para la selección de la subcuenca se ha utilizado los siguientes criterios: El orden de los ríos y el sistema hidráulico existente para el aprovechamiento de las fuentes de agua superficial.

Tiene un área de 329.8385 Km<sup>2</sup> con un perímetro de 90.8337 Km, su parte más elevada está en la cota 4500 msnm y su parte más baja se ubica en la cota 3900 msnm.

La longitud total del río principal es de 32.2 Km resultando una pendiente media de 0.15, presenta una dirección Oeste-Este. El tipo de drenaje es dendrítico. El número de orden de la subcuenca es 3.

Los ríos principales de la subcuenca son: El río Zapatilla, Camellaque, Anuanuni, Jaruni y se tiene dos lagunas y como quebradas principales tenemos al Callpi Ilahui, Queacachi.

### 5.3. Características fisiográficas de la cuenca.

Las características fisiográficas de la cuenca del río Zapatilla se muestran en las tablas 5 y 6.

Tabla 5. Parámetros fisiográficos de la cuenca del río Zapatilla.

DESCRIPCIÓN	VAR.	UND	SUB CUENCA ZAPATILLA
Área	A	Km <sup>2</sup>	329.8385
Perímetro	Pe	Km	90.8337
<b>CAUCE PRINCIPAL</b>			
Longitud	L	Km	32.2
Pendiente	S		0.15
<b>FACTORES DE FORMA</b>			
Coefficiente Compacidad	Ce		1.4
Factor de forma	Ff		<b>0.4</b>
<b>SISTEMA DE DRENAJE</b>			
Clasificación ordinal del río principal	n		3
Longitud Total de los ríos	Lt	Km	25
Numero de ríos	Ntr	ríos	4
Numero de ríos de primer orden	Nr1	ríos	40
Frecuencia de densidad de ríos			0.0278
Extensión media de escurrimiento	E	Km	2.1112
Coefficiente de torrencialidad	Ct	ríos/Km <sup>2</sup>	0.0142
Coefficiente de masividad	Cm	m/Km <sup>2</sup>	0
Densidad de drenaje	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	0.3214
<b>RELIEVE DE LA CUENCA</b>			
Rectángulo Equivalente (Largo)	Le	Km	29.6
Rectángulo Equivalente (Ancho)	le	Km	12.32
Pendiente de la cuenca	Se		0.0041
Altitud Máxima	Hmax	msnm	4500
Altitud Media	Hmed	msnm	4000
Altitud Mínima	Hmin	msnm	3900

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Parámetros fisiográficos de las cuencas desde estaciones hidrométricas.

Nº	RIO	ESTACION	CODIGO	UBICACION POLITICA			UBICACION GEOGRAFICA			UBICACION HIDROGRAFICA	PROPIETARIO
				Dpto	Provincia	Distrito	Longitud Oeste	Latitud Sur	Altitud (msnm)		
1	Ilave	Puente Ilave	ILAV	Puno	El Collao	Ilave	69°37'47"	16°05'04"	3,825.00	Ilave	Senamhi
2	Chichillapi	Llustacucho	CHIC	Puno	El Collao	Mazacruz	69°44'00"	16°56'00"	4,030.00	Ilave	Pet-Tacna
3	Coata	Puente Unocolla	COAT	Puno	San Román	Juliaca	70°11'28,8"	15°27'03,05"	3,835.00	Coata	Senamhi
4	Ramis	Puente Ramis	RAMI	Puno	Huancané	Taraco	69°52'17"	15°15'06"	3,813.00	Ramis	Senamhi
5	Huancané	Puente Huancané	HUAN	Puno	Huancané	Huacané	69°47'31"	15°12'50"	3,814.00	Huancané	Senamhi

Nº	RIO	ESTACION	CODIGO	AREA (Km2)	VARIABLES HIDROMETRICAS						
					Período de Registro						
					Qmedio	Qmáximo					
1	Ilave	Puente Ilave	ILAV	7,771.50	1960-2007	1960-2007					
2	Chichillapi	Llustacucho	CHIC	715.95	1964-1997	-					
3	Coata	Puente Unocolla	COAT	4,564.60	1965-2007	1965-2007					
4	Ramis	Puente Ramis	RAMI	14,867.00	1960-2007	1960-2007					
5	Huancané	Puente Huancané	HUAN	3,560.00	1960-2007	1960-2007					

Fuente: ZEE – OT REGION PUNO 2009.

#### 5.4. Análisis de los parámetros meteorológicos.

Los parámetros climatológicos de precipitación, evaporación total mensual, humedad relativa, número medio de horas sol día, temperatura media mensual, velocidad del viento, temperatura media mensual, son los de mayor importancia en cuanto a la tipificación o caracterización de la climatología de la cuenca del río Zapatilla. Para ello se ha considerado estaciones dentro y fuera de la cuenca para su descripción e interpretación y en caso de no existir la variable analizada dentro de la cuenca se ha recurrido a estaciones de cuencas vecinas y así fijar las tendencias de las diferentes variables meteorológicas, para todas las variables se utilizó los registros históricos.

#### 5.4.1. Precipitación.

La precipitación dentro de la cuenca es registrada en 6 estaciones meteorológicas en actual operación.

Según los registros de precipitación total mensual, y la ubicación de las estaciones no se cumple un gradiente pluviométrico precipitación-altitud, ya que se obtienen coeficientes de correlación entre 0.18 a 0.40, con una regresión a un polinomio cuadrático (para mayor detalle ver el figura 2, se observa que las zonas con mayor precipitación total mensual dentro de la cuenca son las estaciones de: Juli (867.5mm), Laraqueri (764.9mm) respectivamente, con altitudes que varían entre los 3812a 3900 msnm, respectivamente y las estaciones con menor precipitación total anual es la estación meteorológica de Coypa Coypa (438.4mm).

Umalzo (397.1mm), estos promedios son analizados desde el año 1991 y se ven el resumen de promedios en los gráficos, estas precipitaciones presentan variaciones en cada estación, así mismo presenta la variación por cada año que la dirección del la corriente del niño hace que influye en el comportamiento y altitudes que varían entre los 3815 a 5500 msnm, de la cordillera andes.

Figura 2. Precipitación promedio anual.

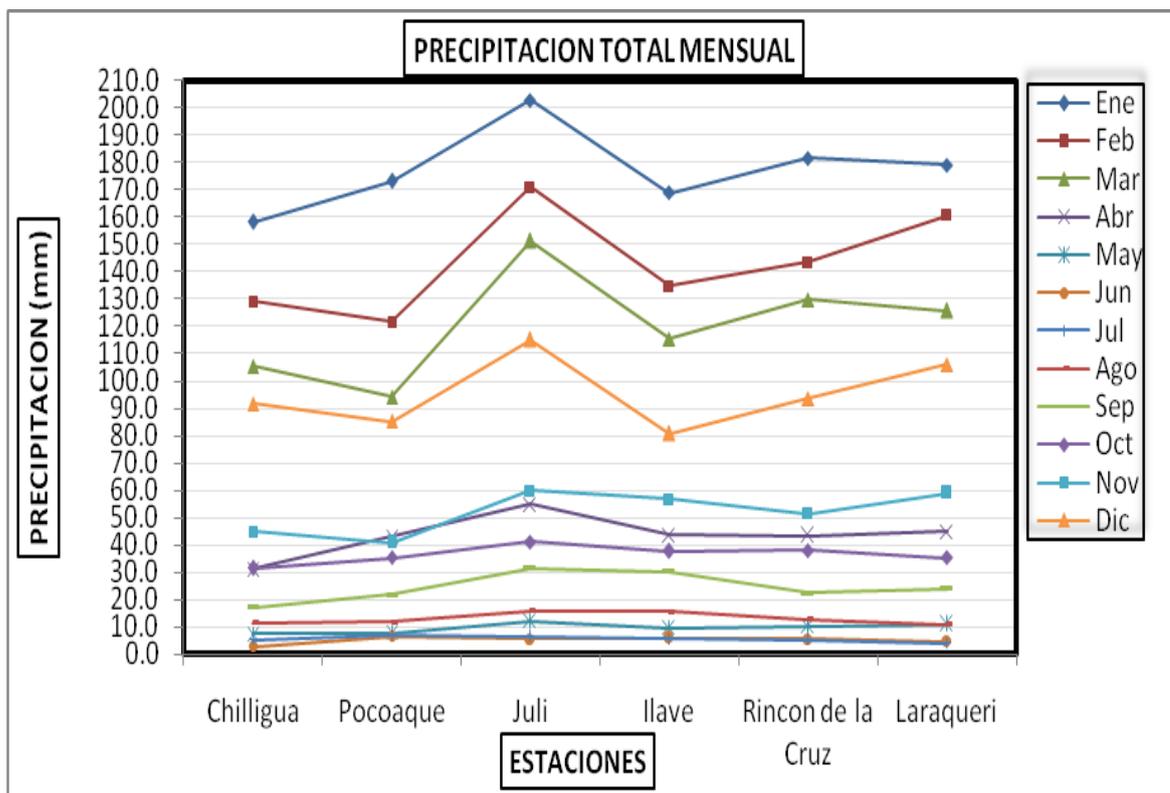


Tabla 7. Resumen de precipitaciones promedio media anual de las estaciones del ámbito de la cuenca zapatilla.

ESTACIONES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chilligua	158.0	129.1	105.3	31.3	7.6	2.8	5.2	11.6	17.1	31.5	44.9	91.6
Pocoaque	173.1	121.6	94.3	43.0	7.9	6.6	7.3	11.8	21.8	35.3	40.8	85.3
Juli	202.9	170.9	151.2	55.0	12.3	5.5	6.5	15.9	31.4	41.1	59.8	115.1
Ilave	168.9	134.8	115.3	43.6	9.8	5.8	5.7	15.7	30.2	37.6	56.8	80.8
Rincon de la Cruz	181.6	143.5	129.7	43.4	10.4	5.6	5.3	12.9	22.3	38.0	51.6	93.7
Laraqueri	179.0	160.8	125.7	44.9	10.8	4.7	4.1	10.9	23.9	35.3	58.9	105.9

FUENTE: SENAMHI PUNO 2013

Se observa que el régimen de la variación anual de precipitación promedio multimensual, es casi el mismo en todas las estaciones. Con excepción de un valor máximo de 202.9 mm en el mes de enero en la estación de Juli y un valor mínimo 0.0mm en la estación de Chichillapi. En esta distribución anual, también se

observa valores altos entre los meses de Noviembre a Marzo y valores bajos entre los meses de abril a octubre ver tabla 7 el resumen de promedios totales desde el año 1991 hasta 2012, con un análisis de un periodo de 20 años, esta serie histórica no ilustra un dato con mayor análisis del comportamiento de registro de precipitación.

#### **5.4.2. Temperatura.**

Este parámetro climático es registrado en las estaciones meteorológicas ubicadas en los diferentes lugares de la cuenca y que pertenecen a SENAMHI y se ha considerado las estaciones dentro de las cuencas de la zona sur, de 6 estaciones meteorológicas de existe una cierta tendencia de todas las estaciones como se muestra en el tabla 8, teniendo una variación en el promedio mensual anual desde  $-1.6$  a  $10.6^{\circ}\text{C}$ . La estación de Vilacota, ubicada a una altitud de 4350 msnm, registra la menor temperatura promedio anual, de  $1.78^{\circ}\text{C}$  en el mes más crítico de julio y la estación de Pampa Umalzo a una altitud de 4601 msnm el menor valor de  $2.65^{\circ}\text{C}$  en el mes de julio, el resto de las estaciones oscilan en un promedio 4 a  $11^{\circ}\text{C}$ , por otro lado los registros de mayor grado se ha registrado en el mes de diciembre en la estación de Ichuña de  $13.5^{\circ}\text{C}$  y en la estación de Puno con una temperatura de  $10.6^{\circ}\text{C}$  en el mes de Diciembre, para lo cual el resumen de registros promedios mensuales anuales históricas de los 20 años se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Resumen de temperatura promedio media anual de las estaciones del ambito de la cuenca zona sur.

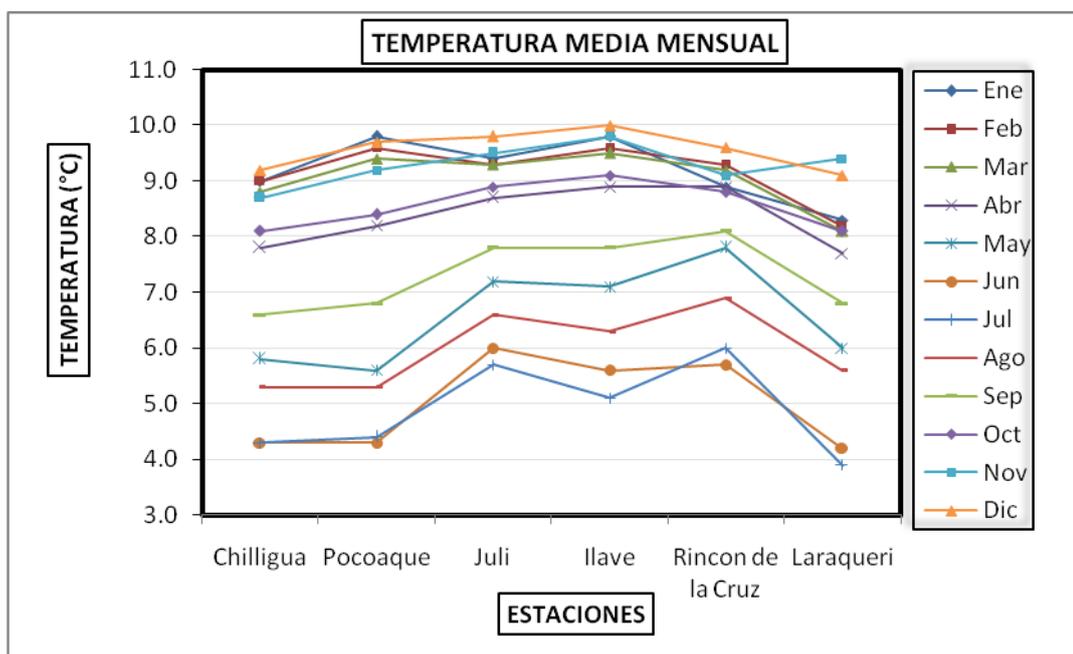
ESTACIONES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chilligua	9.0	9.0	8.8	7.8	5.8	4.3	4.3	5.3	6.6	8.1	8.7	9.2
Pocoaque	9.8	9.6	9.4	8.2	5.6	4.3	4.4	5.3	6.8	8.4	9.2	9.7
Juli	9.4	9.3	9.3	8.7	7.2	6.0	5.7	6.6	7.8	8.9	9.5	9.8
Ilave	9.8	9.6	9.5	8.9	7.1	5.6	5.1	6.3	7.8	9.1	9.8	10.0
Rincon de la Cruz	8.9	9.3	9.2	8.9	7.8	5.7	6.0	6.9	8.1	8.8	9.1	9.6
Laraqueri	8.3	8.2	8.1	7.7	6.0	4.2	3.9	5.6	6.8	8.1	9.4	9.1

FUENTE: SENAMHI PUNO 2013

Como se aprecia la distribución anual de la temperatura media mensual es análoga para todas las estaciones, con temperaturas máximas entre los meses de noviembre a marzo, y muestra valores de la temperatura bajos en los meses de mayo hasta agosto.

En las cuencas zona sur la temperatura máxima promedio mensual es del orden de los 13.5C (Ichuña). La temperatura mínima promedio mensual tiene valores que promedian los -1.6°C (Vilacota), ver figura 3. Del total de las estaciones que están ubicados dentro de las cuencas de zona sur solo en nueve estaciones se tiene registrado las temperaturas, como se puede observar en el tabla 8, se muestra el comportamiento histórico de cada estación, en la cual se tiene un registro histórico de 20 años desde el año 1991 hasta 2012.

Figura 3. Variación anual de la temperatura media mensual en las cuencas.



### 5.4.3. Evaporación y transpiración.

Los datos de evaporación existente o se registran solamente en 23 estaciones de toda la región Puno, en particular en las cuencas zona sur 19 estaciones cuentan con este instrumento de medición. Los índices de evaporación mínima se registran durante los meses de enero, febrero y marzo (89 mm a 100 mm.). Esto contrasta con la mayoría de lugares en latitudes templadas en donde los índices mínimos de evaporación en verano son una consecuencia de alta precipitación lo que resulta en humedad relativa alta durante esos meses (ver más abajo tópicos sobre humedad relativa). La humedad relativa elevada disminuye el poder secante de la atmósfera. En las latitudes templadas, donde se cultivan cereales la evaporación en recipiente en el verano es usualmente 25 por ciento más alta que en el altiplano.

#### **5.4.4. Evaporación.**

##### **5.4.4.1. Comportamiento de evaporación de estaciones en las cuencas zona sur promedio anual.**

El comportamiento histórico de la evaporación dentro de las estaciones meteorológicas de registro dentro de las cuencas de la zona sur, se observa en los siguientes: Tabla 9 en este caso para la época o estación del año verano.

Que comprenden los meses de: Enero, Febrero y Marzo. Desde el año de 1991 al 2012 nos muestran que durante los meses de verano, los registros más altos se producen en las estaciones de: Ilave y Capazo en dos meses. Con valores de: 210.2 y 205mm. Y los registros bajos se da en la estación de: Laraqueri y Pizacoma. Con valores de 100.2 y 89 mm. Respectivamente para los meses.

Como podemos observar claramente en los gráficos que ilustramos el registro de evaporación de los valores más altos que se registran durante el año se registra en el mes de abril, pero el valor más bajo de estas se da en el mes de febrero en esta época de verano por causa de que la radiación Solar se presenta con más baja intensidad a causa de las presencias de las nubes y a causa de eso los suelos se mantienen húmedos y la evaporación disminuye, en esto el factor principal que influye es la presencia de las precipitaciones pluviales durante estos meses.

Se observa el comportamiento de promedios registrados por cada estación meteorológica, como podemos observar cada estación ilustra diferentes comportamientos, y la mayor evaporación se registra en la estación progreso en comparación a las demás estaciones, esto se debe a que influye el comportamiento de la velocidad de viento, otro de los factores más importantes es la radiación solar en que cae a la atmósfera, así mismo otro factor determinante es el comportamiento de horas de sol, la altitud, latitud y presión atmosférica de alguna manera influye en la evaporación.

En la tabla 9 se ilustra el resumen de promedio de cada estación meteorológica, estos resúmenes han sido tomados como referencia de un promedio de 20 años históricos, lo cual en la tabla observamos la mayor evaporación se ha registrado en la estación Ilave, y la mínima se ha determinado en la estación Laraqueri con 1600.2 mm total anual (estación de apoyo) y la estación Ilave con un total de 1899.8 mm total anual acumulado.

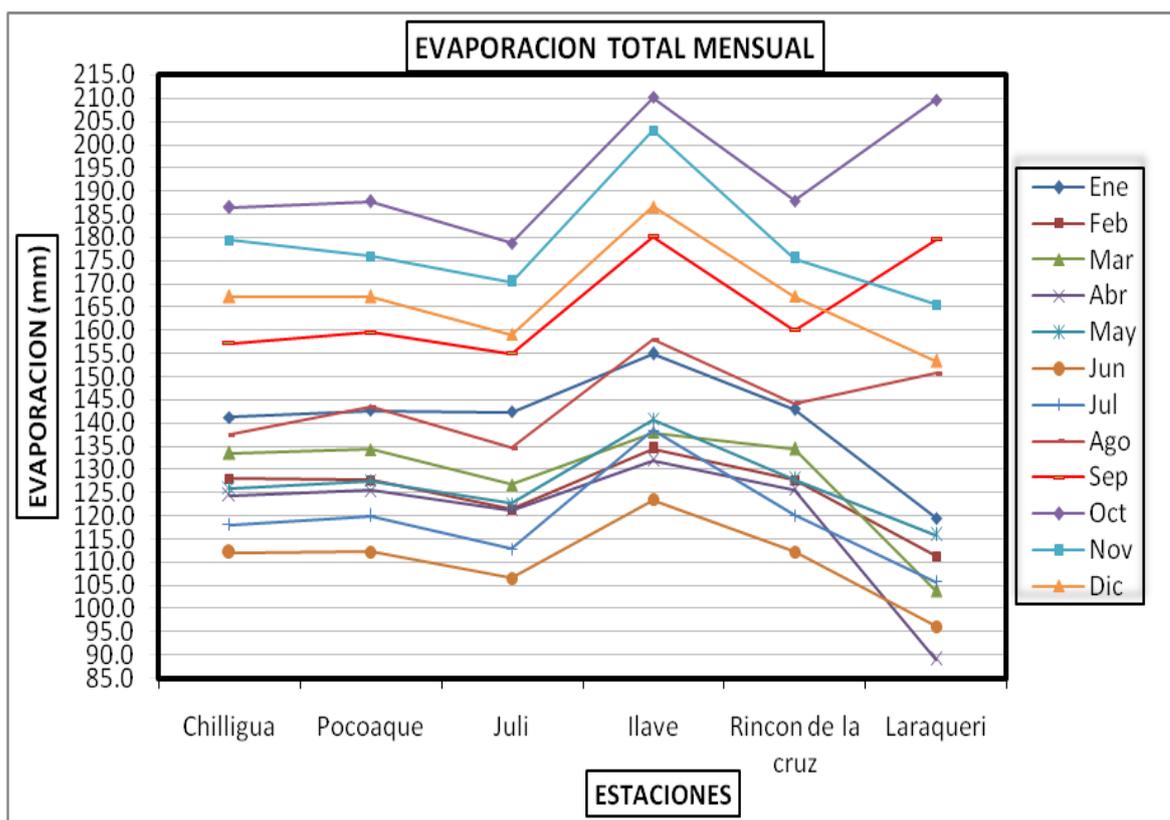
Los valores máximos de evaporación mensual en recipiente (tanque) (más de 200 mm./mes) se dan en los meses de Agosto, Setiembre, Octubre y Noviembre (figura 4). Estos meses son caracterizados por el incremento de la temperatura del aire y por fuertes vientos que vienen a ser dos factores importantes que contribuyen a la evaporación. Los índices altos de evaporación en estos meses de primavera tienen extrema importancia. Es interesante notar que durante el año hay tres veces más que evaporación de tanque que precipitación (2,127.5 mm. de evaporación vs 623.3 de precipitación)

Tabla 9. Resumen de tanque evaporímetro de las estaciones del ámbito de las cuencas zona sur.

ESTACIONES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chilligua	141.3	128.0	133.5	124.3	126.0	112.0	118.1	137.5	157.1	186.5	179.4	167.2
Pocoaque	142.7	127.7	134.3	125.4	127.6	112.2	119.9	143.4	159.6	187.7	175.9	167.2
Juli	142.4	121.3	126.7	121.2	122.7	106.5	112.8	134.6	154.9	178.8	170.4	159.1
Ilave	154.9	134.4	138.0	131.9	140.8	123.5	138.4	157.9	180.2	210.2	203.0	186.6
Rincon de la cruz	142.9	127.7	134.4	125.6	127.8	112.2	120.1	144.2	160.0	187.9	175.4	167.3
Laraqueri	119.5	111.3	103.9	89.0	115.8	96.2	105.8	150.7	179.6	209.6	165.5	153.3

FUENTE: SENAMHI PUNO 2013

Figura 4. Variación anual de la evaporación total mensual en la cuenca de zapatilla.



#### 5.4.5. Humedad relativa.

La humedad relativa media mensual solo registra las siguientes estaciones que es controlada en las siguientes estaciones: Capazo, Vilacota, Coypa Coypa, Chichillapi, Mazocruz, Pizacoma, Chilligua, Yorohoco, Desaguadero, Yunguyo, Pocoaque, Juli, Ilave, Rincon de la Cruz, Laraqueri, Mañazo, Puno, Pampa Umalzo y Ichuña. Así mismo, su distribución anual se muestra en la Figura 5, donde existe una variabilidad a lo largo del año, encontrándose un valor máximo de 81%, en el mes de marzo coincidente con el periodo anual lluvioso en la estación de Crucero 80.50% seguido por estación taraco con 71.75% , esto debido a la presencia de precipitaciones pluviales y por estar cerca al lago (estación a mayor altitud dentro de la cuenca), y valores mínimos, 40% en el mes de julio, en la estación de capaso mazucruz, Para ver los registros de las estaciones ver el resumen de estaciones meteorológicas tabla 10 y figura 4.

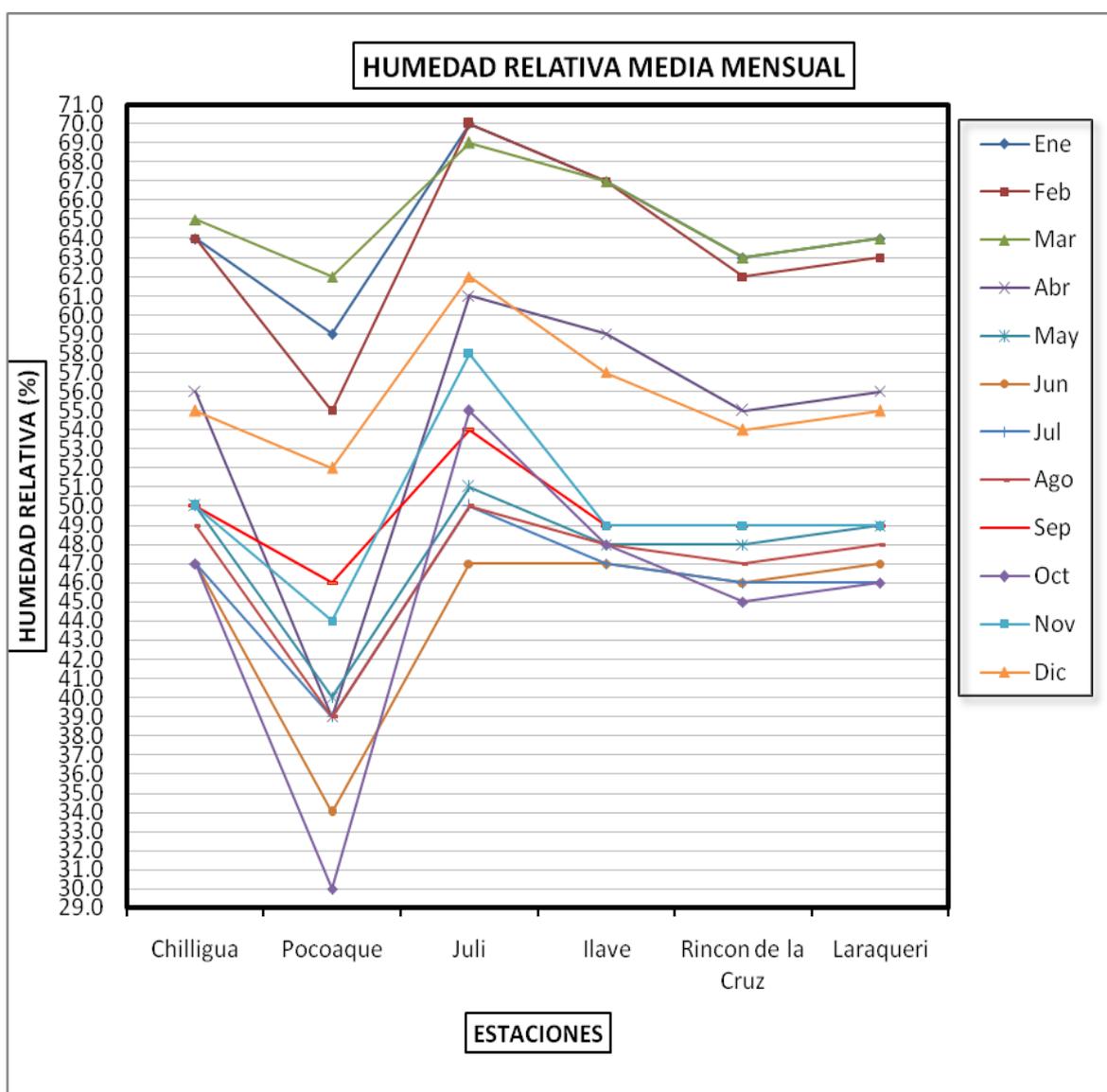
Del resumen total de figura y tabla comparativo de humedad relativa de todas las estaciones existentes dentro de la cuenca y estaciones que reportan datos de humedad relativa dentro de la cuenca y estaciones vecinos a la cuenca, en algunos casos el registro histórico no se cuenta desde el año 1991 sino que hay vacíos en cuanto al reporte de datos, estos se tuvo que hacer un análisis estadístico y ajustar con la utilización de HEC-4 para su completación.

Tabla 10: Resumen de humedad relativa de las estaciones del ámbito de la cuencas zona sur.

ESTACIONES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chilligua	64.0	64.0	65.0	56.0	50.0	47.0	47.0	49.0	50.0	47.0	50.0	55.0
Pocoaque	59.0	55.0	62.0	39.0	40.0	34.0	39.0	39.0	46.0	30.0	44.0	52.0
Juli	70.0	70.0	69.0	61.0	51.0	47.0	50.0	50.0	54.0	55.0	58.0	62.0
Ilave	67.0	67.0	67.0	59.0	48.0	47.0	47.0	48.0	49.0	48.0	49.0	57.0
Rincon de la Cruz	63.0	62.0	63.0	55.0	48.0	46.0	46.0	47.0	49.0	45.0	49.0	54.0
Laraqueri	64.0	63.0	64.0	56.0	49.0	47.0	46.0	48.0	49.0	46.0	49.0	55.0

FUENTE: SENAMHI PUNO 2013

Figura 5: Variación total de la humedad relativa en la cuenca.



#### 5.4.6. Velocidad del viento.

##### 5.4.6.1. Viento.

Para nuestro estudio solo se tomo en cuenta seis estaciones, el gráfico 6 presenta la frecuencia y la velocidad media mensual y la dirección de los vientos, estos gráficos han sido graficados del promedio de velocidad promedio mensuales de dos zonas como muestra zona con moderado velocidad y la zona con menor velocidad de viento, las zonas que está protegido por colinas al Norte, Sur y Oeste, la zonas de mayor velocidad son las zonas de llanuras pampas los vientos soplan del Este (45%). La velocidad promedio del viento (aproximadamente 3 m/s) desde todas las direcciones es alta. La mayoría de los vientos durante el verano o la época de lluvias, vienen del este (fuera del Lago Titicaca) y del Norte. Los vientos del Sur y del Oeste son suaves durante el año pero alcanzan una frecuencia máxima durante los meses de invierno (frecuencia de 30 a 40%).

La dirección y la velocidad del viento son extremadamente variables en el Altiplano. En la figura se muestra el comportamiento y la dirección del viento que cambia de acuerdo a la estación, en donde la velocidad máxima de viento alcanza a 4.6m/s en los meses de Enero a Noviembre, en la cual se observa dos escenarios de comportamiento uno de los gráficos es el promedio de la zona media que es la estación Juli y lacustre de las cuencas y la otra figura representa el promedio de dirección de viento de las estaciones de las zonas

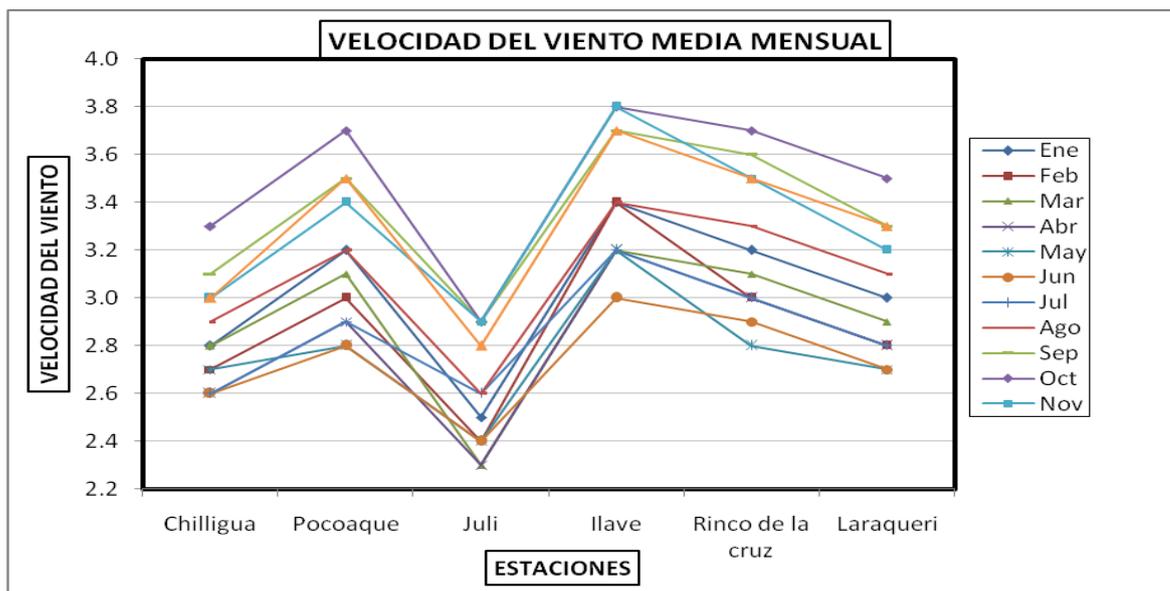
altas caso zonas de la provincia Chucuito, en la otra Figura básicamente es el resumen, se debe tener cuidado al utilizar cualquier información sobre vientos para fines de estudios, ya que es escaso esta información solo se debe confiar, con fines prácticos, la información obtenida “in situ”.

Tabla 11. Comportamiento y dirección de velocidad de viento

ESTACIONES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chilligua	2.8	2.7	2.8	2.6	2.7	2.6	2.6	2.9	3.1	3.3	3.0	3.0
Pocoaque	3.2	3.0	3.1	2.9	2.8	2.8	2.9	3.2	3.5	3.7	3.4	3.5
Juli	2.5	2.4	2.3	2.3	2.4	2.4	2.6	2.6	2.9	2.9	2.9	2.8
Ilave	3.4	3.4	3.2	3.2	3.2	3.0	3.2	3.4	3.7	3.8	3.8	3.7
Rinco de la cruz	3.2	3.0	3.1	3.0	2.8	2.9	3.0	3.3	3.6	3.7	3.5	3.5
Laraqueri	3.0	2.8	2.9	2.8	2.7	2.7	2.8	3.1	3.3	3.5	3.2	3.3

Para describir esta variable se han considerado las estaciones de Juli. En general para un año promedio, la distribución de la velocidad media del viento es similar en las dos estaciones mencionadas; con un valor máximo, del orden de 4.6 m/s y 4.5 m/s en el mes de noviembre en la estación de Desaguadero, respectivamente y un valor mínimo, del orden de 3.8 y 3.9 m/s en el mes mayo y junio, en la estación de Desaguadero, respectivamente. Esta variación anual se puede mostrar en la Figura 6, se muestran las series de velocidades de viento los que han sido registrados con veletas.

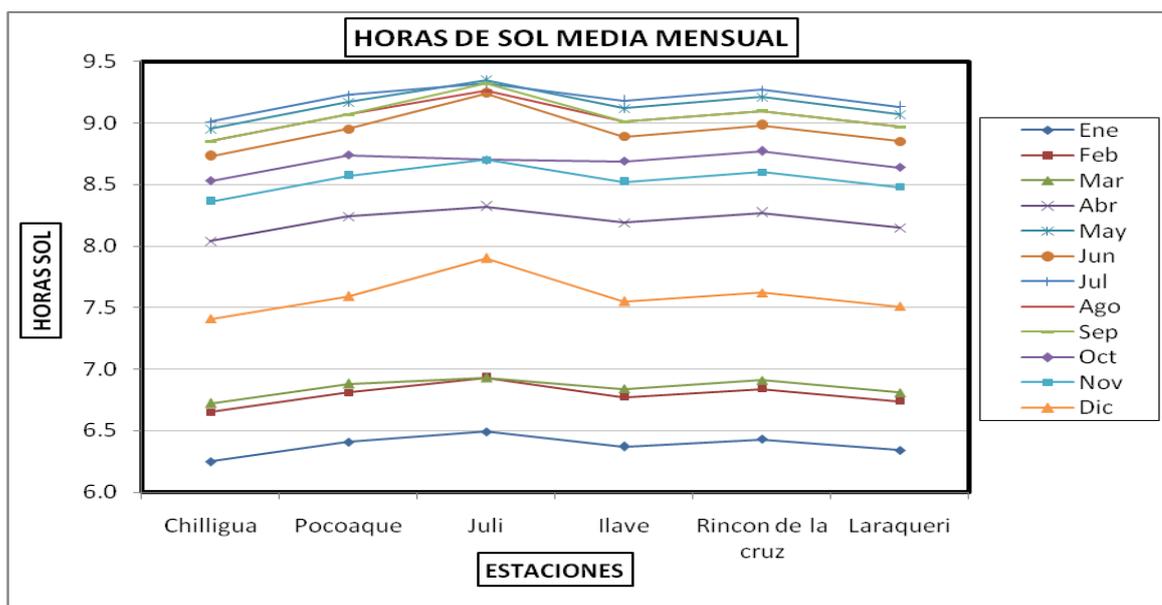
Figura 6: Variación anual de la velocidad de viento.



#### 5.4.7. Horas de sol.

El registro de las horas de sol dentro de la cuenca solamente se registra en la estación meteorológica de Pocoaque, Juli, Ilave, Rincon de la Cruz, Laraqueri. Sin embargo para observar la tendencia de la variación anual de esta variable se han comparado con las estaciones de Puno y Juli. La variación mensual, para un año promedio de la estación de Desaguadero muestra el valor máximo de 9 hr/día, en el mes de Julio, y un valor mínimo del orden de 6.9 hr/día, durante el mes de enero. El número medio de horas diarias promedio anual de la estación de Desaguadero es de 8.3 hr/día, ver figura 7.

Figura 7. Variación anual del número medio de horas de sol día.



En el altiplano del departamento de Puno recibe aproximadamente 3,000 horas de sol intenso en un año promedio. Los meses de Mayo a Octubre son los más soleados, teniendo más de 280 horas de sol por mes (de 9 a 10 horas por día). Enero, Febrero y Marzo son los meses más nublados, con un promedio de seis horas por día. En la (tabla 12) se muestra, la media mensual de horas de sol intenso y los promedios mensuales de horas de sol de un registro histórico. En donde las estaciones de registro no tienen datos completos de esta información y se trabajaron desde el año 1976 hasta 2007, esto nos muestra como es el comportamiento de horas de sol en las cuencas de la zona sur. En la cuenca solo se cuenta en tres estaciones meteorológicas con heliógrafo Capazo, Vilacota, Coypa Coypa, Chichillapi, Mazocruz, Pizacoma, Chilligua, Yorohoco, Desaguadero, Yunguyo, Pocoaque, Juli, Ilave, Rincon de la Cruz, Laraqueri, Mañazo, Puno, Pampa Umalzo y Ichuña que está ubicado en dentro y fuera de las cuencas de la zona sur.

Tabla 12. Promedios mensuales de horas sol registro historico.

ESTACIONES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chilligua	6.3	6.7	6.7	8	9	8.7	9	8.9	8.9	8.5	8.4	7.4
Pocoaque	6.4	6.8	6.9	8.2	9.2	9	9.2	9.1	9.1	8.7	8.6	7.6
Juli	6.5	6.9	6.9	8.3	9.4	9.2	9.3	9.3	9.3	8.7	8.7	7.9
Ilave	6.4	6.8	6.8	8.2	9.1	8.9	9.2	9	9	8.7	8.5	7.6
Rincon de la cruz	6.4	6.8	6.9	8.3	9.2	9	9.3	9.1	9.1	8.8	8.6	7.6
Laraqueri	6.3	6.7	6.8	8.2	9.1	8.9	9.1	9	9	8.6	8.5	7.5

#### 5.4.8. Análisis bioclimático.

El análisis bioclimáticos es básico para poder entender, las características climáticas de una determinada zona o región de estudio, en este caso se hace el análisis climatológico de las cuencas de la zona sur, las condiciones atmosféricas que se consideran para identificar un tipo de clima son: la temperatura, humedad relativa, cantidad de precipitaciones, evaporación, también la radiación solar recibida, y la dirección e intensidad del viento. Para nuestro estudio algunos datos como: Humedad relativa, evaporación no se registra en todas las estaciones existentes, ya que carecen de estos parámetros en algunos estaciones, otras estaciones han sido instaladas en los años 1980, 1989, por lo que no cuenta con registros históricos, para ello se realizo la completación de datos faltantes agrupando en grupos por estaciones más cercanas, Para esto se muestra los siguientes gráficos.

Tabla 13. Resumen de comportamiento de parámetros meteorológicos

Datos Meteorológicos	ESTACION METEREOLÓGICA: CHILLIGUA											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	158.00	129.10	105.30	31.30	7.60	2.80	5.20	11.60	17.10	31.50	44.90	91.60
Evaporación (mm)	141.30	128.00	133.50	124.30	126.00	112.00	118.10	137.50	157.10	186.50	179.40	167.20
Temperatura (°C)	9.00	9.00	8.80	7.80	5.80	4.30	4.30	5.30	6.60	8.10	8.70	9.20
Humedad Relativa (%)	64.00	64.00	65.00	56.00	50.00	47.00	47.00	49.00	50.00	47.00	50.00	55.00
Horas de Sol (hr)	6.25	6.65	6.72	8.04	8.95	8.73	9.01	8.85	8.85	8.53	8.36	7.41
Velocidad del Viento (m/s)	2.80	2.70	2.80	2.60	2.70	2.60	2.60	2.90	3.10	3.30	3.00	3.00

Figura 8: Diagrama bioclimático de estación Chilligua.

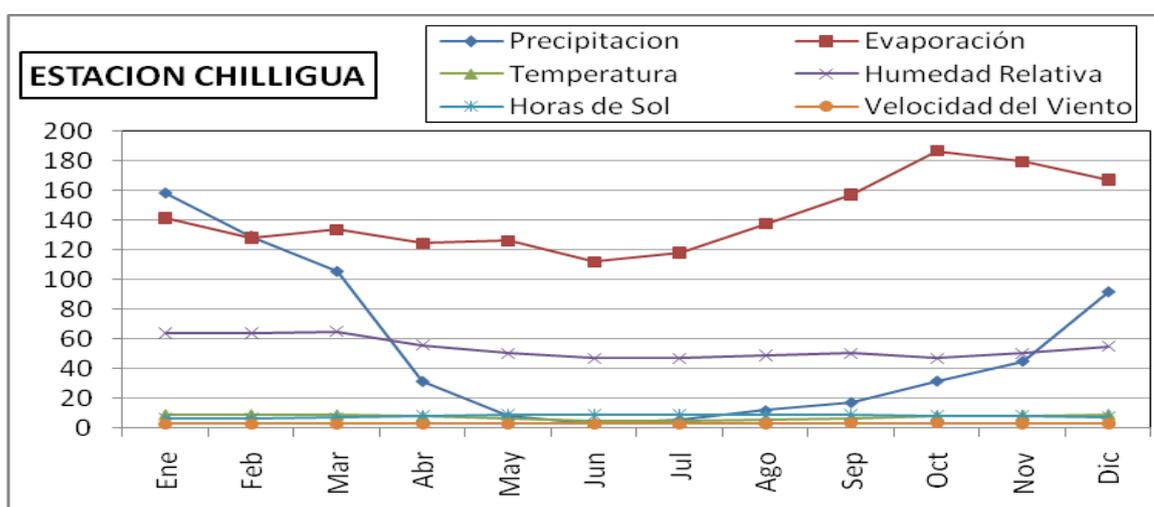


Tabla 14. Resumen de comportamiento de parámetros meteorológicos

Datos Meteorológicos	ESTACION METEREOLÓGICA: POCOAQUE											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	173.10	121.60	94.30	43.00	7.90	6.60	7.30	11.80	21.80	35.30	40.80	85.30
Evaporación (mm)	142.70	127.70	134.30	125.40	127.60	112.20	119.90	143.40	159.60	187.70	175.90	167.20
Temperatura (°C)	9.80	9.60	9.40	8.20	5.60	4.30	4.40	5.30	6.80	8.40	9.20	9.70
Humedad Relativa (%)	59.00	55.00	62.00	39.00	40.00	34.00	39.00	39.00	46.00	30.00	44.00	52.00
Horas de Sol (hr)	6.41	6.81	6.88	8.24	9.17	8.95	9.23	9.07	9.07	8.74	8.57	7.59
Velocidad del Viento (m/s)	3.20	3.00	3.10	2.90	2.80	2.80	2.90	3.20	3.50	3.70	3.40	3.50

Figura 9. Diagrama bioclimático de estación Pocoaque.

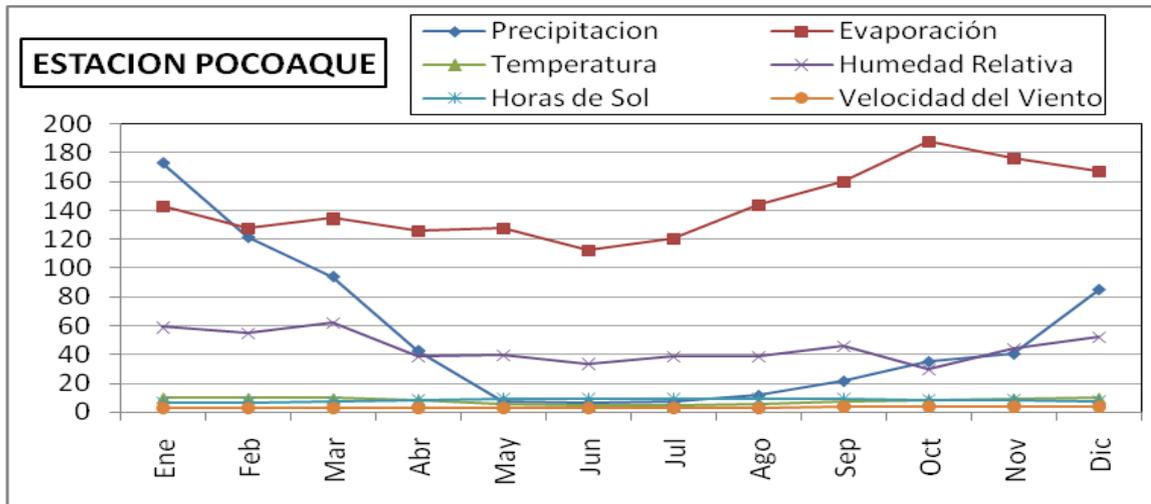


Tabla 15. Resumen de comportamiento de parámetros meteorológicos.

Datos Meteorológicos	ESTACION METEREOLÓGICA: JULI											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	202.90	170.90	151.20	55.00	12.30	5.50	6.50	15.90	31.40	41.10	59.80	115.10
Evaporación (mm)	142.40	121.30	126.70	121.20	122.70	106.50	112.80	134.60	154.90	178.80	170.40	159.10
Temperatura (°C)	9.40	9.30	9.30	8.70	7.20	6.00	5.70	6.60	7.80	8.90	9.50	9.80
Humedad Relativa (%)	70.00	70.00	69.00	61.00	51.00	47.00	50.00	50.00	54.00	55.00	58.00	62.00
Horas de Sol (hr)	6.49	6.93	6.93	8.32	9.35	9.24	9.32	9.26	9.32	8.70	8.70	7.90
Velocidad del Viento (m/s)	2.50	2.40	2.30	2.30	2.40	2.40	2.60	2.60	2.90	2.90	2.90	2.80

Figura 10. Diagrama bioclimático de estación Juli.

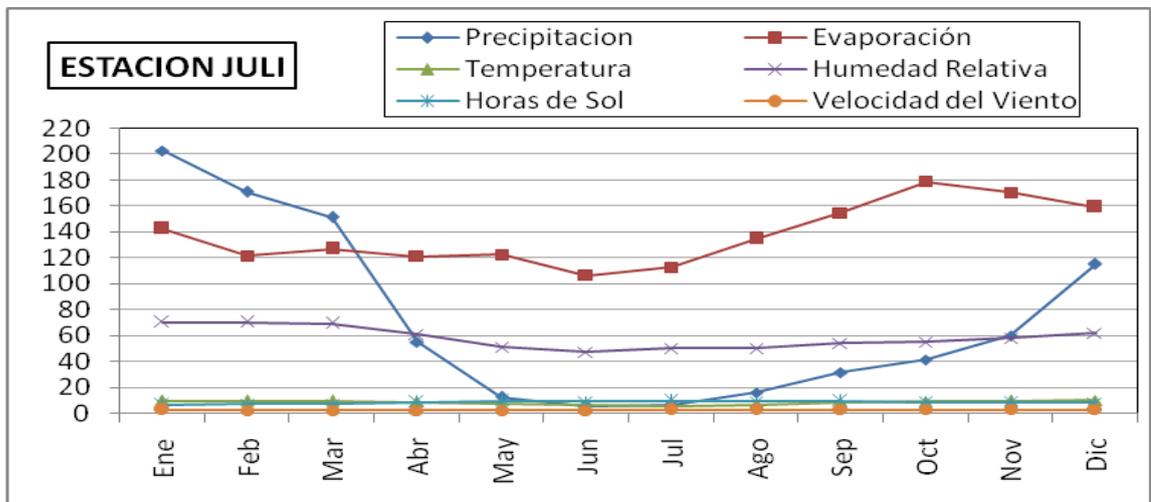


Tabla 16. Resumen de comportamiento de parámetros meteorológicos.

Datos Meteorológicos	ESTACION METEREOLÓGICA: ILAVE											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	168.90	134.80	115.30	43.60	9.80	5.80	5.70	15.70	30.20	37.60	56.80	80.80
Evaporación (mm)	154.90	134.40	138.00	131.90	140.80	123.50	138.40	157.90	180.20	210.20	203.00	186.60
Temperatura (°C)	9.80	9.60	9.50	8.90	7.10	5.60	5.10	6.30	7.80	9.10	9.80	10.00
Humedad Relativa (%)	67.00	67.00	67.00	59.00	48.00	47.00	47.00	48.00	49.00	48.00	49.00	57.00
Horas de Sol (hr)	6.37	6.77	6.84	8.19	9.12	8.89	9.18	9.01	9.01	8.69	8.52	7.55
Velocidad del Viento (m/s)	3.40	3.40	3.20	3.20	3.20	3.00	3.20	3.40	3.70	3.80	3.80	3.70

Figura 11. Diagrama bioclimático de estación Ilave.

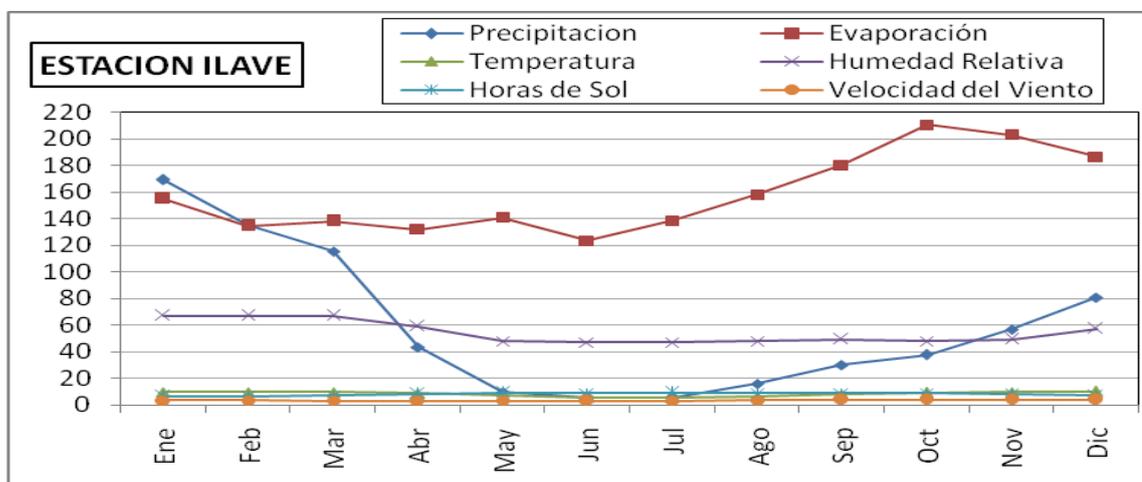


Tabla 17. Resumen de comportamiento de parámetros meteorológicos.

Datos Meteorológicos	ESTACION METEREOLÓGICA: RINCON DE LA CRUZ											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	181.60	143.50	129.70	43.40	10.40	5.60	5.30	12.90	22.30	38.00	51.60	93.70
Evaporación (mm)	142.90	127.70	134.40	125.60	127.80	112.20	120.10	144.20	160.00	187.90	175.40	167.30
Temperatura (°C)	8.90	9.30	9.20	8.90	7.80	5.70	6.00	6.90	8.10	8.80	9.10	9.60
Humedad Relativa (%)	63.00	62.00	63.00	55.00	48.00	46.00	46.00	47.00	49.00	45.00	49.00	54.00
Horas de Sol (hr)	6.43	6.84	6.91	8.27	9.21	8.98	9.27	9.10	9.10	8.77	8.60	7.62
Velocidad del Viento (m/s)	3.20	3.00	3.10	3.00	2.80	2.90	3.00	3.30	3.60	3.70	3.50	3.50

Figura 12. Diagrama bioclimático de estación Rincon de la Cruz.

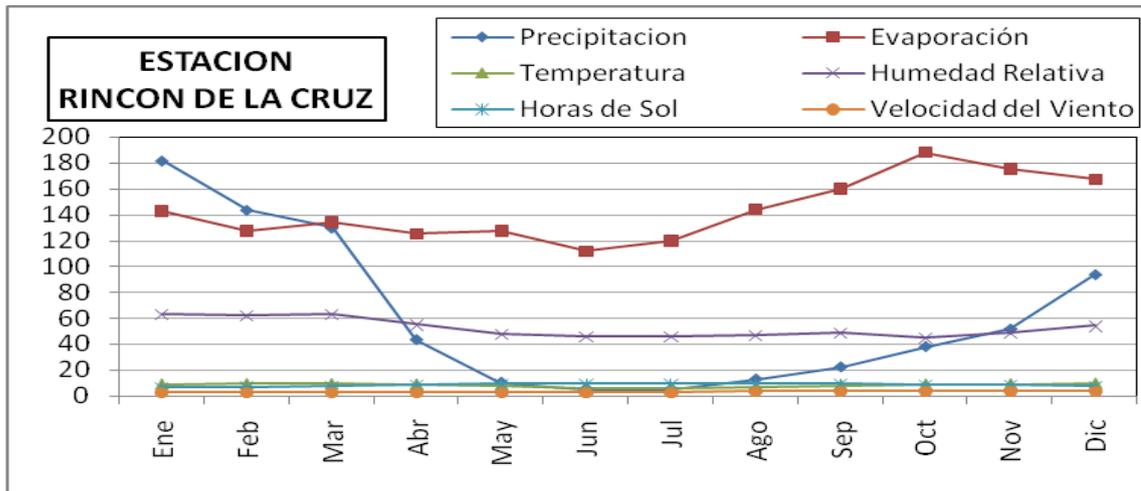
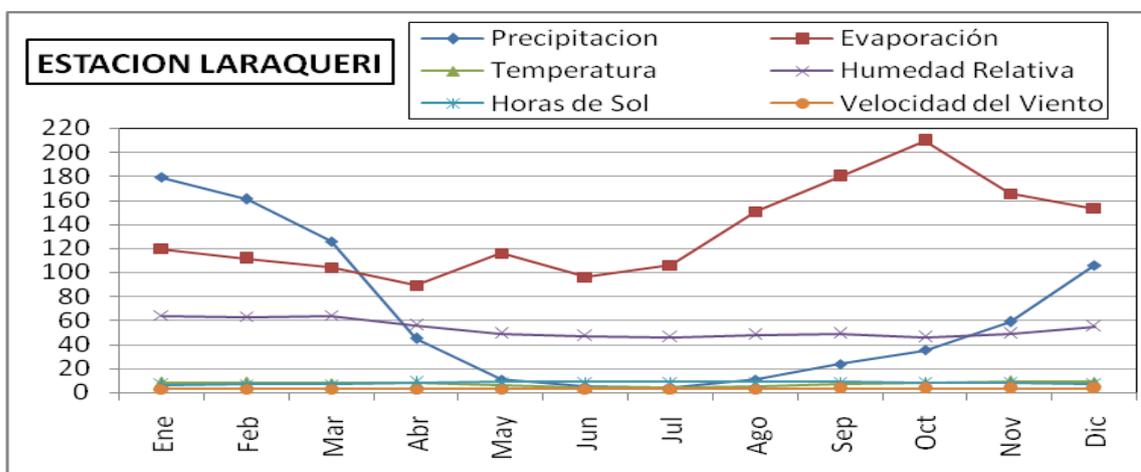


Tabla 18. Resumen de comportamiento de parámetros meteorológicos.

Datos Meteorológicos	ESTACION METEREOLÓGICA: LARAQUERI											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	179.00	160.80	125.70	44.90	10.80	4.70	4.10	10.90	23.90	35.30	58.90	105.90
Evaporación (mm)	119.50	111.30	103.90	89.00	115.80	96.20	105.80	150.70	179.60	209.60	165.50	153.30
Temperatura (°C)	8.30	8.20	8.10	7.70	6.00	4.20	3.90	5.60	6.80	8.10	9.40	9.10
Humedad Relativa (%)	64.00	63.00	64.00	56.00	49.00	47.00	46.00	48.00	49.00	46.00	49.00	55.00
Horas de Sol (hr)	6.34	6.74	6.81	8.15	9.07	8.85	9.13	8.97	8.97	8.64	8.48	7.51
Velocidad del Viento (m/s)	3.00	2.80	2.90	2.80	2.70	2.70	2.80	3.10	3.30	3.50	3.20	3.30

Figura 13. Diagrama bioclimático de estación Laraqueri.



Las tablas: del 13, al 18 nos muestra el resumen de los comportamientos meteorológicos promedios mensuales históricas de 20 años, agrupando y correlacionando las estaciones más cercanas de la zona, y los datos faltantes se han completado utilizando el análisis estadístico HEC-4, estos análisis se realizaron de las informaciones de los datos de: Precipitación, temperatura, humedad relativa, horas sol, velocidad de viento y evaporación. De las estaciones meteorológicas: Dentro de la cuenca y estaciones de apoyo. De diagrama bioclimático respectivamente, cruzando los seis informaciones meteorológicas.

Precipitación el promedio histórico más bajas se registran en las épocas de invierno durante los meses de: Junio, julio, agosto con datos inferiores a los 15 mm. Y los datos más altos durante la época de verano durante los meses de: Diciembre, Enero, Febrero y Marzo con valores superiores a los 85 mm. Donde las precipitaciones promedios históricas totales en las tres estaciones no tienen una diferencia significativa, debido a que las estaciones de registro se encuentran, a una altitud por encima de los 3500 msnm y sus características climáticas son similares.

Evaporación, los promedios históricos más bajos que se registran dentro del área de estudio en durante la época del invierno en los meses de: Ilave y Capazo en dos meses. Con valores de: 210.2 y 205mm. y los registros bajos se da en la estación de: Laraqueri y Pizacoma. Con valores de: 100.2 y 89 mm. Donde podemos observar que la evaporación promedio histórico total no tiene una variación significativa, por el mismo hecho que las estaciones de registro

ubicadas, tienen las mismas características climáticas.

Temperatura, los promedio históricos más bajo se registra en la época de invierno durante los meses de: Junio, julio, agosto con valores inferiores a los 8.0 °C y el más alto durante los meses de: Diciembre, Enero, Febrero, Marzo con valores superiores 9.0 °C. Donde se observa que la temperatura promedio histórica más bajo dentro este grupo se registra en la estación de la zona sur y la temperatura promedio histórica más alta se registra en la estación, las temperaturas no tienen una diferencia significativa, debido a que las estaciones de registro se encuentran, a una altitud por encima de los 3800 msnm.

Humedad relativa, los promedio históricos más bajos se registra en el mes de Junio, Julio con valores inferiores al 60 % y los mas alto durante los mes de: Enero, febrero y marzo con valores superiores al 65 % respectivamente. Donde se observa que la humedad relativa promedio histórico total no varían significativamente, la humedad relativa más bajas re registran en la época de invierno porque la zona en esa temporada no registran precipitaciones significativas, y la humedad relativa más alta se da en la época de verano como es en los meses de Enero, Febrero y Marzo esto por la presencia de las precipitaciones los sectores de Capaso, Mazo cruz, Pizacoma, Zona alta de Acora, Laraqueri, San Antonio de Esquilachi y otros. Son las que alcanzan a temperaturas promedios mas bajas de 4 – 7 °C en algunos casos alcanzan con valores inferiores a estos, siguen en orden de regiones frías, los sectores oeste y noreste (cabeceras de los sub cuencas de ríos, Alto Ilave, Uncallane, Llusta, Ato

Ilave, la sub cuenca de Loripongo Cutimbo) en las zonas de la sub cuencas del alto y parte meridional de la cuenca Ilave, los valores de temperatura son inferiores a los 8°C, caso las zonas de Medio Bajo Ilave, Bajo Aguas Calientes, Medio Bajo Aguas Calientes, Medio Alto Aguas Calientes, y las zonas circunlacustres caso Chucuito, Juli, Zepita, y toda la zona circunlacustre presentan un promedio de 10 °C se encuentran alrededor del lago Titicaca, estas altas temperaturas se registra por la presencia del lago que cumple un rol de almacenar el calor y compensar de noche.

#### **5.4.9. Temperatura media mínima.**

Las temperaturas mínimas aumentan siguiendo una orientación SW – NE. En la zona del Lago. El efecto termorregulador se hace sentir, aumentando las temperaturas mínimas. Los registros alcanzan valores superiores a 0°C en el lago y en sus inmediaciones, es decir desde las proximidades de la zona de progreso - Muñani hacia el norte, que a continuación se ilustra el resumen de promedio las series históricas de 1970 - 2007 de las estaciones que mayor resaltan.

En cuanto a las temperaturas mínimas extremas más bajas, se presentaron en los siguientes puntos meteorológicos: Capaso -11.1°C, Vilacota -14.2°C, Coypa coypa-11.1 Mazo cruz 13.2°C, Pampa Humajalso -9.5°C, Pizacoma -6.3°C, Chillihua -5.3°C, Yorohoco -7.2°C, Desaguadero -5.2°C, Pocoaque -5.4°C, Juli-1.0°C, Rincon de la cruz -2.4°C, Puno -1.3°C, Ichuña -2.9°C, (fuente SENAMHI).

En el Figura N° 3 se ilustra el comportamiento de promedios de temperaturas mínimas de las estaciones meteorológicas de la región puno, en la cual observamos que la mayoría se encuentra por debajo de los 0°C con excepción a las estaciones de la zona circunlacustre de puno que es parte de las cuencas donde el registros de temperaturas cambia los registros de cada estación, en algunos caso alcanza a inferior de  $-14^{\circ}\text{C}$ , estos descensos afecta al sector agropecuario, que implica un riesgo para la salud humana, estos cambios climáticos se presenta generalmente en el invierno en donde la planeta tierra tiende a alejarse del sol y las masas de aire tiende a enfriarse por recibir menos horas de sol al día.

#### **5.4.10. Comparación de temperaturas máximas y mininas.**

Uno de los factores que influye es el Lago Titicaca, debido que cumple un rol importante en el comportamiento climático de la región puno, durante el día almacena y retiene el calor y en la noche cumple como un termo regulador de la temperatura, más que todo por toda la orilla circunlacustre del Lago Titicaca, donde al comparar las temperaturas promedios máximos y mínimos, en la cual hay mucha diferencia, desde  $14.4^{\circ}\text{C}$  que se registra en puno que desciende en la estación Vilacota que tiende a registrarse a  $-14.2^{\circ}\text{C}$  y en la zona circunlacustre, se observa el promedio de comportamiento de las temperaturas bajas, diferencia de temperaturas de Puno se registra  $-2^{\circ}\text{C}$  y Juliaca  $-10^{\circ}\text{C}$  (estación de referencia) que hay una diferencia de  $-8^{\circ}\text{C}$  esto por la presencia del lago Titicaca, cuando más nos alejamos del lago las temperaturas mínimas

promedios se incrementaran paulatinamente, estos cambios de temperaturas tiende a crecer las cifras en comparación a los décadas del 1960, 1970, 1980 y 1990, en los últimos décadas, los comportamientos climatológicos han variado significativamente debido al calentamiento del globo terráqueo y la destrucción del capa Ozono por el hombre.

En la tabla: 19, observamos el cambio de temperaturas de cada estación claramente observamos el descenso de temperatura, el mayor cambio que se presenta críticos se presenta (ejemplo) la estación Vilacota de 15.8 °C a – 14.2 °C, promedio el resto de estaciones varían de un promedio de 15°C descende a un promedio de 9° Ca 3°C estos cambios se presentan más que todo en la zona baja, por otro lado en la orilla circunlacustre donde haciende a promedio de – 2°C estos registro se presenta en las estaciones de Vilacota y Coypa Coypa, en este caso el lago Titicaca cumple un rol muy importante de un termo regulador.

Tabla 19. Resumen de comportamiento de temperaturas.

ESTACION	ALTITUD (msnm)	VARIABLES	MESES												PROM. ANUAL
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Chillihua	3960	Tªmedia	9.0	9.0	8.8	7.8	5.8	4.3	4.3	5.3	6.6	8.1	8.7	9.2	7.2
		Tªmax	15.0	14.9	15.0	15.1	15.0	14.3	14.0	14.4	15.2	6.5	17.0	16.5	15.2
		Tªminima	3.2	3.1	2.7	0.3	-3.1	-5.3	-5.3	-4.2	-2.1	-0.7	0.9	2.1	-0.7
Pocochaque	3850	Tªmedia	9.8	9.6	9.4	8.2	5.6	4.3	4.4	5.3	6.8	8.4	9.2	9.7	7.5
		Tªmax	15.5	15.5	15.4	15.2	14.6	13.5	13.3	14.2	14.9	16.3	16.8	16.5	15.1
		Tªminima	4.1	3.6	3.4	1.1	-3.4	-5.3	-4.6	-3.5	-1.3	0.4	1.5	2.8	-0.1
Juli	3812	Tªmedia	9.4	9.3	9.3	8.7	7.2	6.0	5.7	6.6	7.8	8.9	9.5	9.8	8.2
		Tªmax	13.8	13.9	13.9	14.0	13.5	12.7	12.4	13.0	13.7	4.5	14.8	14.5	13.7
		Tªminima	4.8	4.7	4.6	3.3	0.9	-0.7	-1.0	0.1	1.9	3.1	4.1	4.9	2.6
Ilave	3880	Tªmedia	9.8	9.6	9.5	8.9	7.1	5.6	5.1	6.3	7.8	9.1	9.8	10.0	8.2
		Tªmax	14.8	14.6	14.6	15.0	14.6	13.7	13.5	14.2	15.0	16.0	16.4	15.9	14.9
		Tªminima	4.6	4.4	4.4	2.8	-0.5	-2.6	-3.2	-1.7	0.5	2.1	3.1	4.1	1.5
Rincon de la cruz	3835	Tªmedia	8.9	9.3	9.2	8.9	7.8	5.7	6.0	6.9	8.1	8.8	9.1	9.6	8.2
		Tªmax	14.3	14.6	14.3	15.1	14.8	13.4	13.6	14.1	14.3	15.2	15.0	15.1	14.5
		Tªminima	3.4	4.6	4.1	2.6	0.7	-2.1	-1.5	-0.3	1.9	2.4	3.1	4.1	1.9
Laraqueri	3900	Tªmedia	8.3	9.3	8.1	7.7	6.0	4.2	3.9	5.6	6.8	8.1	9.4	9.1	7.1
		Tªmax	14.6	14.6	14.9	15.4	15.3	15.1	14.8	15.4	16.2	17.0	17.6	17.0	15.7
		Tªminima	1.9	3.9	1.2	-0.1	-3.4	-6.8	-7.1	-4.3	-2.7	-0.8	1.1	1.1	-1.5

### **5.5. Identificación de los microclimas en la cuenca de Rio Zapatilla.**

El estudio del clima de una localidad es muy importante por su influencia en todas las actividades del hombre y que caracterizan a nuestro planeta como parte del sistema. El clima ha tenido su influencia en la formación de las razas humanas sobre el carácter y salud de los habitantes, sobre su aptitud y constancia para los diferentes trabajos, sobre las costumbres populares en las edificaciones, sobre la ambientación de los colonizadores a nuevas tierras, en la formación de los suelos agrícolas y en general en todas las características ecológicas de cada lugar de la superficie terrestre.

#### **5.5.1. Tipos climáticos Identificado.**

De acuerdo a la información meteorológica se ha clasificado y adoptado, la determinación de 04 tipos climáticos en el área de estudio de la cuenca de Zapatilla.

Tabla 20. Tipos de clima en la cuenca de Zapatilla

NOMBRE DE CUENCA	TIPOS DE CLIMAS IDENTIFICADOS		ALTITUD en (m.sn.m.)	TEMP. en (°C)
	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION		
Zapatilla	C(oip)C'	Clima semilluvioso y frio con otoño, invierno, primavera, seco	3900- 4060	10- 12
	C(oip)E'	Clima Semilluvioso y frígido, con otoño, Invierno y primavera secos	4140- 4250	6 - 8
	C(oip)D'	Clima semilluvioso y semi-frígido con otoño e invierno primavera seco	4060- 4140	8 - 10
	B(oip)C'	Clima lluvioso semi-frio, con otoño, invierno primavera seco	3820- 3900	14 - a más

**5.5.1.1. Clima lluvioso frio, con otoño, invierno primavera seco, B(oip)C'.**

Este tipo climático se manifiesta sobre una superficie que ocurre en áreas que se encuentran mayormente influenciadas geográficamente del lago Titicaca en este tipo climático se tienen las siguientes características.

Se encuentran entre 3820 – 3900 msnm y las precipitaciones oscilan entre 908 a 1000 mm, del promedio histórico total anual con lluvias de verano que disminuyen considerablemente en la estación de otoño a invierno, donde los índices de evaporación históricas anuales pueden llegar a 980mm denotando suelos húmedos pero en las estaciones de otoño e invierno la evaporación es

mayor. Motivo por el cual se consideran estaciones secas. La temperatura histórico media anual es de 9.0 °C variables en un rango de 14 a más. En verano y las temperaturas mínimas que alcanza a -1 °C en los meses de Junio, y Julio.

Con presencias de menor escala de heladas al año, en este caso con más intensidad se presentan en los meses del invierno de: Junio, julio, agosto, en estas climas existen lugares abrigados por los cerros en donde las heladas desaparecen, lo cual posibilita la utilización de la tierra con fines agrícolas siempre previniendo los riesgos con la helada. Este tipo de climas se presentan en la orilla circunlacustre del lago Titicaca del departamento de Puno.

#### **5.5.1.2. Clima semi lluvioso y frio con otoño, invierno, primavera, seco C(oi)C'.**

Este tipo climático se manifiesta sobre una superficie que ocurre desde el nivel de las orillas del Titicaca formado por cadenas de cerros, por lo que el efecto del termorregulador del lago hacen que las temperaturas medias anuales se mantengan es decir que en estos climas son favorables y aptas para el aprovechamiento de actividad agrícola y que presenta una variación regular en el comportamiento de las temperaturas, en verano y notoria uniformidad a través del año.

Donde las precipitaciones oscilan entre 780mm a 950mm del promedio histórico total anual durante los meses de diciembre a marzo, donde los índices

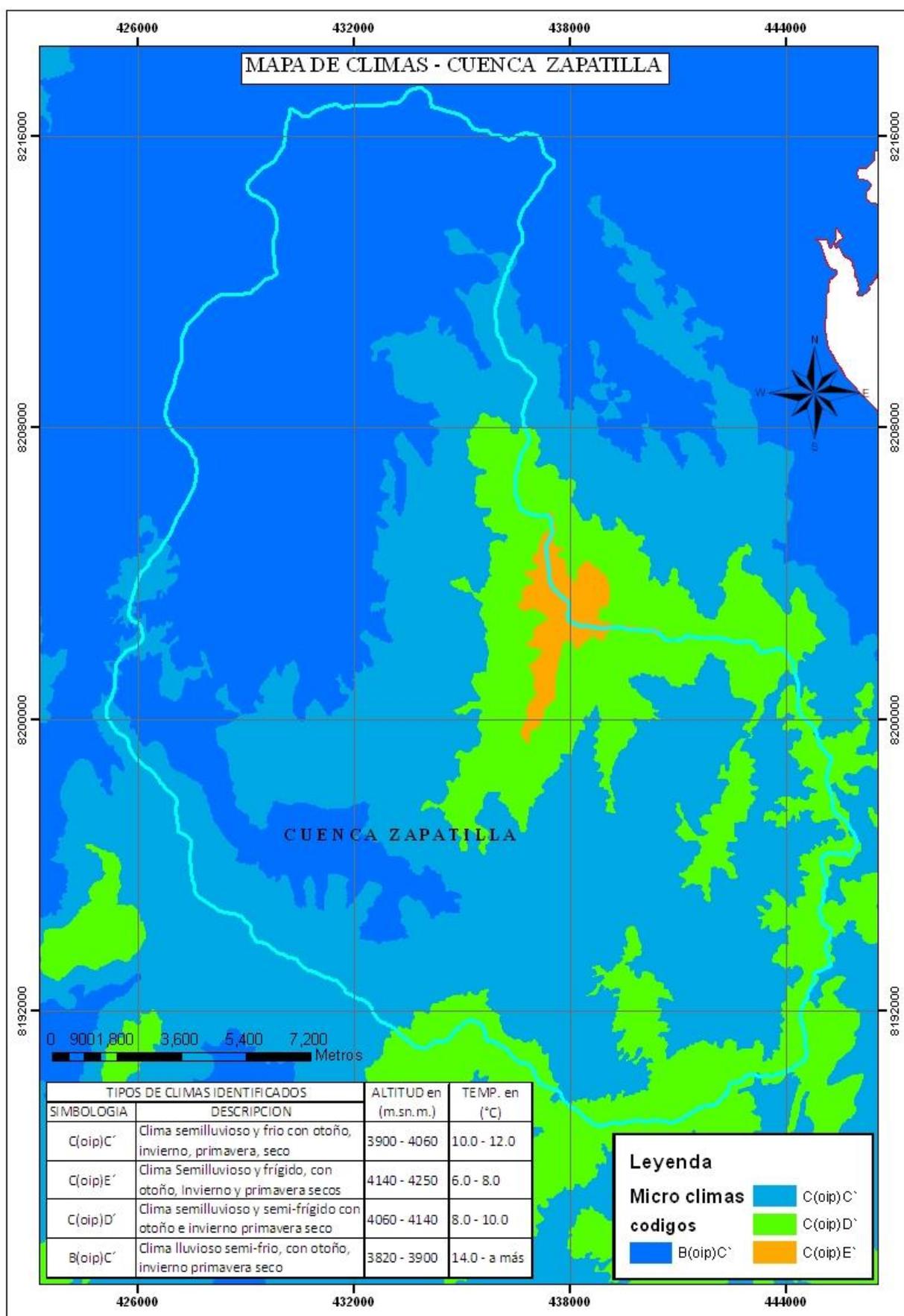
de evaporación históricas anuales pueden llegar a 1300 a 1560mm anual, invierno primavera que son secas, la temperatura promedio histórico media anual de 8.9 °C a variable en algunas zonas de 10°C a 12°C, con presencias de heladas durante el año, en este caso con más intensidad fuerte de otoño e invierno y con baja intensidad durante la primavera, en estas climas existen lugares abrigados por los cerros en donde las heladas desaparecen sobre todo en verano, lo cual posibilita la utilización de la tierra con fines agrícolas, aunque de manera restringida. Este tipo de climas también se identifican en otras zonas territoriales del departamento de Puno.

#### **5.5.1.3. Clima semilluvioso y frígido con otoño e invierno seco, C(oip)D´.**

Este tipo climático se manifiesta sobre una superficie de 8055.56 Km<sup>2</sup>. Ocurre en la vertiente occidental de la cordillera de los andes. Altitudinalmente se ubica entre los 4060 msnm a 4140 msnm. Que estos tipos de climas se caracteriza por presentar la mayor parte laderas o pendientes medias y con una fisiografía inclinada, esto permite las labores agrícolas en menor escala mayormente en las andenerías, las precipitaciones oscilan entre 600 a 800mm/año del promedio histórico total anual, donde los índices de promedios evaporación históricas anuales pueden llegar a 1180mm al año variables por estación, invierno primavera que son secas, la temperatura promedio histórico media anual oscilan de un rango 8 a 10 °C Con presencias de heladas durante los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto, y Setiembre, al año, en este caso con más intensidad se presentan de otoño a parte de la estación primavera.

#### **5.5.1.4. Clima Semi lluvioso y frígido, con otoño, invierno y primavera secos, C(oip)E'**

Este tipo climático se manifiesta sobre las tierras situadas en la vertiente occidental de la cordillera. Que tienen influencias por vientos provenientes del mar, estas climas se caracteriza por presentar un piso ecológico de mayor predominante de pajonal, césped de puno. Y netamente la actividad principal es pecuaria camélidos. Y las precipitaciones de las nubes provenientes del norte y oscilan las precipitaciones entre 600mm a 850mm. del promedio histórico total anual, donde los índices de evaporación históricas anuales pueden superar a las precipitaciones en las estaciones de otoño, invierno primavera que son secas con menor presencia de precipitación, y la temperatura promedio histórico media anual de un promedio de 6 °C a 8°C, Con heladas durante los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto y Setiembre según los registros históricos anuales, que se registran en las estaciones meteorológicas.



### **5.6. Relación entre la producción de cultivos de papa con los elementos climáticos en la cuenca del río Zapatilla.**

Según las últimas informaciones, cerca de un tercio del calentamiento de la atmósfera y el cambio climático obedece a la agricultura. En general se reconoce que alrededor del 25% del principal gas que produce el efecto de invernadero, el bióxido de carbono, procede de la agricultura, sobre todo de la deforestación y la quema de biomasa. Los rumiantes domésticos, los incendios forestales, a la vez que la labranza convencional y la utilización de fertilizantes generan el 70% de los óxidos nitrosos.

Dado que la agricultura participa en tan gran medida en el problema del cambio climático, debe formar parte importante por igual de su solución. El informe de la FAO al COAG propone, a este respecto, que la organización elabore un programa integrado sobre el cambio climático que le permita desempeñar una función más activa en las negociaciones internacionales, difundir sus conocimientos de los sectores críticos pertinentes a la moderación del cambio climático, y dar apoyo a las medidas generales encaminadas a hacer más flexible a la agricultura ante la variación del clima.

Tabla 21. Relación entre elementos climáticos y cultivo de papa cuenca Zapatilla utilizando regresión múltiple no lineal.

Parámetros de regresión múltiple	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Coeficiente de intercepto C(1)	6.831682	11.19349	0.610326	0.5450
Oscilación de temperatura(X1)	-0.187551	0.217300	-0.863096	0.3931
Precipitación total (X2)	0.120213	0.087669	1.371215	0.1778
Humedad relativa (X3)	0.175222	0.344568	0.508526	0.6138
Velocidad de viento (X4)	-0.166941	0.333691	-0.500287	0.6195
R-squared	0.051915	Mean dependent var		9.183026
S.E. of regression	1.056897	Akaike info criterion		3.050874
Sum squared resid	45.79830	Schwarz criterion		3.249639

Fuente: elaboración propia

$$Y=6.831682X_1^{-0.187551} X_2^{0.120213} X_3^{0.175222} X_4^{-0.166941}$$

Para la cuenca de Zapatilla después de haber efectuado la determinación de los parámetros de la regresión múltiple de forma potencial, se observa de que los parámetros obtenidos no son significativos, es decir que la variables dependiente no está notoriamente explicado por las variables independientes que en nuestro caso están dadas por las variaciones de los elementos climáticos ( oscilación de temperatura, precipitación pluvial, humedad relativa y la velocidad del viento).

**5.6.1. Relación entre elementos climáticos y cultivo de papa cuenca Zapatilla utilizando regresión cuadrática.**

$$Y = 22.93 - 0.8648 X_1 + 0.009814 (X_1)^2$$

Donde: X = es la oscilación de la temperatura (°C)

Y = producción de la papa en (Tn/ha.)

Tabla 22. Análisis de variancia de la regresión entre la producción de papa y la oscilación de la temperatura de Zapatilla.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Probabilidad
Regresión	2	47.1485	23.5742	840.03	0.00012
Error	43	1.2067	0.0281		
Total	45	48.3552			

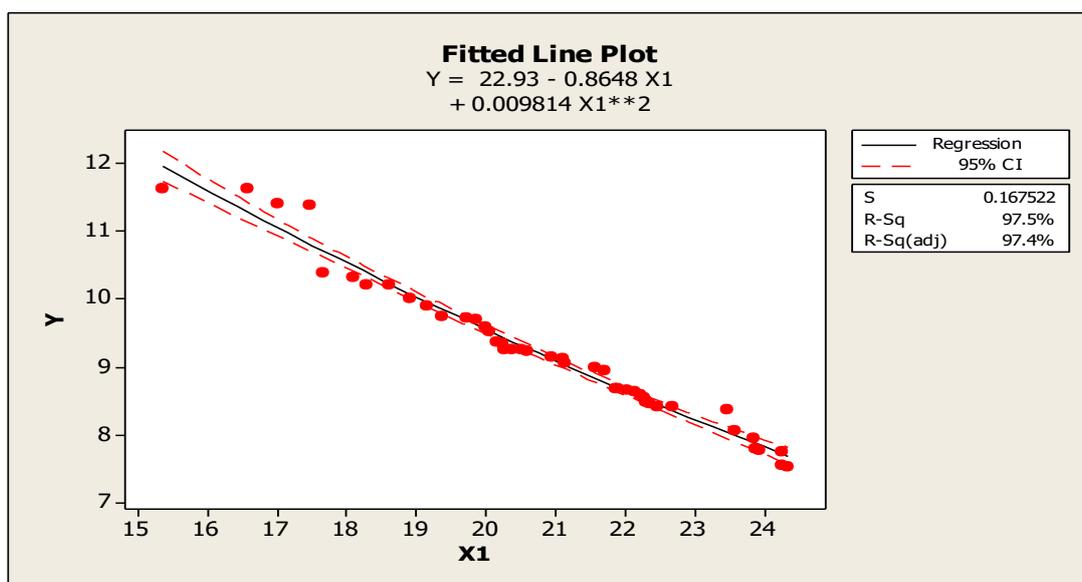
Fuente: elaboración propia.

Para el presente trabajo el análisis de variación de la regresión cuadrática es altamente significativo la misma que nos indica que la variable oscilación de temperatura explica a la producción de papa en la zona de Zapatilla, con un Fc de 840.03 y una probabilidad de 0.00012 que es inferior a la probabilidad de 0.05. La desviación estándar es de 0.1675 es confiable con un coeficiente de determinación  $r^2=97.5\%$  y el coeficiente de correlación es de  $r=0.98$  esto nos indica que existe una buena asociación entre la dispersión de datos y la línea

ajustada y los datos de dispersión están dentro de los límites de confianza. A continuación se muestran la figura correspondiente debidamente ilustrada.

$$S = 0.167522 \quad R\text{-Sq} = 97.5\% \quad R\text{-Sq(aj)} = 97.4\%$$

Figura 14. Se muestra la regresión cuadrática de la producción de papa y temperatura.



Fuente: Elaboración propia.

**5.6.2. Relación entre elementos climáticos y cultivo de Haba Cuenca Zapatilla utilizando regresión múltiple no lineal.**

Tabla 23. Determinación de regresión Múltiple producción de haba versus elementos climáticos en la zona de Zapatilla de producción de papa (TM/Ha)

Parámetros de regresión múltiple	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
----------------------------------	-------------	------------	-------------	-------

Coefficiente de intercepto C(1)	0.528592	1.253321	0.421753	0.6754
Oscilación de temperatura(X1)	0.141289	0.320673	0.440603	0.6618
Precipitación total (X2)	0.000774	0.122781	0.006302	0.9950
Humedad relativa (X3)	0.376054	0.499764	0.752463	0.4561
Velocidad de viento (X4)	0.516239	0.488594	1.056580	0.2969
R-squared	0.033622	Mean dependent var		0.999738
Adjusted R-squared	0.060658	S.D. dependent var		0.163901
S.E. of regression	0.168799	Akaike info criterion		0.617891
Sum squared resid	1.168221	Schwarz criterion		0.419126

Fuente: Elaboración propia

$$Y=0.528592X_1^{-0.141289}X_2^{0.000774}X_3^{0.376054}X_4^{-0.516239}$$

Se muestra la ecuación que representa la relación entre la producción de haba y los elementos climáticos. Para la zona de Zapatilla de haber efectuado la determinación de los parámetros de la regresión múltiple de forma potencial.

**5.6.3. Relación entre elementos climáticos y cultivo de haba cuenca Zapatilla utilizando regresión cuadrática.**

$$Y = 1.345 + 0.04335 X1 - 0.002833 (X1)^2$$

Donde: X = Es la oscilación de la temperatura (°C)

Y = producción de la haba en (Tn/ha.)

Tabla 24. Análisis de variancia de la regresión entre la producción de Haba y la oscilación de la temperatura de la cuenca de Zapatilla.

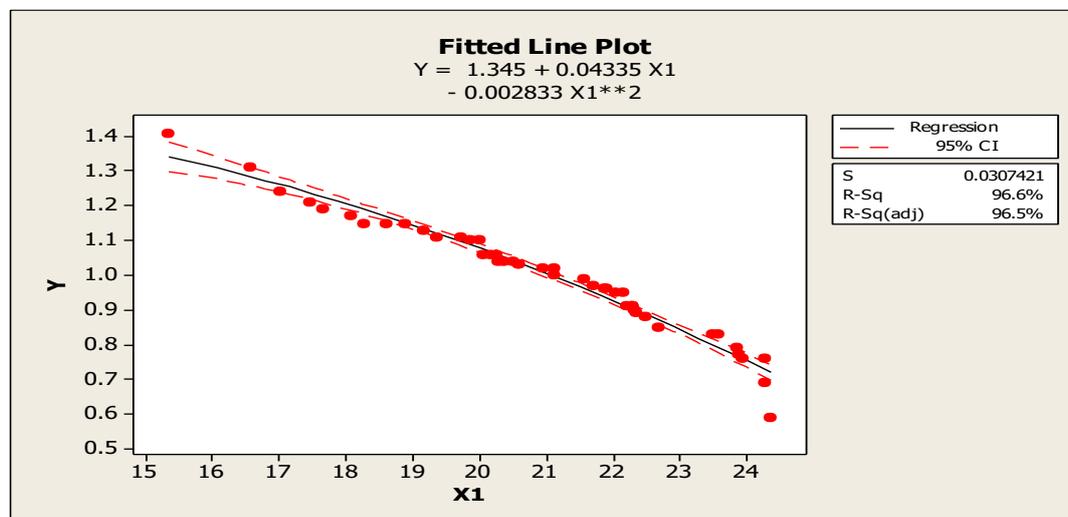
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Probabilidad
Regresión	2	1.16375	0.581877	615.69	0.000
Error	43	0.04064	0.000945		
Total	45	1.20439			

Fuente elaboración propia.

Para el presente trabajo el análisis de variación de la regresión cuadrática es altamente significativo la misma que nos indica que la variable oscilación de temperatura explica a la producción de haba en la zona de Zapatilla, con un Fc de 615.69 y una probabilidad de 0.000 que es inferior a la probabilidad de 0.05. La desviación estándar es de 0.0307421 es confiable con un coeficiente de determinación  $r^2=96.6\%$  y el coeficiente de correlación es de  $r=0.98$  esto nos indica que existe una buena asociación entre la dispersión de datos y la línea ajustada y los datos de dispersión están dentro de los límites de confianza. A continuación se muestran el Figura correspondiente debidamente ilustrado.

$$S = 0.0307421 \quad R\text{-Sq} = 96.6\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 96.5\%$$

Figura 15. Se muestra la regresión cuadrática de la producción de haba y temperatura.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Relación entre elementos climáticos y cultivo de Quinoa Cuenca Zapatilla utilizando regresión múltiple no lineal.

Parámetros de regresión múltiple	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Coefficiente de intercepto C(1)	1.958837	3.809923	0.514141	0.6099
Oscilación de temperatura (X1)	-0.102630	0.508354	-0.201887	0.8410
Precipitación total (X2)	0.050059	0.207939	0.240737	0.8110
Humedad relativa (X3)	-0.093698	0.208988	-0.448339	0.6563
Velocidad de viento (X4)	-0.212491	0.161198	-1.318195	0.1948
R-squared	0.043505	Mean dependent var		0.911558
S.E. of regression	0.228504	Akaike infcriterion		-0.012208
Sum squared resid	2.140769	Schwarz criterion		0.186557

Fuente: Elaboración Propia.

$$Y=1.958837X_1^{-0.102630}X_2^{0.050059} X_3^{-0.093698} X_4^{-0.212491}$$

Para la zona de zapatilla después de haber efectuado la determinación de los parámetros de la regresión múltiple de forma potencial, se observa de que los parámetros obtenidos no son significativos, es decir que la variables dependiente no está notoriamente explicado por las variables independientes que en nuestro caso están dadas por las variaciones de los elementos climáticos ( oscilación de temperatura, precipitación pluvial, humedad relativa y la velocidad del viento).

**5.6.5. Relación entre elementos climáticos y cultivo de quinua cuenca Zapatilla utilizando regresión cuadrática.**

$$Y = 8.087 - 0.6120 X + 0.01220 (X1)^2$$

Donde: X = es la oscilación de la temperatura (°C)

Y = producción de la quinua en (Tn/ha.)

Tabla 26. Análisis de variancia de la regresión entre la producción de quinua y la oscilación de la temperatura de Zapatilla

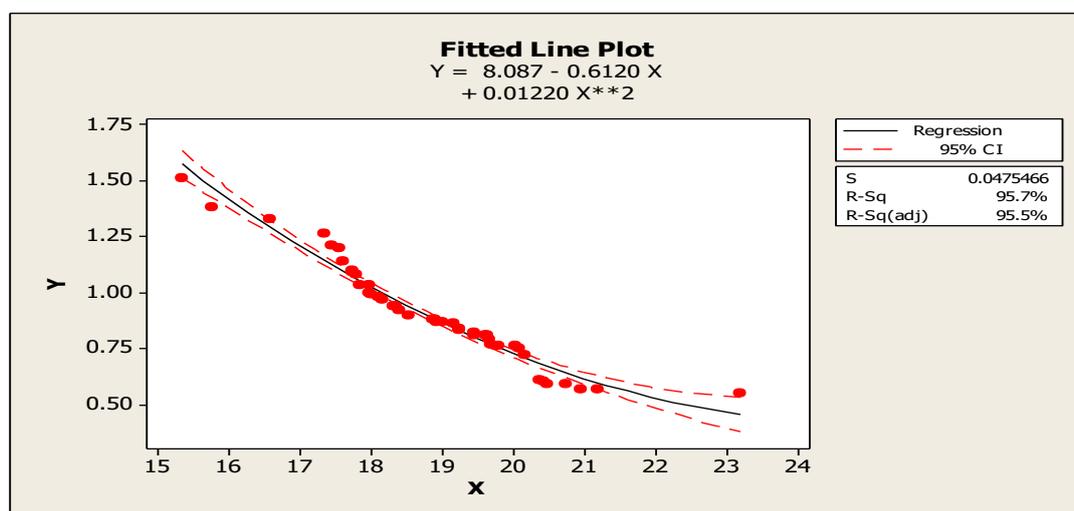
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Probabilidad
Regresion	2	2.14325	1.07163	474.03	0.000
Error	43	0.09721	0.00226		
Total	45	2.24046			

Fuente: Elaboración Propia.

Para el presente trabajo el análisis de variación de la regresión cuadrática es altamente significativo la misma que nos indica que la variable oscilación de temperatura explica a la producción de quinua en la zona de Zapatilla, con un Fc de 474.03 y una probabilidad de 0.000 que es inferior a la probabilidad de 0.05. La desviación estándar es de 0.0475466 es confiable con un coeficiente de determinación  $r^2=95.7\%$  y el coeficiente de correlación es de  $r= 0.97$  esto nos indica que existe una asociación entre la dispersión de datos y la línea ajustada y los datos de dispersión están dentro de los límites de confianza. A continuación se muestran la figura correspondiente debidamente ilustrado.

$$S = 0.0475466 \quad R\text{-Sq} = 95.7\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 95.5\%$$

Figura 16. Se muestra la regresión cuadrática de la producción de quinua y temperatura.



Fuente: Elaboración Propia.

## CONCLUSIONES.

1. Se han identificado cuatro tipos de microclimas en la cuenca de Zapatilla Clima lluvioso frio, con otoño, invierno primavera seco, B(oip)C', Clima semilluvioso y frio con otoño, invierno, primavera, seco C(oip)C', Clima semilluvioso y frígido con otoño e invierno seco, C(oip)D', Clima Semilluvioso y frígido, con otoño, invierno y primavera secos, C(oip)E'.
2. Se realizo estudios sobre el relieve fisiográfico y cobertura vegetal; obteniendo el mapa de curvas a nivel, mapa de zonas de vida, mapa de precipitación, temperatura, polígono de thiessen, donde sobreponiendo estos mapas en arc gis, se obtuvo el mapa de microclimas de la cuenca de zapatilla.
3. Los cultivos adaptables a los microclimas de la cuenca de zapatilla son: La papa, habas y quinua. Ya que la temperatura es optima para los tres cultivos.

### **RECOMENDACIONES.**

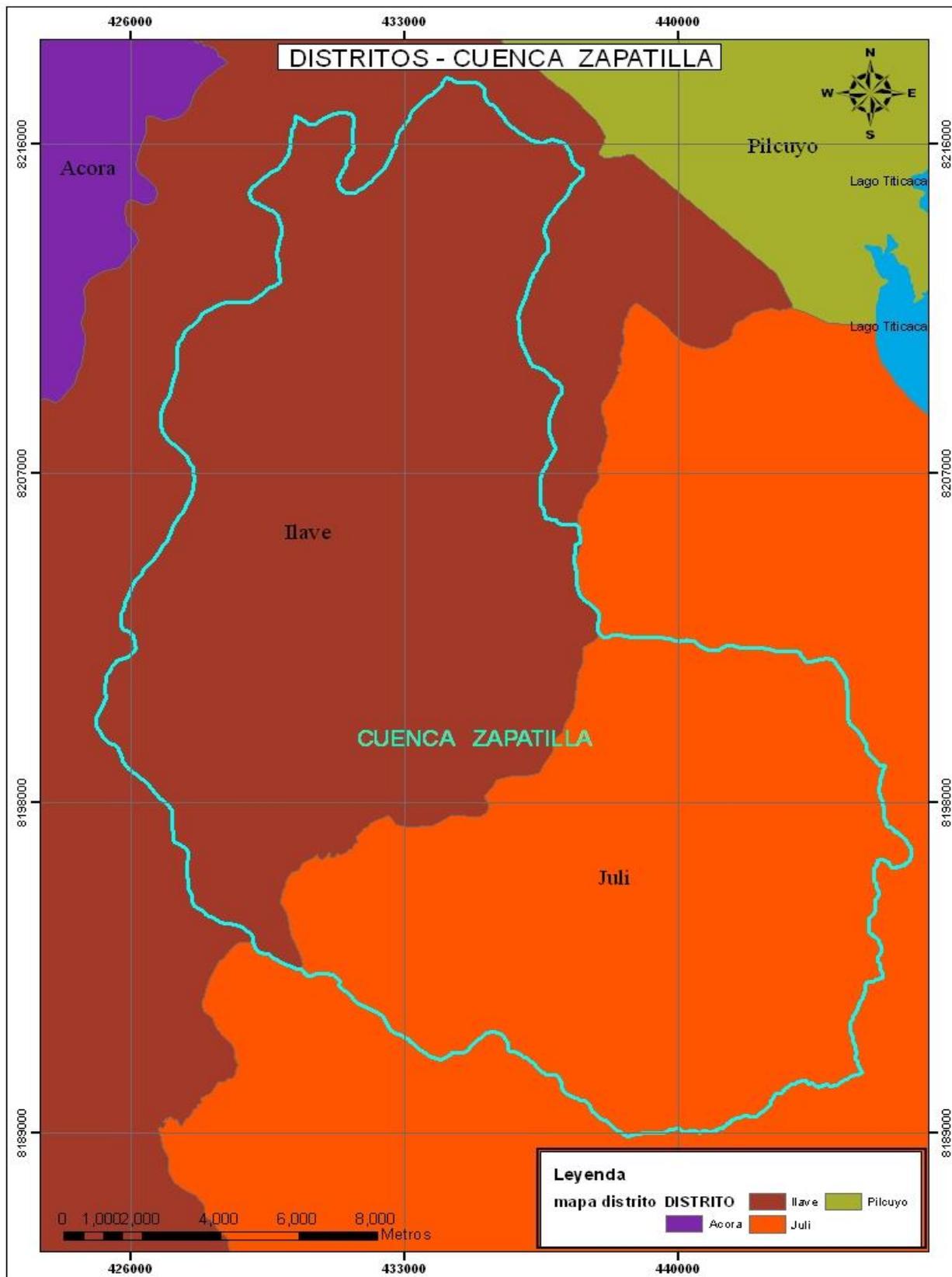
1. Realizar trabajos de investigación similares considerando mayor cantidad de observaciones de elementos meteorológicos con el fin de establecer planes de manejo de desarrollo sostenible de los recursos naturales más importantes tales como el recurso hídrico y suelos agrícolas.
2. Modelar con los mapas de microclimas, zonas de vida, precipitación y temperatura.
3. Aplicar el análisis dimensional para la determinación de una relación coherente en unidades que con una posterior calibración pueden dar un modelo empírico que sea más eficiente que un modelo de regresión.

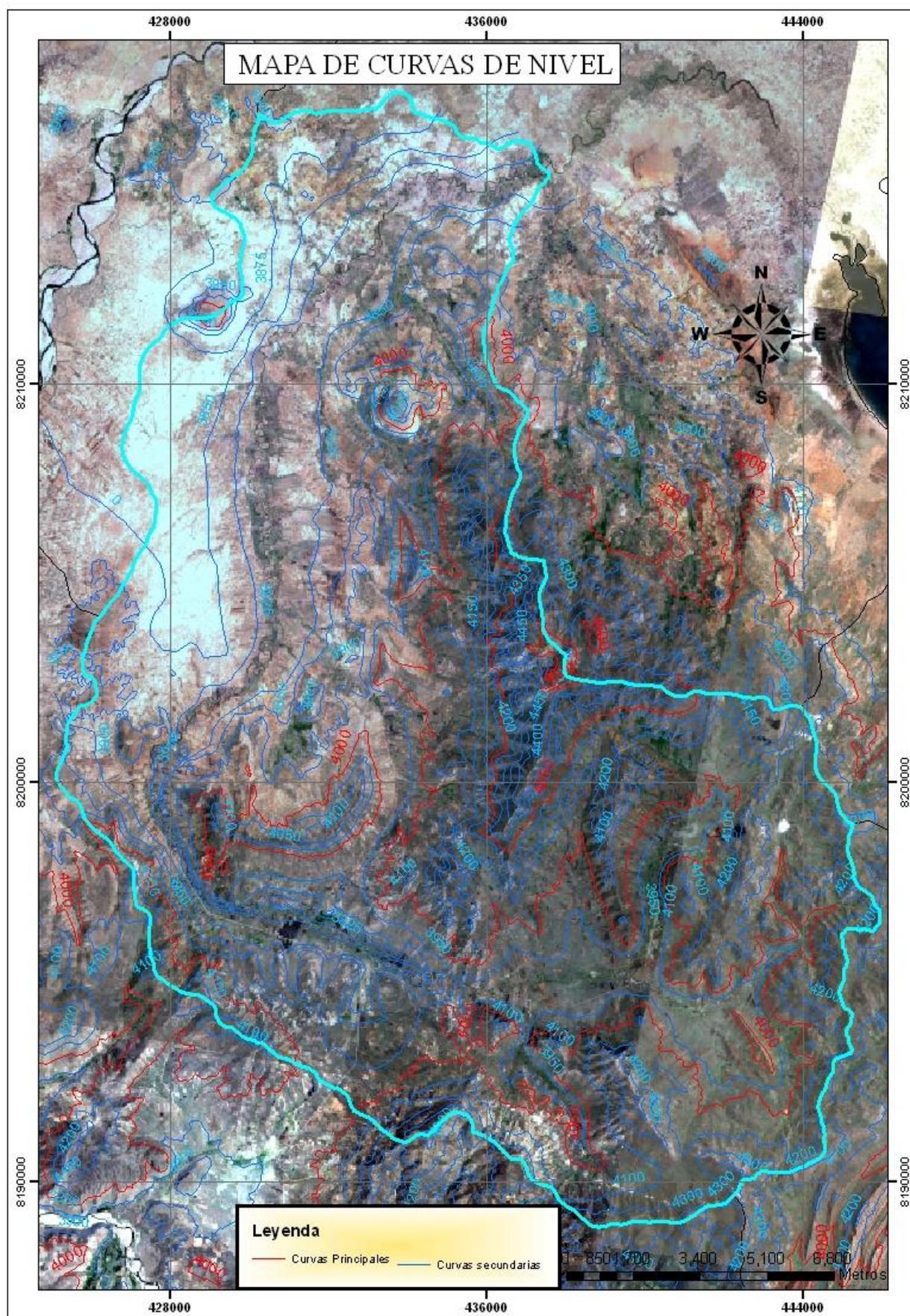
**BIBLIOGRAFIA.**

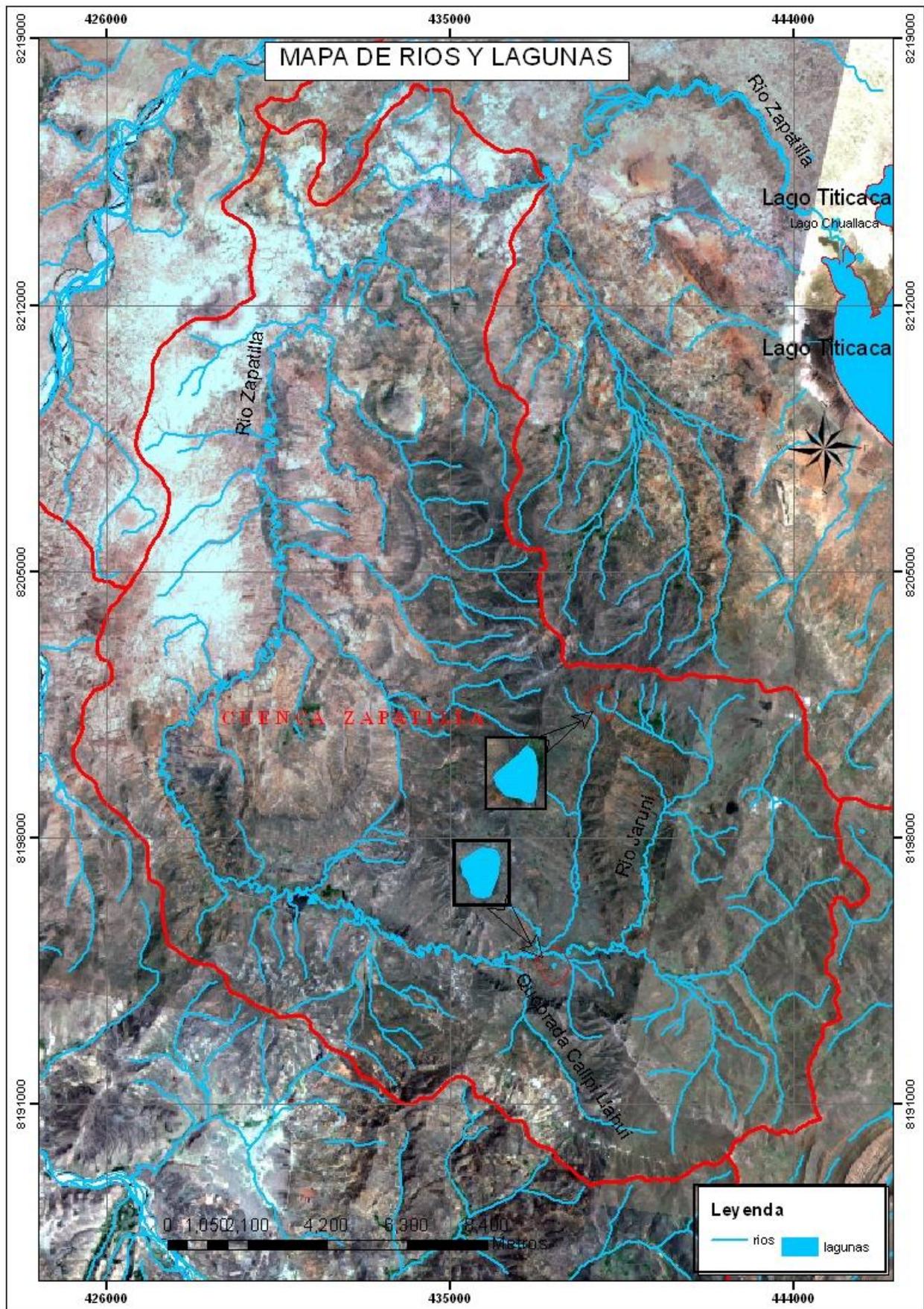
1. CASTRO, 2008. Manual de procedimientos para las Estaciones Meteorológicas.80p.
2. CASTILLO, 2001. Agrometeorología. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España 517 p.
3. CAZABONE, 1997. Ciencias De La Tierra. Editorial Eneva. 2da Edición. Caracas.
4. CHOW, V. 1994. "Hidrología Aplicada", Me. Graw Hill, Editorial Nosmos S.A. Bogotá.
5. ECHARRI, 2003. Libro electrónico ciencias de la tierra y el medio ambiente.
6. HARNETT DONALD L. 1980. "Introducción al análisis estadístico" Addison-Wesley Iberoamericana.
7. IBÁÑEZ (2010), "Análisis de Regresión Múltiple"
8. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA (INEI). 2008.
9. MEDRANO S. 2007. Procedimiento MA-TEM04-04/03: Calibración de higrómetros en higróstatos de sales saturadas & Calibración de generadores de humedad. MetAs, Metrólogos Asociados. Cd. Guzmán, Jalisco, México.
10. MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES. 1998. "Manual de Zonificación Ecológica Económica Para La Amazonia Peruana", Lima Perú.
11. PONCE, R. 1998. "Zonificación Ecológica - Económica: Una Propuesta Metodológica para la Amazonia." Caracas, Venezuela.

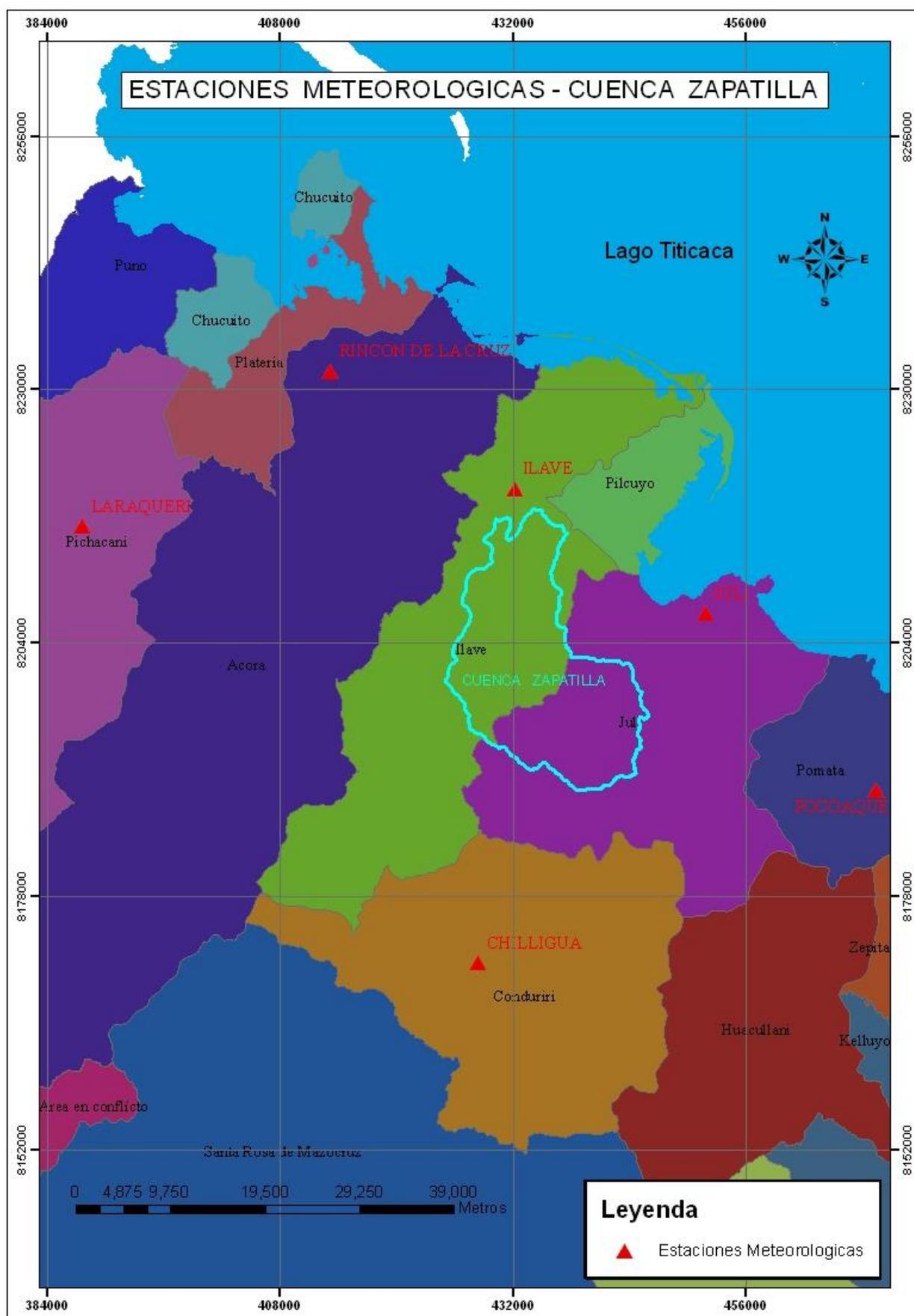
12. QUEREDA, 2005. Escenarios climáticos y recursos hídricos sobre la región de Murcia a mediados del siglo XXI. Laboratorio de clima. Universitat Jaume I.
13. QUADRAT, 2006. Climatología. Ediciones Cátedra S. A. Madrid, España 496 pág.
14. RINCON, 2005. Metodología para detectar observaciones influyentes sobre las estadísticas SCT, SCR, R<sup>2</sup> y T en Modelos de regresión lineal múltiple Universidad Nacional de Colombia.
15. THORNTHWAITE, W. 1931. "The Climates of North America: According to a New Classification". EE.UU.
16. TREWARTHA, T. 1995. An Introduction to Climate. New York: McGraw-Hill Book Co.
17. VÁSQUEZ, A. 1997. "Manejo De Cuencas Alto andinas." Lima - Perú
18. VILLÓN, M. 2001. "Hidrología." Segunda Edición. Editorial Villón. Lima, Perú.
19. WEIERS, R. M. 2008. Introducción a la Estadística para Negocios. México.
20. ZUÑIGA, I. CRESPO, E. 2010. Meteorología y climatología. Segunda Edición. Madrid, España 247 pág.
21. [Http://www.fao.org/ag/agL/agll/rla128/iiap/IIAP3/iiap3-portada.htm](http://www.fao.org/ag/agL/agll/rla128/iiap/IIAP3/iiap3-portada.htm),  
TopOfPage
22. [Http://www.unesco.org/new/es](http://www.unesco.org/new/es).

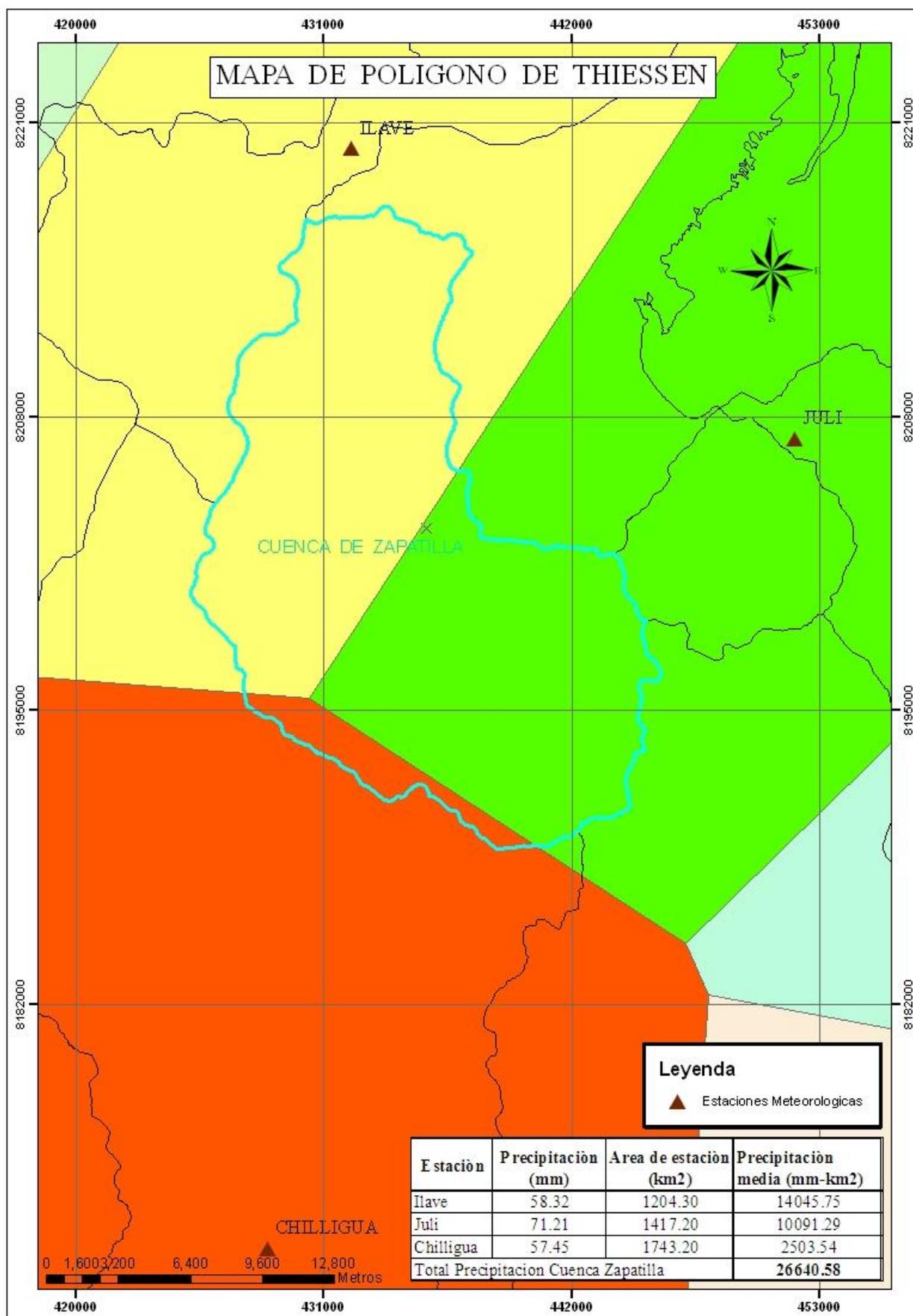
ANEXOS. PLANOS DE LA CUENCA DE ZAPATILLA.

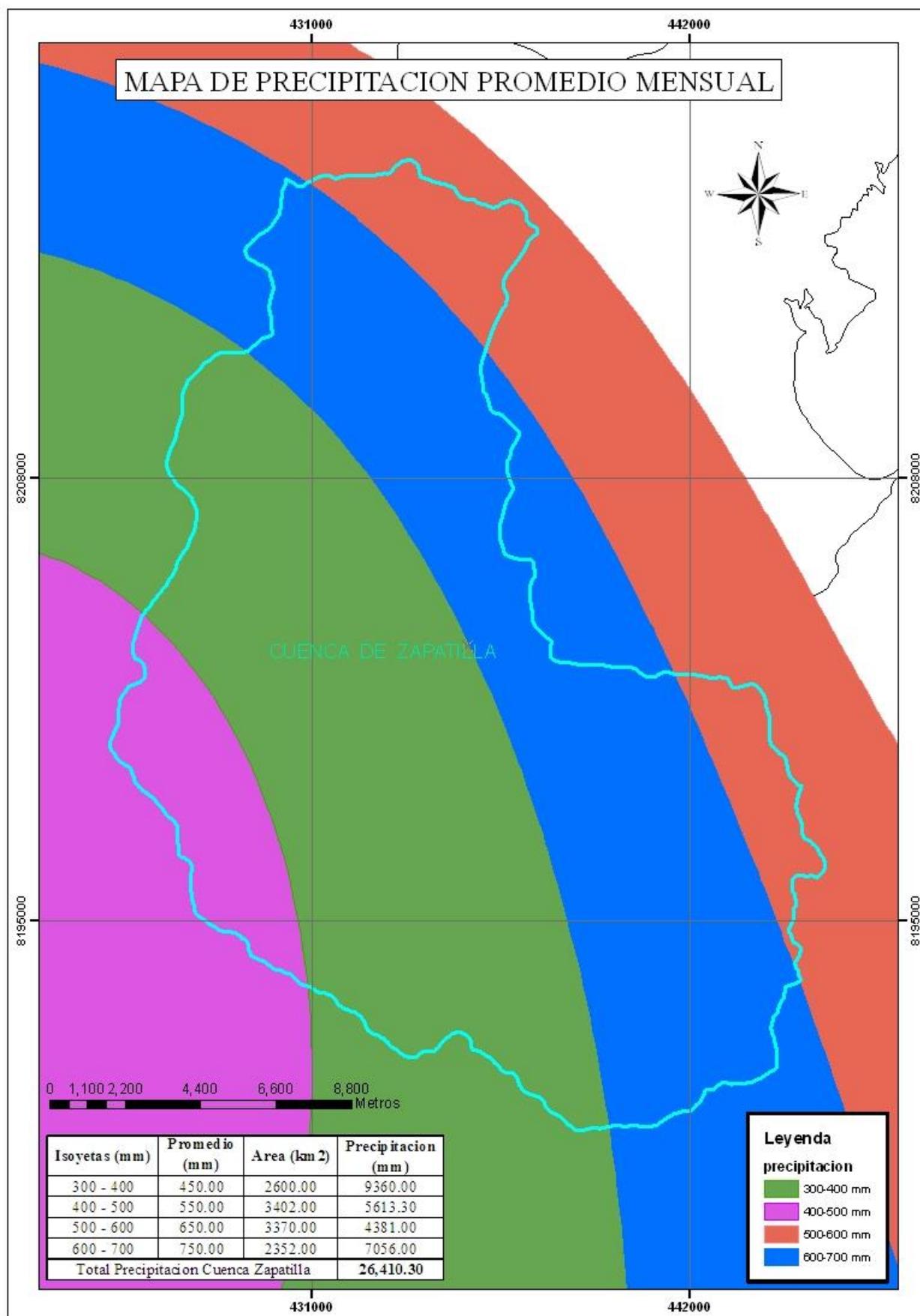


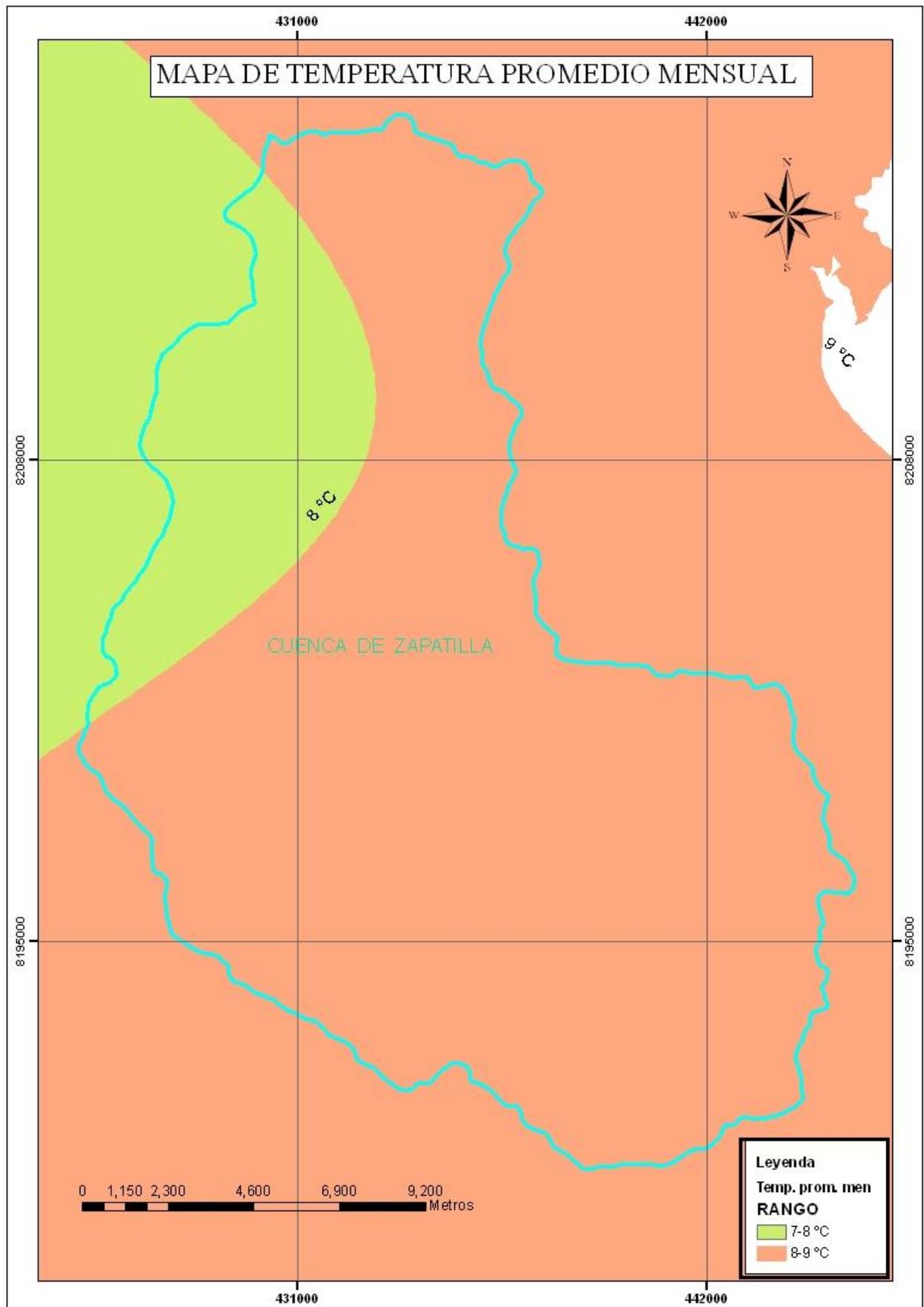












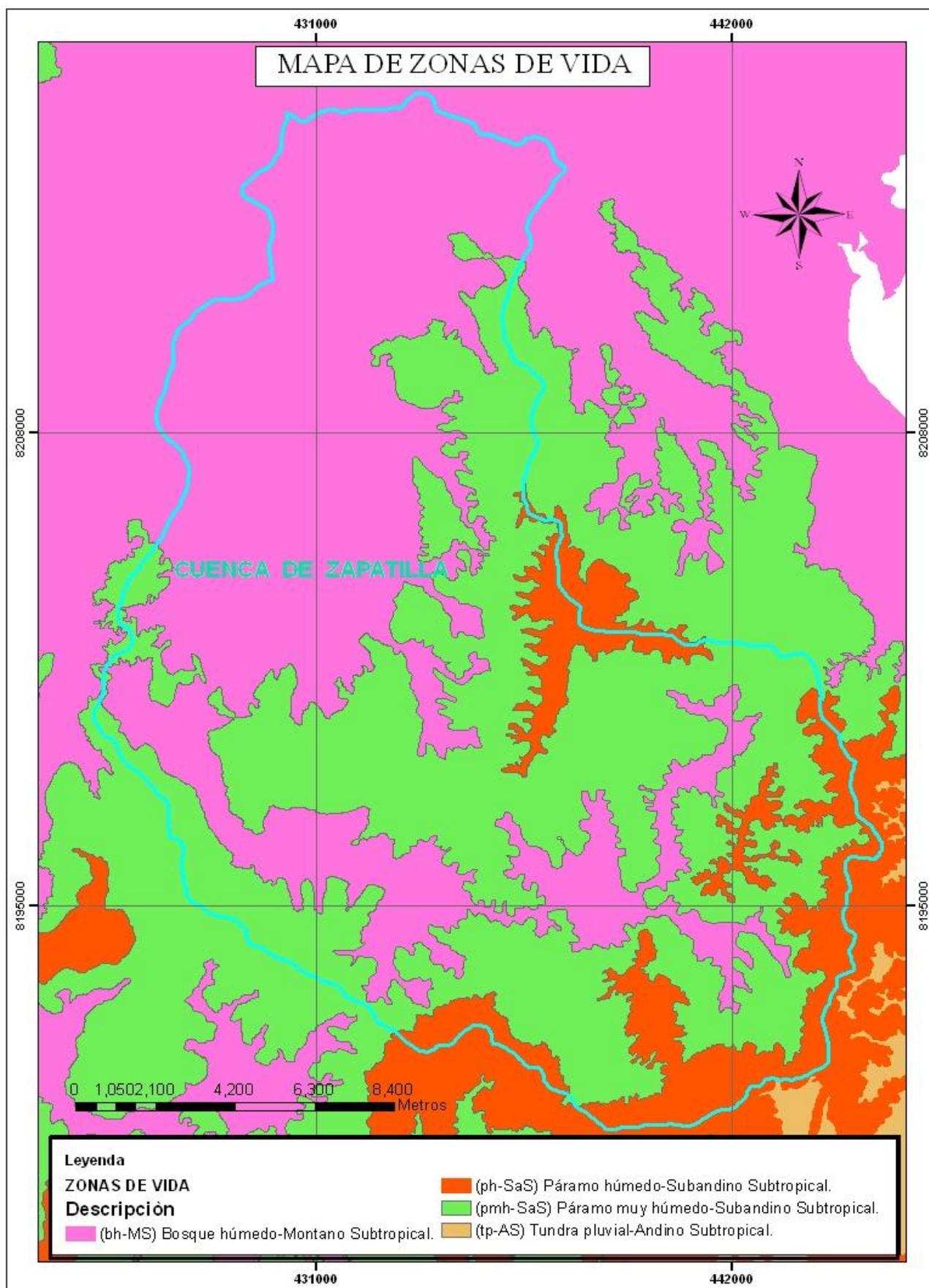




Foto 01. Tomando puntos con GPS.



Foto 02. Vista panorámica de la cuenca de Zapatilla.



Foto 03. Rio Zapatilla de la cuenca de Zapatilla.