

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST GRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO



**EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN
LA VERTIENTE DEL LAGO TITICACA**

TESIS

PRESENTADA POR:

JORGE ELÓY ARIZACA OBLITAS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**



PUNO - PERÚ

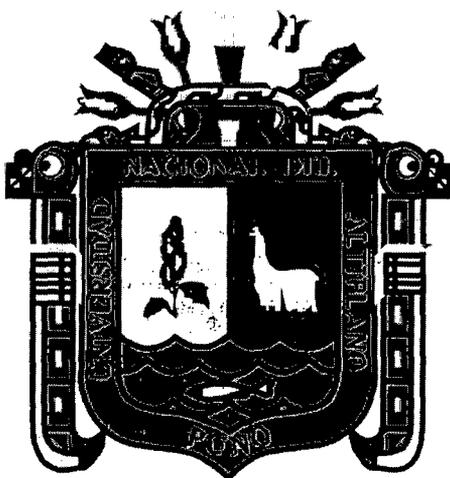
2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
BIBLIOTECA CENTRAL AREA DE TESIS
Fecha Ingreso: 16 OCT 2014
Nº 100706

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POST GRADO

PROGRAMA DE DOCTORADO



**EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN
LA VERTIENTE DEL LAGO TITICACA**

TESIS

PRESENTADA POR:

JORGE ELOY ARIZACA OBLITAS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

PUNO – PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST GRADO
DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN
LA VERTIENTE DEL LAGO TITICACA

TESIS

PRESENTADA POR:
JORGE ELOY ARIZACA OBLITAS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

APROBADA POR EL JURADO CONFORMADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO : 
Dr. Eduardo Flores Condori

PRIMER MIEMBRO : 
Dr. Jose Justiniano Vera Santa Maria

SEGUNDO MIEMBRO : 
Dr. Juan Walter Tudela Mamani

ASESOR : 
Dr. Bernabé Canqui Flores

DEDICATORIA

Este trabajo con mucho cariño se lo dedico a mis queridos padres **Ambrosio** y **Clorinda**, quienes con mucho esfuerzo y sacrificio supieron encaminarme para lograr mis objetivos.

Con el profundo cariño a mi amada esposa **Brigida**, a mis adorables hijos **Ronnie, Jorge y Cristian**, por su apoyo incansable para lograr mis aspiraciones y ser fuentes permanentes de mi superación.

INDICE

PÁGINA DE RESPETO	
PORTADA	
PÁGINA DE FIRMA DE JURADOS	
DEDICATORIA	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	

CAPÍTULO I EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. El Problema	1
1.2. Justificación	7
1.3. Objetivo	9
1.3.1. Objetivo general	9
1.3.2. Objetivos específicos	9
1.4. Hipótesis	10
1.4.1. Hipótesis general	10
1.4.2. Hipótesis específicos	10

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	11
2.2. MARCO REFERENCIAL	19
2.2.1. Investigaciones sobre Cambio Climático en América Latina enfocadas en el Perú.....	19
2.2.2. Investigaciones sobre Cambio Climático realizadas por el Perú.	22
2.2.3. El impacto del Calentamiento Global sobre la agricultura.	24
2.2.4. Impacto de la agricultura y la ganadería por el cambio climático.	25

2.2.5. Efectos del fenómeno El Niño en la agricultura.	26
2.2.6. El cultivo de la papa y el calentamiento global.	27
2.2.7. Las plagas y enfermedades que la atacan	29
2.2.8. Relación hombre - clima, la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación.....	30
2.3. MARCO CONCEPTUAL	31
2.3.1. Clima	32
2.3.2. Variabilidad climática	34
2.3.3. Cambio Global, Calentamiento Global y Cambio Climático	36
2.3.4. Riesgo climático y eventos meteorológicos extremos.	38
2.3.5. Percepción ambiental.	41
2.3.6. El efecto invernadero	43
2.3.7. Gases de efecto invernadero.	44
2.3.8. Efectos adversos del calentamiento global.	46
2.3.9. Cambio climático	47
2.3.10 Calentamiento global	48

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	50
3.2. Características físicas de la cuenca.....	51
3.2.1. Geología.....	51
3.2.2. Topografía	52
3.2.3. Suelos.....	52
3.2.4. Climatología.....	55
3.2.5. Temperaturas máximas, mínimas, medias y amplitudes.....	57
3.2.6. Humedad Relativa.....	57
3.2.7. Vientos dominantes	58
3.2.8 Tiempo de insolación.....	58
3.2.9. Precipitaciones.....	58

3.2.10. Repartición espacial y mecanismos de las precipitaciones	59
3.2.11. Precipitaciones medias sobre las cuencas del lago Titicaca	60
3.2.12. Distribución temporal de las precipitaciones	61
3.2.13. Sequía e inundaciones	61
3.2.14. Granizo	62
3.3. MATERIALES Y RECURSOS	62
3.3.1. Recurso Humano	62
3.3.2. Materiales meteorológicos	62
3.4. Población y muestra	63
3.5. Descripción de métodos por objetivos específicos	63
3.6. Materiales y equipos a ser utilizados.	65
3.7. Operacionalización de Variables.....	67
3.8. Prueba de bondad de ajuste de la serie de datos meteorológicos y la producción agrícola.....	68

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efectos de la variación de elementos climáticos sobre la producción de los cultivos para papa y quinua en la vertiente del lago Titicaca del Perú	69
4.1.1. Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov- Smirnov de datos meteorológicos del altiplano de Puno	69
4.1.2. Prueba de bondad de ajuste de Smirnov Kolmogorov para Producción de papa (ton/ha).	71
4.1.3. Discusión	71
4.1.4. Prueba de bondad de ajuste de Smirnov Kolmogorov para la producción de Quinua	73
4.1.5. Discusión	74
4.1.6. Análisis comparativo de datos Análisis meteorológicos de series históricas	75
4.1.7. Discusión	76

4.2. Relación entre la variación climática y la producción por pisos ecológicos de los cultivos de papa y quinua, en la zona del altiplano de Puno	90
4.2.1. Regresión producción de papa en función de elementos climáticos	91
4.2.2. Regresión producción de Quinua en función de elementos climáticos	95
4.2.3. Relación entre Sub – Tipo Climático y la producción de papa y quinua.....	98
4.3. Tendencias de las series históricas de los datos hidrometeorológicas de las principales estaciones del altiplano de Puno.....	102
4.3.1. Temperaturas máximas, mínimas, medias y oscilación	102
4.3.2. Tendencias de las series históricas de la producción de papa y quinua	110
Discusión.....	114
CONCLUSIONES.....	119
RECOMENDACIONES	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
ANEXOS	135

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Estaciones Meteorológicas Utilizadas en la Investigación.	65
Cuadro 2:	Operacionalización de Variables.	67
Cuadro 3:	Análisis de Varianza de Temperaturas Máximas Medias Mensuales de diez estaciones Meteorológicas para series Históricas de (1963-2012).....	77
Cuadro 4:	Prueba de Significancia de Tukey para las temperaturas Máximas media mensual de diez estaciones Meteorológicas De la Cuenca del Titicaca para series Históricas de (1963-2012).	78
Cuadro 5:	Análisis de Varianza de Temperaturas Mínimas Medias Mensuales de diez estaciones Meteorológicas para las Series Históricas de (1963-2012).....	80
Cuadro 6:	Prueba de Significancia de Tukey para las estaciones Meteorológicas de la Cuenca del Titicaca para Series Históricas de (1963-2012).....	82
Cuadro 7:	Análisis de Varianza de Humedad relativa Medias Mensuales de diez estaciones Meteorológicas para las Series Históricas de (1963- 2012).....	83
Cuadro 8:	Prueba de Significancia de Tukey para la Humedad relativa Mensual de diez estaciones Meteorológicas de la Cuenca del Titicaca para Series Históricas de (1963-2012).....	84
Cuadro 9:	Análisis de Varianza de precipitaciones totales mensuales de diez Estaciones Meteorológicas para series Históricas de (1963-2012)....	85
Cuadro 10:	Prueba de Significancia de Tukey para las precipitaciones Totales Mensuales de diez Estaciones Meteorológicas de La Cuenca del Titicaca para las Series Históricas de (1963-2012).....	86

Cuadro 11: Análisis de Varianza de Oscilación de diez estaciones Meteorológicas para Series Históricas de (1953-2012).....	87
Cuadro 12: Prueba de Significancia de Tukey para las Oscilaciones de Temperaturas Máximas Media Mensual de diez Estaciones Meteorológicas de la Cuenca del Titicaca para las Series Históricas de (1963-2012).	89
Cuadro 13: Análisis de Varianza de Regresión Múltiple para Mínimos Cuadrados Ordinarios de producción de papa y elementos Climáticos.....	92
Cuadro 14: Resultados de la Regresión Lineal Múltiple entre la Producción de papa y elementos climáticos de los 49 años De producción agrícola (1963-2012).	93
Cuadro 15: Análisis de varianza de regresión múltiple por mínimos cuadrados ordinarios de producción de quinua y elementos Climáticos.....	95
Cuadro 16: Resultados de la regresión lineal múltiple entre la producción de quinua y elementos climáticos de los 49 Años de producción agrícola (1963-2012).	97
Cuadro 17 Análisis descriptivo de datos meteorológicos de la serie histórica de (1963-2012) de la estación de Ayaviri	136
Cuadro 18 Análisis descriptivo de datos meteorológicos de la serie histórica de (1963-2012) de la estación de Azángaro	136
Cuadro 19 Análisis descriptivo de datos meteorológicos de la serie histórica de (1963-2012) de la estación de Huancané	137
Cuadro 20 Análisis descriptivo de datos meteorológicos de la serie histórica de (1963-2012) de la estación de llave	137
Cuadro 21 Análisis descriptivo de datos meteorológicos de la serie histórica de (1963-2012) de la estación de Juli	138

Cuadro 22	Análisis descriptivo de datos meteorológicos de la serie histórica de (1963-2012) de la estación de Lampa	138
Cuadro 23	Análisis descriptivo de datos meteorológicos de la serie histórica de (1963-2012) de la estación de Macusani	139
Cuadro 24	Análisis descriptivo de datos meteorológicos de la serie histórica de (1963-2012) de la estación de Pisacoma	139
Cuadro 25	Análisis descriptivo de datos meteorológicos de la serie histórica de (1963-2012) de la estación de Puno	140
Cuadro 26	Análisis descriptivo de datos meteorológicos de la serie histórica de (1963-2012) de la estación de Yunguyo.....	140
Cuadro 27	Regresión no lineal entre la producción de papa (Ton/Ha) y variables climáticos de la estación de Ayaviri.....	141
Cuadro 28	Regresión no lineal entre la producción de papa (Ton/Ha) y variables climáticos de la estación de Azángaro	141
Cuadro 29	Regresión no lineal entre la producción de papa (Ton/Ha) y variables climáticos de la estación de Huancané.....	142
Cuadro 30	Regresión no lineal entre la producción de papa (Ton/Ha) y variables climáticos de la estación de llave.....	142
Cuadro 31	Regresión no lineal entre la producción de papa (Ton/Ha) y variables climáticos de la estación de Juli.....	143
Cuadro 32	Regresión no lineal entre la producción de papa (Ton/Ha) y variables climáticos de la estación de Lampa	143
Cuadro 33	Regresión no lineal entre la producción de papa (Ton/Ha) y variables climáticos de la estación de Macusani	144
Cuadro 34	Regresión no lineal entre la producción de papa (Ton/Ha) y variables climáticos de la estación de Pisacoma.....	144

Cuadro 35	Regresión no lineal entre la producción de papa (Ton/Ha) y variables climáticos de la estación de Puno	145
Cuadro 36	Regresión no lineal entre la producción de papa (Ton/Ha) y variables climáticos de la estación de Yunguyo	145

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1:	Perú – Comportamiento de los factores modificadores del clima durante el evento el niño 1997-98.....	27
Figura 2:	Isolina de la Oscilación anual de temperatura de la cuenca del Titicaca para fines de zonificación agroclimática.....	99
Figura 3:	Tendencia de la temperatura máxima media mensual de 49 Años de observación (1963-2012).....	104
Figura 4:	Tendencia de la Temperatura mínima media mensual de 49 Años de observación (1963-2012).....	105
Figura 5:	Tendencia de la Temperatura mínima media mensual de 49 Años de observación (1963-2012).....	106
Figura 6:	Tendencia de la oscilación de la Temperatura media mensual de los 49 años de observación (1963-2012).....	107
Figura 7:	Tendencia de la humedad relativa (%) media mensual de los 49 años de observación (1963-2012).....	108
Figura 8:	Tendencia de precipitación total de los 49 años de observación (1963-2012).....	109
Figura 9:	Tendencia de la producción de papa (1963-2012).....	110
Figura 10:	Tendencia de la producción de quinua (1963-2012).....	112

RESUMEN

El calentamiento global es un problema causado por las acciones antrópicas, que está evolucionando poco a poco, ocasionando la degradación de todos los ecosistemas del planeta. El altiplano de Puno no es ajeno a estos fenómenos de cambio climático. Por lo que nos planteamos como objetivo: Evaluar los efectos de las variaciones de los elementos climáticos sobre la producción de los cultivos de papa y quinua, en la vertiente del Lago Titicaca del Perú, en el año del 2013; que geográficamente se ubica entre las coordenadas 14°03' y 20° 00' de Latitud Sur y 66° 21' y 71°07' de Longitud Oeste, las producciones de papa y quinua se han obtenido de datos históricos del ministerio de agricultura, y los datos climáticos del SENAMHI-Puno. El trabajo realizado es de tipo correlacional, para ello se ha seleccionado las estaciones meteorológicas y pisos ecológicos, utilizando modelos estadísticos de regresión lineal múltiple, previamente se efectuaron las pruebas de bondad de ajuste en los datos de producción, así como en las estaciones meteorológicas de los 49 años. La agricultura en el altiplano de Puno, tiene el riesgo del cambio climático, como son las heladas y sequias. Se ha observado que las estaciones analizadas muestran una tendencia creciente de la temperatura, de 0.8°C en 49 años para la media, 1.4°C/49 años, para la máxima y 1.0°C en 49 años, para la mínima. Algunas estaciones muestran tendencias muy altas, esto se asume como consecuencia del desarrollo agrícola, industrial y urbano. Existe una relación directa entre las producciones de papa y quinua, con las temperaturas, efectuado el análisis de variancia de regresión múltiple y de acuerdo a la probabilidad obtenida, es superior a $\alpha = 0.05 < 0.00001$, es decir que la $F_c = 22.72$, este valor es superior al valor de F tabular, obteniéndose una producción promedio de $2.786687 \cdot 10^5$ toneladas de papa, el coeficiente de determinación $r^2 = 60.2\%$, este valor es bajo y de igual modo para la producción de quinua. Se obtuvo una producción promedio de $1.291219 \cdot 10^5$ toneladas. El coeficiente de determinación $r^2 = 54.13\%$, este valor es bajo, por lo que las tendencias de las producciones de papa y quinua son positivas de grado cuadrática, en ambos cultivos, los coeficientes de determinación son muy buenas, es decir a medida que aumenta la tendencia de la temperatura, aumentan las producciones en ambos cultivos; sin embargo las precipitaciones promedio mensuales no relacionan para ambos cultivos, es decir que no existe significancia entre las producciones de papa y quinua.

PALABRAS CLAVE: Calentamiento global, cambio climático, producción de papa y quinua, vertiente del lago Titicaca.

ABSTRACT

Global warming is a problem caused by human actions; it is known that this warming is evolving slowly caused degradation of all the planet's ecosystems. The highlands of Puno are no stranger to this phenomenon of climate change. We propose the following objectives: To evaluate the effect of the variation of climatic elements on crop yields of potatoes and quinoa , on the slope of Lake Titicaca in Peru , the geographic location is located between the coordinates 14° 03 'and 20° 00 ' South Latitude and 66° 21 ' and 71° 07 ' west , agricultural production of potatoes and quinoa are derived from historical data of the ministry of agriculture, and climate data SINAMHI -Puno , the work is of a correlational selected weather stations and ecological , statistical model using multiple linear regression , have been carried out previously goodness of fit tests on production data as 49 weather stations . Boil that agriculture in the highlands of Puno, is the risk of climate change. Analyzed stations show an increasing trend in temperature of 0.8 ° C in 25 years for the average , 1.4° C/49 years for maximum and 1.0° C for minimum 25 years . Some stations show trends very high, as a result of agricultural, industrial and urban development. There is a direct relationship between the production of potatoes and quinoa , expressed amounts expressed in Tons , on analysis of variance and multiple regression according to the probability obtained is greater than $\alpha = 0.05 < 0.00001$, i.e. $F_c = 22.72$ that this value is much higher than the tabular F value was obtained an average output of $2.786687 * 10^5$ tons of potatoes . Very low coefficient of determination $r^2 = 60.2$ % , and similarly quinoa production expressed in tons per 105. And production was average $1.291219 * 10^4$ tons of quinoa. very low coefficient of determination $r^2 = 54.13$ % , and the trend of production of potatoes and quinoa earned a degree positive trends in both crops quadratic and have the determination coefficient are very good, i.e. with increasing trend temperature increase yields in both crops, however the monthly average rainfall does not relate to both cultures, i.e. there is no significance between the s production of potatoes and quinoa.

KEYWORDS: Global warming, climate change, production of potatoes and quinoa, watershed of Lake Titicaca

INTRODUCCIÓN

En la historia de la humanidad, el hombre puede discernir diferentes entornos en los que interactúa en sociedad o como individuo, pero definitivamente la Tierra es el principal escenario donde se realizan todos y cada uno de sus acontecimientos, es decir no podría proveerse de alimentos si no hubiera flora y fauna, o cubrir sus necesidades energéticas sin hidrocarburos o fuentes alternas como el aire, o construir grandes urbes sin que la naturaleza le provea de los elementos para realizarlo. Entonces si la Tierra nos provee de todos los requerimientos para hacer la vida más cómoda, ¿por qué no tenemos una cultura ambiental en la que se administren y protejan los recursos naturales, para así cambiar nuestros hábitos de usos descontrolados e indiscriminados, dando lugar a un futuro sustentable?, en el que las nuevas generaciones puedan disfrutar de los beneficios que existen en la naturaleza y aprovecharlos para seguir subsistiendo como especie y como sociedad, logrando con esto un equilibrio entre la humanidad y su hogar “La Tierra”.

Debido a las emisiones antropogénicas que han alterado el ambiente, se tiene como resultado las altas concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera y sus consecuencias directas en el Calentamiento Global y el Cambio Climático, en los últimos años, es por eso que se han tomado diferentes medidas y generado acuerdos internacionales. Uno de los principales acuerdos que se ha creado para comenzar con esta migración hacia un futuro sustentable, es el Protocolo de Kioto, en el cual las principales economías se comprometen durante el período 2008-2012, a reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) con base a las que emitían en 1990. Dicho Protocolo contempla tres mecanismos de flexibilidad para ayudar a reducir los costos y facilitar las obligaciones contraídas por los países industrializados respecto a la limitación de (GEI) las cuales son: el Comercio de Emisiones, la Implementación Conjunta y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), siendo los dos últimos mecanismos sustentados en la realización de proyectos.

En el altiplano peruano en los últimos diez años la agricultura ha sufrido muchas variaciones climáticas y como consecuencia de ello siempre se han presentado los veranillos, inundaciones, heladas meteorológicas y sequías prolongadas; todas estas variaciones agrestes influyen directamente al bienestar de los pobladores del altiplano, la cual obliga a los pobladores las migraciones masivas hacia las ciudades de la costa peruana; por esta razón en el presente estudio nos planteamos realizar la investigación de las influencias climáticas sobre dos cultivos más importantes (papa y quinua) del altiplano peruano, de qué manera es afectada las tendencias de variaciones de temperaturas máximas, Mínimas, oscilaciones, humedad relativa y precipitaciones pluviales sobre las producciones de papa y quinua; con los análisis efectuados de bondad de ajuste para la consistencia de datos tanto en los rendimientos como en los registros históricos de las series de datos meteorológicos, se ha llegado a las conclusiones, que los datos se ajustan a diferentes distribuciones y probabilidades por ser valores totalmente aleatorios; y las tendencias siempre han sido positivos para los datos de series históricas de los factores del clima, en el caso de la temperatura, se ha observado un incremento de 1.4°C en los 49 años y las producciones de papa y quinua, también han demostrado una tendencia positiva de grado cuadrático, las relaciones entre las producciones promedio para la región de Puno son altamente significativas, para los elementos climáticos como es la temperatura media anual, humedad relativa; pero sin embargo para la variable precipitación media no existe relación alguna para ambos cultivos (papa y quinua).

En conclusión, el objetivo principal de este trabajo de investigación es determinar la opción que más contribuya a la mitigación de gases de efecto invernadero y que adicionalmente genere mayores ingresos para los pobladores más necesitados y sustento de la población en general, al integrar todos los rubros posibles dentro del análisis y evaluación de las alternativas, para hacer de este un proyecto integral con fines ambientales y encaminados a un Desarrollo Sustentable en el altiplano peruano.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. EL PROBLEMA

El cambio climático y la agricultura son procesos relacionados entre sí y tienen escala mundial. Se prevé que el calentamiento global tendrá un impacto significativo que afectará la agricultura, la temperatura, el dióxido de carbono, los deshielos, las precipitaciones y la interacción entre estos elementos; los cuales determinan la capacidad de carga de la biosfera para producir suficiente alimento para todos los seres vivos. Las consecuencias resultantes del cambio climático y de la agricultura dependerán, a nivel general, del balance de estos efectos. El estudio de estos fenómenos podría ayudar a anticipar y adaptar adecuadamente el sector agrícola para así maximizar su productividad. El efecto del cambio climático en la agricultura está relacionado con las variaciones en los climas locales más que en patrones mundiales. La temperatura promedio de la superficie

de la tierra ha aumentado un grado Fahrenheit en el último siglo. Consecuentemente, como cada área local es afectada de manera diferente por el cambio climático, los agrónomos aseguran que para todo estudio debería considerarse individualmente en cada zona (Novoa y Zaniel, 1998).

El calentamiento global es un problema causado por nosotros, realmente debemos tomar conciencia sobre esto y ser más pensantes sobre este tema, puesto que no razonamos sobre lo sucedido y somos descuidados arrojando basuras y no cuidando el medio ambiente. Sabemos que este calentamiento está evolucionando poco a poco por causa de nosotros como por el mismo planeta. Nosotros contribuimos con esto y no somos pensantes de lo que está sucediendo, ya que gracias a nosotros este planeta se daña y aceleramos el proceso de destrucción masiva, si el planeta llega a ser destruido nosotros seremos destruidos con él.

Durante los años ochenta comenzó a estar claro que había comenzado un periodo más caliente, así que el debate se trasladó hacia el calentamiento global que nos llevaría, en breve a un planeta invivible en el que hervirán los océanos. El gusto por el catastrofismo parece infinito. Para explicar el calentamiento global se comenzó a echar la culpa a diversos fenómenos: la deforestación, la contaminación de la atmósfera, el agujero de la capa de ozono, el Niño, etc. Lo peor es que cada uno de esos fenómenos es por sí solos los que producen el cambio del clima global y de una manera inmediata. Evidentemente, esto también es una exageración. Todos ellos contribuyen, en alguna medida, al calentamiento global actual, pero aún hay que determinar en qué medida y cuál es la inercia de

la atmósfera para mostrar su influencia, y la capacidad del planeta para contrarrestar esos fenómenos. Puede ser que el calentamiento actual no se deba a ninguno de esos fenómenos y que la influencia de estos aún esté por mostrarse.

El problema es que desconocemos el porqué de este calentamiento, ni en qué medida la acción del hombre contribuye a ello. Además, hasta el momento, no ha habido una redistribución de los climas zonales, sino que los climas han tenido ciclos más cálidos y más secos, o más húmedos, según los casos; pero siempre dentro de los umbrales máximos y mínimos de cada clima. Realmente el calentamiento global nos toca experimentarlo, por lo cual todos nosotros debemos ayudar con el no calentamiento global, realizando foros y encuestas sobre cuanto estamos contribuyendo al calentamiento global. Pero lo más importante es preguntarnos, ¿realmente para cuidar el medio ambiente debemos sufrirlo severamente hasta el punto de llegar a no tener fuentes hídricas potables?, o debemos ayudar a no botar basuras y contribuir con un buen gasto de agua en el planeta (Ahrens, 2003).

La Tierra es el principal escenario donde se realizan todos y cada uno de sus actos, es decir no podría proveerse de alimentos si no hubiera flora y fauna, o cubrir sus necesidades energéticas sin hidrocarburos o fuentes alternas como el aire, o construir grandes urbes sin que la naturaleza le provea de los elementos para realizarlo. Entonces si la Tierra nos provee de todos los requerimientos para hacernos la vida más cómoda, ¿por qué no tenemos una cultura ambiental en la que se administren y protejan los recursos naturales, para así cambiar nuestros hábitos de uso descontrolados e indiscriminados, dando lugar a un futuro

sustentable?, en el que las nuevas generaciones puedan disfrutar de los beneficios que existen en la naturaleza y aprovecharlos para seguir subsistiendo como especie y como sociedad, logrando con esto un equilibrio entre la humanidad y su hogar "La Tierra". Debido a las emisiones antropogénicas que han alterado el ambiente, se tiene como resultado las altas concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera y sus consecuencias directas en el Calentamiento Global, y el Cambio Climático, en los últimos años se han tomado diferentes medidas generando acuerdos internacionales. Se comprometieron durante el período 2008-2012, a reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en base a las que emitían en 1990. Dicho Protocolo contempla tres mecanismos de flexibilidad para ayudar a reducir los costos y facilitar las obligaciones contraídas por los países industrializados respecto a la reducción de (GEI), las cuales son: el Comercio de Emisiones, la Implementación Conjunta y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), siendo los dos últimos mecanismos sustentados en la realización de proyectos.

El comportamiento futuro de la población en una región como el del altiplano Perú Boliviano depende de múltiples factores. Sin embargo, es posible obtener una primera aproximación sobre la población futura mediante el uso de las tasas demográficas. Por otro lado, la alteración de los patrones climáticos afectará indudablemente la producción y la productividad agrícola de diferentes maneras, dependiendo de los tipos de prácticas agrícolas, sistemas y período de producción, cultivos, variedades y zonas de impacto. Se estima que los principales efectos directos derivados de las variaciones en la temperatura y precipitación principalmente, serían la duración de los ciclos de cultivos,

alteraciones fisiológicas por exposición a temperaturas fuera del umbral permitido, deficiencias hídricas y respuesta a nuevas concentraciones de CO₂ atmosférico (Watson, 1997). Algunos efectos indirectos de los cambios esperados se producirían en las poblaciones como parásitos, plagas y enfermedades (migración, concentración, flujos poblacionales, incidencias, etc.) disponibilidad de nutrientes en el suelo y planificación agrícola (fechas de siembra, laboreo, mercadeo, etc.) (Porter, 1991 y Watson, 1997).

La cantidad, calidad y la temporalidad del recurso hídrico está determinado por procedimientos funcionales del ecosistemas: el agua de lluvia, al cruzar por la vegetación, modifica sustancialmente su composición química al lavar y lixiviar polvos y elementos minerales del follaje; reduce su cantidad al ser interceptada por Las hojas y ramas disminuyendo su velocidad y energía cinética, la cobertura vegetal y las características físicas y químicas del suelo determinan su tasa de infiltración así como la ruta a seguir pendiente abajo, las profundidades del suelo y su estructura determinan la capacidad de almacenaje del agua y por tanto su disponibilidad para las plantas. La ruta de drenaje seguida por el agua, determina su composición química así como el tiempo de retardo en llegar a la base de la cuenca y la capacidad de recarga del acuífero está íntimamente ligada a las condiciones del ecosistema (Miller y Tyler, 1992).

Una de las formas utilizadas actualmente para estudiar el impacto de un cambio climático sobre los sistemas agrícolas y pecuarios, es evaluando escenarios futuristas de cambio en modelos computacionales de simulación de crecimiento de cultivos. Estos permiten analizar el comportamiento productivo durante todo el

ciclo del cultivo bajo diferentes marcos climáticos, obteniendo resultados sobre los efectos de variaciones en la temperatura, la precipitación y la radiación solar, principalmente. La mayoría de estos estudios aplican variaciones en la temperatura máxima, mínima o en la media y en la precipitación. Los rangos de variación de los elementos meteorológicos, son generados por Modelos de Circulación General (MCG). Existen desacuerdos entre los investigadores sobre la magnitud de cambio en estos elementos (IPCC, *et al.*, 2001), la tendencia en las investigaciones agrícolas que utilizan escenarios climáticos derivados de los (MCG), es que sean del orden de 1 a 4°C con un aumento o disminución en la lluvia diaria entre 5 y 15%. Además de la temperatura y la precipitación, el otro elemento de cambio importante a evaluar es el contenido de CO₂. Experimentos con altos contenidos de CO₂ indican que el comportamiento estomático producido, podría generar una economía del agua consumida por las plantas, así como un efecto fertilizante en el caso de las leguminosas (FAO 1992). Además, un incremento en la concentración del CO₂, aumentaría directamente la tasa de fotosíntesis y la producción de biomasa de las plantas C₃, con cambios poco significativos en las plantas C₄, como el maíz, sorgo y caña de azúcar (Salinger, *et al.*, 1997).

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se han planteado como interrogantes:

Problema general

¿Cuál es el efecto del cambio climático en la producción de cultivos en la Vertiente del Lago Titicaca del Perú?

Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de la variación de los elementos climáticos sobre la producción de los cultivos de pan llevar en la Vertiente del Lago Titicaca del Perú?
- ¿Cuál es la relación entre la variación climática y la producción por pisos ecológicos de los cultivos de la zona del altiplano de Puno?
- ¿Cómo son las tendencias de las series históricas de los datos hidrometeorológicos de las principales estaciones del altiplano de Puno?

1.2. Justificación

El cambio climático es un problema global, al cual cada uno de nosotros contribuye con nuestras actividades cotidianas, requieren de la utilización de combustibles fósiles, dando lugar a emisiones de dióxido de carbono (CO₂), siendo uno de los principales gases que causa el calentamiento global. Las compensaciones de uso de carbono son una solución utilizadas en el mercado a través del cual es la herramienta que se puede hacer uso frente a las emisiones de CO₂ producidas al conducir, volar, y el uso de energía en el hogar, también conocida como la huella de carbono. Con la

compra de compensaciones de carbono, se están apoyando proyectos que contrarrestan las emisiones de CO₂ la que todavía no ha sido capaz de eliminarse.

Los impactos del cambio climático en la agricultura y el bienestar humano incluyen:

- 1) Los efectos biológicos en el rendimiento de los cultivos.
- 2) Las consecuencias del impacto sobre los resultados, incluyendo precios, producción y consumo.
- 3) Los impactos sobre el consumo de calorías y la malnutrición infantil. Los efectos biofísicos del cambio climático sobre la agricultura inducen cambios en la producción y precios, que se manifiestan en el sistema económico a medida que los agricultores y otros participantes del mercado realizan ajustes de forma autónoma, modificando sus combinaciones de cultivos, uso de insumos, nivel de producción, demanda de alimentos, consumo de alimentos y comercio.

Sin embargo, todos los cambios fenológicos de las plantas no son simples indicadores del cambio climático. Tienen una importancia ecológica crítica puesto que afectan la habilidad competitiva de las diferentes especies, su conservación, y por tanto la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. Por ejemplo, la genista florece con más de un mes de adelanto, las amapolas lo hacen quince días antes, el olivo no se inmuta

y el pino piñonero incluso tarda unos días más. Estas respuestas tan heterogéneas al cambio climático pueden producir importantes desincronizaciones en las interacciones entre las especies, por ejemplo entre las plantas y sus polinizadores, o entre las plantas y sus herbívoros, y alterar así la estructura de las comunidades. El cambio climático parece que también ha alterado los hábitos de las aves migratorias. Dado el adelantamiento en la floración y fructificación de las plantas y en la aparición de insectos, por tanto, el adelantamiento en la disponibilidad de comida para las aves, se esperaría una llegada más temprana de las aves migratorias. Y, no es así; la llegada de algunas aves tan comunes y populares como el ruiseñor, la golondrina, el cuco o la codorniz parece que se está retrasando por término medio dos semanas respecto hace treinta años (Peñuelas, *et al.*, 2002).

1.3. Objetivo

1.3.1. Objetivo general

Determinar cuál es el efecto del cambio climático en la producción de cultivos en la Vertiente del Lago Titicaca del Perú.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Evaluar cuál es el efecto de la variación de elementos climáticos sobre el rendimiento de los cultivos de papa, quinua, en la Vertiente del Lago Titicaca del Perú.

2. Determinar, cual es la relación entre la variación climática y la producción por pisos ecológicos de los cultivos de papa, quinua, de la zona del altiplano de Puno.
3. Evaluar como son las tendencias de las series históricas de los datos hidrometeorológicos de las principales estaciones del altiplano de Puno.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El cambio climático influye directamente sobre la producción de cultivos de la Vertiente del Lago Titicaca del Perú.

1.4.2. Hipótesis específicos

1. La variación de elementos climáticos influye directamente sobre la producción de los cultivos de papa, quinua, en la Vertiente del Lago Titicaca del Perú.
2. Existe relación directa entre la variación climática y la producción por pisos ecológicos de los cultivos de papa, quinua, en la Vertiente del Lago Titicaca de Puno.
3. Las tendencias de las series históricas de los datos hidrometeorológicas son positivas en las principales estaciones del altiplano de Puno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el Perú, los estudios sobre el cambio climático, en su mayoría han sido estudios cuantitativos de tendencias y escenarios climáticos, como componente para el análisis de la vulnerabilidad y la implementación de estrategias de adaptación. Los primeros estudios fueron realizados en el proyecto de cuencas del PNUD (2007). En la cuenca del río Piura, se realizaron estudios en las subcuencas, se identificaron los principales eventos climáticos producidos en un horizonte temporal de aproximadamente 30 años. En estos estudios se recordaron como eventos importantes, los eventos Niño 1925, 1953, 1955, 1956, 1965, 1972, 1982-1983 y 1997-98; señalando al Niño 1982-83, como un año intenso de lluvias con repercusiones para la agricultura y la salud. También se

identificó como eventos de sequía a los años 1964, 1968, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1990, 1991, 1992. En cuanto al comportamiento de las variables atmosféricas e hidrológicas en los eventos Niño, se observó que se produjo un aumento de la temperatura y lluvias. En las tendencias, no hubo una percepción homogénea de las precipitaciones, se afirmaban que existía una disminución, como que el nivel se mantenía y finalmente la intensidad y duración de las lluvias había cambiado, determinando que llueve más, pero en menos tiempo. En cambio, si existía una percepción común sobre el aumento sostenido de la temperatura y de una variación de ésta, señalando que el invierno era más frío y el verano con más calor (Torres y Gomez, 2008).

Vidal (1999), investigadora del Instituto Geofísico, pronosticó que: en las décadas de los 80 y 90 se estaba en la fase cálida de la Oscilación Interdecadal del Pacífico. Y que desde 1999, *aproximadamente, estamos en la fase fría, por lo que la tendencia positiva en la temperatura del Pacífico está de alguna manera disminuida. Es posible, por eso, que a partir de 2025 los impactos sean parecidos o incluso mayores a los 80 y 90,* recalcó. La tercera manifestación importante del cambio climático en el Perú, explicada por Vargas (2009), es la elevación del nivel del mar por cambios térmicos en la densidad del agua, causando su dilatación y por el derretimiento de los glaciares cuyas aguas van a parar al mar, se observa una tendencia lineal de elevación del nivel del mar en 0.55 cm./año para el mar del Callao (1976-1988), y de 0.24 cm./año para el mar de Paita desde 1988, que provoca pérdida de terrenos en el litoral. A lo anterior se debe tener en cuenta lo que sostiene Pablo (2010). "El Perú está entre los países más vulnerables a los efectos del cambio climático por su ubicación en la región tropical y porque está

expuesto a mayor radiación solar. En el Perú la zona andina es la más vulnerable por su rápida variación altitudinal, mayor gradiente térmico y mayor exposición a los eventos climáticos extremos". Los pronósticos del clima al año 2099, la temperatura promedio en el Perú superará los 3°C, y este no será compensada por las precipitaciones pluviales (0.22 mm por día), donde las plantas requieren más agua para sustituir la humedad perdida a causa de la mayor temperatura del ambiente definido evapotranspiración de las plantas. En el mismo pronóstico se ve que otros países estarán en peor situación a la nuestra porque no sólo experimentarán incremento en la temperatura sino además las precipitaciones pluviales en promedio por día disminuirán.

La información de Hadley (2005), incluye el análisis de otras variables climáticas, como la temperatura del aire del lago en la noche, y la temperatura de la superficie del lago, todas ellas se han incrementado desde 1920. Se sostiene también que las temperaturas nocturnas se han incrementado, desde 1950, se experimenta un crecimiento de aproximadamente 0,2°C por década, y en cuanto a las temperaturas mínimas, éstas han disminuido; es decir la variabilidad de las temperaturas se acentúa más; incluso se ha incrementado el número de días con heladas y la amplitud de las estaciones. No sólo son las elevadas temperaturas las que indican el cambio climático; también están los cambios en otras variables climáticas, como son las precipitaciones pluviales, sequías prolongadas y bajas temperaturas, todas estas con mayor incidencia que antes, esto es lo que se denomina anomalías, es decir están fuera del promedio.

El IPCC (2001), manifiesta que las precipitaciones pluviales son más intensas, principalmente. Porque el ciclo del agua ha variado, el nivel del mar ha aumentado, así como su salinidad ha disminuido, el aumento del vapor de agua se ha incrementado (documentado en gran parte de América del Norte y en los trópicos por el vapor de agua es el gas invernadero más importante en la atmósfera). También se observa otros cambios importantes como las variaciones en la circulación oceánica, estas incluyen al Fenómeno del Niño, el índice (OAN) e índice de patrón de circulación del (PNA). Los registros muestran información interesante, hay variaciones decadales y multidecadales, pero es demasiado pronto para detectar cualquier tendencia a largo plazo. Los registros muestran información interesante, hay variaciones decadales y multidecadales, pero es demasiado pronto para detectar cualquier tendencia a largo plazo. Existen pruebas de que los fenómenos de El Niño (ENSO) han variado en el período, tanto en intervalos de recurrencia, y fuerza del impacto. Un cambio más abrupto en ENSO y otros aspectos de la circulación atmosférica parece haber ocurrido alrededor de 1976-1977. Más ENSOs y más frecuente, con ocurrencias raras en su otro extremo (Fenómeno La Niña) se convirtió en mucho más frecuente.

La cuenca del río Mantaro también ha sido motivo de estudio de distintos investigadores. Por ejemplo desarrollaron en Jauja un estudio que tuvo como objetivo entender la vulnerabilidad e incrementar la capacidad de los actores locales frente al cambio climático. La estrategia metodológica estuvo conformada por un conjunto de métodos cualitativos y cuantitativos de obtención de información. Se realizó un trabajo de campo cualitativo, cuyos instrumentos aplicados fueron la realización de grupos focales y entrevistas semiestructuradas.

Con un total de 11 grupos focales a diferentes grupos sociales y 16 entrevistas semiestructuradas a nivel local. Los resultados de la investigación señalaron que los actores coincidieron que el principal problema radicaba en la incertidumbre climática, en los últimos diez años. En cuanto a los eventos climáticos que más afectan, en la parte baja (debajo de los 3500) se señaló que los mayores riesgos estaban asociados a sequías e inundaciones, mientras que en las partes altas (sobre los 3500), los principales problemas están asociados a heladas. lo que afecta la rentabilidad de las estrategias de generación de ingresos que se venían implementando y agudizo la vulnerabilidad en salud y exacerbó la conflictividad en torno al manejo de recursos, en especial el agua (Escobal y Ponce, 2010).

La Fundación Bustamante (2010), en la Amazonía del Perú reporta los cambios en el clima y los recursos. Principalmente reporta un incremento en la temperatura y el cambio en los calendarios de fructificación de algunas plantas productoras de flores y frutos que puede tener consecuencias negativas para muchas especies de la fauna silvestre, que tienen su reloj biológico sincronizado con la floración o fructificación, y tener dificultades para encontrar alimento suficiente para sus crías.

En el Parque Nacional Huascarán, el estudio realizado por (Young y Lipton, 2006), durante los años 2002 y 2003. El trabajo de campo incluyó el mapeo de la comunidad para ver los usos del suelo y sus cambios. La información recabada indica que a través de los años los glaciares se han retirado y algunas capas pequeñas de hielo en el valle ya habían desaparecido, también notan que los cambios en el ambiente no solo tienen que ver con la desaparición de glaciares,

sino con la diferencia en los patrones del drenaje del agua y en la caída de las precipitaciones. La disminución de la cobertura glaciar demuestra de manera evidente los cambios en esa área. Por otro lado, se han percibido una disminución de granizo y nieve.

En el estudio de la “Evaluación Local Integrada y Estrategia de Adaptación al Cambio Climático en el Río Santa” (MINAM, 2009), para el desarrollo de medidas de adaptación al cambio climático, los mayores daños se dieron en la producción de papa, debido a factores climáticos, como las heladas agronómicas, sequías, granizadas y lluvias intensas; sin embargo, no se identificó al Niño como amenaza, probablemente porque sus impactos son más evidentes en la parte media y baja de la cuenca. En este estudio se identificó que los agricultores identifican las variedades de papa que toleran mejor las sequías o heladas, dentro de las variedades comerciales, se siembran papas nativas en el siguiente orden de importancia: huayro (sembrada por el 51,9% de agricultores), papa amarilla (sembrada por el 7,4% de agricultores encuestados) y las demás (lazapa, chompi, iscupuru, don pablo, jalcawarmi, jamapapa, wicush, etc.), sembradas sólo por el 3,7% de los agricultores. Otro punto señalado en el estudio fue que los agricultores indican que, cuando hay Fenómeno de El Niño, la ranca se da en mayor medida debido a las lluvias que generan exceso de humedad (70%), en el caso de que se presente una sequía entonces la pulguilla de la papa (*Epitrix*spp) es la plaga más severa (73%).

En el estudio “Adaptación al cambio climático: de los fríos y los calores de los Andes”, se identificaron mediante saberes locales indicadores cualitativos de

variabilidad y cambio climático en la zona andina del Perú (1982- 2007), obteniendo que uno de los principales indicadores es la aparición de plagas tanto en cultivos como en animales como es el caso de la alicuya, la ranca, el gorgojo, entre otros. Finalmente, el estudio de la percepción a través de metodologías cuantitativas y cualitativas también ha sido desarrollado en otros países. Por ejemplo, en 1994, un estudio realizado por el Departamento de Geografía en la Universidad de Alcalá de Henares, buscaba conocer la percepción de adultos de nivel cultural medio con respecto al cambio climático y contrastarla con los estudios científicos. Para ello se tomó una muestra de 82 alumnos de mayores de 25 años de la universidad. el 86% de los encuestados señaló que la sequía en España se debía a un Cambio Climático constatado,. Al contrastar esta imagen catastrófica con la indeterminación de la comunidad científica, se señala una dificultad para distinguir entre las fluctuaciones normales del clima y un cambio climático a escala global; el estudio concluye que, en este caso, la población no tiene acceso a la información de manera completa y clara. Esto logra confundirla y genera una percepción catastrófica frente al Cambio Climático y sus efectos (Tomes y Gómez, 2008).

Estudios realizados en el 2004 por el Departamento de Física de la Universidad Europea de Madrid, indicaba que existía un consenso científico de que en las últimas décadas, las variaciones climáticas son de origen antrópico. Su objetivo era por tanto, comprobar si estos cambios quedaban reflejados en la percepción del público, así como su grado de ajuste con la realidad. En este caso se seleccionó una muestra de personas con edad superior a 65 años a los que se les planteó un cuestionario con preguntas cerradas, directamente relacionadas con

algunos indicadores meteorológicos, físicos y biológicos contemplados en el informe del (IPCC, 2001); como también preguntas demográficas, para conocer el perfil del encuestado. El análisis concluyó que la mayoría de las personas considera que el clima ha cambiado y que su percepción sobre cómo se ha modificado coincide en gran medida con las evidencias científicas (aumentos de temperatura, disminución de precipitaciones, disminución de la capa de nieve en las montañas, entre otros). Se señala que esto tiene mucha relación con la información que los medios de comunicación brindan (Águeda, Rodríguez, y Portela, 2004).

En el estudio realizado, sobre la forma como el cambio climático a escala regional requerirá de estudios con modelos y observaciones, ya que las manifestaciones del problema involucran procesos de gran escala y de escala regional e incluso local. Para poder definir los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación se requerirá del trabajo interdisciplinario. Al tratar de analizar los cambios del clima a escala regional, los procesos de deforestación y cambio en el uso de suelos en general requerirán de un análisis especial. Es probable que muchas de las manifestaciones del cambio climático en países como el Perú se asocien a la tala inmoderada de nuestros bosques o el abuso de nuestro medio ambiente. En este sentido, nuestra responsabilidad es tan grande como la de aquellos responsables del aumento de los gases de efecto invernadero (Webster, 1994).

2.2. Marco Referencial.

2.2.1. Investigaciones sobre Cambio Climático en América Latina enfocadas en el Perú

“El Cambio Climático en América Latina y el Caribe: estado actual y oportunidades” (PNUMA, 2003) y en las páginas web de las diferentes organizaciones. Entre los diversos estudios presentados por estas instituciones, es necesario resaltar el documento “El Cambio Climático no tiene fronteras. Impacto del Cambio Climático en la Comunidad Andina” presentado por la Secretaria de la (CAN, 2008), (Amat y León, 2008). La publicación señala que El Cambio Climático viene evidenciándose en la subregión andina por más de tres décadas con un incremento de la temperatura en la región de 0.34°C, que ha intensificado la tendencia del derretimiento de glaciares en Bolivia, Perú, Colombia y Ecuador, donde su futura desaparición compromete la disponibilidad de agua y la generación de energía. Además se indica que los eventos climáticos extremos se han duplicado en el último quinquenio para todos los países de la CAN y paralelamente ha aumentado la vulnerabilidad de sus poblaciones. Un elemento muy importante en esta publicación es el cálculo del daño económico al 2025 en los países de la CAN, estimado en una pérdida de US\$ 30,000 millones anuales equivalentes al 4.5% del PIB. En Colombia y Perú se concentraría la mayor parte del daño potencial.

Por otro lado, de acuerdo a las proyecciones de la estructura de la población andina y la tasa de crecimiento para el 2025, la población entre 15 y 30 años de

edad en estos países habrá alcanzado el mayor tamaño de toda su historia, teniendo el mayor potencial para contribuir en la producción y la generación de riqueza y bienestar de esta sociedad. En el documento se recomienda a los países invertir ahora y en los próximos años en esta población para que desarrolle su potencial. En este documento se delinean políticas estratégicas frente al Cambio Climático como; la gestión del agua y del territorio, el desarrollo de energías limpias, la conservación de la biodiversidad y la seguridad alimentaria. El informe anual 2009 del Banco Mundial, “Desarrollo con menos carbono: Respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático”, es otro documento relevante pues se afirma que en los países andinos, los nevados han perdido gran parte de su masa y están condenados a desaparecer en los próximos 20 años si no se detiene la tendencia (Aceituno, 1992)

Colombia y Perú son los más vulnerables a los efectos del cambio climático, por lo que es imprescindible que se busquen las medidas para que los países mencionados crezcan sin emitir CO₂. En el caso de Perú se señala que en los últimos 37 años se han reducido los glaciares en un 22%, lo que implica la reducción del 12% del suministro de agua fresca para la costa donde vive más del 50% de la población del país, (Pablo y Fajnzylber, 2009) uno de los investigadores del informe, indicó que “Perú ya está padeciendo algunas de las consecuencias atribuidas al cambio climático, y por eso es importante mantener y profundizar todas las medidas de mitigación y adaptación posibles, como parte de una política de estado que sea amigable con el medio ambiente” (De la Torre, Fajnzylber, Nash, 2009). El informe de (CEPAL, 2010) “La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2010” señala que a pesar de ser

la segunda región del mundo que menos emite GEI, América Latina y el Caribe podrían sufrir consecuencias significativas del impacto del cambio climático sobre la población, los ecosistemas y las actividades económicas. Se indica además que “el ascenso de la temperatura y los cambios en las precipitaciones, asociados al cambio climático, afectan la productividad y los procesos de degradación de las tierras al aumentar, por ejemplo, la acidez, el número de meses secos (relación entre precipitaciones y evapotranspiración), la concentración de las precipitaciones y, por lo tanto, su intensidad.

Entre las áreas más afectadas, se destacan las zonas de frontera agrícola en sistemas ecológicos de alta fragilidad como en las vertientes amazónicas de Colombia, Ecuador y Perú, donde los procesos antrópicos como la deforestación, la agricultura, la ganadería y la minería aurífera informal provocan severos procesos de degradación. Además se señala que si el nivel del mar sube más de un metro, el segundo país más afectado sería el Perú. Estos estudios nos indican que en la Región Latino América y el Caribe, el Perú es y será uno de los más vulnerables frente al Cambio Climático, lo que indica que es necesaria la implementación de políticas, programas y planes para contrarrestar sus efectos. Instituciones como el BID tienen áreas de acciones para la adaptación, mitigación, fortalecimiento de las instituciones públicas y privadas, así como la implementación de proyectos de acceso al mercado del carbono. Otro organismo importante en materia de adaptación es CARE, que trabaja sobre todo en la parte humana con poblaciones vulnerables al Cambio Climático, en especial las más pobres y excluidas. Estas instituciones como el ITDG, IRD, WWF, entre otras, tienen como tema estratégico la adaptación y mitigación en Latinoamérica,

desarrollando proyectos en el Perú (Amador y Alfaro, 2009).

2.2.2. Investigaciones sobre Cambio Climático realizadas en el Perú.

Un análisis más detallado del marco institucional y normativo del Perú (MINAM, 2010). El Perú forma parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), ratificándose 1993 sus principios. Ese año, se creó la Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC) presidida por el (CONAM) (ahora MINAM), tiene como funciones: coordinar la implementación de la (CMNUCC) y el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono; realizar el seguimiento de los diversos sectores públicos y privados en la aplicación de la (CMNUCC); así como el diseño y seguimiento de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC). La (CNCC) está conformado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP), el Instituto Geofísico del Perú (IGP), el Ministerio de Relaciones Exteriores, el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM), el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), el Ministerio de Agricultura (MINAG), el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), Ministerio de la Producción (PRODUCE), así como por representantes de (ONGS), Universidades, Asamblea Nacional de Gobiernos Regionales, del Consejo Nacional de Decanos de los Colegios Profesionales del Perú y Confederación Nacional de Instituciones Empresariales Privadas (CONFIEP). (MINAM, 2010a). Mediante D.S. N° 009-2010-MINAM, se incluyó a representantes

de otras instituciones como la Mesa de Concertación para la Lucha contra la Pobreza, Organizaciones Indígenas, Organizaciones de trabajadores, etc. (Diario El Peruano, 2010).

(Cline, 2007), realizó estudios de Investigación Científica, sobre los impactos del cambio climático en las cosechas, el estimó que estos impactos serían negativos, más aun, sostiene que en países en desarrollo las pérdidas serán mayores, y hasta el 50% de pérdida en los países Más pobres. También reconocen que los daños serán mayores en los países más cercanos al Ecuador, donde las temperaturas ya se acercan a los niveles de tolerancia de los cultivos y este sería el caso del Perú.

La (CNCC). Tiene la responsabilidad de emitir un inventario de emisiones de (GEI), una reseña sobre el derecho ambiental en el Perú, una descripción de las políticas, programas y medidas relacionadas al cambio climático, medidas de vulnerabilidad y adaptación, y la identificación de necesidades y limitaciones financieras y tecnológicas de las poblaciones vulnerables. En el 2003 se elaboró la (ENCC), con el objetivo de que el Perú conozca su vulnerabilidad al Cambio Climático. Esto significa incorporar en sus políticas y planes de desarrollo las medidas de adaptación a los efectos adversos del mismo, y que el país maneje responsablemente sus recursos y sus emisiones de gases de efecto invernadero sin comprometer el desarrollo sostenible. La primera implementación de la (ENCC) se dio a través del Programa de Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales para manejar los impactos del Cambio Climático en el Perú (MINAM, 2003-2009).

El Perú es miembro del Proyecto Regional Andino de Adaptación al Cambio (PRAA). Este proyecto busca apoyar los esfuerzos regionales en Ecuador, Perú y Bolivia para definir medidas de adaptación y alternativas de políticas de desarrollo rural y enfrentar los impactos del cambio climático en los glaciares de los Andes tropicales e implementar actividades de adaptación piloto. El Perú comenzó el Proyecto Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales, con énfasis en los efectos sobre el retroceso de los glaciares para las cuencas de los Ríos Urubamba y Mantaro (proyecciones al 2100). Existe el Programa de Adaptación al Cambio Climático (PACC), que busca responder los impactos futuros del cambio climático, implementando medidas de adaptación en los procesos de planificación regional y nacional (MINAM, 2010). En el marco del Proyecto se buscó el fortalecimiento de capacidades nacionales en el adecuado manejo de los recursos humanos, institucionales y financieros para enfrentar al cambio climático en áreas geográficas y ciudades priorizadas del país. Entre los estudios más relevantes, se encuentra el “Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero”, donde se señala que el cambio de uso de suelo por silvicultura es el mayor productor de (GEI), seguido por el sector Energía y en tercer lugar la ganadería.

2.2.3. El impacto del Calentamiento Global sobre la agricultura.

Los científicos alrededor del mundo, están de acuerdo en que los cambios climáticos que se están experimentando mundialmente, son reales y son el resultado de la actividad humana. El cambio climático es una amenaza para la humanidad en todo el mundo. Los indicios actuales de cambio climático mundial,

son el resultado de un aumento promedio en la temperatura mundial de 0.7 °C desde 1900 (Stern, 2006). Debido a este calentamiento, los glaciares y los casquetes de hielo polar están empezando a derretirse, aumentando el nivel del mar. Los aumentos de las temperaturas provocan cambios significativos en los patrones climáticos. Estos cambios pueden aumentar la frecuencia de sequías, inundaciones y tormentas en distintas partes del mundo.

Sin embargo, los científicos son capaces de predecir los efectos del cambio climático futuro. Las perspectivas no son esperanzadoras. Para el 2100, la tierra podría estar entre 1.4°C y 5.8°C más caliente que en 1990. Esto dependerá de si los países toman o no acciones urgentes para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente en los países más ricos, que son los que producen más emisiones contaminantes al medio ambiente (Novoa, 1998).

2.2.4. Impacto de la agricultura y la ganadería en el cambio climático.

Se cree que el sector agropecuario es uno de los principales emisores de gases, al igual que los efectos del uso de tierras, pueden producir el cambio climático. Además de ser un importante usuario de tierras y consumidor de combustibles fósiles, la agricultura y ganadería contribuyen directamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, por medio de técnicas en el cultivo, como la producción de arroz y la cría de ganado, son las tres causas principales del incremento de los gases de efecto invernadero desde hace 250 años. De acuerdo con el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (Ahrens, 2003).

Estudios de (GRAIN), han encontrado que el sistema agroalimentario global

actual es responsable de la mitad de todas las emisiones de gases con efecto invernadero, producidos por humanos: con un mínimo de 44 % y un máximo de 57 %. Esta cifra involucra la contribución de las emisiones agrícolas, las emisiones producidas en los campos de cultivo, entre el 11 y el 15 %; un 15-18 % producidos por el cambio en el uso del suelo y la deforestación ocasionada por la agricultura; un 15 y 20 % de emisiones proveniente del procesamiento y el empaclado, un 3.5 y 4.5 % proveniente de los desechos (Fuentes, 2000).

2.2.5. Efectos del fenómeno El Niño en la agricultura.

El fenómeno El Niño afectará intensamente los patrones de los monzones en el futuro, puesto que el cambio climático calienta el océano. Los cultivos de la línea ecuatorial o bajo la circulación Walker, como el arroz, serán afectados por patrones variables de los monzones y por un clima impredecible. Los métodos de cultivo basados en patrones del clima serán menos efectivos. En un futuro, regiones como Indonesia donde el cultivo principal es el arroz será más vulnerable al incremento de la intensidad del fenómeno de El Niño. El profesor de la Universidad de Washington, David Battisi, investigó los efectos de los futuros fenómenos de El Niño en la agricultura de Indonesia, usando el informe anual del (IPCC, 2007) y veinte modelos logísticos diferentes que estudian factores climáticos como la presión atmosférica, nivel del mar y humedad, encontró que la cosecha de arroz experimentará un decrecimiento en sus cultivos. Bali y Java, que poseen el 55% de los cultivos de arroz en Indonesia, probablemente experimentarán 9-10% de menos monzones, los cuales prolongan las temporadas de hambre. La cosecha normal de arroz empieza en octubre y la recolección en

enero. Sin embargo, como el cambio climático afecta al fenómeno del Niño, produce un retraso en la plantación de cultivos, así que la recolección será mucho más tarde y en condiciones más secas, produciendo cultivos con menor rendimiento (Young, 2006).



FIGURA 1: Perú – Comportamiento de los factores modificadores del clima durante el evento el niño 1997-98. Senamhi

2.2.6. El cultivo de la papa y el calentamiento global.

Los científicos lo acaban de advertir: el calentamiento global amenaza a la biodiversidad de la papa, y por su causa podrían desaparecer muchas de las cinco mil variedades existentes. Fue enunciado durante una reunión de trabajo organizada el año 2013 por el Centro Internacional de la Papa (CIP) en el Cusco, Perú. La elevación de la temperatura podría además provocar la aparición de nuevas plagas y una eventual destrucción del hábitat natural del tubérculo. Este cultivo milenario forma parte importante del sistema alimentario mundial. La papa

es el primer producto no cerealero y a diferencia de los principales cereales, sólo una fracción del total de su producción ingresa al comercio internacional y sus precios generalmente se establecen por los costos locales de producción y no por las fluctuaciones del mercado mundial. Es por lo tanto un cultivo recomendado para la seguridad alimentaria, ya que puede ayudar a los productores de bajos recursos y a los consumidores vulnerables, a sobrellevar el momento de inestabilidad que experimenta hoy el abastecimiento y la demanda mundial de alimentos. La papa es además una importante fuente de ingresos para los pequeños agricultores en todo el mundo (Vásquez, 2007).

En los Andes, por ejemplo, es el único cultivo que produce ganancias. En las tierras bajas de Bangladesh y la India, la papa es cultivada principalmente para sacarle provecho durante el invierno. Es un cultivo muy popular entre los productores de montaña de Vietnam, quienes siembran los tubérculos en rotación con el arroz y maíz. Las utilidades de la papa son iguales a las del arroz y el doble por la venta del maíz. Últimamente, los productores de papa deben enfrentarse no sólo a plagas y enfermedades sino también a problemas abióticos. Son frecuentes los reportes de productores e investigadores sobre condiciones de estrés por falta de agua, cambios en la distribución e intensidad de las precipitaciones, e incrementos en la frecuencia de heladas y caída de nieve en zonas de montaña. El aumento de estas situaciones climáticas extremas es generalmente relacionado al calentamiento global o cambio climático. El efecto invernadero atrapan la energía del sol que llega a la tierra y vuelve a salir. Gracias a estos gases la tierra tiene una temperatura que hace posible la vida en el planeta (MINAM, 2010).

El calentamiento global es el mismo efecto invernadero pero intensificado, debido a la concentración de ciertos gases con efecto invernadero. Aproximadamente el 15% del total de las emisiones mundiales de gases invernadero, es causado por la agricultura. Las emisiones de gas carbónico (CO_2) se deben principalmente al uso de combustibles fósiles durante la mayoría de actividades agrícolas. La agricultura produce además la mitad de las emisiones mundiales de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), gases de invernadero, muchas veces más potentes que el mismo gas carbono. Las principales fuentes de metano (CH_4) son las explotaciones de ganado vacuno, los cultivos irrigados de arroz y el almacenamiento de abonos. El óxido nitroso (N_2O) se libera del suelo como consecuencia de la aplicación inadecuada de fertilizantes no naturales. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), cuyas proyecciones fueron publicadas el año pasado, predice para el año 2100 una elevación de la temperatura global entre 1.8 - 4°C debido al incremento de gases invernadero. Las anteriores proyecciones se basan en estudios de simulación y por lo tanto son algo inciertas. Sin embargo, lo que sí es seguro que el calentamiento global va a afectar a los diferentes sistemas de producción en un grado que variará de acuerdo a la región (León; 1990).

2.2.7. Las plagas y enfermedades que la atacan a la papa.

Las plagas y enfermedades se incrementarían en algunas regiones productoras de papa, como consecuencia del calentamiento global. El tizón tardío, enfermedad producida por el hongo *Phytophthora infestans*, podría extenderse a zonas hoy libres de esta patología. El aumento en la cantidad y frecuencia de las

lluvias crearía también las condiciones favorables para el incremento de ávidos, vectores de enfermedades virales que permanentemente están amenazando a la producción de semillas. El calentamiento global aumentaría la presión sobre las especies silvestres de papa. Se cree que un 16-22% de ellas estaría amenazado de extinción para el año 2055. Esta es una situación muy grave si se tiene en cuenta que las especies silvestres son una importante fuente de genes para el mejoramiento de las variedades existentes (Poter, Parry, Carter; 1991).

2.2.8. Relación hombre - clima, la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación

Existe y ha existido una relación estrecha entre la variabilidad micro climática de las zonas alto andinas y sus pobladores, puesto que gran parte de las adaptaciones, por el ser humano en estas zonas, son producto de cambios acontecidos en su entorno. La resultante del conjunto de intenciones, soluciones, valores, actitudes y respuestas, es decir, la íntima relación entre hombre y ambiente es lo que se denomina tecnología andina. La variabilidad climática es natural en la zona andina, con una presencia de 10 mil años, relacionada a eventos meteorológicos periódicos como las granizadas, heladas y sequías. Por tanto, los cambios micro climáticos influenciados por el Cambio Climático en las zonas alto andinas del Perú, pueden ser enfrentados mediante las estrategias de adaptación de los individuos (Ravines 1978).

Por otro lado, existe diferentes tipos de adaptación, los principales son: 1) *Adaptación anticipadora*; que tiene lugar antes de que se observen efectos del

cambio climático. Se denomina también adaptación proactiva. 2) *Adaptación autónoma*; que no constituye una respuesta consiente a estímulos climáticos, sino que es desencadenada por cambios ecológicos de los sistemas naturales o por alteraciones del mercado o del bienestar de los sistemas humanos. Se denomina también adaptación espontánea. 3) *Adaptación planificada*; resultante de una decisión expresa en un marco de políticas, basada en el reconocimiento de las condiciones que han cambiado o están próximas a cambiar y de que es necesario adoptar medidas para retornar un estado deseado, para mantenerlo o para alcanzarlo (IPCC, 2007).

2.3. Marco conceptual.

A pesar de que constantemente utilizamos los términos “tiempo”, “clima” y “Cambio Climático” para referirnos a cambios en nuestro medio, muchas veces estos términos no son adecuadamente empleados y generan confusión. El clima es un sistema complejo, por lo que su comportamiento es muy difícil de predecir. A pesar de los conocimientos actuales y el avance de la ciencia en el tema, no es posible predecir con exactitud cómo será el clima de las próximas décadas.

Es necesario tener en cuenta las escalas de tiempo y dimensión en las que se trata al clima. Puesto que en la mayoría de trabajos referidos a los “cambios climáticos”, se toman en cuenta la percepción y las adaptaciones, las escalas entre percepción y adaptaciones se denomina propiamente como “Cambio Climático” (Ahrens, 2003).

2.3.1. Clima

Es el tiempo atmosférico que explica las condiciones de la atmosfera en un lugar determinado, para un periodo de tiempo relativamente corto, que puede ser minutos, días o semanas, este estado de la atmosfera se evalúa en términos de, temperatura, humedad, precipitación, nubosidad, visibilidad y viento (Amador y Alfaro, 2009). El clima en su definición simple se entiende como el “patrón medio del tiempo a largo plazo” (Smith y Smith, 2001).

Algunos autores definen al clima como el conjunto medio o promedio fluctuante de las condiciones atmosféricas (temperatura, humedad, viento, entre otros) caracterizado por los estados y evolución del tiempo en un lugar o región determinada, durante un periodo de tiempo relativamente largo (meses, años, siglos), agregan que el clima “también incluye los extremos del tiempo, las olas de calor del verano y las olas de frío del invierno que ocurren en una región en particular” (Montealegre, 2004; Paz, *et al.*, 2008).

El clima depende del balance radiactivo, equilibrio entre absorción y emisión que a su vez está controlado por factores forzantes y determinantes, así como por la interacción entre los subsistemas o componentes del sistema climático. “Los factores forzantes por excelencia son la energía electromagnética proveniente del Sol, que es la fuente de energía que acciona los procesos atmosféricos, y el efecto invernadero propiciado por la presencia de gases como el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, entre otros, en la atmósfera” (Vásquez, 2007; Paz, *et al.*, 2008).

El “sistema climático” está constituido por una porción del planeta en la cual se producen las interacciones físicas que condicionan el clima de la superficie: la atmósfera, la hidrósfera, la cromósfera, la litósfera y la biósfera. Estos subsistemas son altamente interactivos dada la gran superficie de contacto entre sí y sus dimensiones, especialmente la horizontal (Vásquez, 2007)

Dada la localización latitudinal del Perú (dentro de la zona intertropical, entre la línea ecuatorial y los 18° latitud sur), este debería tener un clima cálido, húmedo y lluvioso, donde la costa, sierra y selva estuvieran cubiertas por abundante vegetación (Peñaherrera, 1969 y Alva, 2005). El Perú presenta una gran variedad de climas, de acuerdo a diversos estudiosos como: (Hipólito Unanue, Antonio Raimondi, Isaías Bowman, Weberbauer, Nicholson, Pulgar Vidal, Carlos Peña herrera del Águila, INRENA, entre otros). El país posee 28 de los 34 climas del mundo y 84 de las 114 zonas de vida reconocidas a nivel mundial (Alva, 2005).

En el Perú, los factores determinantes del clima son: la Cordillera de los Andes, la Corriente Oceánica Peruana, el Anticiclón del Pacífico Sur, la Contracorriente Oceánica Ecuatorial o Corriente de El Niño, el Anticiclón del Atlántico Sur y el Ciclón Ecuatorial (Peñaherrera, 1986, Mendiola, 2003 y Alva 2005). De todos ellos, la Cordillera de los Andes es el mayor determinante, pues al atravesar el Perú en toda su longitud: 1) Forma una barrera natural, impidiendo el ingreso de las nubes cúmulo nimbos procedentes del sector oriental, que al no llegar a ingresar, precipitan en el flanco oriental andino; 2) su desplazamiento altitudinal modifica las condiciones de temperatura, humedad, precipitación, insolación, evaporación y nubosidad, generando microclimas de manera transversal y

longitudinal. Esta diversidad de climas a diversas escalas, complica el estudio del impacto del Cambio Climático en nuestro territorio (Torres y Gómez, 2008).

2.3.2. Variabilidad climática

El clima presenta fluctuaciones durante periodos o escalas relativamente cortas. Estas fluctuaciones son referidas como *variabilidad climática*, la cual se analiza con el registro de datos de una variable meteorológica por encima o por debajo de las normales climatológicas (Montealegre, 2004 y Vásquez, 2007). La Normal Climatológica o valor *normal*, se utiliza para definir y comparar el clima, la (OMM), considera tomar un promedio de 30 años a más. A este promedio, se llama "climatología", se calcula la anomalía que es la desviación de alguna variable con respecto a su promedio histórico o multianual. En general, las condiciones van a ser normales si es que las anomalías van a estar dentro del intervalo de una desviación estándar. La desviación estándar indica qué tanta variabilidad existe en el parámetro analizado (Montealegre, 2004, Silva, 2007, Vásquez, 2007 y Paz *et al.*, 2008).

A nivel local, el estudio de la variabilidad climática permite analizar los impactos de la variación del clima o del Cambio Climático, pues se sitúa en una escala temporal y espacial adecuada. La variabilidad climática no presenta un problema en sí misma, pero sumada al Cambio Climático en algunos casos y sobre todo en poblaciones pobres aumenta la vulnerabilidad de éstas (Torres y Gómez, 2008).

La *variabilidad diurna* es una variabilidad temporal de muy corta duración. Se define como el "cambio de una variable meteorológica entre el día y la noche,

producido por las diferencias de calentamiento y enfriamiento. Este tipo de variabilidad origina las brisas tierra-mar y de valle-montaña, así como las heladas. Por otro lado, existe la *variabilidad intraestacional* que tiene escalas de tiempo menor a la de las estaciones, dado que su amplitud es pequeña en comparación con las del ciclo anual. (Vásquez, 2009).

En una escala temporal mayor, se encuentra la *variabilidad estacional anual* que es la fluctuación del clima a nivel mensual. “La determinación del ciclo anual de los elementos climáticos es una fase fundamental dentro de la variabilidad climática a este nivel. En latitudes medias está asociada con la secuencia de las estaciones de invierno, primavera, verano y otoño; mientras que en las latitudes tropicales está relacionada con la alternancia de temporadas lluviosas y temporadas secas (Montealegre, 2004 y Vásquez, 2009).

Por otro lado, la *variabilidad interanual* es “la variabilidad climática en escalas de tiempo de años. Así por ejemplo, en algunos años se tiene temporadas seca, cálidos, o fríos esta escala de variabilidad se encuentra por ejemplo El Niño/La Niña” (Silva, 2007). En sí, la variabilidad interanual son las diferencias o variaciones climatológicas del clima entre un año y otro (Paz, *et al.*, 2008).

El Niño es característico de la variabilidad interanual en el Perú (Macharé, 1993 y Ochaita, 1983). El Niño históricamente ha sido asociado como un impacto local de un fenómeno más complejo conocido como ENSO (El Niño Southern Oscillation). Estudios recientes indican que El Niño es la componente oceanográfica del ENSO, cuyos procesos de interacción océano atmosférico tienen como escenario

el océano Pacífico tropical, pero con impactos notorios a nivel global y su presentación es tan irregular como sus consecuencias (Macharé y Ortlieb, 1993).

El Niño en el Perú está asociado con fuertes precipitaciones en la costa norte durante el calentamiento anómalo estacional de las aguas superficiales del mar en el extremo oriental del océano Pacífico y contiguo a la costa norte del Perú. El término "Fenómeno El Niño" [actualmente denominado Evento] recién empezó a utilizarse en la década de 1960, por los investigadores de Perú y Ecuador, cuando se tuvo disponible una mayor información de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región ecuatorial del Pacífico y a partir de ello, Bjerknes en sus estudios presentó evidencias del calentamiento del Pacífico ecuatorial que relacionó con el calentamiento de la costa peruana y los cambios a escala planetaria de la atmósfera, la "Oscilación del Sur" (Lagos *et al.*, 2004).

2.3.3. Cambio Global, Calentamiento Global y Cambio Climático

Otros términos que son relevantes de explicar para entender el desarrollo de esta investigación son los referidos a los cambios en el clima producto de las actividades humanas. A nivel global ciertos autores utilizan los términos *cambio global*, *cambio climático* y *calentamiento global* (Torres y Gómez, 2008).

El *cambio global* es definido como "la suma de procesos de transformación ambiental, social y cultural que el planeta atraviesa actualmente" (Torres y Gómez, 2008), siendo un concepto integrador al señalar que los problemas ambientales, sociales, económicos y culturales están interrelacionados. En lo referente al clima, "el cambio global abarca el conjunto de procesos de alteración de los ciclos de materia y energía conocidos como cambio climático,

calentamiento global, variabilidad climática y otros (Torres y Gómez, 2008).

Por otro lado, el *calentamiento global* es definido como un fenómeno observado que registra un aumento de la temperatura promedio de la atmósfera terrestre y de los océanos (PNUD, 2007), provocando un deshielo generalizado, el (IPCC 2007) señala que el aumento de las concentraciones de (GEI) antropogénicos. Es probable que haya experimentado un calentamiento antropogénico apreciable en los últimos 50 años la tierra.

Según el Cuarto Informe del (IPCC, 2007), el *cambio climático* es una "importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un periodo prolongado (normalmente decenios, incluso más) y puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. (Naciones Unidas, 1992). Hace una diferenciación de la variabilidad natural y el cambio climático antropogénico, cuyos forzantes por la actividad humana son las emisiones y aumento de gases de efecto invernadero, la deforestación (incendios forestales, cambios de uso de suelo) y la industrialización.

En el Perú, la (CNCC, 2002) trata el Cambio Climático partiendo del efecto invernadero. Señala que el efecto invernadero es un fenómeno natural necesario para la vida en la Tierra, sin él, la temperatura sería de -18° C y no tendríamos agua, ya que este proceso permite absorber parte de la radiación solar que es reflejada en la Tierra, permitiendo que la temperatura promedio del planeta sea aproximadamente 15° C. Esta absorción se produce por los gases de efecto invernadero (GEI), principalmente el dióxido de carbono (CO_2), metano y óxido

nitroso. Sin embargo, en los últimos 200 años, han aumentado su concentración en la atmósfera a niveles mayores, el Cambio Climático, engloba al calentamiento global, pues no sólo influye en la temperatura, sino en otras variables como la precipitación (Vara, 2008).

El (MINAM, 2010), señala que en el Perú los impactos del cambio climático generan los siguientes efectos: 1) El cambio en los patrones de lluvia. 2) La elevación del nivel del mar. 3) El derretimiento de los glaciares. 4) Las olas de calor que contribuyen a la expansión de enfermedades. 5) El aumento de las temperaturas intensifican la expansión de plagas e incendios forestales. 6) La frecuencia e intensidad de los desastres climáticos es mayor. 7) El Evento El Niño será más frecuente e intenso. 8) La sabanización del Amazonas podría producir millones de toneladas de CO₂. 9) La biodiversidad se reduce y algunas especies están en peligro de extinción.

Para los objetivos del presente trabajo se tomaron como definición del cambio climático al desarrollado por la (CCMNUCC) que permite distinguir entre un cambio climático antropogénico, generado por las actividades humanas, y la variabilidad climática natural. También se vio por conveniente analizar el clima como una longitud de tiempo que se ajusta a la escala de análisis de la percepción. Por ello, se analizó la variabilidad climática estacional e interdecadal; esta última puede verse enmarcada o potenciada por un contexto global de cambio climático.

2.3.4. Riesgo climático y eventos meteorológicos extremos.

El concepto de riesgo natural, tal y como lo define (Ortega, 1991) citado por

(Fernández, 1996) hace referencia a la eventualidad de que ocurra un daño para las personas o sus bienes en un espacio afectado por un proceso natural. La tipología de estos eventos es muy amplia y el grupo perteneciente a los procesos climáticos e hidroclimáticos, Incertidumbre y riesgos naturales, se tipificaron en el XII Congreso Nacional de Geografía (Valencia, 2004).

A nivel nacional, las principales amenazas de origen meteorológico derivadas de la variabilidad climática que afectan a los Andes y a la población rural son los eventos meteorológicos extremos como sequías, lluvias intensas, heladas y granizadas (Torres y Gómez, 2008).

Un evento meteorológico extremo es un evento “raro” de un lugar en particular y época del año. La definición de “raro” puede variar, pero un evento extremo meteorológico puede considerarse cuando se encuentra por encima o por debajo del percentil 90 o 10 de la función de probabilidad observada (IPCC, 2001). En el área de estudio los eventos extremos más significativos son las sequías y heladas.

El término climático de *sequía* hace referencia a la falta o escasez de agua o a una precipitación inferior en una región determinada. Para evaluar la incidencia de la sequía sobre la actividad agrícola es necesario conocer el agua disponible, dependiente no sólo de la precipitación, sino también de la evaporación (Fernández, 1996). En este sentido se considera sequía a las condiciones de un balance entre la precipitación y evapotranspiración (evaporación + transpiración) en una zona en particular, referente a una condición percibida como “normal”. En

este caso también se refiere al tiempo de ocurrencia, por ejemplo si la estación lluviosa se retrasa o cambia la intensidad de las lluvias o la cantidad de días lluviosos. También se tiene en cuenta el déficit de agua en el suelo, reducción del agua del subsuelo o niveles de reservorio. Las sequías pueden ser más severas si se presentan condiciones como altas temperaturas, fuertes vientos y relativamente poca humedad, a este tipo de sequía se le denomina *sequía agrícola* (Silva, 2007).

Las *heladas* se presentan cuando la temperatura del aire existente en las cercanías del suelo alcanza un valor por debajo de 0° C (Alva, 2005 y Fuentes, 2000). “Generalmente la helada se presenta en la madrugada o cuando está saliendo el Sol” (Huamaní, 2005). Suceden en invierno cuando hay días con fuerte insolación y noches en calma con cielo despejado, que permiten que la tierra pierda más calor por irradiación, estas heladas son conocidas como “heladas radiactivas” (Silva, 2007 y Pulgar, 1987), en algunos lugares con riego, se realizan labores de siembra y cultivo, aprovechando que la helada no afecta de manera continua sino a trechos y más en las llanuras que en las tierras inclinadas (Pulga, 1987 y Alva, 2005). También pueden darse heladas con cielo cubierto, esto puede darse incluso en temporada de lluvias, estas heladas son conocidas como “heladas advectivas” (Silva, 2007).

Por tanto se tiene: a) helada meteorológica, se refiere a la ocurrencia de una temperatura mínima diaria que no supere los 0° C en abrigo meteorológico medido a 1.5m del suelo; y b) helada agronómica, definida como el descenso de temperatura del aire a niveles críticos, sin llegar necesariamente a 0° C (Huamaní,

2005). Existen a su vez, tres tipos de clasificación de heladas: 1) Por su origen climatológico pueden ser: heladas de advección, heladas de radiación y heladas por evaporación 2) Por su época de ocurrencia pueden ser helada primaveral, helada otoñal o helada invernal. 3) Por su aspecto visual pueden ser heladas blancas o negras. Algunas de estas categorías se relacionan entre sí (Huamaní, 2005).

Las heladas que generalmente se producen en la zona de estudio son las de radiación. Estas se originan cuando hay enfriamiento intenso de la superficie terrestre durante las noches con cielo despejado y sin viento, alcanzando temperaturas negativas en la superficie y el aire que se asienta sobre ella. En este caso el vapor de agua contenido en el aire forma escarcha sobre la superficie. Cuando estas heladas se producen en primavera pueden causar graves daños a los cultivos. (Huamaní, 2005 y Fuentes, 2000). En cuanto a la severidad de las heladas, según los estudios realizados para el Atlas de Heladas del Perú, en la zona de estudio estas son: heladas suaves ($0.0^{\circ} \text{ C} < T \leq 3.0^{\circ} \text{ C}$) y heladas agronómicas ($3.0^{\circ} \text{ C} < T \leq 6.0^{\circ} \text{ C}$) (Huamaní, 2005).

2.3.5. Percepción ambiental.

En el tratamiento de la percepción, diversas disciplinas ajenas a la geografía (antropología, psicología, sociología, entre otros) han formulado conceptos y teorías sobre ella. Un antecedente clave del estudio de la percepción ambiental es la obra del arquitecto Kevin Lynch, ("The image of the city" 1960), donde elaboró un sistema de análisis de la conciencia perceptiva que los habitantes tenían de su

ciudad, utilizando los mapas mentales. Este método le permitió determinar los elementos del paisaje urbano (bordes o líneas de separación, nodos, ciertos hitos, barrios, entre otros). Crea además, el concepto de legibilidad, que se entiende como una cualidad visual específica de un espacio [ciudad]. El geógrafo Lowenthal con su artículo "Geography, experience, and imagination: towards a geographical epistemology" (1961), enriquece el planteamiento de Lynch al señalar la existencia de factores en los valores y experiencias humanas que generan la imagen de un determinado espacio. El conocimiento del espacio se da mediante tres estados: el periodo sensorio-motor, el periodo de las operaciones concretas y el periodo de las operaciones formales. Esta última etapa es constante en la vida del sujeto, por lo que unos individuos tienen nociones espaciales más desarrolladas que otros (Ochaita, 1983).

La importancia que, a nuestro juicio, debe ser concedida al individuo respecto a su entorno, radica en que su experiencia vital se convierte en su realidad, pese a toda la carga de subjetividad que esto conlleva y a la interrelación de variables que han contribuido a ello. Por esa razón, hay que considerar que en la aplicación de estrategias de desarrollo, su realidad es la que va a determinar sus auténticas necesidades. Al aplicar el método geográfico de la percepción es necesario en primer lugar, seleccionar el fenómeno de análisis, en este caso la aplicación de una metodología de desarrollo para un espacio rural concreto, construyendo hipótesis explicativas del mismo. En segundo lugar, se utiliza la observación de manera sistemática para recopilar la máxima información posible y seleccionar la más adecuada para constatar si las hipótesis enunciadas se cumplen (Miller, 1992).

2.3.6. El efecto invernadero

Se debe al aumento en la concentración atmosférica de contaminantes, no permitiendo la disipación de la energía infrarroja y actuando como “trampa”, aumentando la temperatura atmosférica paulatinamente. Su importancia radica en provocar cambios drásticos en todos los ecosistemas del planeta. El efecto invernadero es, en realidad, un fenómeno natural, causado por la presencia de gases en la atmosfera, principalmente vapor de agua y gas carbónico, estos gases retienen parte de la energía calórica recibida del sol, manteniendo la temperatura dentro de los límites permitidos para el desarrollo de la vida.

Los gases del efecto invernadero permiten el paso de las radiaciones solares de onda corta, calentando la superficie de la tierra. A la vez absorben parte del calor que emana de la superficie en forma de radiaciones infrarrojas, de mayor longitud de onda que la luz solar. Se mantiene así una temperatura promedio en la superficie del planeta de aproximadamente 15 grados centígrados. El efecto invernadero no es, por si mismo una amenaza a la vida en la tierra, pero la actividad humana tiende a aumentar la concentración del gas carbónico (CO₂) y otros gases en la atmosfera teniendo como consecuencia, una mayor cantidad de energía calórica solar atrapada en la atmosfera, elevando la temperatura promedio del planeta (Bjerknes, 2004).

“Los Gases de Efecto Invernadero” de acuerdo al Protocolo de Kioto de 1997 son: Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆).

2.3.7. Gases de efecto invernadero.

- i) **Dióxido de carbono (CO₂).**- Procedentes de la utilización de combustibles fósiles, se cree que es el responsable del 60% del efecto invernadero. La concentración de dióxido de carbono en la atmósfera ha ido aumentando alrededor de un 0,3% cada año y actualmente es alrededor de un 30% mayor que antes de la revolución industrial. Una característica de este gas es su permanencia en la atmósfera alrededor de 100 años, mientras que la de vapor de agua es de sólo ocho días (Barrera, 1987).
- ii) **Metano (CH₄).**- Componente del gas natural, es el responsable del 15% del efecto invernadero; en los tiempos modernos es 2,5 veces más frecuente que el del siglo XVIII. Se produce por las bacterias de los arrozales, la basura en descomposición, el ganado y la producción de combustibles fósiles. La vida del metano en la atmósfera es de 10 años (Barrera, 1987).
- iii) **Óxido Nitroso (N₂O).**- El Óxido Nitroso (N₂O) es producido por la agricultura y la industria, y es responsable del 5% del efecto invernadero. La vida del óxido nitroso en la atmósfera es de 150 años (Barrera, 1987).
- iv) **Otros gases.**- el ozono y gases fluorados, entre ellos los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), contribuyen al efecto invernadero con el 20% restante. La intensificación del efecto invernadero por el incremento de las concentraciones de los gases que lo producen, provoca un calentamiento adicional de la atmósfera baja y de los océanos y funde el hielo de los glaciares y los casquetes

polares. Las emisiones de gases de efecto invernadero producto de las actividades humanas se han incrementado intensamente desde la revolución industrial; como resultado de estas anomalías, la concentración de gases en la atmósfera ha logrado niveles nunca vistos, lo que viene provocando alteraciones en el clima, desconocidas hasta la fecha. El siglo XX se ha caracterizado por el mayor incremento poblacional y en el uso de sustancias nuevas tales como los agroquímicos, fertilizantes sintéticos (urea, nitratos, cloruros, sulfatos, fosfatos, etc.), pesticidas sintéticos (siendo el más famoso y altamente peligroso el DDT), herbicidas, reguladores de crecimiento, y la mayor cantidad de fármacos sintéticos. Los efectos adversos del cambio climático están íntimamente relacionados con las emisiones de dióxido de carbono, siendo los países ricos los que contribuyen en mayor proporción a tal propósito (Vásquez, 2007).

Analizando las emisiones de (C_2O) per cápita se puede ver que un habitante de los Estados Unidos de Norteamérica emitió 20,1 toneladas, mientras que en el Perú un habitante sólo emitió 1 tonelada. Evaluando el aporte de las emisiones del total mundial, el Perú llega a 0,1% mientras que los EE.UU alcanzan el 24,4%, esto es más de 200 veces que el Perú. Del punto de vista socioeconómico y político, las decisiones para cambiar significativamente la evolución del clima en el futuro dependen de las decisiones de los países ricos, que son los principales emisores de gases de efecto invernadero, por la forma en que gestionan sus recursos; los países pobres, en cambio, son más eficientes en el uso de sus recursos,

utilizan energías renovables, y gestionan adecuadamente sus prácticas agrarias y ganaderas (Barrera, 1987).

2.3.8. Efectos adversos del calentamiento global.

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de (1992), por "efectos adversos del cambio climático" se entiende los cambios en el medio ambiente físico, que tienen efectos nocivos significativos en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas naturales, o en el funcionamiento de los sistemas socio económicos, o en la salud y el bienestar humano.

La (ONU) ha dado la voz de alarma sobre algunos de los efectos concretos que causará en pocos años el cambio climático, a menos que se tomen medidas urgentes. No es posible predecir lo que pasara en los distintos lugares, pero es previsible que los desiertos se hagan más cálidos pero no más húmedos, con graves consecuencias en el Oriente Medio y en África donde el agua es escasa. Entre un tercio y la mitad de todos los glaciares del mundo y gran parte de los casquetes polares se fundirían, poniendo en peligro las ciudades y campos situados en los valles que se encuentran por debajo del glaciar. Grandes superficies costeras podrían desaparecer inundadas por las aguas, que ascenderían de 0,5 a 2 m, según diferentes estimaciones. Las tierras agrícolas se convertirían en desiertos y, en general, se producirían grandes cambios en los ecosistemas. El clima de la Tierra siempre ha mostrado variaciones apreciables y a consecuencia de las alteraciones en el balance energético, el clima está

sometido a variaciones siendo la más destacable en la historia de la Tierra, el ciclo de unos 100 mil años, de períodos glaciares, seguido de períodos interglaciares (Rasmusson y Carrpenter, 1982).

En las últimas décadas la antártica, ha perdiendo el 30% de su masa de hielo; la. La comunidad científica ha llegado a un acuerdo en torno al incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre, provocando alteraciones en el clima.. Los tratados del clima reconocen los diferentes niveles de responsabilidades y atribuyen a los países que más polucionan (países industrializados) la mayor cuota de responsabilidades para la resolución del problema, puesto que históricamente ya consumieron y emitieron más gases que los países en desarrollo, usufructuando, como consecuencia de estas emisiones, los beneficios económicos, sociales y políticos (Feldmann y Furriela, 2001).

2.3.9. Cambio climático

Es el cambio estable y durable del clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años. Pudiera ser un cambio, en las condiciones climáticas promedio o la distribución de eventos en torno a ese promedio. El cambio climático puede estar limitado a una región específica, como puede abarcar toda la superficie terrestre. El término, a veces se refiere específicamente al cambio climático causado por la actividad humana, a diferencia de aquellos causados por procesos naturales de la Tierra y el Sistema Solar. En este sentido, especialmente en el contexto de la política ambiental, el término "cambio

climático" ha llegado a ser sinónimo de "*calentamiento global antropogénico*". En las revistas científicas, calentamiento global se refiere a los aumentos de temperatura superficial, mientras que cambio climático incluye al calentamiento global y todos los otros aspectos sobre los que influye un aumento de los gases invernadero (Rasmusson y Carrpenter, 1982).

2.3.10. Calentamiento global

Se refiere al aumento gradual de las temperaturas de la atmósfera y océanos de la Tierra, además de su continuo aumento que se proyecta a futuro. Se ha observado un aumento de aproximadamente 0.8°C, en los últimos 30 años. La mayor parte de la comunidad científica asegura que hay más de un 90% de certeza que el aumento se debe al incremento de las concentraciones de gases invernadero por las actividades humanas que incluyen deforestación, quema de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. Estas conclusiones son avaladas por las academias de ciencia de la mayor parte de los países industrializados (Taylor y Aquize, 1983).

Las proyecciones a partir de modelos de clima fueron resumidos en el cuarto reporte del (IPCC, 2007). Indican que la temperatura global probablemente seguirá aumentando de 1.1 a 2.9°C, si las emisiones son bajas, y entre 2.4 a 6.4°C si hay mayores emisiones. Un aumento de la temperatura producirán cambios, como el que ya se están observando a nivel mundial, y son: a) Aumento de los niveles del mar b) Cambios en el patrón y cantidad de precipitaciones c) Expansión de los desiertos subtropicales. El aumento de la temperatura será

mayor en los polos, en especial en el Ártico. Otros efectos incluirían climas extremos, sequías, olas de calor y precipitaciones fuertes. Se esperan extinciones de especies debido a los cambios de temperatura y variaciones en el rendimiento de las cosechas. Se postula que si el aumento de la temperatura promedio global es mayor a 4°C comparado con las temperaturas preindustriales, en muchas partes del mundo los sistemas naturales no podrán adaptarse y, por lo tanto, no podrán sustentar sus poblaciones circundantes. En pocas palabras, no habrá recursos naturales para sustentar la vida humana.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Ámbito de estudio

La región del altiplano está formado, por la cuenca hidrográfica del Lago Titicaca, es una cuenca endorreica, sin salida al mar, ubicada entre Perú, Bolivia y Chile, y está delimitada geográficamente entre las coordenadas 14°03' y 20° 00' de Latitud Sur y entre 66° 21' y 71°07' de Longitud Oeste. La superficie del Sistema TDPS es de 144,590.46 Km², y abarca gran parte del departamento de Puno - Perú, su extensión es equivalente al 33.9% del sistema TDPS, asimismo abarca los departamentos de La Paz y Oruro - Bolivia con una extensión equivalente al 60.8% del TDPS y una pequeña parte que está en territorio chileno equivalente al 5.2% del área total del sistema TDPS. Por sus características físico naturales, el lago Titicaca constituye el elemento de mayor importancia del sistema hídrico,

tiene una superficie de 8400 Km² para un nivel promedio de 3810 m.s.n.m. y embalsa aproximadamente un volumen de 932 mil millones de metros cúbicos de agua.

3.2. Características físicas de la cuenca

3.2.1. Geología

Según los estudios geológicos, durante el cuaternario, la evolución del altiplano ha estado ligada fundamentalmente a los cambios de clima. La alternancia de los períodos húmedos y secos, cálidos y glaciares. Los lagos más antiguos del cuaternario ocupaban todo el altiplano, el cual ya formaba una cuenca endorreica (Pulgar, 1987).

Los posteriores lagos Ballivian, al norte y Escara al sur, estaban separados por el paso Ulloma-Callapa. Sin embargo, en la época del lago Minchín, comenzó a tributar hacia los salares de Copaisa y otras depresiones meridionales. En algunos períodos del Pleistoceno, el Lago Titicaca alcanzó niveles bastante bajos, de manera especial durante las glaciaciones (algunos autores hablan de 60 m). En el Holoceno, las investigaciones arqueológicas, muestran que el nivel del Lago alcanzó fluctuaciones cercanas a los 30 m. Hace 500 años el nivel del Lago era mayor que el actual. Durante los periodos de descenso, el clima era seco y el Desaguadero no llevaba agua fuera de la cuenca endorreica del Titicaca. La divisoria con las cuencas del sur se encontraban en la zona de Aguallamaya. Los ríos que tributan al Titicaca presentan lechos erosionados y forman canales. Evidencias de tales canales se encuentran en el fondo del lago, a profundidades

de 10 y 20 metros frente a las desembocaduras actuales (en el Lado peruano se ha encontrado una formación arcillosa lacustre con paleo cauces colmatados a 30 m de profundidad con respecto al nivel actual, debajo de un relleno de limos, arenas y gravas). Evidentemente, durante los periodos de bajos niveles, el río Desaguadero vertía al mismo lago, al igual que los flujos de todas las napas localizadas aguas arriba de Aguallamaya. Al sur de esta divisoria, los flujos se dirigían hacia el Desaguadero y los lagos del sur (Pulgar, 1987).

3.2.2. Topografía

Es una típica cuenca de montaña, donde el altiplano es reducida y gran parte cubierta por las aguas del Lago, rodeadas por las cordilleras oriental y occidental. Las vertientes oriental y nor-oriental son muy irregulares, con pendientes moderadas a altas y están constituidas por montañas y colinas de rocas sedimentarias en gran parte disectadas y con importantes acumulaciones de material detrítico, especialmente fluvio-glaciar; la red hidrográfica es bien organizada y densa. La vertiente occidental perteneciente a la cordillera occidental, está constituida principalmente por macizos montañosos volcánicos de laderas redondeadas y amplias, intercaladas con algunos relieves sedimentarios (Pulgar, 1987).

3.2.3. Suelos

Según el (TDPS, 2007) en la región es posible encontrar siete de las ocho clases de suelos que establece el United States (USCS), en función de la pendiente del terreno y otros factores limitantes al uso, de manera especial los riesgos de

erosión, las condiciones físico-químicas principales de los suelos y las condiciones de drenaje y humedad. Estas clases a su vez se pueden agrupar en 4 divisiones: tierras arables (Clases II, III, IV), tierras no arables (Clases V, VI), tierras marginales (Clase VII) y tierras no aptas (Clase VIII).

Clase II: Suelos profundos, de topografía plana a ligeramente inclinada, bien drenados, con buena fertilidad natural y alta capacidad productiva. Son tierras mecanizables. Aptas para todos los cultivos propios del altiplano y pastos. Puede haber limitaciones de uso y manejo por condición de suelo y susceptibilidad a la erosión (ligera). En general, estos suelos forman parte de la llanura posicional.

Clase III: Suelos profundos a moderadamente profundos, de topografía plana a ligeramente inclinada, con drenaje imperfecto, algo excesivo y moderada fertilidad natural, son mecanizables y aptas para una gran variedad de cultivos del altiplano y para pastos. Sin embargo, pueden presentar limitaciones locales por textura gruesa, sales, drenaje y susceptibilidad a la erosión. En general, estos suelos ocupan la llanura posicional y los valles aluviales.

Clase IV: Suelos de escasa profundidad, de topografía plana moderadamente inclinada, drenaje interno excesivo o pobre, textura pesada o moderadamente gruesa, fertilidad natural baja. Son tierras mecanizables, aptas para cultivos de raíces poco profundas y para pastos. *Exigen prácticas sencillas de conservación de suelos.* Debido a su altitud y bajas temperaturas, la mayor parte de los suelos es deficiente en materia orgánica y nitrógeno, consecuentemente requiere prácticas especiales para poder mantener e incrementar su productividad.

Clase V: Suelos desarrollados sobre relieves de colinas redondeadas, con pendiente suaves a moderadas, profundidad escasa, drenaje bueno y fertilidad variable en función del material parental. El principal limitante de estos suelos es su propensión a la erosión, debido a la pendiente y a las condiciones climáticas. Por esta razón se desarrolló el sistema de taraceo. La cobertura vegetal de estas colinas es de pastos naturales y arbustos, con un pastoreo controlado de camélidos y/u ovinos. La agricultura sólo puede ser practicada en terrazas debidamente construidas o readecuadas.

Clase VI: Terrenos de diferente naturaleza, de topografía plana y moderadamente inclinada, cuya principal característica es la limitante especial, texturas gruesas a muy gruesas (arenas), piedra abundante en todo el perfil, alta humedad o frecuencia de inundaciones, o susceptibilidad a una erosión moderada a alta a causa del clima y la naturaleza del suelo. En consecuencia, su uso se reduce a usos silvopastoriales relacionados con el pastoreo extensivo de camélidos, especialmente en los bofedales.

Clase VII: Tierras marginales caracterizadas por procesos erosivos de intensidad moderada a fuerte que han dado lugar a un modelado de disección visible en las colinas desecadas, en la terraza degradada y en la meseta volcánica degradada, o por relieves montañosos de vertientes largas y redondeadas. Dado que la fuerte erosión constituye el factor limitante principal en el primer caso y la alta pendiente en el caso de las vertientes montañosas, los usos posibles de estas tierras deberían ser la restauración y el pastoreo extensivo de camélidos.

Clase VIII: Tierras no aptas con factores limitantes, tanto por pendiente como por naturaleza del suelo. Las pendientes y los afloramientos rocosos son el factor crítico en las montañas disectadas. Estas tierras sólo son aptas para la protección de los recursos hídricos; para fines recreativos, declarándolos y manejándolos para que funcionen como parques nacionales o áreas de conservación; y para actividades mineras.

Clase IX; sobre Clase VI, destinados a camélidos y/o ovinos, especialmente los bofedales. Finalmente, cerca de la mitad de la superficie firme de la región corresponde a tierras marginales y no aptas, Clases VII y VIII respectivamente. Al comparar la capacidad de uso de los suelos con el uso actual se observa que por lo menos una tercera parte de las tierras del Sistema TDPS está siendo sobreexplotada por encima de su capacidad de uso.. Se ha estimado que el 30% de los suelos presentan procesos de erosión severa y muy severa, por las actividades agrícolas y pastoriles actuales y favorecidos por las condiciones geológicas del Sistema. En efecto, los problemas se han desarrollado sobre terrenos de colinas, terrazas y mesetas de pendientes suaves y fuertes. En ciertas situaciones específicas, la erosión puede estar más ligada a la evolución geológica natural y propia del área que al uso del suelo.

3.2.4. Climatología.

La climatología de la Cuenca del lago Titicaca, ha sido estudiada previamente por diversos autores entre los cuales (Arce, 1966), (Dávila, 1957), (Monheim, 1974), (Taylor y Aquize, 1983). Los datos utilizados, para las interpretaciones climáticas

como hidrológicas, provienen del (SENAMHI) de La Paz y Puno. En las zonas de altitud inferior a 4.000 m, las temperaturas medias anuales varían entre 7 y 10 °C. Alrededor del lago, las temperaturas son, superiores a 8 °C. (Boulangé y Aquize 1981) indican que la temperatura media anual a nivel del lago debería ser de 0°C y atribuyen la diferencia de temperatura al efecto térmico de la masa de agua (Roche, *et al.*, 1990) muestra también valores próximos a 8 °C en toda la mitad este del Altiplano boliviano (7,3 °C en Uyuni) y en el lago Poopó. Estaciones comprendidas entre 3.900 y 4.000 m, en los extremos sur y norte de la región del lago, tienen temperaturas del orden de 7 °C. El lago atempera el clima, pero no parece ocasionar en su contorno un aumento de temperatura media anual superior a 2 °C.

Los datos de algunas estaciones situadas fuera de la cuenca, fueron tomados en consideración para obtener una escala de altitudes. El gradiente térmico es de 0,76 °C/100 m. Para la zona comprendida entre 3.800 y 4.000 m, la dispersión de las temperaturas es grande debido a los efectos de exposición, de abrigo y de distancia al lago. En las cimas altas, la temperatura media anual desciende bajo cero alrededor de 5.100 m. En toda la cuenca, las temperaturas medias más bajas tienen lugar en julio, mientras que las más elevadas, de diciembre a marzo, generalmente centradas en febrero.

Según la (MINAM, 2010b) la cuenca del Lago se caracteriza por tener un clima templado, diferenciado en distintas áreas. El tipo de clima lluvioso y semifrío en otoño, invierno y primavera secos, se presentan en las cuencas del río Suhez, río Ramis y río Coata a altitudes de 4.400 y 5.000 metros, las

precipitaciones están entre 700 y 1.000 mm. El área circunlacustre, conformada por la cuenca del río Suchez, parte media de la cuenca del río Ramis, cuenca del río Coata y cuenca del río Ilave, quedan incluidos dentro del tipo climático lluvioso y frío, con otoño, invierno y primavera secos. Con precipitaciones entre 700 y 1000 mm. El tipo de clima semilluvioso, frío con otoño, invierno y primavera secos corresponde a la parte baja de la cuenca del río Ramis y parte de la cuenca del río Huancané, al sur del lago, hasta las zonas de Pizacoma en el Perú e Irpa Chico en Bolivia. En esta subzona la precipitación disminuye y varía entre 600 y 800 mm. El número de heladas es menor y las condiciones para las actividades agrícolas son buenas.

3.2.5. Temperaturas máximas, mínimas, medias y amplitudes

La temperatura mínima media mensual se produce en julio, con valores de 1,8 °C en Copacabana (3.810 m, a orillas del lago) y de -11,8 °C en Charaña (4.069 m, alejado del Lago), y de -1,2 °C en Juliaca. La temperatura máxima media mensual es de 15,3 °C y 3,6 °C. En cambio, la temperatura mínima está centrada en invierno, ya que se produce de noche y depende del tiempo de insolación. Las amplitudes aumentan desde el lago, donde los valores mínimos son de 10,7 °C, hacia las planicies.

3.2.6. Humedad relativa

La humedad relativa media anual en el contorno del lago varía de 50 a 65%, para temperaturas de 8 a 10 °C. Los valores más bajos, de 50 a 45% se observan en el sur de la cuenca. De manera general, aumentan con la altitud, con un máximo de

83% en Chacaltaya (5.200 m). Las precipitaciones, van en aumento durante los meses de diciembre a marzo (máximo en enero o febrero, alcanzando el 70%), y una disminución entre junio y octubre (mínimo en julio, con menos del 50%). En Copacabana, estos dos valores son respectivamente de 70% y 52%.

3.2.7. Vientos dominantes

Los vientos dominantes, de fuerza moderada, generalmente perturbados por brisas locales, son de sectores nordeste durante la época de lluvias y de sector oeste a sudoeste el resto del año.

3.2.8. Tiempo de insolación

La insolación a proximidad del lago es de 2.915 h/año en Belén y de 3.000 h/año en Puno. Se observan valores mínimos de 167 y 180 h/, en enero y febrero, durante las precipitaciones máximas, los valores máximos son de 298 y 296. La radiación solar global medida en el Altiplano en Viacha y Patacamaya tiene un valor medio de 8,8h/día (Vara, *et al.*, 2010).

3.2.9. Precipitaciones

La información pluviométrica ha sido procesada mensual y anualmente por el método del vector espacio-temporal, que consiste en un tratamiento matricial, basado en la pseudo-proporcionalidad de los datos (Hellin, 2004 y Ravines, 1978). Este método informatizado permite adquirir automáticamente datos completos, estimando los datos que faltan o totalmente calculados. El período

común de homogeneización retenido para el tratamiento del balance hídrico es (1968-2012), las estaciones climatológicas han sido pocas y escasas antes de 1968.

3.2.10. Repartición espacial y mecanismos de las precipitaciones

Las isohietas son globalmente concéntricas al lago, al centro del cual se observan precipitaciones superiores a 1.000 mm. Las lluvias tienden a disminuir cuando la distancia al lago aumenta, de 600 a 500 mm. Luego nuevamente aumentan desde las cimas de la Cordillera Oriental de 800 mm, así como hacia el oeste, sobrepasan los 1.000 mm. Cuando la altitud disminuye en dirección del lago, la presión y la temperatura del aire aumentan, permitiendo una disminución de la humedad relativa; las precipitaciones disminuyen también (SENAMHI, 2008).

La influencia del lago es consecuencia de su extensa superficie y volumen debido a la profundidad. La fuerte capacidad de absorción de las radiaciones solares induce temperaturas de las aguas (10 a 14°C) más elevadas que las del aire de las tierras circundantes. Esta convección provoca tormentas más frecuentes sobre el lago que sobre la tierra, con precipitaciones de 800 mm, 1,200 mm en el centro del lago. A decenas de kilómetros disminuyen de 1,200 mm a 700 mm. Las precipitaciones máximas se observa sobre la isla de Taquili con 1,535 mm. El valor calculado es de 1,272 mm. El aire húmedo del Lago Mayor atraviesa el istmo de Yunguyo -Copacabana y el estrecho de Tiquina, para pasar al Lago Menor, provocando precipitaciones elevadas sobre la parte oeste. En Desaguadero (797 mm) y en Tiquina (1,050 mm). En cambio, en la parte sudeste

del lago, los vientos procedentes del NE afectan el Lago Mayor. En efecto, son desviados parcialmente por el masivo del Illampu y sufren una subsidencia sobre su flanco oeste. Asimismo, las partes sudeste del Lago Mayor y del Lago Menor son relativamente secas (SENAMHI, 2008).

3.2.11. Precipitaciones medias sobre las cuencas del lago Titicaca

Las lluvias medias mensuales, anuales e interanuales fueron calculadas ponderando las lluvias de las estaciones por las áreas de influencia de las estaciones (polígonos de Thiessen). La pluviometría interanual más baja alcanzo 585 mm/año en la cuenca del río Keke. La precipitación interanual más elevada es de 811 mm/año en la cuenca del río Coata y de 889 mm/año en el Lago Mayor. El conjunto de la cuenca recibe una precipitación de 758 mm/año, y un volumen de $43.6 \times 10^9 \text{ m}^3$. La lluvia media interanual sobre la totalidad del lago es de 880 mm/año, un volumen de agua de $7.47 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{año}$, equivalente a un caudal de $236.7 \text{ m}^3/\text{s}$.

El Lago Mayor recibe interanualmente 889 mm/año, el Lago Menor, 829 mm/año. en volumen (6.42×10^9 y $1.05 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{año}$) corresponden a 86% y 14% de la alimentación pluvial al lago. Precipita 664 mm/año sobre la parte boliviana de los cuales 635 mm/año sobre las cuencas y 735 mm/año sobre el lago, en el lado peruana recibe 786 mm/año, de los cuales 762 mm/año sobre las cuencas y 964 mm/año en el lago, expresados en volumen, $9.01 \times 10^9 \text{ m}^3$, $6.48 \times 10^9 \text{ m}^3$, $2.54 \times 10^9 \text{ m}^3$, para el lado Bolivia, y 34.5×10^9 , 29.4×10^9 , $4.94 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{año}$ para el lado Peruano. Estas zonas reciben del 34% y 66% de la cantidad de lluvia. Las

cinco cuencas peruanas para las cuales se observan los caudales, reciben juntas una precipitación media interanual de 769 mm/año, mientras que el resto de la cuenca recibe 682 mm/año (SENAMHI, 2010).

3.2.12. Distribución temporal de las precipitaciones

La época de lluvias, comienza en diciembre para terminarse en marzo, centrada en febrero. La época seca, centrada en junio, se escalona de mayo a agosto. Dos períodos de transición separan estas dos épocas, uno en abril y el otro en septiembre a noviembre. Del 65 al 78 % de la precipitación anual se acumula durante los cuatro meses de la época de lluvias, mientras que solamente del 3 al 8 % en la época seca. Los dos períodos intermedios contribuyen con 18 a 29 %.

3.2.13. Sequía e inundaciones

El PELT, (2005), de la observación de la serie histórica de niveles medios mensuales de agua en el lago durante los años (1914-1991), así como de la serie de precipitación anual promedio (1960-1990), se deduce que los períodos más secos fueron los años (1943, 1982-83 y 1990), y la frecuencia de aparición de períodos secos, con mayor a menor intensidad, es relativamente alta. En relación a las inundaciones, en la mitad de la década de los ochenta, se produjo un aumento de los aportes al lago, anegando decenas de miles de hectáreas de las zonas ribereñas (en 1986 hubo 4.800 ha inundadas). Este fenómeno, que tuvo su máxima expresión en el período (1986-87), trajo consigo un aumento de las descargas por el río Desaguadero, que al verse incrementadas con los aportes de sus afluentes originaron graves inundaciones a lo largo de su curso.

3.2.14. Granizo

La irradiación solar existente en el altiplano produce una dilatación del aire próximo al suelo y éste se hace más liviano; como consecuencia, se forman unos movimientos de aire ascendentes que originan nubes de mucha altura, se solidifica el agua y precipita como granizada. Produciendo daños considerables a la agricultura en los valles, debido a que este tipo de precipitación tiene una gran intensidad. Es difícil detectar las frecuencias de las granizadas, ya que su ocurrencia es función de una variedad de condiciones atmosféricas. En los alrededores del lago, en el centro y sur del altiplano, el número de días con granizo disminuye paulatinamente hasta llegar a valores menores de 5 días por año.

3.3. Materiales y recursos

3.3.1. Recurso Humano

Los ejecutores, Director, Asesores (de la carrera profesional).

Apoyo de profesionales de otros Áreas (Ing. Agrícolas, Biólogos, Sociólogos, etc.).

3.3.2. Materiales meteorológicos

Los datos meteorológicos fueron proporcionados por el (SENAMHI 708-Puno). Las estaciones meteorológicas de diferentes categorías están ubicadas en diferentes zonas de la cuenca del Titicaca. Los datos meteorológicos utilizados son:

- Temperaturas: medias mensuales, máximas, mínimas, y oscilación.
- Precipitación: media mensual
- Velocidad de viento
- Insolación
- Evaporación
- Evapotranspiración

3.4. Población y muestra

Los factores climáticos son eventos totalmente aleatorios, en consecuencia, para el presente estudio se ha tomado como muestra, la serie de datos con que cuentan las principales estaciones meteorológicas, es decir de 49 años de registro. Los datos de producción de papa y quinua se tomaron para los mismos años, y estos valores fueron correlacionados.

3.5. Descripción de métodos por objetivos específicos

a) Efecto de la variación de elementos climáticos sobre los rendimientos de los cultivos de papa y quinua

- Primeramente se solicitó datos históricos de los rendimientos de los cultivos a las Oficinas del Ministerio de Agricultura.
- Se obtuvieron datos de los elementos climáticos de las Oficinas de

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI 708-Puno)

- Temperatura máxima, temperatura mínima, oscilación de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, insolación, precipitaciones, radiación solar.
- Con los datos obtenidos de las oficinas mencionadas se realizaron las pruebas de bondad de ajuste
- Se aplicaron modelos de regresión múltiple haciendo que el rendimiento sea variable dependiente y los elementos climáticos como variables independientes:
- Rendimiento= F(elementos climáticos)
- La solución del modelo se efectuó mediante el método de máxima verosimilitud

b) La relación entre la variación climática y el rendimiento por pisos ecológicos de los cultivos

El procedimiento tuvo la misma secuencia que se siguió para el caso anterior, con la única diferencia de que se trabajó con datos de tres pisos ecológicos es decir considerando los factores climáticos (altitud, latitud, y longitud)

c) Evaluación de las tendencias de las series históricas de los datos hidrometeorológicos.

Para la evaluación de datos de las series históricas de los elementos hidrometeorológicos se efectuaron aplicando el modelamiento de las

diferentes ecuaciones de regresión múltiple utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios y de máxima verosimilitud.

3.6. Materiales y equipos.

Información meteorológica.

Los datos que se obtuvieron del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

Las estaciones meteorológicas a considerar fueron las siguientes:

CUADRO 1

ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN

N°	Estación	N°	Estación
1	AYAVIRI	6	LAMPA
2	AZANGARO	7	MACUSANI
3	HUANCANE	8	PIZACOMA
4	ILAVE	9	PUNO
5	JULI	10	YUNGUYO

Fuente: Elaboración propia

Con los períodos de registro que se obtuvieron hasta el 2012.

Información Cartográfica

Se utilizaron como auxilio las cartas Nacionales actualizadas a escala 1:100 000 y

Modelos de elevación digital.

Equipos

Equipo de cómputo, con software: Word, Excel, Eviews 5.0, Climwat, Limdep 3.1, Minitab 16, SAS 10

Variables analizadas.

- Temperatura media mensual de las mínimas.
- Temperatura media mensual de las máximas.
- Humedad Relativa media mensual.
- Evaporación mensual, Tanque Tipo "A".
- Radiación solar.
- Insolación diaria media del mes.
- Velocidad media del viento.
- Precipitación mensual.
- Rendimientos de cultivos por campañas agrícolas.

Prueba (s) estadísticas) que se utilizaron(n) para probar las hipótesis.

- Análisis de regresión múltiple utilizando el método de máxima verosimilitud.
- Prueba t para la significancia de los coeficientes de regresión.
- Prueba t para análisis de tendencia.

- ANOVA para regresión múltiple.
- ANOVA de un factor (diseño completo al azar), de dos factores (diseño bloque completo al azar) y factorial.

3.7. Operacionalización de Variables.

CUADRO 2
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	INDICADOR	METODO	INSTRUMENTO
Producción Agrícola	Continua	Producción perca pita (Ton/camp-ha)	Datos del Ministerio de Agricultura	Balanza
Temperatura	Continua	Series históricos 49 años	Datos registrado	Termómetro
Velocidad del viento	Continua	Series históricos 49 años	Datos registrados	Anemómetro
Precipitación pluvial	Continua	Series históricos 49 años	Datos registrados	Pluviómetro
Humedad relativa	Porcentaje	Series históricos 49 años	Datos registrados	Psicrómetro

Fuente: Elaboración propia.

3.8. Prueba de bondad de ajuste de la serie de datos meteorológicos y la producción agrícola.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov se ha considerado para el análisis de una muestra, un procedimiento de bondad de ajuste, que permite la medición del grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica específica. Esta prueba para una muestra se considera un procedimiento de "bondad de ajuste", permite medir el grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica específica. Su objetivo es señalar si los datos provienen de una población que tiene la distribución teórica especificada. Mediante la prueba se compara la distribución acumulada de las frecuencias teóricas (f_t) con la distribución acumulada de las frecuencias observadas (f_{obs}), se encuentra el punto de divergencia máxima y se determina qué probabilidad existe de que una diferencia de esa magnitud se deba al azar.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efectos de la variación de elementos climáticos sobre la producción de los cultivos para papa y quinua en la vertiente del lago Titicaca del Perú.

4.1.1. Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov- Smirnov de datos meteorológicos del altiplano de Puno.

Para que los datos históricos de humedad relativa sean consistentes para realizar la regresión del modelo, se ha efectuado la prueba de bondad de ajuste con momentos ordinarios de Smirnov Kolmogorov a la probabilidad de $\alpha= 0.05$, se ha determinado que el delta teórico es 0.2805, este valor es mayor que el delta tabular 0.1923. Los datos no se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%. Los parámetros de la distribución normal son: parámetro de

localización (X_m)= 59.9175; y el parámetro de escala (S)= 9.2805, los momentos lineales: de Media lineal (X_l)= 59.9175 y desviación estándar lineal (S_l)= 5.5095. Para la oscilación de la temperatura de la vertiente del lago Titicaca, se ha procedido utilizando la prueba de bondad, ajustes de momentos ordinarios, como el delta teórico 0.2937, es mayor que el delta tabular 0.1923. Los datos no se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%.

Los Parámetros de la distribución normal se han determinado, como el parámetro de localización (X_m)= 12.283, y el parámetro de escala (S)= 1.8299, con momentos lineales: media lineal (X_l)= 12.283 y desviación estándar lineal (S_l)= 0.8873. La serie histórica de precipitaciones medias mensuales, el ajuste con momentos ordinarios: como el delta teórico 0.1427, es menor que el delta tabular 0.1923. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5% y los parámetros de la distribución normal: con momentos ordinarios: el parámetro de localización (X_m)= 99.3813 y el parámetro de escala (S)= 19.3854 y con momentos lineales: Media lineal (X_l)= 99.3813. Desviación estándar lineal (S_l) = 16.1046. El Ajuste de las serie de datos promedios de valores de Temperatura máxima con momentos ordinarios: como el delta teórico 0.3787, es mayor que el delta tabular 0.1923. Los datos no se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%. Y los parámetros de la distribución normal: con momentos ordinarios: el parámetro de localización (X_m)= 15.2586, y el parámetro de escala (S)= 2.2457. Con momentos lineales: la media lineal (X_l)= 15.2586 y la desviación estándar lineal (S_l)= 0.9808 y La Temperatura mínima se ha realizado el ajuste con momentos ordinarios: como el delta teórico 0.1346, es menor que el delta tabular 0.1923. Los datos se ajustan a la

distribución Normal, con un nivel de significación del 5% Parámetros de la distribución normal: con momentos ordinarios: el parámetro de localización (X_m)= 2.9756 y el parámetro de escala (S)= 0.5933 y con momentos lineales: media lineal (X_l)= 2.9756 y la desviación estándar lineal (S_l)= 0.5052.

4.1.2. Prueba de bondad de ajuste de Smirnov Kolmogorov para la producción de papa.

La bondad de ajuste se ha efectuado mediante los cálculos de Smirnov Kolmogorov. Ajuste con momentos ordinarios: Como el delta teórico 0.1724, que es menor que el delta tabular 0.1943. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%, parámetros de la distribución normal, con momentos ordinarios: Parámetro de localización (X_m)= 9.4566 toneladas por hectárea y parámetro de escala (S)= 1.2845 Con momentos lineales: Media lineal (X_l)= 9.4566. La desviación estándar lineal (S_l)= 1.1542. Los rendimientos varían entre un mínimo de 5.3405 hasta un máximo de 11.0468 toneladas por hectárea.

4.1.3. Discusión.

El Cambio Climático está generando modificaciones en el agro, afectando nuestros cultivos, como la papa. De Haan (1998), investigador del Centro Internacional de la Papa – CIP, afirma que el cultivo de este tubérculo está modificando la altura en la cual se siembra. Es decir, el cambio en las temperaturas hace que algunas variedades de papas se estén sembrando a mayor altura que antes. Asimismo, el Cambio Climático está ocasionando que las

estaciones sean cada vez más extremas, como las heladas y las sequías. El especialista De Haan explica que estos cambios extremos dañan los cultivos de las papas. Por tanto, las agricultoras y agricultores que dependen de estos cultivos pierden su principal fuente económica y de alimentos. De igual forma, las modificaciones en las temperaturas están causando mayores problemas de plagas y enfermedades. El investigador del CIP indica que, por ejemplo la ranca está apareciendo con más frecuencia en los cultivos de papa. Y no solo eso, también están apareciendo estas plagas en chacras con mayor altura, donde antes no eran un problema para las agricultoras y agricultores.

Según el criterio del PCCC (2001), obtuvieron los resultados, indican que el cultivo de papa, los tratamientos incrementales en la temperatura, combinados con variaciones (máximas y moderadas) de la precipitación, producen una disminución importante de los rendimientos. El elemento que mayor peso tiene en este efecto observado es la temperatura. Aun cuando el efecto aislado de aumentos en la precipitación diaria tiende a aumentar los rendimientos, cuando se combina con incrementos de +1 y +2°C en la temperatura, se observa que los rendimientos empiezan a disminuir. Las disminuciones más importantes se obtuvieron con los tratamientos que usan +2°C. Cuando se separan los efectos de temperatura máxima y temperatura mínima, se encontró que las mayores disminuciones en los rendimientos fueron causadas por la temperatura máxima (diurna). Por lo tanto, la producción de materia seca por unidad de agua utilizada por estos cultivos va a depender de la eficiencia de uso del recurso hídrico bajo condiciones térmicas específicas. En cuanto al efecto de una duplicación de la concentración de CO₂ ambiental, se observó que los rendimientos tienden a

augmentar. Esto se debe al efecto fertilizante al reaccionar positivamente ante la fijación de nitrógeno atmosférico y liberación de fosfatos en el suelo. Además, aumenta la tasa fotosintética y la producción de biomasa en las plantas C_3 , por lo que se mejora la utilización del recurso hídrico. A pesar de este efecto, cuando se combinó con tratamientos incrementales de la temperatura, solo en el cultivo de papa se logró obtener rendimientos mayores al testigo.

El modelo de cultivo, utilizando los datos climáticos del modelo ETA ha determinado cambios en el rendimiento del cultivo de papa señalando que disminuiría entre 11% a 15% en escenario moderado y entre 11% a 23% en escenario extremo, siendo significativo en el orden dado Azángaro, Ilave y Juliaca. Así mismo, se ha determinado cambios en algunas características de cultivo como la fecha de cosecha se adelantarían, en consecuencia el ciclo del cultivo se reducirían entre 20 a 30 días.

4.1.4. Prueba de bondad de ajuste de Smirnov Kolmogorov para la producción de Quinua

La bondad de ajuste se ha efectuado mediante los cálculos de Smirnov Kolmogorov. Ajuste con momentos ordinarios: Como el delta teórico 0.2304, es menor que el delta tabular 0.1943. Los datos no se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5% parámetros de la distribución normal, con momentos ordinarios: Parámetro de localización (X_m)= 1.5794 toneladas por hectárea y parámetro de escala (S)= 0.9316 Con momentos lineales: Media lineal (X_l)= 1.5794 Desviación estándar lineal (S_l)= 0.877. Los rendimientos varían

entre un mínimo de 5.3405 toneladas por hectárea. Hasta un máximo de 11.0468 toneladas por hectárea.

4.1.5. Discusión.

Los efectos adversos del rendimiento no sostenible de quinua son exacerbados por los cambios climáticos que están sucediendo en el altiplano peruano y boliviano: temperaturas más elevadas, disminución de la precipitación y fenómenos climatológicos más agresivos. Esto puede acelerar el proceso de desertificación y degradación del suelo, con los consecuentes impactos negativos para los modos de vida de la población campesina, lo que hará retroceder los avances alcanzados gracias a los esfuerzos de desarrollo de la última década. La creciente demanda del mercado mundial y el cultivo comercial de quinua está degradando el suelo a través de la intensificación de la producción y dejando atrás la tradicional producción extensiva. Durante miles de años, la quinua ha sido un alimento nutritivo tradicional de los agricultores andinos, pero hoy ha alcanzado altos precios en los mercados internacionales, los productores prefieren venderlo y comprar alimentos menos nutritivos para su propio consumo (Hellin y Higman, 2005).

La situación de la región del altiplano es crítica, y un desastre ecológico amenaza con convertirla en un desierto, con lo cual se imposibilitará la producción de quinua, única fuente disponible de alimentación y generación de ingresos para los agricultores del altiplano. Ante el desafío de elevar la producción de alimentos de calidad para alimentar a la población del planeta en un contexto de cambio

climático, la quinua aparece como una alternativa para aquellos países que sufren inseguridad alimentaria. Por ello, la Asamblea General de las Naciones Unidas ha declarado al año 2013 como el "Año Internacional de la Quinua", en reconocimiento a las prácticas ancestrales de los pueblos andinos, quienes han sabido preservar a la quinua en su estado natural como alimento para las generaciones presentes y futuras, a través de prácticas ancestrales de vida en armonía con la naturaleza. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), llevará adelante la Secretaría del Año Internacional de la Quinua acompañando al Comité Internacional, que coordinará las celebraciones. Bolivia encabeza la presidencia del Comité, mientras que Ecuador, Perú y Chile ostentan las vicepresidencias, y las relatorías están a cargo de Argentina y Francia.

4.1.6. Análisis comparativo de datos. Análisis meteorológicos de series históricas

El presente trabajo se ha efectuado en la vertiente del lago Titicaca, la misma que está integrada por el sistema hidrológico del Titicaca, desaguadero y Popo de Bolivia, y la distribución espacial de la temperatura, depende de varios factores: la longitud (más frío al oeste que al este por la influencia de las masas de aire húmedo de la Amazonia), la altitud (la temperatura disminuye con la altitud), y el efecto termorregulador del lago Titicaca. El sector noreste de la región es el que tiene las temperaturas medias más elevadas para todas las altitudes (2.9°C para 5000 msnm), seguido por el sector sureste (0.8°C), el noroeste (0.1°C) y, finalmente, el Suroeste (-2.8°C). No obstante, para altitudes menores de

4400 msnm el sector noroeste presenta temperaturas superiores a las del sureste. A nivel del altiplano, las temperaturas medias anuales varían entre 8.2°C - 9.2°C en el norte y entre 7.9°C y 10.7°C en el sur. El régimen térmico del altiplano y la estacionalidad térmica es moderado, con las temperaturas más altas de diciembre a marzo y las más bajas de junio a agosto. La amplitud térmica de las temperaturas medias mensuales varía entre 5.8°C – 6.5°C en el norte, y 7.8°C – 10.6°C en el sur. El mes más frío es por lo general julio y el mes más cálido diciembre. En las cercanías del lago Titicaca esta amplitud disminuye cerca de 3°C a 4°C dentro del propio lago y 1.9°C (isla del Sol).

4.1.7. Discusión.

Si se consideran las temperaturas máximas, mínimas y medias anuales, la oscilación térmica varía entre 17°C y 19°C en el norte y entre 19 y 21°C en el sur, si bien en las cercanías del lago Titicaca se acerca a 11°C y 9.9°C dentro del lago. A nivel de las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales, la oscilación térmica varía notoriamente en el año; en invierno va desde 23°C a 25.5°C en el norte, desde 23°C y 26°C en el sur, si bien en las cercanías del lago ella desciende a 14°C y 10.9°C dentro del lago; en verano la oscilación térmica media mensual varía entre 13°C y 14°C en el norte, entre 13.9°C y 17.4°C en el sur, aunque en las cercanías y dentro del lago baja cerca de 9°C.

Para el presente estudio las estaciones meteorológicas consideradas se caracterizan porque las temperaturas máxima, medias mensuales de las estaciones meteorológicas de Ayaviri, Azángaro, Huancané, Ilave, Juli, Lampa,

Macusani, Pisacona, Puno y Yunguyo con valores de 16.67°C, 16.49°C, 15.17°C, 15.33°C, 14.32°C, 16.72°C, 12.79°C, 17.25°C, 15.65°C, y 15.16°C, respectivamente, de estas diez estaciones meteorológicas seleccionadas se obtuvo el mayor valor en la estación de Pisacoma y el de menor valor se obtuvo en la estación meteorológica de Jui, esto debido posiblemente a los factores climáticos como es la altitud, longitud, latitud, relieve, entre otros. Se establece en octubre o noviembre, ya que la nubosidad es entonces menos fuerte que en pleno verano cuando se produce el máximo de precipitaciones.

CUADRO 3

ANÁLISIS DE VARIANZA DE TEMPERATURAS MÁXIMAS MEDIAS
MENSUALES DE DIEZ ESTACIONES METEREOLÓGICAS PARA SERIES
HISTÓRICAS DE (1963-2012)

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Probabilidad
Estación	9	790.151	87.795	127.08	0.0000012
Error	480	331.619	0.691		
Total	489	1121.771			

Fuente: Elaboración propia

$$S_Y=0.8312 \quad r^2= 70.44\% \quad r^2= 69.88\% \text{ (Ajustado)}$$

En el Cuadro 3, existe diferencia altamente significativo entre las estaciones de Pisacoma, Lampa, Ayaviri, Azángaro, Puno, Ilave, Huancané, Yunguyo, Juli y Macusani, esto nos evidencia la variabilidad climática que existe en la vertiente del lago Titicaca, para cuantificar estos valores de temperaturas máximas se ha

utilizado la prueba de rango múltiple de Tukey a la probabilidad de $\alpha = 0.05$ de probabilidad. Estos resultados, evidencian la diversidad de temperaturas que se tiene en la Vertiente del Lago Titicaca, por consiguiente influyen directamente con la producción de papa y quinua en el altiplano de Puno.

CUADRO 4

PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE TUKEY PARA LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS MEDIA MENSUAL DE DIEZ ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL TITICACA PARA SERIES HISTÓRICAS DE (1963-2012)

ESTACIÓN	N	Media	Grupo Tukey (P=0.05)
PIZACOMA	49	17.2541	A
LAMPA	49	16.7622	A B
AYAVIRI	49	16.7318	A B
AZANGARO	49	16.4991	B
PUNO	49	15.6531	C
ILAVE	49	15.3395	C
HUANCANE	49	15.1786	C
YUNGUYO	49	15.1687	C
JULI	49	14.3212	D
MACUSANI	49	12.7913	E

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4, se muestra la prueba de rango múltiple de Tukey $\alpha = 0.05$ de probabilidad para las diez estaciones meteorológicas de Pizacoma, Lampa, Ayaviri, Azángaro, Puno, Ilave, Huancané, Yunguyo, Juli y Macusani; en donde las estaciones Pizacoma, Lampa y Ayaviri tienen temperaturas de 17.25, 16.76 y 16.72°C respectivamente, los valores que se han registrado son estadísticamente similares y ocuparon los primeros lugares, y la estación

Azángaro con un valor de 16.49°C ocupa el cuarto lugar y difiere de las tres anteriores estaciones y las estaciones de Puno, Ilave, Huancané y Yunguyo con valores 15.6, 15.3, 15.2, 15.1°C respectivamente, también mostraron valores similares estadísticamente, estos valores similares demuestran que las ubicaciones de las estaciones meteorológicas están influenciadas por las características de los factores climáticos de la zona de ubicación, tales como son. Altitud, latitud, longitud, relieve y la ubicación de la estación meteorológica. Las estaciones meteorológicas de Juli y Macusani han registrado las temperaturas máximas bajas respecto a las anteriores estaciones con valores de 14.3 y 12.8°C respectivamente de temperaturas mensuales medias, probablemente porque la estación meteorológica de la ciudad de Juli se encuentra ubicada sobre la orilla del lago Titicaca y en el caso de la estación meteorológica de Macusani se encuentra ubicada en la cordillera oriental es decir muy próximo a la ceja de selva, donde la humedad del aire es ligeramente alta por la presencia de la cordillera que cruza el Perú. La desviación estándar es de $S_Y=0.8312$ y la variancia es $r^2= 70.44\%$ y la variancia ajustada es $r^2= 69.88\%$ (Ajustado) estos parámetros estadísticos indican la confiabilidad de los valores históricos de las temperaturas máximas medias mensuales de la vertiente del lago Titicaca.

◊

CUADRO 5

ANÁLISIS DE VARIANZA DE TEMPERATURAS MÍNIMAS MEDIAS MENSUALES DE DIEZ ESTACIONES METEOROLÓGICAS PARA SERIES HISTÓRICAS DE (1963-2012)

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Probabilidad
Estacion	9	832.400	92.489	169.67	0.0000086
Error	480	261.648	0.545		
Total	489	1094.048			

Fuente: Elaboración propia.

$$S_Y=0.7383 \quad r^2= 76.08\% \quad r^2= 75.64\% \text{ (Ajustado)}$$

En el Cuadro 5, existe diferencia altamente significativo entre las estaciones de Pizacoma, Lampa, Ayaviri, Azángaro, Puno, Ilave, Huancané, Yunguyo, Juli y Macusani, esto nos evidencia la variabilidad climática que existe en la vertiente del lago Titicaca, para cuantificar estos valores de temperaturas máximas se ha utilizado la prueba de rango múltiple de Tukey a la probabilidad de $\alpha= 0.05$ de probabilidad. La desviación estándar es $S_Y=0.7383$ bajo la misma que indica la homogeneidad de los datos de estas temperaturas y así mismo se ha registrado el coeficiente de determinación de $r^2= 76.08\%$ la misma que indica que los datos de temperaturas Mínimas son bastante aceptables y también se han registrado el coeficiente de determinación ajustada de $r^2= 75.64\%$ (Ajustado), Estos datos ratifica la homogeneidad de los valores de las temperaturas mínimas medias mensuales. Para cuantificar estos valores de temperaturas mínimas

medias mensuales se ha utilizado la prueba de rango múltiple de Tukey de $\alpha=0.05$ de probabilidad; la cual se muestra en el Cuadro 5, los valores más altos de temperaturas mínimas se obtuvieron de las estaciones meteorológicas de Puno y Juli con valores de 4.7803°C y 4.4672°C respectivamente estos valores ocuparon los dos primeros lugares respecto a las demás estaciones meteorológicas, para nosotros estos valores, ratifican la acción termorreguladora del lago Titicaca, que durante el día se calienta lentamente y durante la noche se enfría también lentamente; por eso afirmamos que durante el día se almacena la energía calorífica. Sabemos que la temperatura mínima está centrada en el invierno, ya que se produce de noche y depende así poco del tiempo de insolación. Las amplitudes aumentan desde el lago, donde los valores mínimos son de 9.85°C en juli hasta 15.81°C en la estación de Pisacoma. La temperatura mínima media mensual de las estaciones meteorológicas de Ayaviri, Azángaro, Huancané, Ilave, Juli, Lampa, Macusani, Pisacoma, Puno y Yunguyo son 2.41°C , 3.98°C , 3.32°C , 3.65°C , 4.45°C , 2.54°C , 0.33°C , 1.44°C , 4.78°C , y 3.34°C respectivamente, el valor más bajo se registró en la estación meteorológica de Macusani y el más alto es el de la estación meteorológica de Puno.

CUADRO 6

PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE TUKEY PARA LAS TEMPERATURAS MÍNIMA
MENSUAL DE DIEZ ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL
TITICACA PARA SERIES HISTÓRICAS DE (1963- 2012)

ESTACIÓN	N	Mean	Grupo Tukey (P=0.05)
PUNO	49	4.7803	A
JULI	49	4.4672	A
AZANGARO	49	3.9893	B C
YUNGUYO	49	3.3463	C
HUANCANE	49	3.3267	C
LAMPA	49	2.5444	D
AYAVIRI	49	2.4823	D
PIZACOMA	49	1.4409	E
MACUSANI	49	0.3287	F

Fuente: Elaboración propia

Aquí observamos que la humedad relativa en general es baja en toda la vertiente del lago Titicaca. El promedio anual en toda la región es del 54%, si bien ella varía desde 42-47% en el sur hasta 62-65% en las riberas del lago Titicaca. Durante los meses de junio a octubre la humedad del aire es por lo general igual o inferior al 50% en toda la región, mientras que en la estación de lluvias (diciembre - marzo) puede alcanzar hasta los 70%. A nivel diario, en general, en lo referente a la humedad relativa, este tiene un comportamiento inverso a la temperatura, baja al comienzo de la tarde y más elevada en la noche.

CUADRO 7

ANÁLISIS DE VARIANZA DE HUMEDAD RELATIVA MEDIAS MENSUALES DE
DIEZ ESTACIONES METEOROLÓGICAS PARA SERIES HISTÓRICAS DE
(1963-2012)

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Probabilidad
Estación	9	21522.7	2391.4	48.52	0.000000235
Error	480	23656.4	49.3		
Total	489	45179.0			

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 7, de análisis de varianza de la humedad relativa media mensual de diez estaciones meteorológicas para las series históricas de (1963 – 2012), es decir de 49 años, muestra que existe una diferencia altamente significativa con una probabilidad menor de $P \leq 0.05$, esto ratifica que los valores de las diez estaciones meteorológicas, obtenidos son muy diferentes estadísticamente, podemos afirmar también que estos valores es debido a la influencia de los factores climáticos en toda la vertiente del lago Titicaca, e influenciado por la presencia, de dos cordilleras, occidental que es una cordillera seca, la cordillera oriental que es una cordillera húmeda y por la presencia de la cordillera blanca. La humedad relativa en general es baja en todo el altiplano. El promedio anual en toda la región es del 54%, si bien ella varía desde 42 – 47% en el sur hasta 62 - 65% en las riberas del Lago Titicaca. Durante los meses de junio a octubre la humedad del aire es por lo general igual o inferior al 50% en toda la región,

mientras que en la estación de lluvias (diciembre a marzo) puede alcanzar hasta 70%, a nivel diario, en general, la humedad relativa tiene un comportamiento inverso a la de la temperatura: baja al comienzo de la tarde y es más elevada por la noche (TDPS).

CUADRO 8

PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE TUKEY PARA LA HUMEDAD RELATIVA MENSUAL DE DIEZ ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL TITICACA PARA SERIES HISTÓRICAS DE (1963-2012)

ESTACIÓN	N	Mean	Grupo Tukey (P=0.05)
MACUSANI	49	73.335	A
YUNGUYO	49	65.240	B
AZANGARO	49	64.970	B
HUANCANE	49	63.796	B C
JULI	49	62.551	B C D
LAMPA	49	60.265	C D E
ILAVE	49	59.365	C D E
AYAVIRI	49	59.245	D E
PUNO	49	56.296	E
PIZACOMA	49	46.341	F

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro se observa que existen diferencias altamente significativas entre las estaciones de Pizacoma, Lampa, Ayaviri, Azángaro, Puno, Ilave, Huancané, Yunguyo, Juli y Macusani, esto nos evidencia la variabilidad climática que existe

en la vertiente del lago Titicaca, para cuantificar estos valores de temperaturas máximas se han utilizado la prueba de rango múltiple de Tukey a la probabilidad de $\alpha = 0.05$. El cuadro 8 muestra la prueba de rango múltiple de Tukey a la probabilidad de $\alpha = 0.05$, la humedad relativa mas alta registra la estación meteorológica de Macusani con un valor de 73.335% y ocupa el primer lugar de las diez estaciones meteorológicas evaluadas y sigue en orden las estaciones meteorológicas de Yunguyo, Azangaro, Huancane y Juli con valores de 65.24°C, 64.97°C, 63.79°C, y 62.95°C, respectivamente; estos valores estadísticamente son similares y casi homogéneos, con estos valores, obtenidos ratificamos la existencia de pisos ecológicos en el altiplano peruano.

CUADRO 9

ANÁLISIS DE VARIANZA DE PRECIPITACIONES TOTALES MENSUALES DE
DIEZ ESTACIONES METEOROLÓGICAS PARA SERIES HISTÓRICAS DE
(1963-2012)

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Probabilidad
Estación	9	59002	6556	10.40	0.00000032
Error	480	302669	631		
Total	489	361671			

Fuente: Elaboración propia

$$S_y = 25.11 \quad r^2 = 16.31\% \quad r^2 = 14.74\% \text{ (Ajustado)}$$

En el cuadro 9, del análisis de varianza de precipitaciones totales mensuales de las diez estaciones meteorológicas tomadas para las series históricas de los años (1963 – 2012), es decir de los 49 años de observación, existen diferencias

altamente significativas entre las estaciones de Pizacoma, Lampa, Ayaviri, Azángaro, Puno, Ilave, Huancané, Yunguyo, Juli y Macusani, esto nos evidencia la variabilidad climática que existe en la vertiente del lago Titicaca, para cuantificar estos valores de precipitaciones totales mensuales se ha utilizado la prueba de rango múltiple de Tukey a la probabilidad de $\alpha= 0.05$. De los datos procesados se obtuvieron una desviación estándar de $S_Y=25.11$, y el coeficiente de determinación es $r^2= 16.31\%$ y el coeficiente de determinación ajustada es $r^2= 14.74\%$ (Ajustado), estos valores nos muestran la confiabilidad de los valores históricos de las precipitaciones mensuales totales de las diez estaciones meteorológicas de la vertiente del lago Titicaca del altiplano de Puno.

CUADRO 10

PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE TUKEY PARA LAS PRECIPITACIONES
 TOTALES MENSUAL DE DIEZ ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA
 CUENCA DEL TITICACA PARA LAS SERIES HISTÓRICAS DE (1963-2012)

ESTACIÓN	N	Mean	Grupo Tukey (P=0.05)
JULI	49	124.69	A
YUNGUYO	49	108.28	B
MACUSANI	49	107.22	B
LAMPA	49	105.78	B C
PUNO	49	103.60	B C
ILAVE	49	99.60	B C
AYAVIRI	49	97.01	B C D
HUANCANE	49	95.45	B C D
PIZACOMA	49	90.66	C D
AZANGARO	49	81.82	D

Fuente: Elaboración propia.

Para cuantificar estos valores de precipitaciones totales mensuales se ha utilizado la prueba de rango múltiple de Tukey a la probabilidad de $\alpha= 0.05$ de probabilidad; la cual se muestra en el Cuadro 10, la estación de mayor precipitación pluvial fue encontrada en la estación meteorológica de Juli con 124.69 mm de precipitación, esto nos indica que en un mes cae 124.69 litros por metro cuadrado de suelo, es decir 1246.9 m^3 por hectárea de terreno; y las estaciones de menor precipitación pluvial han sido la de Pizacoma y Azángaro con valores de 90.66mm y 81.82 mm de precipitaciones pluviales, esto nos ratifica que la estación meteorológica de Pizacoma se encuentra ubicada en la cordillera occidental que es una cordillera seca y la estación meteorológica de Azángaro se encuentra en una zona intermedia entre las dos cordilleras.

CUADRO 11

ANÁLISIS DE VARIANZA DE OSCILACIÓN DE DIEZ ESTACIONES METEOROLÓGICAS PARA SERIES HISTÓRICAS DE (1963-2012)

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Probabilidad
Estación	9	1380.62	153.40	129.38	0.0000065
Error	480	569.14	1.19		
Total	489	1949.76			

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 11. Se muestra los rangos de temperaturas máximas también son estadísticamente altamente significativos, esto indica que los rangos de temperaturas de las diez estaciones meteorológicas son muy diferentes. La

desviación estándar de los rangos obtenidos es $S_Y=1.089$, el coeficiente de determinación es $r^2= 70.81\%$ y el coeficiente de determinación ajustado es $r^2= 70.26\%$ (Ajustado), estos parámetros de datos indican la confiabilidad en cuanto a su distribución y dispersión de los datos históricos de las oscilaciones de las temperaturas máximas y mínimas. Del análisis de variancia de oscilaciones de temperaturas máximas y mínimas de medias mensuales de diez estaciones meteorológicas para las series históricas de los años (1963-2012), es decir de los 49 años de observación, existen diferencias altamente significativas entre las estaciones de Pizacoma, Lampa, Ayaviri, Azángaro, Puno, Ilave, Huancané, Yunguyo, Juli y Macusani, esto nos evidencia la variabilidad climática que existe en la vertiente del lago Titicaca, para cuantificar estos valores de temperaturas máximas se ha utilizado la prueba de rango múltiple de Tukey a la probabilidad de $\alpha= 0.05$ de probabilidad.

CUADRO 12

PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE TUKEY PARA LAS OSCILACIONES DE
TEMPERATURAS MÁXIMAS MEDIA MENSUAL DE DIEZ ESTACIONES
METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL TITICACA PARA SERIES
HISTÓRICAS DE (1963-2012)

ESTACIÓN	N	Mean	Grupo Tukey (P=0.05)
PIZACOMA	49	15.813	A
AYAVIRI	49	14.250	B
LAMPA	49	14.218	B
AZANGARO	49	12.510	C
MACUSANI	49	12.463	C
HUANCANE	49	11.852	C D
YUNGUYO	49	11.822	C D
ILAVE	49	11.683	D
PUNO	49	10.873	E
JULI	49	9.854	F

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 12, Se ha determinado que la estación meteorológica de mayor rango de oscilación de temperatura se obtuvo en la estación meteorológica de Pizacoma con 15.813°C este valor ocupa el primer lugar respecto a las demás estaciones meteorológica evaluadas y las estaciones meteorológicas de Ayaviri y lampa ocuparon el segundo lugar con valores de 14.25°C y 14.21°C de rango

de temperaturas, estos valores estadísticamente son similares con valores homogéneos ocupando el segundo lugar; y las estaciones meteorológicas de Puno y Juli con valores de 10.87°C y 9.85°C estos valores estadísticamente son similares y ocupan los últimos lugares es decir que las variaciones de temperatura máximas y mínimas son las más bajas, esto debido probablemente por la presencia de la acción termorreguladora del lago Titicaca del altiplano.

4.2. Relación entre la variación climática y la producción por pisos ecológicos de los cultivos de papa y quinua, en la zona del altiplano de Puno.

Los estudios del PACC (2007), muestran que el planeta está bajo un cambio climático sostenido, producto del calentamiento global experimentado por el incremento de las concentraciones de gases del efecto invernadero en la atmósfera. En conjunto con una elevación en las temperaturas promedios también se observan variaciones en los patrones de precipitaciones y con mayor frecuencia en eventos climáticos extremos. Así, los países definidos en el mego dominio del Font agro, tampoco han estado exentos de sufrir las variaciones climáticas. El efecto del cambio climático en la agricultura podría impactar seriamente como en la actividad agrícola tradicional, particularmente en la pequeña y mediana agricultura, reduciendo los rendimientos con diferencias importantes entre las regiones. Como la agricultura depende de la disponibilidad de agua, la sequía y cualquier cambio en el régimen de precipitaciones, definitivamente afectarían a gran parte de los cultivos y frutales. Particularmente los sistemas productivos de secano serían los más afectados. El estrés hídrico

durante la floración, polinización y llenado de granos es dañino en cultivos como el trigo, y afecta la tuberización o llenado de tubérculos y la calidad industrial en el cultivo de papa. Así como los países más avanzados están desarrollando investigaciones para adaptarse a los efectos del cambio climático en aspectos como uso más eficiente del agua, mejoramiento genético y la búsqueda de genes para dar tolerancia a los distintos tipos de estrés que enfrentarán las plantas. El consorcio INIA Chile, INIA Uruguay y CIP de Perú, buscan aumentar la competitividad de los sistemas productivos de papa y quinua, a través de la selección y desarrollo de genotipos con mayor tolerancia a la sequía y a las altas temperaturas. Está orientado a determinar el potencial impacto del cambio climático en la región y en estos cultivos, colocar a disposición tanto de programas de mejoramiento locales como de productores genotipos y genes tolerantes a sequía y altas temperaturas, que permitan obtener rendimientos competitivos en el nuevo escenario climático. Y asimismo, se busca crear una instancia regional de trabajo y discusión en este tema.

4.2.1. Regresión producción de papa en función de elementos climáticos

La relación que existe entre la producción de papa expresada en Ton. y las temperaturas medias de las diferentes estaciones debidamente seleccionadas, humedad relativa promedio y precipitaciones totales mensuales promedio de la campaña agrícola y realizado el análisis de variancia de la regresión múltiple y de acuerdo a la probabilidad obtenida es superior a $\alpha = 0.05 < 0.00001$, es decir que la $F_c = 22.72$, este valor es muy superior al valor de F tabular, la cual indica que existe diferencia altamente significativa estadísticamente es decir que los valores

promedios de los elementos climáticos como variables independientes explican sobre la variable dependiente que es la producción de papa en los 49 años de observación.

CUADRO 13

ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN MÚLTIPLE POR MÍNIMOS CUADRADOS ORDINARIOS DE PRODUCCIÓN DE PAPA Y ELEMENTOS CLIMÁTICOS.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Prob.
Regresión	3	49.578	16.526	22.72	0.0000
residual	45	32.735	0.727		
Total	48	82.313			

Fuente: elaboración propia

$$S = 0.852910 \quad R\text{-Sq} = 60.2\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 57.6\%$$

Los parámetros con la desviación estándar $S = 0.852910$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 60.2\%$, nos está indicando que son buenas, debido a que entre variables dependiente e independientes existe una buena asociación entre los datos promedios de elementos climáticos y el rendimiento de la papa; también podemos atribuir, que los datos de las producciones de papa que han sido reportados por parte de las oficinas del Ministerio de Agricultura de Puno, han sido tomados adecuadamente utilizando una adecuada técnica de muestreo, para las regresiones se han utilizado los rendimientos promedio de las campañas agrícolas y la existencia de los diferentes pisos ecológicos y las diferentes

variedades de papa, entre ellas la existencia de la variedad amarga que se adapta mejor donde existe la presencia de las heladas como en algunas zonas agroecológicas del altiplano.

CUADRO 14

RESULTADOS DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE ENTRE LA PRODUCCIÓN DE PAPA Y ELEMENTOS CLIMÁTICOS DE LOS 49 AÑO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (1963-2012)

Variables	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Intercepto C(1)	-22.74162	3.307371	-6.876041	0.0000
Humedad Relativa C(2)	0.185545	0.047711	3.888968	0.0003
Temperatura promedio C(3)	1.421254	0.387212	3.670484	0.0006
Precipitación promedio C(4)	0.009841	0.012962	0.759179	0.4517
R-squared	0.602305	Mean dependent var		2.786687
Adjusted R-squared	0.575792	S.D. dependent var		1.309524
S.E. of regression	0.852910	Akaike info criterion		2.597782
Sum squared resid	32.73548	Schwarz criterion		2.752216
Log likelihood	-59.64565	Hannan-Quinn criter.		2.656374
F-statistic	22.71733	Durbin-Watson stat		1.091799

Fuente: elaboración propia.

El cuadro 14 muestra un rendimiento promedio de $2.786687 \cdot 10^5$ toneladas de papa. Con un coeficiente de determinación muy baja $r^2 = 60.2\%$, esto implica la muy buena asociación entre las variables en estudio. Para las variables humedad relativa se obtuvo una probabilidad de $P = 0.0003$, este valor es muy inferior a la probabilidad de $P = 0.05$, lo que ratifica que la t estadístico ($t = 3.89$), estos valores estadísticos indican que la variación de la humedad relativa influye directamente en la producción de papa en la región de Puno; para la variable de la temperatura mensual promedio de la campaña agrícola también se obtuvo una probabilidad de $P = 0.0006$, este valor es muy por debajo de la probabilidad $P = 0.05$, la cual indica que existe alta significancia estadísticamente, lo ratifica el valor de t estadístico ($t = 3.67$), en este caso la temperatura en el altiplano de Puno tiene influencia directa sobre la producción promedio de $2.786687 \cdot 10^5$ toneladas de papa. Sin embargo, la precipitación pluvial de acuerdo a las pruebas estadísticas indica que no existe diferencia significativa, debido probablemente a que los valores de las precipitaciones medias mensuales han presentado mucha variación en las diferentes campañas agrícolas, en los 49 años de estudio. Las probabilidades son superiores al $\alpha = 0.05$, este valor nos indica la no existencia de la dependencia entre la producción de papa y los elementos climáticos.

Del cuadro de la regresión se ha generado una ecuación de regresión lineal múltiple la misma que nos permitirá proyectar las tendencias de la producción promedio de papa a nivel del altiplano de Puno para los próximos 10, 25, 30, etc. Años.

$$PRO = - 22.7 + 1.42 TP + 0.0098 PP + 0.186 HR$$

4.2.2. Regresión producción de Quinua en función de elementos climáticos.

La relación que existe entre la producción de quinua expresada en Ton por 10⁵. Y promedio de las temperaturas medias de las diferentes estaciones debidamente seleccionadas, humedad relativa promedio y precipitaciones totales mensuales promedio de la campaña agrícola y realizado el análisis de variancia de la regresión múltiple y de acuerdo a la probabilidad obtenida es superior a $\alpha = 0.05 < 0.00002$, es decir que la $F_c = 17.70$ este valor calculado es muy superior al valor de F tabular, la cual indica que existe diferencia altamente significativa estadísticamente, es decir que los valores promedios de los elementos climáticos como variables independientes, explican sobre la variable dependiente que es la producción de quinua de los 49 años de observación.

CUADRO 15.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN MÚLTIPLE POR MÍNIMOS CUADRADOS ORDINARIOS DE PRODUCCIÓN DE QUINUA Y ELEMENTOS CLIMÁTICOS.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Prob.
Regresión	3	20.9011	6.9670	17.70	0.0000
residual	45	17.7085	0.3935		
Total	48	38.6096			

Fuente: Elaboración propia

$$S = 0.627314 \quad R\text{-Sq} = 54.1\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 51.1\%$$

Los parámetros con la desviación estándar $S = 0.627314$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 54.10\%$ es buena, debido a que entre variables dependiente e independientes existe una buena asociación entre datos promedios de elementos climáticos y la producción de quinua; también podemos atribuir a que los datos de la producción de quinua que han sido reportados por parte de las Oficinas del Ministerio de Agricultura de Puno, han sido tomado adecuadamente valores oficiales y así como para las regresiones se ha utilizado la producción promedio de la campaña agrícola y la existencia de los diferentes pisos ecológicos y las diferentes variedades de quinua entre ellas la existencia de las variedades muy resistentes a la sequía y que se adapta mejor donde existe la presencia de heladas en algunas zonas agroecológicas muy agrestes del altiplano puneño.

CUADRO 16

RESULTADOS DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE ENTRE LA PRODUCCIÓN DE QUINUA Y ELEMENTOS CLIMÁTICOS DE LOS 49 AÑO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (1963-2012)

Variable	Coeficiente	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Intercepto (C)	-15.58126	2.432565	-6.405280	0.0000
Humedad Relativa (HR)	0.121412	0.035091	3.459913	0.0012
Precipitacion pluvial (PP)	-0.007190	0.009534	-0.754105	0.4547
Temperatura media (TP)	1.094565	0.284793	3.843364	0.0004
R-squared	0.541345	Mean dependent var		1.291219
Adjusted R-squared	0.510768	S.D. dependent var		0.896865
S.E. of regresión	0.627314	Akaike info criterion		1.983367
Sum squared resid	17.70851	Schwarz criterion		2.137801
Log likelihood	-44.59250	Hannan-Quinn criter.		2.041959
F-statistic	17.70429	Durbin-Watson stat		1.030571

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 16 se muestra una producción promedio de 1.291219×10^4 toneladas de quinua. El coeficiente de determinación es muy baja $r^2 = 54.13\%$, este resultado implica la muy buena asociación entre las variables en estudio. Para las variables humedad relativa, se obtuvo una probabilidad de $P=0.0012$, este valor es inferior a la probabilidad de $P=0.05$, lo que ratifica la t estadístico ($t=3.43$), estos valores estadísticos indican que la variación de la humedad relativa influye directamente en la producción de quinua en la región de Puno; para la variable de la temperatura mensual promedio de la campaña agrícola también se obtuvo una probabilidad de $P=0.0004$, este valor es muy por debajo de la probabilidad

$P=0.05$, la cual indica que existe una alta significancia estadísticamente, así lo ratifica el valor de t estadístico ($t=3.84$), en este caso la temperatura en el altiplano de Puno tiene influencia directa sobre la producción promedio de $1.291219 \cdot 10^4$ toneladas de quinua. Sin embargo, la precipitación pluvial de acuerdo a las pruebas estadísticas indica que no existe diferencia significativa, debido probablemente a que los valores de las precipitaciones medias mensuales han presentado mucha variación en las diferentes campañas agrícolas en los 49 años de estudio.

Las probabilidades son superiores al $\alpha=0.05$, este valor nos indica la no existencia de la dependencia entre la producción de quinua y los elementos climáticos.

Del cuadro de regresión se ha generado una ecuación de la regresión lineal múltiple, la misma que nos permitirá proyectar las tendencias de la producción promedio de quinua a nivel del altiplano de Puno para los próximos 10, 20, 25, 30, etc. años.

$$QPRO = - 15.6 - 0.00719 PP + 1.09 TP + 0.121 HR$$

4.2.3. Relación entre Sub – Tipo Climático y la producción de papa y quinua

4.2.3.1 Sub – Tipo Climático “A” Circunlacustre:

Corresponde al área que bordea al lago Titicaca y la laguna Arapa, el origen de esta variante climática se encuentra en la acción termorreguladora del lago Titicaca, la cual consiste en la absorción del calor durante las horas de sol y su

pérdida lenta en las noches, permitiendo que los vientos del SE, que soplan sobre el agua, se calientan y humedezcan, elevando y manteniendo constantemente las temperaturas, cuyo promedio oscilan entre 9.5 °C y 5.5 °C. Este sub-tipo climático es el más favorable de todos para las actividades agrícolas, debido a que el fenómeno descrito evita las caídas de las temperaturas mínimas.

La humedad relativa presenta una variación uniforme durante el año, su valor medio oscila alrededor de 60 a 70%, el cual es bastante adecuado para el Altiplano, constituyendo la más clara comprobación de las condiciones climáticas favorables, ya que este factor meteorológico es un verdadero termo-regulador medio ambiental.



Figura 2: Isolas de la oscilación anual de temperatura de la cuenca del Titicaca para fines de zonificación agroclimática.

El total de horas de sol alcanza su máximo valor, de 280 horas, durante los meses Invernales, aunque en esta época la radiación solar no es la máxima debido al ángulo de incidencia de los rayos solares. Con respecto a los datos estos muestran una variación y distribución media anual muy uniforme. En primavera y verano, el cielo permanece parcial de 5/8 a 8/8, mientras que en otoño e invierno se tiene frecuentemente un cielo despejado. Según Aquize (1987), se caracteriza porque los valores de las oscilaciones de temperatura es de 10°C a 12°C, la media es de 8.5°C entre una máxima de 15° y una mínima de 2°C aproximadamente, como por ejemplo mencionamos a Puno, Juli, Capachica, Moho, etc.

4.2.3.2 Sub – tipo Climático “B” Puna Húmeda

En esta sub-zona, el medio ambiente tiene temperaturas máximas y mínimas promedio de 13°C y 6°C. Respectivamente, el rango de oscilación indica que las temperaturas sufren fuertes descensos ocasionando la presencia de heladas más o menos intensas, aunque de menor frecuencia y con un período de ocurrencias más corto que las que se producen en el tipo sub-climático “C” Las características principales de esta variante climática indica la existencia, durante todo el año, de condiciones ambientales bastante favorables para el desarrollo de las explotaciones agropecuarias. Se caracterizan por que recibe mayor cantidad de precipitación, que llega a los 760 mm., En promedio anual. La evaporación es muy irregular en su variación y distribución anual, con excepción de los últimos cuatro meses del año, durante los cuales se observan una cierta variación termo-evaporimétrica. La razón de este fenómeno parece ser la presencia de

esporádicas corrientes de vientos fuertes durante los primeros ocho meses del año. Según Aquize (1987), el valor de la oscilación de temperatura es de 13° a 15°C con una media de 7.5°C variando entre una máxima de 15° y una mínima de 1°C aproximadamente, como por ejemplo Huancane, llave, Desaguadero, Azángaro, etc.

4.2.3.3 Sub – tipo climático “C” o clima de Altiplano

Este impera sobre los extensos pastizales, donde las temperaturas promedio máxima y mínima están alrededor de los 13°C y 3°C., respectivamente, comprendiendo un amplio rango de oscilación. En consideración a estas características, se puede afirmar que en este sub-tipo climático las heladas son de fuerte intensidad y que abarcan un período de ocurrencias, por lo que la agricultura debe estar supeditada exclusivamente a plantas resistentes a temperaturas bajas. No obstante, los suelos y las buenas especies de pastos naturales constituyen zonas muy buenas para el desarrollo de la ganadería de tipo lanar y fibra. Las precipitaciones pluviales alcanzan promedio anual de 672 mm, en promedio.

La humedad relativa tiene una variación y distribución anual bastante uniforme, con una media mensual que varía alrededor de 65%. La nubosidad media oscila entre un máximo de 6/8 a un mínimo de 2/8.

Según Aquize (1987), donde el valor de la oscilación es de 16° a 19°C con una temperatura media aproximada de 6.0°C variando entre una máxima de 15° y una mínima de -2.0°C aproximadamente, como por ejemplo Juliaca, Chuquibambilla, Lagunillas, etc.

4.2.3.4 Sub – tipo climático “D” o clima de las alturas

Corresponde a todas las zonas de altura, de topografía sumamente accidentada, con suelos erosionados y con vegetación natural muy pobre. Existe poca información meteorológica en estas áreas, sin embargo se estima que la temperatura promedio es sumamente baja oscilando entre 0 °C y 6 °C., clara indicación de que las heladas son intensas y muy frecuentes, durante todo el año. Debido a estas condiciones, el área es agrícolamente casi improductiva, prosperando solo la ganadería de tipo autóctono. Aunque existe poca información meteorológica pero se estima que el promedio anual debe ser de alrededor de los 800 mm. Según Aquize, (1987) el valor de la oscilación es mayor a los 20°C con una temperatura media menor a 5°C variando entre una máxima de 15° y una mínima de -5°C aproximadamente, como por ejemplo: Mazo Cruz, Pampauta, etc.

4.3 Tendencias de las series históricas de los datos hidrometeorológicas de las principales estaciones del altiplano de Puno.

4.3.1. Temperaturas máximas, mínimas, medias y oscilación

Con el fin de cuantificar las tendencias de temperatura máxima, mínima y precipitación media, se realizó un análisis no-paramétrico de las series de tiempo de 10 estaciones meteorológicas ubicadas en las zonas del altiplano de Puno, con registros de 1963 a 2012. Se calcularon las tendencias de cambio de las variables climáticas para cada una de las estaciones mediante el método de estimación de pendiente de sen y se utilizó la prueba de mannKendall para determinar el nivel de confianza de dichas tendencias. La temperatura máxima

mostró tendencias positivas con niveles de confianza significativa (>90%) en la mayoría de las estaciones climáticas. Para la temperatura mínima, la tendencia positiva fue detectada en menor número de estaciones pero con mayores niveles de confianza estadística (12 estaciones superaron el 95%). La precipitación mostró tendencias significativas (>90%) sólo en siete de las 31 estaciones analizadas (seis de ellas fueron positivas y una negativa). Se utilizó el método de interpolación de distancia inversa ponderada (IDW) para generar los mapas de la distribución espacial de las tendencias. Mediante validación cruzada se encontró que el IDW tiene un mejor ajuste para la precipitación que para la temperatura. Se concluye que el cambio climático tiene manifestaciones locales en términos del comportamiento de las temperaturas y la precipitación para la zona de estudio, lo que podría generar impactos específicos sobre los sistemas productivos de la región.

Los estudios realizados sobre tendencia de la temperatura máxima son muy pocos. Para este análisis se tomaron los trabajos realizados por León (1990), 1996), mediante los cuales fue posible recopilar datos de 10 estaciones y en su mayoría localizadas en los diferentes pisos ecológicos del altiplano de Puno. Las diez estaciones meteorológicas experimentaron tendencias positivas, es decir va incrementándose cada año.

En el presente estudio, la tendencia de la temperatura máxima de media mensual, se obtuvo un coeficiente de correlación $r = 0.56$ y con un coeficiente de determinación de $r^2 = 30.90\%$, con un error típico de $0.2944\text{ }^\circ\text{C}$ en 49 años de observación y de acuerdo al análisis de variancia se obtuvo un Fc de 21.023 la cual indica una probabilidad de 0.0000336 la cual es menor al $\alpha = 0.05$ que es altamente significativo y la pendiente $\beta_1 = 0.017342632$ esto indica la tendencia positiva, es decir que la variación de la temperatura máxima va en incremento.

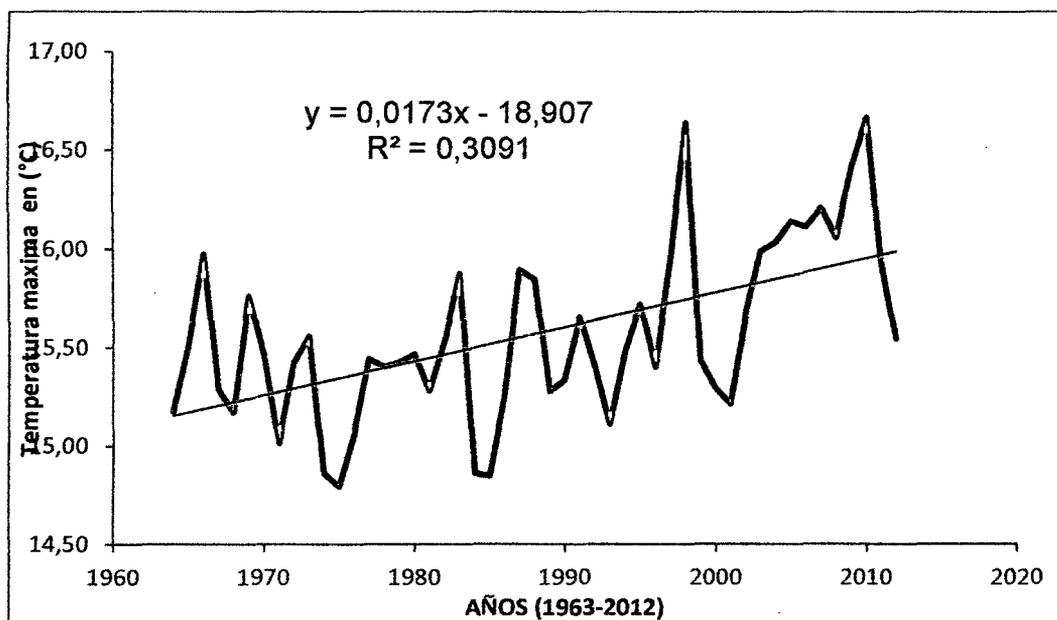


Figura 3: Tendencia de la Temperatura máxima media mensual de 49 años de observación (1963-2012).

La temperatura mínima es una variable muy significativa para este tipo de estudios por su sensibilidad a las variaciones que pueda tener el clima. En la figura 2, se ilustra la variabilidad y el análisis de 10 estaciones, de las cuales los 10 registran tendencias crecientes. No muestran ningún tipo de tendencia ninguna

estación meteorológica. De los resultados del análisis de tendencia se aprecia que tienen un crecimiento de la temperatura del orden de 0.5°C por años.

La tendencia de la temperatura mínima de media mensual, se obtuvo un coeficiente de correlación $r = 0.68$ y con un coeficiente de determinación de $r^2 = 46.87\%$, con un error típico de $0.304752111^{\circ}\text{C}$ en 49 años de observación y de acuerdo al análisis de variancia se obtuvo un Fc de 41.50 la cual indica una probabilidad de 0.000008 la cual es menor al $\alpha = 0.05$ que es altamente significativo y la pendiente $\beta_1 = 0.01982097$ esto indica la tendencia positiva, es decir que la variación de la temperatura máxima va en incremento.

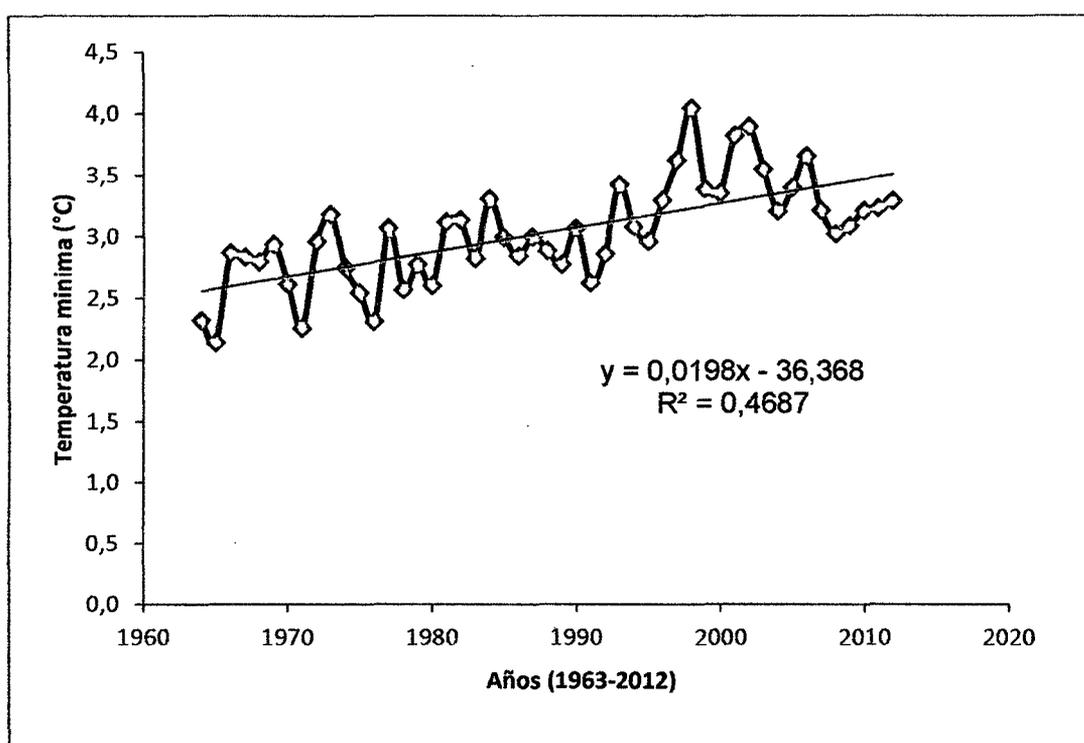


Figura 4: Tendencia de la Temperatura mínima media mensual de 49 años de observación (1963-2012).

La tendencia de la temperatura media mensual, se obtuvo un coeficiente de correlación $r = 0.73$ y con un coeficiente de determinación de $r^2 = 53.35\%$, con un

error típico de $0.25090088^{\circ}\text{C}$ en 49 años de observación y de acuerdo al análisis de variancia se obtuvo un Fc de 53.75 la cual indica una probabilidad de 0.000008 la cual es menor al $\alpha = 0.05$ que es altamente significativo y la pendiente $\beta_1 = 0.0185818$ esto indica la tendencia positiva, es decir que la variación de la temperatura máxima va en incremento.

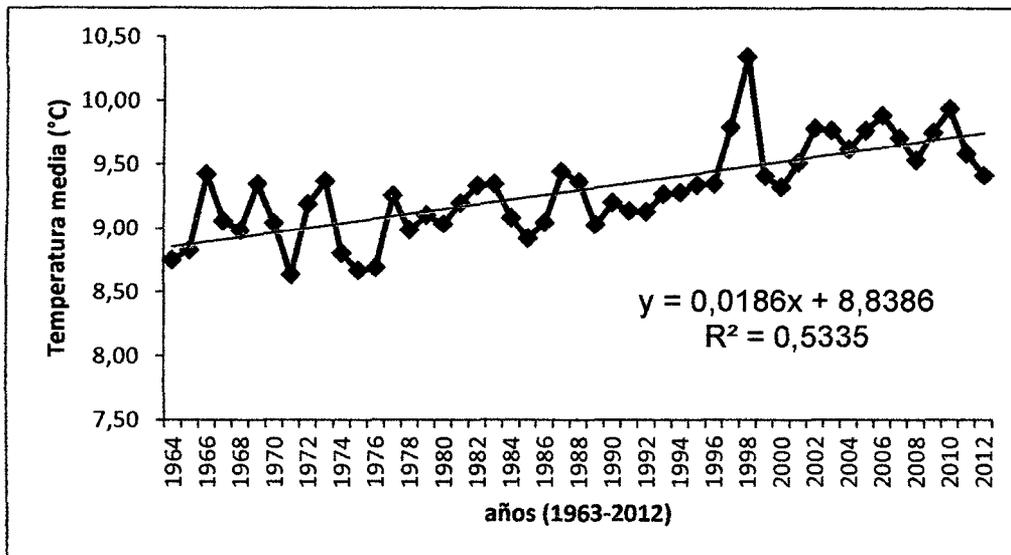


Figura 5: Tendencia de la Temperatura media mensual de 49 años de observación (1963-2012).

La tendencia de la oscilación de la temperatura media mensual, se obtuvo un coeficiente de correlación $r = 0.093$ y con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0.08\%$, con un error típico de 0.460095°C en 49 años de observación y de acuerdo al análisis de variancia se obtuvo un Fc de 0.411 la cual indica una probabilidad de 0.52457 la cual es superior al $\alpha = 0.05$ que es altamente significativo y la pendiente $\beta_1 = -0.003$ esto indica la tendencia negativa, es decir que la variación de la oscilación de la temperatura va en decremento.

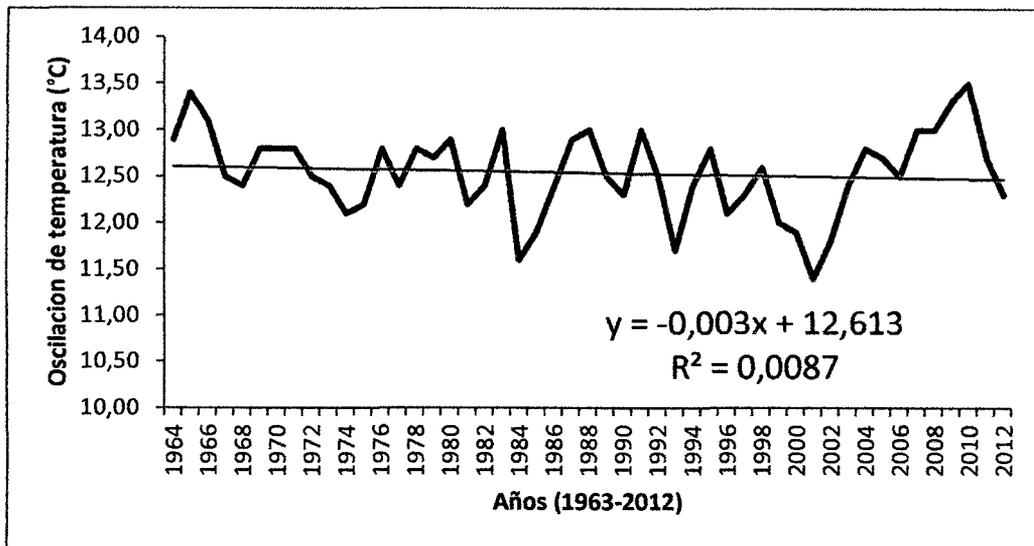


Figura 6: Tendencia de la oscilación de la Temperatura media mensual de los 49 años de observación (1963-2012).

La tendencia de la humedad relativa media mensual, se obtuvo un coeficiente de correlación $r = 0.53$ y con un coeficiente de determinación de $r^2 = 28.31\%$, con un error típico de 0.460095°C en 49 años de observación y de acuerdo al análisis de variancia se obtuvo un Fc de 18.56 la cual indica una probabilidad de 0.0000831 la cual es menor al $\alpha = 0.05$ que es altamente significativo y la pendiente $\beta_1 = 0.126847309$ esto indica la tendencia positivamente, es decir que la variación de la humedad relativa va en incremento.

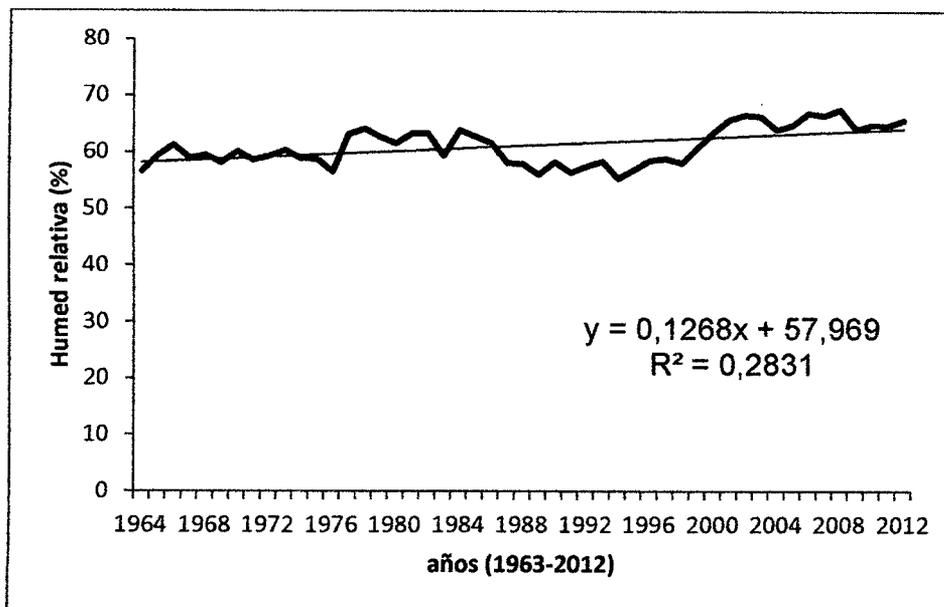


Figura 7: Tendencia de la humedad relativa (%) media mensual de los 49 años de observación (1963-2012)

La tendencia de la precipitación total mensual, se observa que se obtuvo un coeficiente de correlación $r = 0.22$ y con un coeficiente de determinación de $r^2 = 5.13\%$, con un error típico de 12.97129195 de pp en mm en 49 años de observación y de acuerdo al análisis de variancia se obtuvo un Fc de 2.54 la cual indica una probabilidad de 0.1175 la cual es superior al $\alpha = 0.05$ lo que indica que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, es decir no existe significancia y la pendiente $\beta_1 = 0.208899051$ esto indica la tendencia positiva, es decir que la variación de la precipitación pluvial va en incremento respecto al tiempo.

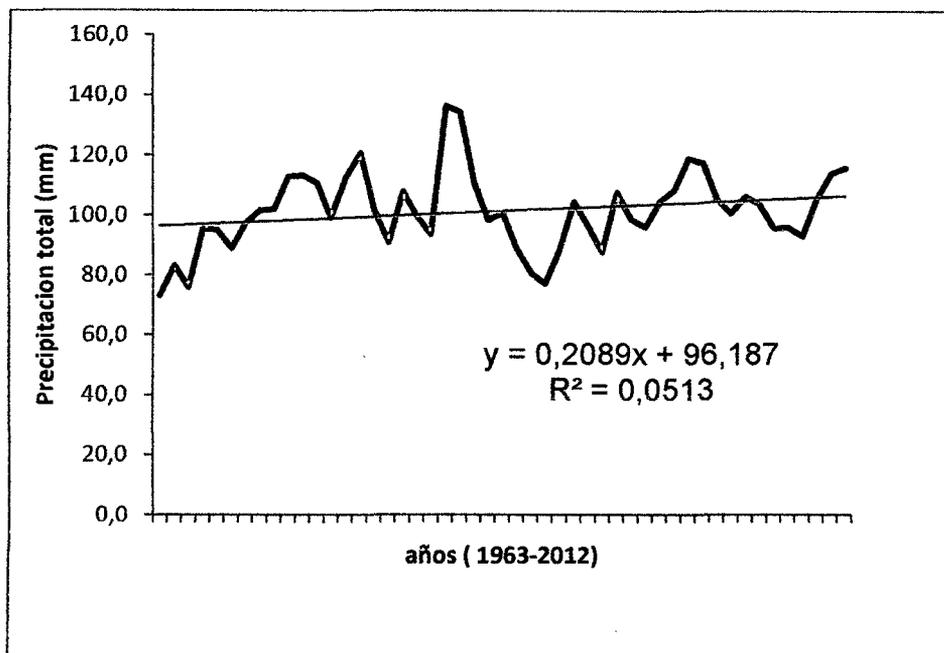


Figura 8: Tendencia de precipitación total de los 49 años de observación (1963-2012).

La principal característica de la precipitación en el altiplano es su alta variabilidad. Es decir, los valores de precipitación media anual en la cuenca del río Ramis, es la cuenca más grande y representativo del altiplano de Puno, registra una precipitación de 745 mm/año. Las mayores precipitaciones se dan durante los meses de enero, febrero y marzo, y representan el 50% de la acumulación total anual. Pequeñas precipitaciones entre mayo, junio y julio no son significativas para la agricultura. En cuanto a la evaporación para la cuenca del Ramis, el valor más bajo de evaporación se registra en la estación de Crucero, y es del orden de 905 mm/año, y los mayores valores se registran en la estación de Azángaro y Progreso del orden de 1.859 y 1.857 mm/año. En cambio, en la cuenca del llave, los valores son más bajos y su distribución espacial es más homogénea, con una diferencia significativa entre los meses del año.

4.3.2. Tendencias de las series históricas de la producción de papa y quinua

4.3.2.1. Tendencia de la producción de papa

La tendencia de la producción de papa en el altiplano de Puno, es de características cúbicas pero sin embargo es bastante notorio que es ascendente, es decir a medida que aumenta la temperatura promedio de las diferentes estaciones meteorológicas aumenta la producción agrícola en cuanto se refiere al cultivo de papa.

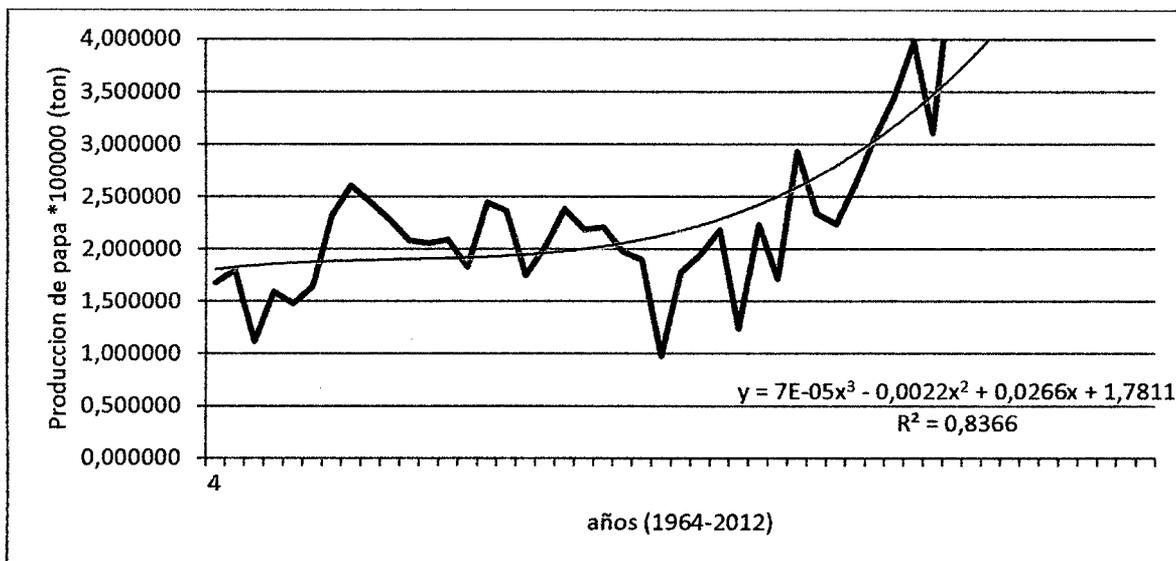


Figura 9: Tendencia de producción de papa de los 49 años de observación (1963-2012).

El coeficiente de determinación es bastante confiable es de 83.66. Los impactos que puedan tener los cambios en las condiciones climáticas sobre el cultivo de la papa, dependerán de múltiples factores y están relacionados directamente con la vulnerabilidad y capacidad de adaptación de los sistemas de producción frente a los cambios climáticos y las variaciones de los elementos climáticos. Estos

impactos probablemente conducirán a una disminución de la productividad del cultivo de la papa, pero con diferencias muy grandes entre unas regiones y otras. Los incrementos de la temperatura atmosférica aumentan la transpiración y demanda hídrica de las plantas de papa, por lo que en aquellas zonas como el altiplano de Puno y cultivo en secano a riego se esperarían serios problemas de estrés hídrico y variaciones y disminuciones en los rendimientos, que incluso pueden conducir a la inviabilidad del cultivo. Algunas zonas, principalmente de altas altitudes y latitudes, pueden verse beneficiadas por los aumentos de temperatura, que harán aptas para el cultivo tierras en las que anteriormente el cultivo era inviable. En estas nuevas tierras, serán necesarios análisis del impacto ambiental en suelos y páramos, para entender la tolerancia de las plantas a los altos niveles de radiación ultravioleta y desarrollar el cultivo de una forma ambientalmente sostenible.

Rasmusson y Carpenter (1982), afirman que aunque los aumentos en los niveles de dióxido de carbono por si solos pueden aumentar los rendimientos de algunos cultivos como la papa, tal como lo muestran diferentes experimentos en condiciones controladas, cuando en el campo se combinan con aumentos de temperatura, de radiación o con deficiencias hídricas, la fertilización por aumentos de CO₂ puede resultar no ser tan favorable.

4.3.2.1. Tendencia de la producción de quinua

La tendencia de la producción de la quinua en el altiplano de Puno, es de características cuadrática pero sin embargo es bastante notorio que es

ascendente, es decir que a medida que aumenta la temperatura promedio de las diferentes estaciones meteorológicas aumenta la producción agrícola en cuanto se refiere al cultivo de quinua, la curva estimada es bastante homogéneo respecto a la producción de la papa. El coeficiente de determinación es bastante confiable es de 86.88%

En cuanto al clima, la quinua por ser una planta muy plástica y tener amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco, hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta las cabeceras de la ceja de selva con mayor humedad relativa y a la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes, por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas.

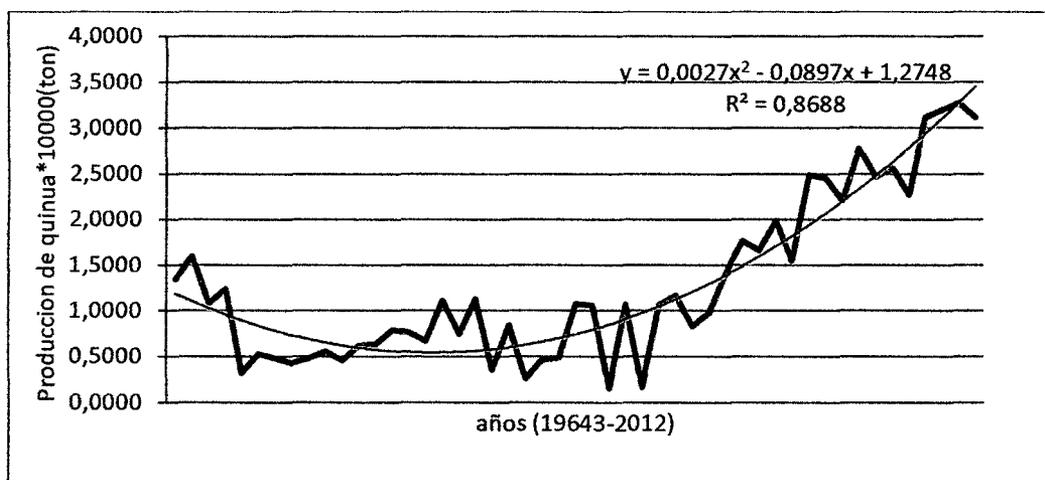


Figura 10: Tendencia de producción de quinua de los 49 años de observación (1963-2012)

Las condiciones climáticas y el suelo tienen influencias muy marcadas en la producción y productividad de la quinua. El clima está determinado por una serie de factores tales como altitud, precipitación, temperatura, latitud, vientos, iluminación. Dado a su cultivo en zonas marginales de los andes altos, la quinua se enfrenta con altos riesgos ambientales como heladas, sequías prolongadas, granizo, vientos fuertes, suelos pobres y ácidos. La temperatura óptima para la quinua esta alrededor de 8 – 15°C, puede soportar hasta –4°C, en determinadas etapas fenológicas, siendo más tolerante en la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano. La temperatura está determinada por la altura, la inclinación y exposición del campo y por la densidad del cultivo. La única posibilidad del productor de influir sobre la temperatura es mediante la selección de un campo bien ubicado y de la densidad de la siembra. Para una germinación aceptable la temperatura mínima para la quinua es de 5°C. Temperaturas mayores a 15 °C, causan pérdidas por respiración, traen el riesgo de ataques de insectos (sí las condiciones son secas) u hongos (sí las condiciones son húmedas). La presencia de veranillos prolongados, con altas temperaturas diurnas fuerza la formación de la panoja y su maduración, lo que repercute en bajos rendimientos.

La producción de quinua se incrementó de 8,014 t a 31,000 t entre los años 1985 y 2002 debido al aumento del área cosechada y de la productividad. De 11,860 ha cosechadas en el año 1985 se llegó a 31,500 ha en el año 2002; lo que representó un incremento de 166%. El rendimiento promedio anual mejoró en 46%, pasando de 0.68 t/ha a 0.98 t/ha en ese mismo período. Esta productividad,

aunque baja, es superior a la de Bolivia (0.64 t/ha) y Ecuador (0.5 t/ha). En Puno se concentra el 80% del área cosechada y el 81% de la producción nacional. Desde el año 1,993 se tienen reportes de exportaciones de quinua. De 45 t que se exportaron en el año 1,993 se pasó a 240 t en 2002, por un valor de \$288,109 dólares. Los principales importadores de quinua peruana en el año 2002 fueron Estados Unidos, Holanda, España y Alemania. Perú y Bolivia son los mayores productores y exportadores de este cultivo, seguidos por Ecuador y Colombia.

DISCUSIÓN.

Los científicos lo acaban de advertir: el calentamiento global amenaza a la biodiversidad de la papa, y por su causa podrían desaparecer muchas de las cinco mil variedades existentes. Fue enunciado durante una reunión de trabajo organizada el año del 2013 por el Centro Internacional de la Papa (CIP) en el Cusco, Perú. La elevación de la temperatura podría además provocar la aparición de nuevas plagas y una eventual destrucción del hábitat natural del tubérculo. Este cultivo milenario forma parte importante del sistema alimentario mundial. La papa es el primer producto no cerealero y a diferencia de los principales cereales, sólo una fracción del total de su producción ingresa al comercio internacional y sus precios generalmente se establecen por los costos locales de producción y no por las fluctuaciones del mercado mundial. Es por lo tanto un cultivo recomendado para la seguridad alimentaria, ya que puede ayudar a los productores de bajos recursos y a los consumidores vulnerables, a sobrellevar el momento de inestabilidad que experimenta hoy el abastecimiento y la demanda

mundial de alimentos. La papa es además una importante fuente de ingresos para los pequeños agricultores en todo el mundo (Vásquez, 2007).

Al depender la agricultura de factores climáticos, es natural pensar que ésta se verá afectada por los efectos del cambio climático, toda vez que las emisiones de gases efecto invernadero aumentan con el crecimiento económico, y éstas son la causa principal del calentamiento global. La base de la discusión se sustenta en que la evaporación del suelo se acelera cuando las temperaturas aumentan y con ella aumenta la transpiración de las plantas, lo que ocasiona más humedad en sus hojas, el efecto combinado es denominado "evapotranspiración." Debido al calentamiento global aumenta la probabilidad de las precipitaciones, el efecto neto de las altas temperaturas y mayor disponibilidad de agua, es una carrera entre una mayor evapotranspiración y precipitación más alta. Por lo general, se observa que gana el aumento de la evapotranspiración, Cline, (2007). También sostiene que el impacto del cambio climático en la agricultura es complejo, niveles altos de concentración de CO₂ tiene un impacto positivo, mientras que el aumento de la temperatura, al principio es positivo en el rendimiento del cultivo; pero después de ciertos límites es negativo, esto también sucede con las precipitaciones pluviales.

La variabilidad del clima, consecuencia de los diversos fenómenos naturales que se ha venido discutiendo; hace que los productos agrícolas en sus épocas de floración, etapa más importante para las plantas, no estén a su temperatura ideal para su desarrollo si no que estén por encima de su temperatura óptima o por debajo de ella. La producción de las plantas también responde a las variaciones del recurso hídrico, principalmente los procedentes de las precipitaciones, tanto

por su intensidad como por la temporada. Cline (2007), realizó estudios sobre los impactos del cambio climático en las producciones, él estimó que estos impactos serían negativos, más aún, sostiene que en países en desarrollo las pérdidas serán mayores, y hasta de 50 % de pérdida en los países más pobres. También remarca que los daños serán mayores en los países más cercanos al ecuador, donde las temperaturas ya se acercan a los niveles de tolerancia de los cultivos y éste sería el caso de Perú, en la zona norte principalmente.

Estudios como el de Jones *et al.*, (1997), plantean que los efectos directos serían sobre el rendimiento y manejo de cultivos, y que los efectos indirectos influirían en aspectos de análisis técnico económico de implementación de nuevas políticas y alternativas, sugiere la mejora tecnológica en cuanto al uso eficiente del agua, consistente en técnicas de riego y uso de fertilizantes como abonos orgánicos que permitan mantener la humedad del suelo y mayor absorción de las plantas, contrarrestando la pérdida de éstos debido al aumento de las temperaturas y disminución de las lluvias.

Cline, (2007) y otros estudios, sostienen que el impacto del cambio climático será heterogéneo dependiendo de la zona geográfica; esto es importante ya que el Perú consta de muchos microclimas constituyendo 84 zonas de vida de las 114 a nivel mundial y 28 tipos de clima de los 34 existentes en el planeta. De acuerdo a lo anterior el (CC) en el Perú tendrá diversos efectos dependiendo de las zonas y climas existentes lo que hará que las manifestaciones climáticas en unas regiones sean beneficiosas, incrementando las áreas de cultivo en las regiones frías y en

otras sean perjudiciales como en la región Piura por el incremento de la temperatura que actualmente está en niveles muy altos; aún más por la recurrencia e intensidad de eventos extremos como el Fenómeno del Niño. Existen 3 manifestaciones del cambio climático en el Perú debido al aumento de la temperatura global. La primera es la desglaciación de los principales nevados que ocasiona la pérdida de agua, fenómeno que se da desde 1987 estos nevados habían disminuido hasta en 40%, fenómeno que afecta a las latitudes altas y en general por la menor reserva de agua a nivel nacional. La segunda manifestación se refiere a la frecuencia e intensidad del Fenómeno del Niño, que afecta al Perú sobre todo en la parte norte, provoca inundaciones y pérdidas considerables principalmente en la agricultura. En el Sur estos eventos son escasos, pero pueden sobrevenir y son a menudo devastadores dándose el fenómeno contrario que es la sequía prolongada.

Los resultados del análisis nos muestran que las variables climáticas si afectan en la producción de cultivos, según la bondad de ajuste de los modelos, estos explican incluso que más del 50% de la producción de los cultivos están sometidos a los cambios climáticos. De los resultados observamos, cada cultivo tiene un umbral diferente de temperatura mínima de 8 °C, para la papa y -4 °C, para la quinua y una máxima de 15 °C para la papa y quinua. Dadas las proyecciones de las temperaturas obtenidas por Senamhi, se tiene que los cultivos estudiados, papa y quinua son buenos de pronóstico, esto se debe a que las temperaturas actuales de los cultivos se encuentran en el umbral requerido por dichos cultivos,

En lo referente a las precipitaciones y dado los análisis estadísticos de las pruebas de significancia de Tukey. Con desviación estándar de los rangos obtenidos es $S_y = 1.089$ y el coeficiente de determinación $r^2 = 70.81\%$ y el coeficiente de determinación ajustado $r^2 = 70.26\%$ estos parámetros nos indican la confiabilidad en cuanto a la distribución y dispersión de las diez estaciones meteorológicas para las series históricas de los años(1963-2012), 49 años de observación, por lo que concluimos manifestando que las precipitaciones medias no correlacionan, por lo que las fluctuaciones dependerá fundamentalmente del clima.

Las producciones de ambos cultivos se observa que ha ido en aumento, de $2.786687 \cdot 10^5$ toneladas de papa y de $1.291219 \cdot 10^5$ toneladas de quinua. Esto se debe a que las temperaturas de los cultivos se encuentran en el umbral requerido por los cultivos, claro está que es necesario tomar en cuenta los eventos externos, que estos si afectan a toda la agricultura de la región sur del Perú.

CONCLUSIONES

Primera: De acuerdo a las proyecciones efectuadas, el cambio climático afectará los elementos básicos de la vida de personas de todas partes del mundo el acceso al agua, la producción de alimentos, la sanidad, y el medio ambiente. Cientos de millones de personas podrían sufrir hambre, escasez de agua e inundaciones costeras a medida que se calienta el planeta. El cambio climático y la degradación ambiental es considerada como la crisis de la civilización moderna, que finalmente está marcada por la destrucción del hábitat de millones de especies a nivel mundial así como para el deterioro de la calidad de vida, de esta situación es culpable principalmente el proceso económico, razón por la cual es importante elaborar e implementar políticas que contribuyan a la creación de bases de sustentabilidad ecológica para elevar los niveles de desarrollo y así a través del tiempo se inicien a cambiar los patrones de producción y consumo a nivel mundial.

Segunda: La agricultura en el altiplano de Puno, tiene una elevada exposición al riesgo del cambio climático. Las inundaciones y las sequías que se han presentado en esta región han traído consigo importantes pérdidas económicas; por ello es importante que se diseñen estrategias que permitan reducir dichos riesgos y ayuden a hacer más rentables las inversiones, elevando con ello la producción y la productividad de la actividad agrícola y pecuaria.

Tercera: La mayoría de las estaciones analizadas muestran una tendencia creciente de la temperatura, aproximadamente de $0.8^{\circ}\text{C}/25$ años para la media, $1.4^{\circ}\text{C}/49$ años para la máxima y $1.0^{\circ}\text{C}/25$ años para la mínima. No obstante, no se aprecia una regionalización de la tendencia de la temperatura, para ninguno de los tres parámetros. Algunas estaciones muestran unas tasas muy altas de tendencia, como consecuencia del rápido desarrollo agrícola, industrial y urbano que se ha dado en torno de ellas.

Cuarta: Las estaciones que registran tendencias negativas, en su gran mayoría están relacionadas con problemas en la calidad de los datos, estado del instrumental, emplazamiento y reubicación de las estaciones. La temperatura del aire, en particular la temperatura máxima, es sensible a las variaciones regionales del clima, como el caso del Fenómeno Cálido del Pacífico. Durante estos eventos se observa incrementos relativos de la temperatura del aire. La temperatura media, mínima y máxima, revelan una señal de calentamiento; en particular, la temperatura mínima muestra una mejor respuesta a los incrementos de la temperatura asociados con el calentamiento global.

Quinta: La bondad de ajuste efectuado mediante cálculos de Smirnov Kolmogorov. Para la producción de papa y la quinua se ajustan a la distribución normal, con un nivel de significación del 5% parámetros de la distribución normal, con momentos ordinarios: Parámetro de localización (X_m)= 9.4566 toneladas por hectárea de la producción de la papa y parámetro de escala (S)= 1.2845 de papa expresada en Ton/ha: y Con momentos lineales: Media lineal (X_l)= 9.4566

Desviación estándar lineal (SI)= 1.1542. Los rendimientos varían entre un mínimo de 5.3405 hasta un máximo de 11.0468 toneladas por hectárea de papa y la quinua. La bondad de ajuste se ha efectuado mediante los cálculos de Smirnov Kolmogorov. Ajuste con momentos ordinarios: Como el delta teórico 0.2304, es menor que el delta tabular 0.1943. Los datos no se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5% parámetros de la distribución normal, con momentos ordinarios: Parámetro de localización (X_m)= 1.5794 toneladas por hectárea y parámetro de escala (S)= 0.9316. Con momentos lineales: Media lineal (X_l)= 1.5794. Desviación estándar lineal (SI)= 0.877. Los rendimientos varían entre un mínimo de 5.3405 Ton/ha. Hasta un máximo de 11.0468 ton/ha.

Sexta: Existe una relación directa entre la producción de papa expresada en Toneladas y las temperaturas medias de las diferentes estaciones debidamente seleccionadas, humedad relativa promedio y precipitaciones totales mensuales promedio de la campaña agrícola y realizada el análisis de variancia de la regresión múltiple y de acuerdo a la probabilidad obtenida es superior a $\alpha = 0.05 < 0.00001$, es decir que la $F_c = 22.72$ este valor es muy superior al valor de F tabular, la cual indica que existe diferencia altamente significativa estadísticamente es decir que los valores promedios de los elementos climáticos como variables independientes explican sobre la variable dependiente que es la producción de papa de los 49 años de observación, se obtuvo una producción promedio de $2.786687 \cdot 10^5$ toneladas de papa. Con un coeficiente de determinación muy baja $r^2 = 60.2\%$, esto implica la muy buena asociación entre las variables en estudio. Para la variable humedad relativa se obtuvo una

probabilidad de $P=0.0003$, este valor es muy inferior a la probabilidad de $P=0.05$, lo que ratifica la t estadístico ($t=3.89$), estos valores estadístico indican que la variación de la humedad relativa influye directamente con la producción de papa en la región de Puno.

Séptima: La relación es directa entre la producción de quinua expresada en Toneladas por 10^5 . Y promedio de las temperaturas medias de las diferentes estaciones debidamente seleccionadas, humedad relativa promedio y precipitaciones totales mensuales promedio de la campaña agrícola, realizada el análisis de variancia de la regresión múltiple y de acuerdo a la probabilidad obtenida es superior a $\alpha= 0.05 < 0.00002$, es decir que la $F_c= 17.70$, este valor calculado es muy superior al valor de F tabular, la cual indica que existe diferencia altamente significativa estadísticamente, se obtuvo una producción promedio de $1.291219 \cdot 10^4$ toneladas de quinua. Con un coeficiente de determinación muy baja $r^2= 54.13\%$, para la variable humedad relativa se obtuvo una probabilidad de $P=0.0012$, este valor es muy inferior a la probabilidad de $P=0.05$, lo que ratifica la t estadístico ($t=3.43$), estos valores estadísticos indican que la variación de la humedad relativa influye directamente a la producción de papa en la región de Puno.

Octava: En las tendencia de las producciones de papa y quinua se obtuvieron unas tendencias positivas de grado cuadrática y en ambos cultivos tienen el coeficiente de determinación que son muy buenas, es decir a medida que aumenta la tendencia de la temperatura aumentan las producciones en ambos

cultivos; sin embargo la precipitación promedio mensual no relacionan para ambos cultivos, es decir que no existe significancia entre las producciones de papa y quinua

RECOMENDACIONES

1. Contribuir con un programa de educación ambiental para evitar el uso de productos como son los aerosoles de cualquier clase. Así como limpiadores y desodorantes. Estos contienen clorofluorocarbonos que contribuyen al deterioro de la capa de ozono que nos protege de la incidencia de los rayos ultravioletas que provienen del sol.

2. Ante la poca disponibilidad de recursos se propone que las estrategias sean focalizadas y se orienten a temas prioritarios a fin de tener el mayor impacto posible. Dos vertientes pueden ser las relevantes. Una es enfrentar las causas; y la otra el cambio climático. En este sentido, como se indica en la tesis, los países en vías de desarrollo son quienes menos contribuyen al calentamiento global y en consecuencia son quienes pueden apoyar en menor medida a que el clima no se altere, pero son quienes padecen más sus efectos. Por ello, aunque es importante realizar medidas para reducir el cambio climático sería mejor implementar estrategias de adaptación. Para ello será conveniente la participación de diferentes actores: gobierno, sector privado, universidades, la comunidad internacional, y la sociedad civil.

3. En principio es importante fomentar la investigación a fin de aprovechar la tecnología aplicada en otros países o en algunas regiones como las de Chile, para que los cultivos puedan adaptarse a climas más cálidos, se aprovechen de mejor forma los recursos hídricos y se controlen las enfermedades por plagas; y para alentar la investigación en estas áreas se podrían otorgar subvenciones a Universidades e institutos de investigación u obtener financiamiento de la comunidad internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceituno, P. (1992). El Niño, the Southern Oscillation and ENSO: confusing names for a complex ocean-atmosphere interaction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* , 483-485.
- Águeda, B., Rodríguez, R. M., & Portela, A. (2004) Percepción pública de las variaciones climáticas recientes. Departamento de Física. Universidad Europea de Madrid. Madrid, pp. 1-15.
- Ahrens, D. C. (2003). *Meteorology today : an introduction to weather, climate, and the environment* (Séptima edición ed.). Australia: Thomson.
- Alva, W. (2005). *Geografía General del Perú*. Lima: San Marcos.
- Amador, J., & Alfaro, E. (2009). Métodos de reducción de escala: aplicaciones al tiempo, clima, variabilidad climática y cambio climático. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* , 39- 52.
- Amat y León C. (2008). *El Cambio Climático no tiene fronteras : Impacto del Cambio Climático en la Comunidad Andina*. Lima: Secretaria General de la Comunidad Andina.
- Andina, (2011). "Comunidad internacional y Cambio Climático Global. A propósito De nuevas tendencias y escenarios "
- Arce (1966), *Pronostico Climático De Temperatura Y Precipitación Basado en El Estado De Las Temperaturas Del Mar En El Pacífico Ecuatorial*".
- Aquize, E. (1997). *Cambios Climaticos en el Departamento de Puno*.
- Barrera,C. (1987). *Guia Saniamiento Basico Industrial*. Editorial,Mcgraw-Hill. México.
- Bernex, Nicole (2007) *Fortalecimiento de las capacidades para responder a emergencias en el Callejón de Huaylas – Perú*. No publicado.

- Bjerknes, K. (2009). Calentamiento del Pacífico ecuatorial.
- Camarasa, B & Moreno, F. (1994). Algunas reflexiones sobre la percepción del cambio climático en una muestra de población adulta de nivel cultural medio. *Serie Geográfica*, 4, 127-132.
- CARE (2010) "Manual para el Análisis de Capacidad y Vulnerabilidad Climática". Lima.
- CEPAL. (2010). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 201*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CNCC – Comisión Nacional de Cambio Climático (2002) Estrategia Nacional de Cambio Climático. Octava versión.
- Consorcio INTECSA, (1993). Plan Director Global Binacional de Protección - Prevención de Inundaciones y Aprovechamiento de los Recursos del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa – Sistema TDPS.
- Convención, (1992) Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Nueva York.
- Cline W.R. (2007) "global warming and agricultural: impact estimates by country" center for global development and Peterson Institute for international economics, Washington
- Davila, (1957), Climatología, "Calentamiento mundial y agricultura"
- De la Torre, A., Fajnzylber, P., & Nash, J. (2009). *Desarrollo con menos carbono: Respuestas latinoamericanas al desafío del Cambio Climático*. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- El COMERCIO, (2011), Comentario Técnico Científico sobre Cambio Climático

Escobal J & Ponce C (2010) Adaptación al cambio climático en contextos de desarrollo territorial rural: la experiencia en Jauja. Lima: Instituto Geofísico del Perú.

FAO/PNUMA (1985). Manejo de Fauna Silvestre y Desarrollo Rural. Lima. Perú

Feldmann, F., F urriela, R. Rachel, B. (2001). Climate change and the greenhouse

effect"-A briefing from the Hadley Center-Met office

Hadley Center.

Fernández, F. (1996). Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Síntesis.

Fuentes Yagüe, J. L. (2000). *Iniciación a la meteorología y la climatología*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Gomez, C. (2007). Tecnologías respondiendo a los desastres. Lima: Soluciones Prácticas –ITDG.

Hadley D. (2010): "Belice: Efectos del cambio climático Sobre la agricultura"

Hellin, J., Hignman S., Jacobsen, S.-E. 2004. Quinoa and food security in the Andes (La quinua y la seguridad alimentaria en los Andes). En Jacobsen, S.-E.,

Huamaní, J. C. (2005). Atlas de heladas. Lima: Ministerio de Agricultura. Dirección General de Información Agraria : SENAMHI.

IPCC, (2001) Panel Intergubernamental de Experimentos Sobre Cambio Climático. Impactos del Cambio Climático. Tercer Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Anexo I. Glosario

- IPCC, (2007) Panel Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático). Impactos del Cambio Climático. Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático.
- IPCC, (2007) Panel Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
- IPCC. (2001). En: Houghton J. T., Yihui D., et al. (editores). The Scientific Basis. Third Assessment Report of Working Group I. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sanabria Q.(2005). Impacto del cambio climático sobre el cultivo papa en el Altiplano Peruano SENAMHI. Ministerio del Ambiente
- Lagos, P., Silva, Y., & Nickl, E. (2004). El Niño y la precipitación en los Andes del Perú. 1.17.
- Lagos, P., Silva, Y., Nickl, E., & Mosquera, K. (2008). El Niño - related precipitation variability in Perú. *Advances in Geosciences* , 231-237.
- León, G. (1990). Variabilidad de la temperatura y de la precipitación en San Andrés - Isla. Memorias del IV Congreso Interamericano y II Congreso Colombiano de Meteorología, pp199-204.
- León, G. (1996). Fluctuaciones y Tendencias de la Temperatura del Aire en la Zona Central de la Cordillera Oriental-Colombia. Memorias del IV Congreso Colombiano de Meteorología. pp217-228.
- León, G. (1998). Variabilidad y tendencia de la temperatura del aire en las cuatro principales ciudades de Colombia. IDEAM-METEO/0009-98.
- León, G. & J. Eslava. (1996). Fluctuaciones y Tendencias de la Temperatura del Aire en la Zona Central de la Cordillera Oriental-Colombia. *Atmósfera*, 24.

- Lowenthal, D. (1961). Geography, experience and imagination: towards a geographical epistemology. *Annals of the Association of American Geographers* , 241-260.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city*. Massachusetts: Tp y Hup.
- Macharé, J., &Ortlieb, L. (1993). Registros del Fenómeno El Niño en el Perú. *Bull. Instfr. étudesandines*, 33-52.
- Miller, T (1992). *Ecología y Medio Ambiente*. Editorial McGraw-Hill. Mexico,
- MINAM,(2009). Ministerio del Ambiente, Gobierno Regional de Ancash, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD. (2009). *Evaluación Local Integrada y Estrategia de Adaptación al Cambio Climático en el Río Santa*. Lima: MINAM.
- MINAM, (2010a). Ministerio del Ambiente Segunda Comunicación Nacional del Perú. Lima.
- MINAM, (2010b). Ministerio del Ambiente. Portal de Cambio Climático. Recuperado el 29 de Setiembre de 2011, de <http://cambioclimatico.minam.gob.pe/cambio-climatico/sobre-cambio-climatico/que-impactos-tiene/en-el-peru/>
- Monheim (1974) *Meteorológico en la Vertiente del Pacífico del Perú con Fines de Evaluación y Pronóstico del Fenómeno El Niño para Prevención y Mitigación de Desastres*. Lima. 1999
- Montealegre, J. E. (2004). *Escalas de la Variabilidad Climática*. Bogotá: Insituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. N°2: 287-292.
- Montealegre, J. E. (2004). *Escalas de la Variabilidad Climática*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.
- Montealegre, J. E. (2004). *Escalas de la Variabilidad Climática*. Bogotá: Insituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

- Novoa G, Zaniel (1998) Medio Ambiente y Desarrollo Local. Percepción y Valoración Comunitaria del Ambiente”. CIGA – Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Nuere, S. (2000). ¿Qué es la cartografía mental? *Arte, Individuo y Sociedad* , 12, 229-239.
- Ochaíta Alderete, E. (1983). La teoría de Piaget sobre el desarrollo del conocimiento espacial. *Estudios de Psicología* , 93-108.
- FAO, (1997). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Secretaría del Año Internacional de la Quinua.
- Ortega Alba, F. (1991). Incertidumbre y riesgos naturales. XII Congreso Nacional de Geografía. Valencia, pp. 99-108.
- Ortega Alba, F. (1991). Incertidumbre y riesgos naturales. XII Congreso Nacional de Geografía. Valencia, pp. 99-108.
- Pablo Ramon A. Faynzylber B (2009): “Análisis Económico de las funciones de producción agrícola. Una aplicación al cultivo del trigo”. Universidad politécnica de Madrid. Presenta en su investigación las tres funciones agrícolas como resultado para el trigo.
- Peñaherrera, C. (1969). Geografía General del Perú. Lima: Ausonia Talleres Gráficos.
- Peñuelas, J. (1993). El aire de la vida (una introducción a la ecología atmosférica). Ariel, Barcelona
- Percy, M. (1987). SENAMHI “tiempo” y “clima
- PNUD (2007) Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: solidaridad frente a un mundo dividido. Nueva York.
- Porter, J; Parry, M.; Carter, T. (1991). The potential effects of climatic change on agriculture and insect pests. *Agricultural and forestry meteorology*. 57:221-240.

- Proyecto, (2009). Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Evaluación Local Integrada y Estrategia de Adaptación al Cambio Climático en el Río Santa. Lima: Ministerio del Ambiente-MINAM.
- Pulgar Vidal, J. (1987). Geografía del Perú: las ocho regiones naturales: la regionalización transversal: la micro regionalización. Lima: PEISA.
- Ramírez, P. (2008). Fenómeno El Niño. 1-9.
- Rasmusson y Carpenter, (1982). El Niño, fase cálida del ENOS
- Ravines, R. (1978). Tecnología Andina. Primera edición. Lima: Instituto de Estudios Peruanos/Instituto de Investigación Tecnológica, Industrial y de Normas Técnicas.
- Salinger, M.; Desjardins, R.; Jones, B.; Sivakumar, M.; Strommen, N.; Veerasamy, S.; Lianhai, W. (1997). Climate variability, agriculture and forestry: an up date. World Meteorological Organization. WMO-841. Geneva-Switzerland. 51pp.
- Senamhi, (2007). Boletines hidrometeorológicos regionales anuales. Lima: Senamhi, s/f. Boletines emitidos en Piura, Lambayeque, Cajamarca, Ica, Arequipa, Tacna, Loreto, San Martín, Huánuco, Junín, Cusco y Puno.
- Senamhi, (2007). *Boletines hidrometeorológicos regionales anuales*. Lima: Senamhi, s/f. Boletines emitidos en Piura, Lambayeque, Cajamarca, Ica, Arequipa, Tacna, Loreto, San Martín, Huánuco, Junín, Cusco y Puno.
- SENAMHI, (2008). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2008) Guía Climática Turística. Lima: SENAMHI.
- Silva, Y. (2007). Capítulo 21. Variabilidad Climática. Material de enseñanza. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Sistema, (2011). TDPS» (en español). *Autoridad binacional autónoma del sistema hídrico TCPS*. Consultado el 12 de febrero de Smith, R., & Smith, T. (2001). *Ecología* (Cuarta edición ed.). Madrid: Pearson Educación.
- Taylor y Aquize (1983). *El Cambio Climático y sus Efectos en el Perú*
- Torres, J., & Gómez, A. (2008). *Adaptación al cambio climático: de los fríos y los calores en los Andes*. (J. Torres, & A. Gómez, Edits.) Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.
- Vara, J. L. (2008). *Cinco décadas de Geografía de la percepción*. 371-384.
- Vara, J. L. (2010). *Análisis de textos en Geografía de la Percepción: Estado de la cuestión y bases conceptuales*. *Baetica* , 127-146.
- Vidal, R. (1999) *Estudio Hidrológico - Meteorológico en la Vertiente del Pacífico del Perú con Fines de Evaluación y Pronóstico*.
- Vásquez, N. (2007). *Cambio Climatico.org*. Recuperado el 3 de Noviembre <http://www.cambioclimatico.org/contenido/la-variabilidad-una-constante-en-nuestro-clima>
- Vulnerability. Summary for policy makers. Report of IPCC Working group II. 16pp.
- Watson, R.; Zinyowera, M.; Moss, R.; Dokken, D. 1997. *The regional impacts of climate change: an assessment*.
- Webster, P.J. (1994) *The role of Hydrological Processes in Ocean Atmosphere Interactions*.
- Woodman (1999) *análisis de correlación*
- Woodman (1999) *analysis de correlation*

Young, K. (2006) Adaptive Governance and Climate Change in the Tropical Highlands of western South America. Texas: 63 -102.

Zaniel, R. (1998). "Pronostico Climático De Temperatura Y Precipitación Basado En El Estado De Las Temperaturas Del Mar En El Pacifico Ecuatorial"- Bo

ANEXOS

CUADRO 17**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS METEREOLÓGICOS DE LA SERIE HISTÓRICA DE (1963-2012) DE LA ESTACION AYAVIRI**

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Media	9.503955	16.67858	2.414043	58.55329	95.98939	13.52557
Mediana	9.884200	16.51667	2.350000	56.63773	91.56667	13.47977
Máximo	11.04681	18.76667	4.033333	75.83333	136.0833	15.21667
Mínimo	5.340480	15.21667	0.950000	40.50000	50.68333	12.26459
Std. Desviación.	1.206973	0.794149	0.770311	8.611266	20.30550	0.802780
Kurtosis	6.442970	3.150830	2.141125	2.411686	2.630800	2.188295
Probabilidad	0.000000	0.127695	0.467105	0.454075	0.769595	0.306254
Suma	465.6938	817.2504	118.2881	2869.111	4703.480	662.7529
Sum Sq. Dev.	69.92561	30.27231	28.48216	3559.387	19791.04	30.93386
Observaciones	49	49	49	49	49	49

CUADRO 18**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS METEREOLÓGICOS DE LA SERIE HISTÓRICA DE (1963-2012) DE LA ESTACION DE AZANGARO**

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Media	9.456590	16.49910	3.989252	64.97023	81.81980	12.50985
Mediana	9.884200	16.33333	3.947312	63.83333	77.68333	12.45000
Máximo	11.04681	18.45000	4.833333	80.00000	145.7000	14.23333
Mínimo	5.340480	15.16667	3.133333	54.00000	53.88333	10.76667
Std. Desviación.	1.284521	0.781702	0.381345	7.124159	17.74442	0.780950
Kurtosis	5.209403	2.998643	2.789833	2.178822	6.096558	2.478058
Probabilidad	0.000000	0.171527	0.812899	0.267814	0.000000	0.617876
Suma	463.3729	808.4560	195.4734	3183.541	4009.170	612.9827
Sum Sq. Dev.	79.19967	29.33082	6.980368	2436.175	15113.49	29.27439
Observaciones	49	49	49	49	49	49

CUADRO 19**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS METEREOLÓGICOS DE LA SERIE HISTÓRICA DE (1963-2012) DE LA ESTACION DE HUANACANE**

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Media	9.456590	15.17857	3.326667	63.79577	95.44694	11.85190
Mediana	9.884200	15.18333	3.433333	60.50000	92.63333	11.95000
Máximo	11.04681	16.96667	5.466667	87.16667	142.7333	14.33333
Mínimo	5.340480	13.43333	0.900000	46.50000	56.46667	9.650000
Std. Desviación.	1.284521	0.784013	0.747200	10.95390	19.47992	1.012531
Kurtosis	5.209403	2.822719	4.746446	2.516483	2.967999	2.463259
Probabilidad	0.000000	0.911270	0.020310	0.083608	0.441330	0.715750
Suma	463.3729	743.7500	163.0067	3125.993	4676.900	580.7433
Sum Sq. Dev.	79.19967	29.50444	26.79876	5759.421	18214.42	49.21053
Observaciones	49	49	49	49	49	49

CUADRO 20**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS METEREOLÓGICOS DE LA SERIE HISTÓRICA DE (1963-2012) DE LA ESTACION DE IILAVE**

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Media	9.456590	15.33951	3.656941	59.36461	99.59617	11.68257
Mediana	9.884200	15.28333	3.700000	59.33333	96.00000	11.64630
Máximo	11.04681	17.25000	5.133333	80.66667	165.6333	14.60000
Mínimo	5.340480	13.16667	1.100000	29.66667	29.85000	9.466667
Std. Desviación.	1.284521	0.752001	0.839791	7.640475	27.69839	1.043978
Kurtosis	5.209403	3.817842	3.148675	6.910966	3.348038	3.523910
Probabilidad	0.000000	0.484423	0.380841	0.000000	0.860929	0.439498
Suma	463.3729	751.6360	179.1901	2908.866	4880.212	572.4459
Sum Sq. Dev.	79.19967	27.14423	33.85193	2802.089	36825.64	52.31472
Observaciones	49	49	49	49	49	49

CUADRO 21

**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS METEREOLÓGICOS DE LA SERIE
HISTÓRICA DE (1963-2012) DE LA ESTACION DE JULI**

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Media	9.456590	14.32116	4.467189	62.55131	124.6864	9.853971
Mediana	9.884200	14.33333	4.500000	62.00000	124.1833	9.753992
Máximo	11.04681	15.58333	5.500000	77.83333	187.6500	12.55000
Mínimo	5.340480	12.85000	1.883333	51.50000	63.43333	8.500000
Std. Desviación.	1.284521	0.498147	0.663453	6.885780	25.96204	0.730700
Kurtosis	5.209403	4.059640	6.238346	2.666822	3.297986	5.292905
Probabilidad	0.000000	0.206432	0.000000	0.192003	0.741945	0.000019
Suma	463.3729	701.7369	218.8923	3065.014	6109.635	482.8446
Sum Sq. Dev.	79.19967	11.91123	21.12817	2275.870	32353.33	25.62826
Observaciones	49	49	49	49	49	49

CUADRO 22

**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS METEREOLÓGICOS DE LA SERIE
HISTÓRICA DE (1963-2012) DE LA ESTACION DE LAMPA**

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Media	9.456590	16.76224	2.544422	60.26531	105.7769	14.21782
Mediana	9.884200	16.71667	2.600000	61.16667	100.0500	14.33333
Máximo	11.04681	18.45000	4.050000	78.83333	250.6167	17.50000
Mínimo	5.340480	14.65000	0.633333	45.00000	61.83333	10.78333
Std. Desviación.	1.284521	0.814785	0.732121	6.880589	32.71813	1.142744
Kurtosis	5.209403	3.018001	2.755704	3.108473	9.866373	4.200364
Probabilidad	0.000000	0.839338	0.884105	0.956527	0.000000	0.222090
Suma	463.3729	821.3500	124.6767	2953.000	5183.067	696.6733
Sum Sq. Dev.	79.19967	31.86599	25.72808	2272.440	51382.83	62.68148
Observaciones	49	49	49	49	49	49

CUADRO 23**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS METEREOLÓGICOS DE LA SERIE HISTÓRICA DE (1963-2012) DE LA ESTACION DE MACUSANI**

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Media	9.456590	12.79134	0.328722	73.33488	107.2206	12.46262
Mediana	9.884200	13.35000	0.366667	72.50000	105.6667	13.08162
Máximo	11.04681	15.08333	2.000000	85.50000	174.8000	15.13333
Mínimo	5.340480	10.51667	-1.600000	66.16667	25.60000	9.500000
Std. Desviación.	1.284521	1.234205	0.883493	4.056141	26.27199	1.830839
Kurtosis	5.209403	1.797932	2.226819	4.045957	4.211664	1.448326
Probabilidad	0.000000	0.156673	0.383427	0.006648	0.222271	0.075140
Suma	463.3729	626.7758	16.10736	3593.409	5253.808	610.6684
Sum Sq. Dev.	79.19967	73.11663	37.46685	789.7096	33130.45	160.8947
Observaciones	49	49	49	49	49	49

CUADRO 24**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS METEREOLÓGICOS DE LA SERIE HISTÓRICA DE (1963-2012) DE LA ESTACION DE PISACOMA**

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Media	9.456590	17.25413	1.440899	46.34056	90.65932	15.81323
Mediana	9.884200	17.05000	1.529721	47.00000	88.54978	15.50814
Máximo	11.04681	19.41667	2.683333	66.53419	169.4500	19.23333
Mínimo	5.340480	15.41667	-1.033333	35.50000	33.41667	13.61667
Std. Desviación.	1.284521	0.832494	0.838444	4.933680	29.03938	1.254638
Kurtosis	5.209403	3.415827	4.067767	7.438690	3.446043	3.351744
Probabilidad	0.000000	0.197696	0.007347	0.000000	0.272808	0.028402
Suma	463.3729	845.4525	70.60406	2270.688	4442.307	774.8484
Sum Sq. Dev.	79.19967	33.26622	33.74344	1168.378	40477.71	75.55755
Observaciones	49	49	49	49	49	49

CUADRO 25**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS METEREOLÓGICOS DE LA SERIE HISTÓRICA DE (1963-2012) DE LA ESTACION DE PUNO**

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Media	9.456590	15.65306	4.780272	56.29592	103.5997	10.87279
Mediana	9.884200	15.56667	4.716667	56.00000	106.8833	10.80000
Máximo	11.04681	18.56667	5.716667	68.00000	159.2667	13.05000
Mínimo	5.340480	13.85000	3.433333	44.50000	43.18333	9.400000
Std. Desviación.	1.284521	1.000542	0.537825	5.864625	24.04392	0.801941
Kurtosis	5.209403	3.064995	2.597158	2.378390	3.518561	2.677247
Probabilidad	0.000000	0.356054	0.664244	0.504789	0.661705	0.710706
Suma	463.3729	767.0000	234.2333	2758.500	5076.383	532.7667
Sum Sq. Dev.	79.19967	48.05204	13.88426	1650.904	27749.29	30.86927
Observaciones	49	49	49	49	49	49

CUADRO 26**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS METEREOLÓGICOS DE LA SERIE HISTÓRICA DE (1963-2012) DE LA ESTACION DE YUNGUYO**

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Media	9.456590	15.16871	3.346259	65.23989	108.2776	11.82245
Mediana	9.884200	15.26667	3.450000	65.83333	107.0167	11.63333
Máximo	11.04681	16.96667	5.150000	77.50000	195.0667	14.91667
Mínimo	5.340480	14.10000	0.616667	53.16667	70.83333	10.23333
Std. Desviación.	1.284521	0.601663	0.826663	4.167727	23.82045	1.036758
Kurtosis	5.209403	3.744023	4.329524	4.708740	5.160880	4.372816
Probabilidad	0.000000	0.106966	0.021332	0.041643	0.000100	0.000570
Suma	463.3729	743.2667	163.9667	3196.755	5305.600	579.3000
Sum Sq. Dev.	79.19967	17.37591	32.80181	833.7576	27235.87	51.59364
Observaciones	49	49	49	49	49	49

CUADRO 27

REGRESION NO LINEAL ENTRE LA PRODUCCION DE PAPA (Ton/Ha) Y
VARIABLE CLIMATICA DE LA ESTACION METEREOLÓGICA DE AYAVIRI
(1963-2012)

Variables		Coeficientes	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Intercepto	C(1)	242.4874	628.7586	0.385661	0.7016
Temperatura. Máxima	C(2)	-0.674620	0.577757	-1.167655	0.2494
Temperatura. Mínima	C(3)	0.022685	0.054587	0.415581	0.6798
Humedad relativa	C(4)	0.036577	0.171289	0.213539	0.8319
Precipitación mensual	C(5)	-0.067918	0.086007	-0.789683	0.4340
Oscilación de temperatura	C(6)	-0.461285	0.479139	-0.962738	0.3411
R-squared		0.039304	Mean dependent var		9.503955
Adjusted R-squared		-0.072405	S.D. dependent var		1.206973
S.E. of regression		1.249905	Akaike info criterion		3.398290
Sum squared resid		67.17726	Schwarz criterion		3.629941
Log likelihood		-77.25809	Durbin-Watson stat		1.446215

CUADRO 28

REGRESION NO LINEAL ENTRE LA PRODUCCION DE PAPA (Ton/Ha) Y
VARIABLE CLIMATICA DE LA ESTACION METEREOLÓGICA DE AZANGARO
(1963-2012)

Variables		Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Intercepto	C(1)	1975.073	9984.995	0.197804	0.8441
Temperatura. Máxima	C(2)	-9.182035	9.151498	-1.003337	0.3213
Temperatura. Mínima	C(3)	2.019633	2.125180	0.950335	0.3473
Humedad relativa	C(4)	0.326434	0.223085	1.463271	0.1507
Precipitación mensual	C(5)	-0.114428	0.119243	-0.959621	0.3426
Oscilación de temperatura	C(6)	6.632200	6.879484	0.964055	0.3404
R-squared		0.073657	Mean dependent var		9.456590
Adjusted R-squared		-0.034058	S.D. dependent var		1.284521
S.E. of regression		1.306211	Akaike info criterion		3.486416
Sum squared resid		73.36607	Schwarz criterion		3.718068
Log likelihood		-79.41720	Durbin-Watson stat		1.356918

CUADRO 29

REGRESION NO LINEAL ENTRE LA PRODUCCION DE PAPA (Ton/Ha) Y
VARIABLE VARIABL Y CLIMATICA DE LA ESTACION METEREOLÓGICA DE
HUANCANE (1963-2012)

Variables		Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Intercepto	C(1)	77.33782	85.67590	0.902679	0.3717
Temperatura. Máxima	C(2)	-1.239686	0.786272	-1.576662	0.1222
Temperatura. Mínima	C(3)	0.059026	0.103335	0.571205	0.5708
Humedad relativa	C(4)	0.025640	0.167114	0.153429	0.8788
Precipitación mensual	C(5)	-0.023369	0.084664	-0.276018	0.7839
Oscilación de temperatura	C(6)	0.485575	0.571970	0.848952	0.4006
R-squared		0.071478	Media dependiente var		9.456590
Adjusted R-squared		-0.036490	S.D. dependiente var		1.284521
S.E. of regression		1.307747	Akaike info criterion		3.488766
Sum squared resid		73.53864	Schwarz criterion		3.720417
Log likelihood		-79.47476	Durbin-Watson stat		1.333897

CUADRO 30

REGRESION NO LINEAL ENTRE LA PRODUCCION DE PAPA (Ton/Ha) Y
VARIABLE CLIMATICA DE LA ESTACION METEREOLÓGICA DE ILAVE
(1963-2012)

Variables		Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Intercepto	C(1)	1.894170	2.068351	0.915787	0.3649
Temperatura. Máxima	C(2)	-0.337682	0.922395	-0.366093	0.7161
Temperatura. Mínima	C(3)	0.015793	0.182396	0.086589	0.9314
Humedad relativa	C(4)	0.213838	0.144389	1.480988	0.1459
Precipitación mensual	C(5)	0.158277	0.087669	1.805398	0.0780
Oscilación de temperatura	C(6)	0.373050	0.605652	0.615948	0.5412
R-squared		0.160059	Mean dependent var		9.456590
Adjusted R-squared		0.062392	S.D. dependent var		1.284521
S.E. of regression		1.243803	Akaike info criterion		3.388503
Sum squared resid		66.52301	Schwarz criterion		3.620154
Log likelihood		-77.01832	Durbin-Watson stat		1.460059

CUADRO 31

REGRESION NO LINEAL ENTRE LA PRODUCCION DE PAPA (Ton/Ha) Y
VARIABLE CLIMATICA DE LA ESTACION METEREologica DE JULI
(1963-2012)

Variables		Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Intercepto	C(1)	18.63832	33.31776	0.559411	0.5788
Temperatura. Máxima	C(2)	2.153851	1.475266	1.459975	0.1516
Temperatura. Mínima	C(3)	-0.696539	0.307606	-2.264390	0.0286
Humedad relativa	C(4)	-0.240706	0.204567	-1.176662	0.2458
Precipitación mensual	C(5)	0.102326	0.111538	0.917406	0.3640
Oscilación de temperatura	C(6)	-2.133401	1.100521	-1.938538	0.0591
R-squared		0.122849	Mean dependent var		9.456590
Adjusted R-squared		0.020855	S.D. dependent var		1.284521
S.E. of regression		1.271056	Akaike info criterion		3.431850
Sum squared resid		69.47003	Schwarz criterion		3.663502
Log likelihood		-78.08033	Durbin-Watson stat		1.453800

CUADRO 32

REGRESION NO LINEAL ENTRE LA PRODUCCION DE PAPA (Ton/Ha) Y
VARIABLE CLIMATICA DE LA ESTACION METEREologica DE LAMPA
(1963-2012)

Variables		Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Intercepto	C(1)	0.550953	0.953614	0.577753	0.5664
Temperatura. Máxima	C(2)	1.177849	0.907976	1.297225	0.2015
Temperatura. Mínima	C(3)	-0.212397	0.093107	-2.281217	0.0275
Humedad relativa	C(4)	0.449891	0.270055	1.665921	0.1030
Precipitación mensual	C(5)	0.011012	0.093825	0.117362	0.9071
Oscilación de temperatura	C(6)	-0.822851	0.686336	-1.198904	0.2371
R-squared		0.149475	Mean dependent var		9.456590
Adjusted R-squared		0.050577	S.D. dependent var		1.284521
S.E. of regression		1.251615	Akaike info criterion		3.401025
Sum squared resid		67.36127	Schwarz criterion		3.632676
Log likelihood		-77.32511	Durbin-Watson stat		1.639718

CUADRO 33

REGRESION NO LINEAL ENTRE LA PRODUCCION DE PAPA (Ton/Ha) Y
VARIABLE CLIMATICA DE LA ESTACION METEREologica DE MACUSANI
(1963-2012)

Variables		Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Intercepto	C(1)	1.656471	2.678090	0.618527	0.5394
Temperatura. Máxima	C(2)	0.791283	0.501204	1.578765	0.1216
Temperatura. Mínima	C(3)	0.201811	0.369092	0.546778	0.5873
Humedad relativa	C(4)	-0.064384	0.070358	-0.915085	0.3651
Precipitación mensual	C(5)	-0.334282	0.339723	-0.983983	0.3305
R-squared		0.096640	Mean dependent var		9.456590
Adjusted R-squared		0.014517	S.D. dependent var		1.284521
S.E. of regression		1.275163	Akaike info criterion		3.420476
Sum squared resid		71.54579	Schwarz criterion		3.613519
Log likelihood		-78.80166	Durbin-Watson stat		1.578553

CUADRO 34

REGRESION NO LINEAL ENTRE LA PRODUCCION DE PAPA (Ton/Ha) Y
VARIABLE CLIMATICA DE LA ESTACION METEREologica DE PISACOMA
(1963-2012)

Variables		Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Intercepto	C(1)	7.381575	9.786677	0.754247	0.4547
Temperatura. Máxima	C(2)	0.008414	0.679727	0.012378	0.9902
Temperatura. Mínima	C(3)	-0.343577	0.167085	-2.056300	0.0457
Humedad relativa	C(4)	0.107482	0.050141	2.143600	0.0376
Precipitación mensual	C(5)	0.384349	0.469975	0.817809	0.4179
R-squared		0.148234	Mean dependent var		9.456590
Adjusted R-squared		0.070800	S.D. dependent var		1.284521
S.E. of regression		1.238214	Akaike info criterion		3.361668
Sum squared resid		67.45962	Schwarz criterion		3.554710
Log likelihood		-77.36086	Durbin-Watson stat		1.636957

CUADRO 35

REGRESION NO LINEAL ENTRE LA PRODUCCION DE PAPA (Ton/Ha) Y
VARIABLE CLIMATICA DE LA ESTACION METEREOLÓGICA DE PUNO
(1963-2012)

Variables		Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Intercepto	C(1)	16.60599	80.31199	0.206769	0.8372
Temperatura. Máxima	C(2)	-2.384828	8.319672	-0.286649	0.7758
Temperatura. Mínima	C(3)	0.435592	2.468805	0.176438	0.8608
Humedad relativa	C(4)	0.580232	0.248383	2.336039	0.0242
Precipitación mensual	C(5)	-0.071564	0.092385	-0.774630	0.4428
Oscilación de temperatura	C(6)	1.387301	5.891480	0.235476	0.8150
R-squared		0.106303	Mean dependent var		9.456590
Adjusted R-squared		0.002385	S.D. dependent var		1.284521
S.E. of regression		1.282988	Akaike info criterion		3.450538
Sum squared resid		70.78048	Schwarz criterion		3.682189
Log likelihood		-78.53818	Durbin-Watson stat		1.507396

CUADRO 36

REGRESION NO LINEAL ENTRE LA PRODUCCION DE PAPA (Ton/Ha) Y
VARIABLE CLIMATICA DE LA ESTACION METEREOLÓGICA DE YUNGUYO
(1963-2012)

Variables		Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Intercepto	C(1)	3.619038	7.344255	0.492771	0.6247
Temperatura. Máxima	C(2)	-0.508719	0.791045	-0.643097	0.5236
Temperatura. Mínima	C(3)	-0.067391	0.090938	-0.741067	0.4627
Humedad relativa	C(4)	0.464111	0.302807	1.532696	0.1327
Precipitación mensual	C(5)	0.014055	0.074674	0.188224	0.8516
Oscilación de temperatura	C(6)	0.169067	0.555870	0.304147	0.7625
R-squared		0.153773	Mean dependent var		9.456590
Adjusted R-squared		0.055375	S.D. dependent var		1.284521
S.E. of regresión		1.248449	Akaike info criterion		3.395959
Sum squared resid		67.02088	Schwarz criterion		3.627610
Log likelihood		-77.20099	Durbin-Watson stat		1.665335