

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST GRADO
MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA
ESPECIALIDAD EN AGROECOLOGÍA



**EVALUACIÓN DE ELEMENTOS CLIMÁTICOS DE LA
MICROCUENCA PUNO CON FINES DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA**

TESIS

PRESENTADA POR:

VÍCTOR MANUEL ESPINOZA PINEDO

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAGÍSTER SCIENTIAE EN AGROECOLOGÍA**



PUNO - PERÚ

2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - Puno

BIBLIOTECA CENTRAL

Fecha Ingreso: 04 OCT. 2012

N° 00224

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POST GRADO

MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA

TESIS PRESENTADA POR:

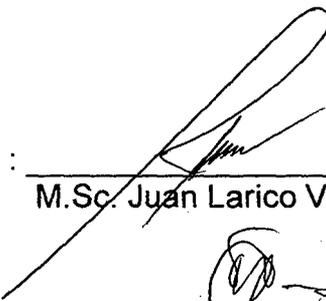
VÍCTOR MANUEL ESPINOZA PINEDO

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER SCIENTIAE

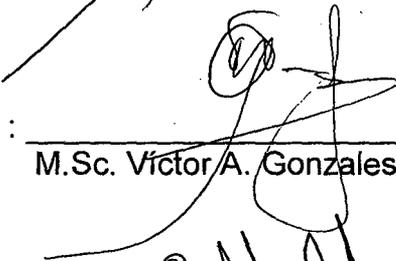
EN AGROECOLOGÍA

Aprobada por el Jurado Revisor conformado por:

PRESIDENTE

: 
M.Sc. Juan Larico Vera

PRIMER MIEMBRO

: 
M.Sc. Víctor A. Gonzales Gonzales

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. Fredy Calizaya Llatasi

ASESOR

: 
M.Sc. Oscar R. Mamani Luque

PUNO – PERÚ

2010

DEDICATORIA

A la memoria de mis queridos padres
Jaime y Paulina, y padre político
Ceferino

A mis queridos hermanos Adrian, Delia,
Floria, Regia, Mérida y Dina

A mi querida Esposa Ángela por su
apoyo moral brindado para la
cristalización de mi meta.

A mis queridos Hijos Marylin, Jaime,
Gina Paola, Brighyd Manoli y Víctor
Stevens.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Postgrado, Maestría de Agricultura Andina, Especialidad Agroecología

A los docentes postgraduados por sus sabias enseñanzas quienes demostraron su interés en el desarrollo de las diferentes materias de la maestría.

Al M.Sc. Oscar Raúl Mamani Luque, asesor del presente trabajo quien me inculcó su sapiencia, experiencia e interés para la ejecución y culminación de mi trabajo de investigación.

Al Ing. Jaime Espinoza Alarcón por el apoyo incondicional en el uso y manejo de software estadístico y software hidrológico utilizados en el presente trabajo.

A mis colegas, amigos, y personas que me alentaron y colaboraron durante mis estudios

ÍNDICE GENERAL

Pág.

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN.....	01
ABSTRACT.....	02
INTRODUCCIÓN.....	05
CAPITULO I.....	06
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	06
1.1. Planteamiento del Problema.....	06
1.2. Justificación.....	07
1.3. Antecedentes.....	08
1.4. Objetivos.....	09
1.5. Hipótesis.....	10
CAPÍTULO II.....	12
MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. Climatología.....	12
2.2. Variables Climáticas.....	14
2.2.1. Precipitación.....	14
2.2.1.1. Tipos de Precipitación en Función de Los Procesos de Formación.....	14
2.2.1.2. Medición de La Precipitación.....	17
2.2.2. Temperatura.....	20
2.2.2.1. Medición de La Temperatura.....	23

2.2.2.2.	Escalas de Temperatura.....	25
2.2.2.3.	Variaciones de Temperatura.....	27.
2.1.3.	Heliofanía.....	30
2.1.3.1.	Medición de La Heliofanía.....	32
2.1.3.2.	Aplicación Práctica de La Información Técnica De Heliofanía en La Agricultura.....	33
2.1.4.	Humedad Relativa.....	35
2.1.4.1.	Medición de la Humedad Relativa.....	36
2.3.	Análisis de Consistencia de las Variables Climáticas En Estudio.....	38
2.4.	Variación de los Elementos Climáticos de Precipitación Temperatura, Heliofanía y Humedad Relativa.....	42
2.4.4.	Estructura Estadística de las Variables Climáticas.....	42
2.4.4.1.	Diseño Experimental.....	42
2.5.	Teoría de Regresión y Correlación.....	52
2.5.1.	Teoría de Regresión.....	52
2.5.2.	Correlación Lineal Simple.....	53
2.5.3.	Regresión Simple y Correlación.....	53
2.5.4.	Análisis Estadístico: Regresión Lineal Simple.....	55
2.5.5.	Coefficiente de Correlación.....	55
2.5.6.	Coefficiente de Determinación R^2 o r^2	57
2.5.7.	Análisis de Regresión.....	57
2.6.	Índices Climáticos para su uso en modelos Matemáticos Climáticos.....	63
2.6.1.	Tiempo Reinante.....	63

2.6.2. Amplitud de P/H y Tiempo Reinante.....	63
2.6.3. Coeficiente P/H.....	63
2.6.4. Precipitación Porcentual (%P).....	63
2.6.5. Índice de Iluminación.....	64
2.7. Cuenca.....	64
CAPITULO III.....	67
METODOLOGÍA.....	67
3.1. Lugar de Ejecución.....	67
3.2. Registros.....	68
3.3. Metodología.....	69
3.3.1. Análisis de Consistencia.....	69
3.3.2. Estructura de las Variables Climáticas.....	70
3.3.3. Diseño Bloque Completo Al Azar. (DBCA).....	71
3.3.4. Asociación Entre Variables.....	73
3.3.4.1. Correlación Precipitación – Temperatura.....	73
3.3.4.2. Correlación Precipitación – Heliofanía.....	74
3.3.4.3. Correlación Precipitación - Humedad Relativa.....	74
3.3.4.4. Correlación Temperatura - Heliofanía.....	75
3.3.4.5. Correlación Heliofanía – Humedad Relativa.....	75
3.3.5. Correlación y Regresión Múltiple.....	76
3.3.5.1. Correlación y Regresión Múltiple Precipitación con Temperatura, Humedad Relativa y Heliofanía.....	76
3.3.5.2. Correlación y Regresión Múltiple Temperatura con Precipitación, Heliofanía y Humedad Relativa.....	77

3.3.5.3. Correlación y Regresión Múltiple Heliofanía con Precipitación, Temperatura y Humedad Relativa.....	77
3.3.5.4. Correlación y Regresión Múltiple Humedad Relativa con Precipitación, Temperatura y Heliofanía.....	78
3.3.6. Correlación y Regresión Múltiple, entre Rendimiento Anual de Cultivos y las Variables Climáticas.....	79
3.3.6.1. Correlación y Regresión Múltiple, Entre el Rendimiento Anual de Papa y las Variables Climáticas, Precipitación, Temperatura, Heliofanía y Humedad Relativa.....	79
3.3.6.2. Correlación y Regresión Múltiple, Entre el Rendimiento Anual de Quinoa y las Variables Climáticas, Precipitación, Temperatura, Heliofanía y Humedad Relativa.....	80
3.3.6.3. Correlación y Regresión Múltiple, Entre el Rendimiento Anual de Haba y las Variables Climáticas, Precipitación, Temperatura, Heliofanía y Humedad Relativa.....	81
3.3.7. Determinación de Índices Climáticos para su Uso en Modelos Matemáticos Climáticos.....	81
CAPITULO IV.....	83
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	83
4.1. Análisis de Consistencia.....	83
4.1.1. Análisis de Salto.....	83
4.1.1.1. Análisis de Salto de Precipitación Media Mensual.....	83
4.1.1.2. Análisis de Salto de Temperatura Media.....	84
4.1.1.3. Análisis de Salto de Heliofanía Mensual.....	85
4.1.1.4. Análisis de Salto de Humedad Relativa Mensual.....	85

4.1.2. Análisis de Doble Masa.....	86
4.1.2.1. Análisis de Doble Masa de Precipitación Media Anual.....	86
4.1.2.2. Análisis de Doble de Temperatura Media Anual.....	87
4.1.2.3. Análisis de Doble Masa de Heliofanía Media Anual.....	88
4.1.2.4. Análisis de Doble Masa de Humedad Relativa.....	88
4.2. Análisis de Varianza de los Variables Climáticas en Estudio.....	89
4.2.1. Análisis de Varianza de la Precipitación Media Mensual de la Estación Meteorológica Puno.....	89
4.2.2. Análisis de Varianza de la Temperatura Media Mensual de la Estación Meteorológica Puno.....	91
4.2.3. Análisis de Varianza de la Heliofanía Mensual de la Estación Meteorológica Puno.....	92
4.2.4. Análisis de Varianza de la Humedad Relativa Mensual de la Estación Meteorológica Puno.....	94
4.3. Correlación Lineal Entre Variables Climáticas.....	95
4.3.1. Correlación Lineal Precipitación Media Mensual – Temperatura Media Mensual.....	95
4.3.1.1. Resultados Obtenidos del Mes de Enero.	96
4.3.2. Correlación Lineal Precipitación Media Mensual – Heliofanía Media Mensual.....	97
4.3.2.1. Resultados Obtenidos del Mes de Enero.....	98

4.3.3. Correlación Lineal Precipitación Media Mensual – Humedad Relativa.....	99
4.3.3.1. Resultados Obtenidos del Mes de Enero.....	100
4.3.4. Correlación Lineal Temperatura Media Mensual – Heliofanía.....	101
4.3.4.1. Resultados Obtenidos del Mes de Enero.....	102
4.3.5. Correlación Lineal Heliofanía Media Mensual – Humedad Relativa.....	103
4.3.5.1. Resultados Obtenidos del Mes de Enero.....	104
4.4. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Entre Variables Climáticas.....	106
4.4.1. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Precipitación, Temperatura, Heliofanía , Humedad Relativa.....	106
4.4.1.1. Datos.....	106
4.4.1.2. Resultados Obtenidos Con El Software Statgraphics Plus 5.1.....	106
4.4.2. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Temperatura, Precipitación, Heliofanía, Humedad Relativa.....	107
4.4.2.1. Datos.....	107
4.4.2.2. Resultados Obtenidos con el Software Statgraphics Plus 5.1.....	107
4.4.3. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Heliofanía, Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa.....	109
4.4.3.1. Datos.....	109

4.4.3.2. Resultados Obtenidos con el Software Statgraphics Plus	
5.1.....	109
4.4.4. Correlación y Regresión lineal Lineal Múltiple Humedad Relativa, Precipitación, Temperatura, Heliofanía.....	110
4.4.4.1. Datos.....	110
4.4.4.2. Resultados Obtenidos con el Software Statgraphics Plus	
5.1.....	111
4.5. Correlación y Regresión Lineal Múltiple de Rendimientos de Cultivos con Las Variables Climáticas en Estudio.	112
4.5.1. Correlación Rendimiento Papa con Precipitación, Temperatura, Horas De Sol, Humedad Relativa.....	112
4.5.1.1. Datos.....	112
4.5.1.2. Resultados Obtenidos con el Software Statgraphics Plus Ver.	
5.1.....	112
4.5.2. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Rendimiento Quinoa Con Precipitación, Temperatura, Heliofanía, Humedad Relativa	113
4.5.2.1. Datos.....	113
4.5.2.2. Resultados Obtenidos con el Software Statgraphics Plus Ver.	
5.1.....	114
4.5.3. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Rendimiento Haba con Precipitación, Temperatura, Heliofanía, Humedad Relativa.....	115
4.5.3.1. Datos.....	115
4.5.3.2. Resultados Obtenidos con el Software Statgraphics Plus Ver.	
5.1.....	115
4.6. Determinación de Índices Climáticos.....	116

4.6.1. Determinación del Tiempo Reinante a partir del Coeficiente P/H Mensual.....	116
4.6.2. Determinación del Tiempo Reinante a partir de la Precipitación Porcentual.....	117
4.6.3. Índice de Iluminación.....	117
CONCLUSIONES.....	118
RECOMENDACIONES.....	119
BIBLIOGRAFÍA.....	121
ANEXOS.....	124

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO N.º. 1: CARACTERÍSTICAS DE LA ATMÓSFERA EN DISTINTAS ALTURAS. PROMEDIOS VÁLIDOS PARA LAS LATITUDES TEMPLADAS.....	36
CUADRO N.º. 2: TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL DISEÑO BLOQUE COMPLETO AL AZAR (DBCA).....	48
CUADRO N.º. 3: DATOS ORDENADOS DE TRATAMIENTOS Y BLOQUES.....	72
CUADRO N.º. 4: DATOS ORDENADOS DE PRECIPITACIÓN MENSUAL Y TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN.....	73
CUADRO N.º. 5: DATOS ORDENADOS DE PRECIPITACIÓN MENSUAL Y HELIOFANÍA MENSUAL DE 15 AÑOS DE OBSERVA- CIÓN.....	74
CUADRO N.º. 6: DATOS ORDENADOS DE PRECIPITACIÓN MENSUAL Y HUMEDAD RELATIVA DE 15 AÑOS DE OBSERVA- CIÓN.....	74
CUADRO N.º. 7: DATOS ORDENADOS DE TEMPERATURA MENSUAL Y HELIOFANÍA DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN.....	75
CUADRO N.º. 8: DATOS ORDENADOS Y HELIOFANÍA MENSUAL Y HUMEDAD RELATIVA MENSUAL DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN.....	75
CUADRO N.º. 9: DATOS ORDENADOS DE PRECIPITACIÓN, TEMPE- RATURA, HUMEDAD RELATIVA Y HELIOFANÍA	

DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN.....	76
CUADRO N° 10: DATOS ORDENADOS DE TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN, HUMEDAD RELATIVA Y HELIOFANÍA DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN.....	77
CUADRO N° 11: DATOS ORDENADOS DE HELIOFANÍA, HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN, Y DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN.....	77
CUADRO N° 12: DATOS ORDENADOS DE HUMEDAD RELATIVA, HELIOFANÍA, TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN, DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN.....	78
CUADRO N° 13: DATOS ORDENADOS DE RENDIMIENTO PAPA, HUMEDAD RELATIVA, HELIOFANÍA, TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN..	79
CUADRO N° 14: DATOS ORDENADOS DE RENDIMIENTO QUINUA, HUMEDAD RELATIVA, HELIOFANÍA, TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN..	80
CUADRO N° 15: DATOS ORDENADOS DE RENDIMIENTO HABA, HUMEDAD RELATIVA, HELIOFANÍA, TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN..	81

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA N° 1: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE CLIMÁTICA PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL.....	90
TABLA N° 2: PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA LA VARIABLE CLIMÁTICA PRECIPITACIÓN.....	90
TABLA N° 3: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE CLIMÁTICA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL.....	81
TABLA N° 4: PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA LA VARIABLE CLIMÁTICA TEMPERATURA.....	92
TABLA N° 5: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE CLIMÁTICA HELIOFANÍA MENSUAL.....	93
TABLA N° 6: PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA LA VARIABLE CLIMÁTICA HELIOFANÍA.....	93
TABLA N° 7: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE CLIMÁTICA HUMEDAD RELATIVA.....	94
TABLA N° 8: PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA LA VARIABLE CLIMÁTICA HUMEDAD RELATIVA.....	95
TABLA N° 9: COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (r) Y DE REGRESIÓN (b) LINEAL SIMPLE PRECIPITACIÓN – TEMPERATURA.....	96
TABLA N° 10: DATOS ORDENADOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS.....	96
TABLA N° 11: ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA.....	96
TABLA N° 12: COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (r) Y DE REGRESIÓN (b)	

	LINEAL SIMPLE PRECIPITACIÓN – HELIOFANÍA.....	98
TABLA N°.	13: DATOS ORDENADOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS.....	98
TABLA N°.	14: ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN DE LAS VARIABLES CLIMÁTICA PRECIPITACIÓN – HELIOFANÍA.....	98
TABLA N°.	15: COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (r) Y DE REGRESIÓN (b) LINEAL SIMPLE PRECIPITACIÓN – HUMEDAD RELATIVA ..	100
TABLA N°.	16: DATOS ORDENADOS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS...	100
TABLA N°.	17: ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS.....	100
TABLA N°.	18: COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (r) Y DE REGRESIÓN (b) LINEAL SIMPLE TEMPERATURA – HELIOFANÍA.....	102
TABLA N°.	19: DATOS ORDENADOS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS	102
TABLA N°.	20: ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS.....	102
TABLA N°.	21: COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (r) Y DE REGRESIÓN (b) LINEAL SIMPLE HELIOFANÍA – HUMEDAD RELATIVA.	104
TABLA N°.	22: DATOS ORDENADOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS HELIOFANÍA Y HUMEDAD RELATIVA.....	104
TABLA N°.	23: ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN DE LAS VARIA- BLES CLIMÁTICAS HELIOFANÍA-HUMEDAD RELATIVA	105
TABLA N°.	24: DATOS ORDENADOS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS.....	106
TABLA N°.	25: ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN MÚLTIPLE DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS.....	106
TABLA N°.	26: DATOS ORDENADOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS.....	107

TABLA N°.	27:	ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS.....	108
TABLA N°.	28:	DATOS ORDENADOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS.....	109
TABLA N°.	29:	ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS.....	109
TABLA N°.	30:	DATOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS.....	111
TABLA N°.	31:	ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS.....	111
TABLA N°.	32:	DATOS DE RENDIMIENTO DE PAPA Y DE VARIABLES CLIMÁTICAS.....	112
TABLA N°.	33:	ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN MÚLTIPLE, RENDIMIENTO DE PAPA Y VARIABLES CLIMÁTICAS.....	112
TABLA N°.	34:	DATOS DE RENDIMIENTO DE QUINUA Y DE VARIABLES CLIMÁTICAS.....	113
TABLA N°.	35:	ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN MÚLTIPLE DE RENDIMIENTO DE QUINUA Y VARIABLES CLIMÁTICAS	114
TABLA N°.	36:	DATOS ORDENADOS DE RENDIMIENTO HABA Y DE VARIABLES CLIMÁTICAS.....	115
TABLA N°.	37:	ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN MÚLTIPLE DE RENDIMIENTO DE HABA Y VARIABLES CLIMÁTICAS.....	115
TABLA N°.	38:	AMPLITUD DE P/H Y TIEMPO REINANTE.....	116
TABLA N°.	39:	TIEMPO REINANTE A PARTIR DE LA PRECIPITACIÓN PORCENTUAL MENSUAL.....	117
TABLA N°.	40:	PROMEDIOS MENSUALES ÍNDICE DE ILUMINACIÓN	117

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°. 1: Histograma de Precipitación Media Mensual- Estación Puno Periodo (1994-2008).....	83
Figura N°. 2: Histograma de Temperatura Media Mensual - Estación Puno Periodo (1994-2008).....	84
Figura N°. 3: Histograma de Heliofanía Mensual - Estación Puno Periodo (1994-2008)	85
Figura N°. 4: Histograma de Humedad Relativa - Estación Puno Periodo (1994-2008)	85
Figura N°. 5: Diagrama de Doble Masa de Precipitación Media Anual - Estación Puno.....	86
Figura N°. 6: Diagrama de Doble Masa de Temperatura Media Anual - Estación Puno.....	87
Figura N°. 7: Diagrama de Doble Masa de Heliofanía Media Anual - Estación Puno.....	88
Figura N°. 8: Diagrama de Doble Masa de Humedad Relativa Promedio Anual - Estación Puno.....	88

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO I: DATOS METEOROLÓGICOS.....	125
TABLA N°. 1: PRECIPITACIÓN MEDIA (mm) ESTACIÓN PUNO.....	125
TABLA N°. 2: TEMPERATURA MEDIA (°C) - ESTACIÓN PUNO.....	126
TABLA N°. 3: HUMEDAD RELATIVA (%) - ESTACIÓN PUNO.....	127
TABLA N°. 4: HORAS DE SOL - ESTACIÓN PUNO.....	128
ANEXO II: DATOS ORDENADOS EN BLOQUES Y TRATAMIENTOS.....	129
TABLA N°. 5: DATOS ORDENADOS EN BLOQUES Y TRATAMIENTOS PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm).....	129
TABLA N°. 6: DATOS ORDENADOS EN BLOQUES Y TRATAMIENTOS TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (° C).....	130
TABLA N°. 7: DATOS ORDENADOS EN BLOQUES Y TRATAMIENTOS HELIOFANÍA MENSUAL (H.S.).....	131
TABLA N°. 8: DATOS ORDENADOS EN BLOQUES Y TRATAMIENTOS HUMEDAD RELATIVA (%).....	132
ANEXO III: REGISTROS DE CULTIVOS.....	133
TABLA N°. 9: SUPERFICIE SEMBRADA DE PAPA POR PROVINCIAS 1994-2004 (HAS).....	133
TABLA N°. 10: SUPERFICIE COSECHADA DE PAPA POR PROVINCIAS 1994-2004.....	134
TABLA N°. 11: PRODUCCIÓN DE PAPA POR PROVINCIAS 1994-2004 (T. M.).....	135
TABLA N°. 12: SUPERFICIE SEMBRADA DE QUINUA POR PROVINCIAS 1994-2004 (HAS).....	135

CIAS 1994-2004 (HAS).....	136
TABLA N°. 13: SUPERFICIE COSECHADA DE QUINUA POR PROVIN-	
CIAS 1994-2004 (HAS).....	135
TABLA N°. 14: PRODUCCIÓN DE QUINUA POR PROVINCIAS 1994-	
2004 (T. M.).....	137
TABLA N°. 15: SUPERFICIE SEMBRADA DE HABA GRANO SECO	
POR PROVINCIAS 1994-2004 (HAS).....	139
TABLA N°. 16: SUPERFICIE COSECHADA DE HABA GRANO SECO	
POR PROVINCIAS 1994-2004 (HAS).....	140
TABLA N°. 17: PRODUCCIÓN DE HABA GRANO SECO POR PROVIN-	
CIAS 1994-2003 (T. M.).....	141
ANEXO IV: ÍNDICES CLIMÁTICOS.....	142
TABLA N°. 18: COEFICIENTES P/H.....	142
TABLA N°. 19: PRECIPITACIÓN PORCENTUAL (% Pp).....	143
TABLA N°. 20: ÍNDICE DE ILUMINACIÓN.....	144
TABLA N°. 21: DURACIÓN PROMEDIO MÁXIMO DIARIA DE HORAS DE	
INSOLACIÓN.....	145
TABLA N°. 22: TRANSFORMACIÓN ANGULAR PRECIPITACIÓN.....	146
ANEXO V: PLANO TOPOGRÁFICO CATASTRAL MICRO-	
CUENCA PUNO.....	147

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el ámbito de la microcuenca Puno, habiéndose utilizado para tal fin. Información meteorológica de la Estación Meteorológica Climatológica Principal CP-708 PUNO, datos que han sido procesadas de acuerdo a los objetivos de la presente investigación.

Las variables climáticas en estudio corresponden a 15 años de observación a partir de 1994 al 2008, que son las siguientes: Precipitación mensual (mm). Temperatura media mensual ($^{\circ}$ C). Heliofanía mensual (Horas de sol). Humedad Relativa mensual (%). El Objetivo General del presente trabajo fue: Conocer la variación de las variables independientes, precipitación, temperatura, humedad relativa y heliofanía y su relación con la variable dependiente, producción agrícola en la microcuenca Puno, y los objetivos específicos fueron: Realizar el análisis de consistencia de las variables climáticas; Determinar la variación temporal de la precipitación, temperatura, heliofanía y humedad relativa; Determinar la correlación y regresión lineal de: precipitación – temperatura, precipitación – heliofanía, precipitación – humedad relativa, temperatura – heliofanía, heliofanía – humedad relativa; Determinar la correlación y regresión lineal múltiple de: precipitación, temperatura, humedad relativa y heliofanía; Determinar la correlación y regresión lineal múltiple de las variables climáticas en estudio con la producción agrícola; Determinar los índices climáticos para su uso en modelos matemáticos climáticos.

Para cada objetivo se utilizó la metodología, consistente en, análisis de consistencia, método estadístico de Diseño Bloque Completo al Azar, para ver la variabilidad de cada variable climática en estudio, para verificar la asociación

y medir la intensidad entre variables se utilizó la técnica estadística de correlación y regresión simple y compuesta.

De los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones: La precipitación, la temperatura y la humedad relativa se manifiestan con mayor incidencia en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, correspondiente al período de la producción agrícola, y siendo con menor incidencia en los meses de mayo junio julio y agosto y la heliofanía es con mayor incidencia , y meses transitorios constituidos por los meses de abril, setiembre octubre y noviembre, siendo los tres últimos meses correspondientes a las faenas de preparación de terreno y siembra de los cultivos de pan llevar propios de la zona. Existe asociación significativa entre precipitación y temperatura, temperatura y heliofanía, y altamente significativa, entre precipitación y heliofanía, temperatura y heliofanía, heliofanía humedad relativa. El tiempo reinante en la zona solamente es factible determinar a partir de la precipitación porcentual media. El tiempo reinante de la Microcuenca Puno es, seco en los meses de mayo, junio, julio y agosto, seco variable en los meses de abril, septiembre, octubre y noviembre, lluvioso, en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

Palabras Clave: Precipitación, Temperatura, Heliofanía, Humedad Relativa, Correlación, Regresión, Variable, Clima, Tiempo.

ABSTRACT

This research was realized in the microbasin area-Puno, having used meteorological Information from main meteorological Climatologically Station CP-708 PUNO, data that have been processed according to the objectives.

The climatic variables in study correspond to 15 years of observation from 1994 to 2008, which are the following ones: monthly rainfall (mm) monthly average temperature ($^{\circ}$ C), monthly heliofanía (Hours of the Sun) monthly relative humidity (%). The General objective was: To know the variation of the independent variables, such as rainfall, temperature, relative humidity and heliofanía and his relation with the dependent variable such as agricultural production in the microbasin Puno, and the specific objectives were: To realize the analysis of consistency of the climatic variables; to determine the temporary variation of the rainfall, temperature, heliofanía and relative humidity; to determine the correlation and linear regression of: rainfall - temperature, rainfall - heliofanía, rainfall - relative humidity, temperature - heliofanía, heliofanía - relative humidity; To determine the multiple linear regression of: rainfall, temperature, relative humidity and heliofanía; to determine the multiple linear regression of the climatic variables in study with the agricultural production; to determine the climatic indexes for his use in climatic mathematical models.

For each objective the methodology used was: Analysis of consistency, statistical method of Randomized Complete Block Design to see the variability of each climatic variable in study, to check the association and to measure the intensity between variables we used the statistical technology of correlation and simple and compound regression.

Of the obtained results it came near to the following conclusions: The rainfall, the temperature and the relative humidity are manifest with major incidence in December, January, February and March, correspondent to the period of the agricultural production, and the less incidence in May June July and August months and the heliofanía is with major incidence, and transitory months constituted by April, September October and November months being last three months corresponding to the tasks of land preparation and sowing of the cultures of bread carry own of the zone. Significant association exists between rainfall and temperature, temperature and heliofanía, and highly significant between rainfall and heliofanía, temperature and heliofanía, heliofanía and relative humidity. The reigning weather in the zone only is feasible to determine from the percentage average rainfall. The reigning weather of the Microbasin Puno is, dry in May, June, July and August, dry variable in April, September, October and November, rainy, in December, January, February and March.

Key words: Rainfall, Temperature, Heliofanía, Relative humidity, Correlation, Regression, Variable, Climate, Weather.

INTRODUCCIÓN.

Teniendo en consideración que el tiempo atmosférico de una región específica es el estado o condición de la atmósfera en un momento dado sobre esa región. Los elementos del tiempo son variables es decir en un mismo lugar el tiempo puede cambiar repentinamente debido a que uno o varios de sus elementos han cambiado. Por ejemplo, el día puede estar bien claro y soleado y de momento se oscurece con presagios de lluvia. Esto significa que debido a los cambios en las condiciones atmosféricas, el tiempo es cambiante.

El conocimiento del comportamiento de la variabilidad de los elementos del clima como son la precipitación pluvial, la temperatura atmosférica, la heliofanía y la humedad relativa durante el año, es de mucha importancia desde el punto de vista de la producción agropecuaria teniendo presente que en la región está establecido el calendario agrícola de los cultivos.

Sin embargo la variación de los elementos climáticos en mención se acrecienta con mayor fuerza en los últimos tiempos debido a muchos factores externos que se dan en la actualidad, que está acarreado problemas de diferente índole, en la producción agrícola de los cultivos propia de la región.

El calendario agrícola establecido por muchos años en la región no se cumple a cabalidad, por lo tanto los productores se sienten inseguros en invertir en la producción, considerándolo como un riesgo dependiente del tiempo y al clima.

Por consiguiente es de vital importancia la ejecución de investigaciones del comportamiento de las variables climáticas a través de modelos y técnicas estadísticas con información disponible de las estaciones meteorológicas, para luego determinar parámetros climáticos de uso inmediato por los productores a fin de planear la campaña agrícola.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema.

Teniendo en consideración que el clima es un recurso natural que afecta a la producción agraria, su influencia en los cultivos depende de las características de la localización geográfica y de las condiciones de producción. Esta característica en la actualidad en nuestro medio influye en la producción agrícola, que se ve afectada por la variación del clima que viene sucediendo en nuestro medio a través del tiempo y con mayor incidencia, como consecuencia de estas anomalías climáticas no hay seguridad en la producción agrícola y muchos productores lo consideran como un riesgo, teniendo en consideración que la planificación del calendario agrícola establecidas por muchos años ya no se cumple a cabalidad es decir las épocas de siembra y cosechas no son confiables por parte de los productores.

No se conoce la correlación entre la precipitación y las variables climáticas en la microcuenca Puno, así como las correlaciones multivariadas, del mismo modo no se conocen los índices climáticos y pronósticos.

Por lo tanto los productores agrícolas tienen la necesidad de conocer la estructura y el comportamiento de las variables climáticas que se viene dando en la series históricas a fin de tomar las precauciones del caso en la

planificación de las cédulas de cultivo como son la adaptación de nuevos cultivos, asumir nuevas épocas de siembra, etc. con la finalidad de asegurar e incrementar la producción agrícola.

En consecuencia es preciso formular la siguiente pregunta:

¿Con el conocimiento de la variación de las variables climáticas, precipitación, temperatura, humedad relativa y heliofanía es factible determinar la correlación existente y definir su comportamiento en relación a la producción agrícola?

1.2. Justificación.

El conocimiento de las variables climáticas de nuestro medio tiene una marcada importancia debido a que dichos elementos son las responsables del clima y por ende de la producción agroecológica.

Mediante su conocimiento cuantitativo, cualitativo, y estudios más específicos es posible obtener datos benéficos para la agricultura.

La relación de las variables climáticas con los procesos de transformación del agua y la producción de materia verde trae como consecuencia el estudio de manifestaciones de las variables sobre un área determinada y desde luego su aprovechamiento racional.

La presente investigación trata del estudio de las variables climáticas que están en íntima relación, precipitación, temperatura, heliofanía y humedad relativa, que dará oportunidad para realizar estudios de la estructura de cada elemento y luego ser utilizados en modelos matemáticos adecuados para aportar las bases para los planes de manejo de sistemas hidrológicos, planificación agroecológica.

Del mismo modo y teniendo en cuenta que el consumo de agua de los cultivos será directamente determinada por la evaporación de los cultivos y contando con información de las variables climáticas en estudio, y un coeficiente empírico de consumo, es factible calcular el uso consuntivo de un cultivo para un periodo cualquiera

1.3. Antecedentes.

En nuestra zona no se ha realizado trabajos de climatología, si los hay son de carácter descriptivo y realizados por entidades extranjeras que abarcan todo el país y en una forma superficial.

En Octubre del año 2000, el Instituto Nacional de Investigación Agraria, Estación Experimental Illpa pública el informe agroclimatológico de los anexos Illpa, Huañingora, Quimsachata, Salcedo y Tahuaco, donde hacen conocer la influencia de los elementos del tiempo y clima en la producción agropecuaria para apoyar en la interpretación de resultados de investigaciones.

En el año 2006, Mendoza, Espinoza y Aguilar, docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias realizaron el análisis del clima de las provincias de la región logrando su clasificación con fines de planeamiento agrícola, y concluyen que el clima del altiplano es variable, debido a la altitud y características fisiográficas peculiares, en donde en cualquier época del año hay descensos de temperaturas causando heladas, ocasionado daños a los cultivos especialmente en las primeras fases de su desarrollo, así como también las precipitaciones son muy variables, dando lugar a sequías, las nevadas y granizadas son frecuentes, que también afectan a las actividades agrícolas y pecuarias, asimismo el clima de altiplano en general es Templado, Frío y Seco, con Inviernos Secos, Veranos Lluviosos con fuertes heladas a una

altura comprendida entre los 3,000 y 4,000 m.s.n.m. Por encima de los 4000 hasta los 5000 m.s.n.m, predomina el clima de Tundra con Veranos Fríos y Secos. A mayores altitudes de 5,000 m.s.n.m. el clima es gélido, con nevadas perpetuas y glaciares.

1.4. Objetivos.

Objetivo general.

Conocer la variación de las variables independientes, precipitación, temperatura, heliofanía y humedad relativa, y su relación con la variable dependiente, producción agrícola en la Microcuenca Puno.

Objetivos Específicos.

- Realizar el Análisis de Consistencia de las Variables Climáticas
- Determinar la Variación Temporal de la precipitación, temperatura, humedad relativa y heliofanía.
- Determinar la Correlación y Regresión Lineal de: precipitación – temperatura, precipitación – heliofanía, precipitación - humedad relativa, temperatura – heliofanía, heliofanía – humedad relativa.
- Determinar la Correlación y Regresión Lineal Múltiple de precipitación, temperatura, humedad relativa y heliofanía.
- Determinar la Correlación y Regresión Lineal Múltiple de la producción agrícola con las variables climáticas en estudio.
- Determinar los Índices Climáticos para su uso en modelos matemáticos climáticos.

1.5. Hipótesis.

Hipótesis General.

El comportamiento de las variables climáticas que determinan la producción agrícola es de régimen uniforme durante todos los años hidrológicos permitiendo, la planificación agrícola en la microcuenca Puno

Hipótesis específico.

- Con la determinación de las variables climáticas se conocerá su comportamiento en el tiempo.
- El comportamiento de las variables climáticas son independientes no están correlacionados.
- Es posible pronosticar el comportamiento de una variable climática en función al comportamiento de otra variable.
- Es posible pronosticar el tiempo y el clima de una zona partir de las variables. Climáticas.

Con fines de análisis consideramos lo siguiente:

H_i : El comportamiento de las variables climáticas que determinan la producción agrícola es de régimen uniforme durante todos los años hidrológicos permitiendo, la planificación agrícola en la microcuenca Puno

H_o : El comportamiento de las variables climáticas que determinan la producción agrícola no es de régimen uniforme durante todos los años hidrológicos, no permitiendo la planificación agrícola en la microcuenca Puno.

1. H_a : Con la determinación de las variables climáticas se conocerá su comportamiento en el tiempo.

2. H_a : El comportamiento de las variables climáticas son independientes no están correlacionados.
3. H_a : Es posible pronosticar el comportamiento de una variable climática en función al comportamiento de otra variable.
4. H_a : Es posible pronosticar el tiempo y el clima de una zona partir de las variables climáticas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Climatología.

BARRY, R. (1978) define que, el estudio del clima y del tiempo es un tema de mucha importancia, teniendo en consideración que de las condiciones atmosféricas dependen de muchas actividades humanas, desde la agricultura hasta de un simple paseo por el campo. Por eso se ha hecho un esfuerzo ingente por predecir el tiempo tanto a corto como a medio plazo

El tiempo se define como el estado de la atmósfera en un determinado momento. Se toma en cuenta la humedad (absoluta y relativa), la temperatura y la presión, en un determinado lugar y momento. Como cada uno de los instantes es más o menos prolongado en el tiempo, y en extensión, se le denomina tipo de tiempo. Estos tipos de tiempo atmosférico cambian con el paso de las horas y los días; pero tienden a repetirse tipos de tiempo atmosférico similares en ciclos anuales y en las mismas fechas aproximadamente. A esa repetición anual de tipos de tiempo es a lo que llamamos clima. El clima es, pues, la sucesión de tipos de tiempo que tienden a repetirse con regularidad en ciclos anuales. Cuando una comunidad, ladera, etc., tiene un clima diferenciado del clima zonal decimos que es un topoclima. Además, llamamos microclima.

El clima tiende a ser regular en períodos de tiempos muy largos, incluso geológicos, lo que permite el desarrollo de una determinada vegetación y un suelo perfectamente equilibrado, suelos climáticos. Pero, en períodos de tiempo geológicos, el clima también cambia de forma natural, los tipos de tiempo se modifican y se pasa de un clima otro en la misma zona.

El tiempo, y el clima tienen lugar en la atmósfera. Para estudiar un clima es necesaria la observación durante un lapso de tiempo largo (mínimo quince años). Las observaciones de temperatura, precipitaciones, humedad y tipo de tiempo se recogen en las estaciones meteorológicas. Con estos datos se elaboran tablas que se expresan en climogramas.

BARRY, R. (1978) señala que, la Meteorología es la rama de la Física de la atmósfera que se ocupa del estudio del clima y del tiempo. Ha sido un asunto que ha ocupado a la geografía desde sus comienzos; incluso el padre de la geografía, Eratóstenes de Cirene, en su libro "Geographia" dedica un tercio de éste a la variación global de los climas. De las condiciones atmosféricas dependen muchas actividades humanas, desde la agricultura hasta un simple paseo por el campo. Por eso se ha hecho un esfuerzo ingente por predecir el tiempo tanto a corto como a medio plazo.

Lo primero que debemos aclarar son los conceptos de tiempo y clima, que hacen referencia a escalas temporales diferentes.

La climatología es la ciencia que estudia el clima y sus variaciones a lo largo del tiempo. Aunque utiliza los mismos parámetros que la meteorología, su objetivo es distinto, ya que no pretende hacer previsiones inmediatas, sino estudiar las características climáticas a largo plazo.

CASTILLO, F. (2001) manifiesta que, las decisiones en una empresa agrícola se toman sobre la base de la información sobre el tiempo en forma de análisis estadísticos de datos sobre el tiempo pasado (climatología) si bien la resolución de muchos problemas requiere una predicción de los acontecimientos. La predicción meteorológica general no suele ser suficiente para las necesidades de la agricultura, el empresario agrícola y el ingeniero agrónomo necesitan predicciones fácilmente inteligibles, de los elementos meteorológicos como son la precipitación pluvial, la temperatura, la heliofanía, la humedad relativa, y sus interrelaciones que influyen en los cultivos.

2.2. Variables Climáticas.

2.2.1. Precipitación.

CASTILLO, F. (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.

2.2.1.1. Tipos de Precipitación en Función de los Procesos de Formación.

CASTILLO, F. (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 con aparato eléctrico.

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.

La precipitación ciclónica se puede clasificar como frontal o no frontal. Cualquier baja barométrica puede producir precipitación no frontal, cuando convergen horizontalmente corrientes de aire, elevándose. En regiones tropicales, las corrientes de aire opuestas tienen temperaturas similares y la elevación suele ser vertical estando acompañada generalmente de convección.

La precipitación frontal resulta del ascenso de aire caliente sobre aire frío en la zona de contacto entre masas de aire de diferentes características.

2.2.1.2. Medición de la Precipitación.

TORRES, E. (2001) 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. Se reconocen tres tipos de lluvias:

La forma más común de precipitación helada es el copo de nieve, compuesto por muchos cristales de hielo hexagonales que se han congelado juntos, debido a un descenso lento de la temperatura hasta menos de 0° C. Los cristales de hielo jamás son iguales pero presentan siempre una simetría de seis partes.

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.

Un sencillo pluviómetro sería un cilindro con un embudo para recoger el agua. El embudo no se coloca en la parte superior del cilindro ya que además

de recoger el agua debe estar colocado de manera que dificulte la evaporación del agua recogida.

Siempre tenemos que suponer que no se evaporó ni una gota del agua recogida en las 24 horas, lo cual no es exactamente cierto y menos si sólo llovió una parte del día y el resto del día hizo sol.

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 m² 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 dm³ equivalen a 200 litros, sobre 1 m² 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 m².

2.2.2. Temperatura.

FICES. (2010) manifiesta 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, J. (2008) 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 la de 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.

Toda la planta para completar su ciclo vegetativo debe acumular cierto número de grados de temperatura, por lo que se han ideado varios métodos para llevar el control de la acumulación progresiva de grados a partir de la fase inicial. El método más sencillo es el de Suma de Temperaturas medias diarias, propuesto por Reamur, y consiste en sumar las temperaturas medias diarias (°C) ya sea entre dos fases o durante todo el ciclo; sin embargo este método no ha dado los resultados esperados debido posiblemente a que los demás factores que intervienen en el desarrollo vegetal constituyen una variable no considerada en este método. Las Temperaturas bajo 0 °C no se consideran en el mismo.

Otro método es el llamado "Crecimiento grados días" cuyo procedimiento se basa en que toda la planta comienza a crecer por encima de una temperatura mínima llamada punto crítico (PC), Los grados de temperatura que diariamente se registran por encima del punto crítico se irán acumulando

hasta alcanzar, al completarse el ciclo vegetativo, una temperatura constante. Por ejemplo, algunas variedades de maíz tienen una temperatura constante de 2,500 °C, desde la germinación hasta la madurez, los cuales se cubrirán en diferente cantidad de tiempo dependiendo de los diferentes climas.

Fuera de ciertos límites de temperatura la planta ya no trabaja normalmente y se puede llegar al extremo de que la planta muera. Los vegetales carecen de temperatura alta del cuerpo, lo que es característico de los animales superiores, y la temperatura de la mayoría de las plantas sigue muy de cerca a la del ambiente, ellas absorben el calor o lo pierden conforme el ambiente se hace más cálido o más frío con ligeras variaciones debidas a la transpiración y otras causas.

Es conveniente conocer, además de los valores medios de temperatura de una zona agrícola, las temperaturas máximas y mínimas, 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".

MILLER, E. (1967) asevera que, en 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. Se ha demostrado la fotosíntesis en el laurel cerezo (*Prunus laurceranus*) a - 6 °C. y en ciertas coníferas a - 35 °C. 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. mantenían 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.

2.2.2.1. Medición de la Temperatura.

QUEREDA, J. (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.

Hay aparatos termógrafos que registran de modo continuo sobre una banda, la variación de temperatura.

QUADRAT, J. (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. La dilatación del mercurio contenido en un tubo cerrado de vidrio, constituye el fundamento del termómetro científico más común. Algunas veces se utiliza alcohol en lugar de mercurio.

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.

2.2.2.2. Escalas de Temperatura.

FICES. (2010) manifiesta 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:

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

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

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 pueden llegar a alcanzar las moléculas de la materia.

En los laboratorios de bajas temperaturas se han alcanzado valores muy bajos, cercanos a -273.16 °C. mediante la congelación del hielo o del

hidrógeno, que son los gases de menor peso molecular (es decir los más livianos). Por lo tanto se define como:

$$273.16 K = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.2.2.3. Variaciones de Temperatura.

FICES. (2010) asevera 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.

2.2.3. Heliofanía.

FASULO, A. (2009) manifiesta que, el movimiento aparente del sol determina la duración del día y de la noche en cualquier punto de la superficie terrestre. Al ingresar a la atmósfera, la radiación sufre distintos procesos físicos. Una fracción de la misma es absorbida y otra es difundida por la atmósfera, llegando el resto a la superficie terrestre en forma de radiación directa. Desde el punto de vista de la óptica geométrica podemos considerar a la radiación difundida por la atmósfera como un conjunto de haces (o "rayos") paralelos. Cuando el sol se halla sobre el horizonte, la radiación directa puede alcanzar el punto de observación siempre y cuando no sea interceptada por fenómenos meteorológicos (nubes, nieblas, etc.) o por obstáculos terrestres (vegetación, elevaciones del terreno, edificación, etc.). El estudio relativo a la determinación del tiempo durante el cual un lugar ha recibido radiación directa se denomina heliofanía (helio = sol y fanis = resplandor).

Este término ha reemplazado ventajosamente a los anteriormente utilizados, como insolación, soleamiento y otros que no daban una representación cabal del fenómeno.

Al concepto de heliofanía se le asignan diversos calificativos, de acuerdo con la interpretación que se dé al parámetro descriptivo asociado al fenómeno.

Podemos resumir estos conceptos mediante las siguientes definiciones:

- Heliofanía efectiva (d): Es el período de tiempo (expresado en horas) durante el cual el lugar de observación ha recibido radiación solar directa (es decir, que no ha sido interceptada por obstáculos) y que ha sido, además, registrada por el instrumental de medición.
- Heliofanía teórica astronómica (D): Es el máximo período de tiempo (expresado en horas) durante el cual se podría recibir radiación solar directa, independientemente de las obstrucciones causadas por fenómenos meteorológicos o relieves topográficos, para un lugar y fecha determinados.
- Heliofanía teórica local (D'): Es la diferencia entre la heliofanía teórica astronómica y el período de tiempo (expresado en horas) durante el cual únicamente los relieves topográficos obstruyen la radiación solar directa, que no puede ser entonces registrada por los instrumentos de medición.
- Heliofanía relativa (H): Es el cociente entre la heliofanía efectiva (d) y la heliofanía teórica astronómica (D). Expresada matemáticamente es:

$$H = \frac{d}{D}$$

Heliofanía relativa local (H'): Es el cociente entre heliofanía efectiva (d) y la heliofanía teórica (D'). Expresada matemáticamente es:

$$H' = \frac{d}{D'}$$

En general, se calcula la heliofanía efectiva y la heliofanía relativa.

2.2.3.1. Medición de la Heliofanía.

FUREST, J. (2001) menciona que, la heliofanía o duración del brillo solar representa la duración del brillo solar u horas de sol, y está ligada al hecho de que el instrumento utilizado para su medición, heliofanógrafo, registra el tiempo en que recibe la radiación solar directa. La ocurrencia de nubosidad determina que la radiación recibida por el instrumento sea radiación solar difusa, interrumpiéndose el registro. Por lo tanto, si bien hay energía incidente disponible, la concentración o densidad de la misma no es suficiente para ser registrada.

A pesar de lo expresado, la duración del brillo solar está muy relacionada con la radiación solar global incidente. Esto es importante dado que se logra caracterizar una localidad sobre la base de registros históricos de este tipo de instrumentos (heliofanógrafo) dado que estos son económicos, robustos y requieren mínimo mantenimiento.

En las gráficas se presentan los valores de horas de sol diario promedio mensual. Para cada mes del año los datos representan la media aritmética de los valores medios mensuales registrados desde 1965 a la fecha.

El valor de Heliofanía relativa se calcula dividiendo la duración del brillo solar (horas de sol) por la cantidad de horas de sol posibles para la localidad específica de cada Estación Experimental.

Las horas de sol posibles surgen de valores de tabla y son constantes para cada latitud y día del año.

2.2.3.2. Aplicación Práctica de la Información Técnica de Heliofanía en la Agricultura.

CHANG, M. (2009) alude que, la insolación sobre la superficie de la tierra depende de factores astronómicos como la revolución de la tierra alrededor del sol y su grado de inclinación del eje de rotación, y de factores locales, tales como la absorción de energía por la atmósfera terrestre, las partículas atmosféricas y la absorción o reflejo de energía por las nubes.

Se denomina heliofanía a la cantidad de horas diarias a las cuales el disco solar no está obstruido por las nubes, llamándose heliofanía efectiva cuando los rayos llegan directo a la superficie de la tierra.

Su medición se la realiza a través del heliofanografo Campell Stokes compuesto de una esfera de vidrio en la cual deja una traza quemada en la banda registradora mientras la radiación solar tiene la suficiente su intensidad. Su medición se la realiza de hasta el décimo de hora más próximo.

Esta información es tabulada de forma diaria, semanal, mensual y anual, emitiendo un promedio zonal en horas/luz/año, y dependiendo la ubicación geográfica del predio agrícola, el paso de las isothermas determinara su número o cantidad.

Podemos apreciar en la foto de Irradiación Solar Global del Ecuador, que existen zonas que fluctúan entre 700 horas/luz/año de hasta mayores a 2,000 horas/luz/año.

El proceso fotosintético de las plantas esta dado por la cantidad de radiación solar que reciben, a mayor Heliofanía, mayor crecimiento, caso contrario su proceso será lento.

Toda especie vegetal a desarrollar tiene un rango de temperatura mínima de sobrevivencia en la cual sus procesos generales internos son lentos, obviamente que al facilitarle un ambiente que le permita acelerar su proceso fotosintético, podrá exponer con mayor facilidad su potencial en la producción.

Dependiendo el nivel de inversión a realizar a corto, mediano o largo plazo, se deberá obtener un historial consolidado mensual, anual, decadal de la Heliofanía de la zona de un ente u organismo calificado como mínimo de 5 años de hasta 25 años.

El país cuenta con unas 40.000 has de cultivo de caña de azúcar, que están ubicados geográficamente en distintos lugares cuya Heliofanía oscila de entre las 700 de hasta 1.200 horas/luz/año, solo los resultados de su producción en Ton/ha por mas 50 años hablan por sí sola, en comparación con otros países que poseen una Heliofanía mayor a las 3.000 horas/luz/año con el doble de la producción de nuestros ingenios. Idéntico caso es el cultivo del banano con una superficie sembrada mayor a las 200.000 has.

Existen zonas en el Ecuador con alta Heliofanía para desarrollar inclusive cultivos forestales que pueden acortar su ciclo en algunos años, pero el desconocimiento de este factor limitante, ya existen muchos cultivos instalados y produciendo en los sitios equivocados.

Esta información debería ser gratuita, difundida y formar parte del pensum escolar y contar como habilitante para el desarrollo de nuevos proyectos agrícola, lo que permitirá sentar una línea base lógica y de sentido

común, aminorando el riesgo del fracaso, tomando en consideración que somos un país agrícola por vocación.

2.2.4. Humedad Relativa.

ECHARRI, P. (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.

CUADRO N°. 1
CARACTERÍSTICAS DE LA ATMÓSFERA EN DISTINTAS ALTURAS.
PROMEDIOS VÁLIDOS PARA LAS LATITUDES TEMPLADAS

Altura (m)	Presión (milibares)	Densidad ($\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
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

2.2.4.1. 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.

Psicrómetro de giro.

Al hacer girar el psicrómetro, el aire fluye sobre los bulbos húmedo y seco. Este tipo de psicrómetros no es tan exacto como uno ventilado por otros métodos, porque la temperatura del elemento húmedo comienza a elevarse tan pronto como el movimiento cesa para leer los termómetros

Psicrómetro de aspiración (tipo Assman)

Es el más utilizado, un ventilador pequeño accionado por un motor eléctrico o con mecanismo de relojería lleva el aire axialmente sobre los termómetros de mercurio. El agua debe ser agregada manualmente al elemento húmedo entre cinco a quince minutos antes de la medición bajo condiciones ambientales normales agua) se utiliza para medir la diferencia de temperatura debido a la evaporación de agua alrededor del bulbo húmedo. La evaporación enfría el bulbo del termómetro de bulbo frío. Conociendo las

temperaturas de ambos termómetros, la humedad relativa puede fácilmente determinarse mediante cartas psicrométricas, tablas o calculada mediante las expresiones correspondientes.

2.3. Análisis de Consistencia de Las Variables Climáticas en Estudio.

CASTILLO, F. (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 esorrentía 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 m³ de todas las estaciones de la cuenca y en el eje de las ordenadas los acumulados de los volúmenes anuales, en millones de m³, 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:

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

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

2.4. Variación de las Variables Climáticas Precipitación Temperatura, Heliofanía y Humedad Relativa.

2.4.1. Estructura Estadística de las Variables Climáticas.

2.4.1.1. Diseño Experimental.

Diseño Bloque Completo al Azar.

CALZADA, J. (1970) indica que, siempre que se puede distinguir la presencia de una fuente de variabilidad en las unidades experimentales, se debe emplear el Diseño Bloque Completo al Azar.

Características.

IBÁÑEZ, V. (2009) afirma que, este diseño es uno de los más ampliamente conocidos y difundidos de los diseños experimentales, también se conoce como Diseño Bloque Completamente Aleatorizado, y se caracteriza porque los tratamientos se distribuyen en forma aleatoria, a un grupo de unidades experimentales denominado bloque, la finalidad es que las unidades experimentales dentro de un bloque sean lo más homogéneas posibles, es

decir el número de unidades experimentales en cada bloque debe ser igual al número de tratamientos que se quiere estudiar.

En resumen, en este diseño de bloques completos al azar los tratamientos son aleatoriamente asignados a las unidades experimentales dentro de cada estrato o bloque. De esta forma, el proceso de aleatorización de los tratamientos ha sido restringido a las unidades dentro de cada bloque.

Desde el punto de vista de la variabilidad de los datos, se han introducido una variabilidad artificial por estudiar distintos tratamientos.

La variabilidad natural existente entre unidades experimentales puede ser subdividida por el hecho de haber agrupado las unidades experimentales en grupos heterogéneos (bloques) pero conformados por unidades homogéneas. Así, parte de lo que es la variabilidad natural puede ser atribuidas a algo ahora conocido (bloques) y otra parte seguirá siendo variabilidad natural de las unidades experimentales.

Ventajas.

- 1) **Precisión:** este diseño ha resultado más preciso que el diseño completamente al azar, para la mayoría de los tratamientos experimentales. La eliminación de la suma de cuadrados de bloques desde la suma de cuadrados, del error usualmente resulta de un decrecimiento en el cuadrado medio del error a pesar de la pérdida de grados libres para estimar este error. Permite ganar mayor precisión en el experimento, principalmente cuando existe diferencias significativas entre bloques.
- 2) **Flexibilidad:** no existe una restricción en relación al número de tratamientos y de repeticiones, sin embargo, el aumento en el número de

tratamientos conlleva a la pérdida de la homogeneidad dentro del bloque.

- 3) Es un diseño bastante usado por su adaptabilidad, recomendándose generalmente más de tres bloques y por lo menos dos tratamientos por bloque.
- 4) Es factible realizar el análisis experimental, cuando por alguna causa se hubiera perdido algún bloque. Además si el resultado de una unidad experimental no se llegaría a registrar (pérdida de la unidad experimental), existen técnicas estadísticas simples para poder estimar el resultado.

Desventajas.

- 1) La desventaja de este diseño es que no es adecuado a gran número de tratamientos y para casos en que el bloque contenga considerable variabilidad.
- 2) Cuando existe pérdida de muchas unidades experimentales, el análisis estadístico se complica seriamente y muchas veces no es posible analizarlo.
- 3) No es recomendable utilizar este diseño cuando se verifica que existe interacción entre bloques y tratamientos.

Modelo fijo o Modelo I: Este modelo es usado cuando el investigador selecciona los tratamientos que desea estudiar en un experimento, de acuerdo a la disponibilidad del material experimental decide sobre el número de bloques. En este caso las conclusiones serán aplicadas única y exclusivamente a los tratamientos estudiados

Matemáticamente estas suposiciones son:

$$\sum_{i=1}^t \tau_i = 0, \quad \sum_{j=1}^b \beta_j = 0$$

Modelo al azar o Modelo II: En este modelo el investigador selecciona al azar una muestra de tratamiento que estudiará en un experimento. El número de bloques también es escogido al azar. Las conclusiones del experimento son aplicables a la población de tratamientos de la cual se extrajo al azar los tratamientos considerados en el estudio.

Matemáticamente, estas suposiciones son:

$$\tau_i \sim (0, \sigma_\tau^2), \quad \beta_j \sim (0, \sigma_\beta^2)$$

Modelo Mixto o Modelo I y II: Este modelo se supone cuando el investigador selecciona al azar una muestra de tratamiento al azar y el número de bloque es fijo.

Las conclusiones son similares a las del modelo al azar

Esquema del diseño bloque completo al azar.

Tratamientos (i)	Repeticiones (j=1,2,3...r)							Total Y _i
	1	2	3	...	j	...	r	
1	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₃₁	...	Y _{1j}	...	Y _{r1}	Y ₁
2	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₃₂	...	Y _{2j}	...	Y _{r2}	Y ₂
3	Y ₁₃	Y ₂₃	Y ₃₃	...	Y _{3j}	...	Y _{r3}	Y ₃
...
i	Y _{i1}	Y _{i2}	Y _{i3}	...	Y _{ij}	...	Y _{ir}	Y _i
...
t	Y _{1r}	Y _{2r}	Y _{3r}	...	Y _{tj}	...	Y _{rt}	Y _t
Y _{.j}	Y _{.1}	Y _{.2}	Y _{.3}	...	Y _{.j}	...	Y _{.r}	Y _{..}

Modelo Aditivo Lineal.

El modelo estadístico lineal aditivo en el DBCA es el siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \epsilon_{ij}; \quad i = 1, 2, \dots, t \quad (t = \text{tratamientos})$$

$$j = 1, 2, \dots, r \quad (r = \text{bloques})$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta observada en la unidad experimental ubicada en el j-ésimo bloque que recibe el tratamiento "i"

μ = Constante común para toda la observación o media de la población.

τ = Es el efecto del tratamiento "i", el cual es igual a $(\mu_j - \mu)$, es la diferencia entre el promedio poblacional del bloque y la media poblacional μ .

β_j = Es el efecto del bloque "j", que es igual a $(\mu_j - \mu)$, es la diferencia entre el promedio poblacional del bloque y la media poblacional μ .

ε_{ij} = Término que representa el error de su respectiva Y_{ij} que se considera como la variable aleatoria distribuida en forma normal e independiente con media cero y variancia constante, es: $\varepsilon_{ij} \sim D N I (0, \sigma_e^2)$.

HIPÓTESIS:	Modelo I	Modelo II
	$H_0: \tau_i = 0$	$H_0: \sigma_\tau^2 = 0$
Respecto a tratamientos:	$H_a: \tau_i \neq 0$	$H_a: \sigma_\tau^2 \neq 0$
	$H_0: \beta_j = 0$	$H_0: \sigma_\beta^2 = 0$
Respecto a bloques	$H_a: \beta_j \neq 0$	$H_a: \sigma_\beta^2 \neq 0$

Análisis De Varianza.

De acuerdo al modelo estadístico lineal el análisis de varianza tiene tres fuentes de variación: tratamientos, bloques y error experimental que juntos constituyen la variabilidad real.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Población: $Y_{ij} = \mu + (\mu_{i.} - \mu) + (\mu_{.j} - \mu) + (Y_{ij} - \mu_{i.} - \mu_{.j} + \mu)$

Muestra: $Y_{ij} = \bar{Y}_{i.} + (\bar{Y}_{.}) + (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})$

$$Y_{ij} = \bar{Y}_{..} + (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}) + (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})$$

$$[Y_{ij} - \bar{Y}_{..}]^2 = [(\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}) + (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})]^2$$

$$(Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 + (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2 + (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})^2$$

Aplicando sumatorias a ambos miembros se tiene:

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})^2$$

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = r \sum_{i=1}^t (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 + t \sum_{j=1}^r (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})^2$$

$$SC_{TOTAL} = SC_{TRATAMIENTOS} + SC_{BLOQUES} + SC_{ERROR EXPERIMENTAL}$$

Diseño Bloque Completo al Azar (DBCA)

F. de V.	G.L.
Bloques	r-1
Tratamientos	t-1
Error Experimental	(t-1)(r-1)
Total	tr-1

CUADRO N°. 2

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL DISEÑO BLOQUE COMPLETO AL AZAR (DBCA)

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	SUMA DE CUADRADO		Cuadrado Medio	Fc	CVE(CM)	
		Definición	Operacional			Modelo I	Modelo II
Bloques	$r - 1$	$t \sum_{j=1}^r (\bar{Y}_j - \bar{Y}_c)^2$	$SC_{Bloque} = \sum_{j=1}^r \frac{Y_j^2}{t} - TC$	$CM_{Bloque} = \frac{SC_{Bloque}}{r - 1}$	$\frac{CM_{Bloque}}{CM_{Error}}$	$\sigma_e^2 + t \sum_{j=1}^r \beta_j^2 / r - 1$	$\sigma_e^2 + t\sigma_{\beta_j}^2$
Tratamientos	$t - 1$	$r \sum_{i=1}^t (\bar{Y}_i - \bar{Y}_c)^2$	$SC_{Tratam} = \sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{r} - TC$	$CM_{Tratam} = \frac{SC_{Tratam}}{t - 1}$	$\frac{CM_{Tratam}}{CM_{Error}}$	σ_e^2	$\sigma_e^2 + r\sigma_{\tau_i}^2$
Error Experimental	$(t - 1)(r - 1)$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_c)^2$	$SC_{Error} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij} - \sum_{j=1}^r \frac{Y_j^2}{t} - \sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{r} + TC$	$CM_{Error} = \frac{SC_{Error}}{(t - 1)(r - 1)}$		$+ r \sum_{i=1}^t \tau_i^2 / t - 1$	σ_e^2
Total	$tr - 1$	$r \sum_{i=1}^t (\bar{Y}_i - \bar{Y}_c)^2$	$SC_{Total} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - TC$				

Fuente: Ibáñez Q. V. (2010) Análisis y Diseño Experimental.

Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

IBAÑEZ, V. (2010) afirma que, la prueba de rango múltiple Duncan es una comparación de las medias de tratamientos todos contra todos de manera que cualquier diferencia existente entre cualesquier tratamiento contra otro se verá reflejado en este análisis. Utiliza un nivel de significancia variable que depende del número de medias que entran en cada etapa de comparación. La idea es que a medida que el número de medias aumenta, la probabilidad de que se asemejen disminuye.

Para obtener los comparadores Duncan, se toman de la tabla de Duncan los valores de acuerdo al número de tratamientos y con los grados de libertad del error. Cada uno de estos valores será multiplicado por el error estándar de la media y éstos serán los comparadores para determinar cuáles diferencias son significativas.

Pruebas de Comparación Múltiple de Medias.

Cuando se realiza la prueba de F en el análisis de variancia, las conclusiones que se obtienen respecto a la hipótesis planteada de igualdad de medias de tratamientos, es aceptarla o rechazarla a un nivel de significación dado.

El investigador a menudo desea realizar comparaciones específicas entre medias de tratamientos según los objetivos planeados en el experimento.

Debe utilizarse pruebas estadísticas adecuadas como son:

- Prueba de t de Student.
- Diferencia Límite Significativa (DLS).
- Prueba de comparación Múltiple de Duncan.
- Prueba de Comparaciones Múltiples de Tukey.

- Prueba de Dunnett.
- Prueba de Scheff.

Prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan

Características.

Se distingue por las siguientes características:

- Se utiliza para efectuar comparaciones múltiples entre dos medias de tratamientos del experimento
- El número de comparaciones con "t" tratamientos es $\frac{t(t-1)}{2}$.
- F – calculado en el Análisis de variancia puede ser o no significativa.
- Cuando el número de repeticiones es igual en los tratamientos, los cálculos son más precisos que cuando se tiene diferente número de repeticiones por tratamiento.
- Tiene el inconveniente cuando se cuenta con un alto número de tratamientos dado que el nivel de significancia α se modifica en función a ellos.
- La prueba permite al investigador cometer menos errores de Tipo II y más errores de Tipo I.
- Esta prueba se usará si se ha alcanzado una buena precisión en el experimento es decir el C.V. debe ser bajo.
- Es recomendable el uso de esta prueba en experimentos agronómicos y en ganadería, debido a que los materiales experimentales son conocidos por los experimentadores.
- Es una prueba que permite comparaciones de pares no planeados.

- La prueba Duncan permite comparar tratamientos no relacionados, es decir todos los tratamientos contra todos a fin de establecer un orden de méritos.
- Es menos exigente en revelar la verdadera situación.

Análisis Estadístico.

Ejemplo:

1. Información (promedio de los tratamientos y cuadro de Anova)

Obs.	TRATAMIENTOS				
	A	B	C	D	E
1	2	1	3	4	4
2	3	3	5	6	7
3	4	2	4	5	8
4	2	1	3	4	5
Total	11	7	15	19	24
Promedio	2.75	1.75	3.75	4.75	6.00

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.
Trat.	4	44.20	11.05	7.89
Error Exper.	15	21.00	1.40	
Total	19			

Hipótesis:

$$H_0: \mu_i = \mu_j \quad \forall i \neq j$$

$$H_a: \mu_i \neq \mu_j$$

Etapas:

1. Determinar la desviación estándar de promedios.

$$S_{\bar{x}_i - \bar{x}_j} = \sqrt{\frac{S^2}{r}} = \sqrt{\frac{1.4}{4}} = 0.592$$

2.- Buscar en la tabla de Duncan los valores de la Amplitudes Estudentizadas significativas AES (D) con los grados de libertad del error experimental, al nivel de probabilidad requerido (0.05 ó 0.01) y correspondientes al número de promedios a comprobarse (p = 2,3,..., t promedios)

Para nuestro ejemplo encontramos 15 grados de de libertad del error y $\alpha=0.05$ los valores de «p» son los siguientes:

p:	2	3	4	5
AES(D)	3.01	3.16	3.25	3.31

3.- Los valores de las AES (D) se multiplican por la desviación estándar de promedios para obtener las Amplitudes Límites de Significación de Duncan

$$ALS(D) = S_{\bar{x}_i - \bar{x}_j} - AES(D)$$

p:	2	3	4	5
AES(D)				
$S_{\bar{x}_i - \bar{x}_j} = 0.592$	3.01	3.16	3.25	3.31
ALS(D)	1.76	1.87	1.92	1.96

4.- Se clasifican los promedios de tratamientos en orden creciente.

5.- Luego se empieza, las comparaciones entre los promedios de tratamientos por pares, es decir de dos en dos tratamientos de la siguiente manera: El promedio más alto, con el más bajo, luego el promedio más alto con el penúltimo y así sucesivamente. Después se continúa la segunda serie de comparaciones, en la misma forma que la anterior pero en base al segundo promedio en orden de mérito.

Cada diferencia de promedios se considera significativa, si excede la respectiva amplitud límite de significación.

2.5. Teoría de Regresión y Correlación.

2.5.1. Teoría de Regresión.

WEIERS, R. (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.

2.5.2. Correlación Lineal Simple.

RINCÓN, M. (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.

2.5.3. Regresión Simple y Correlación.

RINCÓN, M. (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.

2.5.4. Análisis Estadístico: Regresión Lineal Simple.

RINCÓN, M. (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.

2.5.5. Coeficiente de Correlación.

IBÁÑEZ, V. (2010) asevera que, 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 está 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	Coefficiente de correlación muy bajo.
r = 0.4 á r = 0.5	Coefficiente de correlación bajo.
r = 0.6 á r = 0.7	Coefficiente de correlación alto.
r = 0.8 á r = 1.0	Coefficiente de Correlación muy alto.

2.5.6. 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.

2.5.7. Análisis de Regresión.

IBÁÑEZ, V. (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 Galtón.

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.

β_0 = Parámetro desconocido que indica la ordenada donde la línea de regresión lo interseca.

β_1 = Parámetro desconocido que indica la pendiente de la línea de mejor ajuste, llamada también coeficiente de regresión poblacional.

ε_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.

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

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 (β_0 y β_1) se utiliza el método de mínimos cuadrados. Este método consiste en encontrar los valores β_0 y β_1 de las ecuaciones de regresión muestral, de manera que la suma de los cuadrados de todos los residuos ε_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.

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

$$\varepsilon_i = Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_1$$

$$\varepsilon_i^2 = (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_1)^2 \text{ elevando al cuadrado.}$$

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_1)^2 \text{ aplicando sumatoria.}$$

Interpretación del Coeficiente de Regresión $\hat{\beta}_1$.

El valor constante β_0 de la ecuación de regresión muestral es la ordenada con el origen. El valor de la pendiente β_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 $\hat{Y}_1 = \hat{\beta}_0$ 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.

ε = Es el error residual o perturbación.

El parámetro β_0 define la ordenada del plano. Algunas veces llamamos a β_1 y β_2 coeficientes de regresión parciales, porque β_1 mide el cambio esperado en Y por cambio unitario en X_1 cuando X_2 se mantiene constante, y β_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.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i; \quad \text{ó } Y = X\beta + \varepsilon$$

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: β_0 . Es la ordenada de origen, y β_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:

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

2.6. Índices Climáticos para su uso en Modelos Matemáticos Climáticos.

2.6.1. Tiempo Reinante.

JORGE, M. (1974) define, al tiempo reinante como la manifestación del conjunto de tiempos locales a través de algunos días; tanto el tiempo local como el tiempo reinante se limitan por lo general a una región determinada, en el cuadro siguiente de la amplitud del coeficiente P/H_f (Precipitación/Heliofanía) para la clasificación del tiempo reinante.

2.6.2. Amplitud de P/H y Tiempo Reinante.

JORGE, M. (1974) plantea, los siguientes rangos:

Intervalo de P/H	Tiempo reinante
0.00 - 0.33	Muy seco.
0.33 - 0.66	Seco.
0.66 - 1.33	Seco variable.
1.33 - 2.00	Lluvioso variable.
2.00 - 3.00	Siempre lluvioso
3.00 - 5.00	Período muy lluvioso.
5.00 -	Lapsos altamente lluviosos

2.6.3. Coeficiente P/H_f .

JORGE, M. (1974) manifiesta que, el coeficiente Precipitación mensual/Heliofanía mensual, sirve para la determinación del tiempo réinate.

2.6.4. Precipitación Porcentual (%P).

JORGE, M. (1974) indica que, mediante la precipitación mensual en % de la anual, se puede determinar el tiempo reinante, según la tabla siguiente:

0.0 - 1.0 %	Intensamente seco.
1.0 - 2.5 %	Muy seco
2.5 - 5.0 %	Seco.
5.0 - 8.3 %	Seco variable.
8.3 - 12.0 %	Lluvioso variable
12.0 - 15.0 %	Lluvioso.
15.0 - 25.0 %	Muy lluvioso.

2.6.5. Índice de Iluminación.

LEAL, D. (1972) manifiesta que, el Índice de Iluminación es la relación existente entre el % de Horas de sol soleadas y el % de horas de sol máximas soleadas siendo este 100%.

$$\frac{\text{Horas de sol prácticas}}{\text{Horas de sol teóricas}} \times 100$$

2.7. Cuenca.

VÁSQUEZ, A. (1997) indica que, la evolución de la concepción y definición de una cuenca hidrográfica siempre ha sido dinámica y ha estado ligada con la historia y la existencia misma de la humanidad, así pues desde las épocas remotas se tiene expresiones tales como:

"Quien controla las montañas, controla los ríos", dice un proverbio chino, desde la antigüedad.

Platón, 42 años antes de Cristo, escribió: "La precipitación anual que caía, no se perdía como ahora, en que las laderas están deforestadas y el agua fluye, sobre las superficies desnudas hasta el mar, sino que era recibida en toda su abundancia, en las entrañas mismas del terreno, donde se almacenaba en su cuerpo permeable y luego era descargada en forma de arroyos y ríos con

abundante volumen y distribución territorial amplia. Los templos que existen ahora en los sitios donde las fuentes de agua se extinguieron, son la evidencia de la validez de mi presente hipótesis". Esta referencia la hizo Platón respecto al bosque que existía en las montañas de Ática en Grecia.

A continuación se presenta las principales definiciones sobre cuencas hidrográficas:

- "Es el área natural o unidad de territorio, delimitada por una divisoria topográfica (Divortium Acuarium), que capta la precipitación y drena el agua de esorrentía hasta un colector común, denominado río principal". Esta definición encierra claramente una concepción hidrológica del término cuenca.
- Con el transcurrir de los años se vio que esta definición era restringida, teniéndose a la fecha una definición más integral sobre la cuenca hidrográfica:
- Cuenca hidrográfica, es el sistema que interrelaciona factores naturales, sociales, económicos, políticos e institucionales y que son variables en el tiempo.
- Cuenca hidrográfica, es el área o ámbito geográfico, 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.

Un tema de permanente discusión es el referente a los conceptos de cuenca, sub-cuenca y microcuenca. Por consideraciones prácticas se puede definir para trabajos de manejo de cuencas, rangos de área para cada unidad hidrográfica. Los rangos de área se determinarán en función del grado de

ramificación de los cursos de agua. Corresponden a microcuencas, los cursos de agua de 1er, 2do, y 3er orden; a subcuencas los cursos de agua de 4to y 5to orden y a cuencas los cursos de agua de 6to o más orden. El número de orden de un curso de agua o río se inicia a partir del cauce más pequeño y teniendo como punto de referencia a los límites definidos por el "Divortium Acuarium".

Los rangos de área para las diferentes unidades hidrográficas, se pueden tener como referencia:

<u>Unidad Hidrográfica</u>	<u>Área (Ha)</u>
Cuenca	50000 – 800000
Subcuenca	5000 – 50000
Microcuenca	< 5000

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Lugar de Ejecución.

El presente trabajo de investigación se realizó en el ámbito de la microcuenca Puno ubicado en el distrito de Puno, provincia de Puno y Departamento de Puno.

Ubicación Geográfica,

Coordenadas Geográficas:

Latitud S : 15° 50'15".

Longitud W. : 70° 01'18"

Altitud : 3,820 m.s.n.m.

Coordenadas U.T.M.:

Latitud N : 391130,629

Longitud E : 8249236,663

Altitud : 3820 m.s.n.m.

La Microcuenca Puno está integrado por una serie de pequeñas microcuencas que bordean la bahía interior de Puno en el Lago Titicaca. Estas microcuencas presentan extensiones superficiales que varían de 36 a 493 has. Con pendientes promedio de 8 a 20%. La ciudad de Puno se va extendiendo progresivamente a las partes más altas de esas microcuencas que tienen poca vegetación y están expuestas a la erosión. En épocas de lluvia las aguas

arrastran considerables volúmenes de sedimentos. Las principales microcuencas son Huaje, San José, Llavini, Huáscar, Pirhuapirhuani, Paxa, Huaynapucara, Manto, Salcedo, Aziruni y Jayllihuaya.

En general el clima de Puno varía entre frío y seco, al ubicarse a orillas del lago el clima es temperado por la influencia del lago.

Las precipitaciones pluviales son anuales y duran generalmente entre los meses de diciembre a abril, aunque suelen variar en ciclos anuales, originando inundaciones y sequías, generalmente las precipitaciones son menores a 700 mm.

La temperatura es muy variable, con marcadas diferencias entre los meses de junio y noviembre y con oscilaciones entre una temperatura promedio máxima de 22 °C y una mínima de 1,4 °C.

3.2. Registros.

Los materiales que se han utilizado en el presente trabajo de investigación están constituidos por los registros de los elementos meteorológicos en estudio:

- Precipitación total mensual (mm)
- Temperatura media mensual (°C)
- Heliofanía Mensual (H.S.)
- Humedad Relativa mensual (%)

Obtenidos de la Oficina del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) Oficina Regional Puno; los datos observados corresponden a la Estación Meteorológica Climatológica Principal CP-708 Puno.

La información de las variables en estudio corresponde desde el año 1996 hasta el año de 2008.

Cabe indicar que los datos de Heliofanía se han completado por el método de correlación entre la precipitación y las horas de sol, teniendo en consideración que en la actualidad esta información carece de registros históricos debido principalmente que el aparato de medición cual es el heliógrafo fue sustraída de la Estación meteorológica en el año de 1997.

Los registros de superficie sembrada, superficie cosechada y producción de los cultivos de papa, quinua y haba, fueron facilitados por Dirección Regional Agraria Puno.

3.3. Metodología.

A continuación se expone en forma detallada la metodología seguida para cada objetivo.

3.3.1. Análisis de Consistencia.

Para ver la homogeneidad de la información de los elementos climáticos en estudio como son la Precipitación la Temperatura la Heliofanía y la Humedad Relativa, se efectuó el análisis de consistencia que se realiza mediante los siguientes procesos, recomendado por VILLÓN (2005)

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

3.3.2. Estructura de las Variables Climáticas.

Para determinar la variabilidad de cada variable climática, con los datos disponibles mensuales, se ha adecuado el Diseño Experimental Diseño Bloque Completamente al Azar, con las siguientes características.

- Bloques constituido por los años.
- Tratamientos constituidos por los meses.
- Gradiente de variabilidad viene a ser los 15 años.
- Prueba de Significación Duncan.

Se utilizó Series históricas anual de la Estación Meteorológica Puno

Tratamientos:

Meses del año, Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre.

Bloques:

Bloque I	:	1994.
Bloque II	:	1995.
Bloque III	:	1996.
Bloque IV	:	1997.
Bloque V	:	1998
Bloque VI	:	1999
Bloque VII	:	2000
Bloque VIII	:	2001
Bloque IX	:	2002
Bloque X	:	2003
Bloque XI	:	2004
Bloque XII	:	2005
Bloque XIII	:	2006
Bloque XIV	:	2007
Bloque XV	:	2008

Haciendo un total de 180 unidades experimentales.

Para el análisis de variancia de de la variable Climática, Humedad Relativa, cuya información es en porcentaje, estos datos fueron transformados a valores angulares tal como recomienda Calzada (1970) y de esta forma homogenizar la información.

El diseño propuesto se describe a continuación:

3.3.3. Diseño Bloque Completo al Azar. (DBCA)

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \epsilon_{ij}; \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, t \text{ (} t = \text{tratamientos)} \\ j = 1, 2, \dots, r \text{ (} r = \text{bloques)} \end{cases}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta observada en la unidad experimental ubicada en el j -ésimo bloque que recibe el tratamiento "i"

μ = Constante común para toda la observación o media de la población.

τ = es el efecto del tratamiento "i", el cual es igual a $(\mu_j - \mu)$, es la diferencia entre el promedio poblacional del bloque y la media poblacional μ .

β_j = Es el efecto del bloque "j", que es igual a $(\mu_j - \mu)$, es la diferencia entre el promedio poblacional del bloque y la media poblacional μ .

ϵ_{ij} = Término que representa el error de su respectiva Y_{ij} que se considera como la variable aleatoria distribuida en forma normal e independiente.

CUADRO N° 3

DATOS ORDENADOS DE TRATAMIENTOS Y BLOQUES

Bloque	Tratamientos											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1994	T1 B1	T2B1	T3B1	T4B1	T5B1	T6 B1	T7B1	T8 B1	T9 B1	T10B1	T11B1	T12B1
1995	T1B2	T2B2	T3 B2	T4 B2	T5B2	T6 B2	T7 B2	T8 B2	T9 B2	T10B2	T11B2	T12B2
1996	T1B3	T2B3	T3 B3	T4 B3	T5B3	T6 B3	T7 B3	T8 B3	T9 B3	T10B3	T11B3	T12B3
1997	T1B4	T2B4	T3B4	T4B4	T5B4	T6B4	T7B4	T8B4	T9B4	T10B4	T11B4	T12B4
1998	T1B5	T2B5	T3 B5	T4 B5	T5B5	T6 B5	T7 B5	T8 B5	T9 B5	T10B5	T11B5	T12B5
1999	T1B6	T2B6	T3 B6	T4 B6	T5B6	T6 B6	T7 B6	T8 B6	T9 B6	T10B6	T11B6	T12B6
2000	T1B7	T2B7	T3B7	T4B7	T5B7	T6B7	T7B7	T8B7	T9B7	T10B7	T11B7	T12B7
2001	T1B8	T2B8	T3B8	T4B8	T5B8	T6B8	T7B8	T8B8	T9B8	T10B8	T11B8	T12B8
2002	T1B9	T2B9	T3B9	T4B9	T5B9	T6B9	T7B9	T8B9	T9B9	T10B9	T11B9	T12B9
2003	T1B10	T2B10	T3B10	T4B10	T5B10	T6B10	T7B10	T8B10	T9B10	T10B10	T11B10	T12B10
2003	T1B11	T2B11	T3B11	T4B11	T5B11	T6B11	T7B11	T8B11	T9B11	T10B11	T11B11	T12B11
2004	T1B12	T2B12	T3B12	T4B12	T5B12	T6B12	T7B12	T8B12	T9B12	T10B12	T11B12	T12B12
2005	T1B13	T2B13	T3B13	T4B13	T5B13	T6B13	T7B13	T8B13	T9B13	T10B13	T11B13	T12B13
2007	T1B14	T2B14	T3B14	T4B14	T5B14	T6B14	T7B14	T8B14	T9B14	T10B14	T11B14	T12B14
2008	T1B15	T2B15	T3B15	T4B15	T5B15	T6B15	T7B15	T8B15	T9B15	T10B15	T11B15	T12B15

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Asociación Entre Variables.

Para comprobar y verificar cuantitativamente el grado de asociación y relación entre dos variables categóricas se ha utilizado la técnica estadística de correlación y regresión lineal simple para determinar el coeficiente de correlación, el coeficiente de determinación y el coeficiente de regresión.

3.3.4.1. Correlación Precipitación – Temperatura.

En las tablas siguientes se presenta información sobre la variable independiente del mes de enero, de 15 años (X) y la variable dependiente mensual del mes de enero de 15 años (Y).

CUADRO N°. 4

**DATOS ORDENADOS DE PRECIPITACIÓN MENSUAL Y
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN**

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X Ene	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Y Ene	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente Y = Precipitación mensual de cada mes del año, de 15 años.

Variable independiente X = Temperatura de cada mes del año de 15 años

3.3.4.2. Correlación Precipitación – Heliofanía

CUADRO N°. 5
DATOS ORDENADOS DE DE PRECIPITACIÓN MENSUAL Y
HELIOFANÍA MENSUAL DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X Ene	HF														
Y Ene	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente Y = Precipitación mensual de cada mes del año, de 15 años.

Variable independiente X = Heliofanía de cada mes del año de 15 años

3.3.4.3. Correlación Precipitación - Humedad Relativa.

CUADRO N°. 6
DATOS ORDENADOS DE PRECIPITACIÓN MENSUAL Y HUMEDAD
RELATIVA DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X Ene	HR														
Y Ene	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente Y = Precipitación de cada mes del año de 15 años

Variable Independiente X = Humedad Relativa de cada mes del año, de 15 años.

3.3.4.4. Correlación Temperatura - Heliofanía.

CUADRO N°. 7

DATOS ORDENADOS DE TEMPERATURA MENSUAL Y HELIOFANÍA DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X Ene	HF														
Y Ene	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente Y = Temperatura mensual de cada mes del año de 15 años.

Variable independiente X = Heliofanía de cada mes del año, de 15 años

3.3.4.5. Correlación Heliofanía – Humedad Relativa.

CUADRO N°. 8

DATOS ORDENADOS DE HELIOFANÍA MENSUAL Y HUMEDAD RELATIVA MENSUAL DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X Ene	HR														
Y Ene	HF														

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente Y = Heliofanía de cada mes del año de 15 años.

Variable independiente X = Humedad Relativa de cada mes del año, de 15 años

El mismo criterio se tomó para determinar la correlación planteada para cada mes del año.

Para los casos en estudio se define que:

$$Y = f(X).$$

Así mismo el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación serán determinados por los siguientes modelos estadísticos;

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

Los análisis estadísticos se realizaron empleando el software estadístico StatGraphics Plus Versión 5.1.

3.3.5. Correlación y Regresión Múltiple.

3.3.5.1. Correlación y Regresión Múltiple Precipitación con Temperatura, Heliofanía y Humedad Relativa.

CUADRO N°. 9
DATOS ORDENADOS DE PRECIPITACIÓN CON TEMPERATURA,
HELIOFANÍA Y HUMEDAD RELATIVA DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X ₁	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
X ₂	HF														
X ₃	HR														
Y	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente Y = Precipitación total anual de 15 años

Variables Independientes, X₁ = Temperatura total media anual, X₂ = Heliofanía total anual, X₃ = Humedad Relativa total anual.

3.3.5.2. Correlación y Regresión Múltiple Temperatura con Precipitación, Heliofanía y Humedad Relativa.

CUADRO N°. 10

DATOS ORDENADOS DE TEMPERATURA CON PRECIPITACIÓN, HELIOFANÍA Y HUMEDAD RELATIVA DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	15
X ₁	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
X ₂	HF															
X ₃	HR															
Y	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente Y = Temperatura total media anual.

Variables Independientes, X₁ = Precipitación total anual, X₂ = Heliofanía total anual, X₃ = Humedad Relativa total anual.

3.3.5.3. Correlación y Regresión Múltiple Heliofanía con Precipitación, Temperatura y Humedad Relativa

CUADRO N°. 11

DATOS ORDENADOS DE HELIOFANÍA CON PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	15
X ₁	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
X ₂	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
X ₃	HR															
Y	HF															

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente Y = Heliofanía total anual

Variables Independientes,

X_1 = Precipitación total anual,

X_2 = Temperatura total anual,

X_3 = Humedad Relativa total anual.

3.3.5.4. Correlación y Regresión Múltiple Humedad Relativa con Precipitación, Temperatura y Heliofanía.

CUADRO N°. 12

DATOS ORDENADOS DE HUMEDAD RELATIVA CON PRECIPITACIÓN,
TEMPERATURA Y HELIOFANÍA, DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	15
X_1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
X_2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
X_3	HF															
Y	HR															

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente Y = Humedad Relativa total anual.

Variables Independientes:

X_1 = Precipitación total anual,

X_2 = Temperatura total anual,

X_3 = Heliofanía total anual.

3.3.6. Correlación y Regresión Múltiple entre Rendimiento Anual de Cultivos y las Variables Climáticas.

Para determinar la correlación y regresión múltiple, se considera como variable dependiente los rendimientos de los cultivos de papa, quinua y haba, previamente procesados en función a los registros históricos de superficie sembrada, superficie cosechada y producción, y como variables independientes los elementos climáticos en estudio.

3.3.6.1. Correlación y Regresión Múltiple entre el Rendimiento Anual de Papa y las Variables Climáticas, Precipitación, Temperatura, Heliofanía y Humedad Relativa.

CUADRO N°. 13

DATOS ORDENADOS DE RENDIMIENTO PAPA CON HUMEDAD
PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA, HELIOFANÍA, Y HUMEDAD RELATIVA
DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN

A Ñ O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X ₁	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
X ₂	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
X ₃	HF														
X ₄	HR														
Y	Kg/ Ha														

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente Y = Rendimiento de Papa.

Variables Independientes:

X_1 = Precipitación total anual,

X_2 = Temperatura total anual,

X_3 = Heliofanía total anual,

X_4 = Humedad Relativa total anual.

3.3.6.2. Correlación y Regresión Múltiple entre el Rendimiento Anual de Quinua y las Variables Climáticas, Precipitación, Temperatura, Heliofanía y Humedad Relativa.

**CUADRO Nº. 14
DATOS ORDENADOS DE RENDIMIENTO QUINUA CON HUMEDAD
PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA, HELIOFANÍA, Y HUMEDAD RELATIVA
DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN**

A Ñ O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X_1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
X_2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
X_3	HF														
X_4	HR														
Y	Kg/ Ha														

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente Y = Rendimiento de Quinua.

Variables Independientes:

X_1 = Precipitación total anual,

X_2 = Temperatura total anual,

X_3 = Heliofanía total anual,

X_4 = Humedad Relativa total anual.

3.3.6.3. Correlación y Regresión Múltiple, entre el Rendimiento Anual de Haba y las Variables Climáticas, Precipitación, Temperatura, Heliofanía y Humedad Relativa.

**CUADRO N°. 15
DATOS ORDENADOS DE RENDIMIENTO HABA CON HUMEDAD
PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA, HELIOFANÍA, Y HUMEDAD RELATIVA
DE 15 AÑOS DE OBSERVACIÓN**

A Ñ O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X₁	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
X₂	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
X₃	HF														
X₄	HR														
Y	Kg/ Ha														

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente Y = Rendimiento de Haba.

Variables Independientes:

X₁ = Precipitación total anual,

X₂ = Temperatura total anual,

X₃ = Heliofanía total anual,

X₄ = Humedad Relativa total anual.

3.3.7. Determinación de Índices Climáticos para su uso en Modelos Matemáticos Climáticos.

Determinación del Coeficiente: Precipitación Mensual/ Heliofanía Mensual.

Para la determinación del coeficiente: Precipitación mensual/Heliofanía mensual se ha recurrido a la relación propuesta por TROJER

$$\frac{\textit{Precipitacion mensual}}{\textit{Heliofanía mensual}}$$

Este coeficiente P/H será útil para la determinación del tiempo reinante.

Determinación de Precipitación Porcentual (%p).

Su determinación se ha hecho a partir de la precipitación mensual total, tomando en cuenta la anual como 100%.

Con la precipitación porcentual también se puede determinar el tiempo reinante.

Determinación del Índice de Iluminación.

Para la determinación del índice de Iluminación se empleó la siguiente relación.

$$\frac{\% \textit{ de Horas mensuales soleadas}}{\% \textit{ de Horas máximas soleadas}} \times 100$$

Considerando que el porcentaje de horas soleadas está dada por la siguiente fórmula.

$$\frac{\textit{Horas de sol prácticas}}{\textit{Horas de sol teóricas}} \times 100$$

CAPITULO IV

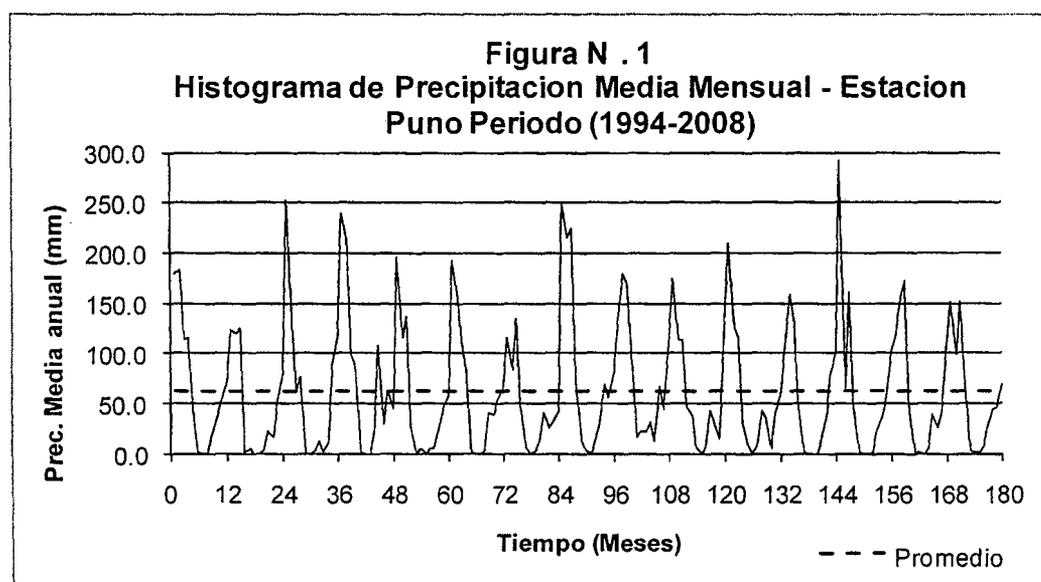
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de Consistencia.

Efectuada el análisis de consistencia de cada uno de las variables climáticas en estudio, el resultado obtenido es que la información disponible es homogénea, es decir es consistente como puede observarse desde la Figura N°. 01 hasta la Figura N°. 08.

4.1.1. Análisis de Salto.

4.1.1.1. Análisis de Salto de Precipitación Media Mensual.

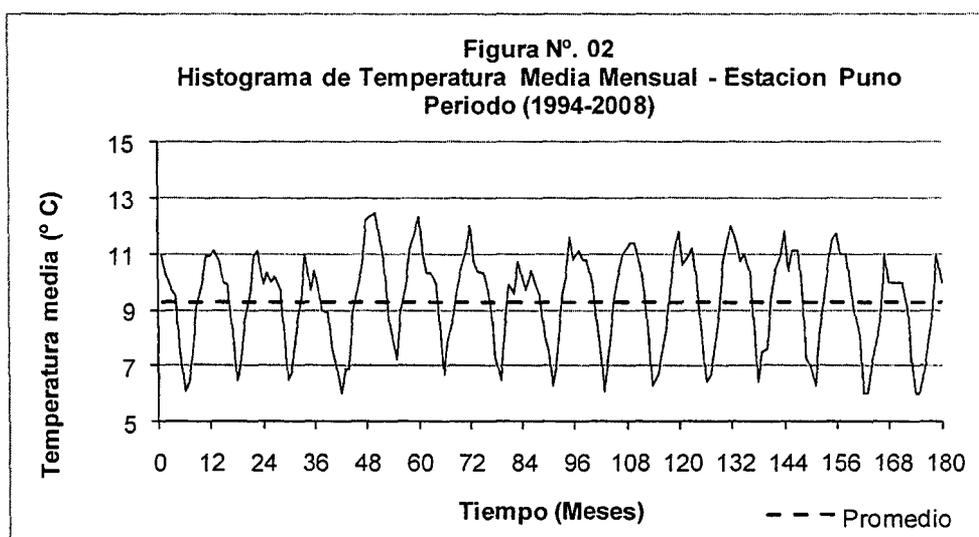


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 1, se presenta el histograma de precipitación media mensual de la estación Puno, en ella se puede apreciar que durante el periodo

de 1994 al 2008, el comportamiento de la precipitación media mensual es homogéneo, con un mínimo de 61.5 mm y un máximo de 183.1 mm; en promedio se tiene una precipitación de 61.5 mm; visualmente se puede observar que no hay presencia de saltos.

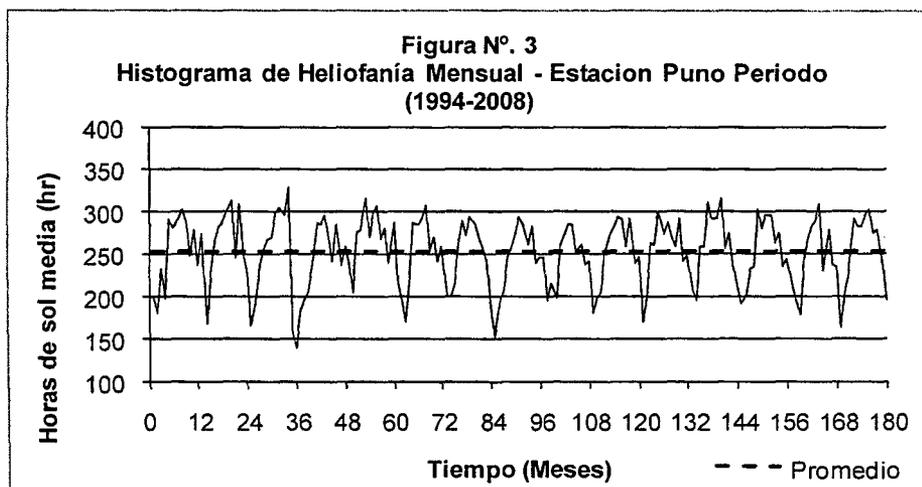
4.1.1.2. Análisis de Salto de Temperatura Media Mensual.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 2, se presenta el histograma de temperatura media mensual de la estación Puno, en ella se puede apreciar que durante el periodo de 1994 al 2008, el comportamiento de la temperatura media mensual es homogéneo, con un mínimo de 6.0 °C y un máximo de 12.5 °C; en promedio se tiene una temperatura de 9.3 °C; visualmente se puede observar que no hay presencia de saltos; sin embargo se va a realizar el análisis de doble masa.

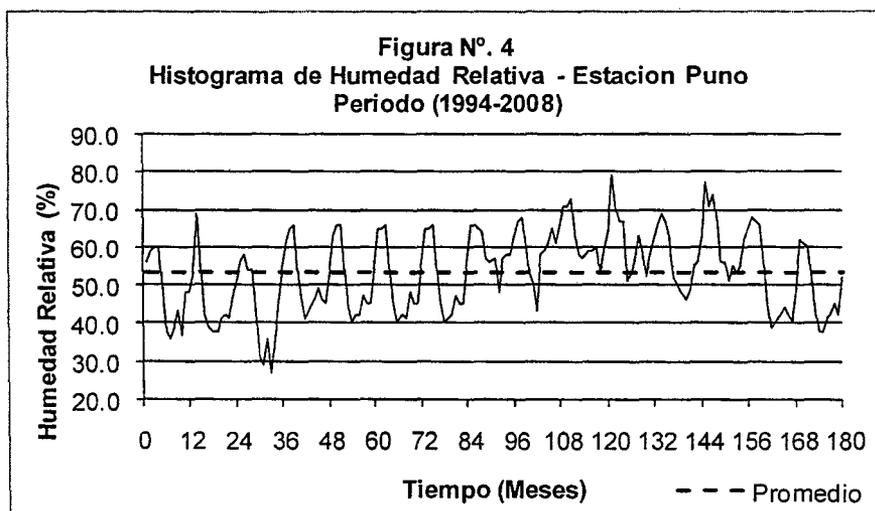
4.1.1.3. Análisis de Salto de Heliofanía Mensual.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 3, se presenta el histograma de heliofanía media mensual de la estación Puno, en ella se puede apreciar que durante el periodo de 1994 al 2008, el comportamiento de la heliofanía media mensual es homogéneo, con un mínimo de 138.8 horas y un máximo de 328.8 horas; en promedio se tiene una heliofanía de 252.5 horas; visualmente se puede observar que no hay presencia de saltos; sin embargo para su comprobación se realizara el análisis de doble masa.

4.1.1.4. Análisis de Salto de Humedad Relativa Mensual.

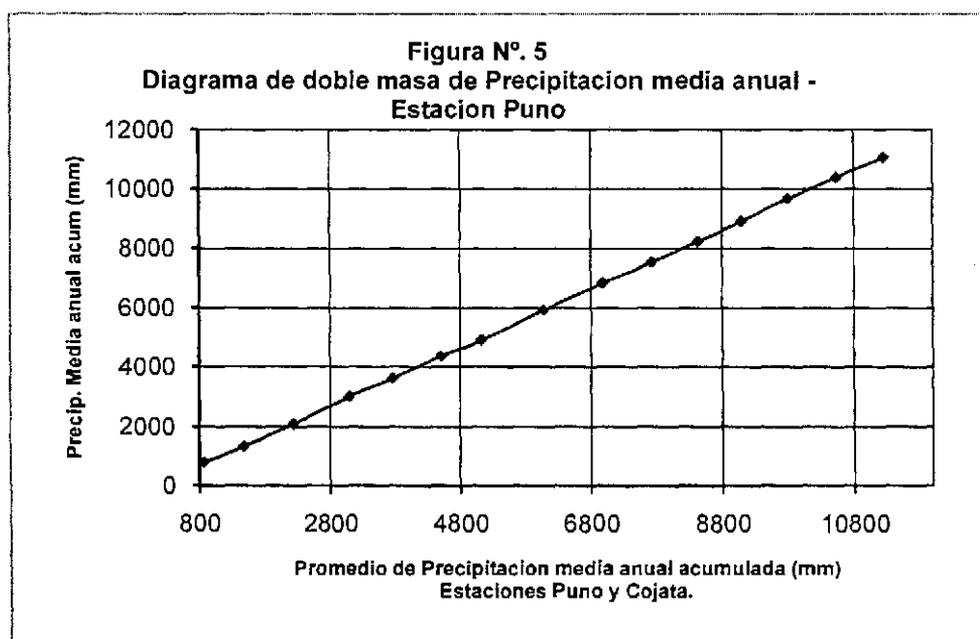


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 4, se presenta el histograma de humedad relativa mensual de la estación Puno, en ella se puede apreciar que durante el periodo de 1994 al 2008, el comportamiento de la humedad relativa mensual es homogéneo, con un mínimo de 27.0 % y un máximo de 79.0 %; en promedio se tiene una humedad relativa de 53.4 %; visualmente se puede observar que no hay presencia de saltos; sin embargo para su comprobación se realizara el análisis de doble masa.

4.1.2. Análisis de Doble Masa.

4.1.2.1. Análisis de Doble Masa de Precipitación Media Anual.

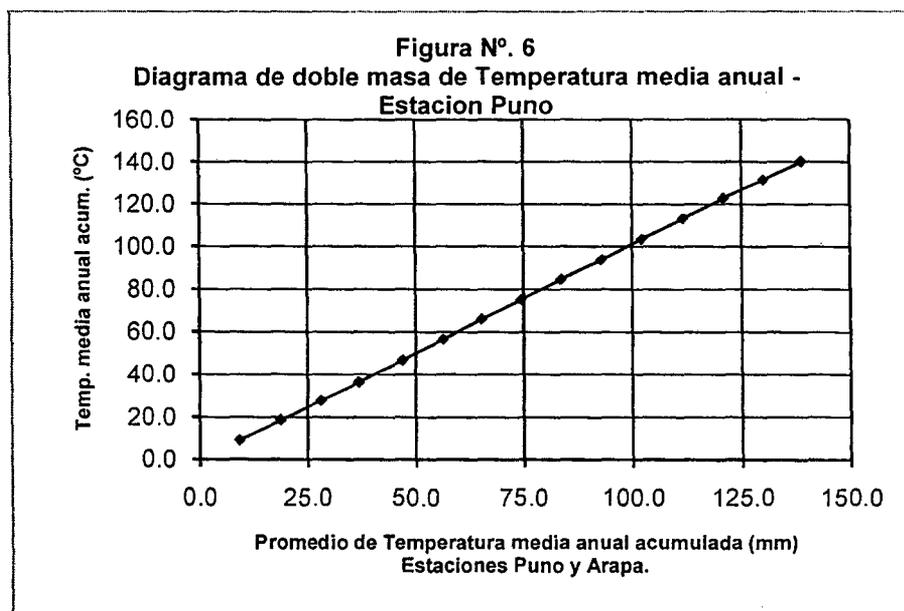


Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 5, se muestran el diagrama de doble masa, de la serie histórica de precipitación media anual de la estación Puno, para ello nos apoyamos en los datos de precipitación media anual de la estación Cojata, por tener valores similares a la estación Puno; en ella se puede observar que la serie histórica de la estación Puno es una estación con registros consistentes

porque su diagrama de doble masa se asemeja a una línea recta, no hay quiebres; por tanto, se puede concluir que los datos históricos de precipitación media anual de la estación Puno, son homogéneos y consistentes; en consecuencia no es necesario realizar el análisis estadístico.

4.1.2.2. Análisis de Doble Masa de Temperatura Media Anual.

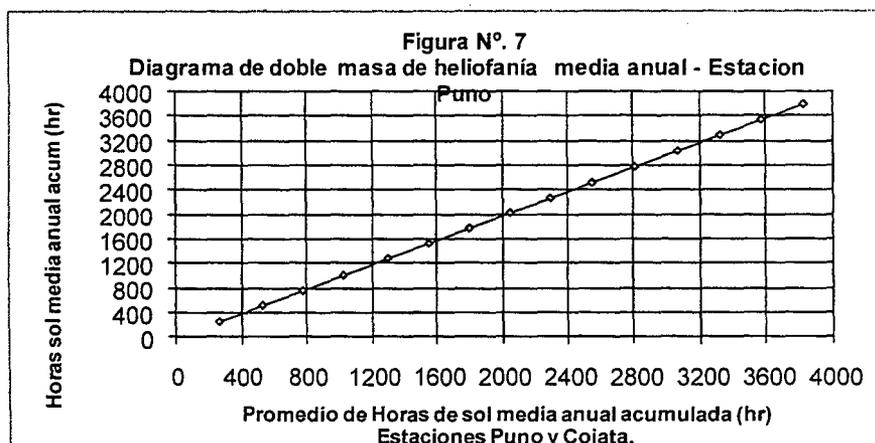


Fuente: Elaboración propia.

En la figura Nº 6, se muestran el diagrama de doble masa, de la serie histórica de temperatura media anual de la estación Puno, para ello nos apoyamos en los datos de precipitación media anual de la estación Arapa, por tener valores similares a la estación Puno;

En ella se puede observar que la serie histórica de la estación Puno es una estación con registros consistentes porque su diagrama de doble masa se asemeja a una línea recta, no hay quiebres; por tanto, se puede concluir y que los datos históricos de temperatura media anual de la estación Puno, son homogéneos y consistentes; en consecuencia no es necesario realizar el análisis estadístico.

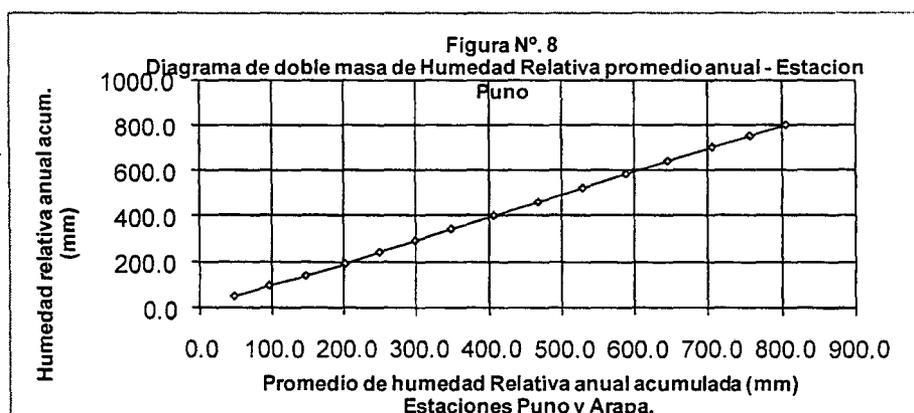
4.1.2.3. Análisis de Doble Masa de Heliofanía Media Anual.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 7, se muestran el diagrama de doble masa, de la serie histórica de heliofanía media anual de la estación Puno, para ello nos apoyamos en los datos de heliofanía media anual de la estación Cojata, por tener valores similares a la estación Puno; en ella se puede observar que la serie histórica de la estación Puno es una estación con registros consistentes porque su diagrama de doble masa se asemeja a una línea recta, no hay quiebres; por tanto, se puede concluir y que los datos históricos de heliofanía media anual de la estación Puno, son homogéneos y consistentes; en consecuencia no es necesario realizar el análisis estadístico.

4.1.2.4. Análisis de Doble Masa de Humedad Relativa.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 8, se muestran el diagrama de doble masa, de la serie histórica de humedad relativa media anual de la estación Puno, para ello nos apoyamos en los datos de humedad relativa media anual de la estación Arapa, por tener valores similares a la estación Puno; en ella se puede observar que la serie histórica de la estación Puno es una estación con registros consistentes porque su diagrama de doble masa se asemeja a una línea recta, no hay quiebres; por tanto, se puede concluir y que los datos históricos de humedad relativa media anual de la estación Puno, son homogéneos y consistentes; en consecuencia no es necesario realizar el análisis estadístico.

4.2. Análisis de Varianza de las Variables Climáticas en Estudio.

4.2.1. Análisis de Varianza de la Precipitación Media Mensual de la Estación Meteorológica Puno.

La precipitación total mensual durante 15 años de la estación meteorológica de Puno (Tabla N°. 1, ver anexo) y efectuando el análisis de varianza (Tabla N°. 1) para los años hay una diferencia significativa que indica que las precipitaciones de cada año no tienen la misma intensidad. Las precipitaciones para los meses muestra una diferencia altamente significativa detectada por la prueba de Duncan al 0.01 (Tabla N°. 2) donde observamos que los meses de enero, febrero, marzo y diciembre son los meses que presentan mayor precipitación que contrastan con meses de precipitación mínima que corresponden a los meses de mayo, junio, julio y agosto, luego tenemos cuatro meses transitorios constituido por los meses de abril, septiembre, octubre, y noviembre,

El coeficiente de variabilidad es alta 46.10% por lo que existe meses con precipitación bien caracterizadas y meses con precipitación mínimas o escasas.

TABLA N°. 1
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE CLIMÁTICA
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign
BLOQUES	14	20669.635	1476.4025	1.8369186	2.216	1.763	*
TRATAMIENTOS	11	612284.27	55662.206	69.254109	2.3814	1.863	**
ERROR	154	123775.8	803.73868				
TOTAL	179	756729.7					

TC = 680805.0

CV= 46.10%

Fuente: Elaboración Propia

Al no existir valor de Ft para grados de libertad del error 154, este valor se obtuvo con el programa Excel, complemento interpolación

TABLA N°. 2
PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA LA VARIABLE
CLIMÁTICA PRECIPITACIÓN

Clave	Meses	Promedio	Significancia
XII	Enero	181.43	a
XI	Febrero	140.96	b
X	Marzo	134.52	b
IX	Diciembre	83.31	c
VIII	Abril	60.29	d
VII	Noviembre	50.59	d e
VI	Octubre	33.17	e
V	Septiembre	29.91	e f
IV	Agosto	10.95	f g
III	Mayo	7.78	g
II	Julio	2.67	g
I	Junio	2.43	g

Fuente: Elaboración Propia

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

La presente información fue obtenida a través de Software S.A.S para Windows versión 9.2.

4.2.2. Análisis de Varianza de la Temperatura Media Mensual de la Estación Meteorológica Puno.

La temperatura media mensual durante 15 años de la estación meteorológica de Puno (Tabla N°. 2, ver anexo) y efectuando el análisis de varianza (Tabla N°. 3) para los años hay una diferencia significativa que indica que las temperaturas de cada año no son iguales. Las temperaturas para los meses muestra una diferencia altamente significativa detectada por la prueba de Duncan al 0.01 (Tabla 4) donde observamos que los meses de enero, febrero, marzo y diciembre son los meses que presentan mayor temperatura que contrastan con meses de temperatura mínima que corresponden a los meses de mayo, junio, julio y agosto, luego tenemos cuatro meses transitorios constituido por los meses de setiembre, octubre, abril y noviembre.

El coeficiente de variabilidad es alta 5.53% por lo que existe meses con temperaturas bien caracterizadas y meses con temperaturas mínimas.

**TABLA N°. 3
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE CLIMÁTICA TEMPERATURA
MEDIA MENSUAL**

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign
BLOQUES	14	34.432444	2.4594603	9.2120095	2.216	1.763	*
TRATAMIENTOS	11	453.30194	41.209268	154.351	2.3814	1.863	**
ERROR	154	41.1	0.2669841				
TOTAL	179	528.8					

TC = 15700.5

CV= 5.5325033

Fuente: Elaboración Propia

Al no existir valor de Ft para grados de libertad del error 154, este valor se obtuvo con el programa Excel, complemento interpolación

TABLA N°. 4
PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA LA VARIABLE
CLIMÁTICA TEMPERATURA

Clave	Meses	Promedio	Significancia
XII	Diciembre	11.15	a
XI	Noviembre	11.02	a b
X	Enero	10.77	a b
IX	Febrero	10.63	b c
VIII	Marzo	10.37	c d
VII	Octubre	10.21	d
VI	Abril	9.64	e
V	Septiembre	9.15	f
IV	Mayo	7.99	g
III	Agosto	7.79	g
II	Julio	6.68	h
I	Junio	6.67	h

Fuente: Elaboración Propia

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

La presente información fue obtenida a través de Software S.A.S para Windows versión 9.2.

4.2.3. Análisis de Varianza de la Heliofanía Mensual de la Estación Meteorológica Puno.

Tomando los datos de la Heliofanía mensual durante 15 años de la Estación Meteorológica de Puno (Tabla N°. 3, ver anexo) y luego efectuando el análisis de varianza (Tabla N°. 5) para los años hay una diferencia significativa que indica que las heliofanía mensual de cada año no son iguales. La Heliofanía para los meses muestra una diferencia altamente significativa detectada por la prueba de Duncan al 0.05 (Tabla N°. 6) donde observamos que los meses de enero, febrero, marzo y diciembre son los meses que presentan mayor heliofanía mensual que contrastan con meses de Heliofanía mensual mínima que corresponden a los meses de mayo, junio, julio y agosto,

luego tenemos cuatro meses transitorios constituido por los meses de setiembre, octubre, abril y noviembre.

El coeficiente de variabilidad es alta 8.95% por lo que existe meses con heliofanía bien caracterizadas y meses con Heliofanía mínima.

TABLA N°. 5
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE CLIMÁTICA HELIOFANÍA MENSUAL

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign
BLOQUES	14	10136.035	724.00248	1.4380298	2.216	1.763	*
TRATAMIENTOS	11	245077.94	22279.813	44.252659	2.3814	1.863	**
ERROR	154	77534.1	503.46834				
TOTAL	179	332748.1					

TC = 11312512.2

CV= 8.9504074

Fuente: Fuente: Elaboración Propia

Al no existir valor de Ft para grados de libertad del error 154, este valor se obtuvo con el programa Excel, complemento interpolación

TABLA N°. 6
PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA LA VARIABLE CLIMÁTICA HELIOFANÍA

Clave	Meses	Promedio	Significancia
XII	Julio	289.247	a
XI	Agosto	287.031	a b
X	Mayo	285.201	a b
IX	Junio	283.511	a b
VIII	Octubre	274.323	a b
VII	Septiembre	270.087	a b
VI	Abril	252.173	c
V	Noviembre	251.581	c
IV	Diciembre	235.277	c
III	Marzo	201.877	d
II	Enero	195.933	d e
I	Febrero	182.094	d e

Fuente: Elaboración Propia

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

La presente información fue obtenida a través de Software S.A.S para Windows versión 9.2.

4.2.4. Análisis de Varianza de la Humedad Relativa Mensual de la Estación Meteorológica Puno.

La humedad relativa mensual durante 15 años de la estación meteorológica de Puno (Tabla N°. 4, anexo) y efectuando el análisis de varianza (Tabla N°. 7) para los años hay una diferencia significativa que indica que la humedad relativa de cada año no tienen la mismo porcentaje. La humedad relativa para los meses muestra una diferencia altamente significativa detectada por la prueba de Duncan al 0.01 (Tabla N°. 8) donde observamos que los meses de enero, febrero, marzo y diciembre son los meses que presentan mayor humedad relativa que contrastan con meses de humedad relativa mínima que corresponden a los meses de mayo, junio, julio y agosto, luego tenemos cuatro meses transitorios constituido por los meses de setiembre, octubre, abril y noviembre. El coeficiente de variabilidad es alta 45.65% por lo que existe meses con humedad relativa bien caracterizadas y meses con humedad relativa bien caracterizadas y meses con humedad relativa mínimas.

**TABLA N°. 7
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE CLIMÁTICA HUMEDAD RELATIVA**

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign
BLOQUES	14	6543.0333	467.35952	29.890513	2.216	1.763	**
TRATAMIENTOS	11	11022.267	1002.0242	64.085607	2.3814	1.863	**
ERROR	154	2407.9	15.635714				
TOTAL	179	19973.2					

TC = 513280.8

CV= 7.4048729

Fuente: Elaboración Propia

Al no existir valor de Ft para grados de libertad del error 154, este valor se obtuvo con el programa Excel, complemento interpolación

**TABLA N° 8
PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA LA VARIABLE
CLIMÁTICA HUMEDAD RELATIVA**

Clave	Meses	Promedio	Significancia
XII	Julio	66.067	a
XI	Agosto	65.000	a
X	Mayo	64.467	a
IX	Junio	57.200	b
VIII	Octubre	57.067	b
VII	Septiembre	50.400	c
VI	Abril	48.533	c d
V	Noviembre	48.200	c d e
IV	Diciembre	47.933	c d e
III	Marzo	46.667	d e
II	Enero	45.267	e
I	Febrero	44.000	e f

Fuente: Elaboración Propia

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

La presente información fue obtenida a través de Software S.A.S para Windows versión 9.2.

4.3. Correlación Lineal Entre Variables Climáticas.

4.3.1. Correlación Lineal Precipitación Media Mensual – Temperatura Media Mensual.

Se ha efectuado la correlación lineal simple de de precipitación media mensual vs temperatura media mensual (Tabla N°. 9) estando el coeficiente de correlación de - 0.51 al 0.41 existe significancia estadística, mostrando asociación entre estos elementos, indicándonos que cada uno de estos elementos meteorológicos se manifiestan en forma dependiente

TABLA N°. 9
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (r) Y DE REGRESIÓN (b) LINEAL
SIMPLE PRECIPITACIÓN – TEMPERATURA

MESES	(r)	(b)
ENERO	-0.46	-39.24
FEBRERO	-0.42	5.60
MARZO	0.10	-24.43
ABRIL	-0.42	-18.05
MAYO	0.05	1.01
JUNIO	0.45	4.06
JULIO	-0.31	-3.48
AGOSTO	-0.25	-4.52
SEPTIEMBRE	-0.39	-11.22
OCTUBRE	-0.29	-7.79
NOVIEMBRE	-0.51	- 19.40
DICIEMBRE	-0.14	- 4.46

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1.1. Resultados Obtenidos del Mes de Enero.

A continuación se muestra los resultados obtenidos del mes de enero con el software estadístico StatGraphics Plus Versión 5.1

TABLA N°. 10
DATOS ORDENADOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS

T (x)	10.90	11.10	10.30	9.70	12.30	11.00	10.70	9.70	11.10	11.40	10.60	11.40	10.40	11.00	10.00
P (y)	180.00	122.70	252.70	239.60	196.40	193.00	115.00	248.70	129.60	174.50	208.90	103.30	291.10	115.00	151.00

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Regresión - Modelo Lineal $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: Precipitación Media

Variable independiente: Temperatura Media

TABLA N°. 11
ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN DE LAS VARIABLES
CLIMÁTICAS PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign	Valor P
REGRESIÓN	1	10393.5	10393.50	3.58	9.07	4.67	n.s.	0.081
ERROR	13	37776.8	2905.91					
TOTAL	14	48170.3						

Fuente: Elaboración Propia

Coefficiente de Correlación = -0.464505

$R^2 = 21.5765 \%$

Asesor Estadístico

La salida muestra los resultados del ajuste al modelo lineal para describir la relación entre Precipitación y Temperatura Media. La ecuación del modelo ajustado es

$$Y = 604.199 - 39.2419 * X$$

Donde:

Y= Precipitación, Variable Dependiente

X= Temperatura Media, Variable Independiente

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0.10, existe relación estadísticamente significativa entre Precipitación y Temperatura Media para un nivel de confianza del 90%.

El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 21.5765% de la variabilidad en Precipitación. El coeficiente de correlación es igual a -0.464505, indicando una relación relativamente débil entre las variables. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 53.9065. Este valor puede usarse para construir límites de la predicción para las nuevas observaciones seleccionando la opción Predicciones del menú del texto.

4.3.2. Correlación Lineal Precipitación Media Mensual – Heliofanía Media Mensual.

Efectuando la correlación lineal de la precipitación media mensual con la Heliofanía media mensual (Tabla N°. 12) los coeficientes de correlación son de -0.21 al 0.62 existe significancia estadística demostrando la existencia de asociación de estos elementos.

TABLA N°. 12
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (r) Y DE REGRESIÓN (b) LINEAL
SIMPLE PRECIPITACIÓN – HELIOFANÍA

MESES	(r)	(b)
ENERO	-0.83	- 1.26
FEBRERO	-0.02	- 0.05
MARZO	-0.43	- 0.54
ABRIL	-0.89	- 1.42
MAYO	-0.36	- 0.38
JUNIO	-0.40	- 0.32
JULIO	-0.72	- 0.71
AGOSTO	-0.71	- 0.62
SEPTIEMBRE	-0.73	- 1.32
OCTUBRE	-0.79	- 0.63
NOVIEMBRE	-0.76	- 0.45
DICIEMBRE	-0.76	- 0.65

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2.1. Resultados Obtenidos del Mes de Enero.

A continuación se muestra los resultados obtenidos del mes de enero con el software estadístico StatGraphics Plus Versión 5.1

TABLA N°. 13
DATOS ORDENADOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS

HF(x)	197.50	273.60	165.80	183.00	236.84	176.70	221.69	144.57	213.27	187.37	167.53	228.44	120.11	221.69	200.92
P(y)	180.00	122.70	252.70	239.60	196.40	193.00	115.00	248.70	129.60	174.50	208.90	103.30	291.10	115.00	151.00

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Regresión - Modelo Lineal $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: Precipitación

Variable independiente: Heliofanía

TABLA N°. 14
ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN DE LAS VARIABLES
CLIMÁTICAS PRECIPITACIÓN – HELIOFANÍA

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign	Valor P
REGRESIÓN	1	33430.0	33430.00	29.48	9.07	4.67	**	0.0001
ERROR	13	14740.3	1133.87					
TOTAL	14	48170.3						

Fuente: Elaboración Propia

Coefficiente de Correlación = -0.833065

$R^2 = 69.3997 \%$.

Asesor Estadístico

La salida muestra los resultados del ajuste al modelo lineal para describir la relación entre Precipitación y Horas de sol. La ecuación del modelo ajustado es:

$$Y = 427.888 - 1.25783 * X$$

Donde:

Y= Precipitación, Variable Dependiente

X= Heliofanía, Independiente

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0.01, existe relación estadísticamente significativa entre Precipitación y Heliofanía para un nivel de confianza del 99%.

El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 69.3997% de la variabilidad en Precipitación. El coeficiente de correlación es igual a -0.833065, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 33.6729. Este valor puede usarse para construir límites de la predicción para las nuevas observaciones seleccionando la opción Predicciones del menú del texto.

4.3.3. Correlación Lineal Precipitación Media Mensual – Humedad Relativa.

Efectuando la correlación lineal de la precipitación media mensual con la Humedad Relativa (Tabla N°. 15) los coeficientes de correlación son de -0.21 al

0.63 no existe significancia estadística demostrando la no existencia de asociación de estos elementos

TABLA N° 15
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (r) Y DE REGRESIÓN (b) LINEAL
SIMPLE PRECIPITACIÓN – HUMEDAD RELATIVA

MESES	(r)	(b)
ENERO	0.21	1.72
FEBRERO	-0.21	- 2.28
MARZO	0.27	1.85
ABRIL	0.04	0.20
MAYO	0.52	0.26
JUNIO	0.05	0.03
JULIO	0.42	0.29
AGOSTO	0.63	0.92
SEPTIEMBRE	0.22	0.62
OCTUBRE	0.62	1.33
NOVIEMBRE	-0.11	-0.26
DICIEMBRE	0.32	1.44

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3.1. Resultados Obtenidos del Mes de Enero.

A continuación se muestra los resultados obtenidos con el software estadístico StatGraphics Plus Versión 5.1, del mes de enero

TABLA N° 16
DATOS ORDENADOS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

P(y)	180.00	122.70	252.70	239.60	196.40	193.00	115.00	248.70	129.60	174.50	208.90	103.30	291.10	115.00	151.00
HR(x)	56.00	53.00	56.00	61.00	63.00	65.00	65.00	66.00	67.00	71.00	79.00	66.00	77.00	68.00	62.00

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Regresión - Modelo Lineal $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: Precipitación

Variable independiente: Humedad Relativa

TABLA N° 17
ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN DE LAS VARIABLES
CLIMÁTICAS PRECIPITACIÓN – HUMEDAD RELATIVA

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign	Valor p
REGRESIÓN	1	2152.55	2152.55	0.6100	9.07	4.67	n.s.	0.4495
ERROR	13	46017.70						
TOTAL	14	48170.30						

Fuente: Elaboración Propia

Coefficiente de Correlación = 0.211391

$R^2 = 4.46862 \%$

Asesor Estadístico.

La salida muestra los resultados del ajuste al modelo lineal para describir la relación entre Precipitación y Humedad relativa. La ecuación del modelo ajustado es

$$Y = 69.5098 + 1.7219 * X.$$

Donde:

Y= Precipitación, Variable Dependiente

X= Humedad relativa, Variable Independiente

El estadístico R^2 , indica que el modelo explica un 4.46862% de la variabilidad en Precipitación. El coeficiente de correlación es igual a 0.211391, indicando una relación relativamente débil entre las variables. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 59.4964. Este valor puede usarse para construir límites de la predicción para las nuevas observaciones seleccionando la opción Predicciones del menú del texto.

4.3.4. Correlación Lineal Temperatura Media Mensual – Heliofanía Mensual.

Efectuando la correlación lineal de la temperatura media mensual con la Heliofanía media mensual (Tabla N°. 18) los coeficientes de correlación son de -0.36 al 0.67 existe significancia estadística demostrando la existencia de asociación de estos elementos.

TABLA N°. 18
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (r) Y DE REGRESIÓN (b) LINEAL
SIMPLE TEMPERATURA CON HELIOFANÍA MENSUAL

MESES	(r)	(b)
ENERO	0.58	32.73
FEBRERO	0.11	0.01
MARZO	0.05	- 2.92
ABRIL	0.33	0.01
MAYO	0.07	0.01
JUNIO	-0.36	- 0.03
JULIO	0.39	0.04
AGOSTO	0.57	0.03
SEPTIEMBRE	0.13	0.002
OCTUBRE	-0.61	0.01
NOVIEMBRE	0.67	0.01
DICIEMBRE	0.34	12.83

Fuente: Elaboración Propia

4.3.4.1. Resultados Obtenidos Mes de enero.

A continuación se muestra los resultados obtenidos con el software estadístico StatGraphics Plus Versión 5.1, del mes de enero

TABLA N°. 19
DATOS ORDENADOS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS
TEMPERATURA – HELIOFANÍA

HF (x)	197.50	273.60	165.80	183.00	236.84	178.70	221.69	144.57	213.27	187.37	167.53	228.44	120.11	221.69	200.92
T (y)	10.90	11.10	10.30	9.70	12.30	11.00	10.70	9.70	11.10	11.40	10.60	11.40	10.40	11.00	10.00

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Regresión - Modelo Lineal $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: Temperatura.

Variable independiente: Heliofanía.

TABLA N°. 20
ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN DE LAS VARIABLES
CLIMÁTICAS TEMPERATURA – HELIOFANÍA

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign	Valor P
REGRESIÓN	1	7231.65	7231.65	6.76	9.07	4.67	*	0.0220
ERROR	13	13897.9	1069.07					
TOTAL	14	21129.5						

Fuente: Elaboración Propia

Coefficiente de Correlación = 0.585024

$R^2 = 34.2254 \%$

Asesor Estadístico.

La salida, muestra los resultados del ajuste al modelo lineal para describir la relación entre Horas de Sol y Temperatura media mensual. La ecuación del modelo ajustado es

$$Y = -156.71 + 32.7332 * X.$$

Donde:

Y= Heliofanía, Variable Dependiente

X= Temperatura media, Variable Independiente

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0.05, existe relación estadísticamente significativa entre Heliofanía y Temperatura media para un nivel de confianza del 95%.

El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 34.2254% de la variabilidad en Horas de Sol. El coeficiente de correlación es igual a 0.585024, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 32.6966. Este valor puede usarse para construir límites de la predicción para las nuevas observaciones seleccionando la opción Predicciones del menú del texto.

4.3.5. Correlación Lineal Heliofanía Media Mensual - Humedad Relativa

Efectuando la correlación lineal de la Heliofanía media mensual con la Humedad relativa (Tabla N°. 21) los coeficientes de correlación son de - 0.68 al 0.45 significancia estadística demostrando la existencia de asociación de estos elementos.

TABLA N° 21
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (r) Y DE REGRESIÓN (b) LINEAL
SIMPLE HELIOFANÍA - HUMEDAD RELATIVA

MESES	(r)	(b)
ENERO	-0.51	- 2.74
FEBRERO	0.05	0.21
MARZO	-0.52	- 2.92
ABRIL	0.05	0.14
MAYO	-0.28	- 0.53
JUNIO	0.45	0.38
JULIO	-0.65	-0.44
AGOSTO	-0.68	-1.16
SEPTIEMBRE	-0.23	-0.37
OCTUBRE	-0.55	-1.47
NOVIEMBRE	0.24	1.15
DICIEMBRE	-0.04	-0.21

Fuente: Elaboración Propia

4.3.5.1. Resultados Obtenidos del Mes de Enero.

A continuación se muestra los resultados obtenidos con el software estadístico StatGraphics Plus Versión 5.1, del mes de enero

TABLA N° 22
DATOS ORDENADOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS HELIOFANÍA Y
HUMEDAD RELATIVA

HR(x)	56.00	53.00	56.00	61.00	63.00	65.00	65.00	68.00	67.00	71.00	79.00	66.00	77.00	68.00	62.00
HF(y)	197.50	273.60	165.80	183.00	236.84	176.70	221.69	144.57	213.27	187.37	167.53	228.44	120.11	221.69	200.92

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Regresión - Modelo Lineal $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: Heliofanía.

Variable independiente: Humedad Relativa.

TABLA N°. 23
ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN DE LAS VARIABLES
CLIMÁTICAS HELIOFANÍA - HUMEDAD RELATIVA

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign	Valor P
REGRESIÓN	1	5431.03	5431.03	4.50	9.07	4.67	n.s.	0.0537
ERROR	13	15695.2	1207.32					
TOTAL	14	21126.2						

Fuente: Elaboración Propia

Coefficiente de Correlación = - 0.507026

$R^2 = 25.7075 \%$.

Asesor Estadístico.

La salida muestra los resultados del ajuste al modelo lineal para describir la relación entre Heliofanía y Humedad relativa. La ecuación del modelo ajustado es

$$Y = 373.714 - 2.7351 * X.$$

Donde:

Y= Heliofanía, Variable Dependiente

X= Humedad relativa, Variable Independiente

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0.10, existe relación estadísticamente significativa entre Horas de sol y Humedad relativa para un nivel de confianza del 90%.

El estadístico R^2 , indica que el modelo explica un 25.7075% de la variabilidad en Horas de sol. El coeficiente de correlación es igual a -0.507026, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 34.7466. Este valor puede usarse para construir límites de la predicción para las nuevas observaciones seleccionando la opción Predicciones del menú del texto.

4.4. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Entre Variables Climáticas.

4.4.1. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Precipitación - Temperatura, Heliofanía, Humedad Relativa

4.4.1.1. Datos.

**TABLA N° 24
DATOS ORDENADOS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS**

P (y)	73.20	80.20	118.00	44.90	58.00	65.00	42.00	81.00	112.20	131.80	59.10	100.80	101.50	114.00	68.00
T (X ₁)	108.90	113.20	110.70	103.70	124.80	116.20	112.70	110.60	114.20	112.70	114.10	115.90	114.40	106.00	103.00
HF (X ₂)	3031.20	3155.70	2905.60	2990.29	3257.97	2968.38	3051.42	2921.37	2916.08	2963.88	2996.75	3014.01	2942.92	3015.08	2994.19
HR (X ₃)	573.00	557.00	522.00	616.00	609.00	612.00	611.00	715.00	712.00	747.00	738.00	684.00	742.00	598.00	576.00

Fuente: Elaboración Propia

4.4.1.2. Resultados Obtenidos Con El Software StatGraphics Plus 5.1.

Análisis de Regresión - Modelo Lineal Múltiple $Y = a - bx_1 + cx_2 - dx_3$

Variable dependiente: Precipitación

Variables independientes: Temperatura Media, Humedad relativa, Heliofanía

**TABLA N° 25
ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN MÚLTIPLE DE LOS VARIABLES
CLIMÁTICAS**

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign	Valor P
REGRESIÓN	3	2615.14	871.714	1.14	6.21	3.59	n.s.	0.3774
ERROR	11	8448.25	768.023					
TOTAL	14	11063.4						

Fuente: Elaboración Propia

$$R^2 = 23.6378 \%$$

Asesor Estadístico.

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre y, y 3 variables independientes.

La ecuación del modelo ajustado es

$$y = 442.788 + 1.30361*x_1 - 0.167151*x_2 - 0.00426162*x_3$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es mayor o igual a 0.10, no existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 90% o superior.

El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 23.6378% de la variabilidad en y.

Para decidir la simplificación del modelo, tenga en cuenta que el p-valor más alto en las variables independientes es 0.9729, perteneciendo a x_3 . Puesto que el p-valor es superior o igual a 0.10, este término no es estadísticamente significativo para un nivel de confianza del 90% o superior. Por tanto, debería considerar quitar x_3 del modelo.

4.4.2. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Temperatura - Precipitación, Heliofanía y Humedad Relativa.

4.4.2.1. Datos.

**TABLA N°. 26
DATOS ORDENADOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS**

T (y)	108.90	113.20	110.70	103.70	124.80	116.20	112.70	110.60	114.20	112.70	114.10	115.90	114.40	106.00	103.00
P (x1)	73.20	80.20	118.00	44.90	58.00	65.00	42.00	81.00	112.20	131.80	59.10	100.80	101.50	114.00	68.00
HF (x2)	3031.20	3155.70	2905.60	2990.29	3257.97	2968.38	3051.42	2921.37	2916.08	2963.88	2996.75	3014.01	2942.92	3015.08	2994.19
HR (x3)	573.00	557.00	522.00	616.00	609.00	612.00	611.00	715.00	712.00	747.00	738.00	684.00	742.00	598.00	576.00

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2.2. Resultados Obtenidos con el Software StatGraphics Plus 5.1.

Análisis de Regresión - Modelo Lineal Múltiple $Y = a - bx_1 + cx_2 - dx_3$

Variable dependiente: Temperatura

Variables independientes: Precipitación, Heliofanía, Humedad relativa.

TABLA N° 27
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE DE LAS
VARIABLES CLIMÁTICAS

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign	Valor P
REGRESIÓN	3	183.049	61.0163	2.92	6.21	3.59	n.s.	0.0819
ERROR	11	230.14	20.9219					
TOTAL	14	413.189						

Fuente: Elaboración Propia

$$R^2 = 44.3015 \%$$

Asesor Estadístico.

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre y , y 3 variables independientes.

La ecuación del modelo ajustado es

$$y = -35.1359 + 0.0355119 \cdot x_1 + 0.0408167 \cdot x_2 + 0.0334904 \cdot x_3$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0.10, existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 90%.

El estadístico R^2 , indica que el modelo explica un 44.3015% de la variabilidad en y . El estadístico R^2 ajustado, que es más conveniente para comparar modelos con diferentes números de variables independientes, es 29.111%. Para decidir la simplificación del modelo, tenga en cuenta que el p-valor más alto en las variables independientes es 0.4802, perteneciendo a x_1 . Puesto que el p-valor es superior o igual a 0.10, este término no es estadísticamente significativo para un nivel de confianza del 90% o superior. Por tanto, debería considerar quitar x_1 del modelo.

4.4.3. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Heliofanía - Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa

4.4.3.1. Datos.

TABLA N° 28
DATOS ORDENADOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS

HF (y)	3031.20	3155.70	2905.60	2990.29	3257.97	2968.38	3051.42	2921.37	2916.08	2963.88	2996.75	3014.01	2942.92	3015.08	2994.19
P (X ₁)	73.20	80.20	118.00	44.90	58.00	65.00	42.00	81.00	112.20	131.80	59.10	100.80	101.50	114.00	68.00
T (X ₂)	108.90	113.20	110.70	103.70	124.80	116.20	112.70	110.60	114.20	112.70	114.10	115.90	114.40	106.00	103.00
HR (X ₃)	573.00	557.00	522.00	616.00	609.00	612.00	611.00	715.00	712.00	747.00	738.00	684.00	742.00	598.00	576.00

Fuente: Elaboración Propia

4.4.3.2. Resultados Obtenidos con el Software StatGraphics Plus 5.1

Análisis de Regresión - Modelo Lineal Múltiple $Y = a - bx_1 + cx_2 - dx_3$

Variable dependiente: Heliofanía

Variables independientes: Precipitación, Temperatura Media, Humedad relativa.

TABLA N° 29
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign	Valor P
REGRESIÓN	3	66683.7	22227.9	4.45	6.21	3.59	n.s.	0.0280
ERROR	11	54947.2	4995.2					
TOTAL	14	121631.0						

Fuente: Elaboración Propia

$$R^2 = 54.8246 \%$$

Asesor Estadístico.

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre y, y 3 variables independientes.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$y = 2338.51 - 1.08715 \cdot x_1 + 9.74522 \cdot x_2 - 0.517772 \cdot x_3$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0.05, existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 95%.

El estadístico R^2 , indica que el modelo explica un 54.8246% de la variabilidad en y. El estadístico R^2 ajustado, que es más conveniente para comparar modelos con diferente números de variables independientes, es 42.5041%. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 70.6768. Este valor puede usarse para construir los límites de predicción para las nuevas observaciones seleccionando la opción Informes del menú del texto. Para decidir la simplificación del modelo, tenga en cuenta que el p-valor más alto en las variables independientes es 0.1464, perteneciendo a x_1 . Puesto que el p-valor es superior o igual a 0.10, este término no es estadísticamente significativo para un nivel de confianza del 90% o superior. Por tanto, debería considerar quitar x_1 del modelo, que el p-valor es superior a 0.05, no hay indicio de autocorrelación serial en los residuos.

4.4.4. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Humedad Relativa - Precipitación, Temperatura, Heliofanía.

4.4.4.1. Datos.

TABLA N°. 30

DATOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS

HR (y)	573.00	557.00	522.00	616.00	609.00	612.00	611.00	715.00	712.00	747.00	738.00	684.00	742.00	598.00	576.00
P (X_1)	73.20	80.20	118.00	44.90	58.00	65.00	42.00	81.00	112.20	131.80	59.10	100.80	101.50	114.00	68.00
T (X_2)	108.90	113.20	110.70	103.70	124.80	116.20	112.70	110.60	114.20	112.70	114.10	115.90	114.40	106.00	103.00
HF (X_3)	3031.20	3155.70	2905.60	2990.29	3257.97	2968.38	3051.42	2921.37	2916.08	2963.88	2996.75	3014.01	2942.92	3015.08	2994.19

Fuente: Elaboración Propia

4.4.4.2. Resultados Obtenidos con el Software StatGraphics Plus 5.1.

Análisis de Regresión - Modelo Lineal Múltiple $Y = a - bx_1 + cx_2 - dx_3$

Variable dependiente: Humedad Relativa

Variables independientes: Precipitación, Temperatura Media, Heliofanía.

TABLA N°. 31

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign	Valor P
REGRESIÓN	3	27362.0	9120.68	2.14	6.21	3.59	n.s.	0.1485
ERROR	11	51154.4	4650.4					
TOTAL	14	78516.4						

Fuente: Elaboración Propia

$$R^2 = 34.8488 \%$$

Asesor Estadístico.

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre y , y 3 variables independientes.

La ecuación del modelo ajustado es

$$y = 1258.78 - 0.0258042*x_1 + 7.44407*x_2 - 0.482031*x_3$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es mayor o igual a 0.10, no existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 90% o superior.

El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 34.8488% de la variabilidad en y . El estadístico R^2 ajustado, que es más conveniente para comparar modelos con diferentes números de variables independientes, es 18.561%.

Para decidir la simplificación del modelo, tenga en cuenta que el p-valor más alto en las variables independientes es 0.9716, perteneciendo a x_1 . Puesto que el p-valor es superior o igual a 0.10, este término no es estadísticamente

significativo para un nivel de confianza del 90% o superior. Por tanto, debería considerar quitar x_1 del modelo.

4.5. Correlación y Regresión Lineal Múltiple de Rendimientos de Cultivos con las Variables Climáticas en Estudio.

4.5.1. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Rendimiento Papa - Precipitación, Temperatura, Heliofanía, Humedad Relativa

4.5.1.1. Datos.

TABLA N° 32
DATOS DE RENDIMIENTO DE PAPA Y DE VARIABLES CLIMÁTICAS

Rdto Papa (y)	9823.28	5593.28	5340.48	5840.54	5195.07	8497.57	8036.37	7451.08	9845.34	10005.42	7986.24	6674.00	7075.00	6949.00	6881.00
P (X_1)	73.20	80.20	118.00	44.90	58.00	65.00	42.00	81.00	112.20	131.80	59.10	100.80	101.50	114.00	66.00
T (X_2)	108.90	113.20	110.70	103.70	124.80	116.20	112.70	110.60	114.20	112.70	114.10	115.90	114.40	106.00	103.00
HF (X_3)	3031.20	3155.70	2905.60	2990.29	3257.97	2966.38	3051.42	2921.37	2916.08	2963.88	2988.75	3014.01	2942.92	3015.08	2994.19
HR (X_4)	573.00	557.00	522.00	618.00	609.00	612.00	611.00	715.00	712.00	747.00	738.00	684.00	742.00	598.00	576.00

Fuente: Elaboración Propia

4.5.1.2. Resultados Obtenidos con el Software StatGraphics Plus Ver. 5.1.

Análisis de Regresión - Modelo Lineal Múltiple $Y = a - bx_1 + cx_2 - dx_3 + ex_4$

Variable dependiente: Rendimiento de Papa

Variables independientes: Precipitación, Temperatura media, Heliofanía, Humedad relativa.

TABLA N° 33
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE DE RENDIMIENTO DE PAPA Y VARIABLES CLIMÁTICAS

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign	Valor P
REGRESIÓN	4	1.04167E ⁷	2.60417E ⁶	1.02	5.99	3.48	n.s.	0.4414
ERROR	10	2.54686E ⁷	2.54686E ⁶					
TOTAL	14	3.58853E ⁷						

Fuente: Elaboración Propia

$R^2 = 29.0277 \%$.

Asesor Estadístico.

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre y , y las 4 variables independientes. La ecuación del modelo ajustado es

$$y = 16293.9 + 0.775112*x_1 - 3.75223*x_2 - 4.55304*x_3 + 8.1026*x_4$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es mayor o igual a 0.10, no existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 90% o superior.

El estadístico R^2 , indica que el modelo explica un 29.0277% de la variabilidad en y . El estadístico R^2 ajustado, que es más conveniente para comparar modelos con diferentes números de variables independientes, es 0.638737 para decidir la simplificación del modelo, tenga en cuenta que el p-valor más alto en las variables independientes es 0.9722, perteneciendo a x_2 . Puesto que el p-valor es superior o igual a 0.10, este término no es estadísticamente significativo para un nivel de confianza del 90% o superior. Por tanto, debería considerar quitar x_2 del modelo.

4.5.2. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Rendimiento Quinua – Precipitación, Temperatura, Heliofanía, Humedad Relativa.

4.5.2.1. Datos.

TABLA N°. 34
DATOS DE RENDIMIENTO DE QUINUA Y DE VARIABLES CLIMÁTICAS

Rdto Quinua (y)	845.86	654.55	802.50	832.39	937.32	943.72	978.37	797.40	1138.38	1171.45	951.64	1184.25	1234.50	1203.00	1186.00
P (X_1)	73.20	80.20	118.00	44.90	58.00	65.00	42.00	81.00	112.20	131.80	59.10	100.80	101.50	114.00	68.00
T (X_2)	108.90	113.20	110.70	103.70	124.80	116.20	112.70	110.60	114.20	112.70	114.10	115.90	114.40	106.00	103.00
HF (X_3)	3031.20	3155.70	2905.60	2990.29	3257.97	2968.38	3051.42	2921.37	2916.08	2963.88	2996.75	3014.01	2942.92	3015.08	2994.19
HR (X_4)	573.00	557.00	522.00	616.00	609.00	612.00	611.00	715.00	712.00	747.00	738.00	684.00	742.00	598.00	576.00

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2.2. Resultados Obtenidos con el Software StatGraphics Plus Ver.

5.1.

Análisis de Regresión - Modelo Lineal Múltiple $Y = a - bx_1 + cx_2 - dx_3 + ex_4$

Variable dependiente: Rendimiento de Quinua

Variabes independientes: Precipitación, Temperatura media, Heliofanía, Humedad relativa.

TABLA N° 35
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE DE
RENDIMIENTO DE QUINUA Y VARIABLES CLIMÁTICAS

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign	Valor P
REGRESIÓN	4	166984.0	41746.1	1.36	5.99	3.48	n.s.	0.3136
ERROR	10	306165.0	30616.5					
TOTAL	14	473149.0						

Fuente: Elaboración Propia

$$R^2 = 35.2921 \%$$

Asesor Estadístico.

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre y , y las 4 variables independientes. La ecuación del modelo ajustado es:

$$y = -199.849 + 2.46315*x_1 - 8.14283*x_2 + 0.367006*x_3 + 1.23894*x_4$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es mayor o igual a 0.10, no existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 90% o superior.

El estadístico R^2 , indica que el modelo explica un 35.2921% de la variabilidad en y . El estadístico R^2 ajustado, que es más conveniente para comparar modelos con diferente números de variables independientes, es 9.40894%. Para decidir la simplificación del modelo, tenga en cuenta que el p-valor más alto en las variables independientes es 0.6336, perteneciendo a x_3 .

Puesto que el p-valor es superior o igual a 0.10, este término no es estadísticamente significativo para un nivel de confianza del 90% o superior.

Por tanto, debería considerar quitar x_3 del modelo.

4.5.3. Correlación y Regresión Lineal Múltiple Rendimiento Haba – Precipitación, Temperatura, Heliofanía, Humedad Relativa.

4.5.3.1. Datos.

**TABLA N° 36
DATOS ORDENADOS DE RENDIMIENTO HABA Y DE VARIABLES CLIMÁTICAS**

Rdto Haba (y)	1175.00	874.07	1081.08	1002.56	982.82	851.35	1000.00	950.57	1161.37	1141.63	1040.25	1126.40	1132.40	1166.00	1178.00
P (X ₁)	73.20	80.20	118.00	44.90	58.00	65.00	42.00	81.00	112.20	131.80	59.10	100.80	101.50	114.00	68.00
T (X ₂)	108.90	113.20	110.70	103.70	124.80	116.20	112.70	110.60	114.20	112.70	114.10	115.90	114.40	106.00	103.00
HF (X ₃)	3031.20	3155.70	2905.60	2990.29	3257.97	2968.38	3051.42	2921.37	2916.08	2963.88	2996.75	3014.01	2942.92	3015.08	2994.19
HR (X ₄)	573.00	557.00	522.00	616.00	609.00	612.00	611.00	715.00	712.00	747.00	738.00	684.00	742.00	598.00	576.00

Fuente: Elaboración Propia

4.5.3.2. Resultados Obtenidos con el Software StatGraphics Plus Ver. 5.1.

Análisis de Regresión - Modelo Lineal Múltiple $Y = a - bx_1 + cx_2 - dx_3 + ex_4$

Variable dependiente: Rendimiento de Haba.

Variables independientes: Precipitación, Temperatura media, Humedad relativa, Heliofanía

**TABLA N° 37
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE DE RENDIMIENTO DE HABA Y VARIABLES CLIMÁTICAS**

F DE V	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Sign	Valor P
REGRESIÓN	4	72763.0	18190.7	1.90	5.99	3.48	n.s.	0.1876
ERROR	10	95893.5	9589.35					
TOTAL	14	168656.0						

Fuente: Elaboración Propia

$R^2 = 43.1427 \%$.

Asesor Estadístico.

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre y , y 4 variables independientes.

La ecuación del modelo ajustado es

$$y = 981.979 + 2.13176*x_1 - 10.5724*x_2 + 0.277058*x_3 + 0.389176*x_4$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es mayor o igual a 0.10, no existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 90% o superior.

El estadístico R^2 , indica que el modelo explica un 43.1427% de la variabilidad en y . El estadístico R^2 ajustado, que es más conveniente para comparar modelos con diferente números de variables independientes, es 20.3998%.

4.6. Determinación de Índices Climáticos.

4.6.1. Determinación del Tiempo Reinante a partir del Coeficiente P/H Mensual.

El coeficiente P/H (Tabla N°. 18, ver anexo), se calculó en base a precipitación media mensual y heliofanía mensual, este coeficiente sirve para determinar el tiempo reinante cuyos resultados son los siguientes:

TABLA N°. 38
AMPLITUD DE P/H Y TIEMPO REINANTE

MESES	COEFICIENTE P/H	TIEMPO LOCAL
ENERO	1.02	SECO VARIABLE
FEBRERO	0.78	SECO VARIABLE
MARZO	0.69	SECO VARIABLE
ABRIL	0.25	MUY SECO
MAYO	0.03	MUY SECO
JUNIO	0.01	MUY SECO
JULIO	0.01	MUY SECO
AGOSTO	0.04	MUY SECO
SEPTIEMBRE	0.11	MUY SECO
OCTUBRE	0.13	MUY SECO
NOVIEMBRE	0.21	MUY SECO
DICIEMBRE	0.38	SECO VARIABLE

Fuente: Elaboración propia.

4.6.2. Determinación del Tiempo Reinante a partir de la Precipitación Porcentual.

La precipitación porcentual mensual (Tabla N°. 19, ver anexo), se calculó en base a los totales anuales de cada año, este valor sirve para determinar el tiempo reinante de acuerdo al del marco teórico cuyos resultados son los siguientes:

TABLA N°. 39
TIEMPO REINANTE A PARTIR DE LA PRECIPITACIÓN PORCENTUAL MENSUAL

MESES	% PRECIPITACIÓN	TIEMPO LOCAL
ENERO	24.61	LLUVIOSO
FEBRERO	18.97	LLUVIOSO
MARZO	18.55	LLUVIOSO
ABRIL	7.89	SECO VARIABLE
MAYO	1.02	SECO
JUNIO	0.30	SECO
JULIO	0.34	SECO
AGOSTO	1.46	SECO
SEPTIEMBRE	4.05	SECO
OCTUBRE	4.39	SECO
NOVIEMBRE	6.95	SECO VARIABLE
DICIEMBRE	11.46	SECO VARIABLE

Fuente: Elaboración propia.

4.6.3. Índice de Iluminación.

Este índice se determinó para ver la relación existente entre las horas de sol prácticas o reales y entre las horas de sol teóricas, el mismo que es importante para ser usados en futuros estudios agrometeorológicos y fenológicos (Tabla N° 40 Tabla N°. 20 anexo)

TABLA N°. 40
PROMEDIOS MENSUALES ÍNDICE DE ILUMINACIÓN

MESES	ÍNDICE DE ILUMINACIÓN	MESES	ÍNDICE DE ILUMINACIÓN
ENERO	0.49	JULIO	0.83
FEBRERO	0.52	AGOSTO	0.80
MARZO	0.53	SEPTIEMBRE	0.75
ABRIL	0.71	OCTUBRE	0.71
MAYO	0.81	NOVIEMBRE	0.66
JUNIO	0.84	DICIEMBRE	0.58

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La precipitación, la temperatura y la humedad relativa se manifiestan con mayor incidencia en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, favoreciendo la producción agrícola, y siendo con menor incidencia en los meses de mayo junio julio y agosto, la heliofanía es con mayor incidencia en los meses de mayo, junio, julio y agosto, y transitorios los meses de abril, setiembre octubre y noviembre, siendo los tres últimos meses correspondientes a las faenas de preparación de terreno y siembra de los cultivos de pan llevar propios de la zona

SEGUNDA: Existe asociación significativa entre precipitación y temperatura, temperatura y heliofanía, y altamente significativa, entre precipitación y heliofanía, temperatura y heliofanía, heliofanía humedad relativa.

TERCERA: Existe correlación y regresión múltiple entre la precipitación, temperatura, heliofanía y humedad relativa.

CUARTA: Existe correlación y regresión múltiple de los rendimientos anuales de los cultivos papa, quinua y haba entre la precipitación, temperatura, heliofanía y humedad relativa.

QUINTA: El tiempo reinante en la zona solamente es factible determinar a partir de la precipitación porcentual media.

SEXTA: El tiempo réinate de la micro cuenca puno es, seco en los mese de mayo, junio, julio y agosto, seco variable en los meses de abril, septiembre, octubre y noviembre, lluvioso, en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Continuar con el análisis de otras variables climáticas relacionadas con la agricultura tales la evaporación, presión atmosférica, radiación solar, viento, nubosidad.

SEGUNDA: Diseñar programas y modelos matemáticos con fines de pronóstico y simulación útiles para la planeación de cultivos.

TERCERA: Disponer de información meteorológica detallada y procesada para el uso en estudios de orden climático e hidrológico.

CUARTA: Realizar investigaciones de las variables climáticas a nivel de cuenca hidrográfica.

QUINTA: En base al análisis de las variables climáticas efectuar investigaciones fenológicas de los principales cultivos de la región.

SEXTA: Diseñar diagramas ombrotérmicos de los cultivos.

SÉPTIMA Con información meteorológica disponible diseñar mapas temáticos de las variables climáticas, basados en el S.I.G. (Sistema de Información Geográfica)

BIBLIOGRAFÍA

- BARRY, R. G. y CHORLEY, R. J (1978), *Atmósfera, Tiempo y Clima*. Editorial Omega. Barcelona. 441 p.
- CALZADA, J. (1970), *Métodos Estadísticos para la Investigación*, Editorial Lima S.A. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú, 643 p.
- CAMPOS, D. F., (2005), *Agroclimatología Cuantitativa de los Cultivos*. Editorial Trillas, México, 320 p.
- CASTILLO, F.E. (2001) *Agrometeorología*, Editorial Mundi Prensa, México, 517 p.
- CHANG, M. J. (2009), *Artículos Técnicos*, Grupo Generación, Lima–Perú. 10 p.
- CHURATA, J. y CATACTORA, P. (2000), *Informe Agrometeorológico*, Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA, Estación Experimental Illpa, Puno – Perú, 59 p.
- CORTES, H. (1981) *Diseños Experimentales, separatas*. UNSAAC, Cusco Perú. 163 p.
- ECHARRI, P. A. (2003), *Libro Electrónico Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente*, TECNUM, España. 200 p.
- FASULO, A, (2009) *Meteorología*, Universidad Nacional de San Luis, San Luis Argentina Ed. UNSL, Argentina.
- FICES. (2010) *Observación Meteorológica*, Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ingeniería y Ciencias económicas. San Luis Argentina. 18 p.

- <http://www2.fices.unsl.edu.ar/~p-59703/solar/glosario%20met.htm#m912>
- FUREST, J. (2001), Agroclimatología, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – Uruguay, Estación Experimental INIA Las Brujas, Montevideo Uruguay,
http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/le/cc_helio.htm.
- HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C. BAPTISTA, P. (2006) Metodología de la Investigación, Cuarta edición Editorial Mc. Graw Hill. México D.F., 950 p.
- IBÁÑEZ, V. (2010) Análisis y Diseño de Experimentos, Universidad Nacional del Altiplano. Puno Perú., 440 p.
- JORGE, M. (1974), Contribución al conocimiento de la dinámica del clima de la Isla de Santo Domingo IICA-CSET, Turrialba – Costa Rica.
- LEAL, D. (1972), Informe de Investigación, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.
- MEDRANO, S. (2007), Boletín: La Guía Metas, C.V. Meteorólogos Asociados, METAS. S.A., México. 10 p.
- MENDOZA, J., ESPINOZA, V. y AGUILAR, E., (2006), Zonificación Climática de las Provincias de la Región Puno, Informe Final de Investigación, Universidad Nacional del Altiplano, Puno Perú., 66 p.
- MILLER, E. (1967) Fisiología Vegetal. Ed. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. México., 344 p.
- PASCALE, J. (2004), Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología, primera edición, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina., 550 p.
- QUADRAT, J. (2006), Climatología, Editorial Cátedra, España., 496 p.

- QUEREDA, J. (2008), Curso de Climatología General, Editorial Universitas, España., 264 p.
- RINCÓN, M. (2005) Monografía, Regresión Lineal Simple, Universidad Nacional Federico Villareal, Lima Perú., 07 p.
- TORRES, E. (2001) Agrometeorología. Editorial Trillas, México., 155 p.
- VÁSQUEZ, A. (1997). Manejo de Cuencas Altoandinas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima –Perú. 292 p.
- VILLON, M. (2001) Hidrología Estadística. Editorial Villón, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Lima Perú. 378 p.
- WEIERS. R. (2008) Estadística para Negocios I y II, Editorial, quinta edición Thomson, México D.F., 983 p.
- ZEA. W. e IBÁÑEZ, V. (1999) Tablas Estadísticas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno Perú, 130 p.

ANEXOS

- ANEXO I: DATOS METEOROLÓGICOS**
- ANEXO II: DATOS ORDENADOS EN BLOQUES Y TRATAMIENTOS**
- ANEXO III: REGISTROS DE CULTIVOS**
- ANEXO IV: ÍNDICES CLIMÁTICOS**
- ANEXO V: PLANO TOPOGRÁFICO CATASTRAL MICROCUENCA PUNO**

**ANEXO I
DATOS METEOROLÓGICOS**

TABLA N°. 1

PRECIPITACIÓN MEDIA (mm) ESTACIÓN PUNO													
DEPARTAMENTO:	PUNO				LATITUD: 15 ° 50' 17,2"								
PROVINCIA:	PUNO				LONGITUD: 70° 01' 30,5"								
DISTRITO:	PUNO				ALTITUD: 3812 msnm								
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
1994	180.00	183.10	113.30	116.20	29.90	0.40	0.00	0.00	18.30	36.60	52.60	73.20	66.97
1995	122.70	119.70	124.00	2.10	4.10	0.00	0.00	3.00	21.90	15.30	50.30	80.20	45.28
1996	252.70	130.50	60.80	76.30	0.00	0.00	2.90	12.80	0.80	10.40	88.30	118.00	62.79
1997	239.60	213.20	98.60	88.60	0.90	0.00	0.00	21.90	108.20	30.10	62.90	44.90	75.74
1998	196.40	115.50	135.30	25.40	0.00	4.90	0.00	4.30	4.50	26.90	43.90	58.00	51.26
1999	193.00	157.00	111.00	87.00	1.00	0.00	0.00	3.00	41.00	39.00	54.00	65.00	62.58
2000	115.00	83.00	134.00	45.00	5.00	0.00	3.00	12.00	41.00	26.00	31.00	42.00	44.75
2001	248.70	214.60	224.10	69.80	12.20	2.20	0.00	12.50	27.10	68.40	56.20	81.00	84.73
2002	129.60	180.00	170.60	105.30	15.40	21.10	22.70	30.60	11.60	65.90	43.80	112.20	75.73
2003	174.50	114.40	113.40	46.10	36.70	4.80	0.20	9.60	42.90	25.40	14.30	131.80	59.51
2004	208.90	125.20	115.50	29.20	6.20	0.00	10.20	43.00	34.30	5.60	41.20	59.10	56.53
2005	103.30	157.90	134.60	45.70	0.40	0.00	0.00	0.00	11.80	39.50	80.50	100.80	56.21
2006	291.10	64.30	159.60	44.60	0.90	0.00	0.00	0.60	21.20	37.40	53.80	101.50	64.58
2007	115.00	157.00	172.00	43.00	1.00	1.00	0.00	5.00	38.00	26.00	40.00	114.00	59.33
2008	151.00	99.00	151.00	80.00	3.00	2.00	1.00	6.00	26.00	45.00	46.00	68.00	56.50
MAX.	291.1	214.6	224.1	116.2	36.7	21.1	22.7	43.0	108.2	68.4	88.3	131.8	
MEDIA	181.4	141.0	134.5	60.3	7.8	2.4	2.7	11.0	29.9	33.2	50.6	83.3	
MIN.	103.3	64.3	60.8	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	5.6	14.3	42.0	
D. EST	62.6	47.0	43.7	27.5	12.4	7.2	7.9	14.1	32.0	19.1	20.5	30.5	

Fuente: SENAMHI.

TABLA N°. 2

TEMPERATURA MEDIA (°C) - ESTACIÓN PUNO													
DEPARTAMENTO:	PUNO						LATITUD:	15 ° 50' 17,2"					
PROVINCIA:	PUNO						LONGITUD:	70° 01' 30,5"					
DISTRITO:	PUNO						ALTITUD:	3812 msnm					
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
1994	10.90	10.30	9.70	9.50	7.70	6.10	6.40	7.40	9.10	10.00	10.90	10.90	9.1
1995	11.10	10.70	10.00	9.90	8.00	6.50	7.00	8.50	9.60	10.90	11.10	9.90	9.4
1996	10.30	10.00	10.20	9.70	8.10	6.50	6.80	8.60	9.40	11.00	9.70	10.40	9.2
1997	9.70	9.00	8.90	7.60	7.10	6.00	6.90	6.90	8.90	9.90	10.60	12.20	8.6
1998	12.30	12.50	11.60	10.90	8.60	7.80	7.20	8.90	9.90	11.20	11.60	12.30	10.4
1999	11.00	10.30	10.30	9.90	8.20	6.70	7.90	8.70	9.70	10.40	11.10	12.00	9.7
2000	10.70	10.40	10.30	9.80	9.00	7.30	6.50	8.30	9.90	9.60	10.70	10.20	9.4
2001	9.70	10.40	9.90	9.60	8.00	7.50	6.30	7.10	9.50	10.20	11.60	10.80	9.2
2002	11.10	10.80	10.80	9.90	8.60	7.50	6.10	7.80	9.30	10.10	11.00	11.20	9.5
2003	11.40	11.40	10.60	9.60	8.10	6.30	6.70	7.40	8.20	10.00	11.20	11.80	9.4
2004	10.60	10.90	11.20	10.10	7.80	6.40	6.60	7.40	9.00	10.70	11.40	12.00	9.5
2005	11.40	10.70	11.00	10.30	8.40	6.40	7.50	7.60	9.50	10.40	10.90	11.80	9.7
2006	10.40	11.10	11.10	9.80	7.30	7.00	6.30	8.20	9.20	10.80	11.50	11.70	9.5
2007	11.00	11.00	10.00	9.00	8.00	6.00	6.00	7.00	8.00	9.00	11.00	10.00	8.8
2008	10.00	10.00	10.00	9.00	7.00	6.00	6.00	7.00	8.00	9.00	11.00	10.00	8.6
MAX.	12.3	12.5	11.6	10.9	9.0	7.8	7.9	8.9	9.9	11.2	11.6	12.3	10.4
MEDIA	10.8	10.6	10.4	9.6	8.0	6.7	6.7	7.8	9.1	10.2	11.0	11.1	9.3
MIN.	9.7	9.0	8.9	7.6	7.0	6.0	6.0	6.9	8.0	9.0	9.7	9.9	8.6
D. EST	0.8	0.9	0.7	0.8	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.5	0.9	0.5

Fuente: SENAMHI.

TABLA N° 3

HELIOFANIA - ESTACIÓN PUNO

DEPARTAMENTO:	PUNO	LATITUD:	15 ° 50' 17,2"
PROVINCIA:	PUNO	LONGITUD:	70° 01' 30,5"
DISTRITO:	PUNO	ALTITUD:	3812 msnm

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
1994	197.5	181.6	233.8	199.0	291.6	280.4	291.1	302.7	289.3	248.6	279.2	236.4	252.6
1995	273.6	167.5	229.2	266.4	283.2	287.4	298.5	312.6	246.5	309.5	250.0	231.3	263.0
1996	165.8	188.1	239.5	256.6	267.9	269.2	297.5	304.8	295.2	328.4	153.8	138.8	242.1
1997	183.0	196.2	203.9	245.0	287.2	284.6	295.3	269.8	241.9	286.1	237.8	259.5	249.2
1998	236.8	203.5	276.6	279.0	315.1	268.8	297.5	305.9	268.3	280.2	238.5	287.9	271.5
1999	215.5	195.5	169.9	221.3	286.3	284.1	292.5	307.8	255.2	270.2	240.7	260.0	249.9
2000	201.2	200.7	215.0	261.3	289.3	272.1	294.8	285.4	267.0	256.4	240.7	188.2	247.7
2001	153.0	196.8	206.9	246.5	257.0	271.7	293.2	285.8	261.6	282.0	239.7	245.2	244.9
2002	245.1	196.5	216.0	198.6	261.8	271.9	285.7	285.1	252.4	261.0	236.8	241.4	246.0
2003	181.2	198.6	203.7	250.4	274.4	283.7	293.2	291.5	258.9	291.3	239.7	244.8	251.0
2004	170.7	201.2	263.1	261.2	299.5	273.2	287.8	268.8	258.3	292.0	240.5	248.5	255.4
2005	206.8	196.2	259.7	259.0	311.3	292.0	294.8	315.7	257.3	274.2	237.2	213.8	259.8
2006	190.8	201.9	232.8	234.2	303.1	280.5	295.9	296.4	263.4	273.8	235.0	243.3	254.3
2007	222.3	199.5	178.7	240.9	266.6	282.7	290.0	308.4	231.4	277.7	236.4	235.6	247.5
2008	163.5	202.3	227.0	290.5	283.7	282.5	296.4	302.9	275.1	278.9	239.3	195.0	253.1
MAX.	273.6	203.5	276.6	290.5	315.1	292.0	298.5	315.7	295.2	328.4	279.2	287.9	271.5
MED.	200.5	195.1	223.7	247.3	285.2	279.0	293.6	296.2	261.5	280.7	236.3	231.3	252.5
MIN.	153.0	167.5	169.9	198.6	257.0	268.8	285.7	268.8	231.4	256.4	153.8	138.8	242.1
D. EST	33.7	4.1	32.5	24.3	19.0	7.7	3.6	14.8	16.8	20.4	25.0	38.6	8.7

Fuente: SENAMHI.

**ANEXO II
DATOS ORDENADOS EN BLOQUES Y TRATAMIENTOS**

**TABLA N°. 5
DATOS ORDENADOS EN BLOQUES Y TRATAMIENTOS**

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)

BLOQUE	TRATAMIENTOS												TOTAL
	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	
1994	180.00	183.10	113.30	116.20	29.90	0.40	0.00	0.00	18.30	36.60	52.60	73.20	937.1
1995	122.70	119.70	124.00	2.10	4.10	0.00	0.00	3.00	21.90	15.30	50.30	80.20	660.6
1996	252.70	130.50	60.80	76.30	0.00	0.00	2.90	12.80	0.80	10.40	88.30	118.00	757.4
1997	239.60	213.20	98.60	88.60	0.90	0.00	0.00	21.90	108.20	30.10	62.90	44.90	825.3
1998	196.40	115.50	135.30	25.40	0.00	4.90	0.00	4.30	4.50	26.90	43.90	58.00	715.8
1999	193.00	157.00	111.00	87.00	1.00	0.00	0.00	3.00	41.00	39.00	54.00	65.00	751.00
2000	115.00	83.00	134.00	45.00	5.00	0.00	3.00	12.00	41.00	26.00	31.00	42.00	537.00
2001	248.70	214.60	224.10	69.80	12.20	2.20	0.00	12.50	27.10	68.40	56.20	81.00	1,016.80
2002	129.60	180.00	170.60	105.30	15.40	21.10	22.70	30.60	11.60	65.90	43.80	112.20	908.80
2003	174.50	114.40	113.40	46.10	36.70	4.80	0.20	9.60	42.90	25.40	14.30	131.80	714.10
2004	208.90	125.20	115.50	29.20	6.20	0.00	10.20	43.00	34.30	5.60	41.20	59.10	678.40
2005	103.30	157.90	134.60	45.70	0.40	0.00	0.00	0.00	11.80	39.50	80.50	100.80	674.50
2006	291.10	64.30	159.60	44.60	0.90	0.00	0.00	0.60	21.20	37.40	53.80	101.50	775.00
2007	115.00	157.00	172.00	43.00	1.00	1.00	0.00	5.00	38.00	26.00	40.00	114.00	712.00
2008	151.00	99.00	151.00	80.00	3.00	2.00	1.00	6.00	26.00	45.00	46.00	68.00	678.00
TOTAL	2,721.50	2,114.40	2,017.80	904.30	116.70	36.40	40.00	164.30	448.60	497.50	758.80	1,249.70	11,341.81
PROMEDIO	181.43	140.96	134.52	60.29	7.78	2.43	2.67	10.95	29.91	33.17	50.59	83.31	756.12

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N°. 6
DATOS ORDENADOS EN BLOQUES Y TRATAMIENTOS
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (° C)

BLOQUES	TRATAMIENTOS												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1994	10.90	10.30	9.70	9.50	7.70	6.10	6.40	7.40	9.10	10.00	10.90	10.90	108.90
1995	11.10	10.70	10.00	9.90	8.00	6.50	7.00	8.50	9.60	10.90	11.10	9.90	113.20
1996	10.30	10.00	10.20	9.70	8.10	6.50	6.80	8.60	9.40	11.00	9.70	10.40	110.70
1997	9.70	9.00	8.90	7.60	7.10	6.00	6.90	6.90	8.90	9.90	10.60	12.20	103.70
1998	12.30	12.50	11.60	10.90	8.60	7.80	7.20	8.90	9.90	11.20	11.60	12.30	124.80
1999	11.00	10.30	10.30	9.90	8.20	6.70	7.90	8.70	9.70	10.40	11.10	12.00	116.20
2000	10.70	10.40	10.30	9.80	9.00	7.30	6.50	8.30	9.90	9.60	10.70	10.20	112.70
2001	9.70	10.40	9.90	9.60	8.00	7.50	6.30	7.10	9.50	10.20	11.60	10.80	110.60
2002	11.10	10.80	10.80	9.90	8.60	7.50	6.10	7.80	9.30	10.10	11.00	11.20	114.20
2003	11.40	11.40	10.60	9.60	8.10	6.30	6.70	7.40	8.20	10.00	11.20	11.80	112.70
2004	10.60	10.90	11.20	10.10	7.80	6.40	6.60	7.40	9.00	10.70	11.40	12.00	114.10
2005	11.40	10.70	11.00	10.30	8.40	6.40	7.50	7.60	9.50	10.40	10.90	11.80	115.90
2006	10.40	11.10	11.10	9.80	7.30	7.00	6.30	8.20	9.20	10.80	11.50	11.70	114.40
2007	11.00	11.00	10.00	9.00	8.00	6.00	6.00	7.00	8.00	9.00	11.00	10.00	106.00
2008	10.00	10.00	10.00	9.00	7.00	6.00	6.00	7.00	8.00	9.00	11.00	10.00	103.00
TOTAL	161.60	159.50	155.60	144.60	119.90	100.00	100.20	116.80	137.20	153.20	165.30	167.20	1681.10
PROMEDIO	10.77	10.63	10.37	9.64	7.99	6.67	6.68	7.79	9.15	10.21	11.02	11.15	112.07

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 7
DATOS ORDENADOS EN BLOQUES Y TRATAMIENTOS
HELIOFANÍA MENSUAL (H.S.)

BLOQUE	TRATAMIENTOS												TOTAL
	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	
1994	197.5	181.6	233.8	199.0	291.6	280.4	291.1	302.7	289.3	248.6	279.2	236.4	3031.20
1995	273.6	167.5	229.2	266.4	283.2	287.4	298.5	312.6	246.5	309.5	250.0	231.3	3155.70
1996	165.8	188.1	239.5	256.6	267.9	269.2	297.5	304.8	295.2	328.4	153.8	138.8	2905.60
1997	183.0	196.2	203.9	245.0	287.2	284.6	295.3	269.8	241.9	286.1	237.8	259.5	2990.29
1998	236.8	203.5	276.6	279.0	315.1	268.8	297.5	305.9	268.3	280.2	238.5	287.9	3257.97
1999	176.70	186.10	180.68	237.84	287.44	288.02	288.02	286.29	264.37	265.52	256.87	250.53	2968.38
2000	221.69	160.15	195.65	262.06	285.14	288.02	286.29	281.10	264.37	273.02	270.14	263.79	3051.42
2001	144.57	204.63	169.99	247.76	280.98	286.75	288.02	280.81	272.39	248.57	255.60	241.30	2921.37
2002	213.27	165.01	192.84	227.28	279.14	275.85	274.93	270.37	281.33	250.01	262.76	223.30	2916.08
2003	187.37	179.95	184.23	261.43	266.85	285.25	287.90	282.48	263.28	273.37	279.77	212.00	2963.88
2004	167.53	191.39	177.63	271.18	284.44	288.02	282.14	263.22	268.24	284.79	264.26	253.93	2996.75
2005	228.44	156.26	197.89	261.66	287.79	288.02	288.02	288.02	281.21	265.24	241.59	229.88	3014.01
2006	120.11	218.74	161.85	262.29	287.50	288.02	288.02	287.67	275.79	266.45	256.99	229.47	2942.92
2007	221.69	160.15	195.65	263.22	287.44	287.44	288.02	285.14	266.10	273.02	264.95	222.26	3015.08
2008	200.92	172.13	188.74	241.88	286.29	286.87	287.44	284.56	273.02	262.06	261.49	248.80	2994.19
TOTAL	2939.02	2731.33	3028.06	3782.58	4277.92	4252.72	4338.78	4305.41	4051.37	4114.85	3773.66	3529.16	45124.85
PROMEDIO	195.93	182.09	201.87	252.17	285.19	283.51	289.25	287.03	270.09	274.32	251.58	235.28	3008.32

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N°. 8
DATOS ORDENADOS EN BLOQUES Y TRATAMIENTOS
HUMEDAD RELATIVA (%)

BLOQUES	TRATAMIENTOS												TOTAL
	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	
1994	56.0	59.0	60.0	60.0	49.0	38.0	36.0	39.0	43.0	37.0	48.0	48.0	47.8
1995	53.0	69.0	56.0	42.0	39.0	38.0	38.0	41.0	42.0	41.0	47.0	51.0	46.4
1996	56.0	58.0	54.0	54.0	43.0	31.0	29.0	36.0	27.0	35.0	45.0	54.0	43.5
1997	61.0	65.0	66.0	54.0	46.0	41.0	44.0	46.0	49.0	46.0	45.0	53.0	51.3
1998	63.0	66.0	66.0	54.0	44.0	40.0	42.0	42.0	47.0	45.0	45.0	55.0	50.8
1999	65.0	65.0	66.0	54.0	45.0	40.0	42.0	41.0	48.0	45.0	45.0	56.0	612.0
2000	65.0	65.0	66.0	54.0	45.0	40.0	41.0	42.0	47.0	45.0	45.0	56.0	611.0
2001	66.0	66.0	65.0	64.0	57.0	56.0	57.0	48.0	57.0	58.0	58.0	63.0	715.0
2002	67.0	68.0	61.0	53.0	50.0	43.0	58.0	59.0	61.0	65.0	61.0	66.0	712.0
2003	71.0	71.0	73.0	63.0	58.0	57.0	59.0	59.0	60.0	53.0	59.0	64.0	747.0
2004	79.0	71.0	67.0	67.0	51.0	53.0	56.0	63.0	59.0	52.0	58.0	62.0	738.0
2005	66.0	69.0	67.0	63.0	52.0	50.0	48.0	46.0	49.0	55.0	56.0	63.0	684.0
2006	77.0	71.0	74.0	67.0	56.0	56.0	51.0	55.0	53.0	55.0	62.0	65.0	742.0
2007	68.0	67.0	66.0	57.0	45.0	39.0	40.0	42.0	44.0	42.0	40.0	48.0	598.0
2008	62.0	61.0	60.0	52.0	43.0	38.0	38.0	41.0	42.0	45.0	42.0	52.0	576.0
TOTAL	975.0	991.0	967.0	858.0	723.0	660.0	679.0	700.0	728.0	719.0	756.0	856.0	6974.8
PROMEDIO	65.0	66.1	64.5	57.2	48.2	44.0	45.3	46.7	48.5	47.9	50.4	57.1	465.0

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO III
REGISTROS DE CULTIVOS**

**TABLA Nº. 9
SUPERFICIE SEMBRADA DE PAPA POR PROVINCIAS 1994-2004 (HAS)**

CAMPAÑA AGRÍCOLA	TOTAL	AZÁNGARO	PUNO	SAN ROMÁN	LAMPA	YUNGUYO	EL COLLAO	MOHO	PUTINA	CARABAYA	SANDIA	HUANCANÉ	MELGAR	CHUCUITO
1993/1994	36910.00	3110.00	5750.00	4150.00	800.00	5300.00	3850.00	0.00	0.00	3900.00	2800.00	5900.00	1350.00	0.00
1994/1995	39783.00	3113.00	5600.00	4250.00	850.00	3380.00	4000.00	0.00	0.00	4100.00	2870.00	5480.00	1540.00	4600.00
1995/1996	39040.00	3235.00	4480.00	3180.00	750.00	3515.00	3650.00	1195.00	1100.00	4450.00	3300.00	5200.00	1650.00	3335.00
1996/1997	43385.00	5830.00	4300.00	1205.00	1076.00	3395.00	4600.00	1195.00	1000.00	4170.00	5450.00	4904.00	1415.00	4845.00
1997/1998	45140.00	5929.00	3774.00	1050.00	1045.00	3017.00	4790.00	1772.00	1048.00	6583.00	4990.00	5055.00	1200.00	4887.00
1998/1999	39530.00	6035.00	2673.00	1070.00	1050.00	2720.00	4320.00	1635.00	966.00	4736.00	3755.00	4845.00	1180.00	4545.00
1999/2000	41139.00	6227.00	3204.00	1120.00	1145.00	3009.00	4980.00	1763.00	932.00	5849.00	2689.00	5105.00	1166.00	3950.00
2000/2001	41241.00	5995.00	2340.00	1120.00	1225.00	2980.00	4725.00	1745.00	852.00	6190.00	3946.00	4425.00	1248.00	4450.00
2001/2002	47294.00	6675.00	3136.00	1415.00	1460.00	2872.00	4737.00	1794.00	1942.00	8011.00	4250.00	5210.00	1345.00	4447.00
2002/2003	48042.00	6602.00	3363.00	1430.00	1535.00	2900.00	4747.00	1758.00	1906.00	8086.00	4562.00	5311.00	1405.00	4437.00
2003/2004	48899.00	6767.00	3447.00	1630.00	1551.00	2926.00	4910.00	1743.00	1978.00	8100.00	4635.00	5470.00	1290.00	4452.00

Fuente: Agencias Agrarias, Dirección Regional Agraria Puno

TABLA N°. 10
SUPERFICIE COSECHADA DE PAPA POR PROVINCIAS 1994-2004. (HAS)

CAMPAÑA AGRÍCOLA	TOTAL	AZÁNGARO	PUNO	SAN ROMÁN	LAMPA	YUNGUYO	EL COLLAO	MOHO	PUTINA	ÇARAB AYA	SANDIA	HUANCANÉ	MELGAR	CHUCUITO
1993/1994	35,510.00	3,030.00	5,438.00	3,530.00	760	5,277.00	3,845.00	0	0	3,900.00	2,800.00	5,600.00	1,330.00	0
1994/1995	35,863.00	2,783.00	4,910.00	3,900.00	750	2,970.00	3,200.00	0	0	4,050.00	2,870.00	4,980.00	1,400.00	4,050.00
1995/1996	37,615.00	3,165.00	4,200.00	3,100.00	730	3,385.00	3,500.00	1,185.00	945	4,450.00	3,300.00	5,060.00	1,590.00	3,005.00
1996/1997	38,040.00	5,489.00	4,095.00	1,205.00	985	3,320.00	4,400.00	1,185.00	845	3,500.00	2,443.00	4,538.00	1,070.00	4,965.00
1997/1998	44,650.00	5,929.00	3,773.00	1,050.00	1,045.00	3,017.00	4,790.00	1,757.00	1,044.00	6,583.00	4,521.00	5,055.00	1,200.00	4,886.00
1998/1999	39,380.00	6,035.00	2,671.00	1,070.00	1,050.00	2,655.00	4,240.00	1,635.00	966	4,734.00	3,755.00	4,845.00	1,180.00	4,544.00
1999/2000	40,201.00	6,217.00	3,187.00	1,117.00	1,145.00	3,007.00	4,980.00	1,763.00	882	5,299.00	2,398.00	5,090.00	1,166.00	3,950.00
2000/2001	34,938.00	4,796.00	2,126.00	880	1,032.00	2,749.00	4,055.00	1,733.00	822	5,025.00	2,894.00	3,567.00	1,173.00	4,086.00
2001/2002	46,362.00	6,654.00	3,110.00	1,415.00	1,460.00	2,872.00	4,734.00	1,794.00	1,882.00	7,951.00	3,493.00	5,185.00	1,345.00	4,447.00
2002/2003	46,690.00	5,975.00	3,323.00	1,430.00	1,535.00	2,878.00	4,722.00	1,711.00	1,822.00	7,972.00	4,512.00	5,092.00	1,320.00	4,398.00
2003/2004	46,928.00	6,388.00	3,146.00	1,620.00	1,388.00	2,920.00	4,528.00	1,544.00	1,934.00	7,967.00	4,635.00	5,200.00	1,208.00	4,452.00

Fuente: Agencias Agrarias, Dirección Regional Agraria Puno

TABLA Nº. 11
PRODUCCIÓN DE PAPA POR PROVINCIAS 1994-2004 (T. M.)

CAMPAÑA AGRÍCOLA	TOTAL	AZÁNGARO	PUNO	SAN ROMÁN	LAMPA	YUNGUYO	EL COLLAO	MOHO	PUTINA	CARABAYA	SANDIA	HUANCANÉ	MELGAR	CHUCUITO
1993/1994	293,178.00	16,329.00	53,419.00	19,093.00	3,950.00	47,855.00	44,190.00	0	0	34,828.00	26,940.00	37,519.00	9,055.00	0
1994/1995	231,158.00	18,398.00	27,954.00	24,013.00	4,230.00	16,213.00	19,069.00	0	0	34,146.00	25,042.00	31,002.00	7,947.00	23,144.00
1995/1996	240,940.00	21,444.00	22,430.00	18,123.00	3,764.00	19,004.00	20,570.00	9,495.00	6,062.00	33,910.00	27,625.00	28,985.00	12,700.00	16,828.00
1996/1997	240,949.00	31,456.00	23,917.00	7,961.00	5,694.00	21,158.00	23,692.00	9,495.00	5,414.00	26,793.00	18,438.00	26,783.00	5,572.00	34,576.00
1997/1998	303,052.00	34,612.00	19,601.00	7,413.00	6,954.00	21,214.00	39,405.00	13,830.00	8,320.00	52,142.00	32,760.00	27,385.00	8,672.00	30,744.00
1998/1999	344,748.00	47,420.00	22,697.00	8,658.00	6,386.00	27,156.00	41,258.00	13,437.00	7,946.00	44,379.00	32,954.00	42,034.00	9,365.00	41,058.00
1999/2000	375,377.90	51,914.00	25,611.90	9,923.00	10,309.00	30,383.00	52,645.00	15,567.00	7,987.00	52,829.00	22,578.00	44,217.00	10,173.00	41,241.00
2000/2001	289,428.00	39,448.00	15,841.00	6,429.00	8,451.00	22,472.00	32,399.00	13,825.00	7,143.00	46,659.00	27,356.00	25,919.00	11,606.00	31,880.00
2001/2002	479,735.00	63,929.00	30,619.00	13,148.00	14,047.00	29,249.00	51,535.00	17,741.00	18,252.00	87,223.00	44,707.00	50,516.00	13,600.00	45,169.00
2002/2003	477,929.00	60,539.00	33,248.00	14,126.00	15,371.00	29,235.00	47,497.00	18,193.00	18,594.00	84,474.00	47,018.00	50,532.00	13,291.00	45,811.00
2003/2004	433,100.00	57,928.00	25,131.00	15,361.00	12,048.00	28,065.00	37,831.00	15,956.00	18,597.00	79,377.00	47,273.00	46,976.00	9,677.00	38,880.00

Fuente: Agencias Agrarias, Dirección Regional Agraria Puno

TABLA N°. 12
SUPERFICIE SEMBRADA DE QUINUA POR PROVINCIAS 1994-2004 (HAS)

CAMPAÑA AGRÍCOLA	TOTAL	AZÁNGARO	PUNO	SAN ROMÁN	LAMPA	YUNGUYO	EL COLLAO	MOHO	PUTINA	CARABAYA	SANDIA	HUANCANÉ	MELGAR	CHUCUITO
1993 1994	17,500.00	2,850.00	3,450.00	1,850.00	480	3,800.00	3,250.00	0	0	0	0	1,200.00	620	0
1994 1995	15,265.00	2,790.00	2,800.00	1,295.00	500	570	3,150.00	0	0	0	0	1,110.00	570	2,480.00
1995 1996	13,020.00	2,750.00	2,600.00	1,550.00	400	210	1,250.00	0	330	30	0	650	450	2,800.00
1996 1997	17,870.00	3,641.00	2,920.00	868	650	300	3,700.00	210	260	20	0	946	615	3,740.00
1997 1998	19,491.00	4,120.00	2,684.00	990	695	383	4,050.00	166	280	70	8	1,415.00	580	4,050.00
1998 1999	18,126.00	3,985.00	2,113.00	1,010.00	755	225	3,800.00	138	240	35	0	1,260.00	520	3,849.00
1999 2000	20,628.00	4,230.00	2,748.00	1,357.00	890	383	4,550.00	173	250	76	0	1,490.00	586	3,895.00
2000 2001	21,086.00	4,166.00	2,634.00	1,455.00	943	369	4,800.00	137	166	40	0	1,440.00	595	4,341.00
2001 2002	22,298.00	4,460.00	2,769.00	1,840.00	1,045.00	297	5,411.00	137	385	7	0	1,653.00	599	3,695.00
2002 2003	23,120.00	4,675.00	2,830.00	2,152.00	1,195.00	294	5,412.00	124	393	15	0	1,609.00	706	3,715.00
2003-2004	23,345.00	4,600.00	2,800.00	2,382.00	1,231.00	304	5,215.00	128	377	22	0	1,773.00	753	3,760.00

Fuente: Agencias Agrarias, Dirección Regional Agraria Puno

TABLA N°. 13
SUPERFICIE COSECHADA DE QUINUA POR PROVINCIAS 1994-2004 (HAS)

CAMPAÑA AGRÍCOLA	TOTAL	AZÁNGARO	PUNO	SAN ROMÁN	LAMPA	YUNGUYO	EL COLLAO	MOHO	PUTINA	CARABAYA	SANDIA	HUANCANÉ	MELGAR	CHUCUITO
19931994	15,375.00	1,350.00	3,367.00	1,400.00	450	3,798.00	3,250.00	0	0	0	0	1,150.00	610	0
1994 1995	12,990.00	2,900.00	2,200.00	1,100.00	420	420	2,410.00	0	0	0	0	1,000.00	430	2,110.00
1995 1996	12,020.00	2,550.00	2,000.00	1,550.00	400	210	1,250.00	0	325	30	0	645	270	2,790.00
19961997	17,198.00	3,517.00	2,840.00	868	616	300	3,630.00	210	255	20	0	842	435	3,665.00
19971998	19,487.00	4,120.00	2,682.00	990	695	383	4,050.00	165	279	70	8	1,415.00	580	4,050.00
19981999	17,915.00	3,937.00	2,239.00	990	689	225	3,800.00	138	240	35	0	1,257.00	520	3,845.00
1999 2000	20,526.00	4,206.00	2,728.00	1,347.00	890	383	4,542.00	173	230	76	0	1,470.00	586	3,895.00
2000 2001	18,717.00	3,423.00	2,389.00	1,260.00	744	353	4,362.00	132	151	40	0	1,190.00	515	4,158.00
2001 2002	22,206.00	4,445.00	2,746.00	1,839.00	1,018.00	297	5,411.00	137	365	7	0	1,647.00	599	3,695.00
2002 2003	22,602.00	4,463.00	2,823.00	2,152.00	1,195.00	294	5,327.00	117	333	15	0	1,507.00	678	3,698.00
2003-2004	22,485.00	4,239.00	2,709.00	2,374.00	1,055.00	304	5,208.00	128	349	22		1,694.00	643	3,760.00

Fuente: Agencias Agrarias, Dirección Regional Agraria Puno

TABLA N°. 14
PRODUCCIÓN DE QUINUA POR PROVINCIAS 1994-2004 (T. M.)

CAMPAÑA AGRÍCOLA	TOTAL	AZÁNGARO	PUNO	SAN ROMÁN	LAMPA	YUNGUYO	EL COLLAO	MOHO	PUTINA	CARABAYA	SANDIA	HUANCANÉ	MELGAR	CHUCUITO
1993/1994	11,721.00	725	2,848.00	987	259	3,047.00	2,706.00	0	0	0	0	772	377	0
1994/1995	8,898.00	2,465.00	1,440.00	741	269	272	1,566.00	0	0	0	0	617	234	1,294.00
1995/1996	10,049.00	2,090.00	1,605.00	1,242.00	292	168	1,225.00	0	309	24	0	407	271	2,416.00
1996/1997	14,472.00	2,899.00	2,364.00	731	517	553	2,943.00	179	242	17	0	693	340	2,994.00
1997/1998	17,812.30	3,530.00	2,513.90	1,017.00	632	349.9	3,655.00	152	257	56	8	1,290.00	551.5	3,800.00
1998/1999	16,649.00	3,594.00	2,113.00	982	647	212	3,424.00	128	210	30	0	1,222.00	464	3,623.00
1999/2000	20,044.00	4,033.00	2,669.00	1,384.00	919	378	4,143.00	171	224	73	0	1,404.00	644	4,002.00
2000/2001	15,484.00	3,138.00	1,905.00	1,051.00	585	320	3,175.00	112	137	33	0	1,009.00	398	3,621.00
2001/2002	24,902.00	4,858.00	3,126.00	2,125.00	1,088.00	292	6,152.00	159	382	7	0	1,847.00	657	4,209.00
2002/2003	24,542.00	4,792.00	3,307.00	2,814.00	1,237.00	289	5,075.00	125	371	16	0	1,758.00	693	4,065.00
2003/2004	22,102.00	4,346.00	2,578.00	2,672.00	1,057.00	297	4,641.00	119	340	22	0	1,727.00	564	3,739.00

Fuente: Agencias Agrarias, Dirección Regional Agraria Puno

TABLA N°. 15
SUPERFICIE SEMBRADA DE HABA GRANO SECO POR PROVINCIAS 1994-2004 (HAS)

CAMPAÑA AGRÍCOLA	TOTAL	AZÁNGARO	PUNO	SAN ROMÁN	LAMPA	YUNGUYO	EL COLLAO	MOHO	PUTINA	CARABAYA	SANDIA	HUANCANÉ	MELGAR	CHUCUITO
1993/94	4,660.00	200	400	360	10	2,200.00	100	0	0	200	10	1,100.00	80	0
1994/95	4,390.00	240	400	325	10	1,490.00	45	0	0	240	20	1,000.00	40	580
1995/96	4,350.00	250	380	297	15	1,370.00	55	0	20	250	30	1,000.00	53	630
1996/97	6,250.00	349	510	71	70	2,060.00	120	485	20	400	160	1,224.00	61	720
1997/98	6,170.00	356	358	65	76	1,980.00	285	245	20	314	259	993	46	1,173.00
1998/99	5,048.00	272	296	50	71	1,396.00	275	150	18	267	204	888	29	1,132.00
1999/2000	6,054.00	349	345	57	86	1,930.00	417	192	24	323	154	969	18	1,190.00
2000/2001	6,413.00	382	320	62	101	2,020.00	390	328	16	307	197	1,031.00	49	1,210.00
2001/2002	6,860.00	375	419	86	67	1,882.00	455	346	47	316	165	1,420.00	48	1,234.00
2002/2003	7,182.00	313	471	156	80	1,960.00	490	361	38	289	151	1,623.00	27	1,223.00
2003/2004	7,608.00	394	676	185	94	1,965.00	485	294	55	312	185	1,690.00	40	1,233.00

Fuente: Agencias Agrarias, Dirección Regional Agraria Puno

TABLA N°. 16
SUPERFICIE COSECHADA DE HABA GRANO SECO POR PROVINCIAS 1994-2004 (HAS)

CAMPAÑA AGRÍCOLA	TOTAL	AZÁNGARO	PUNO	SAN ROMÁN	LAMPA	YUNGUYO	EL COLLAO	MOHO	PUTINA	CARABAYA	SANDIA	HUANCANÉ	MELGAR	CHUCUITO
1993/94	4,675.00	270	400	330	10	2,185.00	100	0	0	200	10	1,090.00	80	0
1994/95	3,730.00	200	270	270	8	1,337.00	40	0	0	210	20	850	35	490
1995/96	4,243.00	235	370	290	15	1,340.00	55	0	18	240	30	980	50	620
1997/98	4,905.00	235	390	46	41	1,936.00	105	425	18	343	60	634	47	625
1998/99	6,147.00	356	358	65	76	1,975.00	285	242	20	314	254	993	46	1,163.00
1999/2000	5,023.00	272	296	50	71	1,373.00	275	150	18	267	204	888	29	1,130.00
2000/2001	6,044.00	349	339	57	86	1,930.00	417	192	24	323	154	965	18	1,190.00
2001/2002	5,693.00	321	263	41	99	1,893.00	280	309	16	307	197	744	49	1,174.00
2002/2003	6,841.00	375	409	84	67	1,882.00	455	346	47	316	165	1,413.00	48	1,234.00
2003/2004	6,925.00	290	466	156	80	1,942.00	433	318	38	287	151	1,520.00	26	1,218.00
2004/2005	7,275.00	375	646	185	94	1,963.00	467	283	55	285	185	1,464.00	40	1,233.00

Fuente: Agencias Agrarias, Dirección Regional Agraria Puno

TABLA N°. 17
PRODUCCIÓN DE HABA GRANO SECO POR PROVINCIAS 1994-2004 (T. M.)

CAMPAÑA AGRÍCOLA	TOTAL	AZÁNGARO	PUNO	SAN ROMÁN	LAMPA	YUNGUYO	EL COLLAO	MOHO	PUTINA	CARABAYA	SANDIA	HUANCANÉ	MELGAR	CHUCUITO
1993/1994	5,377.00	155	470	350	10	2,686.00	119	0	0	179	12	1,305.00	91	0
1994/1995	3,672.00	163	236	280	7	1,375.00	35	0	0	180	20	875	30	471
1995/1996	4,102.00	243	400	356	13	1,322.00	51	0	16	203	31	883	47	537
1996/1997	5,163.00	247	391	43	39	2,168.00	126	403	16	338	60	603	44	685
1997/1998	4,999.05	305	351.85	50	61	1,537.00	165	204	18	266	216	802	33.7	989.5
1998/1999	4,215.00	224	252	42	58	1,209.00	210	131	15	248	202	677	24	923
1999/2000	6,241.00	351	339	53	86	2,136.00	435	199	25	351	165	880	17	1,204.00
2000/2001	5,899.00	344	250	35	100	2,364.00	174	322	17	328	207	611	50	1,097.00
2001/2002	8,438.00	438	475	88	82	2,562.00	506	453	62	406	208	1,643.00	56	1,459.00
2002/2003	8,819.00	338	532	167	102	2,729.00	537	409	48	369	183	1,807.00	34	1,564.00
2003/2004	8,440.00	415	672	187	104	2,464.00	488	288	67	350	238	1,656.00	46	1,465.00

Fuente: Agencias Agrarias, Dirección Regional Agraria Puno

**ANEXO IV
ÍNDICES CLIMÁTICOS**

**TABLA N° 18
COEFICIENTES P/H**

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1994	0.911	1.008	0.485	0.584	0.103	0.001	0.000	0.000	0.063	0.147	0.188	0.310	3.80
1995	0.448	0.715	0.541	0.008	0.014	0.000	0.000	0.010	0.089	0.049	0.201	0.347	2.42
1996	1.524	0.694	0.254	0.297	0.000	0.000	0.010	0.042	0.003	0.032	0.574	0.850	4.28
1997	1.309	1.087	0.484	0.362	0.003	0.000	0.000	0.081	0.447	0.105	0.265	0.173	4.32
1998	0.829	0.568	0.489	0.091	0.000	0.018	0.000	0.014	0.017	0.096	0.184	0.201	2.51
1999	1.092	0.844	0.614	0.366	0.003	0.000	0.000	0.010	0.155	0.147	0.210	0.259	3.70
2000	0.519	0.518	0.685	0.172	0.018	0.000	0.010	0.043	0.155	0.095	0.115	0.159	2.49
2001	1.720	1.049	1.318	0.282	0.043	0.008	0.000	0.045	0.099	0.275	0.220	0.336	5.39
2002	0.608	1.091	0.885	0.463	0.055	0.076	0.083	0.113	0.041	0.264	0.167	0.502	4.35
2003	0.931	0.636	0.616	0.176	0.138	0.017	0.001	0.034	0.163	0.093	0.051	0.622	3.48
2004	1.247	0.654	0.650	0.108	0.022	0.000	0.036	0.163	0.128	0.020	0.156	0.233	3.42
2005	0.452	1.011	0.680	0.175	0.001	0.000	0.000	0.000	0.042	0.149	0.333	0.438	3.28
2006	2.424	0.294	0.986	0.170	0.003	0.000	0.000	0.002	0.077	0.140	0.209	0.442	4.75
2007	0.519	0.980	0.879	0.163	0.003	0.003	0.000	0.018	0.143	0.095	0.151	0.513	3.47
2008	0.752	0.575	0.800	0.331	0.010	0.007	0.003	0.021	0.095	0.172	0.176	0.273	3.22
TOTAL	15.29	11.72	10.37	3.75	0.42	0.13	0.14	0.60	1.72	1.88	3.20	5.66	
PROM.	1.02	0.78	0.69	0.25	0.03	0.01	0.01	0.04	0.11	0.13	0.21	0.38	

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 19

PRECIPITACIÓN PORCENTUAL (% Pp)

AÑOS	MESES												TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1994	22.40	22.78	14.10	14.46	3.72	0.05	0.00	0.00	2.28	4.55	6.55	9.11	100.0
1995	22.58	22.03	22.82	0.39	0.75	0.00	0.00	0.55	4.03	2.82	9.26	14.76	100.0
1996	33.54	17.32	8.07	10.13	0.00	0.00	0.38	1.70	0.11	1.38	11.72	15.66	100.0
1997	26.36	23.46	10.85	9.75	0.10	0.00	0.00	2.41	11.90	3.31	6.92	4.94	100.0
1998	31.93	18.78	22.00	4.13	0.00	0.80	0.00	0.70	0.73	4.37	7.14	9.43	100.0
1999	25.70	20.91	14.78	11.58	0.13	0.00	0.00	0.40	5.46	5.19	7.19	8.66	100.0
2000	21.42	15.46	24.95	8.38	0.93	0.00	0.56	2.23	7.64	4.84	5.77	7.82	100.0
2001	24.46	21.11	22.04	6.86	1.20	0.22	0.00	1.23	2.67	6.73	5.53	7.97	100.0
2002	14.26	19.81	18.77	11.59	1.69	2.32	2.50	3.37	1.28	7.25	4.82	12.35	100.0
2003	24.44	16.02	15.88	6.46	5.14	0.67	0.03	1.34	6.01	3.56	2.00	18.46	100.0
2004	30.79	18.46	17.03	4.30	0.91	0.00	1.50	6.34	5.06	0.83	6.07	8.71	100.0
2005	15.32	23.41	19.96	6.78	0.06	0.00	0.00	0.00	1.75	5.86	11.93	14.94	100.0
2006	37.56	8.30	20.59	5.75	0.12	0.00	0.00	0.08	2.74	4.83	6.94	13.10	100.0
2007	16.15	22.05	24.16	6.04	0.14	0.14	0.00	0.70	5.34	3.65	5.62	16.01	100.0
2008	22.27	14.60	22.27	11.80	0.44	0.29	0.15	0.88	3.83	6.64	6.78	10.03	100.0
TOTAL	369.17	284.48	278.26	118.39	15.34	4.49	5.12	21.94	60.81	65.80	104.24	171.94	
PROM	24.61	18.97	18.55	7.89	1.02	0.30	0.34	1.46	4.05	4.39	6.95	11.46	

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N°. 20
ÍNDICE DE ILUMINACIÓN

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1994	0.49	0.51	0.62	0.56	0.83	0.83	0.83	0.84	0.80	0.64	0.73	0.59
1995	0.68	0.47	0.61	0.75	0.80	0.86	0.85	0.87	0.68	0.80	0.65	0.57
1996	0.41	0.53	0.63	0.72	0.76	0.80	0.85	0.85	0.82	0.85	0.40	0.34
1997	0.46	0.56	0.54	0.69	0.81	0.85	0.84	0.75	0.67	0.74	0.62	0.64
1998	0.59	0.58	0.73	0.79	0.89	0.80	0.85	0.85	0.75	0.72	0.62	0.71
1999	0.44	0.53	0.48	0.67	0.81	0.86	0.82	0.80	0.73	0.69	0.67	0.62
2000	0.55	0.45	0.52	0.74	0.81	0.86	0.82	0.78	0.73	0.70	0.70	0.65
2001	0.36	0.58	0.45	0.70	0.80	0.85	0.82	0.78	0.76	0.64	0.67	0.60
2002	0.53	0.47	0.51	0.64	0.79	0.82	0.78	0.75	0.78	0.65	0.68	0.55
2003	0.47	0.51	0.49	0.74	0.76	0.85	0.82	0.79	0.73	0.71	0.73	0.53
2004	0.42	0.54	0.47	0.77	0.80	0.86	0.81	0.73	0.75	0.73	0.69	0.63
2005	0.57	0.44	0.52	0.74	0.81	0.86	0.82	0.80	0.78	0.68	0.63	0.57
2006	0.30	0.62	0.43	0.74	0.81	0.86	0.82	0.80	0.77	0.69	0.67	0.57
2007	0.55	0.45	0.52	0.74	0.81	0.86	0.82	0.79	0.74	0.70	0.69	0.55
2008	0.50	0.49	0.50	0.68	0.81	0.85	0.82	0.79	0.76	0.68	0.68	0.62
TOTAL	7.3	7.7	8.0	10.7	12.1	12.7	12.4	12.0	11.3	10.6	9.8	8.8

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 21
DURACIÓN PROMEDIO MÁXIMO DIARIA DE HORAS DE INSOLACIÓN

Latitud Norte	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic..
Latitud Sur	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
0 ^a	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12
5 ^a	11.87	11.96	12.08	12.22	12.35	12.41	12.38	12.28	12.16	12.05	11.90	11.83
10 ^a	11.61	11.81	12.06	12.35	12.57	12.70	12.64	12.45	12.17	11.91	11.67	11.55
15 ^a	11.34	11.66	12.04	12.47	12.82	13.00	12.92	12.62	12.22	11.81	11.44	11.25
20 ^a	11.07	11.50	12.01	12.60	13.07	13.32	13.22	12.81	12.26	11.70	11.20	10.94
25 ^a	10.78	11.33	11.97	12.74	13.34	13.66	13.53	13.02	12.31	11.58	10.94	10.62
30 ^a	10.45	11.14	11.97	12.88	13.65	14.05	13.88	13.23	12.35	11.47	10.67	10.26
35 ^a	10.09	10.95	11.95	13.06	13.98	14.47	14.27	13.47	12.42	11.33	10.36	9.86
40 ^a	9.68	10.71	11.91	13.25	14.36	14.96	14.71	13.76	12.48	11.18	10.00	9.39
45 ^a	9.18	10.44	11.87	13.48	14.82	15.55	15.25	14.09	12.55	11.01	9.59	8.85
50 ^a	8.61	10.13	11.84	13.78	15.38	16.29	15.91	14.48	12.66	10.80	9.07	8.17
60 ^a	6.79	9.21	11.74	14.62	17.10	18.70	18.01	15.67	12.92	10.22	7.60	6.04
65 ^a	5.07	8.47	11.67	15.19	18.71	21.64	20.22	16.66	13.12	9.77	6.30	3.88

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 22

TRANSFORMACIÓN ANGULAR PRECIPITACIÓN

AÑOS	MESES												TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1994	28.25	28.52	22.06	22.38	11.09	1.28	0.00	0.00	8.72	12.39	14.89	17.56	
1995	28.33	27.97	28.52	3.58	5.13	0.00	0.00	4.44	11.54	9.63	17.76	22.63	
1996	35.37	24.58	16.54	18.53	0.00	0.00	3.53	7.49	1.90	6.80	20.00	23.34	
1997	30.92	29.00	19.19	18.24	1.81	0.00	0.00	8.91	20.18	10.47	15.23	12.79	
1998	34.39	25.70	27.97	11.68	0.00	5.13	0.00	4.80	4.90	12.11	15.45	17.85	
1999	30.46	27.20	22.65	19.91	1.81	0.00	0.00	3.63	13.56	13.18	15.56	17.16	
2000	27.56	23.19	30.00	16.85	5.50	0.00	4.29	8.53	16.00	12.66	13.94	16.22	
2001	29.67	27.35	27.97	15.23	6.29	2.69	0.00	6.29	9.46	15.00	13.56	16.43	
2002	22.22	26.42	25.70	19.91	7.39	8.72	9.10	11.24	6.55	15.68	12.66	20.62	
2003	29.60	23.58	23.50	14.77	13.05	4.69	0.99	6.55	14.18	10.94	8.13	25.48	
2004	33.71	25.48	24.35	11.97	5.47	0.00	7.04	14.54	13.05	5.23	14.30	17.16	
2005	23.03	28.93	26.56	15.12	1.40	0.00	0.00	0.00	7.71	14.06	20.18	22.79	
2006	37.82	16.74	27.28	13.94	1.81	0.00	0.00	1.62	9.46	12.66	15.23	21.22	
2007	23.73	27.97	29.47	14.18	2.14	2.14	0.00	4.80	13.31	11.09	13.69	23.58	
2008	28.18	22.46	28.18	20.09	3.80	3.09	2.22	5.44	11.24	14.89	15.12	18.44	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO V:
PLANO TOPOGRÁFICO CATASTRAL MICROCUENCA PUNO