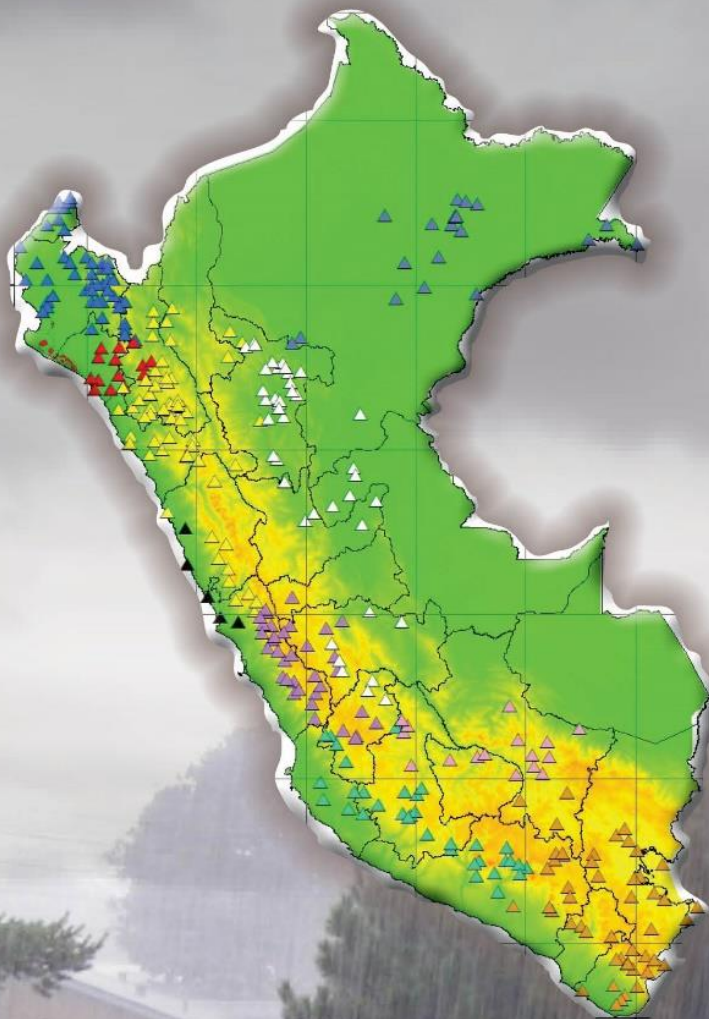


REGIONALIZACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN EL PERÚ



REGIONALIZACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN EL PERÚ





DIRECTORIO

Dr. Ken Takahashi Guevara

Presidente Ejecutivo del SENAMHI

Ing. Oscar Felipe Obando

Director de la Dirección de Hidrología del SENAMHI

Mg. Sc. Julia Acuña Azarte

Subdirectora de Estudios e Investigaciones Hidrológicas del
SENAMHI

REVISOR DEL ESTUDIO

Mg. Sc. Julia Acuña Azarte

Subdirectora de Estudios e Investigaciones Hidrológicas del
SENAMHI

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Ing. Raúl Antonio Tupac Yupanqui Vélez

Ph. D. Waldo Sven Lavado Casimiro

Ing, Oscar Gustavo Felipe Obando

DISEÑO, DIAGRAMACIÓN Y EDICIÓN

Miriam Casaverde Riveros

Especialista en Hidrología VI del SENAMHI

Lima - Perú

Diciembre - 2017

Citar como:

Yupanqui R., Lavado W., Felipe O. Atlas de sequías hidrológicas de la región hidrográfica del Titicaca. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Dirección de Hidrología. Diciembre, 2017.

Contenido

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
2.1 Información pluviométrica observada	3
2.2 Teoría de L-momentos	5
2.3 Metodología del Análisis Regional de Frecuencias	6
2.4 Filtrado de datos usando medidas de discordancia.....	6
2.5 Medida de heterogeneidad.....	7
2.6 Selección de la distribución de mejor ajuste.....	7
2.7 Estimación de los cuantiles de frecuencia y precisión	8
2.8 Identificación de regiones homogéneas candidatas.....	9
3. RESULTADOS	10
3.1 Análisis y filtro de datos pluviométricos	10
3.2 Formación de las macro-regiones de precipitaciones máximas	10
3.3 Formación de las sub-regiones de precipitaciones máximas.....	12
4. CONCLUSIONES	40
5. AGRADECIMIENTOS.....	41
6. REFERENCIAS	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 2 - 1. Mapa del Perú con las estaciones pluviométricas y las regiones 9 regiones climáticas	4
Figura 3 - 1. Macro regiones de precipitaciones máximas según el método SKATER	11
Figura 3 - 2. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 1	14
Figura 3 - 3. Sub regiones de la región 1	15
Figura 3 - 4: Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 2	16
Figura 3 - 5. Sub regiones de la región 2	17
Figura 3 - 6. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 3	20
Figura 3 - 7. Sub regiones de la región 3	20
Figura 3 - 8. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 4	21
Figura 3 - 9. Sub regiones de la región 4	22
Figura 3 - 10. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 5	23
Figura 3 - 11. Sub regiones de la región 5	25
Figura 3 - 12. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 6	26
Figura 3 - 13. Sub regiones de la macro región 6	27
Figura 3 - 14. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 7	29
Figura 3 - 15. Sub regiones de la región 7	30
Figura 3 - 16. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 8	32
Figura 3 - 17. Sub regiones de la región 8	33
Figura 3 - 18. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 9	35
Figura 3 - 19. Sub regiones de la región 9	37
Figura 3 - 20. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 10	38
Figura 3 - 21. Sub regiones de la región 10	39

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2 - 1: Resumen de las estaciones pluviométricas seleccionadas por región	4
Cuadro 3 - 1: Medida de discordancia para la región	12
Cuadro 3 - 2: Estaciones y sub-regiones que forman la región 1	13
Cuadro 3 - 3: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 1	14
Cuadro 3 - 4: Z-estadístico para las sub regiones de la región 1	14
Cuadro 3 - 5: Medida de discordancia para la región 2	15
Cuadro 3 - 6: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 2	16
Cuadro 3 - 7: Z-estadístico para las sub regiones de la macro región 2	16
Cuadro 3 - 8: Estaciones y sub-regiones que forman la macro región 2	16
Cuadro 3 - 9: Medida de discordancia para la región 3	18
Cuadro 3 - 10: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 3	18
Cuadro 3 - 11: Estaciones y sub-regiones que forman la macro región 3	19
Cuadro 3 - 12: Z-estadístico para las sub regiones de la macro región 2	20
Cuadro 3 - 13: Medida de discordancia para la región 4	21
Cuadro 3 - 14: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 4	21

Cuadro 3 - 15: Z-estadístico para las sub regiones de la región 4.....	21
Cuadro 3 - 16: Estaciones y sub-regiones que forman la región 4.....	22
Cuadro 3 - 17: Medida de discordancia para la región 5	23
Cuadro 3 - 18: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 5.....	23
Cuadro 3 - 19: Z-estadístico para las sub regiones de la región 5.....	23
Cuadro 3 - 20: Estaciones y sub-regiones que forman la región 5.....	24
Cuadro 3 - 21: Medida de discordancia para la región 6	25
Cuadro 3 - 22: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 6.....	26
Cuadro 3 - 23: Z-estadístico para las sub regiones de la región 6.....	26
Cuadro 3 - 24: Estaciones y sub-regiones que forman la macro región 6.....	27
Cuadro 3 - 25: Medida de discordancia para la región 7	28
Cuadro 3 - 26: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 7.....	28
Cuadro 3 - 27: Z-estadístico para las sub regiones de la región 7.....	29
Cuadro 3 - 28: Estaciones y sub-regiones que forman la macro región 7.....	31
Cuadro 3 - 29: Medida de discordancia para la región 8	32
Cuadro 3 - 30: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 8.....	32
Cuadro 3 - 31: Z-estadístico para las sub regiones de la región 8.....	32
Cuadro 3 - 32: Estaciones y sub-regiones que forman la macro región 8.....	33
Cuadro 3 - 33: Medida de discordancia para la región 9	34
Cuadro 3 - 34: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 9.....	34
Cuadro 3 - 35: Z-estadístico para las sub regiones de la región 9.....	34
Cuadro 3 - 36: Estaciones y sub-regiones que forman la región 9.....	36
Cuadro 3 - 37: Medida de discordancia para la región 10	37
Cuadro 3 - 38: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 10	38
Cuadro 3 - 39: Z-estadístico para las sub regiones de la región 10.....	38
Cuadro 3 - 40: Estaciones y sub-regiones que forman la región 10.....	38
Cuadro 4 - 1: Resumen para determinación del mejor ajuste x región	41

RESUMEN

En el presente estudio se aplica el análisis regional de frecuencias (ARF) para precipitaciones máximas (anual en 24 horas) de estaciones pluviométricas administradas por el SENAMHI a nivel nacional. Para tal fin se utilizó el enfoque de L-momentos (LM) y aplicación de análisis clúster mediante las técnicas de SKATER para una primera regionalización y posteriormente las técnicas de Ward y k-means para subregiones. Inicialmente se aplicó a los datos de precipitación máxima anual los análisis respectivos de control calidad y verificación de supuestos del ARF aplicándose para ello diferentes pruebas estadísticas como análisis exploratorio de datos, estacionariedad e independencia serial. Luego, la aplicación del ARF bajo el enfoque de los LM a través de la medida de discordancia y heterogeneidad permitieron dividir el territorio peruano en 10 regiones mediante el algoritmo SKATER, posteriormente mediante las técnicas de Ward y k-means se subdividieron las 10 regiones iniciales conformando de esta manera subregiones hidrológicamente homogéneas en cuanto a la frecuencia de las precipitaciones máximas para cada región. Con ello cada subregión puede ser modelada con la ayuda de distribuciones de probabilidad seleccionadas en base a la medida de bondad de ajuste Z-estadístico. Dada la baja densidad de estaciones en grandes áreas del Perú como la Amazonia, estos resultados se deben tomar con cautela en regiones donde dicha densidad de estaciones es baja. Con estas regiones hidrológicas ajustadas a una función de probabilidad se podrán determinar los cuantiles de precipitaciones máximas los cuales será de vital importancia para estudios de ingeniería, planeamiento y gestión de los recursos hídricos.

Palabras clave: Precipitación máxima, análisis regional de frecuencias, L-momentos, regionalización.

1. INTRODUCCIÓN

La generación de regiones homogéneas de carácter hidrológico es un tema que se difundido bastante dada su utilidad y sobre todo por la información relevante que proporciona a la hora de tomar decisiones ya sean de carácter científico, social, ingenieril, etc. Hay diversas técnicas estadísticas-matemáticas que permiten determinar regiones de acuerdo a diversas características de los elementos a analizar por lo cual una región homogénea sus elementos comparten las mismas características y comportamientos entre sí.

La estimación de la magnitud y frecuencia de los eventos extremos de variables hidrometeorológicas, tales como la precipitación máxima anual (PMA) es fundamental para el diseño de estructuras de los recursos hídricos, zonificación de inundación y estimación económica de los proyectos de protección contra inundaciones en llanuras y planicies (Noto y La Loggia, 2009 y Ngongondo, 2011). En ese sentido a menudo el interés se centra principalmente en los eventos extremos con períodos de retorno (T) de más de 50 años, debido a su naturaleza destructiva socioeconómica. Para superar este problema, diversos enfoques que utilizan fuentes de datos alternativos o adicionales, se han ideado. En este contexto, para esta investigación se desarrolla el denominado el análisis regional de frecuencias (ARF), que según Hosking y Wallis (1997) esta problemática puede resolverse “paliando la carencia de los datos en el tiempo con su abundancia en el espacio”.

En la literatura existe gran cantidad de información sobre la aplicación del ARF en las precipitaciones extremas. Así, Koutsoyiannis y Baloutsos (2000) establecieron que la distribución de valor extremo generalizado (GEV) es el mejor para la estimación de la PMA para grandes periodos de retorno en Grecia. Wallis et al. (2007) actualizó el atlas de frecuencia de la precipitación publicado por el Servicio Meteorológico Nacional de Estados Unidos en 1973, utilizando el sistema de mapeo PRISM (Parameter-elevation Relationships on Independent Slopes Model) y el algoritmo de L-momentos (LM) regional para las estimaciones de la frecuencia y magnitud de las precipitaciones máximas de 2 horas y 24 horas de duración para el estado de Washington. Szolgay et al. (2008) han comparado tres métodos de mapeo de PMA estimadas por ARF basado en LM.

Nuñez (2011) aplicó el análisis regional de frecuencias (ARF) para el mapeo de sequias en regiones áridas y semiáridas en Chile utilizando los L-moments. Sus resultados permitieron determinar eventos de sequias con un 40% de precipitaciones con un periodo de retorno de alrededor de 4 años en el norte y 2.2 años en el sur, también Ngongondo (2011) realizó un análisis clúster para la determinación de regiones homogéneas de precipitación en Malawi (África), para ello se aplicaron los L-moments para derivar índices regionales de cuantiles de precipitación. El procedimiento fue validado a través de test de homogeneidad y heterogeneidad basado en simulaciones de Monte Carlo con media regional de ratios de L-moments.

Badreldin (2012) mediante la aplicación del método de Ward, determinó 7 regiones homogéneas en la cuenca LuanHe (China) para ello aplico test de homogeneidad a los L-moments y luego mediante el ajuste de pruebas de bondad de ajuste. La aplicación de los L-

moments ha sido una herramienta muy utilizada para la generación de regiones homogéneas además de análisis clúster, por lo que se propone seguir con la metodología para el caso peruano como lo hizo. Acuña et al. (2011) para la zona norte del Perú ubicada en la región hidrográfica del Pacífico identificaron 4 regiones homogéneas modeladas por la función de distribución logística generalizada.

En este trabajo se pretende generar regiones homogéneas a nivel nacional cuyo objetivo principal es analizar la frecuencia de la OMA de diseño desde un enfoque a nivel de regiones en base a LM, esto permitirá definir regiones hidrológicamente homogéneas y conocer una apropiada función de distribución los cuales permitirán obtener cuantiles extremos estimados en el ARF siendo así una alternativa para diversas aplicaciones de diseño en ingeniería, planificación y manejo de los recursos hídricos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Información pluviométrica observada

En el presente trabajo se utilizaron las estaciones pluviométricas distribuidas en el territorio peruano, los registros comprenden de datos de precipitación diaria la cual ha sido medida a las 7:00 y 19:00 horas, toda la información pluviométrica fue proporcionada por el SENAMHI. La distribución de las estaciones pluviométricas está a cargo del SENAMHI, la cual se desarrolla en direcciones regionales, cada una de ellas posee un conjunto de estaciones pluviométricas pertenecientes a zonas de similares condiciones climáticas y geográficas. Es por ello que se recurre a la zonificación propuesta por SENAMHI en la cual divide al Perú en nueve (9) regiones climáticas de acuerdo a la topografía, clima, condiciones atmosféricas y geografía. En la Figura 2-1 se muestran las 9 regiones del Perú con la distribución estaciones con información pluviométrica.

El periodo de análisis estará comprendido entre 1965 -2014, además como requisito fundamental para seleccionar una estación pluviométrica en la presente investigación es que al menos contenga 15 de años de registros completos para así obtener series de precipitación máxima diaria de una longitud mínima de 15 años. Para ello se extrajo la precipitación máxima de 24 horas para cada año y para cada estación correspondiente a la época de lluvias (Noviembre hasta Abril).

Según la Figura 2-1 y Cuadro 1 se tiene que la región con la mayor cantidad de estaciones es la Andes Norte (AN) seguido por los Andes Central, en general la cordillera de los Andes tiene más del 50% de estaciones aptas para el estudio. Mientras que la selva a pesar de poseer más del 50% del territorio peruano es la que menos densidad de estaciones posee por lo que se infiere que los resultados finales puedan no ser los más adecuados en la región Amazónica por la poca densidad de estaciones disponibles.

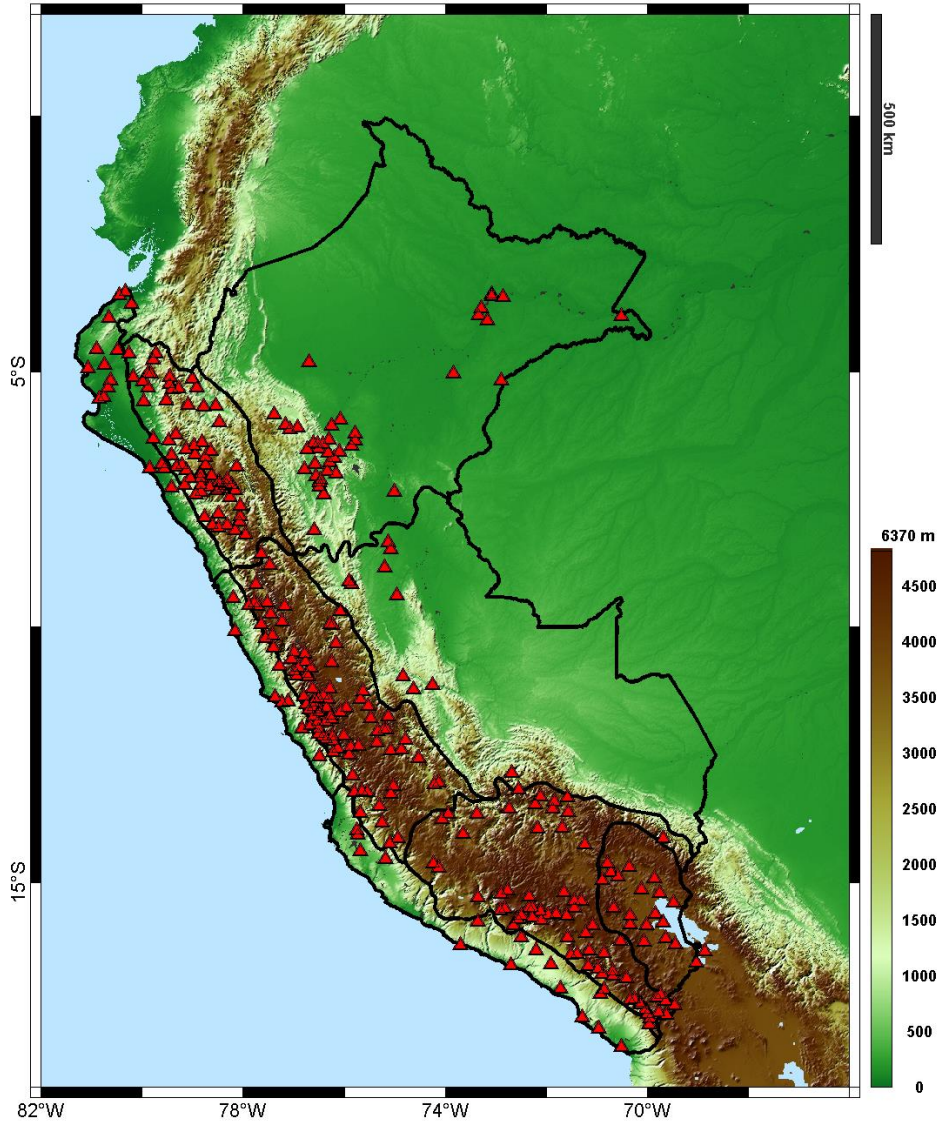


Figura 2 - 1. Mapa del Perú con las estaciones pluviométricas y las regiones 9 regiones climáticas

Cuadro 2 - 1: Resumen de las estaciones pluviométricas seleccionadas por región

Código	Zona	Estaciones
Reg1	ALTIPLANO	33
Reg2	ANDES CENTRAL	140
Reg3	COSTA CENTRAL	29
Reg4	SELVA CENTRO SUR	24
Reg5	ANDES NORTE	158
Reg6	COSTA NORTE	42
Reg7	SELVA NORTE	80
Reg8	ANDES SUR	114
Reg9	COSTA SUR	27

2.2 Teoría de L-momentos

Los L-momentos (LM) o momentos lineales, es un sistema alternativo a los métodos tradicionales de los momentos convencionales para describir las formas de las distribuciones de probabilidad. Hosking (1986), describe los LM como combinaciones lineales de los momentos ponderados probabilísticamente (MPP) definidos por Greenwood et al., (1979).

El estimador de MPP a partir de una muestra con variables aleatoria X de tamaño n , con elementos en orden ascendente $X_{1:n} < X_{2:n} < \dots < X_{n:n}$ es:

$$b_r = n^{-1} \binom{n-1}{r}^{-1} \sum_{j=r+1}^n \binom{j-1}{r} x_{j:n}$$

Donde $x_{j:n}$ es el j -ésimo elemento en orden ascendente. Desarrollando los primeros MPP se tiene:

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{j:n}$$

$$b_1 = \frac{1}{n} \sum_{j=2}^n \frac{(j-1)}{(n-1)} x_{j:n}$$

$$b_2 = \frac{1}{n} \sum_{j=3}^n \frac{(j-1)(j-2)}{(n-1)(n-2)} x_{j:n}$$

$$b_r = \frac{1}{n} \sum_{j=r+1}^n \frac{(j-1)(j-2) \dots (j-r)}{(n-1)(n-2) \dots (n-r)} x_{j:n}$$

A partir de los MPP, los primeros cuatro LM l_r , están dados por:

$$l_1 = b_0$$

$$l_2 = 2b_1 - b_0$$

$$l_3 = 6b_2 - 6b_1 + b_0$$

$$l_4 = 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 - b_0$$

El momento lineal de primer orden l_1 es el parámetro de localización o media de la muestra; el de segundo orden l_2 mide la escala o la variación, indicando el grado de dispersión de los datos; el momento de tercer orden l_3 hace referencia a su asimetría; y el de cuarto orden l_4 indica la kurtosis de la muestra. Los LM de la muestra que son independientes de las unidades, llamados L-momentos ratios o cocientes (Hosking, 1990), que se definen dividiendo aquellos de mayor orden por la medida de escala l_2 :

$$t=l_2/l_1=L-Cv, \text{ donde } 0 \leq t \leq 1$$

$$t_3=l_3/l_2=L-Cs, \text{ donde } 0 \leq t \leq 1$$

$$t_4=l_4/l_2=L-Ck, \text{ donde } 0 \leq t \leq 1$$

Donde t es el coeficiente de variación (L-Cv), t_3 es el coeficiente de asimetría (L-Cs) y t_4 es el coeficiente de kurtosis (L-Ck). Los momentos lineales de la muestra (t , t_3 y t_4) son ponderados proporcionalmente en función de la longitud para determinar los ratios medios regionales de LM (t^R , t_3^R , y t_4^R):

$$t^R = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i}$$

Estos se relacionan con los momentos lineales de la función de distribución de probabilidad (λ_1 , τ , τ_3 y τ_4) para determinar los parámetros de las distribuciones.

2.3 Metodología del Análisis Regional de Frecuencias

La metodología usada aquí para el ARF de precipitaciones máximas diarias en el territorio peruano es un enfoque basado en aproximaciones de los L-momentos (LM) como esbozado por Hosking y Wallis (1997). Esta aproximación envuelve 5 pasos: 1) Identificación de regiones homogéneas candidatas mediante un análisis clúster; 2) Evaluación de la data usando el criterio de discordancia (D_i); 3) Test de Homogeneidad usando la medida de heterogeneidad H ; 4) Selección de una distribución de probabilidades usando los L-momentos y 5) estimación regional de cuantiles de precipitación usando la aproximación con LM.

2.4 Filtrado de datos usando medidas de discordancia

Dado un conjunto de estaciones que preliminarmente se agrupan bajo la hipótesis de que conforman un grupo homogéneo, el objetivo consiste en identificar las estaciones que son groseramente discordantes con el grupo como un todo. Discordancia se mide en términos de los LM de los datos de las estaciones. Hosking y Wallis (1997), definen la medida de discordancia para la estación i como:

$$D_i = \frac{1}{3} N (u_i - \bar{u})^T A^{-1} (u_i - \bar{u})$$

$$\text{Donde } u_i = [t^{(i)} \ t_3^{(i)} \ t_4^{(i)}]^T, \ \bar{u} = N^{-1} \sum_{i=1}^N u_i,$$

$A = \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T$; son el vector que contiene los valores de los ratios LM t , t_3 y t_4 para la estación i , la media del grupo (sin ponderar) y la matriz de sumas de cuadrados y productos cruzados respectivamente en función del número de estaciones en la región. El valor crítico máximo de discordancia es 3 para mayores de 15 estaciones en el grupo.

2.5 Medida de heterogeneidad

Se determina la medida de heterogeneidad (Hosking y Wallis, 1997) para estimar el grado de heterogeneidad en un grupo de estaciones y evaluar cuando pueden ser tratadas en su conjunto como una región homogénea. La medida de la heterogeneidad compara la dispersión observada y simulada de LM para N estaciones consideradas. Para este propósito se realiza las simulaciones de Monte Carlo mediante la distribución Kappa de cuatro parámetros (localización X, escala A, forma k y h) definidos por:

$$f(x) = \alpha^{-1} [1 - k(x - \xi/\alpha)]^{1/(k-1)} [F(x)]^{1-h}$$

Donde los parámetros de la distribución Kappa son ajustadas a los ratios de LM regional 1 , t_3^R , t_3^R , y t_4^R , para simular un número Nsim de realizaciones de una región con N estaciones como la original. Para comparar los valores de dispersión observados con los simulados, el estadístico apropiado es la medida de heterogeneidad, H_j ($j=1,2,3$), definido como:

$$H_j = \frac{(V_j - uv_j)}{\sigma_{vj}}$$

Para cada simulación se calcula V_j . Se determina la media uv_j y la desviación estándar σ_{vj} , de los Nsim valores de V_j . Siendo: V_1 ; La desviación estándar ponderada observada de los t valores, V_2 ; es la distancia media observada de t/t_3 y V_3 ; es la distancia media observada de t_3/t_4 . Definidos por:

$$V_1 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N n(t^{(i)} - t^R)^2}{\sum_{i=1}^N ni} \right\}^{1/2}$$

$$V_2 = \sum_{i=1}^N ni \left[(t^{(i)} - t^R)^2 + (t_3^{(i)} - t_3^R)^2 \right]^{1/2} / \sum_{i=1}^N ni$$

$$V_3 = \sum_{i=1}^N ni \left[(t_3^{(i)} - t_3^R)^2 + (t_4^{(i)} - t_4^R)^2 \right]^{1/2} / \sum_{i=1}^N ni$$

Donde la región propuesta tiene N estaciones, cada estación i tiene la longitud de registro n_i y los ratios de L-momentos $t^{(i)}$, $t_3^{(i)}$ y $t_4^{(i)}$. La región se declara como “aceptablemente homogénea” si $H_j < 1$, “posiblemente heterogénea” si $1 \leq H_j < 2$, y “definitivamente heterogénea” si $H_j \geq 2$.

2.6 Selección de la distribución de mejor ajuste

En este estudio evaluamos cinco distribuciones de tres parámetros: logístico generalizado (GLO), valor extremo generalizado (GEV), normal generalizado (GNO), Pareto generalizado (GPA) y Pearson tipo III (PE3). Como criterios de ajuste para identificar las distribuciones candidatas se utiliza el diagrama de la relación LM que es la representación en el plano de t_3 y t_4 , donde la proximidad de la media regional (t_3^R , t_4^R) a una curva de la distribución teórica particular se interpreta como una indicación para describir los datos regionales. Por otro lado también se utiliza la medida de bondad de ajuste Z-estadístico ($|Z^{DIST}| \leq 1.64$ aceptable para un nivel de confianza de 90%) definidos por Hosking y Wallis (1993)

como:

$$Z^{DIST} = (\tau_4^{DIST} - t_4^R + B_4) / \sigma_4$$

Donde τ_4^{DIST} es el coeficiente L-kurtosis de la distribución ajustada, t_4^R es la medida regional de L-kurtosis del conjunto de datos observados en la región homogénea. B_4 y σ_4 es el bias y desviación estándar de t_4^R , respectivamente, definidos como:

$$B_4 = N_{SIM}^{-1} \sum_{m=1}^{N_{SIM}} (t_4^{[m]} - t_4^R)$$

$$\sigma_4 = \left\{ (N_{SIM} - 1)^{-1} \left[\sum_{m=1}^{N_{SIM}} (t_4^{[m]} - t_4^R)^2 - N_{SIM}(B_4)^2 \right] \right\}^{1/2}$$

Donde m es la m -ésima región simulada, N_{sim} es el número de conjunto de datos regionales simulados generados usando la distribución Kappa en la determinación de la medida de heterogeneidad.

2.7 Estimación de los cuantiles de frecuencia y precisión

Los cuantiles de PMA $Q(F)$ para probabilidades de no excedencia F utilizando las distribuciones candidatas se obtienen mediante: $Q_i(F) = I_1^{(i)} q(F)$, donde $q(\cdot)$ es una función cuantil de la distribución de frecuencia regional cuyos parámetros se obtienen ajustando sus LM ratios (λ_1, τ_3) a los ratios de LM regionales ($I_1^R = 1, t^R, t_3^R$) y $I_1^{(i)}$ es un factor de escala de un sitio específico, llamado índice de inundación y definida como la media (μ_i) de las observaciones de PMA. En este estudio se evalúa la precisión de los cuantiles regionales en base al algoritmo de LM regional propuesto por Hosking y Wallis (1997). De acuerdo a este algoritmo se realizan simulaciones de Monte Carlo sin considerar la correlación entre las estaciones, debido que las mismas resultaron ser insignificantes para el caso de estudio. En el curso del proceso de simulación, en la repetición m -ésima de la estación i se estima el cuantil de probabilidad de no excedencia $Q_i^{[m]}(F)$ y comparando con los valores verdaderos $Q_i(F)$ se determina su error relativo $[Q_i^{[m]}(F) - Q_i(F)] / Q_i(F)$, esta cantidad puede ser cuadrada y promediada sobre las M repeticiones para obtener el bias relativo $Bi(F)$ y el error cuadrático medio relativo $Ri(F)$:

$$Bi(F) = M^{-1} \sum_{m=1}^M \frac{\{Q_i^{[m]}(F) - Q_i(F)\}}{Q_i(F)}$$

$$Ri(F) = \left[M^{-1} \sum_{m=1}^M \left\{ \frac{\{Q_i^{[m]}(F) - Q_i(F)\}}{Q_i(F)} \right\}^2 \right]^{1/2}$$

El resumen de la precisión de las estimaciones de los cuantiles a lo largo de todas las estaciones de la región viene dado por el valor medio regional de bias relativo $B^R(F)$, bias relativo absoluto $A^R(F)$ y el error cuadrático medio relativo $R^R(F)$; las mismas se expresan como:

$$B^R(F) = N^{-1} \sum_{i=1}^N B_i(F)$$

$$A^R(F) = N^{-1} \sum_{i=1}^N B_i(F)$$

$$R^R(F) = N^{-1} \sum_{i=1}^N R_i(F)$$

Otras medidas útiles para evaluar la precisión son los cuantiles empíricos de la distribución. Estos pueden ser obtenidos calculando el ratio entre los valores estimados y los verdaderos como $Q_i(F)/Q_i(F)$ en el caso de los cuantiles y $q_i(F)/q_i(F)$ para la curva de crecimiento regional. Para una probabilidad de no excedencia F , si el 5% de los valores simulados de $q_i(F)/q_i(F)$ se encuentra por debajo del valor $L_{.05}(F)$, mientras que el otro 5% queda por encima de $U_{.05}(F)$; entonces el 90% de la distribución de la curva de crecimiento regional se incluye en el intervalo:

$$L_{.05}(F) \leq \frac{q(F)}{q(F)} \leq U_{.05}(F)$$

Invirtiendo para expresar q en términos de q se tiene:

$$\frac{q(F)}{U_{.05}(F)} \leq q(F) \leq \frac{q(F)}{L_{.05}(F)}$$

Los límites de error dan una razonable estimación de la magnitud de error en la curva de crecimiento regional y cuantiles para cada estación a un intervalo de confianza estadístico de 90%.

2.8 Identificación de regiones homogéneas candidatas

La configuración de regiones homogéneas candidatas fue basada sobre un análisis clúster, el cual contiene un vector de características del lugar asociada con cada estación pluviométrica. Este análisis es desarrollado sobre conjuntos de estaciones de acuerdo a la similitud de sus vectores (Hosking y Wallis, 1997). Las siguientes características fueron usadas en el análisis clúster: latitud, longitud, altitud, precipitación media anual y los 4 primeros LM. Estas características para cada estación fueron consideradas como importantes en la función del clima, distribución de la precipitación, geografía y parámetros estadísticos para lugar de análisis (estación pluviométrica).

Como una primera regionalización se usará el algoritmo Skater (Spatial 'K' luster Analysis by Tree Edge Removal, traducido al español como Análisis espacial "K" luster por remoción de un árbol de bordes). Se utiliza un gráfico de conectividad para capturar las relaciones adyacentes entre los objetos. Se busca que cada objeto sea asociado con un vértice y unido por aristas con sus vecinos. El peso o costo de cada arista es proporcional a la disimilitud entre los objetos que une, donde la medida de disimilitud usa los valores de los atributos de cada par de vecinos que se

tiene. Por partición del grafico en lugares apropiados, se obtienen clúster conectados. De esta manera se transforma el problema de regionalización en un problema grafico de partición óptima.

Finalmente estas “macro-regiones” serán subdividas en sub-regiones mediante los métodos de Ward y K-means, las subregiones formadas se aplicaran los criterios de discordancia y medidas de heterogeneidad determinando de esta manera las funciones de distribución de mejor ajuste mediante el Z-estadístico.

3. RESULTADOS

3.1 Análisis y filtro de datos pluviométricos

De toda la red de pluviómetros distribuida a nivel nacional y administrada por el SENAMHI, se escogieron 671 estaciones considerando solo la longitud de los datos en los meses húmedos (en donde es más probable la ocurrencia de la precipitación máxima en 24 horas). Según el análisis de boxplots y cálculo de información disponible se eliminaron los outliers y estaciones con boxplots que difieren en la forma con sus vecinos más cercanos. Luego aplicó el análisis de autocorrelación permitiendo de esta verificar la independencia serial de los datos de cada estación.

El análisis de tendencias según el test de Mann-Kendall determino que de las 538 estaciones pluviométricas, 78 presenten tendencias o indicios de tener alguna tendencia. Esto se debe principalmente a que se tienen series cortas, quiebres y saltos en la media o desviación estándar. El test de Mann-Kendall determino que 435 estaciones no presentan tendencia significativa y que son aptas para el estudio.

3.2 Formación de las macro-regiones de precipitaciones máximas

La generación de las macro-regiones se realizó utilizando el criterio SKATER, la cual determino 11 regiones a nivel nacional. Estas 11 macro-regiones se les aplico la medida de discordancia y el criterio de homogeneidad quedando en total 390 estaciones. Las macro regiones se muestran a continuación:

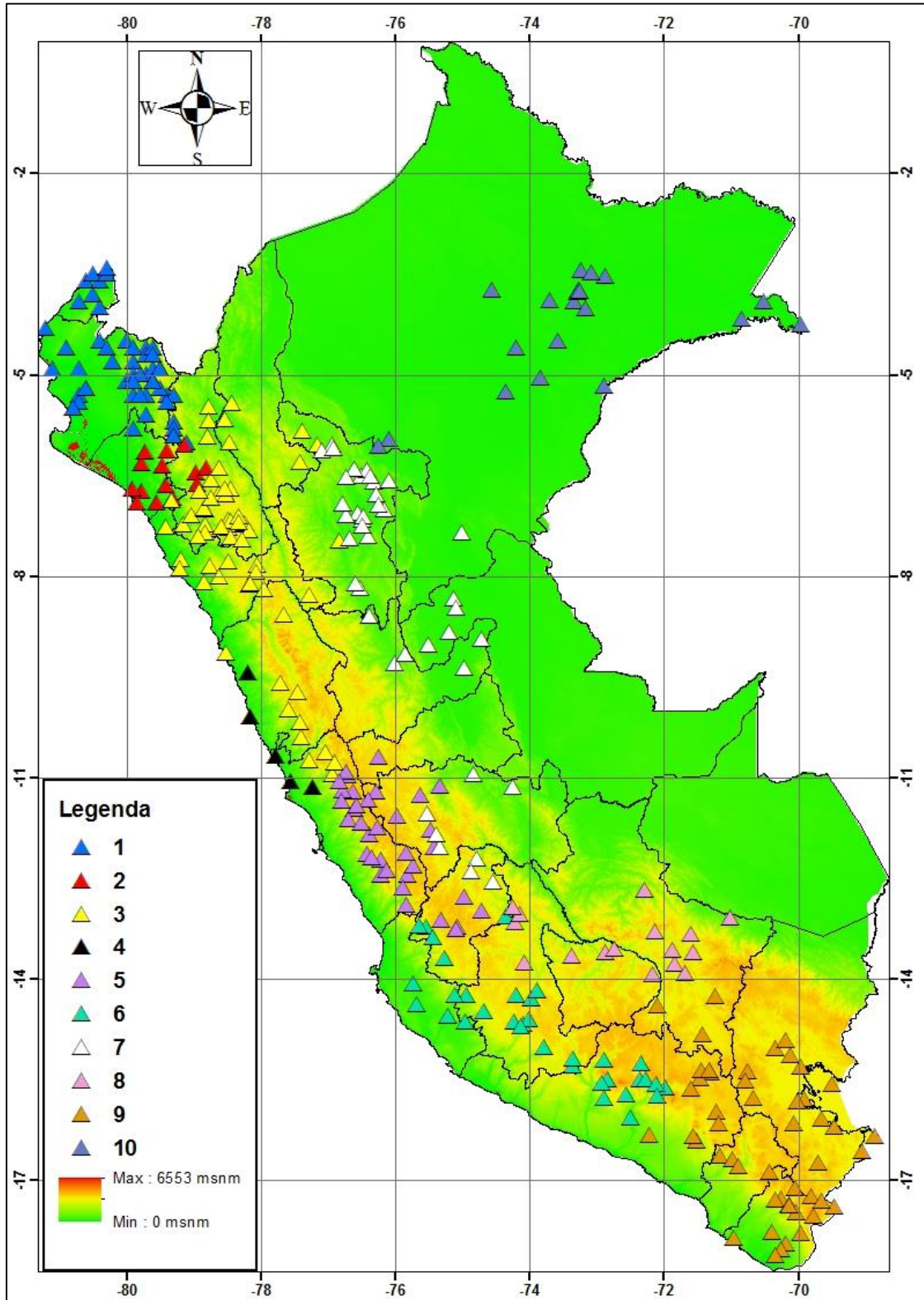


Figura 3 - 1. Macro regiones de precipitaciones máximas según el método SKATER

A cada una de estas macro regiones de precipitaciones máximas se les aplicara una sub-regionalización utilizando los métodos de Ward o K-means (el que mejor resultados obtenga en base a los criterios de discordancia y homogeneidad) finalmente a cada subregión se les hallara la distribución de probabilidad que mejor se ajuste en base al Z-estadístico. Cabe resaltar que las estaciones pertenecientes a cada región no son fijas, es decir, puede darse el caso que durante el análisis a nivel subregiones se elimine estaciones por no cumplir los criterios anteriormente mencionados.

3.3 Formación de las sub-regiones de precipitaciones máximas

La primera regionalización de todas las estaciones a nivel nacional Los datos de precipitación diaria están sujetos a errores e inconsistencias por lo que su uso directo sin evaluar su estructura, consistencia, presencia de valores atípicos, entre otros, constituye un enfoque de caja negra que incrementa el grado de incertidumbre sobre la validez de los resultados obtenidos ya sea para diversos fines como la modelación y/o comparaciones como es el caso de esta investigación.

Región 1: Se ubica en la costa norte del Perú, en los departamentos de Tumbes y Piura, se caracteriza por la presencia de eventos extremos como el FEN y un clima distinto al resto de los sectores de la costa siendo más tropical-ecuatorial. Los criterios de evaluación para cada subregión se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 1: Medida de discordancia para la región

ID	Sub-reg 1a	ID	Sub-reg 1b	ID	Sub-reg 1c	ID	Sub-reg 1d
106025	1.7323	106096	3.3415	110053	0.6636	110037	1.0886
107091	1.4560	109048	0.5920	110057	0.5345	110056	1.3762
109003	0.7947	110041	0.2755	111026	1.6521	110063	0.7001
109009	1.2536	110051	0.0254	111027	0.3790	111005	0.0084
109017	0.3909	110052	0.3514	111057	0.4446	111030	1.4005
109019	0.3255	111070	0.1794	112057	1.4521	111089	0.6822
109036	0.1181	111076	0.8091	112063	3.4822	111093	1.9373
111046	0.3637	112059	2.0198	112080	0.3361	111095	0.1030
111081	0.5582	112120	0.8409	112081	2.0767	112012	0.1616
111082	0.7483	112126	0.4755	112082	0.2932	112066	2.4139
111084	1.3138	112134	0.7792	112096	1.2852	112110	1.2018
111088	0.8037	113084	1.1085	112108	0.8261	112137	0.9265
112184	1.5070	113087	2.2017	112135	0.3096		
113031	2.6343			112136	0.2649		

Nota: En amarillo los valores que exceden el valor crítico

Cuadro 3 - 2: Estaciones y sub-regiones que forman la región 1.

Sub-region	ID	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud	PMMA	I_1	t	t_3	t_4
1a	106025	LA CRUZ	-80.60	-3.60	54	87.732	70.987	0.164	0.114	0.073
	107091	TUMBES	-80.40	-3.60	25	171.891	79.147	0.135	0.332	0.193
	109003	PUERTO PIZARRO	-80.50	-3.50	7	334.935	29.267	0.163	0.136	0.157
	109009	ZARUMILLA	-80.30	-3.50	21	63.816	35.419	0.16	0.364	0.183
	109017	EL SALTO	-80.30	-3.40	6	407.657	35.458	0.144	0.215	0.091
	109019	CA--AVERAL	-80.70	-3.90	159	308.887	25.741	0.121	0.082	0.077
	109036	EL TIGRE	-80.50	-3.80	61	407.634	113.782	0.139	0.105	0.118
	111046	ARDILLA (SOLA BAJA)	-80.40	-4.50	120	218.981	27.83	0.114	0.082	0.095
	111081	EL ALTO	-81.20	-4.30	252	54.996	25.897	0.153	0.286	0.172
	111082	LA ESPERANZA	-81.10	-4.90	6	89.935	24.607	0.153	0.119	0.218
	111084	PIURA	-80.60	-5.20	22	75.752	19.198	0.112	0.049	0.213
	111088	BERL	-80.80	-5.50	7	57.819	24.458	0.112	0.046	0.179
	112184	SAN MIGUEL	-80.70	-5.30	20	102.211	32.91	0.122	-0.102	0.151
	113031	MONTEGRANDE	-80.70	-5.40	13	41.91	63.386	0.098	0.124	-0.029
1b	106096	SAN PEDRO	-80.00	-5.10	309	466.152	98.706	0.108	0.165	0.193
	109048	CABO INGA	-80.40	-4.00	405	386.892	26.878	0.217	0.152	0.173
	110041	PANGA	-80.90	-4.60	500	256.633	24.794	0.22	0.237	0.252
	110051	LAS LOMAS	-80.30	-4.60	255	189.434	22.586	0.2	0.21	0.184
	110052	SUYO	-80.00	-4.50	515	201.557	16.036	0.23	0.248	0.256
	111070	TEJEDORES	-80.20	-4.80	211	61.212	30.592	0.202	0.251	0.25
	111076	MALLARES	-80.70	-4.90	29	163.442	21.505	0.216	0.189	0.075
	112059	MALACASI	-79.90	-5.30	240	206.594	37.319	0.195	0.379	0.318
	112120	CHIGNIA	-79.70	-5.60	556	132.369	32.347	0.183	0.302	0.224
	112126	BARRIOS	-79.70	-5.30	335	225.098	30.225	0.249	0.225	0.181
	112134	OLMOS	-79.90	-5.80	115	205.792	24.982	0.241	0.218	0.259
	113084	MIRAFLORES	-80.60	-5.20	30	143.809	25.042	0.249	0.122	0.101
	113087	CHUSIS	-80.80	-5.50	6	57.267	31.522	0.193	0.153	-0.009
1c	110053	PACAYPAMPA	-79.70	-5.00	2315	774.736	10.969	0.222	0.125	0.11
	110057	ARANZA	-79.60	-4.90	2001	247.819	26.155	0.184	0.217	0.239
	111026	LAGU SECA	-79.50	-4.90	1952	829.913	23.138	0.188	0.301	0.25
	111027	ARRENDAMIENTOS	-79.90	-4.80	3044	231.317	20.241	0.199	0.12	0.128
	111057	AYABACA	-79.70	-4.60	2830	1260.321	21.683	0.22	0.195	0.124
	112057	TALANEO	-79.60	-5.10	2965	339.505	22.218	0.176	0.157	0.106
	112063	SONDORILLO	-79.40	-5.30	1900	351.428	32.577	0.198	0.099	0.39
	112080	SALLIQUE	-79.30	-5.70	1750	575.954	21.897	0.22	0.185	0.141
	112081	SAN FELIPE	-79.30	-5.80	1925	535.89	23.851	0.246	0.224	0.125
	112082	EL AREL	-79.30	-5.90	1155	367.482	26.584	0.192	0.16	0.141
	112096	COLASAY	-79.10	-6.00	1975	933.962	32.941	0.205	0.277	0.292
	112108	PALO BLANCO	-79.60	-5.10	2736	312.763	24.95	0.205	0.085	0.111
	112135	HUANCABAMBA	-79.50	-5.20	1950	456.727	28.132	0.185	0.173	0.215
112136	TABACOS	-79.30	-5.30	1801	1059.168	27.467	0.194	0.131	0.206	
1d	110037	PARAJE GRANDE	-79.90	-4.60	1060	187.442	33.699	0.122	0.215	0.248
	110056	OLLEROS	-79.70	-4.70	1482	510.414	27.782	0.167	0.081	0.117
	110063	HUARA DE VERAS	-79.60	-4.60	1243	422.471	28.071	0.162	0.183	0.226
	111005	TIPULCO	-79.60	-4.70	2500	705.231	33.665	0.134	0.16	0.159
	111030	ANIA CABUYAL	-79.50	-4.90	2425	504.915	28.815	0.094	0.2	0.212
	111089	SANTO DOMINGO	-79.90	-5.00	1475	1211.642	23.561	0.169	0.168	0.165
	111093	HACIENDA BIGOTE	-79.80	-5.30	827	453.013	25.934	0.129	0.061	0.177
	111095	CHALACO	-79.80	-5.00	1791	973.039	31.175	0.12	0.158	0.16
	112012	PASAPAMPA	-79.60	-5.10	2339	446.108	28.669	0.145	0.16	0.191
	112066	HACIENDA SHUMAYA	-79.40	-5.40	2050	920.754	36.928	0.08	0.082	0.026
	112110	PALTASHACO	-79.90	-5.10	1210	291.587	33.801	0.14	0.196	0.095
112137	EL LIMON	-79.30	-5.90	1255	336.816	32.074	0.137	0.165	0.076	

Cuadro 3 - 3: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 1.

H	Sub-reg 1a	Sub-reg 1b	Sub-reg 1c	Sub-reg 1d
H1	0.7965	1.9543	-1.5157	1.6456
H2	1.2099	-1.0358	-1.6749	-1.4853
H3	0.9181	-0.6846	-0.8134	-1.462

Las funciones de probabilidad de mejor ajuste se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 4: Z-estadístico para las sub regiones de la región 1.

Funcion	Sub-reg 1a	Sub-reg 1b	Sub-reg 1c	Sub-reg 1d
glo	2.613	0.601	0.434	1.762
gev	0.223	-1.037	-1.505	-0.472
gno	0.137	-1.531	-1.799	-0.606
pe3	-0.389	-2.494	-2.515	-1.163
gpa	-4.883	-4.924	-5.857	-5.296

Nota: En amarillo los valores que exceden el valor crítico

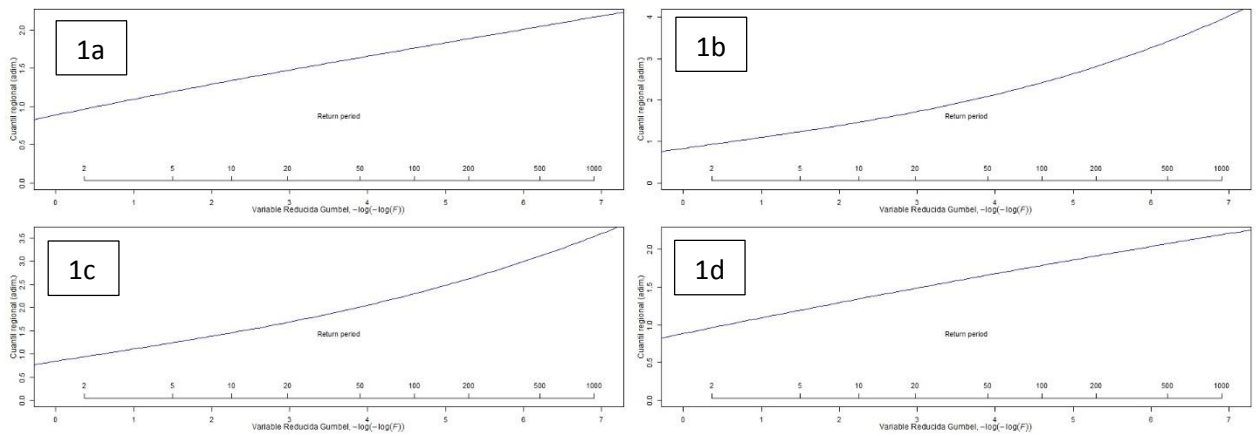


Figura 3 - 2. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 1

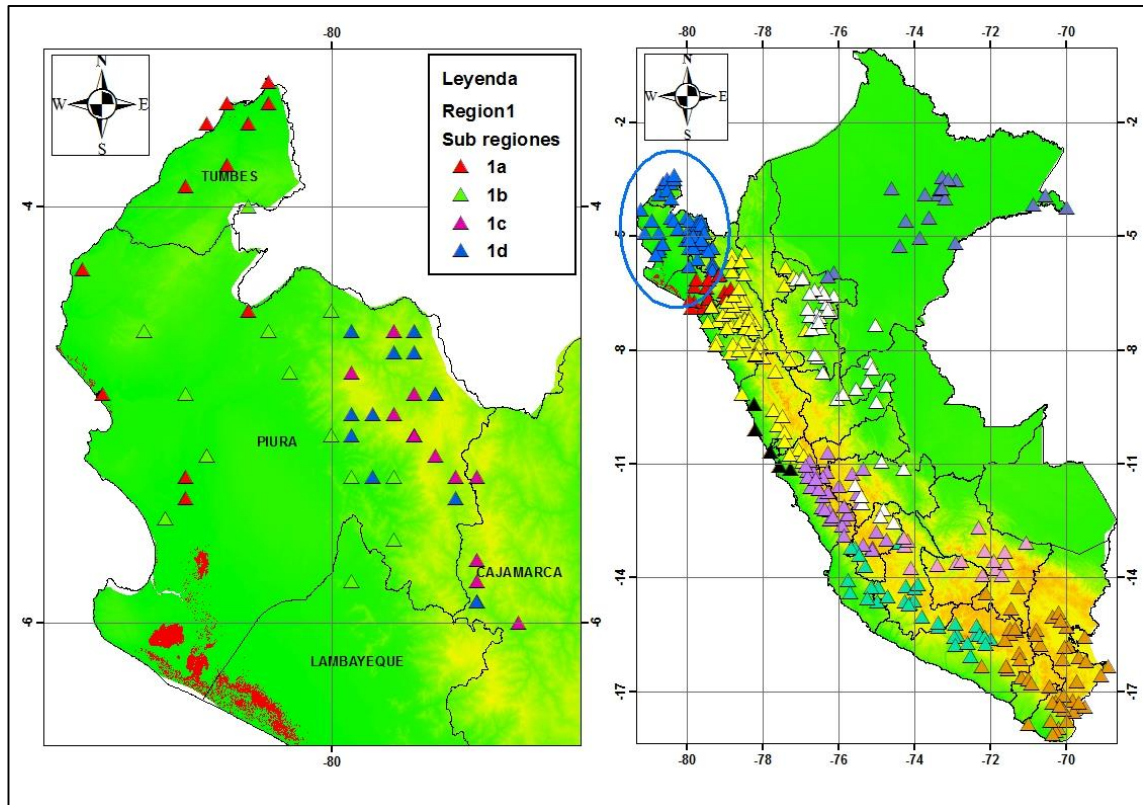


Figura 3 - 3. Sub regiones de la región 1

Región 2: Se ubica al norte del Perú, es una pequeña región que abarca parte de los departamentos de Lambayeque y el flanco oriental del departamento de Cajamarca, esta región es afectada también por el FEN en la zona costera y posee un clima húmedo al oeste. Los criterios de evaluación para cada subregión se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 5: Medida de discordancia para la región 2

ID	Sub-reg 2a	ID	Sub-reg 2b
104009	0.9647	104079	0.2943
104016	0.0197	104080	1.1471
104017	0.6718	104090	1.1458
104018	1.2447	104091	1.3660
104044	1.0210	105001	0.5206
104052	1.6932	105012	1.5262
105015	1.7390		
117009	0.6461		

Cuadro 3 - 6: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 2.

H	Sub-reg 2a	Sub-reg 2b
H1	0.587	0.933
H2	0.750	0.903
H3	0.781	0.367

Las funciones de probabilidad de mejor ajuste se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 7: Z-estadístico para las sub regiones de la macro región 2.

Funcion	Sub-reg 2a	Sub-reg 2b
glo	3.791	0.986
gev	2.232	0.661
gno	1.915	-0.160
pe3	1.225	-1.573
gpa	-1.337	-0.592

Nota: En amarillo los valores del Z-estadístico para la función de mejor ajuste.

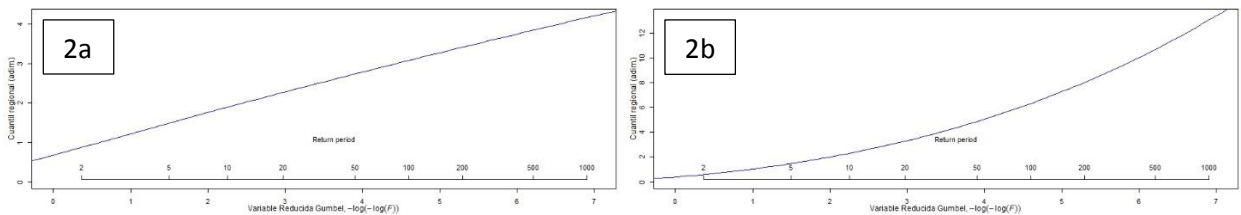


Figura 3 - 4: Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 2

Cuadro 3 - 8: Estaciones y sub-regiones que forman la macro región 2.

Sub-region	ID	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud	PMMA	l_1	t	t_3	t_4
2a	106025	CAYALTI	-79.56	-6.90	70	71.29	61.265	0.386	0.321	0.256
	107091	FERREÑAFE	-79.78	-6.73	29	30.68	76.521	0.356	0.188	0.089
	109003	REQUE	-79.85	-6.90	15	305.25	55.287	0.421	0.341	0.213
	109009	JAYANCA (LA VIÑA)	-79.78	-6.32	65	527.08	64.314	0.267	0.043	0.014
	109017	MOTUPE	-79.73	-6.15	125	107.66	97.266	0.298	0.168	0.085
	109019	TIJONES	-79.42	-6.65	200	905.55	83.674	0.376	0.122	-0.038
	109036	PUCHACA	-79.47	-6.35	800	159.52	63.321	0.372	0.138	0.110
	111046	LAMBAYEQUE	-79.92	-6.70	12	33.37	36.484	0.397	0.301	0.147
2b	104079	HUAMBOS	-78.97	-6.46	2213	654.18	98.706	0.108	0.165	0.193
	104080	SANTA CRUZ	-78.95	-6.63	2039	669.56	26.878	0.217	0.152	0.173
	104090	CUTERVO	-78.82	-6.38	2616	760.87	24.794	0.22	0.237	0.252
	104091	CUEVA BLANCA	-79.40	-6.13	3300	115.52	22.586	0.2	0.21	0.184
	105001	OYOTUN	-79.32	-6.83	250	521.75	16.036	0.23	0.248	0.256
	105012	HACIENDA PUCARA	-79.13	-6.04	1000	36.99	30.592	0.202	0.251	0.25

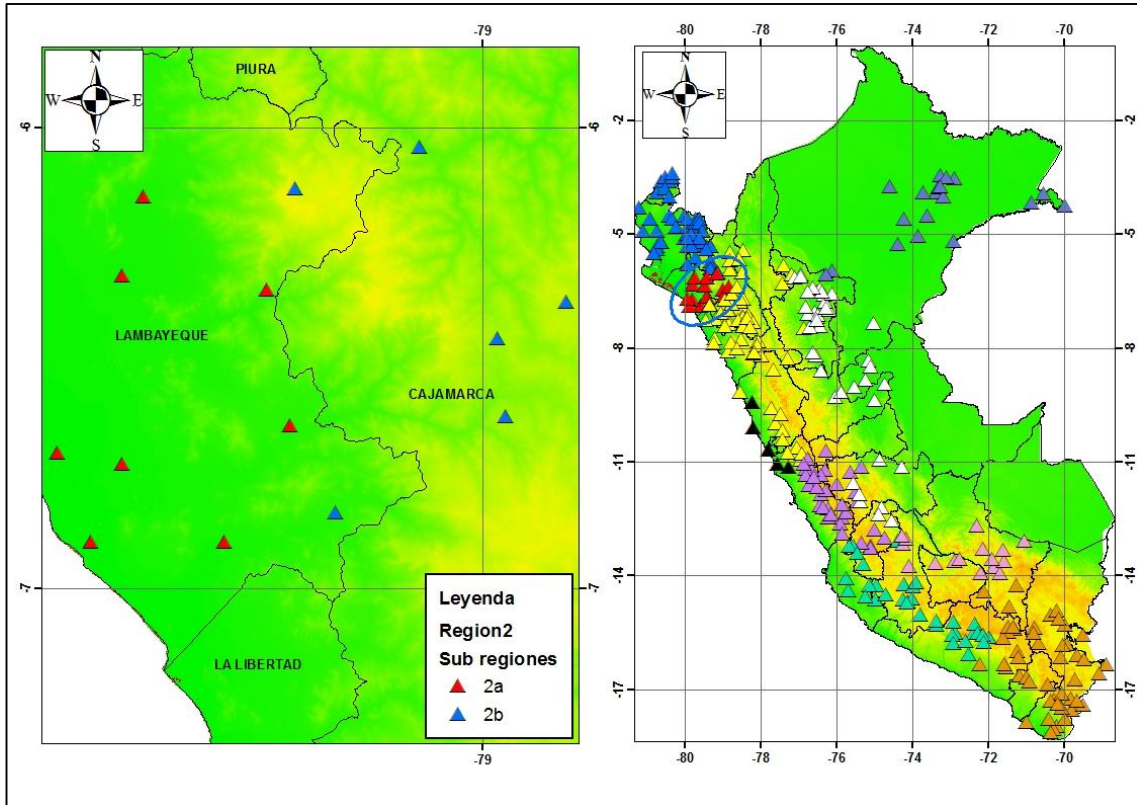


Figura 3 - 5. Sub regiones de la región 2

Región 3: Es una región extensa que abarca los departamentos de la Libertad, Cajamarca, la zona andina de Ancash, parte del este de San Martín y norte de Lima (zona andina), esta región presenta clima costero, andino y de selva alta. Los criterios de evaluación para cada subregión se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 9: Medida de discordancia para la región 3

ID	Sub-reg 3a	ID	Sub-reg 3b	ID	Sub-reg 3c	ID	Sub-reg 3d
100001	0.2051	100044	0.6327	100066	0.3403	100126	0.4645
100021	0.0374	100088	1.5835	104026	0.4886	103041	1.0762
104024	0.2194	106013	1.2055	104028	2.1361	103042	0.6874
106040	0.4355	106016	0.3064	105019	1.5339	105018	1.4084
106101	0.3500	106026	1.1754	105022	0.5034	105031	0.8479
112128	2.0401	113025	0.8507	105024	0.1005	113088	1.5157
112131	1.6843	113034	0.7911	105025	1.4367		
113016	0.1666	113037	1.3756	105029	0.3302		
113019	2.0267	113041	1.9305	105030	0.4755		
113021	1.8115	114030	1.5893	106088	0.2605		
113059	0.3338	114032	0.1231	106094	0.2429		
113063	1.1697	114033	2.1248	113029	2.1757		
113085	1.2708	114035	1.2139	113038	0.1280		
114038	1.9786	114047	0.1029	113096	0.6829		
115098	1.2703	114093	0.4001	114064	2.8516		
		115035	0.3359	114099	0.1717		
		115037	0.1652	115022	2.1189		
		115051	1.8397	115099	0.7906		
		115126	1.2535	115101	2.0012		
				115116	0.8890		
				116009	0.8385		
				116061	1.5033		

Cuadro 3 - 10: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 3.

H	Sub region 3a	Sub region 3b	Sub region 3c	Sub region 3d
H1	0.258	-0.213	1.619	0.740
H2	1.562	-0.251	0.587	0.998
H3	1.559	-0.427	0.734	1.335

Cuadro 3 - 11: Estaciones y sub-regiones que forman la macro región 3.

Sub region	ID	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud	PMMA	I_1	t	t_3	t_4	
3a	100001	OYOTUN	-79.3219	-6.8639	180	133.6280	32.1620	0.1350	0.1030	0.1630	
	100021	EL PALTO	-78.4744	-6.0000	1317	500.2760	37.3780	0.1570	0.1820	0.2200	
	104024	CHIMBOTE	-78.5259	-9.1505	11	6.7820	51.4560	0.1460	0.1500	0.1200	
	106040	MONTE GRANDE	-79.1532	-7.2250	476	46.9304	71.2490	0.1390	0.0530	0.1130	
	106101	TALLA (GUADALUPE)	-79.4233	-7.2711	105	40.4420	85.8940	0.1440	0.1080	0.1000	
	112128	PIMPINGOS	-78.8003	-5.9169	1200	618.5280	32.2330	0.1330	-0.0600	0.2070	
	112131	CHINGANZA	-78.4336	-5.4169	578	417.8440	26.5500	0.2070	0.2880	0.3420	
	113016	SHUMBA ALTA	-78.7836	-5.4669	820	267.4120	34.9790	0.1630	0.2610	0.2080	
	113019	JAEN	-78.7794	-5.6775	632	718.3480	31.3420	0.1950	0.2490	0.1250	
	113021	BAGUA CHICA	-78.5422	-5.6606	410	603.4060	36.3270	0.1120	0.1780	0.1050	
	113059	CASA GRANDE	-79.1836	-7.7503	139	8.4840	43.5620	0.1450	0.2120	0.2280	
	113063	CARTAVIO	-79.2169	-7.8836	58	8.3000	37.5650	0.1520	0.1470	0.0440	
	113085	RANJILLO	-77.3897	-5.8300	900	736.7856	26.9970	0.1310	0.0390	0.2490	
	114038	CHILETE	-78.8376	-7.2242	859	193.8380	43.4450	0.2050	0.4440	0.3960	
	115098	LAREDO	-78.8503	-8.0836	253	15.0820	43.2160	0.1590	0.3570	0.2740	
	3b	100044	SAN JUAN	-78.4911	-7.2881	2469	937.3180	37.4030	0.1350	0.0840	0.0520
		100088	HUAMACHUCO	-78.0508	-7.8303	3290	961.2440	36.4620	0.1620	0.0430	0.1570
106013		HACIENDA LLAUCAN	-78.5336	-6.7503	2566	424.3920	88.0970	0.1440	0.0750	0.0210	
106016		HUALGAYOC	-78.6169	-6.7669	3815	735.4540	80.1920	0.1570	0.1300	0.1000	
106026		LA LLICA	-78.5169	-6.7836	2919	590.1420	78.3110	0.1630	0.0630	0.0450	
113025		JESUS	-78.3894	-7.2372	2519	296.4480	30.8310	0.1490	0.2260	0.0810	
113034		AUGUSTO WEBERBAUER	-78.4848	-7.1666	2660	651.5446	28.3940	0.1340	0.0540	0.0610	
113037		LA VICTORIA	-78.4575	-7.1864	2618	199.3300	39.3100	0.1270	0.0140	0.1070	
113041		SONDOR-MATARA	-78.2372	-7.2203	2842	473.5120	33.9610	0.1480	0.0870	0.2020	
114030		CONTUMAZA	-78.8303	-7.3558	2610	774.0320	39.8330	0.1130	0.1940	0.1520	
114032		CALLANCAS	-78.4914	-7.7794	2074	366.0694	40.3070	0.1350	0.1470	0.0820	
114033		LIVES	-79.0339	-7.0847	1800	526.4180	34.8380	0.1040	0.2020	0.1230	
114035		SAN BENITO	-78.9308	-7.4078	1600	411.5754	38.2150	0.1550	0.2380	0.1010	
114047		SINSICAP	-78.7551	-7.8503	2269	395.8666	33.0510	0.1430	0.0910	0.0930	
114093		HACIENDA LLAGADEN	-78.5836	-7.2669	2150	260.9920	37.0300	0.1250	0.1520	0.1160	
115035		HUANGACOCHA	-78.0683	-7.9372	3780	1177.8868	40.2650	0.1420	0.1270	0.0540	
115037		LA ENCA--ADA	-78.3219	-7.1186	2950	346.3584	44.6940	0.1490	0.1740	0.1090	
115051	SALPO	-78.6169	-8.0003	3250	658.8880	38.4790	0.1590	0.2520	0.0610		
115126	MOLLEPATA	-77.9556	-8.1947	2580	560.8040	28.6210	0.1590	0.0860	0.1650		
3c	100066	SAN MARCOS	-78.1694	-7.3219	2298	737.2140	52.6580	0.1630	0.3000	0.2430	
	104026	PIRA	-77.7072	-9.5835	3625	659.3668	59.1790	0.2090	0.1070	0.1840	
	104028	COTAPARACO	-77.5836	-9.9836	3170	275.3360	85.2290	0.1480	-0.0570	0.0640	
	105019	MAYORARCA	-77.4169	-10.1669	3200	321.5240	30.1040	0.2790	0.2700	0.2250	
	105022	GORGOR	-77.0408	-10.6194	3000	400.0860	34.0650	0.1860	0.0880	0.0980	
	105024	AMBAR	-77.2836	-10.7503	2385	138.7772	50.0090	0.1730	0.2520	0.2450	
	105025	OCROS	-77.4003	-10.4003	3179	290.4620	49.0470	0.2360	0.2920	0.3700	
	105029	PACCHO	-76.9336	-10.9503	3110	635.4180	32.3510	0.2130	0.2060	0.1380	
	105030	ANDAJES	-76.9003	-10.7836	2725	423.1740	45.6460	0.1930	0.3460	0.2650	
	106088	QUEBRADA SHUGAR	-78.4575	-6.6947	3400	951.4800	72.7520	0.1540	0.2480	0.2240	
	106094	SAN JUAN DE LACAMACA	-78.5336	-6.7003	2671	586.5440	78.8650	0.1960	0.2610	0.1770	
	113029	SAYAPULLO	-78.4503	-7.4169	3432	670.3120	32.3720	0.1820	0.1330	0.3470	
	113038	NAMORA	-78.3389	-7.2033	2782	785.7940	38.7400	0.1850	0.1510	0.1910	
	113096	RODRIGUEZ. DE MENDOZA	-77.4169	-6.3003	2900	504.8580	31.7760	0.1900	0.0550	0.1290	
	114064	RIOJA	-77.1669	-6.0467	817	926.4208	15.7120	0.2990	0.1420	0.0680	
	114099	CACHACHI	-78.2711	-7.4575	3267	976.2128	37.5520	0.1840	0.2620	0.1910	
	115022	SHEPTE	-76.8336	-7.4669	850	741.5914	40.0350	0.0970	0.0620	0.0860	
115099	TAYABAMBA	-77.2836	-8.2836	3250	252.7440	29.2880	0.2100	0.2770	0.3430		
115101	SANTIAGO DE CHUCO	-78.1669	-8.1336	2900	216.8660	44.9180	0.1500	0.3710	0.4320		
115116	CACHICADAN	-78.1525	-8.1017	2890	870.8620	38.4650	0.1920	0.2410	0.0990		
116009	SIHUAS	-77.6503	-8.5669	3375	858.9100	45.8830	0.1470	0.3000	0.1880		
116061	RECUAY	-77.4540	-9.7295	3444	756.8440	49.0540	0.1570	0.4010	0.2380		
3d	100126	LLAPA	-78.8303	-6.9997	2900	973.2642	81.1020	0.3350	0.1740	0.1220	
	103041	SAN MIGUEL	-78.8531	-6.9975	2560	371.8180	75.5630	0.3620	0.4130	0.3150	
	103042	QUILCATE	-78.7456	-6.8303	3142	448.6020	61.1630	0.3420	0.2920	0.2370	
	105018	SANTA CATALI DE PULAN	-78.9169	-6.7336	1900	548.1980	72.7100	0.2740	0.2310	0.0790	
	105031	CHOTANO LAJAS	-78.7486	-6.5600	2122	536.0640	66.7290	0.3420	0.1620	0.1100	
	113088	TACABAMBA	-78.6169	-6.3836	2275	295.8500	25.6580	0.2130	0.0750	-0.0240	

Las funciones de probabilidad de mejor ajuste se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 12: Z-estadístico para las sub regiones de la macro región 2.

Funcion	Sub region 3a	Sub region 3b	Sub region 3c	Sub region 3d
glo	-0.476	5.604	-0.59	1.507
gev	-2.298	2.337	-2.43	0.539
gno	-2.580	2.402	-2.976	0.09
pe3	-3.263	1.893	-4.045	-0.726
gpa	-6.391	-4.462	-6.79	-1.885

Nota: En amarillo los valores del Z-estadístico para la función de mejor ajuste.

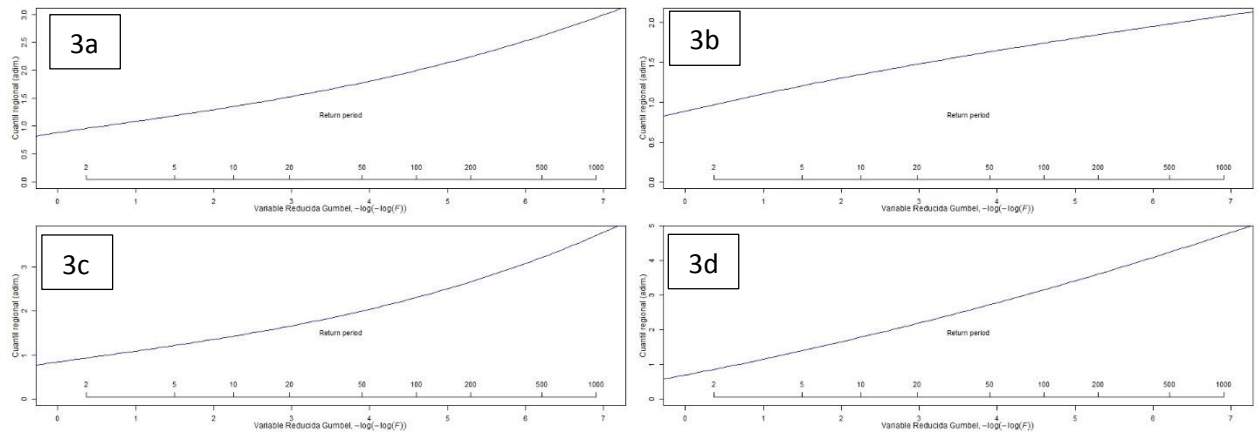


Figura 3 - 6. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 3

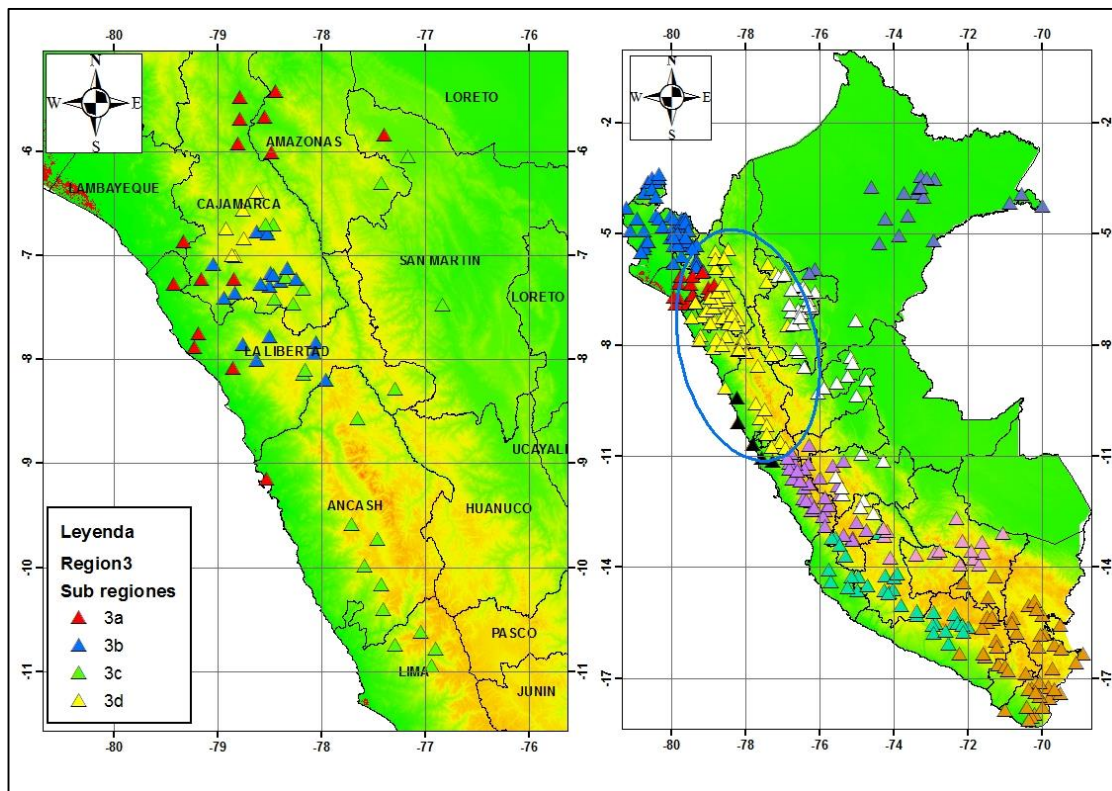


Figura 3 - 7. Sub regiones de la región 3

Región 4: Ocupa la franja costera entre los departamentos de Anchas y norte de Lima, esta región presenta precipitaciones escasas y con un ciclo hidrológico muy marcado llegando incluso a valores nulos de precipitación en los meses de invierno. El clima es templado e influenciado por la Corriente de Humboldt. Los criterios de evaluación para cada subregión se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 13: Medida de discordancia para la región 4

ID	Sub-reg 4a
104032	1.3283
104047	1.2999
105041	1.0573
105056	0.4371
116060	0.8774

Cuadro 3 - 14: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 4.

H	Sub-reg 4a
H1	0.936
H2	-0.431
H3	-0.016

Las funciones de probabilidad de mejor ajuste se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 15: Z-estadístico para las sub regiones de la región 4.

Funcion	Sub-reg 4a
glo	2.153
gev	0.161
gno	0.336
pe3	0.159
gpa	-3.845

Nota: En amarillo los valores del Z-estadístico para la función de mejor ajuste.

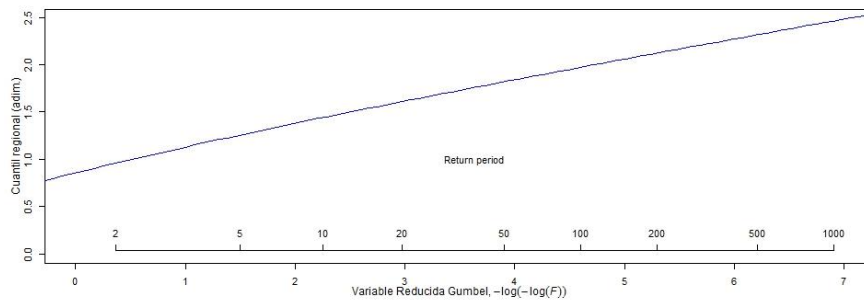


Figura 3 - 8. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 4

Cuadro 3 - 16: Estaciones y sub-regiones que forman la región 4.

Sub region	ID	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud	I_1	t	t_3	t_4
4a	104032	PARAMONGA	-77.784	-10.667	120	37.77	0.22	-0.01	0.19
	104047	HUARMEY	-78.16653	-10.0836	20	66.11	0.18	0.08	-0.04
	105041	ALCANTARILLA	-77.55028	-11.050278	120	53.08	0.17	0.06	0.11
	105056	ANDAHUASI	-77.23361	-11.133611	770	47.65	0.15	0.12	0.15
	116060	BUENA VISTA	-78.20028	-9.433611	216	49.52	0.15	0.15	0.14

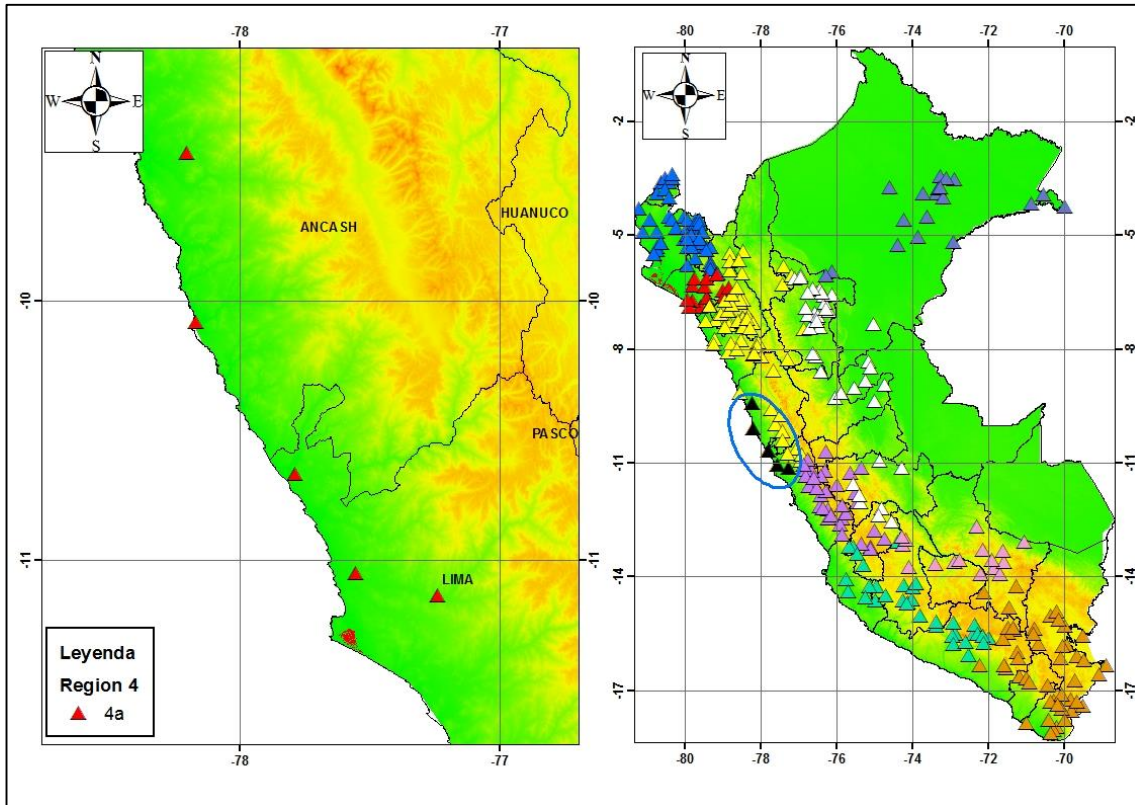


Figura 3 - 9. Sub regiones de la región 4

Región 5: Se ubica en los Andes centrales, abarca los departamentos de Lima (sierra), oeste de Junín y noroeste de Huancavelica. El clima es frío y seco por la parte oeste de los Andes pero muy húmedo en la parte oriental propio de la selva alta. Los criterios de evaluación para cada subregión son:

Cuadro 3 - 17: Medida de discordancia para la región 5

ID	Sub-reg 5a	ID	Sub-reg 5b	ID	Sub-reg 5c
100034	0.8258	100128	0.2625	105014	0.5345
103014	2.0824	105039	1.1774	105017	1.4401
103023	1.6693	105055	0.4620	105064	1.1371
105067	0.5250	105068	1.8721	105065	0.3620
108025	1.1053	106003	0.2438	106037	1.3855
108026	0.9185	106057	0.1189	106053	0.3852
108027	0.6935	106060	0.5649	106054	0.9618
108058	0.5254	106065	0.5665	106073	1.1900
109032	0.4138	108034	1.9207	106084	1.3314
111032	1.0767	112154	1.4515	106121	1.5056
111039	0.3892	113042	2.3596	107058	0.7667
112036	0.7374				
116021	2.0379				

Cuadro 3 - 18: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 5.

H	Sub-reg 5a	Sub-reg 5b	Sub-reg 5c
H1	1.607	0.489	1.955
H2	-1.582	-1.155	-1.443
H3	-1.656	-1.080	-2.014

Cuadro 3 - 19: Z-estadístico para las sub regiones de la región 5.

Funcion	Sub-reg 5a	Sub-reg 5b	Sub-reg 5c
glo	2.272	-1.384	0.96
gev	0.583	-3.787	-1.479
gno	0.266	-3.493	-1.441
pe3	-0.445	-3.637	-1.832
gpa	-3.261	-8.526	-6.566

Nota: En amarillo los valores del Z-estadístico para la función de mejor ajuste.

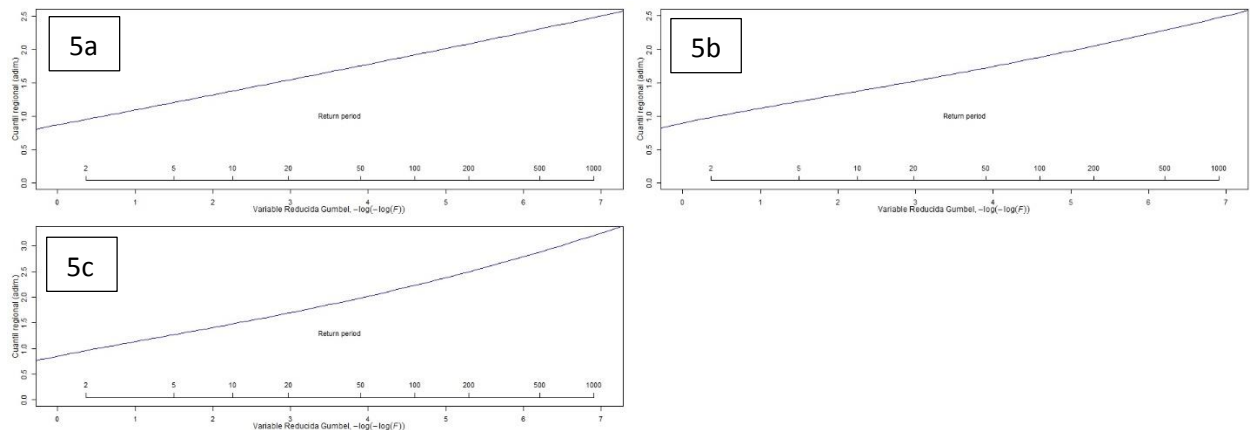


Figura 3 - 10. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 5

Cuadro 3 - 20: Estaciones y sub-regiones que forman la región 5.

Sub-region	ID	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud	PMMA	l_1	t	t_3	t_4
5a	100034	HUANTAN	-75.817	-12.45	3219	431.386	106.438	0.124	0.261	0.210
	103014	ACNOCOCHA	-75.084	-13.217	4520	337.9054	154.004	0.155	0.279	0.150
	103023	TUNEL CERO	-75.085	-13.254	4475	818.5804	118.431	0.137	0.123	0.014
	105055	JAUJA	-75.479	-11.783	3360	340.1852	35.585	0.172	0.022	0.154
	105067	HUASAHUASI	-75.627	-11.254	3359	243.3276	59.182	0.184	0.161	0.099
	106003	LA OROYA	-75.966	-11.576	4007	288.8882	46.148	0.149	0.052	0.140
	108025	HUANCATA	-76.217	-12.217	3875	262.573	95.166	0.117	0.209	0.208
	108026	SAN PEDRO DE F	-76.217	-12.45	2729	150.416	130.314	0.198	0.145	0.171
	108027	LANGA	-76.42	-12.133	2837	194.776	123.428	0.130	0.214	0.212
	108058	HUANCAVELICA	-74.967	-12.784	3650	478.6494	144.100	0.129	0.214	0.102
	109032	LIRCAY	-74.717	-12.984	3391	754.5294	133.738	0.180	0.185	0.143
	111032	SAN LAZARO DE	-76.35	-12.184	3840	481.968	72.132	0.139	0.128	0.047
	111039	AYAVIRI	-76.134	-12.384	3228	511.098	72.881	0.166	0.157	0.073
	112036	COLONIA	-75.884	-12.634	3308	208.24	50.765	0.134	0.194	0.206
	112154	HUANGASCAR	-75.834	-12.899	2533	263.312	60.096	0.132	0.022	0.348
116021	TOTORA	-75.317	-13.117	3966	288.9266	28.212	0.214	0.074	0.143	
5b	100128	SAN JUAN DE JA	-75.417	-12.034	3920	718.6802	113.059	0.140	0.084	0.193
	105039	PARQUIN	-76.717	-10.967	3590	737.578	64.161	0.184	0.025	0.060
	105068	SAN RAMON	-75.334	-11.117	1061	673.68	53.156	0.194	0.199	0.151
	106057	CARHUACAYAN	-76.284	-11.2	4150	795.822	48.526	0.170	0.060	0.220
	106060	YANTAC	-76.4	-11.334	4684	756.432	37.819	0.193	0.125	0.208
	106065	SANTA CRUZ	-76.634	-11.2	3590	562.186	48.657	0.154	0.001	0.163
	108034	YAURICOCHA	-75.723	-12.317	4675	580.03	115.719	0.178	0.135	0.405
113042	VILCA	-75.826	-12.115	3810	876.242	132.667	0.102	0.117	0.174	
5c	105014	PICOY	-76.734	-10.917	3075	499.986	72.890	0.216	0.081	0.158
	105017	CERRO DE PASCO	-76.254	-10.694	4260	340.8278	50.183	0.268	0.107	0.227
	105064	CANTA	-76.617	-11.467	2974	332.0384	67.886	0.248	0.175	0.135
	105065	MATUCANA	-76.378	-11.839	2431	283.792	58.479	0.169	0.113	0.150
	106037	ARAHUAY	-76.7	-11.617	2690	223.2282	39.292	0.194	0.068	0.113
	106053	RIO BLANCO	-76.259	-11.735	3550	316.692	63.127	0.211	0.118	0.119
	106054	SHEQUE	-76.499	-11.667	3630	234.884	53.027	0.217	0.177	0.202
	106073	CARAC	-76.784	-11.184	2600	268.866	70.160	0.147	0.162	0.135
	106084	PALLAC	-76.8	-11.35	2570	277.998	45.572	0.205	0.088	0.249
	106121	PACHAMACHAY	-76.834	-11.05	4385	392.676	58.595	0.137	0.140	0.220
107058	HUAROS	-76.576	-11.407	3741	469.716	24.124	0.250	0.146	0.126	

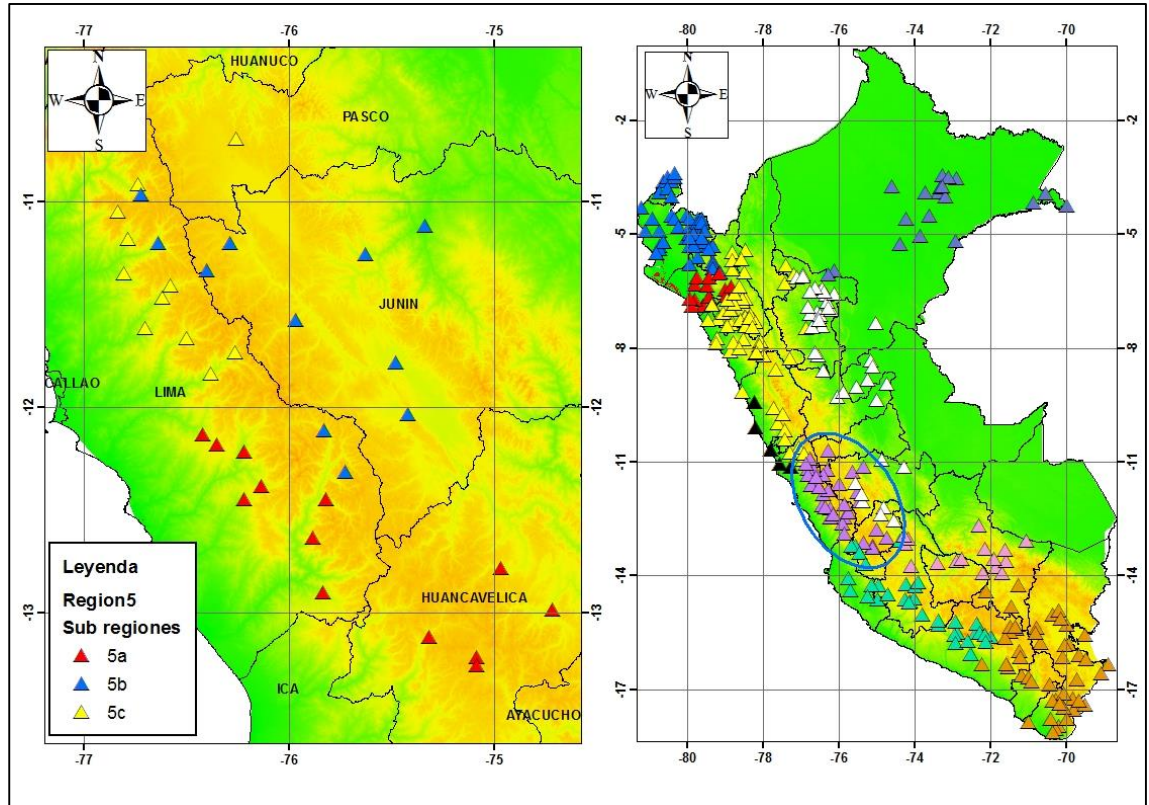


Figura 3 - 11. Sub regiones de la región 5

Región 6: Ocupa los departamentos de Ica (sureste), sur de Ayacucho, noreste de Arequipa y la zona sur de Huancavelica. Esta región presenta climas templados siendo más seco a medida que se avanza hacia el sur. Los criterios de evaluación para cada subregión se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 21: Medida de discordancia para la región 6

ID	Sub region 6a	ID	Sub region 6b	ID	Sub region 6c
114073	1.0866	100136	1.1709	100150	0.7662
114077	1.1732	106042	1.3141	114068	1.3201
115015	1.3052	106046	1.2343	116017	0.9929
115041	1.3314	106106	0.6821	116020	0.6939
115043	0.1036	106108	0.5985	116023	0.8416
				116043	1.3854
ID	Sub region 6d	ID	Sub region 6e	ID	Sub region 6f
106039	1.9163	106049	0.3888	114072	1.3253
114024	1.7877	106063	1.4309	114075	1.0501
115020	0.3737	106109	1.6384	114078	1.1734
116049	0.6456	114006	0.8759	114080	0.8968
116051	1.2292	114008	0.0545	115076	0.5544
116062	0.5974	115079	1.6115		
117003	0.4500				

Cuadro 3 - 22: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 6

H	Sub-reg 6a	Sub-reg 6b	Sub-reg 6c
H1	-1.216	-1.105	1.004
H2	1.794	-1.578	-0.434
H3	1.643	-1.569	-0.465
H	Sub-reg 6d	Sub-reg 6e	Sub-reg 6f
H1	3.888	1.261	1.326
H2	0.560	-0.447	0.192
H3	-0.570	-1.209	0.068

Cuadro 3 - 23: Z-estadístico para las sub regiones de la región 6

Funcion	Sub-reg 6a	Sub-reg 6b	Sub-reg 6c
glo	-1.697	-0.143	2.071
gev	-2.754	-0.260	0.781
gno	-2.998	-0.999	0.396
pe3	-3.507	-2.235	-0.357
gpa	-5.198	-0.957	-2.276
Funcion	Sub-reg 6d	Sub-reg 6e	Sub-reg 6f
glo	0.694	1.915	1.695
gev	-0.113	1.338	-0.191
gno	-0.709	0.664	0.252
pe3	-1.755	-0.508	0.248
gpa	-2.299	-0.398	-3.653

Nota: En amarillo los valores del Z-estadístico para la función de mejor ajuste.

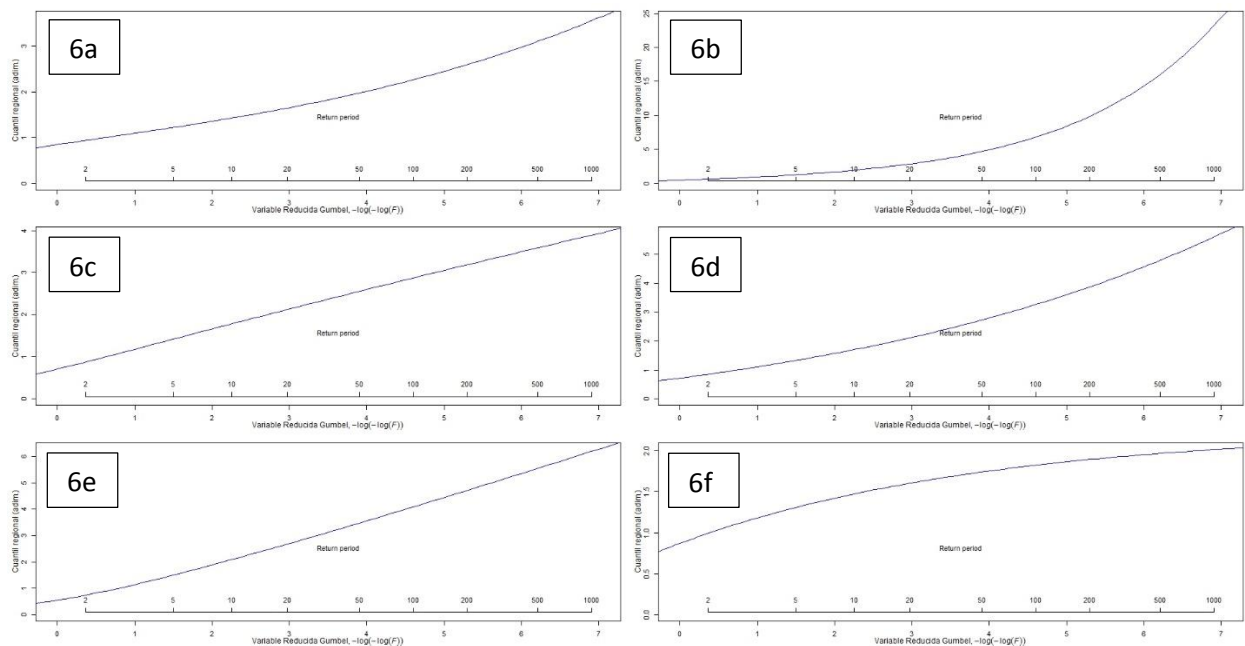


Figura 3 - 12. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 6

Cuadro 3 - 24: Estaciones y sub-regiones que forman la macro región 6

Sub-region	ID	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud	I_1	t	t_3	t_4
6a	114073	LUCANAS	-74.24	-14.63	3297	31.46	0.18	0.26	0.24
	114077	PAUCACORRAL	-74.10	-14.67	3398	31.10	0.19	0.09	0.05
	115015	CCECCA-ðA	-74.00	-14.60	4406	31.32	0.18	0.02	0.24
	115041	CORACORA	-73.78	-15.02	3172	33.77	0.21	0.41	0.34
	115043	PAUZA	-73.36	-15.29	2652	24.81	0.18	0.17	0.18
6b	100136	CABANACONDE	-71.97	-15.62	3379	12.30	0.50	0.54	0.38
	106042	SALAMANCA	-72.83	-15.50	3303	17.59	0.49	0.49	0.34
	106046	LAMPA	-73.36	-15.19	3192	9.59	0.52	0.57	0.46
	106106	ANDAHUA	-72.35	-15.49	3528	14.92	0.57	0.53	0.30
	106108	ORCOPAMPA	-72.34	-15.26	3801	12.43	0.57	0.54	0.33
6c	100150	HUACHOS	-75.54	-13.22	2598	12.05	0.36	0.15	0.05
	114068	LLAUTA	-74.93	-14.24	3043	17.16	0.26	0.26	0.19
	116017	SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA	-75.64	-13.20	2398	16.57	0.37	0.21	0.10
	116020	TICRAPO	-75.43	-13.38	2174	24.77	0.27	0.17	0.11
	116023	TAMBO	-75.27	-13.69	3113	20.61	0.30	0.18	0.14
116043	SAN PEDRO DE CACHI	-74.36	-13.07	2990	24.17	0.32	0.27	0.25	
6d	106039	APLAO	-72.49	-16.07	645	38.84	0.11	0.29	0.40
	114024	PAMPA BLANCA	-75.10	-14.24	1025	30.53	0.17	0.10	0.12
	115020	HUALLPOCA	-74.95	-14.63	1050	30.41	0.32	0.29	0.20
	116049	RIO GRANDE	-75.22	-14.54	317	16.39	0.39	0.37	0.21
	116051	SAN CAMILO	-75.73	-14.07	398	30.75	0.25	0.24	0.15
	116062	OCUCAPE	-75.68	-14.38	313	16.65	0.33	0.29	0.14
	117003	PUQUIO	-74.14	-14.71	2977	4.01	0.35	0.36	0.25
6e	106049	CHICHAS	-72.92	-15.54	2120	32.40	0.48	0.31	0.13
	106063	YANAQUIHUA	-72.88	-15.77	3000	20.68	0.44	0.44	0.24
	106109	CHACHAS	-72.27	-15.50	3130	38.05	0.40	0.34	0.29
	114006	CHOCO	-72.12	-15.57	3192	4.39	0.52	0.30	0.12
	114008	HUAMBO	-72.10	-15.73	3500	4.08	0.44	0.36	0.19
	115079	PAMPACOLCA	-72.57	-15.71	2950	26.54	0.33	0.30	0.15
6f	114072	OTOCA	-74.68	-14.48	2055	34.83	0.23	0.04	0.14
	114075	PAMPAMARCA	-74.20	-14.23	4222	28.61	0.17	-0.11	0.11
	114078	AUCARA	-73.97	-14.28	3157	29.62	0.12	-0.01	0.24
	114080	HUACA-ðA	-73.88	-14.17	3120	38.22	0.22	0.14	0.06
	115076	COTAHUASI	-72.89	-15.21	2675	29.37	0.23	0.05	0.01

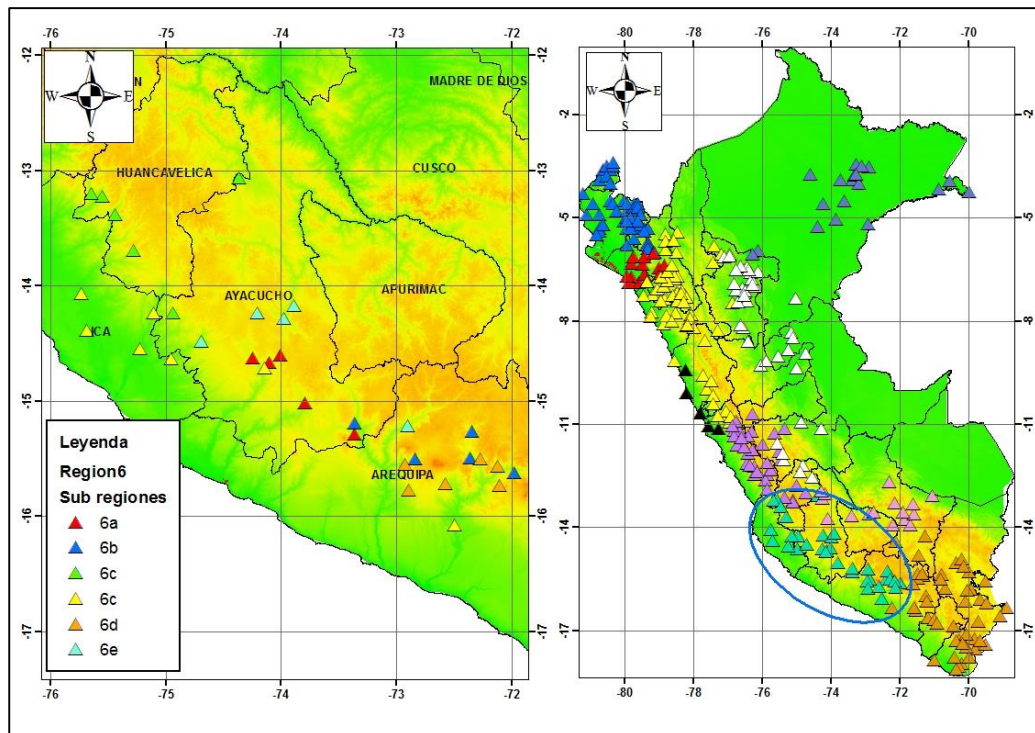


Figura 3 - 13. Sub regiones de la macro región 6

Región 7: Esta región se ubica enteramente en la parte alta y media de la cuenca Amazónica. Abarca el flanco oriental de los Andes en los departamentos de San Martín, Huánuco, Junín, norte de Huancavelica y noreste de Ucayali. El clima en esta región es tropical húmedo propio de la Amazonía. Los criterios de evaluación para cada subregión se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 25: Medida de discordancia para la región 7

ID	Sub region 7a	ID	Sub region 7b	ID	Sub region 7c
103043	1.2941	100100	1.4291	103002	1.2073
104025	1.3280	100110	0.4964	105063	0.9854
107013	1.2843	107012	0.6448	105100	0.2135
115102	0.1273	115006	1.7205	105105	0.9871
115108	0.9663	115024	0.4815	106047	0.9529
		115025	2.5004	106048	1.6538
		115027	1.0214		
		115028	0.1755		
		115038	0.5304		
ID	Sub region 7d	ID	Sub region 7e	ID	Sub region 7f
103016	1.1907	104023	1.2447	110015	0.4534
103038	1.4398	104029	2.4389	110016	0.8715
104014	0.5278	105074	0.1705	112043	1.1044
105020	1.4159	105103	0.5495	112078	1.3270
105032	0.0067	106091	1.8814	112171	1.2437
105054	1.4192	106092	1.2039		
		115109	1.1168		
		115111	0.2669		
		115113	0.4766		
		116033	0.6508		

Cuadro 3 - 26: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 7

H	Sub-reg 7a	Sub-reg 7b	Sub-reg 7c
H1	1.309	1.156	-1.083
H2	-1.381	0.979	-0.772
H3	-0.857	0.230	-0.317
H	Sub-reg 7d	Sub-reg 7e	Sub-reg 7f
H1	0.935	0.110	0.336
H2	-0.333	-1.033	0.087
H3	-0.272	-0.044	0.249

Cuadro 3 - 27: Z-estadístico para las sub regiones de la región 7

Funcion	Sub-reg 7a	Sub-reg 7b	Sub-reg 7c
glo	3.084	0.669	0.834
gev	0.772	-1.083	0.635
gno	1.385	-1.348	-0.235
pe3	1.384	-1.996	-1.710
gpa	-3.375	-5.013	-0.341
Funcion	Sub-reg 7d	Sub-reg 7e	Sub-reg 7f
glo	1.811	-1.518	-0.279
gev	0.719	-3.236	-0.420
gno	0.227	-3.239	-1.021
pe3	-0.671	-3.549	-2.040
gpa	-2.005	-6.848	-1.103

Nota: En amarillo los valores del Z-estadístico para la función de mejor ajuste.

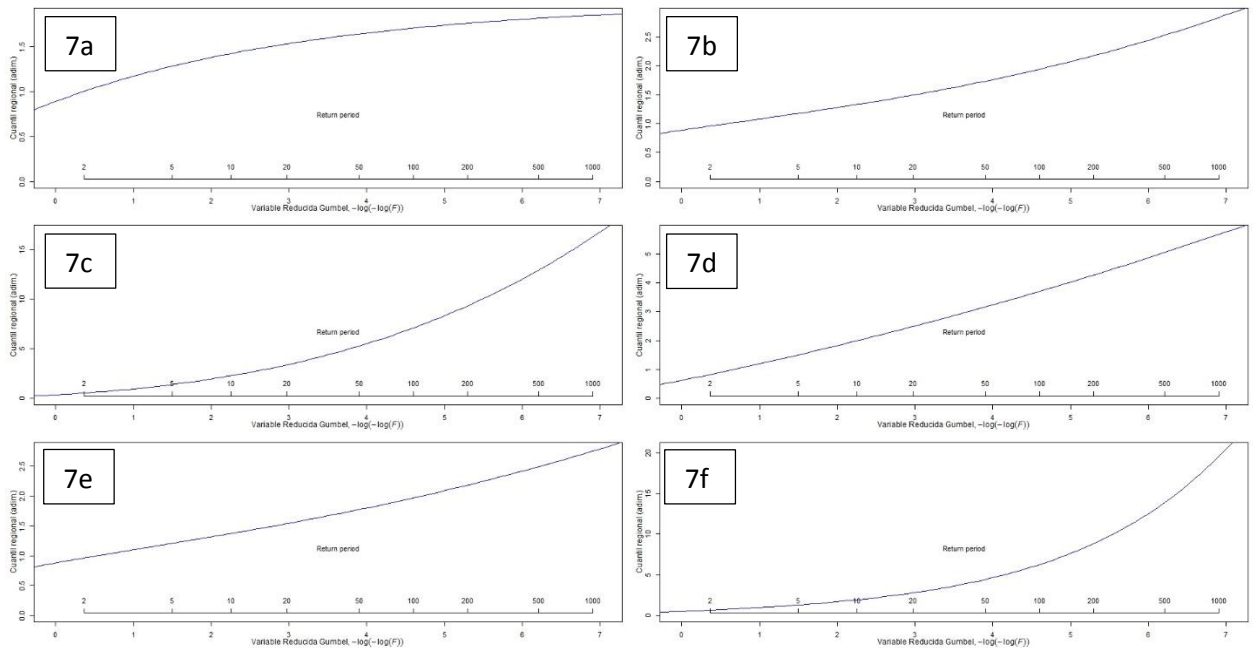


Figura 3 - 14. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 7

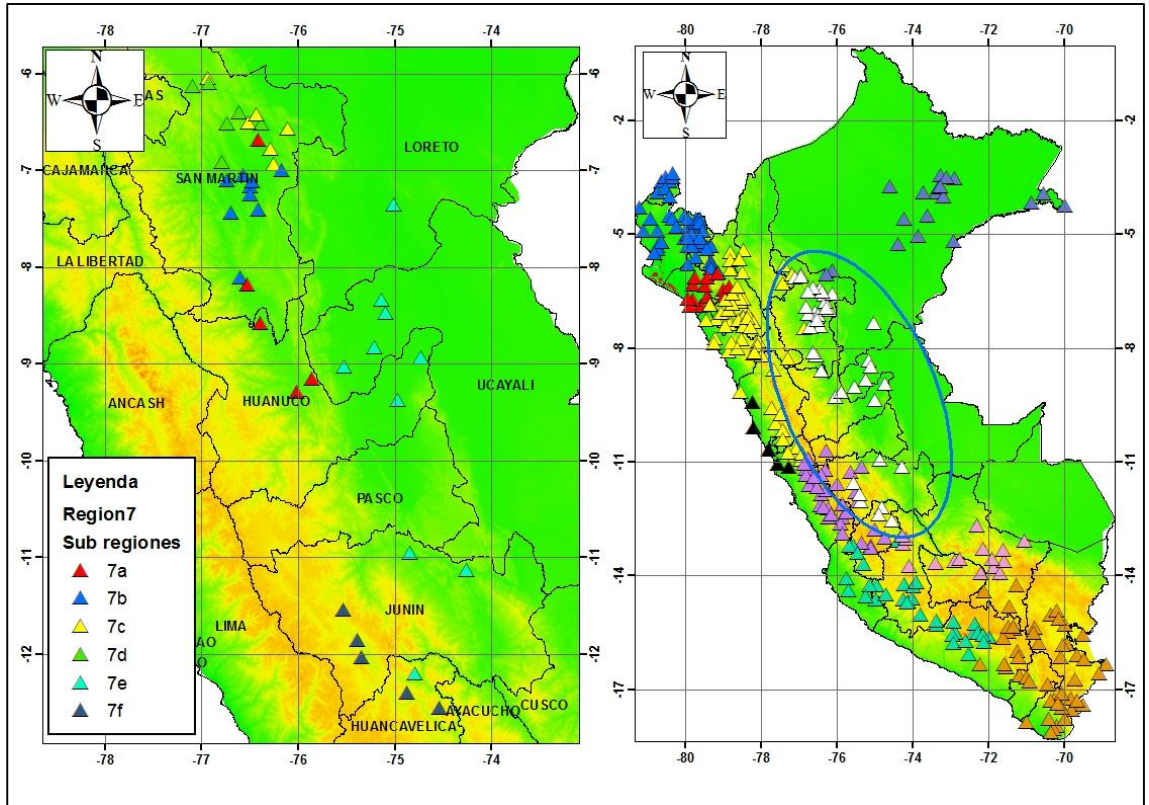


Figura 3 - 15. Sub regiones de la región 7

Cuadro 3 - 28: Estaciones y sub-regiones que forman la macro región 7

Sub-region	ID	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud	I_1	t	t_3	t_4
7a	104025	TINGO MARIA	-76.005	-9.290	644	43.370	0.2297	0.0261	0.1730
	107013	TOCACHE	-76.517	-8.184	504	71.363	0.1661	-0.0343	0.1206
	115102	UCHIZA	-76.384	-8.584	920	30.729	0.1648	-0.0022	0.0426
	115108	LA DIVISORIA	-75.847	-9.153	1410	40.088	0.1398	0.0072	-0.0260
	103043	EL PORVENIR	-76.322	-6.593	202	86.361	0.2157	0.0056	0.1172
7b	100100	BELLAVISTA	-76.559	-7.051	247	36.897	0.1922	0.2166	0.1579
	100110	LA UNION	-76.491	-7.169	250	42.108	0.1562	0.2762	0.2399
	107012	TANTA	-76.596	-8.110	450	82.826	0.1776	0.2832	0.2135
	115006	DOS DE MAYO (J. OLAYA)	-76.407	-7.407	307	36.160	0.1275	0.3425	0.2690
	115024	CAMPANILLA	-76.684	-7.434	400	37.358	0.1397	0.1295	0.1235
	115025	SACANCHE	-76.734	-7.100	465	30.447	0.1630	0.0685	0.1909
	115027	NUEVO LIMA	-76.474	-7.118	200	39.473	0.1089	0.1017	0.1334
	115028	SHAMBOYACU	-76.167	-7.000	350	38.605	0.1443	0.2103	0.1670
115038	CUZCO-BIAVO	-76.491	-7.254	290	49.512	0.1291	0.1171	0.1252	
7c	103002	MOYOBAMBA	-76.934	-6.050	800	54.640	0.5872	0.4939	0.3689
	105063	CUÑUMBUQUE	-76.508	-6.508	400	24.279	0.5688	0.4905	0.2431
	105100	SAN ANTONIO	-76.424	-6.424	578	30.817	0.5987	0.5444	0.3578
	105105	PILLUA	-76.281	-6.779	200	19.462	0.6260	0.6124	0.4506
	106047	TINGO DE POZA	-76.250	-6.934	235	27.969	0.5386	0.4006	0.1918
	106048	CHAZUTA	-76.098	-6.569	170	38.325	0.5336	0.4342	0.2538
7d	103016	TARAPOTO	-76.372	-6.513	249	60.340	0.3471	0.1683	0.2134
	103038	SAPOSOA	-76.779	-6.915	312	57.003	0.4018	0.2745	0.1487
	104014	TABALOSOS	-76.610	-6.406	341	41.986	0.4404	0.2157	0.0871
	105020	SORITOR	-77.084	-6.135	890	86.137	0.3170	0.3045	0.3479
	105032	JEPELACIO	-76.915	-6.101	1192	63.845	0.3917	0.2483	0.1849
	105054	ALAO	-76.730	-6.519	407	48.630	0.4818	0.3130	0.1114
7e	104023	PUERTO INCA	-74.966	-9.373	192	60.204	0.1758	0.0125	0.1067
	104029	PICHANAKY	-74.833	-10.955	526	73.102	0.2260	0.2136	0.3263
	105074	PUERTO OCOPA	-74.254	-11.136	830	72.571	0.1778	0.1068	0.1660
	105103	CONTAMA	-75.006	-7.353	150	81.198	0.1342	0.1758	0.3035
	106091	SALCABAMBA	-74.786	-12.199	3275	86.117	0.1184	0.0962	0.3333
	106092	SAN ALEJANDRO	-75.203	-8.830	244	97.755	0.1609	0.1087	0.0312
	115109	LAS PALMERAS DE UCAYALI	-75.134	-8.334	217	40.970	0.1404	0.2446	0.3169
	115111	EL MAROL	-75.085	-8.474	180	39.512	0.1722	0.0866	0.1819
	115113	TOURVISTA	-74.717	-8.930	150	41.269	0.1617	0.2040	0.2246
116033	AGUAYTIA	-75.514	-9.030	300	40.336	0.1540	0.1022	0.0755	
7f	110015	RICRAN	-75.525	-11.542	3687	2.442	0.5990	0.5901	0.4017
	110016	PAMPAS	-74.866	-12.393	3240	3.310	0.5633	0.4219	0.1280
	112043	HUAYAO	-75.339	-12.034	3360	2.434	0.5149	0.6225	0.5929
	112078	SAN LORENZO	-75.384	-11.850	3320	1.691	0.4455	0.4934	0.3375
	112171	PAUCARBAMBA	-74.536	-12.556	3370	1.610	0.3427	0.2348	0.0690

Región 8: Esta región abarca el suroeste de la cuenca Amazónica entre los departamentos de Ayacucho (noreste), Apurímac (norte) y la zona central del Cuzco. Es una región muy húmeda con precipitaciones intensas en la zona del Cuzco. Los criterios de evaluación para cada subregión se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 29: Medida de discordancia para la región 8

ID	Sub-reg 8a
100132	1.1858
100137	0.8570
103030	1.8488
103031	0.3290
103044	2.1542
103046	0.0983
103049	0.1430
104010	0.6105
104066	0.8700
104068	0.1543
104070	2.2050
105078	0.7358
105095	1.8935
105104	1.1286
106043	0.4159
110008	1.3705

Cuadro 3 - 30: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 8

H	Sub-reg 8a
H1	1.165
H2	0.912
H3	0.140

Cuadro 3 - 31: Z-estadístico para las sub regiones de la región 8

Funcion	Sub-reg 8a
glo	0.844
gev	-1.411
gno	-1.450
pe3	-1.897
gpa	-6.189

Nota: En amarillo los valores del Z-estadístico para la función de mejor ajuste.

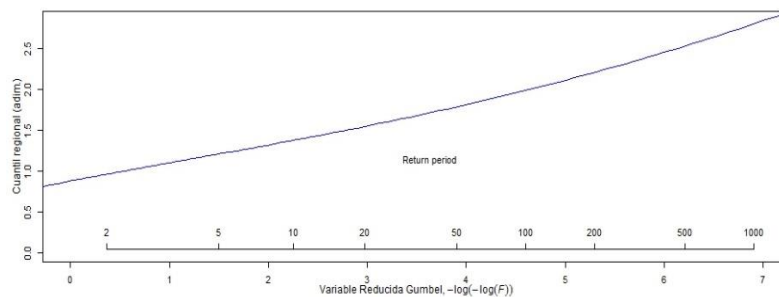


Figura 3 - 16. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 8

Cuadro 3 - 32: Estaciones y sub-regiones que forman la macro región 8

Sub region	ID	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud	l_1	t	t_3	t_4
8a	100132	QUEBRADA YANATILE	-72.280	-12.680	1050	115.405	0.201	0.287	0.113
	100137	ABANCAY	-72.870	-13.610	2776	112.198	0.182	0.263	0.085
	103030	HUAMANGA	-74.220	-13.150	2761	97.374	0.215	0.115	0.217
	103031	LA QUINUA	-74.140	-13.030	3316	110.853	0.172	0.170	0.205
	103044	HUANCAPI	-74.070	-13.750	3120	115.382	0.143	0.077	0.009
	103046	ANDAHUAYLAS	-73.370	-13.660	2933	121.118	0.144	0.135	0.152
	103049	CURAHUASI	-72.740	-13.550	2737	126.293	0.173	0.179	0.161
	104010	URUBAMBA	-72.130	-13.300	3071	122.370	0.127	0.022	0.198
	104066	PARURO	-71.840	-13.770	3047	96.650	0.184	0.090	0.240
	104068	ACOMAYO	-71.680	-13.920	3227	115.611	0.158	0.185	0.123
	104070	CCATCCA	-71.560	-13.610	3693	100.537	0.153	-0.116	0.093
	105078	PILCOPATA	-71.020	-13.080	900	107.630	0.121	0.111	0.180
	105095	TAMBOBAMBA	-72.170	-13.930	3454	129.336	0.133	0.333	0.155
	105104	GRANJA KCAYRA	-71.880	-13.560	3219	81.199	0.118	-0.068	0.185
	106043	PAUCARTAMBO	-71.590	-13.320	2924	83.281	0.144	0.219	0.136
	110008	HUANTA	-74.250	-12.930	2660	80.822	0.149	-0.039	0.272

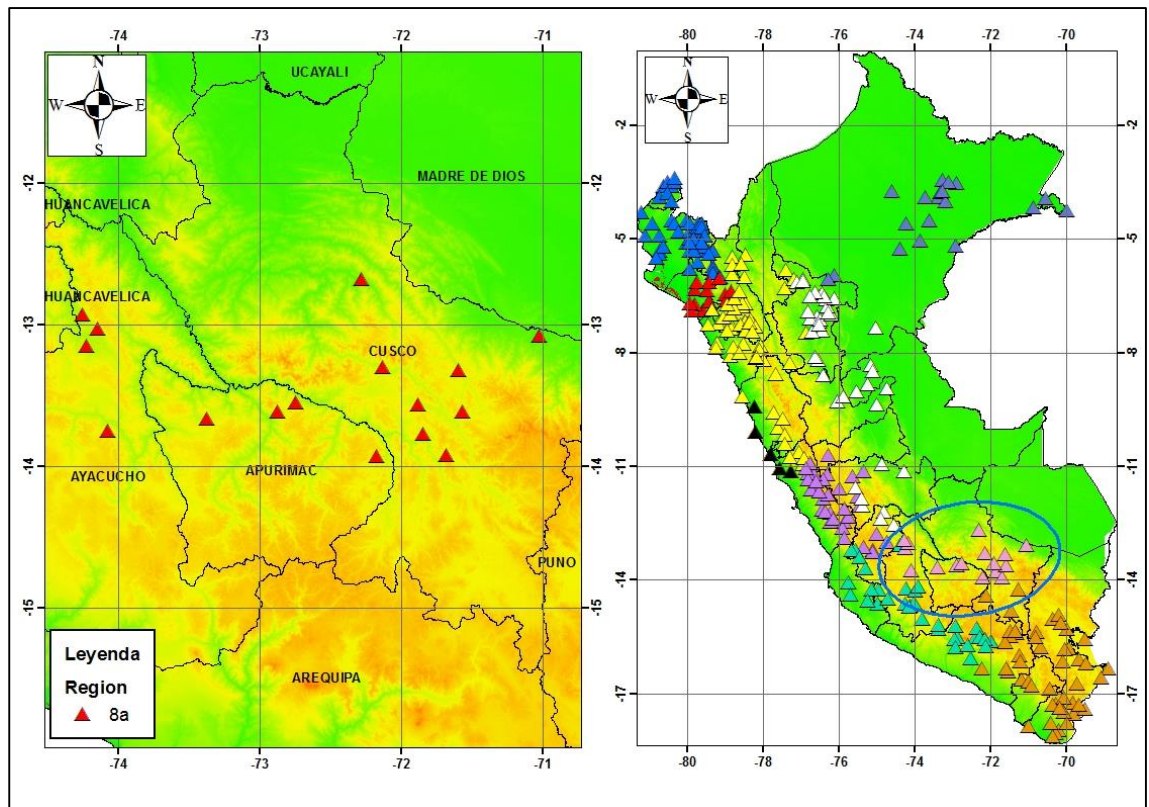


Figura 3 - 17. Sub regiones de la región 8

Región 9: Esta se ubica al sur de los Andes y abarca la totalidad del Altiplano peruano. Ocupa los departamentos de Cuzco (sur), Arequipa (este), Moquegua, Tacna y Puno. Esta región presenta un clima seco y frio. Los criterios de evaluación para cada subregión se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 33: Medida de discordancia para la región 9

ID	Sub-reg 9a	ID	Sub-reg 9b	ID	Sub-reg 9c	ID	Sub-reg 9d	ID	Sub-reg 9e
100047	1.7142	106019	0.5050	106012	0.6138	107049	0.6837	107052	1.0256
100051	1.1914	107024	0.7747	107005	0.5292	108004	1.8995	107057	2.2491
100074	1.2643	108006	0.4926	107009	0.7849	114020	1.2738	107059	1.8798
106017	0.4245	108013	0.8345	107028	0.5977	114106	0.4884	117019	0.7052
106032	1.0404	108045	1.4542	107054	1.0231	117029	0.6066	117030	0.3146
106083	0.6672	117020	1.1388	107068	1.9628	118004	0.9341	117033	0.5473
107016	1.0276	117036	1.0048	108051	1.5347	118006	1.1139	117034	0.8338
107037	1.6859	117043	0.4045	117013	0.9538			117037	0.5910
107038	0.5909	117049	2.3908					117048	0.8536
108001	0.7321								
115019	0.5911								
115021	0.5758								
115085	0.4181								
115086	2.1787								
115089	1.3250								
115090	0.5729								

Cuadro 3 - 34: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 9

H	Sub-reg 9a	Sub-reg 9b	Sub-reg 9c	Sub-reg 9d	Sub-reg 9e
H1	0.992	2.096	1.645	-0.239	1.281
H2	-1.273	0.567	-1.085	1.281	1.804
H3	-1.149	-0.318	-1.709	1.470	0.572

Cuadro 3 - 35: Z-estadístico para las sub regiones de la región 9

Funcion	Sub-reg 9a	Sub-reg 9b	Sub-reg 9c	Sub-reg 9d	Sub-reg 9e
glo	-1.386	3.413	1.936	1.845	0.687
gev	-3.197	0.798	-0.61	1.138	-1.089
gno	-3.663	1.217	-0.302	0.573	-1.442
pe3	-4.609	1.130	-0.456	-0.417	-2.217
gpa	-7.427	-4.246	-5.636	-0.808	-5.149

Nota: En amarillo los valores del Z-estadístico para la función de mejor ajuste.

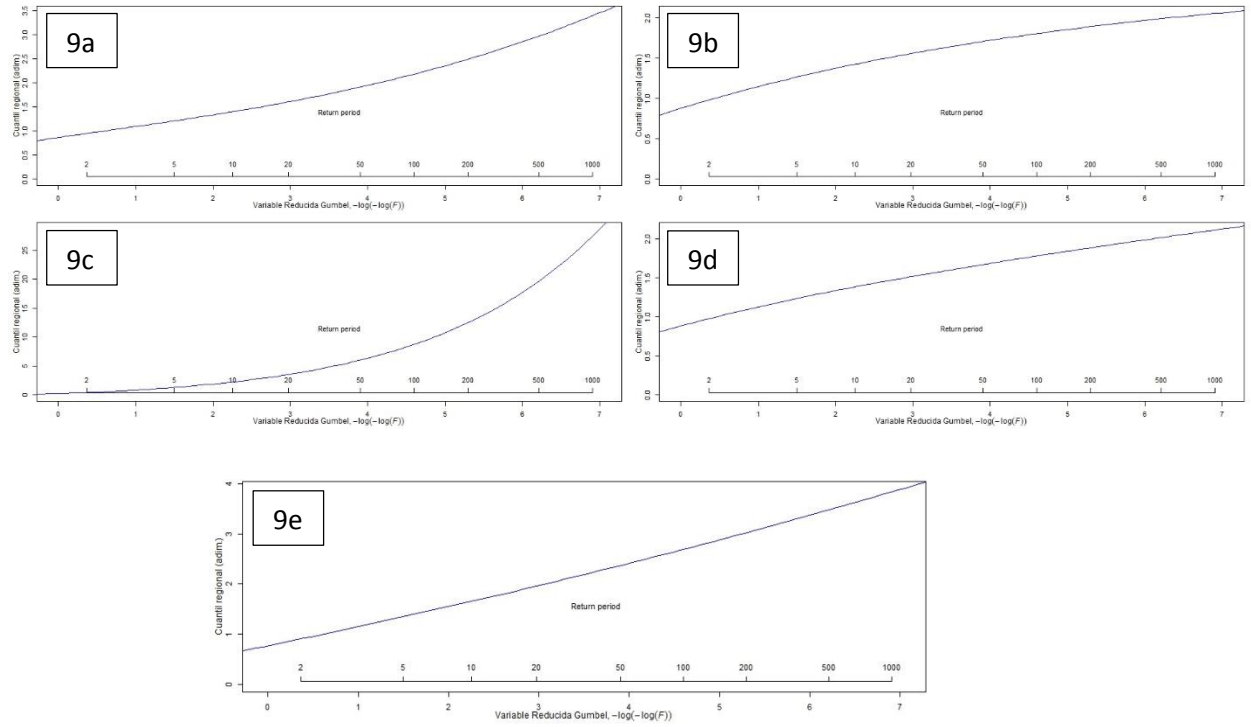


Figura 3 - 18. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 9

Cuadro 3 - 36: Estaciones y sub-regiones que forman la región 9

Sub-region	ID	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud	l_1	t	t_3	t_4
9a	100047	PUCARA	-70.334	-15.034	3889	30.993	0.198	0.167	0.318
	100051	TARACO	-69.967	-15.300	3820	35.558	0.140	0.182	0.109
	100074	PILLONES	-71.217	-15.981	4431	36.113	0.148	0.111	0.162
	106017	ISLA SOTO	-69.491	-15.559	3853	74.478	0.146	0.242	0.217
	106032	LOS UROS	-69.915	-15.796	3808	86.533	0.126	0.235	0.174
	106083	PUNO	-70.018	-15.823	3840	92.421	0.171	0.145	0.234
	107016	EL FRAYLE	-71.189	-16.155	4119	35.754	0.152	0.293	0.225
	117037	ILAVE	-69.644	-16.085	3850	40.992	0.165	0.230	0.339
	107038	LARAQUERI	-70.068	-16.153	3970	48.231	0.137	0.210	0.222
	108001	PAMPA UMALZO (TITIJONES)	-70.424	-16.875	4609	30.370	0.175	0.280	0.230
	115019	AZANGARO	-70.184	-14.917	3928	25.520	0.205	0.152	0.186
	115021	CONDOROMA	-71.300	-15.400	4287	27.304	0.202	0.154	0.174
	115085	SIBAYO	-71.453	-15.486	3827	28.887	0.195	0.243	0.269
	115086	CHIVAY	-71.597	-15.638	3661	28.266	0.227	0.293	0.286
	115089	LAGUNILLAS	-70.661	-15.768	4250	19.969	0.211	0.135	0.138
115090	ARAPA	-70.119	-15.136	3920	27.461	0.192	0.159	0.151	
9b	106019	ISLA SUANA	-68.864	-16.339	3845	41.593	0.166	0.123	0.073
	107024	CHALLAPALCA	-69.813	-17.237	4280	58.834	0.217	0.013	0.070
	108006	MAZO CRUZ	-69.702	-16.741	3970	35.626	0.138	0.046	0.160
	108013	DESAGUADERO	-69.040	-16.569	3860	27.373	0.127	0.046	0.172
	108045	JULI	-69.457	-16.203	3825	37.629	0.140	0.153	0.109
	117020	CANDARAVE	-70.254	-17.271	3435	24.855	0.219	-0.080	0.132
	117036	SUSAPAYA	-70.133	-17.351	3420	30.069	0.164	-0.047	0.169
	117043	VILACOTA	-70.050	-17.117	4438	25.317	0.201	0.037	0.079
	117049	PAUCARANI	-69.779	-17.525	4556	25.467	0.152	0.127	0.039
9c	106012	PAMPA DE MAJES	-72.211	-16.328	1434	43.371	0.167	0.016	0.112
	107005	LA PAMPILLA	-71.517	-16.403	2400	43.273	0.157	0.128	0.151
	107009	PUQUINA	-71.169	-16.627	3284	41.189	0.136	0.053	0.107
	107028	OMATE	-70.983	-16.678	2080	31.534	0.134	0.094	0.108
	107054	AREQUIPA	-71.566	-16.344	2545	29.291	0.194	0.088	0.184
	107068	QUINISTAQUILLAS	-70.898	-16.779	1590	39.295	0.187	0.088	0.095
	108051	CALANA	-70.186	-17.949	871	28.378	0.202	-0.015	0.161
	117013	ITE	-70.966	-17.864	154	29.937	0.144	0.118	0.171
9d	107049	QUILLISANI	-70.750	-15.384	4758	8.149	0.424	0.348	0.107
	108004	JARPANA	-70.784	-15.517	4361	5.555	0.423	0.486	0.400
	114020	TISCO	-71.450	-15.350	4175	1.941	0.435	0.208	0.144
	114106	PORPERA	-71.317	-15.350	4152	8.618	0.415	0.183	0.052
	117029	SANTO TOMAS	-72.089	-14.399	3253	2.733	0.350	0.187	0.096
	118004	YAURI	-71.417	-14.817	3927	3.906	0.340	0.201	0.068
118006	SICUANI	-71.237	-14.254	3574	3.124	0.475	0.382	0.124	
9e	107052	LA FRONTERA	-69.468	-17.394	4000	47.380	0.310	0.359	0.196
	107057	JORGE BASADRE	-70.251	-18.027	545	46.398	0.355	0.240	0.154
	107059	MAGOLLO	-70.334	-18.117	261	37.412	0.322	0.346	0.161
	117019	CHUAPALCA	-69.644	-17.305	4177	22.399	0.261	0.074	0.157
	117030	TARATA	-70.034	-17.474	3050	17.563	0.253	0.090	0.178
	117033	HACIENDA PUQUIO	-70.384	-17.767	934	24.088	0.270	0.189	0.200
	117034	CAIRANI	-70.339	-17.288	3920	18.810	0.252	0.198	0.212
	117037	SITAJARA	-70.136	-17.373	3132	12.064	0.228	0.123	0.197
117048	PALCA	-69.966	-17.779	2953	26.031	0.247	0.072	0.160	

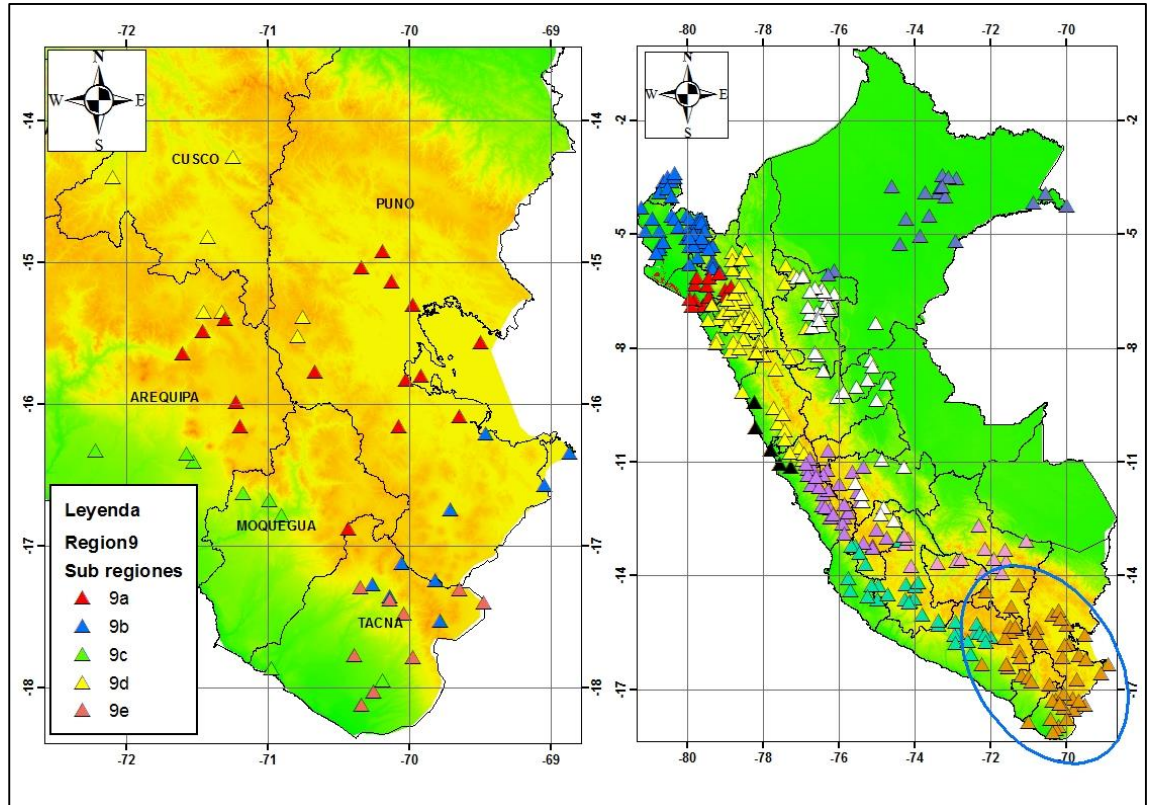


Figura 3 - 19. Sub regiones de la región 9

Región 10: Se encuentra ubicada enteramente en el departamento de Loreto, forma parte de la cuenca Amazónica baja o selva baja. Presenta un clima tropical húmedo, con precipitaciones abundantes y permanentes casi todo el año. Los criterios de evaluación para cada subregión se muestran a continuación:

Cuadro 3 - 37: Medida de discordancia para la región 10

ID	Sub-reg 10a	ID	Sub-reg 10b
100020	0.0559	106098	0.8536
100031	1.2081	106100	1.3309
100120	1.0264	111061	1.2670
107089	0.0864	113067	0.2183
107095	2.8454	113082	1.3301
108024	1.3491		
108047	0.8358		
109049	0.6332		
110020	1.1987		
110021	0.3126		
110025	2.2010		
110040	0.9129		
111062	0.4646		
111067	0.8698		

Cuadro 3 - 38: Medida de homogeneidad para las sub regiones de la región 10

H	Sub-reg 10a	Sub-reg 10b
H1	0.739	2.046
H2	-0.065	-1.223
H3	0.244	-0.666

Cuadro 3 - 39: Z-estadístico para las sub regiones de la región 10

Funcion	Sub-reg 10a	Sub-reg 10b
glo	-0.225	1.008
gev	-2.270	-0.332
gno	-2.336	-0.566
pe3	-2.777	-1.105
gpa	-6.633	-3.367

Nota: En amarillo los valores del Z-estadístico para la función de mejor ajuste.

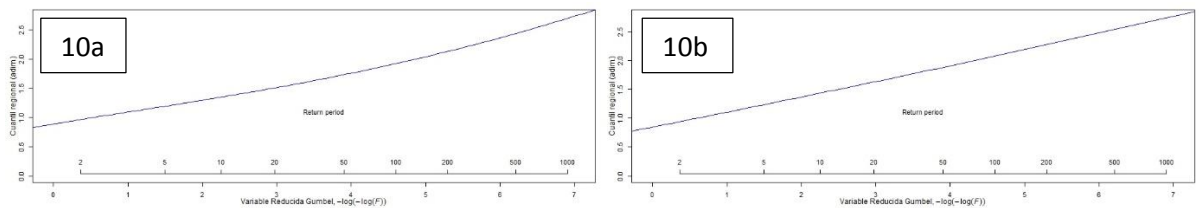


Figura 3 - 20. Funciones de probabilidad para las subregiones de la región 10

Cuadro 3 - 40: Estaciones y sub-regiones que forman la región 10

Sub-region	ID	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud	l_1	t	t_3	t_4
10a	100020	SARGENTO LORES	-74.567	-3.734	111	28.258	0.149	0.098	0.161
	100031	MORALILLO	-73.338	-3.900	109	34.635	0.140	0.107	0.339
	100120	SANTA MARIA DE Y	-73.696	-3.890	120	34.253	0.111	-0.016	0.138
	107089	IQUITOS	-73.260	-3.743	87	80.752	0.143	0.082	0.161
	107095	MANITI	-72.867	-3.534	88	86.338	0.174	0.454	0.406
	108024	LA LIBERTAD	-73.234	-3.450	104	129.973	0.150	-0.079	0.184
	108047	CABALLOCOCHA	-70.512	-3.912	69	31.666	0.132	0.107	0.303
	109049	MAZAN	-73.080	-3.485	95	18.532	0.170	0.127	0.101
	110020	PUERTO ALMENDRA	-73.284	-3.767	109	23.473	0.112	0.092	0.114
	110021	TAMSHIYACU	-73.161	-4.003	94	22.793	0.170	0.225	0.250
	110025	SAN ROQUE	-73.250	-3.750	95	34.132	0.209	0.144	0.135
	110040	SANTA ROSA	-69.955	-4.250	100	21.539	0.151	0.245	0.129
	111062	UTA	-73.584	-4.500	118	18.697	0.166	0.059	0.204
	111067	SAN FERENDO	-70.834	-4.167	107	29.563	0.141	0.210	0.121
10b	106098	SAN RAMON	-76.085	-5.949	131	79.198	0.146	0.161	0.074
	106100	SHANUSI	-76.254	-6.068	147	78.935	0.172	0.216	0.129
	111061	SILVA MERINO	-74.200	-4.600	107	22.768	0.173	0.204	0.327
	113067	ANGAMOS	-72.889	-5.167	103	29.411	0.159	0.174	0.144
	113070	BRETAÑA	-74.350	-5.250	109	25.386	0.248	0.086	0.177
	113082	REQUE	-73.836	-5.043	117	20.681	0.239	0.171	0.183

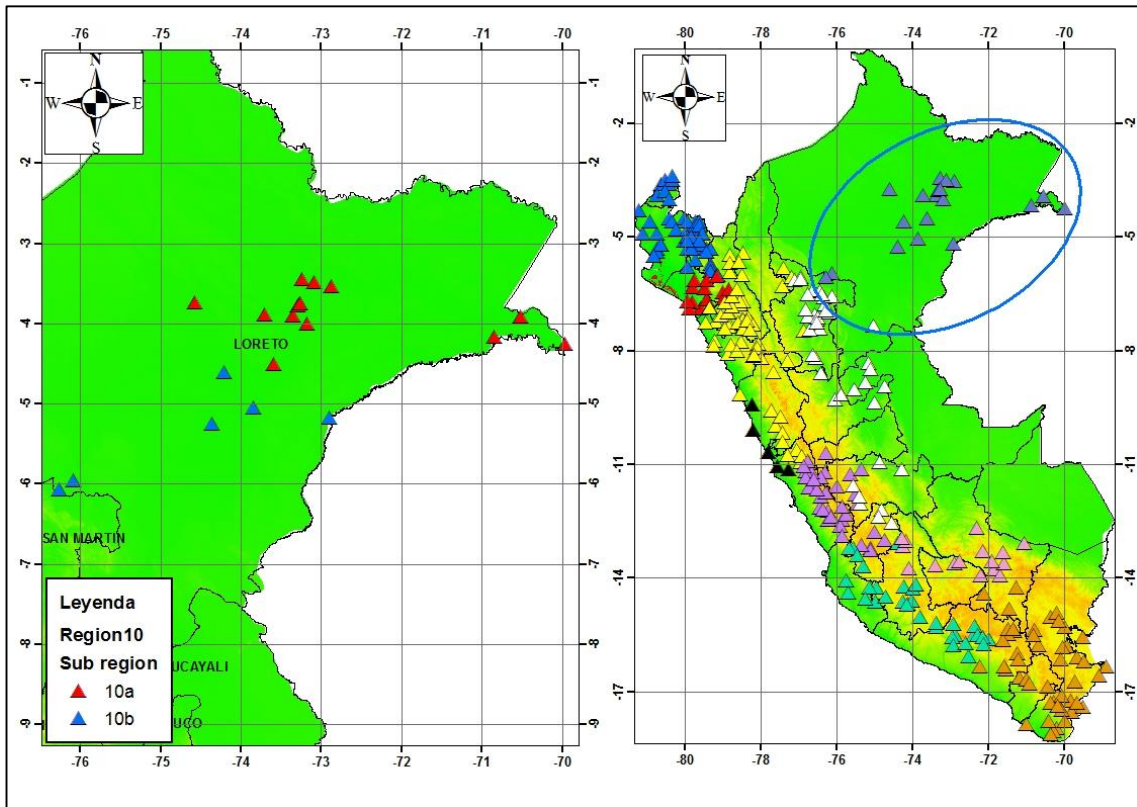


Figura 3 - 21. Sub regiones de la región 10

4. CONCLUSIONES

Se aplicó el ARF las estaciones pluviométricas con datos de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual de al menos 15 de registros de toda la red del SENAMHI a nivel nacional.

Luego del análisis exploratorio de datos, análisis de supuestos, estacionariedad e independencia serial se seleccionaron 323 estaciones las cuales cumplieron con los requerimientos previos del ARF.

La primera regionalización se realizó para determinar las “macro regiones” como una primera aproximación y evitar regiones cuyos elementos este muy distanciados o no guarden relación alguna bajo criterios geográficos, climáticos ni topográficos.

Las regiones iniciales fueron determinados utilizando el algoritmo SKATER, el cual determino 10 regiones espacialmente homogéneas las cuales son:

- Región 1: Se ubica en la costa norte del Perú en los departamentos de Piura y Tumbes, es una región muy importante porque está afectada por fenómenos extremos como el FEN. Consta de 4 subregiones homogéneas.
- Región 2: Se ubica en la costa norte en el departamento de Lambayeque, también tiene influencia del FEN. Presenta 2 subregiones homogéneas.
- Región 3: Una amplia región ubicada al norte del Perú, comprende tanto la costa como la sierra norte (Lambayeque, Cajamarca y Amazonas). Presenta 4 subregiones homogéneas.
- Región 4: Es una franja de costa central entre Ancash y Lima. Es una sola región homogénea.
- Región 5: Abarca la sierra central entre los departamentos de Lima, Pasco, Huancavelica y Huánuco. Consta de 3 subregiones homogéneas.
- Región 6: Comprende la costa y sierra sur, entre los departamentos de Ica, Ayacucho y Arequipa. Presenta 6 subregiones homogéneas.
- Región 7: Forma parte de la selva norte, entre los departamentos de San Martín, Huánuco y Ucayali. Presenta 6 subregiones homogéneas.
- Región 8: Corresponde a la selva sur del Perú, entre los departamentos de Cuzco y Apurímac. Es una sola región homogénea.
- Región 9: Pertenece a la sierra sur y altiplano peruano. Se ubica en los departamentos de Cuzco, Arequipa, Moquegua, Tacna y Puno. Consta de 5 subregiones homogéneas.
- Región 10: Corresponde a la selva norte del Perú, se encuentra en el departamento de Loreto. Presenta 2 subregiones homogéneas.

Cada región fue subdividida en base a los criterios de Ward o K-means según sea el que mejor resultados die en base a los criterios de discordancia y medida de heterogeneidad.

Cada subregión homogénea fue ajustada a una función de probabilidad las cuales son: Valor extremo generalizado (GEV), Logística generalizada (GLO), Pareto Generalizada (GPA), Normal generalizado (GNO) y Pearson 3 (PE3). El ajuste a las mencionadas funciones se realizó utilizando la prueba de bondad de ajuste Z-estadístico que permitió identificar el mejor ajuste para cada

subregión las cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 4 - 1: Resumen para determinación del mejor ajuste x región

Region	Funcion	glo	gev	gno	pe3	gpa
Reg1	Sub-reg 1a	2.613	0.223	0.137	-0.389	-4.883
	Sub-reg 1b	0.601	-1.037	-1.531	-2.494	-4.924
	Sub-reg 1c	0.434	-1.505	-1.799	-2.515	-5.857
	Sub-reg 1d	1.762	-0.472	-0.606	-1.163	-5.296
Reg2	Sub-reg 2a	3.791	2.232	1.915	1.225	-1.337
	Sub-reg 2b	0.986	0.661	-0.160	-1.573	-0.592
Reg3	Sub-reg 3a	-0.476	-2.298	-2.580	-3.263	-6.391
	Sub-reg 3b	5.604	2.337	2.402	1.893	-4.462
	Sub-reg 3c	-0.59	-2.43	-2.976	-4.045	-6.79
	Sub-reg 3d	1.507	0.539	0.09	-0.726	-1.885
Reg4	Sub-reg 4a	2.153	0.161	0.336	0.159	-3.845
Reg5	Sub-reg 5a	2.272	0.583	0.266	-0.445	-3.261
	Sub-reg 5b	-1.384	-3.787	-3.493	-3.637	-8.526
	Sub-reg 5c	0.96	-1.479	-1.441	-1.832	-6.566
Reg6	Sub-reg 6a	-1.697	-2.754	-2.998	-3.507	-5.198
	Sub-reg 6b	-0.143	-0.260	-0.999	-2.235	-0.957
	Sub-reg 6c	2.071	0.781	0.396	-0.357	-2.276
	Sub-reg 6d	0.694	-0.113	-0.709	-1.755	-2.299
	Sub-reg 6e	1.915	1.338	0.664	-0.508	-0.398
	Sub-reg 6f	1.695	-0.191	0.252	0.248	-3.653
Reg7	Sub-reg 7a	3.084	0.772	1.385	1.384	-3.375
	Sub-reg 7b	0.669	-1.083	-1.348	-1.996	-5.013
	Sub-reg 7c	0.834	0.635	-0.235	-1.710	-0.341
	Sub-reg 7d	1.811	0.719	0.227	-0.671	-2.005
	Sub-reg 7e	-1.518	-3.236	-3.239	-3.549	-6.848
	Sub-reg 7f	-0.279	-0.420	-1.021	-2.040	-1.103
Reg8	Sub-reg 8a	0.844	-1.411	-1.450	-1.897	-6.189
Reg9	Sub-reg 9a	-1.386	-3.197	-3.663	-4.609	-7.427
	Sub-reg 9b	3.413	0.798	1.217	1.130	-4.246
	Sub-reg 9c	1.936	-0.61	-0.302	-0.456	-5.636
	Sub-reg 9d	1.845	1.138	0.573	-0.417	-0.808
	Sub-reg 9e	0.687	-1.089	-1.442	-2.217	-5.149
Reg10	Sub-reg 10a	-0.225	-2.270	-2.336	-2.777	-6.633
	Sub-reg 10b	1.008	-0.332	-0.566	-1.105	-3.367

5. AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología del Perú (SENAMHI-Perú) por el apoyo brindado y la información otorgada, también un agradecimiento especial a los investigadores de la DHI.

6. REFERENCIAS

- Álvarez, M., Puertas, J., Soto, B. y Díaz-Fierros, F., 1999. Análisis regional de las precipitaciones máximas en Galicia mediante el método del índice de avenida. *Ingeniería del Agua* 6(4), 283-290.
- Badreldin, H., Hassan, H., Feng, P., 2012. Regional rainfall frequency analysis for the Luanhe Basin by using L-moments and Cluster Techniques. *Journal of hydrology*, doi:10.1013/j.apcbee.2012.03.021.
- Greenwood, J. A., Landwehr, J. M., Matalas, N. C., y Wallis, J. R., 1979. Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. *Water Resources Research* 15 (5), 1049–1054
- Huanca, P., Olmos L., Kuroiwa J., Garcia M., 2012. Análisis y comportamiento de las precipitaciones máximas diarias en la sub-región centro oeste de Sudamérica. XXII Congreso Nacional de Hidráulica, México.
- Hosking, J. R. M., 1990. L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 52(2), 105-124.
- Kachroo, R. K., Mkhandi, S. H., y Parida, B. P., 2000. Flood frequency analysis of southern Africa: I. Delineation of homogeneous regions. *Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiques* 45(3), 437-447.
- Ngongondo C., Chong Y., Lena M., 2011. Regional frequency analysis of rainfall extremes in Southern Malawi using the index rainfall and L-moments approaches. *Stoch Environ Res Risk Assess*. Doi: 10.1007/s00477-011-0480-x.
- Nuñez J. Verbist K., Wallis J., Schaefer M., Morales L., 2011. Regional frequency analysis for mapping drought events in north-central Chile. *Journal of Hydrology*. Doi:10.1016/j.jydrol.2011.05.035.
- Vogel, R. M., y Fennessey, N. M., 1993. L-moment diagrams should replace product moment diagrams, *Water resources Research* 29(6), 1745-1754.
- Wallis J., Schaefer M., Barker B., Taylor G., 2007. Regional precipitation-frequency analysis and spatial mapping for 24-hour and 2-hour durations for Washington State. *Hydrology and Earth System Sciences*.