2007-2016 “Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”

“Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria”

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ -SENAMHI

MAPAS TEMÁTICOS DE VARIABLES METEOROLÓGICAS PARA LA ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA (ZEE-OT)

- PRECIPITACIÒN MENSUAL (1981-2010)
- RADIACIÒN SOLAR MULTIANUAL (1981-2010)
- HUMEDAD RELATIVA MULTIANUAL (1981-2010)
- VELOCIDAD DEL VIENTO MULTIANUAL (1981-2010)

COLSULTORA: MET. ADELMA BERSEBHA SERPA LÓPEZ

LIMA, ABRIL DEL 2013

INDICE

Lista de Siglas……3

Resumen……4

I. Introducción……5

II. Objetivos……5

III. Marco Conceptual…… …….. 6

IV. Datos y Metodología…… …… 17

V. Resultados…… 21

VI. Recomendaciones……31

VII. Discusión……32

VIII. Conclusiones……..33

IX. Bibliografía……..35

X. Apéndices……..36

- Gráficos de Precipitación Mensual
- Gráficos de Humedad Relativa
- Gráficos de Radiación Solar
- Gráficos de Velocidad del Viento

LISTA DE SIGLAS

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

UNALM: Universidad Nacional Agraria La Molina.

ZEE-OT: Zonificación Ecológica y Económica y Ordenamiento Territorial

APS: Anticiclón del Pacífico Sur

AAS: Anticiclón del Atlántico Sur

BCH: Baja del Chaco

ZCIT: Zona de Convergencia Intertropical

ZCAS: Zona de Convergencia del Atlántico Sur

AB: Alta de Bolivia.

Abreviaturas y Unidades:

msnm : metros sobre el nivel del mar, referido a la altitud en metros sobre nivel del mar de un determinado lugar que posee coordenadas de latitud, longitud y altitud.

mm: milímetros (unidad en que se expresa la precipitación, evaporación)

cal/cm^{2}min : calorías por centímetro cuadrado por minuto (unidad de intensidad de flujo de radiación que expresa la cantidad de radiación por unidad de área y unidad de tiempo).La unidad de W/m^2 también es utilizada pero con respecto a la anterior debe utilizarse una equivalencia para cambiar de unidades.

m/s : metros por segundo (unidad de velocidad de viento, que indica la intensidad de la velocidad del viento).

mb: milibares (unidad de presión atmosférica, es la fuerza de la presión atmosférica por unidad de área, también se le puede denominar en hecto pascales (hPa) y ambas unidades son equivalentes.

RESUMEN

En el presente informe técnico podemos observar que el comportamiento de la precipitación a nivel mensual y trimestral en la región Cajamarca durante el periodo 1981-2010 la cual es afectada por diversos factores climáticos permanentes y variables como la ubicación geográfica, latitud, relieve, estación del año, corrientes marinas, sistemas de circulación atmosférica (Anticiclón del Atlántico Sur (AAS), Anticiclón del Pacífico Sur (APS), la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (ZCAS), la Baja del Chaco (BCH), etc. los cuales al interactuar con el sistema océano-atmósfera-continente en un intercambio de energía y masa dan origen a las condiciones climáticas de una región. También es necesario incluir las condiciones locales que también inciden en la caracterización climática de un lugar.

En general, las precipitaciones tienen un régimen regular y son mayores entre setiembre y abril, siendo el mes de marzo cuando las precipitaciones son de mayor magnitud (acumulados máximos), mientras que las menores precipitaciones se presentan en el mes agosto (durante el periodo de estiaje). Notamos claramente la ocurrencia de un periodo de estiaje, es decir un periodo sin lluvias; que afecta a gran parte de la región Cajamarca.

Las precipitaciones son mayores en la zona norte de la región (Namballe) correspondiente a laselvaalta, y van disminuyendo hacia el sur. En la zona interandina las lluvias aumentan con la altitud. Hacia la zona oriental de la región, debido a la presencia de la Cordillera de los Andes, las precipitaciones disminuyen.

A nivel trimestral los acumulados promedios de precipitación son mayores en el trimestre enero-febrero-marzo (trimestre màs lluvioso) y disminuyen en los trimestres de abril-mayo-junio y continúan disminuyendo en el siguiente trimestre julio-agosto-setiembre (trimestre menos lluvioso) y empieza a aumentar en el trimestre octubre-noviembre-diciembre; esto debido principalmente al comportamiento estacional de la precipitación.

Respecto a la humedad relativa, en general, su distribución espacial es similar al de la presión atmosférica; es asì que, hacia la zona sur de la región (Niepos) se encuentra un núcleo de máxima humedad, debido a su cercanía al mar y la brisa local que permite este comportamiento.

La velocidad del viento es máxima a mayores altitudes (mayores a 6 m/s), debido a que el relieve ya no afecta el movimiento de la masa de aire, la cual se origina debido al gradiente de presión.

La radiación solar es mayor en la zona norte de la región (Namballe) correspondiente a la selva alta, alcanzando valores entre 500 cal/cm^{2}min y 550 cal/cm^{2}min. La radiación disminuye hacia el sur de la región. Encontramos un valores bajos de radiación hacia la vertiente occidental con valores entre 350 cal/cm^{2}min y 400 cal/cm^{2}min en las zonas de El Limòn, Llama, Tocmoche, Niepos, San Pablo, Asunciòn, etc.

I. INTRODUCCIÓN

La Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial (ZEE-OT) tiene como parte de sus objetivos desarrollar un proceso que contemple el ordenamiento saludable, sostenible y competitivo de una región; en este caso hablamos de la Región Cajamarca; buscando alternativas tangibles y manejables en el tiempo y espacio, buscando el beneficio de la población y hacer de la región un ambiente propicio para el desarrollo humano, cultural, industrial, agrícola, minero y ganadero; utilizando los recursos naturales que se hallan dentro del límite geopolítico.

Desde el punto de vista ambiental es necesario encontrar un equilibrio entre los recursos naturales y el bienestar de la población; es en éste contexto que los estudios de la variable climática tienen una vital importancia porque son la base del comportamiento de las variables climáticas que interaccionan con los factores climáticos, resultando así un determinado microclima, el cual determina en cierta forma la distribución de la flora, fauna, las características climáticas de cada región natural; en función de las cuales se pueden desarrollar las actividades económicas de la agricultura, ganadería, minería, pesca, turismo, etc. Las cuales son la base del desarrollo sostenible de una región que busca el progreso y la armonía entre el hombre y la naturaleza.

El siguiente informe desarrolla y analiza el comportamiento mensual de las variables meteorológicas precipitación, comportamiento multianual de la humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar, para el periodo 1981-2010. Además, se ha realizado un estudio complementario del comportamiento estacional (trimestral) de los meses de octubre-noviembre-diciembre y el trimestre abril-mayo-junio de la precipitación para la región Cajamarca para el mismo periodo.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Principales:

- Determinar el comportamiento de la precipitación mensual para el periodo 1981-2010 para la región Cajamarca.

- Determinar el comportamiento multianual de la radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento, para el periodo 1981-2010 para la región Cajamarca.

2.2 Objetivos Específicos:

- Analizar y comparar el comportamiento de la precipitación mensual a lo largo del periodo de estudio, 1981-2010.

- Determinar el comportamiento estacional (trimestral) de la variable precipitación, para el periodo 1981-2010.

- Analizar y comparar el comportamiento estacional de la precipitación con respecto al régimen multianual de la precipitación para el periodo 1981-2010.

III. MARCO CONCEPTUAL

3.1 Las ocho regiones naturales

Cuando los españoles llegan a nuestro territorio establecieron una división muy general del territorio: costa, sierra y selva; división que hasta hoy perdura. Con el respecto a las divisiones regionales en el Perú, la más conocida y aceptada es la que propone Javier Pulgar Vidal, quien considera la existencia de ocho regiones naturales basándose en la altitud, flora y fauna. Pero también existen otras clasificaciones que consideran una división edáfica del Perú, desarrollada por Carlos Zamora, otra que considera la existencia de once ecorregiones, planteada por Antonio Brack (W. Alva,2003), quien además complementa la clasificación de Pulgar-Vidal con los ecosistemas de páramo, bosque seco ecuatorial y serranía esteparia.

El geógrafo Pulgar Vidal denominó Chala a las tierras que lindan con el mar en el lado occidental del declive andino; Yunga a los valles y quebradas de clima cálido, que trepan a los Andes inmediatamente después de la Chala, y a los valles y quebradas de igual clima que se extienden en el declive oriental andino; Quechua a las tierras templadas que se extienden en ambos declives; Suni a las tierras frías; Puna a los altiplanos y riscos muy fríos; Janca a las cumbres nevadas; Rupa-Rupa, a la porción de cerros y valles cubiertos de vegetación boscosa, ubicados en el declive oriental de los Andes; y Omagua a la inmensa llanura selvática por donde discurren el Amazonas y sus afluentes, cuyas aguas van a desembocar al Atlántico (W. Alva, 2003).

a) Región Chala (0 msnm - 500 msnm)

El clima de la Región Chala o Costa (0 msnm – 500 msnm) ofrece singularidades únicas en el mundo. Por su localización en el trópico, debería tener entre 1300 mm y 1500 mm de precipitación anual; pero resulta que en el 98% de su superficie, la lluvia fluctúa entre 0 mm y 50 mm (excepcionalmente 250 mm en algunas lomas más arborizadas). La atmósfera desde mayo a diciembre, especialmente en el sector central de la Chala, está cubierta por nubes de tipo estratos que producen lloviznas y garúas esporádicas.

Enla Costa o Chala, en las zonas cercanas al mar, en donde no existen cursos de agua, crecen algunos árboles y arbustos permanentes y durante más de seis meses al año crece una vegetación herbácea como consecuencia de la humedad del aire, de las densas nieblas y de la tenue garúa, que se precipita lenta pero constantemente. La presencia de la humedad en el aire que proviene de las húmedas y cálidas masas de aire que llegan de la franja ecuatorial y que soplan del mar hacia la costa y que al desplazarse sobre la superficie fría de la Corriente Peruana, se condensan y dan origen a la niebla y a las nubes que se acumulan formando una gran capa de nubes tipo estratos, el que cubre casi toda la zona costera, desde el nivel del mar hasta los 500 msnm. Algunos días se eleva hasta los 800 msnm sobre la Costa, pero su influencia tierra adentro sólo tiene influencia hasta los 500 msnm. (J. Pulgar Vidal, 1996)

En general el clima de la Chala en la costa norte es cálido y húmedo; con precipitaciones abundantes entre diciembre y marzo. Mientras que en la Chala en la costa central y sur, el clima es templado, con alta humedad, temperaturas moderadas y menores precipitaciones.

b) Región Yunga (500 msnm – 2300 msnm)

El clima de la Yunga: La **Yunga Marítima** (500 msnm – 2300 msnm)se caracteriza por ser la región de brillo solar dominante durante casi todo el año. Las nubes y nieblas se esfuman cada día al aparecer el sol que, por más de 9 meses al año, ilumina un cielo celeste y brinda más de 3 mil horas de insolación anual; únicamente los aguaceros veraniegos (enero, febrero y marzo) logran aumentar la nubosidad. La humedad es relativamente baja durante el día y aumenta en la noche. La temperatura fluctúa entre los 20 °C y 27°C durante el día; en las noches las temperaturas disminuyen, a causa de los vientos que descienden de las regiones más altas. En general el clima de la Yunga Marítima es cálido seco, muy soleado, con precipitaciones esporádicas en los meses de verano. (J. Pulgar Vidal, 1996)

Pertenecen a esta región: Chilete, Chancay Baños, El Limón, Magdalena, etc.

El clima de la **Yunga Fluvial** (1000 msnm – 2300 msnm), es semicálido húmedo, con mayores precipitaciones que la Yunga Marítima. Las precipitaciones son más elevadas, llegando a fluctuar entre 400 mm y 1000 mm durante el verano.

Pertenecen a esta región: las zonas a orillas del río Marañón.

c) Región Quechua (2300 msnm – 3500 msnm)

El clima dominante de la Región Quechua es templado y agradable; con notable diferencia de temperatura entre el día y la noche, bajo el sol y la sombra, es decir el contraste térmico es bastante marcado. La temperatura media anual fluctúa entre 11°C y 16°C; las máximas entre 22°C y 29°C; y las mínimas entre 7°C y -4°C durante el invierno, es decir, de mayo a agosto. Los días son calurosos al sol y templados a la sombra, con temperaturas superiores a 20°C; pero las noches son frescas, con menos de 10°C. La humedad atmosférica no tiene una variación marcada, aun cuando el suelo es normalmente húmedo, como consecuencia de las lluvias que caen con regularidad durante el verano (diciembre a marzo).

En la región Quechua que corresponde al declive occidental de los Andes, se presentan durante el verano abundantes neblinas, garúas y lluvias, que provienen de la evaporación del agua del Océano Pacífico que da origen a las brumas, las cuales son transportadas por el viento cálido y suben hasta los 2500 msnm, en donde , al modificarse la inversión térmica imperante en las regiones más bajas, la humedad atmosférica se condensa formando nubes compactas, semejantes a las que cubren el cielo en el invierno. En algunos casos, estos mantos de vapor de agua se originan aguaceros al pasar por la Yunga Marítima; pero lo regular es que, en forma de lluvia muy fina, humedezcan el suelo y las capas profundas del subsuelo de la Quechua. A veces estas nubes densas del tipo estratos, chocan con las nubes provenientes del declive oriental que logran traspasar la cordillera; provocando grandes tempestades eléctricas y lluvias torrenciales. Conviene destacar el hecho importantísimo de que gracias a la baja intensidad de las lluvias en esta parte de la Quechua, la acción erosiva de las aguas es menor comparada a la que se produce en otras regiones.

En las zonas altas de esta región (sobre los 3200 msnm) se encuentra el límite inferior de las heladas invernales con fuerte insolación y noches con cielos despejados y temperaturas por debajo de 0°C (J. Pulgar Vidal,1996)

En general el clima de la Región Quechua es templado, con fuertes variaciones de temperatura entre el día y la noche. Lluvias intensas de diciembre a marzo.

Pertenecen a esta región: Chota, Contumazá, La Encañada, Victoria, Quebrada Shugar, Quilcate, San Miguel, Celendin, Cajamarca, Niepos,etc.

d) Región Suni (3500 msnm – 4000 msnm)

El clima de la Suni es frío debido a la elevación y a los vientos locales (alisios), dichos vientos siguen un movimiento afectado por el relieve y la topografía accidentada y abrupta, siguiendo las encañadas y aberturas, es un frío seco. La temperatura media anual fluctúa entre 7°C y 10°C, temperaturas máximas superiores a 20°C y temperaturas mínimas invernales de -1°C a -16°C (mayo-agosto). Hay marcada diferencia de temperatura entre la exposición al sol y bajo sombra, al igual que entre el día y la noche, es decir el rango térmico es alto. El suelo se calienta durante el día mientras recibe los rayos solares y por la noche se enfría rápidamente, perdiendo calor.

El aire es muy transparente, por lo que el cielo tiene una coloración azul intenso. Las nubes se presentan en grandes cúmulos aborregados, muy blancos y brillantes, a veces iridiscentes. La precipitación promedio es de 800 mm por año (J. Pulgar Vidal,1996)

En general el clima de la Región Suni es frío, con heladas frecuentes entre enero y abril.

Pertenece a esta región: Sayapullo (estación meteorológica).

e) Región Selva Alta o Rupa-Rupa (400 msnm – 1000 msnm)

El clima de la Selva Alta o Rupa-Rupa es cálido, húmedo y lluvioso, con temperaturas medias entre 22 °C y 25°C, máximas superiores a 33°C pero inferiores a 36°C, mínimas entre 8°C y 15°C. El calor es intenso en el día y disminuye en la noche hasta percibirse alta sensación de frío. Las precipitaciones pluviales pasan de 3000 mm. Las precipitaciones son frecuentes y ocurren durante casi todo el año. No obstante, se puede notar dos épocas marcadas: la etapa comprendida entre noviembre y mayo de abundantes lluvias; y la comprendida entre junio y octubre, que es de lluvias escasas. La frecuencia de las lluvias y la condensación de humedad atmosférica es el factor determinante del intenso rocío matutino que cubre las plantas herbáceas hasta regular altura sobre el suelo. (J. Pulgar Vidal, 1996).

En general el clima de la Selva Alta o Rupa- Rupa es cálido húmedo, con variaciones de temperatura entre el día y la noche. Presenta intensas precipitaciones.

Pertenecen a esta región: Jaén, San Ignacio, etc.

f) Selva Baja u Omagua (80 msnm – 400 msnm)

Las 5 subregiones o pisos que comprende la Selva Baja son: el empalme, los filos, los altos, las alturas y las restingas; pero en términos generales sólo se consideran los filos, altos y restingas. Dichas terrazas amazónicas que comprenden dicha región tienen clima idéntico, aún cuando haya 320 m de desnivel entre la parte más baja y la más alta, en un ancho promedio de 300 km. Debido al desnivel entre subregiones existen diferencias climáticas con respecto a otras latitudes; pero en la Amazonía, debido a la vegetación casi uniforme, a la falta de cadenas divisorias de las masas de aire, a la gran humedad, la perpendicularidad de los rayos solares y a la intensa evaporación, el clima es homogéneo.

La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) ha realizado estudios minuciosos del clima de la Selva Baja u Omagua:

La temperatura promedio es de 26.3°C. Las variaciones del promedio mensual son mínimas y en general coinciden con la media anual. En cuanto a los promedios máximos extremos, se ha observado que las mayores temperaturas se alcanzan en el mes de octubre y fluctúan entre 33.8°C y 36.9°C. Los valores mínimos extremos corresponden al mes de julio y oscilan entre 17.8°C y 20 °C. Excepcionalmente, se producen invasiones de masas frías de aire procedentes del sur del continente; causan fríos intensos, llamados “friajes”.

La precipitación es abundante y distribuida con regularidad a lo largo del año, lo cual origina una fuerte escorrentía que incrementa el caudal de los ríos. El análisis subregional ofrece los siguientes promedios anuales de precipitación: 2445 mm en la subregión de los altos. En las subregiones de los filos y empalme, la precipitación alcanza niveles mayores, pero carecemos de datos precisos.

La humedad relativa fluctúa entre 84% y 88%. La mayor humedad corresponde al periodo abril-junio; la menor humedad, al periodo setiembre-octubre.

La evaporación llega a 452 mm. La máxima evaporación se produce entre octubre y diciembre; la mínima, entre abril y junio. Se considera que la baja evaporación se debe a la alta tensión de humedad relativa durante todo el año y a la baja intensidad de los vientos.

En la selva baja los vientos indican que tienen 8 direcciones. Los vientos más frecuentes son: NE, S, N y E. Los vientos N y NE alcanzan su máxima intensidad de frecuencia en primavera y verano; su mínima en otoño e invierno. Los vientos S, SE y SW llegan a su máxima intensidad de frecuencia en otoño e invierno y su mínima intensidad en primavera y verano. El viento E alcanza su máxima intensidad de frecuencia en verano y otoño; su mínima en invierno y primavera. El viento E supera en velocidad a todos los demás; llega a 8km/h, es un viento suave. Existen 2 épocas

diferentes: alta insolación, de agosto a diciembre y otra de insolación menor de febrero a junio.

Durante el día la insolación es fuerte, mientras que en las noches la sensación de frío aumenta, pero la oscilación entre el día y la noche no es tan marcada como en la selva alta.

La presión atmosférica tiene un promedio anual de 1012 mb. Pero a lo largo del año, hay dos épocas definidas en relación con la presión atmosférica: los registros más altos se alcanzan entre mayo y setiembre, llegando a un promedio de 1013.4mb; y un promedio de 1010.9 mb de octubre a abril. El análisis comparativo de las variables meteorológicas permite establecer una relación inversa entre la precipitación y presión atmosférica. No obstante hay excepciones y en ciertas épocas del año, preferentemente en los meses de junio y octubre, se producen fuertes lluvias, acentuada evaporación e intenso frío. (J. Pulgar Vidal,1996).

En general el clima de la Región Omagua es cálido húmedo y precipitaciones abundantes, pero menores comparadas con las que ocurren en la Selva Alta.

Al norte de Jaén encontramos una zona de selva baja.

3.2 **Las Ecorregiones del Perú**:

El Dr. Antonio Brack postula la existencia de 11 Ecorregiones, donde trata de integrar los diversos criterios de clasificación y presentar así una regionalización ecológica del Perú. Se entiende por ecorregión el área geográfica caracterizada por condiciones homogéneas en lo referente a climas, suelos, hidrología, flora, fauna, existiendo interdependencias.

A continuación sólo haremos una breve descripción de las ecorregiones que se presentan en el departamento de Cajamarca:

a) Bosque Seco Ecuatorial

Comprende la costa norte, con unos 150 km de ancho, ubicándose desde los 0°30’a los 5°latitud sur. En la parte oriental llega hasta el valle del río Marañón. Altitudinalmente comprende hasta los 2800 msnm.

Clima cálido seco, con temperatura promedio de 23 °C a 24 °C y con lluvias de verano. Relieve llano y ondulado.

b) Serranía Esteparia

Comprende desde el departamento de La Libertad (7 °S 40') hasta el límite con Chile. Altitudinalmente comprende desde los 1000 msnm hasta los 3800 msnm (Yunga, Quechua y parte de la Suni).

Posee un clima templado cálido seco con insolación permanente y lluvias de verano, la temperatura va disminuyendo con la altitud. Relieve abrupto con valles estrechos y profundos.

En cuanto a su flora, ubicamos las cactáceas y molles.

c) Puna

Comprende a la regiones de la Puna, Janca y parte de la Suni, ubicándose desde los 3800 msnm. Posee una atmósfera enrarecida, con bajas temperaturas y precipitaciones frecuentes; atmósfera muy seca y fría. Las variaciones de temperatura llegan hasta los 30 °C entre el día y la noche. Las mesetas predominan como relieve y en las partes altas las cordilleras, con abundantes lagunas y por encima de los 5200 msnm, cubierto de glaciares. La flora está representada por la Puya Raimondi, tola, ichu, líquenes, huamanripa, etc.

d) Páramo

Comprende las partes altas de Piura y Cajamarca (cuencas altas de los ríos Chinchipe, Huancabamba y Quiroz, por encima de los 3500 msnm). El clima es frío, húmedo, nublado y con descenso de la temperatura por debajo de los 0 °C.

Relieve escarpado y algunas mesetas (Jalca de Cutervo).

e) Selva Alta o de las Yungas

Corresponde a la Selva Alta, Yunga Marítima (norte) y Yunga Fluvial. Se ubica en el flanco oriental andino. Posee un clima cálido (parte baja) y templado (parte alta), con altas precipitaciones entre 1800 mm y 7000 mm. Relieve muy complejo, es decir, abrupto y con fuertes pendientes (parte alta) y moderado (parte baja). Presenta abundantes ríos y riachuelos. Presenta una gran variedad de flora. (A. Brack,W. Alva 2003).

3.3 Factores Climáticos

a) Corriente Peruana

Es una corriente de aguas frías que se desplaza de sur a norte a lo largo del litoral, aunada al afloramiento de aguas frías y profundas, que contribuyen al descenso de la temperatura del aire y presencia de estratos en niveles bajos en plena área tropical, lo que ocasiona una gran estabilidad atmosférica caracterizada por una inversión térmica que predomina durante todo el año. Esto explica la escasez de lluvias en la costa central y sur.

b) Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)

Es una banda nubosa de alta actividad convectiva, donde convergen los vientos alisios del Hemisferio norte y del Hemisferio sur. En verano alcanza su posición más hacia el sur, ubicándose entre los 2°N a 5°N sobre el Océano Pacífico y 10°S en el continente. Durante el invierno su posición es más hacia el norte, alcanzando hasta los 15°N sobre el Océano Pacífico y hasta los 10°N sobre el Océano Atlántico. Dependiendo de su posición, es uno de los factores que contribuyen para la presencia de las lluvias, en la sierra y selva de Perú.

c) Anticiclón del Pacífico Sur (APS)

Sistema de alta presión situado aproximadamente entre 30°S a 35°S, frente a la costa de Chile, ejerce gran influencia sobre la costa occidental de América del Sur, especialmente de mayo a octubre; provocando subsidencia intensa. Este sistema ocasiona que nuestra costa sea afectada permanentemente por la presencia de una Inversión Térmica, capa que se caracteriza por el aumento de la temperatura del aire con la altura, causante de la nubosidad permanente en la costa (estratos); así como la escasez de lluvias en la región central de la costa, excepto para la región norte de Perú, que precipita en verano.

d) Baja del Chaco:

Sistema de baja presión con valores entre 1002 mb y 1011 mb, y que se presenta durante el verano sobre el continente, a nivel de superficie, contribuyendo a la presencia de precipitaciones en la sierra del Perú. En la estación de invierno se encuentra ausente.

e) Alta de Bolivia:

Sistema de circulación anticiclónica de la alta atmósfera (200 mb), se localiza aproximadamente a 12 Km de altitud, ubicada entre los 12°S a 13°S y los 65°W a 68°

W alimenta a la Baja de Chaco y se presenta sólo en verano. Debido a su ubicación geográfica incide en la generación de lluvias en Perú.

f) Cordillera de los Andes:

Actúa como una barrera para el paso de la humedad proveniente de la zona oriental; durante algunos días de la estación de verano, los vientos del Este son más intensos en los niveles medios y altos, lo que favorece al paso de esta humedad (trasvase) ocasionando lluvias ligeras en la costa del Perú.

La Cordillera de los Andes es un factor determinante en la ocurrencia de precipitaciones ya que actúa como una barrera; es así que la masa de aire cálida y húmeda que proviene del sur y del este del continente ingresa por la zona oriental del territorio peruano (selva sur oriental), se produce movimientos verticales al interior de dicha masa de aire, iniciándose el desarrollo vertical de la masa nubosa la cual comienza el ascenso forzado al encontrar la barrera orográfica, empieza a enfriarse y al saturarse se producen las precipitaciones (G. Avalos, 2005).

3.3. **Variables Meteorológicas**

3.3.1 **Precipitación**

La precipitación se entiende como el agua que en estado líquido, sólido o cristalino cae sobre la superficie terrestre; en estado líquido, en forma de gotas de diferente diámetro; en estado sólido, en forma de granos de hielo, y en estado cristalino, en forma de nieve. La caída de gotas de agua produce la lluvia; la caída de gotitas de agua, la llovizna; la caída de granos de hielo, la granizada, y la caída de copos de nieve, la nevada. Entre las precipitaciones deben incluirse también el rocío y la escarcha. Las precipitaciones representan, de este modo, el exceso de vapor de agua que hubo en el aire, y que por medio de los procesos de condensación y sublimación son reunidos en pequeñas gotitas de agua o cristales de hielo, y que, al proseguir su crecimiento, alcanzan un peso tal que se separan de las nubes y “precipitan” a tierra. La caída es motivada por la gravedad.

Sistemas Atmosféricos Predominantes Durante el Periodo Lluvioso

En general las precipitaciones en la sierra de nuestro país, tienen una relación directa con la componente zonal este del viento; es decir el periodo lluvioso de la sierra coincide con la intensificación de los vientos del este en todos los niveles de la atmósfera, los cuales favorecen la advección de humedad de la cuenca amazónica. Por otro lado, para que precipite en la sierra es necesario que este aire húmedo y cálido advectado por los flujos del este, ascienda orográficamente por las laderas de la Cordillera, o sea canalizado por los valles.

Los principales sistemas de gran escala responsables de la variabilidad de la precipitación en el Perú son: la Alta de Bolivia, la Zona de Convergencia del Atlántico Sur, la Zona de Convergencia Intertropical, el Anticiclón del Pacífico Sur y el Anticiclón del Atlántico Sur y el Anticiclón del Atlántico Norte. El acoplamiento de los tres primeros asegura gran actividad convectiva durante el verano, mientras que la intensificación y configuración del Anticiclón del Pacífico Sur puede bloquear o facilitar el ingreso de sistemas frontales durante el invierno, que a su paso también generan lluvias; el fortalecimiento y ubicación del Anticiclón del Atlántico Sur favorece la advección de aire caliente y húmedo procedentes de la Hoya Amazónica y que al chocar con los Andes orientales ascienden por efecto orográfico, produciéndose un rápido enfriamiento de la masa de aire con lo cual se reduce en gran parte su capacidad de sostener la humedad inicial, produciéndose fuertes precipitaciones que se extienden longitudinalmente por regiones adyacentes al este de los Andes (Avalos, G. 2005). La Alta de Bolivia y la Zona de Convergencia del Atlántico Sur son sistemas típicos de verano y la ZCIT, APS y AAS son sistemas cuasi estacionarios con desplazamientos meridionales estacionales.(CPN-SENAMHI,2007).

Sistemas Atmosféricos asociados a la Precipitación en el Perú:

Después del periodo de estiaje (ausencia de lluvias) en la Sierra del Perú, a partir del mes de setiembre, se observa la formación de ciertos sistemas atmosféricos que favorecen la formación y/o presencia de lluvias. Entre estos sistemas tenemos:

- Zona de Convergencia Intertropical.
- Sistemas Frontales.
- Baja Térmica Amazónica.
- Alta de Bolivia.
- Baja del Chaco.
- Zona de convergencia del Atlántico Sur.
- Zona de Convergencia del Pacífico Sur.

3.3.2 **Radiación Solar**

Radiación Absorbida por la Superficie Terrestre

También denominada radiación neta en onda corta Rnoc, constituye parte de la radiación incidente (Qi) o global y su intensidad o magnitud depende de los siguientes factores:

a) Radiación Solar en el Sistema Tierra- Atmósfera (Qs)

b) Transparencia de la atmósfera

c) Duración del día

d) Ángulo de incidencia de los rayos solares

e) Albedo de la superficie

3.3.3 **Humedad Relativa**

Es la expresión porcentual del vapor de agua presente en la atmósfera a una temperatura determinada.

$HR = e/e_s \times 100\%$

En la ecuación de HR, el término e_s tiene una variación mucho mayor que la presión del vapor de agua e, tanto a nivel horario como a nivel anual por lo que podemos concluir que:

$HR = f(T) = f(e_s)$

El cual nos indica que la humedad relativa no expresa la cantidad de vapor de agua o humedad del ambiente, sólo indica su grado de saturación. Como la humedad relativa es función de la temperatura su comportamiento temporal indica valores máximos en las horas frías de la mañana o meses fríos de invierno y los valores mínimos en las horas calurosas de la tarde y meses calurosos de verano. De manera semejante se explica su variación latitudinal, es decir, en las latitudes con temperaturas altas se darán los valores bajos y viceversa. (J. García, 1994).

3.3.4 **Presión Atmosférica y Vientos**

La presión atmosférica es un elemento climático cuya existencia se debe a la masa atmosférica. En cuanto a su variabilidad se observa que su variación temporal, en un determinado lugar, muestra fluctuaciones de un instante a otro y cambios estacionales. De manera similar la variación horizontal se da desde microescala o distancias cortas hasta la escala mundial o global; mientras que su distribución vertical o variación con altitud es de disminución.

La variación o distribución horizontal de la presión atmosférica, con algunas excepciones, es una consecuencia inmediata de la distribución térmica. La magnitud de la variación o distribución bárica horizontal, está expresada como Gradiente de Presión, ésta genera la fuerza de gradiente de presión dirigida de altas a bajas presiones y la presencia de esta fuerza genera el movimiento del aire denominado como viento, el cual está medido en unidades de velocidad (m/s, nudos, km/h, etc.) (J. García, 1994).

En las regiones próximas al Ecuador la presión varía muy poco en la escala diaria, mensual y anual.

IV MATERIALES Y MÈTODOS:

4.1 **Materiales**:

- Datos diarios de humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento, para el periodo 1981-2010 para la Región Cajamarca.
- Datos mensuales de humedad relativa (%), radiación solar (cal/cm^{2}min) y velocidad del viento (m/s); para el periodo 1981-2010 para la Región Cajamarca.
- Datos diarios y mensuales de precipitación (mm), del periodo 1981 al 2010, de la región Cajamarca.

4.2 **Información Adicional**:

- Mapa de relieve de la Región Cajamarca y alrededores.
- Mapa de Clasificación Climática según Thornthwaite.
- Mapa de las Regiones Naturales de Javier Pulgar Vidal.
- Mapa de Ecorregiones de Antonio BrackEgg.

- Mapa Político de Cajamarca.
- Mapa de curvas de nivel.
- Mapa de imagen satelital de la Región Cajamarca.

4.3 **Métodos**:

4.3.1**Obtención de la Base de Datos**:

- Elaboración de un inventario de la red de estaciones meteorológicas, con datos diarios, proporcionada por el Sistema Estadísticos de la Oficina General de Estadística e Informática – SENAMHI, de la región Cajamarca y de zonas adyacentes.
- Se realizó un inventario de las estaciones meteorológicas, por variable (precipitación, radiación solar, humedad relativa y viento) considerando: record de información diaria, categoría, coordenadas geográficas y variable meteorológica, para el periodo 1981-2010.
- La selección de estaciones meteorológicas se realizó en base a ciertos criterios: mayor record de información, buena distribución espacial.

4.3.2**Control de Calidad y Homogenización de Datos**:

- Visualización gráfica de las series temporales de precipitación total, radiación solar, humedad relativa y vientoa nivel diario, mensual y multianual de las estaciones seleccionadas para la región de Cajamarca y alrededores para el periodo de 1981 – 2010.
- Utilización de la herramienta estadística Box-Plot para la variable precipitación, utilizando datos mensuales y multianuales; de las estaciones seleccionadas para la región de Cajamarca y alrededores para el periodo de 1981 – 2010; para ver la distribución temporal y multianual, dispersión de los datos y detección de datos extremos.
- Análisis de las series temporales de precipitación, radiación solar, humedad relativa y viento; a nivel diario y multianual, determinando datos extremos (outliers), saltos y tendencias para las estaciones seleccionadas para el periodo 1981 - 2010.

- Se analizaron la continuidad, periodo y frecuencia de las series climáticas de las variables de precipitación, radiación solar, humedad relativa y viento a nivel diario y multianual, para el periodo 1981 – 2010 de las estaciones seleccionadas.

- Identificación de los datos extremos, saltos y tendencias señalando la fecha de ocurrencia para ser revisados en las planillas de registros meteorológicos del SENAMHI.

- Comparación de datos dudosos de una estación con datos de la misma variable de otra estación cercana, considerando además la altitud, relieve, etc.

- Se consideró la relación entre datos dudosos y la ocurrencia de eventos extremos: El Niño, La Niña, heladas y sequías ocurridas dentro del periodo 1981 – 2010.

- Finalmente se realizó un **diagnóstico preliminar** de la calidad de la información para cada variable meteorológica, en base a características generales cualitativas que permitan seleccionar las estaciones con mejor calidad de información y buena distribución espacial.

- Se sistematizó la base de datos en excel considerando formatos específicos para cada variable meteorológica señalada anteriormente a nivel mensual y trimestral.

- Cálculo de los promedios trimestrales (abril-mayo-junio) y (octubre-noviembre-diciembre) de las variables precipitación acumulada para el periodo 1981 – 2010.

- Cálculo de los promedios multianuales de radiación solar, humedad relativa y viento para el periodo de 1981-2010.

- Cálculo de las variancias, desviaciones estándar y coeficientes de variabilidad para las variables meteorológicas señaladas anteriormente para el periodo 1981-2010.

- Se realizó el **análisis de homogeneidad** de las series climáticas (temperaturas) para estaciones que así lo requieran (saltos).

- Utilización de la **prueba t** estadística para verificar la igualdad de medias entre dos series definidas dentro de la serie total (series con saltos).

- Cálculo de los límites superiores de confianza (**L.S.C**.) para datos de precipitación considerando el promedio y 3 veces la desviación estándar de la serie total, esto para el caso de datos extremos.

- Elaboración del **diagnóstico general** cualitativo de la información meteorológica de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima a nivel diario.

4.3.3 **Elaboración de los mapas**

- Para la realización de la interpolación espacial se utilizaron diversos softwares estadísticos: SPSS que calcularon los coeficientes de correlación múltiple, el coeficiente de determinación, coeficiente de regresión y el error típico; ARCGIS mejorado que considera la altitud y el Excel.

- Se realizó la interpolación espacial y trazado de isolíneas con el método tradicional (a mano alzada) para realizar las comparaciones respectivas con otros métodos de interpolación.

- Corrección y verificación de la interpolación de los mapas de precipitación, humedad relativa, radiación solar y viento elaborados por el SIG.

- Finalmente, los mapas temáticos elaborados fueron en total 17 (diez y siete): (12) de precipitación mensual, (02) precipitación trimestral, (01) humedad relativa, (01) radiación solar y (01) viento.

V. RESULTADOS:

5.1 Precipitación Mensual Enero (1981-2010)

En la región de Cajamarca encontramos máximos de precipitación en la **zona norte** en la selva, en Namballe, con valores comprendidos entre 200 mm y 400 mm promedio mensual. Los valores van disminuyendo hacia el sur, en Tabaconas, Chontalí y Chirinos las precipitaciones poseen valores entre 100 mm y 200 mm; estas zonas pertenecen a la vertiente oriental de la Cordillera Occidental de los Andes. A continuación de esta zona avanzando hacia el sur en la vertiente occidental encontramos en la estación de Sallique valores de precipitación entre 50 mm y 100 mm; muy cerca a esta zona en la estación El Limón los valores oscilan entre 0 mm y 50 mm. Hacia la misma latitud hacia la zona de la selva, en la estación de Jaen los valores oscilan entre 50 mm y 100 mm. En la **zona central** de la región Cajamarca en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes notamos un núcleo de precipitaciones entre 100 mm y 200 mm muy cercano a Tocmoche. También notamos en ésta zona que la precipitación disminuye a menores altitudes de este a oeste alcanzando valores entre 0 mm y 50 mm. En la **zona central interandina** los valores de precipitación oscilan entre 50

mm y 100 mm en las zonas de Cutervo, Huambos, Cochabamba, Chota, Chancay Baños, Santa Cruz, Chotano Lajas y Bambamarca. Hacia la **zona sur** de la región Cajamarca que representa la zona más accidentada, las precipitaciones aumentan con la altitud; es así que en San Miguel,Contumazá, Llapa y San Pablo, Granja Porcón, La Encañada, Niepos, San Juan, Asunción, Namora, Sondor Matará, Celendín, Cospan, Sayapullo y Cajabambalos valores fluctúan entre 100 mm y 200 mm; mientras que en Quilcate, Udima, Lives, Magdalena y San Benito, los valores de precipitación fluctúan entre 50 mm y 100 mm. En Chilete los valores se encuentran entre 0 mm y 50 mm al igual que en el extremo más occidental. Por otro lado encontramos dos núcleos de precipitación de 50 mm a 100 mm en Cajamarca y otro en San Marcos y Cachachi. En la zona oriental, colindante con el valle del Marañón las precipitaciones van disminuyendo hacia el fondo del valle.

5.2 Precipitación Mensual Febrero (1981-2010)

En el mes de febrero se nota en general un incremento de las precipitaciones en toda la región Cajamarca (norte, centro y sur), existe una mayor área espacial con valores entre 100 mm y 200 mm; en el norte en San Ignacio, Tabaconas, Chirinos, Sallique y Chontalí. En la zona central de la región; en Cutervo, Tocmoche, Llama, Cochabamba, Chota, Chotano Lajas y Quebrada Shugar y en la zona sur de la región en Quilcate, Udima, Niepos, Lives, San Pablo, Celendin, La Encañada, Sondor Matará, San Marcos, Cachachi, Cajabamba, Namora, Jesús y San Benito. Las precipitaciones máximas se localizan en Namballe en la zona norte en la selva con valores entre 200 mm y 400 mm; también en el sur encontramos 3 núcleos de precipitación bien diferenciados con igual valor de precipitación que oscilan entre los 200 mm y 400 mm, en Granja Porcón, San Miguel y el tercer núcleo con una mayor distribución espacial que abarca a Sayapullo, Cospán y Contumazá. Encontramos valores entre 50 mm y 100 mm en El Limón y Jaén, vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes y vertiente oriental de la Cordillera Central de los Andes respectivamente; también encontramos éstos valores en Santa Cruz en la zona central de la región Cajamarca que recorre parte del valle del río Marañón. Los mismos valores de precipitación encontramos en la zona sur de la región Cajamarca en la vertiente occidental de la cadena Occidental en Chilete y las zonas contiguas ubicadas a menores altitudes.

5.3 Precipitación Mensual Marzo (1981-2010)

Las precipitaciones en la región Cajamarca aumentan en el mes de marzo, se nota un claro incremento en los regímenes pluviométricos y su distribución espacial, distinguiéndose un área mayor con valores entre 200 mm y 400 mm, con respecto al mes de febrero. Dichos valores alcanzados se localizan en la zona norte, en la selva, específicamente en Namballe, otro núcleo con los mismos valores en la zona cercana a Sallique; también encontramos los mismos valores de precipitación en la zona central de la región, en Tocmochey Llama en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes. En la zona sur de la región también encontramos valores entre 200 mm y 400 mm en las zonas de Llapa, Udima, San Pablo, Granja Porcón, Sondor Matará, La Encañada, Asunción, San Juan y Cospán, Contumazá y Celendin. En la misma zona sur interandina encontramos un núcleo de máxima precipitación con valores entre 400 mm y 600 mm en Sayapullo. En la zona sur interandina también encontramos valores entre 100 mm y 200 mm en las zonas de Cajamarca, La Victoria, Namora, San Marcos, Cachachi y Jesús.

En la zona norte, central y sur de la región Cajamarca se distingue una gran área con valores de precipitación que oscilan entre los 100 mm y 200 mm; en San Ignacio, Chirinos, Chontalí y Tabaconas (norte); en Cutervo, Huambos, Cochabamba, Santa Cruz, Chota, Chotano Lajas, Bambamarca y Santa Cruz (centro) y en Quilcate, Cajamarca, La Victoria, Cachachi, Magdalena y Cajabamba (sur).Las precipitaciones más bajas se ubican en Jaén con valores que oscilan entre 50 mm y 100 mm.

Podriamos afirmar que el mes de marzo es el mes con mayores precipitaciones a nivel de toda la región de Cajamarca.

5.4 Precipitación Mensual Abril (1981-2010)

En general notamos una disminución marcada de la precipitación en toda la región Cajamarca. En Namballe (norte) y en Sayapullo (sur) encontramos los valores máximos de precipitación los cuales se encuentran entre 200 mm y 400 mm. Notamos una gran área distribuida con valores de precipitación entre 100 mm y 200 mm que abarca gran parte de la zona norte; San Ignacio, Chirinos, Tabaconas, Chontalí; en la zona central en Tocmoche, Llama, Cutervo, Huambos, Cochabamba, Chota, Chotano Lajas, Santa Cruz y Chancay Baños; en la zona sur en Udima, Niepos, Llapa, Granja Porcón, La Encañada, Sondor Matará, Contumazá, Cospán y Cajabamba. En la vertiente occidental de los andes occidentales en El Limón y en la zona de selva en Jaén los valores de precipitación oscilan entre 50 mm y 100 mm.

En la vertiente oriental de la Cordillera Central de los Andes encontramos núcleos de precipitación con valores entre 50 mm y 100 mm en Bambamarca y Quebrada Shugar; los mismos valores encontramos en Celendin. En la zona sur en la vertiente occidental de los andes occidentales encontramos valores entre 50 mm y 100 mm en San Pablo, Magdalena, San Benito y Cajamarca, La Victoria, Jesús, San Marcos y Cachachi. Hacia la zona del valle del Marañón los valores de precipitación fluctúan entre 50 mm y 100 mm.

5.5 Precipitación Mensual Mayo (1981-2010)

La precipitación en el mes de mayo sigue disminuyendo si lo comparamos con las precipitaciones del mes anterior; pues observamos una mayor distribución espacial de a nivel de toda la región de valores comprendidos entre 50 mm y 100 mm, que abarca las zonas norte, centro y sur de la región Cajamarca. En la zona de Namballe encontramos el valor máximo comprendido entre 200 mm y 400 mm, pero con una menor área con respecto al mes de abril. A medida que aumenta la latitud la precipitación sigue disminuyendo con valores entre 100 mm y 200 mm específicamente en Chirinos. Seguimos avanzando hacia el sur y la precipitación sigue disminuyendo con valores entre 50 mm y 100 mm en San Ignacio, Tabaconas, Chontalí, Jaén y hacia la zona de la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes los valores son aún más bajos, pues encontramos precipitaciones entre 0 mm y 50 mm específicamente en El Limón. En la zona central de la región Cajamarca, los valores de precipitación oscilan entre 50 mm y 100 mm en Cutervo, Huambos, Cochabamba, Chota, Chotano Lajas, Chancay Baños y Santa Cruz en la vertiente oriental de los andes occidentales. En Tocmoche y Llama los valores de precipitación oscilan entre 0 mm y 50 mm. Encontramos un núcleo de valores comprendidos entre 0 mm y 50 mm en Bambamarca y Quebrada Shugar. Hacia la zona sur de la región de Cajamarca también encontramos zonas con valores de precipitación que oscilan entre 50 mm y 100 mm en Granja Porcón, Quilcate, Niepos y La Encañada. Hacia la zona sur de la región también encontramos valores comprendidos entre 0 mm y 50 mm hacia la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes en San Miguel, Llama, San Pablo, Chilete, Contumazá, San Benito, Magdalena, Cajamarca, San Juan, Asunción, Namora, Sondor Matará, San Marcos, Jesús, Cachachi y Cajabamba; en ésta misma zona encontramos un núcleo con valores entre 50 mm y 100 mm en Sayapullo. En Celendin se forma un núcleo de precipitación con valores entre 0 mm y 50 mm.

5.6 Precipitación Mensual Junio (1981-2010)

En la región Cajamarca las precipitaciones siguen disminuyendo en intensidad si la comparamos con las precipitaciones del mes de mayo, pues las máximas precipitaciones sólo alcanzan valores comprendidos entre 100 mm y 200 mm en la zona de mayores precipitaciones ubicadas en Namballe mostrando una mayor distribución espacial en dicha zona. Hacia el sur las precipitaciones siguen disminuyendo alcanzando valores que oscilan entre 50 mm y 100 mm en San Ignacio, Chirinos, Tabaconas y Chontalí. Seguimos avanzando hacia el sur y las precipitaciones siguen disminuyendo alcanzando valores entre 0 mm y 50 mm, los cuales se distribuyen en todo el resto de la región Cajamarca de manera uniforme, abarcando la zona central; en Sallique, Jaén, El Limón, Tocmoche, Cutervo, Huambos, Llama, Cochabamba, Chotano Lajas, Santa Cruz y Bambamarca y en la zona sur en San Miguel, San Pablo, Granja Porcón, Quilcate, Niepos, Llapa, Cajamarca, Namora, La Encañada, Sondor Matara, Magdalena, San Juan, Asunción, Sayapullo, San Marcos, Contumazá, Chilete, Cospán y Cajabamba.

5.7 Precipitación Mensual Julio (1981-2010)

Las precipitaciones tienen un ligero incremento con respecto al mes de junio; el máximo valor se encuentra en Namballe, con valores entre 200 mm y 400 mm; muy cerca a esta zona los valores de precipitación disminuyen con valores que oscilan entre 100 mm y 200 mm; seguimos avanzando hacia el sur y las precipitaciones siguen disminuyendo con valores que oscilan entre 50 mm y 100 mm en Chirinos. Las precipitaciones disminuyen hacia el sur con valores que oscilan entre los 0 mm y 50 mm las cuales se distribuyen en la zona norte, central y sur de la región Cajamarca de manera uniforme.

5.8 Precipitación Mensual Agosto (1981-2010)

Las precipitaciones en este mes son las más bajas, alcanzando el máximo valor en la zona norte en Namballe valores que oscilan entre 50 mm y 100 mm; en una zona que pertenece a la selva, en donde las precipitaciones son frecuentes debido a diversos factores asociados a la ocurrencia de precipitaciones en nuestro territorio. Podemos apreciar una extensa distribución espacial de la precipitación en todo el resto de la región Cajamarca que sólo alcanzan valores que oscilan entre 0 mm y 50 mm. Podríamos afirmar que el mes menos lluvioso es el mes de Agosto.

5.9 Precipitación Mensual Setiembre (1981-2010)

En el mes de setiembre se nota un aumento de las precipitaciones con respecto al mes anterior, podría asociarse al inicio del periodo lluvioso en la sierra peruana. En la zona norte en Namballe las precipitaciones oscilan entre 100 mm y 200 mm; avanzamos hacia el sur y las precipitaciones oscilan entre los 50 mm y 100 mm, en San Ignacio y Chirinos. En Sallique y El Limón en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes las precipitaciones alcanzan valores entre 0 mm y 50 mm, es decir disminuyen; así también en Chontalí los valores oscilan entre 0 mm y 50 mm. En la selva alta en Jaén las precipitaciones oscilan entre los 0 mm y 50 mm. En la zona central de la región Cajamarca en Tocmoche y Llama los valores de precipitación oscilan entre 0 mm y 50 mm. En la zona central interandina los valores de precipitación aumentan, en Cochabamba, Chancay Baños, Santa Cruz, Chotano Lajas, Chota, con valores entre 50 mm y 100 mm. En esta zona también encontramos un núcleo de precipitación con valores entre 0 mm y 50 mm en Bambamarca. Hacia la zona sur de Cajamarca las precipitaciones también oscilan entre los 0 mm y 50 mm; en Niepos, Lives, Llapa, San Pablo, San Miguel, Chilete, Magdalena, Contumazá, Cajamarca, La Encañada, Sondor Matará, San Marcos, Asunción, Sayapullo, Cajabamba y Cachachi.

5.10 Precipitación Mensual Octubre (1981-2010)

En la región Cajamarca se nota un incremento notable en las precipitaciones; en la zona norte en Namballe los valores oscilan entre 100 mm y 200 mm. En la zona norte también encontramos precipitaciones entre 50 mm y 100 mm en San Ignacio, Chirinos, Tabaconas, Sallique y Jaén. En El Limón los valores de precipitación oscilan entre los 0 mm y 50 mm. En la zona central de Cajamarca hacia la vertiente occidental de los andes occidentales los valores de precipitación oscilan entre los 0 mm y 50 mm en Tocmoche y Llama; en la zona interandina las precipitaciones se encuentran entre los 50 mm y 100 mm, en Huambos, Cochabamba, Chancay Baños y Santa Cruz. En la vertiente occidental de los andes centrales las precipitaciones oscilan entre los 100 mm y 200 mm; en Cutervo, Chota y Chotano Lajas. En ésta misma zona central de Cajamarca encontramos un núcleo de precipitación en Bambamarca con valores que oscilan entre los 0 mm y 50 mm. Hacia la zona sur de Cajamarca el comportamiento de la precipitación es similar a la zona central; es decir hacia la vertiente occidental de la Cordillera Occidental la precipitación se encuentra alrededor de los 0 mm y 50 mm, en Chilete, Magdalena, Contumazá y Asunción. En la zona interandina la precipitación aumenta y posee valores entre 50 mm y 100 mm, en Llapa, San Miguel,

Niepos, Cajamarca, Jesús, San Juan, Sayapullo, Cospán, Namora, San Marcos y Cachachi. Es necesario resaltar que en la zona de Granja Porcón los valores de precipitación oscilan entre los 100 mm y 200 mm. En Celendin, La Encañada y Sondor Matará las precipitaciones oscilan entre los 100 mm y 200 mm.

5.11 Precipitación Mensual Noviembre (1981-2010)

Las precipitaciones en la región Cajamarca siguen aumentando con respecto al mes anterior; es así que en la zona norte en Namballe encontramos valores de precipitación que oscilan entre 200 mm y 400 mm; en la misma zona norte de la región las precipitaciones disminuyen en Chirinos y Chontali con valores que oscilan entre 100 mm y 200 mm; en Tabaconas y Sallique las precipitaciones oscilan entre los 50 mm y 100 mm al igual que en Jaén. En El Limón las precipitaciones disminuyen alcanzando valores entre 0 mm y 50 mm. En la zona central de la región Cajamarca hacia la zona de la vertiente occidental de los andes occidentales las precipitaciones oscilan entre 0 mm y 50 mm en Tocmoche y Llama. En la zona interandina central los valores de precipitación oscilan entre 50 mm y 100 mm en Huambos, Cutervo, Cochambamba, Chancay Baños y Santa Cruz. Hacia la vertiente occidental de los andes centrales las precipitaciones aumentan y poseen valores entre 100 mm y 200 mm; en Chota. También ubicamos en ésta zona un núcleo en Bambamarca con valores de precipitación entre 50 mm y 100 mm. En la zona sur de la región Cajamarca hacia la vertiente occidental de la Cordilleralos Occidental de los Andes las precipitaciones alcanzan valores entre 0 mm y 50 mm en Chilete, Magdalena, Contumazá y San Benito. En la zona interandina los valores de precipitación oscilan entre 50 mm y 100 mm en Llapa, San Pablo, Asunción, Augusto Weberbauer, Cajamarca, Namora, Jesús, Asunción, Cospán y Sayapullo. En ésta misma zona encontramos valores de precipitación entre 100 mm y 200 mm en Granja Porcón. En la vertiente occidental de los andes centrales las precipitaciones aumentan alcanzando valores entre 100 mm y 200 mm en Celendin, Sondor Matará y Cajabamba.

5.12 Precipitación Mensual Diciembre (1981-2010)

Las precipitaciones en la región Cajamarca siguen en aumento con respecto al mes de noviembre; en la zona norte en Namballe las precipitaciones alcanzan valores entre 200 mm y 400 mm; en Tabaconas, Chirinos y Chontalí las precipitaciones oscilan entre los 100 mm y 200 mm; mientras que en San Ignacio las precipitaciones oscilan entre 50 mm y 100 mm. En la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes en Sallique las precipitaciones oscilan entre 50 mm y 100 mm y disminuyen hacia El Limón con valores entre 0 mm y 50 mm. En la zona central de la región Cajamarca las precipitaciones oscilan entre 0 mm y 50 mm en Tocmoche, Llama y Santa Cruz. En la zona interandina central las precipitaciones oscilan entre los 50 mm y 100 mm en Huambos, Cutervo, Cochabamba, Chancay Baños, mientras que en Chota las precipitaciones oscilan entre los 100 mm y 200 mm. El núcleo de precipitación con valores entre 50 mm y 100 mm en Bambamarca persiste. En la zona sur de la región Cajamarca hacia la vertiente occidental de los andes occidentales las precipitaciones oscilan entre 0 mm y 50 mm; en Chilete, Magdalena, Contumazá y San Benito. En la zona central interandina las precipitaciones oscilan entre los 50 mm y 100 mm en Llapa, San Pablo, Asunción, Cajamarca, Cospán y Sayapullo. En Granja Porcón las precipitaciones se encuentran entre los 100 mm y 200 mm. En Celendin, La Encañada, Sondor Matará y Cajabamba las precipitaciones oscilan entre 100 mm y 200 mm. Hacia el valle del Marañón las precipitaciones disminuyen y oscilan entre los 50 mm y 100 mm.

5.13 Mapa de Precipitación Abril-Junio (1981-2010)

En el trimestre abril-junio las precipitaciones disminuyen con respecto al trimestre enero-marzo; es así que en el norte en Namballe las precipitaciones oscilan entre 600 mm y 800 mm. Las precipitaciones disminuyen hacia el sur, encontramos valores entre 400 mm y 600 mm. En San Ignacio, Chirinos y Tabaconas las precipitaciones oscilan entre los 200 mm y 400 mm; encontramos los mismos valores de precipitación en Jaén. En Sallique hacia la vertiente occidental las precipitaciones son aún menores, con valores entre 100 mm y 200 mm; en El Limón encontramos un núcleo de precipitaciones con valores entre 0 mm y 50 mm. En la zona central de la región Cajamarca las precipitaciones oscilan entre 100 mm y 200 mm en Hacienda Pucará, Tocmoche y Llama. En la zona central interandina las precipitaciones oscilan entre 200 mm y 400 mm en Cochabamba, Huambos, Chancay Baños, Santa Cruz y Chota. En Cutervo encontramos un núcleo con valores entre 100 mm y 200 mm. En la zona sur de Cajamarca las precipitaciones también muestran una disminución marcada; así en la

vertiente occidental encontramos valores entre 0 mm y 50 mm en Chilete; en esta zona las precipitaciones aumentan hacia la zona central con valores entre 100 mm y 200 mm en San Miguel, Llapa, San Pablo, Cajamarca, Namora, Jesús, San Pablo, San Juan y Asunción. Encontramos dos núcleos con precipitaciones entre 200 mm y 400 mm en Granja Porcón y Sayapullo. Hacia la vertiente occidental de la Cordillera Central de los Andes centrales las precipitaciones oscilan entre 100 mm y 200 mm en La Encañada, Sondor Matará, Celendin, San Marcos y Cajabamba.

5.14 Mapa de Precipitación Octubre-Diciembre (1981-2010)

En el trimestre octubre-diciembre las precipitaciones aumentan con respecto al trimestre de julio-setiembre, alcanzando valores entre 600 mm y 800 mm en Namballe; las precipitaciones van disminuyendo hacia la zona sur con valores entre 400 mm y 600 mm. En Sallique y el Limón las precipitaciones oscilan entre los 100 mm y 200 mm. En Chirinos, San Ignacio Chontalí y Jaén las precipitaciones oscilan entre los 200 mm y 400 mm. En la zona central de la región Cajamarca hacia la vertiente occidental los valores de precipitaciones son menores alcanzando valores entre 0 mm y 50 mm hacia el extremo más occidental; mientras que en Tocmoche las precipitaciones poseen valores entre 50 mm y 100 mm. En Llama y Santa Cruz las precipitaciones se encuentran entre los 100 mm y 200 mm. En la zona central interandina de Cajamarca las precipitaciones oscilan entre los 200 mm y 400 mm en Cutervo, Cochabamba, Chota, Chotano Lajas, Chancay Baños y Bambamarca. En la zona sur de Cajamarca en la vertiente occidental de los andes occidentales las precipitaciones oscilan entre los 0 mm y 50 mm en la zona más occidental y valores entre 50 mm y 100 mm en Lives y Magdalena, un núcleo con valores entre 0 mm y 50 mm en Chilete. En Niepos, San Pablo y Contumazá las precipitaciones oscilan entre 100 mm y 200 mm. En la zona interandina encontramos valores de precipitación entre 200 mm y 400 mm en Quilcate, San Miguel, Llapa, Cajamarca, La Victoria y Namora. En la misma zona también encontramos un núcleo con valores entre 600 mm a 800 mm en Granja Porcón y otro núcleo con valores entre 400 mm y 600 mm en Sayapullo. Hacia la vertiente occidental de la Cordillera Central de los Andes las precipitaciones poseen valores entre 200 mm y 400 mm en Celendin, La Encañada, Sondor Matará, San Marcos y Cajabamba.

5.15 Humedad Relativa Multianual (1981-2010)

En la región Cajamarca el comportamiento de la humedad relativa muestra que a menor altitud la humedad relativa disminuye y a mayor altitud la humedad relativa aumenta; no así en la selva, ya que la selva baja es más húmeda y calurosa mientras que la selva alta es más nubosa y lluviosa. Hacia la vertiente occidental de los Andes observamos un núcleo máximo de humedad en Niepos con valores entre 90 % y 95 % de humedad relativa; otro núcleo alto de humedad relativa encontramos en Tocmoche con valores entre 85 % y 90 %; éstas zonas están influenciadas por la cercanía al litoral. Al igual que en Tocmoche y Niepos, en Namballe los valores oscilan entre 85 % y 90 % de humedad relativa, ésta es una zona de selva. En la zona de Jaén y Tabaconas los valores de humedad relativa están comprendidos entre 75 % y 80 %; en Chirinos, Chontalí y San Ignacio los valores de humedad relativa oscilan entre 80 % y 85 %. Notamos un comportamiento singular de la humedad relativa que aumenta en la zona de la selva, siendo mayor en la selva baja y menor en la selva alta; debido a la vegetación, relieve, suelo, etc.

Por otro lado encontramos en El Limón un núcleo de baja humedad relativa con valores entre 55 % y 60 %, ésta es una zona abrigada por la Cordillera de los Andes. Hacia la zona sur de la región que es la parte de topografía más compleja encontramos valores comprendidos entre 70 % y 75 % de humedad relativa en las zonas de Celendin, San Juan, Cajabamba, Namora y Contumazá; sin embargo en dicha zona también se encuentran algunos núcleos de menor humedad relativa, zonas abrigadas por la cordillera con valores entre 70 % y 75 %, tales como San Marcos, Asunción y Magdalena. También encontramos éstos valores de humedad relativa en Chancay Baños.

5.16 Radiación Solar Multianual (1981-2010)

La distribución de la radiación solar en la región Cajamarca muestra un comportamiento que señala valores mayores de radiación solar a menores altitudes y valores menores a mayores altitudes por presentar mayor cobertura nubosa; es decir muestra una relación inversa entre la altitud y la radiación solar; diferenciándose dicho comportamiento en la vertiente occidental, en la zona interandina y en la selva, considerando además otros factores como la estación del año, rango diurno, la latitud, el ángulo horario, etc.

Encontramos un núcleo de máxima radiación solar en la selva, en Namballe, con valores entre 500 cal/cm^{2}min y 550 cal/cm^{2}min. En Tabaconas

encontramos un núcleo de radiación solar con valores entre 300 cal/cm^{2}min y 350 cal/cm^{2}min. Es necesario resaltar que éste lugar es una zona de protección natural. Encontramos valores de radiación solar entre 350 cal/cm^{2}min y 400 cal/cm^{2}min en la zona de la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes en las zonas específicas de El Limón y Tocmoche y en la zona central de la región de Cajamarca, en Llama, Huambos, Cutervo, y Cochabamba. En la zona sur, se distinguen varios núcleos de radiación solar con valores entre 350 cal/cm^2 y 400 cal/cm^{2}min en Niepos, San Pablo, San Juan, Quilcate y Asunción. Apreciamos un núcleo bajo de radiación en Chirinos con valores entre 250 cal/cm^{2}min y 300 cal/cm^{2}min, esta zona pertenece a la selva. Encontramos valores entre 400 cal/cm^{2}min y 450 cal/cm^{2}min en la zona norte de la región en Chontalí, en Chancay Baños, Chota y Bambamarca en la zona central y en Magdalena, Namora, Cajabamba y Contumazá en la zona sur. Se observa pequeños núcleos altos de radiación solar con valores entre 450 cal/cm^{2}miny 500 cal/cm^{2}min en la zona sur en Cajamarca y en San Marcos. También es necesario señalar que en la selva alta los valores de radiación solar son menores y en la selva baja son mayores.

5.17 Velocidad del Viento Multianual (1981-2010)

La velocidad del viento en la región Cajamarca muestra un comportamiento singular que en las zonas abrigadas por la Cordillera de los Andes la velocidad del viento aumenta. Encontramos un núcleo de máxima velocidad de viento en Huambos con valores entre 5 m/s y 6 m/s, éstos van disminuyendo hacia la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes; en Llama hallamos un núcleo bajo de velocidad del viento con valores entre 1 m/s y 2 m/s. En la zona sur en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes la velocidad del viento aumenta de este a oeste con valores que oscilan entre 1 m/s y 5 m/s. En la zona sur se ubica un núcleo de máxima velocidad de viento mayores a los 6 m/s alrededor de los 3200 msnm y 4000 msnm. En la misma zona sur en Namora, San Juan y Contumazá la velocidad del viento posee valores entre 2 m/s y 3 m/s. En Quilcate encontramos un núcleo de baja velocidad con valores entre 0 m/s y 1 m/s.

Observamos que en la zona norte en la selva alta los valores de velocidad del viento son mayores con respecto a la selva baja. En la selva alta los valores oscilan entre 2 m/s y 3 m/s mientras que en parte de la selva baja los valores oscilan entre 0 m/s y 1 m/s.

VI. DISCUSIÓN

En general las precipitaciones ocurren casi durante todo el año, siendo más frecuentes e intensas en el periodo lluvioso. El departamento de Cajamarca debido a su posición geográfica, latitud y cercanía al Ecuador debería tener un clima tropical y lluvioso, sin embargo debido a otros factores como la Cordillera de los Andes, el efecto del APS, la Corrientes Marinas, los vientos alisios, etc. El clima es variable, con características propias y singulares de cada región natural, el cual comprende una pequeña región Chala (clima semitropical), que limita con La Libertad, la Yunga (Marítima y Fluvial), con clima templado y cálido, la Quechua (clima templado), la Suni o Jalca (clima templado frío), la Puna (clima frío), la Selva Alta (clima tropical y húmedo) y la Selva Baja (clima tropical y húmedo). Las diferencias entre estas dos últimas es que la primera es más lluviosa y mayor presencia de cobertura nubosa mientras que la segunda es más húmeda y más calurosa.

Las características climáticas son el resultado de la interacción de las variables meteorológicas y los factores que condicionan el clima; en este caso las precipitaciones en la región Cajamarca están directamente asociadas al comportamiento estacional, permanente y cuasiestacionario de los sistemas de circulación tanto a nivel de superficie como en la alta tropósfera, nos referimos al APS, AAS, BCH, ZCIT, ZCAS y la AB; los cuales asociados o acoplados generan precipitaciones en la región. El relieve es otro factor determinante ya que en ciertos casos bloquea el ingreso de los flujos del este que son cálidos y húmedos provocando las bajas precipitaciones como es el caso de Jaén; en otros facilita el ingreso de estos flujos del este que al saturarse y comenzar el ascenso por la cordillera ocasionan fuertes precipitaciones.

VII. CONCLUSIONES:

- El periodo de lluvias se inicia en el mes de setiembre y finalizan en el mes de abril.
- Las mayores precipitaciones a nivel mensual ocurren en el mes de marzo, con valores acumulados de hasta 200 mm y 400 mm en la zona norte de la región Cajamarca, correspondiente a la estación de Namballe ubicada en la selva alta.

- Las precipitaciones a nivel mensual son menores durante el mes de agosto, con valores acumulados entre 0 mm y 50 mm en la zona norte, centro y sur de la región.

- Las precipitaciones son mayores en las zonas de mayor altitud, en donde el relieve, la topografía, los cuerpos de agua, la vegetación, etc. son factores determinantes.

- Las precipitaciones son menores en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes, aumentan en la zona interandina (como Cutervo, Chota, Huambos, Granja Porcón, entre otros) y disminuyen hacia el valle del río Marañón (en las proximidades de Celendín).

- La zona de Jaén en una zona de selva alta pero que posee precipitaciones bajas debido a la presencia de la Cordillera Central de los Andes la cual impide el paso de los flujos del este que son cálidos y húmedos provenientes de la zona oriental del territorio y que producen lluvias.

- Las precipitaciones en el trimestre abril-junio presenta máximos núcleos en Namballe con valores entre 600 mm y 800 mm y disminuyen paulatinamente hacia la zona sur de la región hasta valores entre 0 mm y 50 mm. Se forman 2 núcleos de precipitaciones en Granja Porcón y en las proximidades de la estación meteorológica de Sayapullo con valores entre 200 mm y 400 mm.

- En el trimestre octubre-noviembre-diciembre también presenta máximas precipitaciones en Namballe, con valores entre 600 mm y 800 mm y disminuyen hacia la zona sur alcanzando valores entre 0 mm y 50 mm. Se forma dos núcleos de precipitación en Granja Porcón con valores entre 600 mm y 800 mm y otro en Sayapullo con valores entre 400 mm y 600 mm.

- En el trimestre abril-mayo-junio las precipitaciones disminuyen comparados con las precipitaciones que ocurren durante el periodo lluvioso.

- Hacia la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes, la humedad relativa aumenta, formándose dos núcleos: Tocmoche con valores promedio anuales entre 85 % y 90 % y en Niepos con valores entre 90 % y 95 %.

- La humedad relativa aumenta hacia las zonas de mayor altitud de la región Cajamarca, la atmósfera es seca, transparente y fría.

- En la zona de Jaén la humedad es menor debido a la presencia de la Cordillera Central que impide el paso de las masas de aire cálidas y húmedas desde la zona oriental. Este factor topográfico le da una connotación muy local a esta zona de Jaén, que no obstante estar ubicada en selva alta, presenta bajas precipitaciones y poca humedad.

- Las velocidades del viento son mayores en Huambos y en las proximidades de la meseta de las Jalcas de Cutervo, alcanzando valores entre 5 m/s y 6 m/s; mientras que los vientos de menor magnitud se presentan en Quilcate y Llama con valores entre 0 m/s y 1 m/s, respectivamente.

- La radiación solar es mayor en Namballe con valores entre 500 cal/cm^{2}min y 550 cal/cm^{2}min; también existen otros núcleos de mayor radiación solar en Cajamarca y San Marcos con valores entre 450 cal/cm^{2}min y 500 cal/cm^{2}min, respectivamente. Asimismo, existe otro núcleo de baja radiación solar en Chirinos con valores entre 250 cal/cm^{2}min y 300 cal/cm^{2}min.

VIII. RECOMENDACIONES

El trabajo realizado ha permitido determinar la presencia de varios tipos de climas en la región Cajamarca. Los aspectos considerados en las metodologías de clasificación climática deben ser acoplados para hacer una mejor caracterización de la región, no sólo climática sino también con un enfoque ambiental, ecológico, turístico, actividades agrícolas, industria, minería, etc. que harían posible un desarrollo sustentable de la región.

Por otro lado, es necesario incrementar la red observacional con estaciones automáticas y fortalecer la red de estaciones convencionales, con la intención de realizar una vigilancia permanente de las condiciones climáticas y realizar investigaciones aplicadas; para lo cual es importante fortalecer las coordinaciones entre el SENAMHI y los Gobiernos Regionales.

Finalmente, es necesario actualizar periódicamente los mapas temáticos desarrollados, en la medida de que van a permitir hacer una vigilancia permanente de los patrones espaciales del clima de la Región Cajamarca.

IX.BIBLIOGRAFÍA

- Alva, Walter."Geografía General del Perú". Edit. San Marcos, Lima 2003, pág.522

- Felix Cubas y Nicéforo Ita "Guía Climática Turística" SENAMHI, Lima 2008, pág. 216

- Atlas de Geografía Universal. Edit. Océano S.A. Barcelona 1994, pág 428.

- Pulgar Vidal, Javier. "Geografía del Perú Las Ocho Regiones Naturales del Perú" Edit. Peisa, Lima 1996, pág.302

- Atlas del Perú y del Mundo. Edit. Santillana S.A. Lima, 2006, pág 159.
- García Villanueva, Jerónimo. "Principio Físicos de Climatología" Edit. La Molina, UNALM Lima, 1994. pág. 243
- CPN del SENAMHI, Escenarios de cambio Climático en la Cuenca del río Urubamba para el año 2100" Lima 2007, pág.120.
- SENAMHI-Dirección Regional de Cajamarca. "Cambio Climático en Cajamarca y La Libertad" Ing. Julio Urbiola del Carpio. Cajamarca 1998.