



**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**

TESIS

**“INDICADORES METEOROLOGICOS DEL CAMBIO CLIMATICO
Y SUS EFECTOS EN LA OCURRENCIA DE LAS OLAS DE
CALOR, EN EL DISTRITO DE JUAN GUERRA, REGION Y
PROVINCIA DE SAN MARTIN, 2014”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

BACHILLER: JUAN LUIS RIOS MENDOZA

TARAPOTO – PERÚ

2016



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ACTA DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En Tarapoto, siendo las 15:00 Hrs. del 27 de Junio de 2016, bajo la presidencia del catedrático principal:

Ing. CÁRDENAS SOTO, Rolando

Se inició la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación correspondiente, para obtener el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL, bajo la modalidad de Sistema de Tesis (Resolución 5395-2003-R-UAP), en el que:

RIOS MENDOZA, Juan Luis

Sustento la Tesis titulada:

“INDICADORES METEOROLOGICOS DEL CAMBIO CLIMATICO Y SUS EFECTOS EN LA OCURRENCIA DE LAS OLAS DE CALOR, EN EL DISTRITO DE JUAN GUERRA, REGION Y PROVINCIA DE SAN MARTIN, 2014”

Ante el Jurado integrado por los señores catedráticos:

Ing. CÁRDENAS SOTO, Rolando

Presidente

Ing. VASQUEZ VASQUEZ, Fernando

Miembro/Secretario

Ing. PAREDES PIÑA, Agliberto

Miembro

Sustentado el mismo, el graduando obtuvo el siguiente resultado:

En fe de lo cual se asentó la presente Acta que firman el Señor Presidente y los demás miembros del Jurado.

.....
Ing. VASQUEZ VASQUEZ, Fernando

Miembro/Secretario

.....
Ing. PAREDES PIÑA, Agliberto

Miembro

.....
Ing. CÁRDENAS SOTO, Rolando

Presidente

INDICE GENERAL DE LA TESIS

	Pág.
Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Introducción	v
Capítulo I: Planteamiento del Problema	
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Formulación del Problema	3
1.2.1 Problema General	3
1.2.2 Problema Específico	3
1.3 Objetivo	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Justificación	4
Capítulo II: Marco Teórico	
2.1 Antecedentes	5
2.2 Bases Teóricas	12
2.2.1 Los indicadores meteorológicos	12
2.2.2 El efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático	19
2.2.3 Ola de calor	25
2.2.4 Indicadores del Mapa Ecológico del Perú	28
2.3 Hipótesis	30
2.3.1 Hipótesis general	30
2.3.2 Hipótesis específicos	30
2.4 Variable de Estudio	31
2.4.1 Variable independiente	31
2.4.2 Variable dependiente	31
Capítulo III: Metodología de la Investigación	
3.1 Ámbito de estudio	32
3.2 Tipo de investigación	32

3.3	Nivel de investigación	33
3.4	Método de investigación	33
3.5	Diseño de investigación	34
3.6	Población, muestra, muestreo	35
3.6.1	Población	35
3.6.2	Muestra	35
3.6.3	Muestreo	36
3.6.4		
3.7	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	36
3.8	Procedimiento de Recolección de Datos	39
3.9	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	39
Capítulo IV: Resultados		
4.1	Presentación de Resultados	41
4.1.1	Comportamiento de la temperatura, la evaporación y la precipitación con sus respectivas tendencias, en el Perú 1964 – 2013.	41
4.1.1.1	Comportamiento de la Temperatura Máxima	41
4.1.1.2	Comportamiento de la Temperatura Mínima	43
4.1.1.3	Comportamiento de la temperatura media	44
4.1.1.4	Comportamiento de la Evaporación	45
4.1.1.5	Comportamiento de la Precipitación	46
4.1.2	Ocurrencia de las olas de calor y su tendencia en el periodo 1964–2013	47
4.1.3	Relación del el Comportamiento de la Temperatura, la Evaporación y la Precipitación con la Ocurrencia de las Olas de Calor	48
4.1.3.1	Relación de la Temperatura Máxima y las Olas de Calor	48
4.1.3.2	Relación de la temperatura mínima con las Olas de Calor	49
4.1.3.3	Relación de la Temperatura Media con las Olas de Calor	50
4.1.3.4	Relación de la Evaporación con las Olas de Calor	51
4.1.3.5	Relación de la Precipitación Total Anual y las Olas de Calor	51
	Discusiones	55
	Conclusiones	56
	Recomendaciones	56
	Referencia Bibliográfica	57
	Anexos	68
	Fotografías	68

DEDICATORIA

Dedico esta tesis al ser supremo de la creación, nuestro Señor y Dios, por darme la vida, la inteligencia y los dones necesarios.

A mí abnegada esposa y mi hija por su apoyo incondicional, su comprensión y su gran amor.

A mis queridos padres y demás familiares por la fuerza y el valor que me manifestaron en cada momento.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad Alas Peruanas, y a todos los profesionales que conforman esta gran familia por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

También hacer extensivo el agradecimiento a los jurados, que dieron su visto bueno para que este proyecto salga bien elaborado, ya que con su experiencia y capacidad mejoraron el presente proyecto de tesis.

Al Ing. Felipe Huamán Solís por formar parte de este proyecto en su calidad de asesor; así como también a mis compañeros de trabajo; son muchas las personas que me gustaría saludar por su apoyo incondicional y su amistad, pero también por su apoyo, sus recomendaciones.

RESUMEN

La falta de agua, reducción de las cosechas, expansión de enfermedades tropicales, aumento del nivel del mar y fortalecimiento de eventos extremos como, sequías, inundaciones, olas de calor y presencia del fenómeno del niño, son algunas de las consecuencias de lo que se puede ver con un calentamiento global, cada vez más acelerado.

El Perú, la Región de San Martín y el Distrito de Juan Guerra, no son ajenos a esta situación de calentamiento global y cambio climático.

El objetivo central de la Investigación fue determinar la relación de los principales indicadores meteorológicos del cambio climático, con la recurrencia de olas de calor en el distrito de Juan Guerra, en la región San Martín, para lo cual se analizó el comportamiento de la temperatura, evaporación del aire, la precipitación y las olas de calor, en el periodo 1964-2013, es decir, 50 años. Luego se correlacionó el comportamiento de la temperatura, la evaporización del aire y la precipitación, con la ocurrencia de las olas de calor.

Los resultados mostraron que tanto la temperatura como la evaporización del aire tienen una tendencia ascendente mayor al promedio mundial, mientras que la precipitación registra un comportamiento muy variable, especialmente en las últimas décadas.

Existe una correlación positiva entre la temperatura, la evaporación y las olas de calor. En el caso de las precipitaciones y las olas de calor, la correlación es muy variable.

Toda esta situación atmosférica que viene ocurriendo en el distrito de Juan Guerra, nos lleva a pronosticar un mayor aumento de eventos extremos, en los próximos años.

ABSTRACT

Peru, the region of San Martin and Juan Guerra District, are not strangers to this situation of global warming and climate change. The main objective of the research was to determine the relationship of the main meteorological indicators of climate change, with recurrence of heat waves in the district Juan Guerra, in the San Martin region, for which the temperature behavior was analyzed, Air evaporation, precipitation and heat waves in the period 1964-2013, 50 years. The behavior of the temperature, air evaporation and precipitation, with the occurrence of heat waves is then correlated.

The results showed that both temperature and evaporation of the air have increased the global average upward trend, while the precipitation recorded a variable performance, especially in recent decades. There is a positive correlation between temperature, evaporation and heat waves. In the case of precipitation and heat waves, the correlation is very variable. This entire weather situation is occurring in the district Juan Guerra; it leads us to forecast a further increase of extreme events in the coming years.

Keywords: Indicators, effects and heat wave

INTRODUCCIÓN

En los últimos años en Juan Guerra, distrito de la provincia de San Martín, en la región del mismo nombre han venido ocurriendo una serie de eventos como la sequía del periodo 2009 – 2010, las olas de calor de los últimos 20 años, las inundaciones de todos los años en las últimas dos décadas y la presencia de temperaturas extraordinariamente altas, cada vez más frecuentes.

El propósito del presente estudio fue la determinación de la relación de los principales indicadores meteorológicos del cambio climático, como la temperatura y otros parámetros meteorológicos, con la ocurrencia de las olas de calor.

Lamentablemente solo se tiene 50 años de registros meteorológicos, lo que limita el estudio del cambio climático en la Región, sin embargo los resultados obtenidos están acordes con lo planteado en los objetivos y en la hipótesis, asociados al calentamiento que se viene registrando en nuestro planeta llamado Tierra.

También se compara con los datos de temperatura y precipitación considerados en el Mapa Ecológico del Perú, que ha sido una de los primeros estudios sistemáticos que ha relacionado el clima con la flora y la fauna, y que marca una línea de base para estudiar las variaciones del clima.

CAPITULO I: PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

Es conocido el calentamiento global y el cambio climático, debido al aumento de gases de invernadero, generan una gran preocupación para la humanidad, ya que los fenómenos extremos adversos, tienen un gran impacto en la salud humana, en las actividades de las sociedades y en los recursos naturales.

La contaminación atmosférica, como producto de las emisiones procedentes de las actividades humanas la mayor parte proviene de los países industrializados- genera tres efectos que causan seria preocupación a la comunidad mundial, uno es la reducción de la capa de ozono el segundo es el oscurecimiento global y el tercero es el “efecto invernadero”. (Huamán, 2014).

El “efecto invernadero”, es el aumento general de la temperatura de la baja atmósfera y de la superficie de la Tierra, como resultado de la mayor concentración del dióxido de carbono y otros gases de invernadero como el metano, los clorofluorcarbonos (CFC) y el óxido nitroso, que ingresan a la atmósfera procedentes de la combustión del carbón y el petróleo en las centrales térmicas o de la descomposición de los alimentos.

Estos contaminantes y el vapor de agua permiten el paso de los rayos solares de onda corta, pero impiden la salida de los rayos de onda larga, caloríficos, de la superficie terrestre al espacio, generando el calentamiento global, con una tendencia a que el vapor de agua aumente, como respuesta a este incremento de temperatura, intensificándolo aún más.

Según la Organización Meteorológica Mundial - OMM (2014), “La temperatura de la superficie, es una de las variables meteorológica y climática más conocida y medida sistemáticamente y es la que guarda relación directa con el cambio climático a largo plazo. No obstante, tan solo forma parte de algo con un

alcance mucho mayor, más del 90% del exceso de calor, emitido por las actividades humanas está siendo absorbido por los océanos”, convirtiéndose este en el gran sumidero.

La mencionada organización, también, señala que “trece de los catorce años más cálidos de los que se tienen datos se han registrado en el siglo XXI. Los más cálidos han sido 2010 y 2005, con temperaturas mundiales superiores, en aproximadamente 0.55 °C a la media a largo plazo, seguidos por 1998, durante el que además se produjo un episodio El Niño, excepcionalmente intenso”. El 2014, también ha sido un año muy cálido y se espera que el 2015 imponga un nuevo record anual.

Estas temperaturas son congruentes con la tendencia al calentamiento global a largo plazo. El ritmo del calentamiento no es uniforme pero es innegable que se trata de una tendencia predominante, dado el volumen sin precedentes de gases de efecto invernadero en la atmósfera, las generaciones futuras vivirán en un mundo en que las temperaturas mundiales continuarán aumentando.

Los impactos del “efecto invernadero” y el cambio climático, se manifiestan en la mayor frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos, entre ellos las olas de calor, que vienen ocurriendo en los países desarrollados y en desarrollo, siendo estos últimos los más vulnerables ya que presentan una menor capacidad para adaptarse a este cambio.

Juan Guerra, forma parte de los 77 distritos de la región de San Martín y es uno de los catorce distritos de la provincia de San Martín, donde en los últimos años se ha observado un incremento de las olas de calor, por lo que es necesario, analizar el comportamiento de los principales indicadores meteorológicos del cambio climático como son, fundamentalmente, la temperatura, la evaporación y la precipitación, para determinar la relación que existe entre ellos, con lo cual se estaría conociendo los principales indicadores del calentamiento local, que impacta globalmente en el cambio climático.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Qué relación existe entre los principales indicadores meteorológicos del cambio climático, con la ocurrencia de las olas de calor, en el distrito de Juan Guerra, región de San Martín?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el comportamiento de la temperatura, la evaporación y la precipitación, con sus respectivas tendencias, en el periodo 1964 – 2013?
- ¿Cómo es la ocurrencia de las olas de calor y su tendencia en el periodo 1964 – 2013?
- ¿Qué relación existe entre el comportamiento de la temperatura, la evaporación y la precipitación, con la ocurrencia de las olas de calor, en el periodo 1964 – 2013?

1.3. Objetivo

1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación de los principales indicadores meteorológicos del cambio climático, con la ocurrencia de olas de calor en el distrito de Juan Guerra, región San Martín.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de la temperatura, la evaporación y la precipitación, con sus respectivas tendencias, en el periodo 1964 – 2013.
- Analizar la ocurrencia de las olas de calor y su tendencia en el periodo 1964 – 2013.

- Relacionar el comportamiento de la temperatura, la evaporación y la precipitación, con la ocurrencia de las olas de calor, en el periodo 1964 – 2013.

1.4. Justificación

Según la OMM, para este tipo de estudio, la data tomada deberán ser los más extensos posibles teniendo en cuenta el historial climático de la zona geográfica; ello implica de 30 a más años, para una mayor confiabilidad en los datos climatológicos.

Este estudio servirá para conocer la evolución de la temperatura, la evaporación y la precipitación de los últimos 50 años, cuáles son sus tendencias y su relación con la ocurrencia de las olas de calor, beneficiando no solo a la comunidad científica, sino también a la totalidad de habitantes del distrito de Juan Guerra, aportando conocimientos sobre el cambio climático y/o la variabilidad climática de esta parte del país.

El resultado dará también una respuesta a la interrogante central si existe o no cambio climático en el distrito de Juan Guerra; y si existe, que se implementen las medidas de mitigación ya que los efectos previstos del cambio climático, consideran a casi todos los aspectos de la vida y la actividad humana como en la agricultura, ecosistemas naturales, silvicultura, industria, recursos hídricos, salud, seguridad y actividades recreativas.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1992) define al cambio climático como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima, observada durante periodos de tiempo comparables.

El Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático – IPCC (OMM, 2013), indica que el calentamiento del sistema climático es inequívoco y existe una seguridad extremadamente alta de 95 a 100% de atribuirlo, principalmente a la actividad humana, como consecuencia del incremento de las concentraciones de gases invernadero.

Como evidencia de este calentamiento se ha observado un incremento de la temperatura global de 0,89 °C, en el periodo 1901 – 2012. Cada uno de los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra, que cualquier decenio anterior a 1850 y las proyecciones señalan que para finales del siglo XXI, la temperatura global en superficie será superior en 1,5 a 2,0 °C a la del periodo 1850 – 1900. Asimismo apuntan que es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y duración.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI (2009), en su estudio sobre “Escenarios climáticos en el Perú, para el año 2030”, concluye que la precipitación presentaría incrementos y disminuciones no muy significativas, en promedio para la década del 2030, entre +10 y -10%, en relación a su clima actual.

En la costa y sierra norte, parte de la sierra central y selva sur, se registrarían incrementos de hasta 20% y disminuciones también de hasta 20% en la selva norte y parte de la sierra central y sur.

Las lluvias extremas estimadas mostrarían un posible decrecimiento en los próximos 30 años en gran parte del territorio. En general, se registraría un incremento de la temperatura máxima de hasta 1,6°C en promedio (0,53°C/década), y de hasta 1,4°C para la temperatura mínima (0,47 °C/década).

Terminan señalando que los mayores incrementos se presentarían en la costa y sierra norte, en la selva norte y en la sierra central y sur del país.

Huamán, F. (2011), menciona que a nivel regional la tendencia de la temperatura media es ascendente, habiéndose incrementado en 45 años 0,8°C, a razón de 0,18°C por década, también la temperatura máxima se incrementó en 0,9°C, a razón de 0,2 °C por década, mientras que la temperatura mínima ha tenido el mayor incremento, con 1,3°C a razón de 0.29°C por década.

Señala también, que a nivel regional la tendencia de la precipitación es descendente, habiendo disminuido en 45 años 6.25% a razón de 1.39% por década.

Asimismo, en las conclusiones de su trabajo de investigación “Efectos de la deforestación sobre el cambio climático de la región San Martín”, menciona que existe una correlación positiva entre la deforestación y la temperatura y una correlación negativa entre la deforestación y la precipitación. En la última década, coincidiendo con el cruce de las líneas de deforestación y temperaturas, la frecuencia de los desastres ha aumentado, así como los damnificados, y los daños a las viviendas, tierras de cultivos e infraestructuras.

SENAMHI (2013), en el estudio sobre “Evaluación de los modelos CMIP5 del IPCC en el Perú: proyecciones al año 2030 en la región San Martín”, sobre la base de la serie 1971 – 2000, concluye que la media de los modelos indica cambios ligeros de la precipitación, dentro de la variabilidad ($\pm 5\%$); en otras palabras, no habría cambios importantes de la precipitación. Además, la media de los modelos indica aumentos de la temperatura del aire de $+1,0^{\circ}\text{C}$ (temperatura mínima) a $+1,5^{\circ}\text{C}$ (temperatura máxima); sin embargo, el grado de calentamiento medio, sería mayor durante el invierno ($+1,8^{\circ}\text{C}$).

La Convención Marco de las Naciones Unidas, sobre el Cambio Climático (CMNUCC), es un convenio entre los países con el objetivo de reducir las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, a un nivel que permita el desarrollo de las personas y los pueblos, sin poner en riesgo las futuras generaciones.

La CMNUCC, entro en vigor en marzo de 1994 y a la fecha son 195 países los que se han adherido a la Convención, denominándoles las “Partes”.

Para poder llevar a cabo los objetivos y resultados propuestos por la Convención sobre cambio climático, los países designaron a la Conferencia de las Partes (COP), como el órgano supremo de la Convención.

La COP, es la reunión de las partes; son encuentros de alto nivel que se realizan una vez al año desde 1995, en distintas regiones del mundo.

En Lima, Perú, del 1 al 12 de diciembre del 2014, se celebró la 20a Cumbre de las Naciones Unidas sobre cambio climático (COP20), congregando a más de 190 países, con el objetivo de trabajar en que París 2015, sea el escenario de la firma de un acuerdo que sustituya al Protocolo de Kioto.

Antes de esta cumbre, se realizó un esperanzador acercamiento entre China y EEUU, los dos países más contaminantes del mundo. En mayo del 2014,

la Casa Blanca difundió un informe en el que alertaba a los ciudadanos de los estragos del cambio climático en Estados Unidos. La información, lejos de ser novedosa, supuso que el segundo país emisor de gases contaminantes constatará lo que los científicos llevan tiempo avisando. Poco antes del COP 20 de Lima, EEUU y China anunciaron un compromiso conjunto para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por primera vez en la historia.

La implicación de estos 2 países se considera fundamental, dado el nivel de compromiso que debe asumir cada país para lograr que el calentamiento global no supere la barrera de los 2°, límite marcado por los expertos.

La ONU, considera que el objetivo a largo plazo es reducir las emisiones a cero el próximo siglo y entre un 40% y un 70% para 2050.

Otro de los obstáculos es la brecha que existe entre los países desarrollados y los países en vías de desarrollo, evidenciada en la Cumbre de Copenhague de 2009 (COP 15) que terminó sin acuerdo.

Los países en vías de desarrollo exigieron a los países desarrollados partidas económicas para hacer frente a los efectos del cambio climático. Esto dio lugar al llamado Fondo Verde, aún muy lejos del objetivo establecido en 100.000 millones de dólares anuales a partir de 2020. La ONU ya ha alertado de que la capitalización de este fondo es fundamental para que las negociaciones de cara a París salgan adelante.

El texto del acuerdo finalmente ratificado es un acuerdo de mínimos que acerca posturas de cara a lograr un acuerdo en París 2015, a costa de ser débil y parecer que quedan deberes pendientes, como finalmente ha pasado.

Una de las claves que permitieron desbloquear las negociaciones fue el punto que urge a los países desarrollados a prever y movilizar soporte financiero

para acciones ambiciosas de mitigación y adaptación para los países ya afectados por el cambio climático. En ese sentido, el texto invita a los países a incluir este financiamiento junto a los compromisos de reducción de emisiones que cada parte firmante de la Convención Marco de Cambio Climático debe presentar a la ONU antes de octubre de 2015.

Una vez que los países entreguen sus compromisos, la presidencia de la Cumbre sólo tendrá poco más de un mes para procesarlos e incorporarlos a un acuerdo global y vinculante para lograr reducir las emisiones y no superar el umbral de temperatura de los 2°.

Áspero sigue siendo el financiamiento de la adaptación y sobre todo del mecanismo de pérdidas y de daños, defendido por los Pequeños Estados Insulares y el Grupo Like Minded, integrado por Venezuela, Bolivia y los países árabes productores de petróleo.

Hasta ahora el Fondo Verde ha sumado 10.000 millones de dólares de los 100.000 que las partes se comprometieron a financiar.

Los acuerdos de Kioto establecieron un conjunto de reducciones cuantificables por países pero que sólo afectaban a los más desarrollados y cuyo límite temporal fue 2012. Dada la imposibilidad de sustituirlos por otros más realistas y con proyección de futuro, se decidió prolongar su vigencia hasta la Cumbre de París.

Las emisiones no están disminuyendo sino aumentando y, en la última década, a un ritmo que las duplicará en unos 40 años. Crece la demanda global de energía, y este aumento se satisface principalmente con combustibles fósiles, no con renovables o energía nuclear. Más aún, países como Japón o Alemania están reduciendo el suministro de energía eléctrica de origen nuclear, con lo que

están incrementando sus emisiones, rompiendo así una tendencia de años a la baja (<http://www.ecointeligencia.com/2014/12/conclusiones-lima-cop20/>).

El París, Francia, el 30 de noviembre al 11 de diciembre del 2015, se celebró la 21a Cumbre Naciones Unidas, sobre cambio climático (COP21), congregando a 195 países, con la intención de redactar un documento sustituto al Protocolo de Kioto.

- En esta Cumbre, se llegó al primer acuerdo universal de lucha contra el cambio climático, siendo sus puntos más destacados los siguientes:
- El acuerdo tiene como objetivo mantener la temperatura media mundial muy por debajo de 2 grados centígrados respecto a los niveles preindustriales, aunque los países se comprometen a llevar a cabo todos los esfuerzos necesarios para que no rebase los 1,5 grados y evitar así impactos catastróficos.
- El acuerdo adoptado es legalmente vinculante, pero no la decisión que lo acompaña ni los objetivos nacionales de reducción de emisiones. No obstante, el mecanismo de revisión de los compromisos de cada país sí es jurídicamente vinculante para tratar así de garantizar el cumplimiento.
- Con respecto a la reducción de emisiones, 187 países de los 195 que han participado en la COP21 han entregado sus compromisos nacionales de lucha contra el cambio climático que entrarán en vigor en 2020.
- Los países revisarán sus compromisos al alza cada 5 años, para asegurar que se alcanza el objetivo de mantener la temperatura muy por debajo de 2 grados.

- Es cierto que no se han previsto sanciones, pero habrá un mecanismo transparente de seguimiento del cumplimiento para tratar de garantizar que todo el mundo hace lo prometido.
- Como objetivo a largo plazo, los países buscan limitar las emisiones tan pronto como sea posible, sabiendo que esto le costará más a los países en vías de desarrollo. Se busca el equilibrio entre los gases emitidos y los que pueden ser absorbidos a partir de 2050, es decir, cero emisiones netas.
- El acuerdo fija que los países desarrollados deben contribuir a financiar la mitigación y la adaptación en los estados en desarrollo. Los ricos deberán movilizar un mínimo de 100.000 millones anualmente desde 2020 para apoyar la mitigación y adaptación al cambio climático en los países en desarrollo, así como revisarla al alza antes de 2025.
- El acuerdo identifica la necesidad de poner en marcha lo que se ha llamado el Mecanismo de Pérdidas y Daños asociados a los efectos del cambio climático.
- El texto adoptado podrá ser ratificado durante un año a partir del próximo 22 de abril, Día Internacional de la Madre Tierra y para que sea efectivo será necesaria la firma de al menos 55 países. Así mismo se señala que el acuerdo será depositado en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York (<http://www.ecointeligencia.com/2015/12/conclusiones-paris-cop21/>).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1 Los Indicadores Meteorológicos

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, en su Cuarto Informe de Evaluación (2007), afirma que se han observado múltiples cambios a largo plazo en el clima, tanto a escala global como

regional, y que estos han afectado tanto a las zonas continentales como a las oceánicas.

Algunos de estos cambios incluyen, por ejemplo, las variaciones en la cantidad y distribución de la precipitación, en el grado de salinidad de los océanos, en las características de los patrones del viento, y en la frecuencia e intensidad de episodios de tiempo extremo o severo, como sequías, lluvias torrenciales y olas de calor.

Un indicador es una medida, generalmente cuantitativa, que se utiliza para ilustrar y comunicar de manera sencilla un proceso complejo que incluye tendencias y progresión a lo largo del tiempo. Para que un indicador sea válido debe cumplir dos condiciones: tener una buena base conceptual (debe hacerse una descripción de la metodología y de las fórmulas utilizadas) y ser comprensible y simple. Los indicadores son instrumentos para medir las variables y hay que tomarlos en cuenta para construir los instrumentos de recolección de datos.

Deza y Muñoz (2012), señalan que “el indicador constituye las subdivisiones o categorías de las variables y se compone de medidas de la realidad que se quiere conocer.

El proceso de encontrar los indicadores que permitan conocer el comportamiento de la variables, es lo que se llama operacionalización”. Como a veces no es posible incorporar a una investigación todos los indicadores posibles de una determinada variable, será necesaria, en consecuencia, escoger aquellos que más directamente reflejan el concepto de referencia y que resulten más accesibles a los medios que se dispone para medirlos.

Existen indicadores basados en parámetros ambientales, como la fecha de la primera floración de una determinada especie vegetal, el nivel medio del mar, la cantidad de gases de efecto invernadero que se emiten en la atmosfera desde una determinada zona o la cantidad de días que el suelo está cubierto de nieve en un lugar concreto.

Las características que deben tener los indicadores ambientales son: validez científica, confiabilidad, accesibles y fiables, representativas, sensibles a los cambios, sencillos, pertinentes, relevantes y útiles, comparables, predictivos y razonables en la relación costo beneficio.

Entre los indicadores meteorológicos del cambio climático tenemos a la temperatura del aire, evaporación del aire y precipitación.

- **La Temperatura**

La temperatura del aire es una cualidad de la atmosfera, que indica el estado energético del aire y se traduce en un determinado grado de calentamiento, (Clavero y Raso, 1983).

Las escalas de temperatura más comúnmente usadas son dos: Celsius y Fahrenheit; con fines de aplicaciones físicas o en la experimentación, es posible hacer uso de una tercera escala llamada Kelvin o absoluta, (SENAMHI, 2004).

Para el intercambio en el plano internacional, la OMM, ha adoptado oficialmente las lecturas en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$), esta escala tiene dos puntos fijos el de fusión del hielo ($^{\circ}\text{C}$) y el punto de ebullición del agua (100°C).

La temperatura está controlada principalmente por la radiación solar incidente, si bien también está muy influenciada por la naturaleza

de la superficie terrestre y muy particularmente, por las diferencias entre tierra y agua, altitud y vientos dominantes, (Aguiló et al. 2006).

Es el elemento más importante para los seres vivos y el que mayor influencia ejerce en la distribución humana sobre la superficie terrestre: los efectos de las temperaturas excesivamente frías, como las de las regiones polares o las elevadas altitudes, no pueden ser modificados por la calefacción o el vestido. Las necesidades energéticas de los vegetales no pueden ser satisfechas artificialmente, al contrario de lo que ocurre con la falta de agua que puede subsanarse totalmente con la irrigación.

Por la importancia de la temperatura, es necesario el máximo cuidado en las observaciones, que han de reunir unas condiciones indispensables: se han de registrar a 1.5 m. del suelo y en lugar protegido de la influencia directa de los rayos solares y bien ventilados para que el aire circule libremente, (Clavero y Raso, 1983).

A veces se mencionan temperaturas al sol; sus correspondientes valores no son comparables puesto que mide en realidad la intensidad del calor radiante y más que un elemento del clima, constituyen una eficaz característica de algunos microclimas de gran interés para el hombre: insolación en la alta montaña, reflexión en una pared o en la tierra desnuda para madurar frutos, reflexión en la superficie del mar para aumentar el poder bronceador de la piel, (Clavero y Raso, 1983).

Es importante dentro del carácter térmico de un clima el estudio de las manifestaciones extremas, es decir, las olas de calor, por un lado, y las olas de frío o heladas por el otro extremo. Las olas de calor agostan los cultivos al aumentar la evaporación, asfixian animales,

eleva la mortalidad en pacientes de avanzada edad con enfermedades de tipo respiratorio y circulatorio; producen trastornos en hombres, animales y vegetales. Más temidas por los agricultores son las trágicas heladas que producen la congelación de la humedad del suelo, chamuscan las hojas y flores, rompen los vasos leñosos al congelarse la savia, secan y marchitan las plantas y frutos, (Clavero y Raso, 1983).

El hombre lucha contra esta adversidad protegiendo las plantas con plásticos, pantalla de paja, papel o tela, que aíslan el hábitat de la planta de la intemperie. Otros medios son: la irrigación, que dificulta el enfriamiento de las capas de aire en contacto con el suelo; la mezcla del aire mediante molinetes, la producción de nubes de humo por la quema de paja, estiércol, hojarasca, azufre, y finalmente, aumentando la temperatura del hábitat vegetal mediante estufas, que es el método más eficaz, pero el más caro, (Clavero y Raso, 1983).

Por su influencia en todas las actividades del hombre, en la vegetación y la fauna, entra a formar parte de las clasificaciones climáticas, desde el macroclima hasta el microclima, (Aguiló et al. 2006).

- **La Evaporación**

El término evaporación se refiere, en climatología, al agua transferida a la atmósfera a partir de las superficies libres de agua, hielo y nieve; es decir, es un proceso que implica el movimiento del agua a la atmósfera. Por otro lado la transferencia de vapor de agua contenida en los seres orgánicos a la atmósfera se denomina transpiración (Aguiló et al. 2006).

La evaporación presenta dos aspectos: el físico y el fisiológico. El primero es el que se conoce mejor y tiene lugar en todos los puntos en que el agua está en contacto con el aire no saturado, sobre todo en las grandes superficies líquidas: mares, lagos, pantanos, estanques, charcas y ríos. Por su parte, la evaporación fisiológica también es importante y corresponde a la transpiración de los vegetales, la cual restituye a la atmósfera una gran cantidad de agua, que primero había sido absorbida. La cantidad de vapor de agua, en un volumen dado de aire, se denomina humedad, (SENAMHI, 2004).

En cuanto se quiere determinar la pérdida de agua de una superficie cubierta de vegetación, resulta prácticamente imposible separar la transpiración de la evaporación propiamente dicha, pues ambos procesos se influyen mutuamente. Por ello, se utiliza el concepto de evapotranspiración para expresar el conjunto de pérdidas de agua en forma de vapor de la vegetación y de la superficie del suelo hacia la atmósfera (Aguiló et al. 2006).

La evaporación depende de la insolación, el viento, de la temperatura y del grado de humedad de la atmósfera. Por todo esto la humedad contemplada en un periodo corto de tiempo es muy variable, no así cuando el ciclo a considerar es un año, en el cual la insolación total es bastante constante. Por ello, en periodos anuales el valor total de la evaporación presenta una variación del orden del +15% o incluso menor (Aguiló et al. 2006).

La evaporación se mide con relación a la altura equivalente de agua líquida evaporada por unidad de tiempo. La unidad de tiempo es normalmente un día y la altura puede expresarse en milímetros o centímetros. Es decir, la evaporación se mide en relación a la variación de altura de una columna de agua líquida que se evapora en

milímetros por día. No obstante, se debe mencionar que las observaciones indican solamente valores relativos.

En zonas áridas y semiáridas, la medición y el control de la evaporación asume un papel importante en la economía del agua, el conocimiento de las pérdidas por evaporación resulta imprescindible en el planeamiento de sistemas de riego, diques y otros. Los numerosos trabajos de investigación realizados sobre el proceso de la evaporación han demostrado que los principales elementos meteorológicos que influyen sobre la velocidad de la evaporación son: la radiación solar, la temperatura del aire, la tensión de vapor de agua y la velocidad del viento, (De fina y Ravelo, 1985).

La velocidad de la evaporación varía según las horas del día y las épocas del año, es decir, existe una variación diaria y otra anual; en ambos casos la curva de la evaporación tiene un gran paralelismo con la de la temperatura. La evaporación, durante el día, es mayor que en el transcurso de la noche y en la región de la Selva, es máxima entre los meses de agosto y enero, y disminuye drásticamente de febrero a julio.

- **Las Precipitaciones**

La precipitación es la fuente principal del ciclo hidrológico y puede definirse como el agua, tanto en forma líquida como sólida, que alcanza la superficie de la tierra, (Aguiló et al. 2006).

Constituyen, tras las temperaturas, el elemento más importante del clima: de las precipitaciones dependen en gran parte la agricultura y la ganadería. Interesa distinguir la naturaleza de las precipitaciones (lluvia, nieve, granizo.) así como la intensidad (lluvia, llovizna, tormenta, aguacero.) por la importancia que tienen, tanto en función de

su acción benéfica mayor o menor eficacia de las precipitaciones, formación de corrientes superficiales, como en su manifestación perjudicial inundaciones, erosión de suelos, destrucción de cosechas, (Clavero y Raso, 1983).

Las precipitaciones se producen por los fuertes movimientos atmosféricos ascendentes que ocasionan un descenso térmico del aire y, en consecuencia, una modificación del estado del vapor de agua que se condensa y cae sobre la superficie terrestre. Ahora bien, la ascendencia del aire es de diversa naturaleza y da lugar a tres tipos de precipitación: orográfica, convectiva y ciclónica. La primera está producida por la elevación de la corriente de aire al tener que salvar un obstáculo orográfico; produce máximas lluvias en la vertiente expuesta a la dirección del viento. La lluvia convectiva es propia de la zona intertropical en las épocas de convergencia de los alisios, y de la zona templada durante el verano, por el fuerte calentamiento superficial a causa de las altas temperaturas en los dominios continentales; también pueden darse precipitaciones convectivas en situaciones de inestabilidad por el aire muy frío en las altas capas. Las lluvias ciclónicas, características de las latitudes medias y altas, son producidas por los fuertes vientos de Oeste, organizados por depresiones móviles con gran poder ascendente, (Clavero y Raso, 1983).

Como elemento fundamental del clima, las precipitaciones adquieren gran importancia por las consecuencias económicas que se derivan de sus manifestaciones extremas: sequías y precipitaciones de excepcional intensidad. Las sequías, con periodos prolongados de varios meses con precipitaciones muy inferiores a los valores medios, reducen notablemente las cosechas hasta incluso hacerlas perder totalmente. Tienen también manifestaciones negativas para otros

sectores: reducción hidroeléctrica, restricciones de agua para servicios e industrias y la ganadería. También las precipitaciones excepcionalmente altas pueden ocasionar graves perjuicios para el hombre: encharcan los campos de cultivo, favoreciendo la aparición de enfermedades, putrefacción de las cosechas; además erosionan los suelos, arrastrando tierras, rocas, plantas, ocasionando inundaciones que destruyen caminos, acequias, instalaciones urbanas e industriales. El hombre lucha contra las lluvias excepcionales construyendo diques, presas, encauzando y corriendo los cauces de los ríos, mediante la repoblación forestal de las montañas y construcción de zanjas de desagüe, (Clavero y Raso, 1983).

2.2.2 El “Efecto de Invernadero”, Calentamiento Global y Cambio Climático

Hace alrededor de 65 millones de años un asteroide gigante entro en colisión con la Tierra. Según las estimaciones científicas, el choque arrojó tanto polvo a la atmosfera que dejó al mundo en tinieblas durante tres años. La luz solar se redujo en gran medida, impidiendo el crecimiento de numerosas plantas, las temperaturas descendieron, la cadena alimenticia se rompió y muchas especies desaparecieron, incluida la mayor que existiera sobre la faz de la tierra (PNUMA/IUCC, 1995).

Tal es, cuando menos, una teoría dominante que explica la extinción de los dinosaurios. Incluso aquellos que no fueron alcanzados directamente por el asteroide, sucumbieron a la postre.

La catástrofe que dio cuenta de los dinosaurios es solo una ilustración - si bien dramática, de cómo el cambio climático puede fomentar el desarrollo de una especie o liquidarla.

Según otra teoría, los seres humanos evolucionaron cuando las temperaturas mundiales descendieron considerablemente y las precipitaciones disminuyeron hace unos seis millones de años. Los

primates superiores parecidos a los simios del Great Rift Valley en África solían refugiarse en los árboles, pero como consecuencia de la variación climática de larga duración, los bosques fueron reemplazados por praderas. Los “simios” se encontraron en una planicie vacía mucho más fría y seca que su medio anterior, y sumamente vulnerable ante los predadores.

La desaparición total era una posibilidad concreta, y los primates aparentemente se adaptaron con dos saltos evolutivos: primero adoptaron la postura erecta, que les permitió recorrer largas distancias a pie, con las manos libres para transportar hijos y alimentos; y luego sus cerebro se volvieron más voluminosos, aprendieron a manejar instrumentos y se convirtieron en omnívoros (consumidores de carne y verduras). Generalmente se consideraba a este segundo ser como un cerebro más desarrollado, como el primer humano (PNUMA/IUCC, 1995).

A partir de entonces, las variaciones climáticas han modelado el destino de la humanidad, y el ser humano ha reaccionado en gran medida adaptándose, emigrando y desarrollando su inteligencia. Durante las últimas glaciaciones, los niveles de los océanos descendieron y los seres humanos se desplazaron a través de puentes continentales desde el Asia hacia las Américas y las islas del Pacífico. Desde entonces se han registrado numerosas migraciones, innovaciones y también catástrofes; algunas de estas han tenido su origen en pequeñas fluctuaciones climáticas, como unos pocos decenios o siglos de temperaturas levemente superiores o inferiores a la media, o seguías prolongadas. La más conocida es la Pequeña Era Glaciar, registrada en Europa a comienzos de la Edad Media que provocó hambrunas, insurrecciones, y el abandono de las colonias septentrionales en Islandia y Groenlandia. El hombre ha soportado durante milenios los caprichos climáticos, recurriendo a su ingenio para adaptarse, incapaz de influir en fenómenos de tal magnitud (PNUMA/IUCC, 1995).

Paradójicamente, el éxito notable que hemos logrado como especie bien puede habernos llevado a un callejón sin salida, el crecimiento demográfico ha alcanzado un punto tal que haría muy difícil una migración en gran escala en caso de que un cambio climático de grandes proporciones la hiciera necesaria, y los productos de nuestra inteligencia (industria, transporte, etc.) nos han conducido a una situación desconocida en el pasado. Anteriormente el clima mundial hacia cambiar a los seres humanos; ahora parece que estos últimos están cambiando el clima. Los resultados todavía son inciertos, pero si las predicciones actuales se confirman, el cambio climático que tendrá lugar en los próximos siglos será de una magnitud sin precedentes desde los albores de la civilización humana (PNUMA/IUCC, 1995).

El principal cambio que se ha registrado hasta la fecha ha sido en la atmosfera terrestre. El asteroide gigante que termino con los dinosaurios arrojó grandes nubes de polvo en el aire, pero nosotros estamos causando fenómenos de dimensiones similares, aunque en forma más sutil. Hemos provocado, y continuamos haciéndolo, un cambio en el equilibrio de los gases que componen la atmosfera, y ello es particularmente cierto con relación a los “gases de efecto invernadero” principales, como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). (A pesar de que el vapor de agua es el gas termoactivo más importante, las actividades del hombre no lo afectan directamente. Estos gases, que se encuentran normalmente presentes en la atmosfera, representan menos de una décima parte del 1 por ciento de la atmosfera total, compuesta principalmente de oxígeno (21 por ciento) y nitrógeno (78 por ciento), pero son vitales porque actúan como una manta natural alrededor de la tierra, sin la cual la superficie de nuestro planeta seria cerca de 30°C más fría que en la actualidad (PNUMA/IUCC, 1995).

El problema estriba en que la actividad del hombre esta “espesando” la manta. Por ejemplo, cuando quemamos carbón, petróleo y

gas natural, liberamos cuantiosos volúmenes de dióxido de carbono en el aire, al igual que cuando destruimos los bosques, dejamos escapar a la atmosfera el carbono almacenado en los árboles. Otras actividades esenciales, como la cría del ganado y el cultivo de arroz, también emiten metano, óxido nitroso y otros gases de efecto invernadero. Si las emanaciones continúan aumentando al ritmo actual, es casi seguro que en el siglo XXI los niveles de dióxido de carbono en la atmosfera duplicaran los registros preindustriales, y si no se toma medidas para frenar dichas emisiones, es muy probable que los índices se triplicaran para el año 2100 (PNUMA/IUCC, 1995).

De acuerdo con el consenso científico, el resultado más directo podría ser un “calentamiento de la atmosfera mundial” del orden de 1.0°C a 2.0°C hasta el 2100. A esto se debe sumar un manifiesto incremento de temperatura de (0.5°C) desde el periodo preindustrial anterior a 1850, parte del cual sería producto de emisiones anteriores de gases de efecto invernadero.

El cambio climático es una amenaza para la humanidad, pero nadie puede determinar con seguridad sus efectos futuros o la magnitud de estos. La reacción ante esta amenaza seguramente será costosa, compleja y difícil. Hay incluso desacuerdos sobre si realmente existe un problema: mientras numerosas personas temen la extrema gravedad de los efectos, otras argumentan que los científicos no pueden dar pruebas irrefutables de que sus previsiones se harán realidad. Además, no está claro quiénes son los que sufrirán más en las diversas regiones del mundo. Sin embargo, si la comunidad internacional espera a que aparezcan las consecuencias y las primeras víctimas, probablemente será muy tarde para actuar (PNUMA/IUCC, 1995).

La verdad es que en casi todos los círculos científicos la cuestión ya no es si el cambio climático es un problema potencialmente grave, sino

en qué forma se manifestara, cuáles serán sus repercusiones, y cuál será la mejor forma de detectarlas. Los modelos de computadora de algo tan complicado como el sistema climático de nuestro planeta no son aún lo suficientemente avanzados para brindar respuestas claras y concluyentes. No obstante, si bien el cuándo, dónde y cómo no está definido, el panorama que se desprende de estos modelos climáticos nos lanza señales de alarma. Por ejemplo:

- **Los regímenes de precipitaciones regionales podrían variar.**

Se prevé que el ciclo de evapotranspiración se acelera a nivel mundial, y ello implica que lloverá más, pero que las lluvias también se evaporarán más rápidamente, volviendo los suelos más secos durante los periodos críticos de la temporada de cultivo. Nuevas sequías, o más intensas, en particular en los países más pobres, podrían disminuir el abastecimiento de agua potable hasta el punto que ello podría convertirse en una amenaza grave para la salud pública.

Dado que los científicos todavía no tienen entera confianza en los pronósticos regionales, no se aventuran a definir con precisión las zonas del mundo expuestas a volverse más húmedas o más secas, pero, habida cuenta de que los recursos hídricos mundiales ya se hallan bajo una gran presión en virtud del rápido crecimiento demográfico y la expansión de las actividades económicas, el peligro de que ello ocurra es bien real (PNUMA/IUCC, 1995).

- **Las zonas climáticas y agrícolas podrían desplazarse hacia los polos.**

Se prevé que en las regiones de latitud medio el desplazamiento será de 200 y 300 km por cada grado Celsius de calentamiento. Veranos más secos disminuirían el rendimiento de los cultivos en un 10 a 30 por ciento, y es posible que las principales zonas productoras de cereales actuales (como Grandes Llanuras de los Estados Unidos)

experimenten sequias y golpes de calor más frecuentes. Los bordes septentrionales de las zonas agrícolas de latitud media (al norte de Canadá, Escandinavia, Rusia y Japón en el hemisferio norte, y el sur de Chile y la Argentina en el hemisferio austral), se beneficiarían de temperaturas más elevadas. Sin embargo, en algunas regiones el escabroso de los terrenos y la pobreza de los suelos impedirían a esos países compensar la merma de rendimiento de las zonas hoy más productivas (PNUMA/IUCC, 1995).

- **El derretimiento de los glaciares y la dilatación térmica de los océanos podrían aumentar el nivel del mar, amenazando las zonas costeras bajas y a islas pequeñas.**

El nivel medio global del mar ya ha subido cerca de 15 cm en el último siglo y se prevé que el calentamiento de la tierra ocasionara un aumento adicional de alrededor de 18 cm para el año 2030. De mantenerse la actual tendencia de las emisiones de gases termoactivos, ese aumento podría llegar a los 65 cm por encima de los niveles actuales antes del año 2100.

Las tierras más vulnerables serían las regiones costeras desprotegidas y densamente pobladas de algunos de los países más pobres del mundo. Entre las víctimas probables se contaría Bangladesh, cuyas costas ya son propensas a inundaciones devastadoras, al igual que muchos pequeños Estados insulares, como las Malvinas (PNUMA/IUCC, 1995).

2.2.3 Ola de Calor

Según la Organización Meteorológica Mundial - OMM (2009), una ola de calor se produce cuando, la temperatura máxima diaria excede en 5°C a la temperatura máxima media, durante más de cinco días consecutivos.

En Argentina, las olas de calor se producen anualmente, en el periodo del 15 de diciembre al 15 de febrero del año siguiente y son originadas por una intensa corriente tropical proveniente del centro y sur del Brasil, como efecto de un anticiclón, ubicado en las costas de ese país, con vientos que mueven a ese aire hasta el mismo centro argentino.

La temperatura máxima durante esas jornadas oscila entre 29 y 38°C, con una humedad relativa del 60 al 85%, en tanto que la temperatura mínima suele ser de 20 a 28°C, con una humedad relativa del 70 a 90%.

En Norteamérica, una ola de calor es el periodo de tres o más días consecutivos, por encima de 32,2°C (90°F).

En España, la temperatura extrema de 35°C está considerada como el nivel de alerta.

En Holanda, Bélgica y Luxemburgo, una ola de calor es el periodo de al menos cinco (5) días consecutivos, donde la temperatura máxima excede los 25°C (77°F) y con al menos tres (3) días de ese periodo, con temperaturas superiores a 30°C (86°F). En Dinamarca, se considera una ola de calor, cuando la temperatura excede los 28°C, durante tres (3) días consecutivos.

La OMM, (2007), a través del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, señala que durante los últimos 50 años, ha aumentado el número de olas de calor. Se prevé que esta tendencia persista en el siglo XXI, por lo que se verá amenazada la vida de millones de personas.

Los sistemas de alta presión, la dirección del viento, la nubosidad, la humedad y, obviamente, la luz solar y la radiación, influyen de manera directa en la aparición y frecuencia de las olas de calor. Cuando éstas se producen, pueden conducir rápidamente a incrementar la tasa de

mortalidad debido a enfermedades cardíacas y respiratorias. Los sectores más vulnerables de la sociedad son los ancianos, los niños pequeños, los enfermos, los obesos y las personas que realizan actividades al aire libre.

Generalmente, las personas que corren el mayor riesgo son las que viven en lugares donde el clima es menos propenso a experimentar fenómenos relacionados con el calor, ya que tienen menos capacidad de adaptación al calor excesivo. El impacto de la exposición al calor excesivo está determinado por el envejecimiento fisiológico y las enfermedades subyacentes. Normalmente un individuo tolera una variación de su temperatura interna de, aproximadamente, 3°C sin que sus condiciones físicas y mentales se alteren de forma importante. A partir de 37°C se produce una reacción fisiológica de defensa (OMM, 2007).

El calor excesivo puede alterar nuestras funciones vitales, si el cuerpo humano no es capaz de compensar las variaciones de la temperatura corporal. Una temperatura muy elevada produce pérdida de litros de agua, que son necesarias para el normal funcionamiento de los distintos órganos.

En algunas personas con determinadas enfermedades crónicas y con discapacidades que limitan su desplazamiento, estos mecanismos de termorregulación pueden verse descompensados. La exposición a temperaturas altas, puede provocar problemas en la salud como calambres musculares, deshidratación, debilidad, fatiga, cefalea y golpe de calor con sus síntomas de inestabilidad en la marcha, convulsiones e incluso coma (OMM, 2007).

El exceso de mortalidad se ha asociado al periodo de tres o más días consecutivos de temperatura altas, no habituales, y sus efectos se

pueden observar durante los citados periodos o con un retraso de hasta tres días.

Entre los factores de riesgo tenemos los factores personales, asociados a la edad, enfermedades y consumo de alcohol y drogas, los factores ambientales laborales o sociales, vinculados al estado de las viviendas, a la contaminación y a las relaciones interpersonales y por último, los factores locales relacionados a aspectos demográficos, a la adaptación al clima del lugar y al equipamiento doméstico para afrontar temperaturas excesivas (OMM, 2007).

En una ola de calor sube el consumo de electricidad, debido al aumento en el uso de aire acondicionado, no solo en los hogares sino en las oficinas y locales comerciales.

La ocurrencia de una ola de calor, en un periodo seco, contribuye a la sequedad de la vegetación (fotografía 06), especialmente, de los pastos, los mismos que son la “materia prima”, para los incendios forestales.

2.2.4. Indicadores del Mapa Ecológico del Perú

En 1947, el botánico y climatólogo Leslie Holdridge, publico un “Sistema Simple para la Clasificación de las Formaciones Vegetales del Mundo”, que luego cambio por el de zonas de vida, ya que sus unidades afectan a la vegetación y a los animales, además porque cada zona de vida representa un hábitat distinto, en consecuencia con características de vida diferente.

En 1967, Holdridge definió el concepto de zona de vida como “Un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, que tienen una fisonomía similar, en cualquier parte del mundo”.

Las asociaciones se pueden agrupar en cuatro clases básicas: climáticas, edáficas, atmosféricas e hídricas.

- Asociaciones climáticas ocurren cuando tanto la precipitación y su distribución mensual como la biotemperatura son normales para la zona de vida, sin alteraciones atmosféricas y el suelo es la categoría zonal.
- Asociaciones edáficas, se dan cuando las condiciones del suelo son más favorables (o menos favorables) que el suelo normal (suelo zonal) para la zona de vida.
- Asociaciones atmosféricas, aparecen cuando el clima de lo normal para el lugar.
- Asociaciones hídricas, ocurren cuando en terrenos encharcados donde el suelo está cubierto de agua durante todo el año o parte de este.

En 1995, el Instituto Nacional de Recursos Naturales INRENA publicó el Mapa Ecológico del Perú, con su respectiva guía explicativa, dando a conocer las zonas de vida del Perú, de acuerdo a la clasificación de Holdridge.

El distrito de Juan Guerra, aparece en este mapa como bosque seco tropical (bs-T) conjuntamente con las localidades de Tarapoto, Bellavista y Juanjuí, distribuyéndose esta zona de vida entre los 300 y 800 metros de altitud.

La clasificación de Holdridge, es un sistema simple y se basa en que tanto los tipos de suelo como la vegetación se puede delimitar una vez que se conoce el clima. En principio fue diseñado para ser aplicado en áreas tropicales y subtropicales, aunque actualmente se utiliza para toda superficie terrestre y se obtienen buenos resultados en zonas de vegetación tropical, mediterránea y boreal, aunque es menos aplicable en zonas de climas oceánicos fríos o áridos fríos donde la humedad se convierte en un factor determinante. Además este sistema sirve para

cuantificar los cambios posibles en los patrones naturales de la vegetación, debido al calentamiento global y el cambio climático.

2.3. Hipótesis

2.3.1 Hipótesis General

Los principales indicadores meteorológicos del cambio climático, determinan la ocurrencia de las olas de calor, en el distrito de Juan Guerra, Región y Provincia de San Martín.

2.3.2 Hipótesis Específicas

La temperatura y la precipitación muestran un comportamiento y tendencia ascendente y en el caso de la precipitación una gran variabilidad.

En las dos últimas décadas, las olas de calor muestran una mayor frecuencia y una tendencia creciente. La correlación entre las temperatura y las olas de calor es positiva, igual sucede con la evaporación y con la precipitación la correlación es negativa.

2.4. Variables de Estudio

2.4.1. Variable Independiente

✓ Indicadores meteorológicos del cambio climático.

2.4.2. Variable Dependiente

✓ Olas de calor.

CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 Ámbito de Estudio

En distrito de Juan Guerra (fotografía 05), se encuentra ubicado al sur de la ciudad de Tarapoto, a una distancia de 12 Km, en la margen izquierda del río Cumbaza y pertenece a la Provincia de San Martín y a la Región del mismo nombre, República del Perú.

Cuenta con una extensión de 6,211 km², limita por el norte con el distrito de la Banda de Shilcayo, por el sur con el distrito de Buenos Aires, por el este con el distrito de Shapaja y por el oeste con el distrito de Cuñumbuque.

3.2 Tipo de Investigación

El tipo de investigación será cuantitativa, analítica y aplicada, teniendo en cuenta los conocimientos pre – existentes de cambio climático.

El enfoque cuantitativo, representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no se puede eludir pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego es posible redefinir alguna fase.

Parte de una idea, que va acotándose y una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño) se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia, utilizando métodos estadísticos) y se establece una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis. (Hernández et. al., 2010)

La investigación analítica consiste fundamentalmente en establecer la comparación de variables entre grupos de estudio y de control. Además, se refiere a la proposición de hipótesis que el investigador trata de probar o negar. (Canales. et., al 2005)

La investigación aplicada busca confrontar la teoría con la realidad. Es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. (Nel, 2010)

3.3 Nivel de Investigación

El nivel de investigación es correlacional o causal. El investigador trata de determinar el grado de relación existente entre las variables, pudiéndose también indagar hasta qué punto las alteraciones de una variable dependen de las alteraciones de otra. La magnitud de la relación se calcula mediante coeficientes de correlación. (Aliaga y Caycho, 2011), en este caso se ha utilizado el coeficiente de correlación lineal.

3.4 Método de Investigación

El método aplicado es el científico, complementado con un enfoque sistémico, teniendo en cuenta la naturaleza de esta investigación.

Los pasos o secuencia de la investigación son los siguientes:

- Planteamiento, formulación y sistematización del problema, enunciado de los objetivos y justificación de la investigación.
- Revisión de la literatura y desarrollo del marco teórico.
- Visualización del alcance del estudio.
- Elaboración de la hipótesis y definición de las variables.
- Desarrollo del diseño de la investigación.
- Definición y selección de la muestra.
- Recolección de datos, basados en la medición de los indicadores meteorológicos, tabulación, procesamiento, ordenamiento y presentación de la información.
- Análisis de datos, a través de métodos estadísticos de acuerdo a las variables de estudio y en cumplimiento de los objetivos.
- Presentación de resultados y comprobación de la hipótesis.
- Discusiones con autores de trabajos similares.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Elaboración del informe de investigación, incluyendo las referencias bibliográficas y la tabla de contenidos.

3.5 Diseño de Investigación

El diseño de investigación tiene suma importancia en tanto guía y orienta metodológicamente la condición del proceso de investigación, facilitando la formulación del problema, la hipótesis y el logro de los objetivos de la investigación, en el contexto social o natural donde se presenta o identifica la situación problemática. (Carrasco, 2009)

3.6 Población, Muestra, Muestreo

3.6.1 Población

Datos existentes para la serie 1964-2013:

- ✓ Temperatura del aire de las 07:00, 13:00 y 19:00 horas (54,750 datos)
- ✓ Temperatura máxima (18,250 datos)
- ✓ Temperatura mínima (18,250 datos)
- ✓ Evaporación del aire (36,500 datos)
- ✓ Precipitación (36,500 datos)

En el caso de olas de calor, se trabajará con los datos de la temperatura máxima, que equivale a 18,250 datos.

3.6.2 Muestra

Datos utilizados:

- ✓ Temperatura media mensual del aire: $12 \text{ datos/año} \times 50 \text{ años} = 600$ datos.
- ✓ Temperatura máxima media mensual del aire: $12 \text{ datos/año} \times 50 \text{ años} = 600$ datos.
- ✓ Temperatura mínima media mensual del aire: $12 \text{ datos/año} \times 50 \text{ años} = 600$ datos.
- ✓ Evaporación media mensual del aire: $12 \text{ datos/año} \times 50 \text{ años} = 600$ datos.
- ✓ Precipitación media mensual del aire: $12 \text{ datos/año} \times 50 \text{ años} = 600$ datos.

En el caso de olas de calor, se utilizó el percentil 95: Si 18 250 datos es el 10%; 5% de estos datos es = 912 datos.

3.6.3 Muestreo

Se utilizaron procedimientos estadísticos, de medidas de tendencia central como la media aritmética y el percentil 95, así como la tendencia o regresión lineal simple y la correlación lineal simple. El percentil 95 está

aprobada por los expertos-OMM, para evaluar olas de calor que no sean extremos; mientras el percentil 98 permite evaluar olas de calor extremos.

3.7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La información obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, se basa en la observación directa y sistemática durante los 365 días del año, de los siguientes instrumentos:

- Termómetro ordinario, de exposición o de ambiente, señala la temperatura y se observa a las 07:00, 13:00 y 19:00 horas, su elemento sensible es el mercurio, el bulbo está cubierto por un protector de vidrio, de forma esférica, cilíndrica unido a un tubo capilar cerrado en el otro extremo. El mercurio ocupa el bulbo y una parte mayor o menor del capilar, según la temperatura. El tubo con el bulbo está montado sobre una base que puede ser metálica o de cristal y está fijado en otro tubo protector de cristal. En el interior del tubo protector se encuentra la “escala”, haciéndose allí la lectura de la temperatura, que viene expresada en grados Celsius.

Al ascender la temperatura, el mercurio se expande y al descender se contrae, lo que se visualiza a lo largo de una escala graduada. Un soporte lo mantiene en posición vertical con el bulbo hacia abajo. También son utilizados como termómetros de bulbo seco y termómetro de bulbo húmedo.

- Termómetro de máxima, mide la temperatura máxima del día y se observa a las 19:00 horas, es de mercurio, con un estrechamiento próximo al depósito.
- Cuando la temperatura sube, la dilatación del mercurio contenido en el depósito, vence la resistencia opuesta por el estrechamiento, mientras que cuando la temperatura baja y la masa de mercurio se contrae, la columna se rompe por el estrechamiento y su extremo libre queda señalando la temperatura máxima.

- Termómetro de mínima, indica la temperatura mínima y se observa a las 07:00 horas. Dentro del capilar y sumergido en el alcohol, se encuentra un índice de vidrio. Cuando la temperatura desciende, el líquido arrastra al índice, porque éste no puede arrastrar el menisco y se ve forzado a seguir su recorrido de retroceso.

Cuando la temperatura sube, el líquido pasa fácilmente entre la pared del tubo y el índice, y queda este señalando la temperatura mínima por su extremo más alejado del depósito. Los termómetros de ambiente, máximas y mínimas, están instalados a una altura de 1.50 metros, al interior de una caseta meteorológica.

- Tanque de evaporación tipo "A", mide la evaporación efectiva y se observa a las 07:00 y 19:00 horas. La evaporación efectiva es la cantidad de agua que una masa líquida, al aire libre, pierde a través de su superficie por haberse convertido en vapor, durante un cierto período de tiempo.

Teniendo en cuenta que en la evaporación influyen, entre otros, elementos el viento, la temperatura, la humedad y la insolación, un tanque debe instalarse en una estación meteorológica junto a un anemómetro totalizador y un pluviómetro, y, dentro del tanque se debe colocar un termómetro de extremas.

El tanque de evaporación es un recipiente circular de fierro galvanizado o acero inoxidable, de fondo plano, de 1,20m de diámetro interior, 25 cm de altura y 2mm de espesor, colocado cerca al suelo sobre una tarima de madera calada de 1.21 x 1.21 m, para su debida ventilación. El sistema medidor está compuesto por un "vaso tranquilizador", montado sobre una pieza metálica triangular en cuyas 3 esquinas existen tornillos de nivelación; y sobre el "vaso tranquilizador" se coloca el tornillo micrométrico con un gancho indicador para realizar las lecturas por diferencia de nivel.

- Pluviómetro, mide la cantidad de lluvia, nieve y granizo durante un intervalo de tiempo y lugar por unidad de superficie. Se observa cada 12 horas, es decir a las 07:00 y 19:00 horas. El pluviómetro compuesto de un captador, receptor o embudo, de un colector y de un depósito principal o vaso protector. La precipitación es recogida por el receptor, el cual posee un embudo profundo, para que las gotas que han entrado no salgan al rebotar, siendo el agua conducida al colector de boca estrecha por la que penetra el tubo del embudo.

Toda el agua ingresada se conserva en el vaso colector protegido contra la evaporación por la estrechez de la boca y por el dispositivo de dobles paredes que resulta.

En la costa se emplea el pluviómetro cuyo receptor tiene 1 000 cm² de área de captación, en la sierra el de 200 cm² y en la selva además del de 200 cm² es usado el de 100 cm². Estos instrumentos están instalados a 1,20 m del suelo.

3.8 Procedimiento de Recolección de Datos

Los datos han sido obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, proporcionados a través de un CD de los registros de una serie histórica de 50 años de la estación Meteorológica Agrícola Principal “El Porvenir”. Además, el Director Regional, Ing. M.Sc. Felipe Huamán Solís, detalló el procedimiento de la recolección de datos, que a continuación señalo:

- Observación o lectura de los instrumentos
- Anotación de los datos, en una libreta de campo.
- Transcripción de los datos en una planilla climatológica.
- Tabulación y procesamiento de los datos, utilizando estadísticas
- Control de calidad de los datos y entrega de la información en la Sede Regional del SENAMHI.

3.9 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Los datos se codificarán, tabularán y se elaborarán tablas y gráficos, utilizando el EXCEL, luego se analizarán de acuerdo a las variables de estudio y según los objetivos:

- Comportamiento de la temperatura, la evaporación y la precipitación, con sus respectivas tendencias, en el periodo 1964 – 2013. De los datos de estos parámetros meteorológicos se obtendrán tablas estadísticas con promedios mensuales y anuales, luego se graficarán sus oscilaciones en el periodo de estudio y se analizarán sus marchas y tendencias.
- Ocurrencia de las olas calor y su tendencia en el periodo 1964 – 2013. Los datos de la temperatura máxima, se tabularán y se elaborarán tablas estadísticas, para obtener el percentil 95 y la intensidad por anomalías (%); posteriormente se graficarán las olas de calor y se analizará la serie histórica considerada.
- Comportamiento de la temperatura, la evaporación y la precipitación, con la ocurrencia de las olas de calor, en el periodo 1964 – 2013. Se establecerán correlaciones y se graficarán los comportamientos de los parámetros meteorológicos, con las olas de calor.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Presentación de Resultados

4.1.1 Comportamiento de la temperatura, la evaporación y la precipitación, con sus respectivas tendencias, en el periodo 1964 – 2013.

4.1.1.1. Comportamiento de la Temperatura Máxima

En el cuadro 01 y en el gráfico 01 se muestra el comportamiento de la temperatura máxima del aire, del periodo 1964 – 2013, registrada en la estación

Meteorológica Agrícola Principal de “El Porvenir” (fotografía 01), donde se puede observar un comportamiento muy variable y sistemáticamente ascendente, con valores extremos que oscilaron entre 31,0°C, registrado en el año 1971 y 33,7°C, observado en el año 1998.

Al aplicar la regresión lineal simple a la serie de datos de 1964 – 2013, se observa una tendencia ligeramente ascendente, con un incremento de 0,03°C de temperatura por cada año. Igualmente en función a la ecuación de la tendencia ($y=0,0267x + 31,808$), la temperatura en 50 años se ha incrementado en 1,3°C, a razón de 0,26°C por década.

Cuadro 01: Variables meteorológicas de la estación MAP “El Porvenir” – Juan Guerra

AÑO	VARIABLES METEOROLÓGICAS				
	T° MÁXIMA (°C)	T° MÍNIMA (°C)	T° MEDIA (°C)	EVAPORACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN (mm)
1964	33.1	20.8	27.1		800.6
1965	32.9	21.0	27.0	772.4	1080.8
1966	33.0	20.8	26.4	617.6	1056.5
1967	32.6	20.7	26.3	565.6	1043.0
1968	31.1	20.4	25.3	898.8	1202.8
1969	31.9	20.7	25.8	1012.0	1151.5
1970	31.4	19.3	25.7	873.5	1094.8
1971	31.0	19.9	25.3	815.3	1070.7
1972	31.4	20.9	25.6	729.1	1377.7
1973	31.4	21.0	25.7	814.8	1129.5
1974	31.3	20.3	25.5	926.2	1056.8
1975	31.5	20.0	25.5	876.0	953.3
1976	31.7	19.3	25.7	910.0	974.0
1977	31.6	19.4	25.5	813.3	1182.6
1978	31.6	19.8	25.8	801.1	1021.3
1979	32.4	20.1	26.3	853.0	1029.2
1980	32.2	20.2	26.1	674.1	1011.0
1981	32.8	20.8	26.5	934.5	1045.4

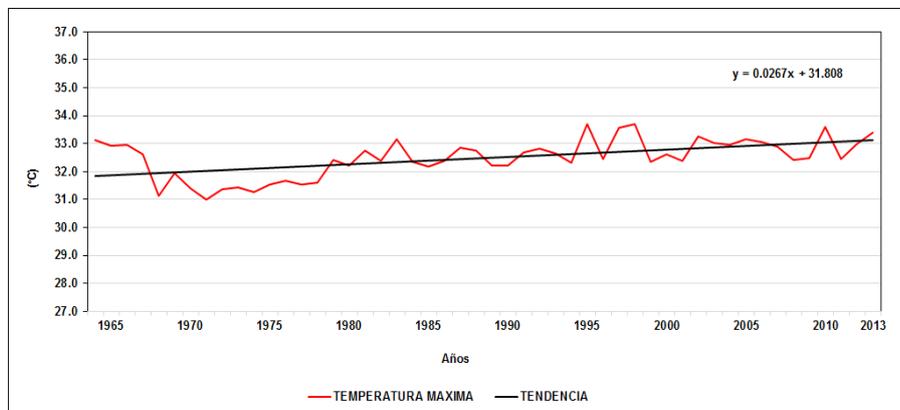


Gráfico 01: Comportamiento de la temperatura máxima promedio anual

4.1.1.2. Comportamiento de la Temperatura Mínima

En el cuadro 01 y en el gráfico 02 se narra la marcha interanual de la temperatura mínima, del periodo 1964 – 2013, donde se aprecia que de 1964 a 1985 hubo una gran variabilidad y de 1986 al 2013, un marcado incremento de la temperatura, En todo el periodo los valores extremos oscilaron entre 19,3°C medido en los años 1970 y 1976; y 21,5°C registrado el año 1998.

Al analizar la regresión lineal simple aplicada a la serie de datos de 1964 – 2013, se observa una tendencia ligeramente ascendente, con un incremento de 0,02°C de temperatura por cada año. Asimismo, de acuerdo a la ecuación de la tendencia ($y=0,0191x + 20,233$), la temperatura mínima en 50 años se ha incrementado en 1,0°C, a razón de 0,20°C por década.

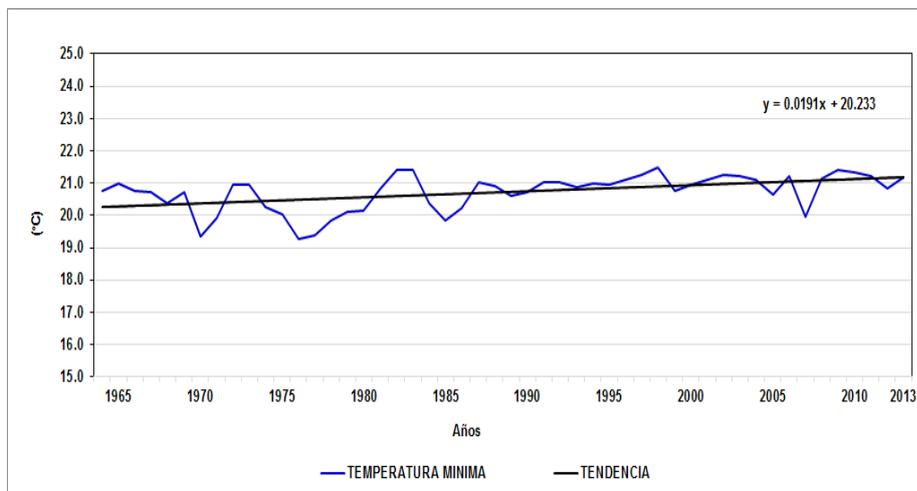


Gráfico 02: Comportamiento de la temperatura mínima promedio anual

4.1.1.3. Comportamiento de la Temperatura Media

En el cuadro 01 y en el gráfico 03, se indica la temperatura media anual, del periodo 1964 – 2013, teniendo como característica fundamental una marcha más uniforme con respecto a la temperatura máxima y mínima. Los valores extremos fluctuaron entre 25,3°C, registrado en el año 1971 y 27,2°C, observado en el año 1998.

De acuerdo a la regresión lineal simple de la serie de datos 1964 – 2013 se observa una tendencia ligeramente ascendente, con un incremento de 0,02°C de

temperatura por cada año y de acuerdo a la ecuación de la tendencia ($y=0,0177x + 25,852$), la temperatura media en 50 años, se ha incrementado en $0,9^{\circ}\text{C}$, a razón de $0,18^{\circ}\text{C}$ por década.

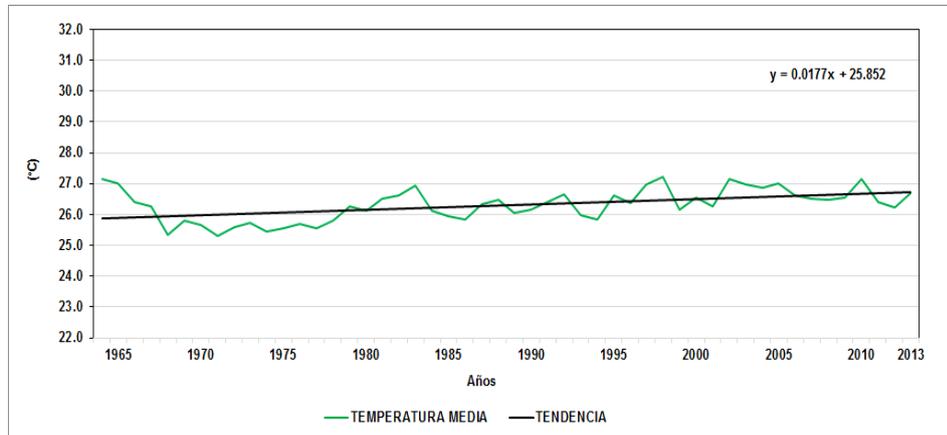


Gráfico 03: Comportamiento de la temperatura media promedio anual

4.1.1.4. Comportamiento de la Evaporación

En el cuadro 01 y en el gráfico 04 se muestra la marcha interanual de la evaporación de la serie histórica: 1965 – 2013, muy variable de 1965 a 1995 y con un incremento sostenido de 1996 al 2013, aunque los años, 1982, 1983 y 1984, se registraron “picos” extraordinarios. En esta serie, los valores extremos oscilaron entre 565,6 mm medido en el año 1967 y 1285,0 mm registrado en el año 1983.

En relación a la línea de tendencia o regresión, tuvo una pendiente ascendente con un incremento de 3,4 mm de evaporación por cada año y de acuerdo a la ecuación de la tendencia ($y=3,4462x + 805,8$), la evaporación de la atmósfera en 49 años, se ha incrementado en 168,86 mm, a razón de 34,5 mm por década.

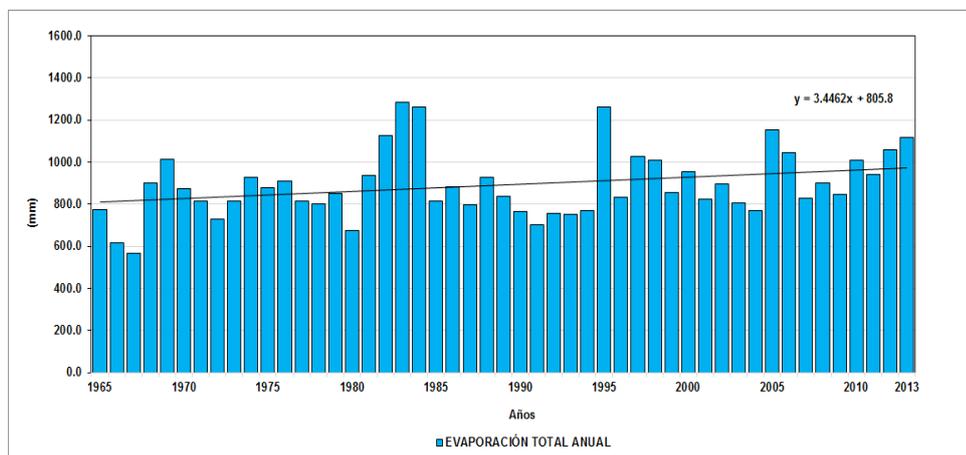


Gráfico 04: Comportamiento de la evaporación de la atmósfera total anual

4.1.1.5. Comportamiento de la Precipitación

En el cuadro 01 y en el gráfico 05 se muestra la marcha interanual de la precipitación, correspondiente al periodo 1964 – 2013, en la estación MAP “El Porvenir”, donde se ha registrado una gran variabilidad interanual en los años 1964 – 2004, y desde el 2005 al 2013, se ha observado un incremento en los totales mensuales. Los valores extremos han sido 742,1 mm y 1458,5 mm en los años 1995 y 2012, respectivamente.

La línea de tendencia de este periodo ha denotado una pendiente ligeramente ascendente, con un incremento de 1,2 mm de lluvia por cada año. Asimismo, en función a la ecuación de la tendencia ($y=1,1762x + 1041,4$), en 50 años, se ha incrementado en 58,8 mm, a razón de 11,76 mm por década.

En el Mapa Ecológico del Perú (INRENA, 1995), el distrito de Juan Guerra se encuentra en una zona de vida caracterizada por tener un máximo de precipitación total por año de 1391,0 mm y un promedio mínimo de 1020,0 mm.



Gráfico 05: Comportamiento de la precipitación total anual

4.1.2 Ocurrencia de las Olas de Calor y su Tendencia en el Periodo 1964 – 2013

De acuerdo a lo observado en el gráfico 06, en la estación MAP “El Porvenir”, e el periodo 1964 - 2013, se han registrado 78 eventos. A mediados de la década del 80 es cuando este fenómeno se comienza a registrar con mayor frecuencia anual y es el año 1997, en el que se reportaron el mayor número de casos, es decir, 9 episodios.

De acuerdo a la línea de la tendencia, tuvo una pendiente muy ascendente, con un incremento, estadísticamente, de 0,07 episodios cada año. Asimismo, en función a la ecuación de la tendencia ($y=0,0687x + 0,191$), las olas de calor en la localidad de Juan Guerra en 50 años, se han incrementado en 3,4 eventos.

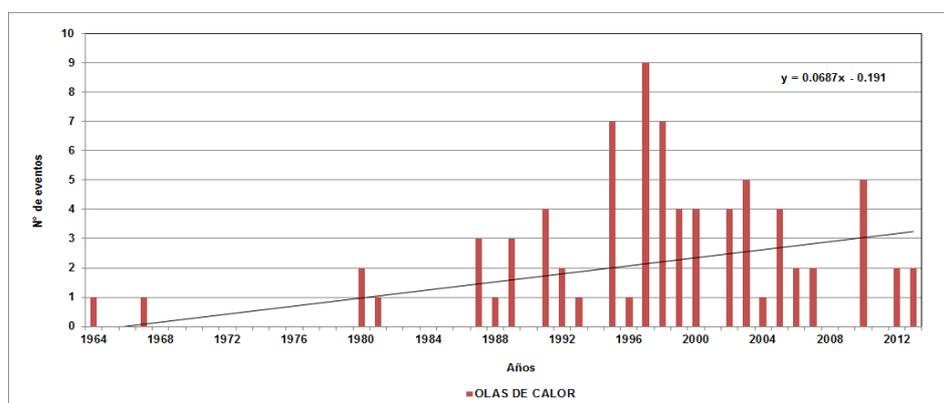


Gráfico 06: Frecuencia anual de las olas de calor en Juan Guerra

4.1.3 Relación del Comportamiento de la Temperatura, la Evaporación y la Precipitación con la Ocurrencia de las Olas de Calor

4.1.3.1. Relación de la Temperatura Máxima con las Olas de Calor

En el gráfico 07 se muestra la relación de la temperatura máxima y las olas de calor. Luego del análisis estadístico se determinó un $R^2 = 0,419$, lo que significa que la temperatura máxima solo influencia en un 41,9% en los fenómenos de olas de calor, esto se explica porque la temperatura es una variable constante, es

decir, se registra e forma continua, mientras que los eventos de las olas de calor son eventos discontinuos que se manifiestan aleatoriamente, y dependen fundamentalmente de anomalías en la circulación atmosférica.

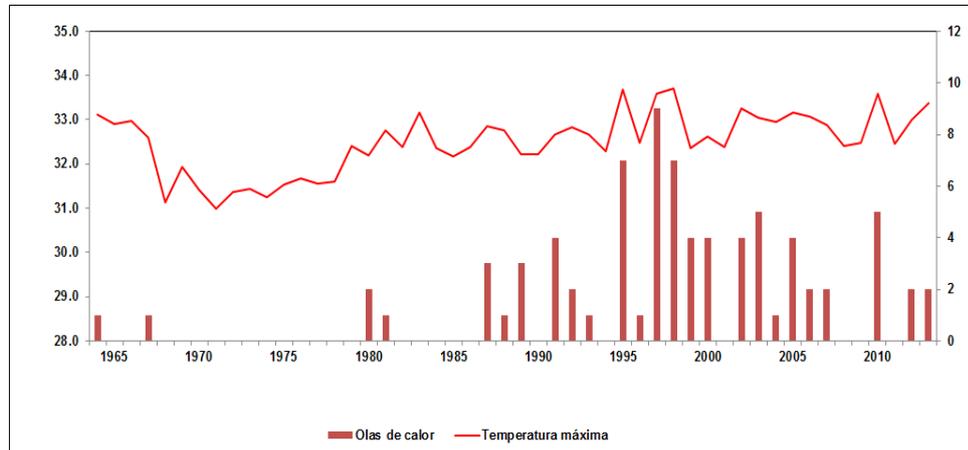


Gráfico 07: Relación de la temperatura máxima con las olas de calor

4.1.3.2. Relación de la Temperatura Mínima con las Olas de Calor

En el gráfico 08, se señala la relación de la temperatura mínima con las olas de calor. La temperatura mínima, quizás no sea uno de los parámetros climáticos que más influya en la ocurrencia y frecuencia de las olas de calor, es por ello que luego de realizar el análisis estadístico, el R^2 fue de 0,132443118, lo que nos indica que solo influye en un 13%, siendo otros factores los más determinantes.

Entre las décadas del 60 y el 80, no se registraron fenómenos de olas de calor, de manera significativa, sin embargo la temperatura mínima, todos los días ocurrió y se registró, siendo quizás esta la razón por la cual reporta una correlación muy baja.

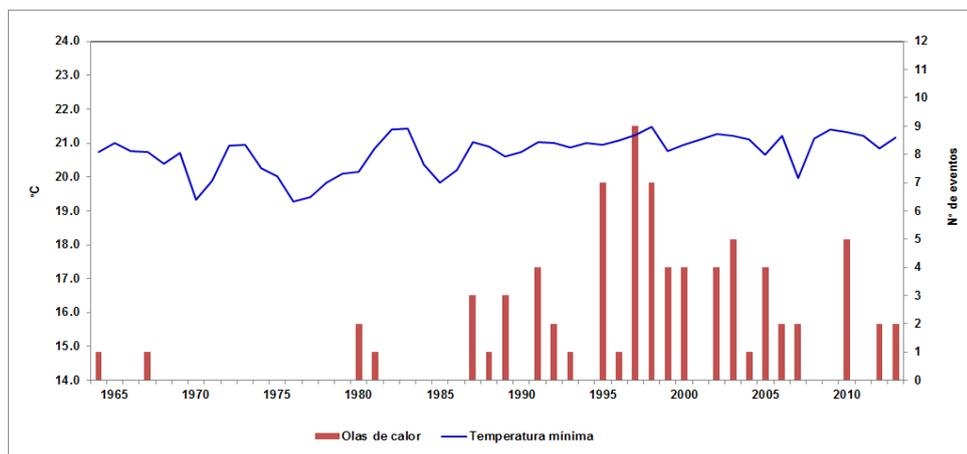


Gráfico 08: Relación de la temperatura mínima con las olas de calor

4.1.3.3. Relación de la Temperatura Media con las Olas de Calor

En el gráfico 09 se indica la relación de la temperatura media con las olas de calor. De acuerdo al análisis estadístico, la temperatura media influye en un 31% en la ocurrencia de las olas de calor, esto se determina por el R^2 de 0,3107.

Este valor nos indica que la temperatura media no es el factor determinante en la ocurrencia de las olas de calor y aunque ambos parámetros tengan una pendiente ascendente no implica que tengan una correlación positiva alta.

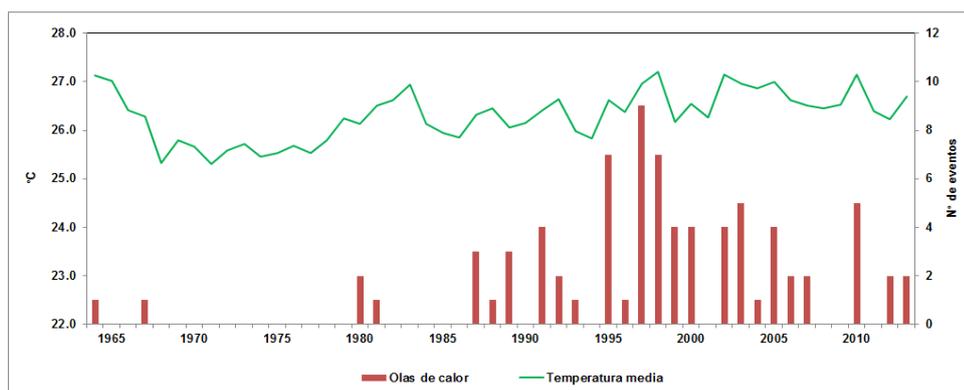


Gráfico 09: Relación de la temperatura media con las olas de calor

4.1.3.4. Relación de la Evaporación con las Olas de Calor

En el gráfico 10 se demuestra la relación de la evaporación con las olas de calor. Los fenómenos de olas de calor no son determinados por una mayor o menor evaporación de la atmósfera, así lo determina el análisis estadístico de estos dos parámetros, cuya correlación es muy baja, $R^2 = 0,055684057$, lo que nos indica una influencia de sólo 5,5%.

Al analizar el gráfico podemos determinar, que no siempre en los picos más altos de la evaporación de la atmósfera se dieron los mayores casos de las olas de calor, pudiendo inferir que es un fenómeno que se presenta indistintamente de la evaporación en la zona.

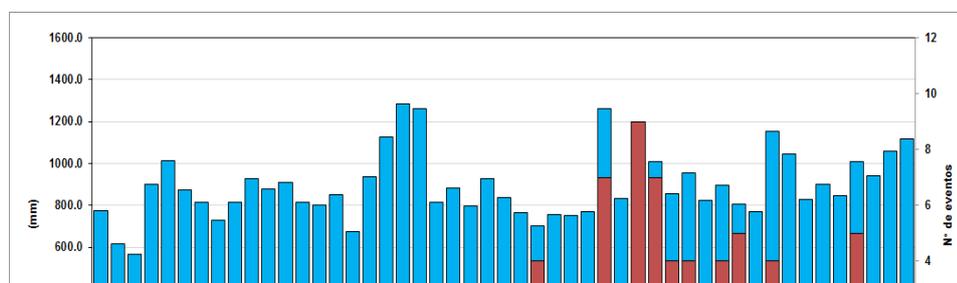


Gráfico 10: Relación de la evaporación de la atmósfera con las olas de calor

4.1.3.5. Relación de la Precipitación Total Anual con las Olas de Calor

En el gráfico 11 se muestra la relación entre la precipitación total con las olas de calor. La precipitación es un parámetro meteorológico que quizás no influya mucho en la ocurrencia de las olas de calor, así lo demuestra el valor de la correlación $R^2 = 0,109748214$, indicándonos que solo tiene una influencia del 10% con respecto a la presencia de las olas de calor.

Aunque ambas pendientes son ascendentes, esta condición no es determinante, es decir, no se puede concluir que cuando disminuye la precipitación aumentan las olas de calor o viceversa.

Esto se ve reforzado porque la precipitación es un parámetro que con mucha frecuencia registra datos, mientras que las olas de calor se presentan en forma muy esporádica.

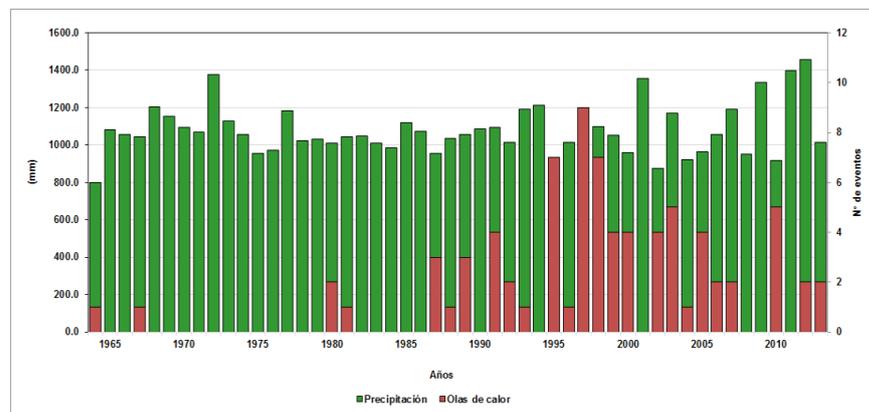


Gráfico 11: Relación de la precipitación total anual con las olas de calor

4.2. Discusiones

Los resultados encontrados, en el distrito de Juan Guerra es de 0.9°C , evidencian un incremento de la temperatura, mayor al incremento de la temperatura global que es de $0,89^{\circ}\text{C}$, en el periodo 1901-2012; además de confirmar el incremento de la temperatura mencionado en la investigación de Huamán (2011); donde referencia el incremento de la misma en un $0,8^{\circ}\text{C}$.

En cuanto a la temperatura máxima, en los años donde la temperatura fue mayor, se registraron la mayor frecuencia de las olas de calor.

Asimismo, se puede determinar que la temperatura mínima no es un factor determinante para la ocurrencia de las olas de calor, es decir, no podemos aplicar la regla, si la temperatura mínima sube, las olas de calor también lo hacen, indicando una correlación positiva, o todo lo contrario, si la temperatura mínima sube las olas de calor bajan, indicando una correlación negativa. Al igual que los otros parámetros antes estudiado, podemos apreciar una correlación débil de la temperatura con respecto a las olas de calor, determinando en general, que las temperaturas no son las causantes de las olas de calor, sino son parte de los efectos.

En cuanto a la mayor evaporación de las últimas décadas, es coherente con el aumento de la temperatura y el incremento de las olas de calor, indicándonos que el cambio climático y la variabilidad climática están presentes en el distrito de Juan Guerra, lo que indicaría impactos importantes en un futuro cercano.

En el caso de la precipitación, la serie 1964 – 2013 indica una tendencia positiva, a diferencia de los resultados obtenidos por Huamán (2011), que trabajó con la serie 1964-2007, obteniendo una tendencia negativa. Esta deducción significaría un incremento y una gran variabilidad de este parámetro, en los últimos años.

Con respecto al Mapa Ecológico del Perú, los valores extremos de temperatura y precipitación no corresponden a la zona de vida considerada para Juan Guerra (bs-T). La temperatura ha aumentado debido a la variabilidad climática y al cambio climático, teniendo como acelerador a la deforestación (fotografía 02); igualmente, la precipitación presenta mayor variabilidad, habiéndose ampliado sus extremos, debido a las sequías (fotografía 03), asociadas a la disminución de las precipitaciones y a las lluvias intensas que generan las inundaciones (fotografía 04) en algunos años.

CONCLUSIONES

Del comportamiento de la temperatura, evaporación del aire y la precipitación, con sus respectivas tendencias, en el periodo 1964 – 2013.

- La temperatura máxima registra un incremento de 1,3°C en 50 años, lo que evidencia un notorio cambio en el tiempo de este parámetro climático, al igual que la temperatura

mínima, que en el mismo periodo tuvo un incremento de 1,0°C, y la temperatura media, que en medio siglo aumentó 0,9°C.

- La evaporación de la atmósfera registra un incremento de 168,86 mm en 49 años, con gran variabilidad en su comportamiento, lo que nos indica que cada año se está registrando mayor evaporación de la atmósfera en la zona de Juan Guerra.
- La precipitación total mensual ha registrado un ligero incremento de 58,8 mm en 50 años, esto debido a la gran variabilidad que presenta en su comportamiento y según el análisis estadístico realizado, en el periodo 1964 – 2007 la tendencia es negativa y de 1964 al 2013, la tendencia es positiva, lo que evidencia una gran variabilidad interanual de este parámetro climático.
- En general, podemos concluir que los parámetros climáticos estudiados en el periodo antes mencionado, han tenido un ligero cambio en el acumulado de sus valores.
- El Mapa Ecológico del Perú, al ser un instrumento de planificación elaborado el año 1995, presentan valores desfasados, que inducen a considerar datos no reales.
- Además la clasificación de Holdridge sirve para cuantificar los cambios posibles en los patrones naturales de la vegetación, debido al calentamiento global y el cambio climático.
- De la ocurrencia de las olas de calor y su tendencia en el periodo 1964 – 2013, se infiere que las olas de calor son fenómenos con mayor ocurrencia en los últimos años, siendo el año 1997 (El Niño), en el cual se registró el mayor número de casos (9 eventos). Tiene una tendencia ascendente, lo que demuestra su incremento en los últimos años.
- De la relación entre la temperatura, la evaporación del aire y la precipitación, con la ocurrencia de las olas de calor, en el periodo 1964 – 2013, se establece que la correlación de las olas de calor con los distintos parámetros climáticos estudiados, vale decir, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, evaporación de la atmósfera y precipitación total anual, es muy bajo, lo que nos indica que estas

variables climáticas no son determinantes para la ocurrencia de las olas de calor en la zona de Juan Guerra.

RECOMENDACIONES

- Estudiar a nivel de investigación la relación entre las olas de calor y otros factores climáticos, como la velocidad y dirección del viento, la humedad atmosférica, la circulación atmosférica, entre otros.

- Realizar otros trabajos científicos y estadísticos en otras zonas de vida de la región San Martín y el País, para determinar la relación de las variables y factores climáticos con la ocurrencia de las olas de calor, fenómeno que, de acuerdo al análisis realizado, cada año va en aumento.
- Investigar otros fenómenos meteorológicos extremos, como las lluvias intensas, olas de frío y temporales, relacionándolos con ciertas variables climáticas, para determinar su patrón de comportamiento, y así poder desarrollar políticas de prevención ante la ocurrencia de estos eventos adversos.
- Actualizar el Mapa Ecológico del Perú, a fin de que sea una herramienta útil, acorde con los valores que se han registrado en las últimas décadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Aliaga J. y Caycho T. "Metodología de la investigación cuantitativa", 1era ed. Lima. Editorial de la Universidad Inca Garcilaso de Vega. 2011.

- 2) Aguiló, M. et al. "Guía para la elaboración de estudios de medio físico". Tercera edición. Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. Madrid – España. 2006
- 3) Carrasco, S. "Metodología de la investigación científica". Lima. Editorial San Marcos. 2009.
- 4) Canales, F. Alvarado, E. y Posada, E. "Metodología de la investigación". Vigésima reimpresión. Washington, DC.-EUA. Editorial Limusa S.A. 2005.
- 5) Clavero, P. y Raso, J.M. "Los climas. Fundamentos y sugerencias didácticas". Ediciones Anaya S.A. Salamanca – España. 1983.
- 6) De Fina, A. y Ravelo, A. "Climatología y fenología agrícolas". Cuarta edición. Editorial universitaria de Buenos Aires. Buenos Aires - Argentina. 1985.
- 7) Deza R. y Muñoz L. "Investigación científica." Universidad Alas Peruanas. 4ta ed. Lima. Talleres gráficas UAP. 2012.
- 8) Hernández, R., Fernández, C y Baptista, P. "Metodología de la investigación". Quinta edición. México. Ediciones Mc Graw. 2010.
- 9) Huamán, F. "Efectos de la deforestación sobre el cambio climático en la región de San Martín". Tesis de maestría. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima – Perú. 2011.
- 10) Huamán, F. "Cambio climático, impactos y adaptación". Trabajo de doctorado. Tarapoto – Perú. 2014.
- 11) INRENA. Mapa Ecológico del Perú. Lima – Perú. 1995
- 12) OMM. "Cuarto Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático" (IPCC): Ginebra – Suiza. 2007.
- 13) OMM. "El Tiempo, el clima y el aire que respiramos". OMM N° 1035. Ginebra – Suiza. 2009.

- 14) OMM. “Quinto Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático” (IPCC). Ginebra – Suiza. 2013.
- 15) OMM. Comunicado de prensa N° 983. Ginebra – Suiza. 2014.
- 16) ONU “Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático”. Nueva York. 1992.
- 17) PNUMA/IUCC. Para comprender el cambio climático: Guía elemental de la Convención Marco de las Naciones Unidas. Ginebra – Suiza. 1995.
- 18) Quezada, N. “Metodología de la investigación”. Primera edición. Lima. Empresa editora Macro E.I.R.L. 2010.
- 19) SENAMHI. “Resumen Ejecutivo. Escenarios Climáticos en el Perú 2030”. Lima – Perú. 2009.
- 20) SENAMHI. “Reporte Ejecutivo. Evaluación de los modelos CMIP5. Lima – Perú. 2013.

LINCOGRAFÍA

(<http://www.ecointeligencia.com/2014/12/conclusiones-lima-cop20/>).

(<http://www.ecointeligencia.com/2015/12/conclusiones-paris-cop21/>).

ANEXOS



Fotografía 01: Estación Meteorológica Agrícola Principal "El Porvenir" – Juan Guerra



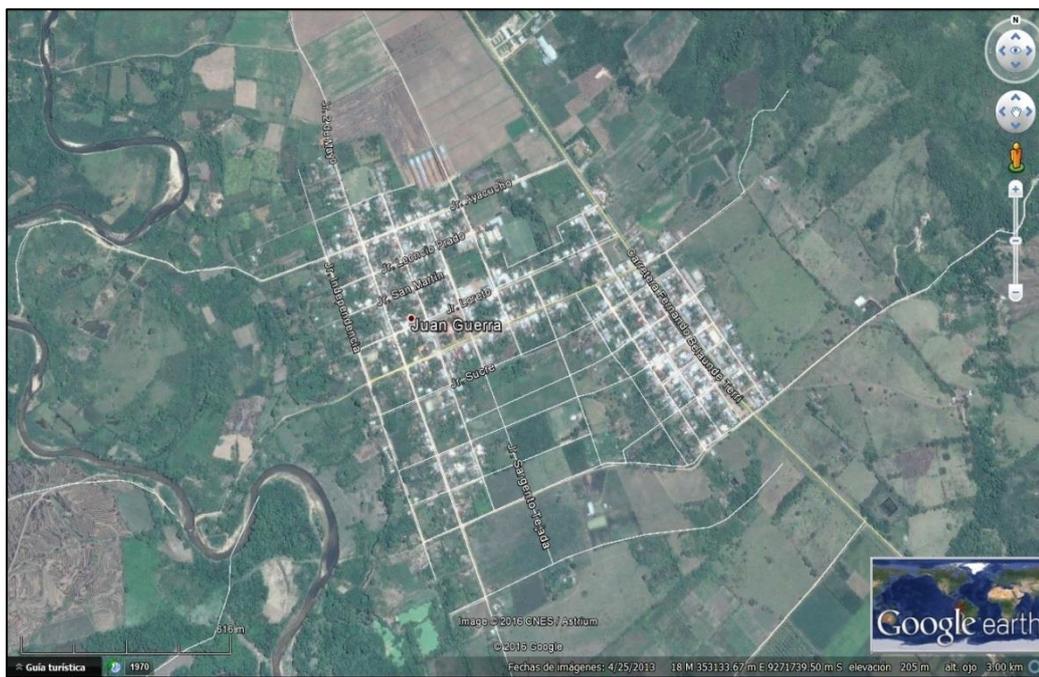
Fotografía 02: Deforestación en el distrito en el distrito de Juan Guerra



Fotografía 03: Inundaciones en el distrito de Juan Guerra



Fotografía 04: Sequía en el distrito de Juan Guerra



Fotografía 05: Vista espacial de la localidad de Juan Guerra. Fuente: Google Earth



Fotografía 06: Vegetación predominante en la localidad de Juan Guerra