

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“PRONÓSTICO CLIMÁTICO ESTACIONAL PROBABILÍSTICO
TRIMESTRAL PARA EL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título de:

INGENIERA METEORÓLOGA

CARMEN ROSA FARFAN TOVAR

Lima – Perú

2024

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

PRONÓSTICO CLIMÁTICO ESTACIONAL PROBABILÍSTICO TRIMESTRAL PARA EL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

4%

★ vdocuments.net

Internet Source

ASESORA: Msc.Victoria Calle

Exclude quotes On

Exclude matches < 10 words

Exclude bibliography On

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“PRONÓSTICO CLIMÁTICO ESTACIONAL PROBABILÍSTICO
TRIMESTRAL PARA EL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título Profesional de:

INGENIERA METEORÓLOGA

Presentada por:

CARMEN ROSA FARFAN TOVAR

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Mg. Sc. Eusebio Idelmo Cisneros Tarmeño
PRESIDENTE

Mg. Sc. Weidi Flores Villanueva
MIEMBRO

Mg. Oscar Enrique Tang Cruz
MIEMBRO

Mg. Sc. Victoria Doris Calle Montes
ASESORA

DEDICATORIA

“A mis padres Santiago y Martha por el amor que me brindan, el apoyo incondicional y motivación para seguir adelante en mis sueños y objetivos de vida, a mis hermanos Oscar y Rosario por su cariño y apoyo incondicional en todo momento.”

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora Mg Sc. Victoria Calle por su apoyo y dedicación de tiempo en todo este proceso del desarrollo del trabajo monográfico.

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) por permitirme desarrollar mis capacidades como profesional en meteorología.

A mis amigas Imelda y Janet por el apoyo y motivación para culminar satisfactoriamente y obtener mi título profesional

A mis compañeros de trabajo de la Dirección Zonal 10 del SENAMHI, por el apoyo y los buenos deseos para culminar satisfactoriamente.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problemática	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Pronóstico de Clima	3
2.2. Pronóstico Estacional.....	3
2.3. Pronóstico Probabilístico.....	3
2.4. Predicción por Terciles.....	4
2.5. Predictibilidad.....	4
2.6. Modelos estadísticos	4
2.7. Climate Predictablility Tool - CPT.....	5
2.8. IRI/LDEO Biblioteca de Datos Climáticos	5
2.9. Predictor	5
2.10. Predictante	5
2.11. Temperatura.....	6
2.11.1. Temperatura Máxima	6
2.11.2. Temperatura Mínima.....	6
2.11.3. Precipitación	6
III. DESARROLLO DEL TRABAJO	7
3.1. Delimitación temporal y ámbito geográfico.....	7
3.1.1. Clasificación Climática	8
3.2. Datos	10
3.2.1. Predictantes.....	10
3.2.2. Predictores.....	12

3.2.3. Esquema general de predictores y predictantes para el pronóstico estacional.....	16
3.3. Pronóstico climático estacional probabilístico	17
3.3.1. Configuración previa de programa CPT	17
3.3.2. Criterios para manejo de resultados del CPT	22
3.3.3. Resultado de pronóstico probabilístico generado por el CPT	26
3.4. Análisis de consenso	27
3.4.1. Emisión Pronóstico Climático Estacional Trimestral Probabilístico - Regional	32
3.5. Establecer los procesos específicos del pronóstico climático estacional trimestral probabilístico para el departamento de Huánuco utilizando diagramas de flujo.....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1. Diagrama de flujo de la metodología para la elaboración del pronóstico estacional trimestral para el departamento de Huánuco utilizando la herramienta CPT	33
4.1.1. Diagramas de flujos de preparación y adecuación de datos para el departamento de Huánuco	33
4.1.2. Diagramas de flujos para el preprocesamiento y procesamiento de programa CPT.....	34
4.1.3. Esquema del proceso de análisis de consenso y emisión de informe técnico	35
4.2. Productos desarrollados por la Dirección Zonal 10	37
4.2.1. Boletín Mensual – “Pronóstico Estacional Trimestral Regional – DZ 10”	37
4.2.2. Informes Técnicos de Pronóstico estacional trimestral- Regional	39
V. CONCLUSIONES	42
VI. RECOMENDACIONES	43
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

ÍNDICE DETABLAS

Tabla 1: Tipos de clima en el departamento de Huánuco	9
Tabla 2: Estaciones meteorológicas convencionales de la red observacional del SENAMHI-DZ10.....	11
Tabla 3: Predictores utilizados para descarga	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de interés departamento de Huánuco	8
Figura 2. Clasificación Climática del departamento de Huánuco	10
Figura 3. Archivo de información de matriz de dato.....	12
Figura 4. Interfaz de la biblioteca virtual IRI.....	13
Figura 5. Interfaz de la biblioteca virtual IRI, muestra la fuente de información que se utilizará para la TSM.....	14
Figura 6. Información de la biblioteca de TSM	14
Figura 7. Selección de datos del periodo con el que se trabajará.....	15
Figura 8. Se trabaja los datos en modo experto	15
Figura 9. Descarga de datos en IRI	15
Figura 10. Predictores descargados	16
Figura 11. Esquema de predictores y predictantes para la emisión del pronóstico climático.....	17
Figura 12. Interfaz del programa CPT.....	17
Figura 13. Metodología a utilizar en programa CPT.....	18
Figura 14. Configuración del predictor en CPT	19
Figura 15. Configuración de predictante en CPT	20
Figura 16. Modos de Correlación Canónica	20
Figura 17. Resultado de la configuración de predictores y predictantes en CPT	21
Figura 18. Configuración de valores faltantes	21
Figura 19. Configuración del periodo climatológico que se utilizara en CPT.....	22
Figura 20. Configuración de pronóstico	22
Figura 21. Valores del Goodness Index.....	23
Figura 22. Coeficiente de correlación canónica.....	24
Figura 23. Gráfico de Hindcasts y ROC de una estación meteorológica	25
Figura 24. Indicadores estadísticos	25
Figura 25. Resultado de pronóstico probabilístico	26

Figura 26. Resultado de pronóstico probabilístico, más detallado.....	27
Figura 27. Interfaz del Model Ensemble de la OMM, a nivel mundial.....	28
Figura 28. Multi-modelo ensamblado de pronóstico probabilístico para OND 2019- precipitación.....	28
Figura 29. Modelos de pronóstico climático de la NOAA	29
Figura 30. Monitoreo mensual de variables meteorológicas a nivel nacional.....	29
Figura 31. Monitoreo mensual de variables meteorológicas a nivel regional	30
Figura 32. Monitoreo diario a nivel de estación	30
Figura 33. Monitoreo de Temperatura superficial del Mar	31
Figura 34. Herramientas que se utilizan para el análisis en las reuniones de consenso.....	31
Figura 35. Informe Técnico emitido por el SENAMHI-SPC	32
Figura 36. Proceso del Pronóstico Climático.....	33
Figura 37. Diagrama de flujo para predictantes	34
Figura 38. Diagrama de flujo para predictores	34
Figura 39. Diagrama de flujo del pre procesamiento y procesamiento del programa CPT.....	35
Figura 40. Esquema de análisis de consenso para emisión de pronóstico consensuado	36
Figura 41. Boletín mensual “Pronóstico Estacional Trimestral Regional -DZ10”	38
Figura 42. Informe técnico de “Pronóstico Estacional de Lluvias Trimestrales”	40
Figura 43. Secciones de Informe técnico de “Pronóstico Estacional de Lluvias Trimestrales”	41

RESUMEN

Actualmente, existe la necesidad de conocer información climática confiable a nivel nacional y regional, ante la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos que afectan directamente a diferentes sectores y actividades como la agricultura, salud, recursos hídricos, construcción, gestión de riesgos de desastres entre otros; sin embargo, se tiene una deficiencia de información climática a nivel de la región Huánuco por parte de la oficina representante del Servicio Hidrológico y Meteorológico Nacional, es así que se plantea desarrollar una metodología para elaborar el pronóstico climático estacional mediante el programa libre Climate Predictability Tool (CPT), programa muy utilizado a nivel internacional para este tipo de pronóstico climático teniendo como metodología principal el Análisis de Correlación Canónica (CCA); se tendrá como referencia la climatología de 1981 a 2010, los resultados serán obtenidos mediante diagramas de flujo para un mejor entendimiento la metodología, que funcionará para temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación; esta herramienta que será la base para la generación de nuevos productos por la Dirección Zonal 10 de SENAMHI, como parte del requiriendo de información climática a nivel regional.

Palabras clave: Pronóstico estacional, clima, CPT, CCA.

ABSTRACT

Nowadays, there is a need for reliable climate information at the national and regional level, given the occurrence of extreme weather events that directly affect different sectors and activities such as agriculture, health, water resources, construction, disaster risk management, among others; However, there is a deficiency of climate information at the level of the Huanuco region by the representative office of the National Hydrological and Meteorological Service, so it is proposed to develop a methodology to develop the seasonal climate forecast using the free program Climate Predictability Tool (CPT), a program widely used internationally for this type of climate forecast having as its main methodology the Canonical Correlation Analysis (CCA); The results will be obtained through flow charts for a better understanding of the methodology, which will work for maximum temperature, minimum temperature and precipitation; this tool will be the basis for the generation of new products by SENAMHI's Zonal Directorate 10, as part of the requirement of climate information at regional level.

Keywords: Seasonal forecast, climate, CPT, CCA.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática

Reconociendo que los pronósticos estacionales pueden ser pronósticos del valor promedio de la temperatura o del valor acumulado de la precipitación, ambos en la escala de un mes o más (Jolliffe & Stephenson, 2003), estos representan una herramienta de información importante para los sectores y actividades que se ven involucrados directamente y son susceptibles al clima como la agricultura, la salud, recursos hídricos, gestión de riesgos de desastres entre otros. Esta información permite conocer la mayor probabilidad del comportamiento de las condiciones promedio de las temperaturas y precipitación respecto a su comportamiento normal, es así que los tomadores de decisiones evaluarán los escenarios climáticos más probables como parte de una cultura de prevención y el desarrollo de acciones oportunas.

Es por esto que el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, organismo público ejecutor adscrito al Ministerio del Ambiente, tiene dentro de uno de sus propósitos generar y proveer información y conocimiento climático de manera confiable y oportuna, viene elaborando el pronóstico climático estacional probabilístico trimestral a nivel nacional mediante informes técnicos que son actualizados de forma mensual con el título “Perspectivas Climáticas”. Sin embargo, la Dirección Zonal 10 – Huánuco no emite información climática regional en ninguno de sus productos y siendo una necesidad la información climática confiable regional, ante la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos que afectan directamente a diferentes sectores y actividades como la agricultura, salud, recursos hídricos, construcción, gestión de riesgos de desastres entre otros del departamento de Huánuco. Por ello es necesario realizar la metodología para elaborar el pronóstico climático estacional mediante el programa libre CPT, ya que al desarrollar la metodología base, la Dirección Zonal 10 – Huánuco podrá desarrollar diversos productos para los usuarios según la necesidad de información climática de la región.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar una metodología para el pronóstico climático estacional trimestral probabilístico para el departamento de Huánuco, utilizando la climatología del periodo 1981 – 2010.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Preparar y adecuar los datos correspondientes a las variables predictantes y predictoras para el departamento de Huánuco, utilizando la climatología del periodo 1981 – 2010.
- Establecer los parámetros e índices que se utilizarán en la metodología de análisis de correlación canónica (CCA) del software Climate Predictability Tool (CPT) para la generación de pronóstico climático estacional.
- Analizar el pronóstico probabilístico del Climate Predictability Tool (CPT) en comparación con los pronósticos globales y opinión experta.
- Establecer los procesos específicos del pronóstico climático estacional trimestral probabilístico para el departamento de Huánuco utilizando un diagrama de flujo de procesos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Pronóstico de Clima

Pronóstico más largo plazo, entre meses, estaciones o hasta un año. Este tipo de pronósticos intentan predecir las condiciones predominantes del clima en una determinada región. Aunque los detalles de la evolución dinámica de la atmósfera no sean totalmente predecibles en la actualidad para esta escala de tiempo, algunos comportamientos y patrones estadísticos pueden ser pronosticados.

Es importante establecer que los pronósticos tienen la capacidad de indicar las posibles condiciones a futuro, las cuales dependen de muchos factores. Para los pronósticos de tiempo, básicamente se puede decir que mientras más lejos en el tiempo cronológico se decide pronosticar, menor la habilidad del pronóstico, es decir, un pronóstico para las próximas horas es más acertado que un pronóstico para los próximos días. En cuanto a los pronósticos de clima, la habilidad del pronóstico es más compleja ya que depende, entre otras cosas, del tipo de pronóstico que se aplica (dinámico o estadístico, por ejemplo). (CIFFEN, 2022).

2.2. Pronóstico Estacional

Los pronósticos estacionales pueden ser pronósticos del valor promedio de la temperatura o del valor acumulado de la precipitación, ambos en la escala de 1 mes o más (CIFFEN, 2022), teniendo en consideración que es un tipo de pronóstico de clima.

2.3. Pronóstico Probabilístico

Una forma bastante común de realizar y comunicar los pronósticos es a través de la probabilidad, sobre todo con los pronósticos climáticos estacionales. Esta representación es adecuada, pues para esta escala de tiempo hay una mayor diversidad de posibilidades. Por lo tanto, un pronóstico probabilístico representa la estimación de las respectivas probabilidades de todos los resultados posibles para una condición en el futuro (CIFFEN, 2022).

2.4. Predicción por Terciles

A escala estacional la predicción es de carácter probabilista. Las predicciones reflejan la probabilidad de que el valor promedio de una variable (normalmente precipitación acumulada o promedio de temperatura del aire) a lo largo del período de tres meses esté por encima o por debajo de los valores considerados normales o habituales. Esos valores normales se definen a partir del histórico de registros de cada punto a lo largo de un período de referencia (en nuestro caso 1981-2010). Para caracterizar los valores de un punto y una estación concreta, se divide el total de registros en tres grupos: uno de ellos contendrá el tercio de valores más bajos (tercil inferior), otro tercio de ellos contendrá los valores más altos (tercil superior), y los valores restantes, intermedios entre ambos, serán los considerados valores normales (tercil central). Para cada punto, existirán dos valores que marcarán el límite entre el inferior y el normal, y entre el tercil normal y el superior (Agencia Estatal de Meteorología - AEMET, 2016).

2.5. Predictibilidad

La predictibilidad se define en términos prácticos como la capacidad potencial de poder tener una predicción aceptable en base al principio antes explicado. Esto depende de la región geográfica y determina si la predicción estacional es posible o no (Martínez, Rivadeneira, & Nieto, 2011).

2.6. Modelos estadísticos

Los modelos estadísticos se basan en el análisis y procesamiento de los datos históricos observados y las correlaciones estadísticas entre ellos. De esta manera de diversas formas y metodologías, a partir de ciertas variables como por ejemplo la temperatura del mar o la presión atmosférica (PREDICTORES), se puede estimar el valor de variables atmosféricas como la precipitación y la temperatura (PREDICTANDO). Los modelos estadísticos se encuentran basados en determinar los “predictores” a partir de patrones climáticos, por ejemplo: la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico para los eventos El Niño/La Niña. Los Modelos estadísticos tienen diferentes grados de complejidad: análogos, métodos de regresión, análisis de correlación canónica, redes neuronales entre otras.

2.7. Climate Predictability Tool - CPT

La herramienta de predictibilidad climática (CPT) es un paquete de software para construir un modelo de pronóstico climático estacional, realizar la validación del modelo y producir pronósticos con datos actualizados. Su diseño tiene como propósito producir pronósticos climáticos estacionales usando correcciones de estadísticas de salida del modelo (MOS) para predicciones climáticas del modelo de circulación general (GCM), o para producir pronósticos usando campos de temperaturas de la superficie del mar o predictores similares. Aunque el software está diseñado específicamente para estas aplicaciones, se puede utilizar en entornos más generales para realizar análisis de correlación canónica (CCA), regresión de componentes principales (PCR) o regresión lineal múltiple (MLR) en cualquier dato y para cualquier aplicación (Columbia Climate School-International Research Institute for Climate Society, 2011).

2.8. IRI/LDEO Biblioteca de Datos Climáticos

La Biblioteca de Datos del Instituto de Investigación Internacional (IRI), contiene información libre disponible en línea, herramientas de análisis que permite visualizar, analizar y descargar datos relacionados al clima, a través de un navegador estándar del internet.

2.9. Predictor

En análisis de regresión, la palabra “predictor” es usada para denotar una “variable explicativa” que es utilizada para predecir un predictante (Jolliffe & Stephenson, 2003).

2.10. Predictante

Es la variable observada que será pronosticada. En regresión, el predictante es conocido como la “variable de respuesta”, la cual es predicha usando el “predictor”. Los predictantes escalares pueden ser de categoría nominal (ej: nieve, niebla, soleado, etc.), de categoría ordinal (ej: frío, normal, caliente.), variables discretas (ej: número de huracanes.) o variables continuas (ej: temperatura.) (Jolliffe & Stephenson, 2003). En el presente estudio se utilizan como predictantes variables continuas como la precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima.

2.11. Temperatura

La Temperatura es la medida promedio de la velocidad de los átomos y moléculas, donde una temperatura más alta corresponde a una mayor velocidad promedio (C. Donald Ahrens, 2014). Para medir la temperatura del aire el termómetro se coloca dentro de la caseta meteorológica para que no reciba la radiación solar y así no altere el registro. El aire entra a la caseta e interacciona con el termómetro. El termómetro puede aumentar su temperatura y el aire disminuir hasta que lleguen a un equilibrio, en el cual la interacción entre el termómetro y el aire no causa alteración el sistema. Se denomina equilibrio térmico a dicho estado. (Young, Hugh D. & Roger A. Freedman., 2009).

2.11.1. Temperatura Máxima

La temperatura máxima es la más alta registrada en el periodo de tiempo de 1 día (IDEAM, 2019). Para calcular la temperatura mensual se debe promediar todas las temperaturas máximas diarias que se registraron en 1 mes. Las mediciones de esta variable se han llevado a cabo en las estaciones climatológicas (estaciones climatológicas principales y estaciones climatológicas ordinarias) de la red de estaciones meteorológicas del SENAMHI.

2.11.2. Temperatura Mínima

La temperatura mínima es la más baja registrada en el periodo de tiempo de 1 día (IDEAM, 2019). Para calcular la temperatura mínima mensual se debe promediar todas las temperaturas mínimas diarias que se registraron en 1 mes. Las mediciones de esta variable se han llevado a cabo en las estaciones climatológicas (estaciones climatológicas principales y estaciones climatológicas ordinarias) de la red de estaciones meteorológicas del SENAMHI.

2.11.3. Precipitación

El agua que cae de las nubes, a la superficie en forma líquida o sólida se denomina precipitación. (IDEAM, 2019). La precipitación se mide en términos de la altura de la lámina de agua, y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina indica la altura de agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. Los registros de precipitación se han llevado a cabo en las estaciones climatológicas (estaciones climatológicas principales, estaciones climatológicas ordinarias y estaciones pluviométricas) y agrometeorológicas (estaciones meteorológicas agrícolas principales) de parte de la red de estaciones meteorológicas del SENAMHI.9.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional (TSP), implicará la realización de una monografía no experimental, basada en la experiencia como analista meteorológico de la Dirección Zonal 10 del SENAMHI, para cumplir con el objetivo general, desarrollar una metodología para el pronóstico climático estacional trimestral probabilístico para el departamento de Huánuco, utilizando la climatología del periodo 1981 – 2010.

Siendo una necesidad la información climática confiable a nivel nacional y regional, ante la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos que afectan directamente a diferentes sectores y actividades como la agricultura, salud, recursos hídricos, construcción, gestión de riesgos de desastres entre otros. Y al no contar con información climática regionalizada para Huánuco a través de algún producto para nuestros usuarios, por parte de la Dirección Zonal 10 - Huánuco del SENAMHI, se plantea realizar la metodología para elaborar el pronóstico climático estacional mediante el programa libre CPT, aplicando los conocimientos adquiridos en la formación universitaria de la carrera y también como parte de la capacitación del curso “Pronóstico Climático Estacional” impartido por el SENAMHI. Ya que al desarrollar la metodología base, la Dirección Zonal 10 – Huánuco podrá desarrollar diversos productos para los usuarios según la necesidad de información climática de la región.

A continuación, se tomará como ejemplo la elaboración del pronóstico climático estacional para el trimestre octubre – diciembre 2019 para temperatura máxima, temperatura mínima o precipitación para el departamento de Huánuco, solo se utilizará de manera referencial los resultados para poder establecer la metodología a seguir para la elaboración de este.

3.1. Delimitación temporal y ámbito geográfico

El pronóstico climático estacional trimestral probabilístico se enmarcará dentro del departamento de Huánuco, ya que cuenta con el mayor número de estaciones meteorológicas con mayor serie histórica dentro de la Jurisdicción de la Dirección Zonal 10. Huánuco se encuentra ubicado en la zona centro oriental del país, por su ubicación cuentan con nevados,

cordilleras, cálidos valles y selvas amazónicas y en las faldas de los nevados existen muchas lagunas que nacen de los deshielos. Estas características hacen que se agrupen en los sectores climáticos de sierra central oriental, selva alta central y selva baja central (SENAMHI, 2020). Dentro del departamento se tiene distribuidas 12 estaciones meteorológicas, ver Figura 1.

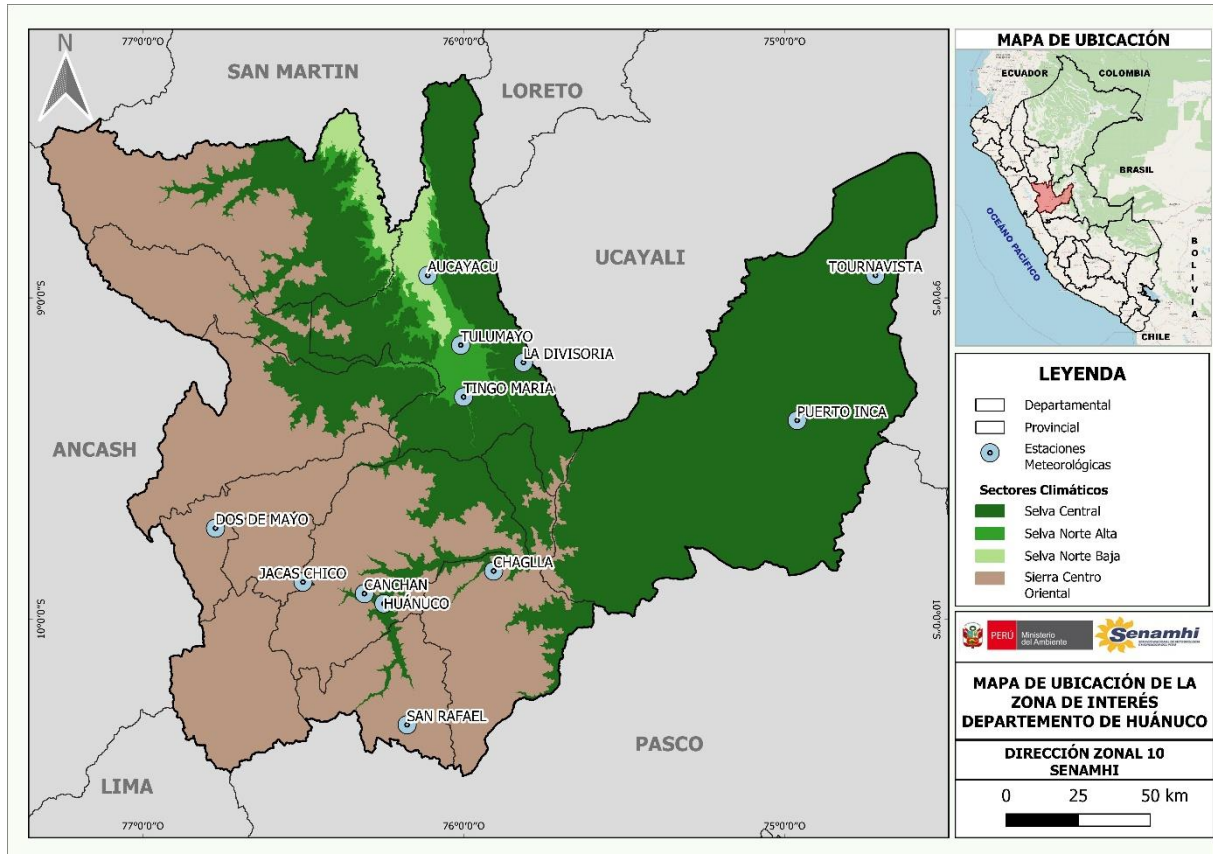


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de interés departamento de Huánuco

FUENTE: SENAMHI – DZ10, 2021.

3.1.1. Clasificación Climática

Tener conocimiento sobre los tipos de climas presentes en el departamento de Huánuco, es información base importante, incluso antes de realizar cualquier tipo de pronóstico ya sea del tiempo, climático, mensual, inter estacional, estacional o incluso para temas de cambio climático, ya que los resultados que se obtengan deben ser coherentes con estas características climáticas que están basadas en los regímenes de precipitación y temperatura.

El departamento de Huánuco presenta 14 tipos de clima (Figura 2 y Tabla 1) de acuerdo con la clasificación climática actualizado recientemente por el SENAMHI, es importante conocer la clasificación climática de la zona de interés ya que los resultados obtenidos de pronóstico tienen que ser coherentes a esto. Los climas predominantes son los cálidos y

templados, de muy lluviosos a lluviosos, presentando humedad durante todo el año, B(r)A', B(r)B', A(r)B' y A(r)A' y están presentes en el oriente del departamento, en las provincias de Puerto Inca, Leoncio Prado, Marañón y sector oriental de las provincias de Huacaybamba, Huamalíes y Huánuco. Hacia el occidente y a niveles de mayor altura el clima es lluvioso, templado o frío y con deficiencia de humedad en otoño e invierno, B(o,i)B' y B(o,i)C', presente en las provincias de Lauricocha, Yarowilca, Dos de Mayo, Huamalíes, y zonas altas de Pachitea, Huánuco, Huacaybamba y Marañón. En las cercanías a la cordillera occidental de los Andes, partes altas en las provincias de Huamalíes y Lauricocha que limitan con Áncash y Lima, respectivamente, los climas son fríos a frígidos, muy lluviosos y con presencia de humedad durante todo el año A(r)C', A(r)D' y B(r)D'; el clima es glaciar en niveles que superan los 5 000 msnm. En los valles de la provincia de Pachitea, Puerto Inca, Huánuco y Ambo, se presentan climas semisecos de templados a cálidos, con humedad durante todo el año, C(r)B' y C(r)A'. En pequeñas áreas de las provincias de Marañón, Huacaybamba y Huamalíes, en la margen derecha del río Marañón se encuentran los climas semisecos y templados, con deficiencia de humedad en invierno, C(i)B', y con deficiencia de humedad en otoño e invierno, C(o,i)B' (SENAMHI, 2021).

Tabla 1: Tipos de clima en el departamento de Huánuco

<i>Símbolo</i>	<i>Tipos de climas</i>
<i>B(o,i)B'</i>	Lluvioso con otoño e invierno seco y templado.
<i>A(r)A'</i>	Selva/Muy Lluvioso con abundante humedad en todas las estaciones, cálido.
<i>A(r)B'</i>	Selva/Muy Lluvioso con abundante humedad en todas las estaciones, templado.
<i>A(r)C'</i>	Selva/Muy Lluvioso con abundante humedad en todas las estaciones, frío.
<i>A(r)D'</i>	Selva/Muy Lluvioso con abundante humedad en todas las estaciones, semifrío.
<i>B(o,i)B'</i>	Bosque/Lluvioso con otoño e invierno seco y templado.
<i>B(o,i)C'</i>	Bosque/Lluvioso con otoño e invierno seco y frío.
<i>B(r)A'</i>	Bosque/Lluvioso con abundante humedad en todas las estaciones y cálido.
<i>B(r)B'</i>	Bosque/Lluvioso con abundante humedad en todas las estaciones y templado.
<i>B(r)D'</i>	Bosque/Lluvioso con abundante humedad en todas las estaciones y semifrío.
<i>C(i)B'</i>	Pastizal/Semiseco con invierno seco y templado.
<i>C(o,i)B'</i>	Pastizal/Semiseco con otoño e invierno seco, templado.
<i>C(r)A'</i>	Pastizal/Semiseco con abundante humedad en todas las estaciones, cálido.
<i>C(r)B'</i>	Pastizal/Semiseco con abundante humedad en todas las estaciones, templado.
GLACIAR	Glaciar

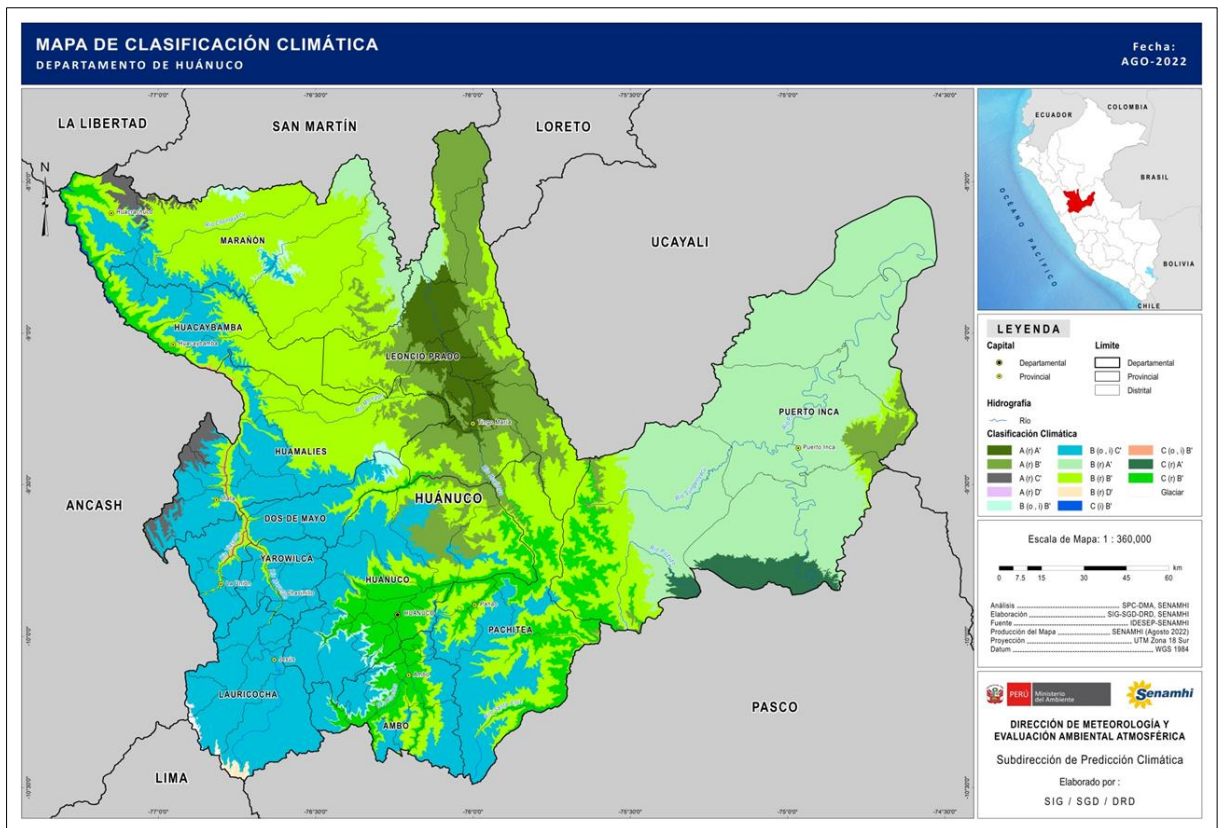


Figura 2. Clasificación Climática del departamento de Huánuco
FUENTE: SENAMHI, 2020.

3.2. Datos

Para la elaboración de la monografía en esta sección se prepararon y adecuaron los datos correspondientes a las variables predictantes y predictoras para el departamento de Huánuco.

3.2.1. Predictantes

Para los predictantes se utilizaron datos observados, data histórica obtenida de 12 estaciones meteorológicas de la red observacional del SENAMHI emplazadas en el departamento de Huánuco, es ideal que las estaciones cuenten con series muy largas de datos históricos con la menor cantidad de datos faltantes e información confiable para que puedan prever información representativa. Los datos fueron extraídos de la base de datos históricos del SIEM - Sistema Estadístico y Meteorológico – SENAMHI, que cuenta con un filtro de control de calidad listos para ser trabajados. (Ver Tabla 2).

Tabla 2: Estaciones meteorológicas convencionales de la red observacional del SENAMHI-DZ10

Estación	Distrito	Provincia	Departamento	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Inicio de operación
Jacas Chico	Jacas Chico	Yarowilca	Huánuco	09° 53' 5.05''	76° 30' 3.37''	3673	Feb/74
Dos de Mayo	Pachas	Dos de Mayo	Huánuco	09° 43' 1.56''	76° 46' 25.56''	3442	Oct/00
Chaglla	Chaglla	Pachitea	Huánuco	09° 51' 1.37''	75° 54' 24.42''	3036	Oct/98
San Rafael	San Rafael	Ambo	Huánuco	10° 19' 45.27''	76° 10' 35.47''	2722	Abr/65
Canchan	Huánuco	Huánuco	Huánuco	09° 55' 15.43''	76° 18' 34.62''	1986	Oct/84
Huánuco	Pillco Marca	Huánuco	Huánuco	09° 57' 7.24''	76° 14' 54.8''	1947	Abr/64
La Divisoria	Leoncio Prado	Leoncio Prado	Huánuco	09° 12' 3.27''	75° 48' 50.15''	1691	Mar/95
Tingo María	Rupa Rupa	Leoncio Prado	Huánuco	09° 18' 30.6''	76° 0' 1.59''	660	Jul/64
Tulumayo	José Crespo y Castillo	Leoncio Prado	Huánuco	09° 08' 49.4''	76° 0' 33.97''	628	Jun/65
Aucayacu	José Crespo y Castillo	Leoncio Praado	Huánuco	08° 55' 47.53''	76° 06' 42.15''	586	Nov/74
Puerto Inca	Puerto Inca	Puerto Inca	Huánuco	09° 23' 6.37''	74° 57' 49.53''	249	Dic/63
Tournavista	Tournavista	Puerto Inca	Huánuco	08° 55' 38.98''	74° 42' 31.74''	213	Jul/65

FUENTE: SENAMHI, 2023

Las variables que se utilizaron son de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación, las cuales necesitan ser preparadas y adecuadas al formato de ingreso de variables del programa CPT. Los datos históricos tendrán un formato detallado para el programa CPT que tiene como atributo poder ser personalizado y configurable según el requerimiento (bimestral, trimestral o semestral) dentro del programa CPT, es por eso que los datos en este formato se trabajaran de forma mensual para todos los años.

Todos los archivos de las variables tendrán en común la misma estructura con el único cambio que para temperaturas el valor mensual será la temperatura promedio mensual y para precipitación será el valor acumulado de lluvia del mes (suma diaria de lluvia del mes). En la Figura 3 se puede observar el encabezado del archivo tabulado donde se encuentra la información de la matriz de datos que se va ingresar como:

- Field: Significa tipo de variable, donde se precisará si es precipitación (prcp) o temperatura máxima (tempmx) o temperatura mínima (tempmn).
- Nrow: Significa el número de filas, cantidad de meses ordenadas de forma vertical, en este caso se trabajó desde el ene de 1975 a set de 2019 (537 meses), ya que se está realizando la simulación del pronóstico climático estacional para el trimestre octubre – diciembre 2019.

- Ncol: Significa el número de columnas, cantidad de estaciones que se está usando en el archivo, en este caso se trabajó con 12 estaciones.
- Row: Indica que se está mostrando en la fila, en este caso es “T”, ya que representa el tiempo (meses).
- Col: Indica que se está mostrando en las columnas, en este caso es “station”, ya que se muestran los nombres de las estaciones.
- Units: Indica cual es la unidad de la variable que se está trabajando, conde “mm” será milímetros para precipitación y “gs” será grados para temperatura.
- Missing: Indica como se representarán los datos faltantes, en este caso será “-999”, para que el programa lo pueda reconocer.

	Huanuco	Ting-Maria	Aucayacu	Divisoria	Tournavista	Canchan	Chaglla	JacaS-Chico	Tulumayo	Pto-Inca	Dos-Mayo	San-Rafael	
365	2004-11	34.8	469.3	514.6	367.8	305.4	22.1	66.7	87.8	465.2	429.4	122.6	86.3
366	2004-12	104.6	323.4	311.6	382.1	290	87.7	173.1	184.1	239.6	319	82.8	172.9
367	2005-01	32.6	245.1	286.8	193.4	168.8	77.6	78.6	81.4	266.5	280.6	83.2	71.5
368	2005-02	45	314.8	346.1	255.9	208.2	69.9	85.6	164.8	322.8	320.4	114.6	100.4
369	2005-03	92.7	549.4	373.5	384.9	205	105	209.4	160.9	384.7	320.1	145.6	125.5
370	2005-04	12.2	117.3	155.1	140.2	0	14.1	62.7	53	175.3	87	62.6	31.3
371	2005-05	1.4	149	96.6	140.7	34.1	1	8	5.2	69.6	189	3.1	1.9
372	2005-06	0	187.7	223.1	100.4	42.2	0	5.2	0	272.3	101.3	0	0
373	2005-07	2	55.8	43.6	61.8	12.7	6.6	20.6	10.8	18.8	34.6	0.7	4.4
374	2005-08	8.6	82.9	66.6	55	77.5	20.4	23.6	10.4	65.2	7	4.8	16.4

Figura 3. Archivo de información de matriz de dato

Finalmente se obtuvieron tres archivos en formato texto de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación con la misma estructura con la diferencia de la variable a usar, estos archivos ya preparados y adecuados serán ingresados al programa CPT como la variable respuesta (Y), ya en la configuración del programa se seleccionará la climatología de los datos tomando como referencia el periodo de 1981 – 2010.

3.2.2. Predictores

3.2.2.1. Fuente de datos de los predictores

Los predictores se obtuvieron a través de la Biblioteca virtual de International Research Institute for Climate and Society – IRI (<http://iridl.ldeo.columbia.edu/>), en el cual se descargaron los datos históricos de forma mensual (para este caso se descargaron datos del mes de setiembre desde 1965), con una extensión espacial de la tierra (océanos y continentes), data grillada, estos archivos usan la extensión del formato “. tsv” que son

compatibles con el software CPT. En la Tabla 3, se puede observar la lista de los predictores más utilizados por tener una alta correlación con los predictantes.

Estaciones meteorológicas convencionales de la red observacional del SENAMHI-DZ10.

Tabla 3: Predictores utilizados para descarga

Nombre de variable	Denominación de descarga	Unidad de medida
Altura geopotencial en 200 hPa	NCEP_GH200_SEP	mgp
Altura geopotencial en 500 hPa	NCEP_GH500_SEP	mgp
Altura geopotencial en 850 hPa	NCEP_GH850_SEP	mgp
Viento Zonal 200 hPa	NCEP_ZW200_SEP	m/s
Viento Zonal 500 hPa	NCEP_ZW500_SEP	m/s
Viento Zonal 850 hPa	NCEP_ZW850_SEP	m/s
Viento Meridional 200 hPa	NCEP_MW200_SEP	m/s
Viento Meridional 500 hPa	NCEP_MW500_SEP	m/s
Viento Meridional 850 hPa	NCEP_MW850_SEP	m/s
Temperatura Superficial del Mar -TSM	NCEP_SST_SEP	°C
Humedad Específica 300 hPa	NCEP_SH300_SEP	g/Kg
Humedad Específica 500 hPa	NCEP_SH500_SEP	g/Kg
Humedad Específica 850 hPa	NCEP_SH850_SEP	g/Kg
Presión a nivel del mar	NCEP_MSL_SEP	hPa / mbar



Figura 4. Interfaz de la biblioteca virtual IRI
FUENTE: IRI, 2023.

En la biblioteca virtual del IRI se obtendrán los predictores señalados anteriormente, a manera de ejercicio se descargarán los datos de reanálisis de Temperatura Superficial de Mar para los meses de setiembre de cada año desde 1965, el mismo procedimiento se siguió con cada variable.

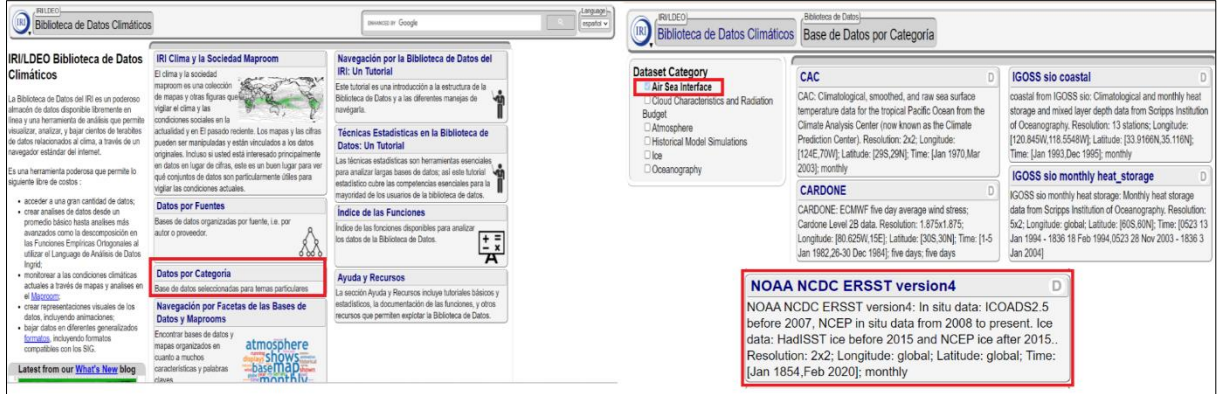


Figura 5. Interfaz de la biblioteca virtual IRI, muestra la fuente de información que se utilizará para la TSM
FUENTE: IRI, 2023.

Como se muestra en la Figura 5, muestra la elección de la fuente de datos que se utilizarán para la TSM, en este caso se eligió la fuente de datos reconstruidos de la NOAA versión 4 (NOAA NCDC ERSST version4) que cuenta con data de 1854 a 2020, información mensual.

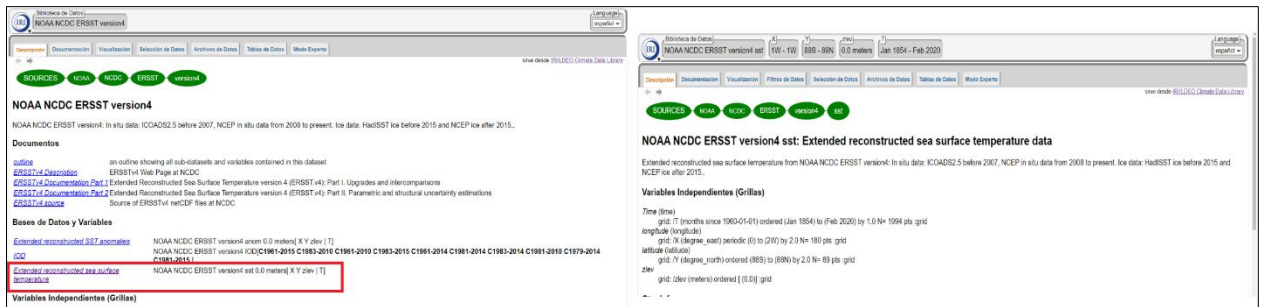


Figura 6. Información de la biblioteca de TSM
FUENTE: IRI, 2023.

3.2.2.2. Preparación y adecuación de los predictores para CPT

Todos los archivos de las variables de los predictores tendrán en común que serán datos mensuales de setiembre de 1965 a 2019, para eso se prepararán y adecuarán los datos históricos de TSM, esto se realizará en la misma plataforma del IRI. En la Figura 7 se puede observar que se empieza a seleccionar la data para el periodo con el que se trabajará (sección “selección de datos”).

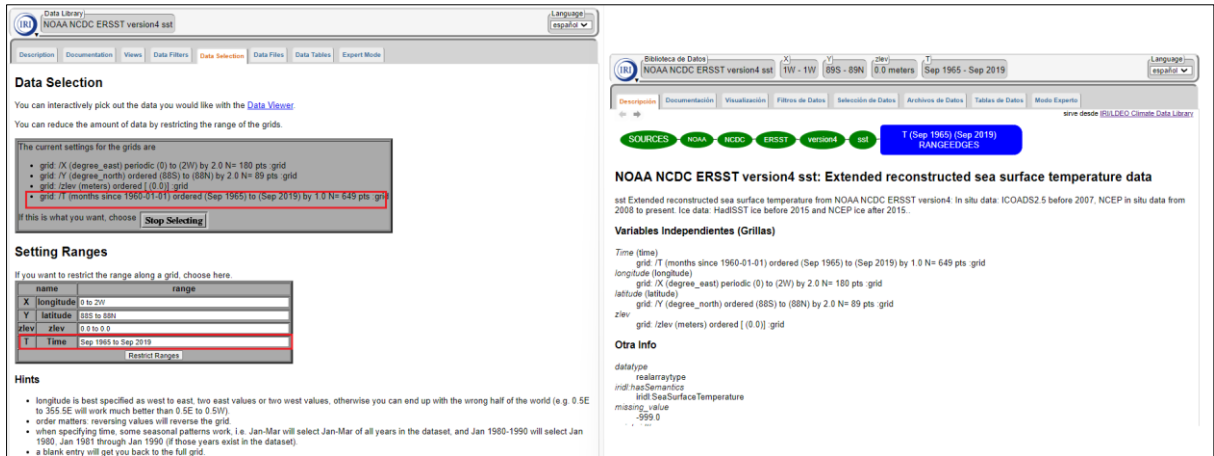


Figura 7. Selección de datos del periodo con el que se trabajará
FUENTE: IRI, 2023.

Ahora como solo se necesita datos de setiembre de cada año, es decir un dato por año (55 puntos de grilla en tiempo), se realizará la configuración de esta en la sección “modo experto”, como se observa en la Figura 8.

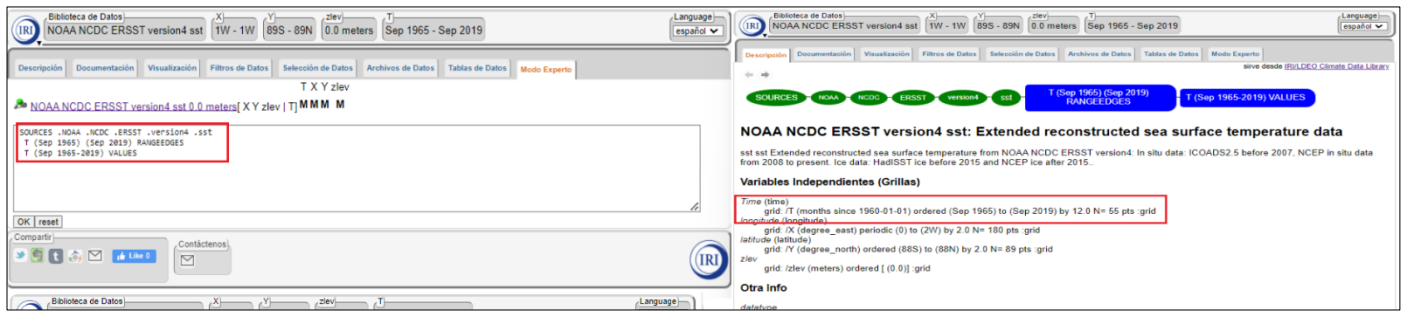


Figura 8. Se trabaja los datos en modo experto
FUENTE: IRI, 2023.

Finalmente, la información ya está lista para utilizarse en el programa CPT, por lo que se procede a descargar de la biblioteca virtual en “Archivo de datos”, el cual tiene la opción de descargarlo en el formato que utilizará el programa.

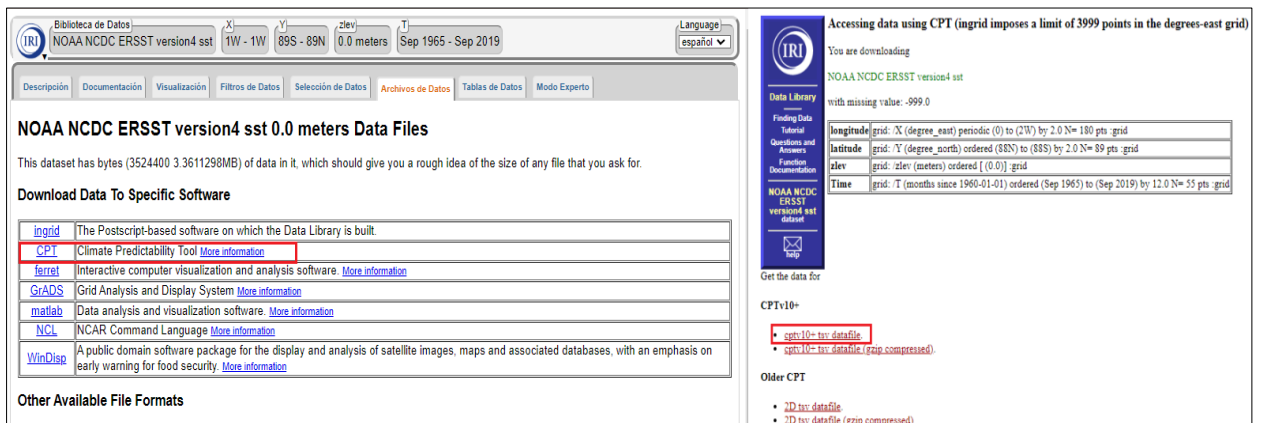


Figura 9. Descarga de datos en IRI
FUENTE: IRI, 2023.

En la Figura 10 se observan los predictores descargados para el mes de setiembre de 1965 al 2019, estos según la descripción de la Tabla 3.

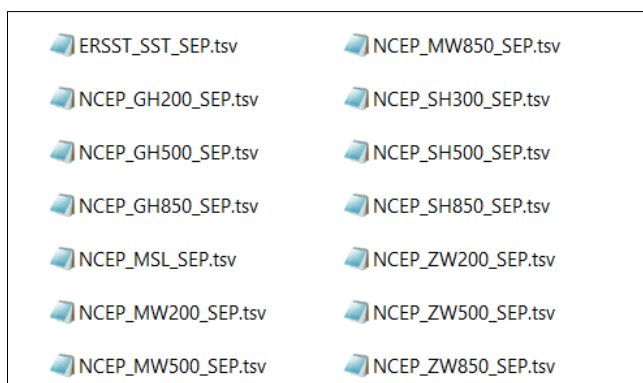


Figura 10. Predictores descargados
FUENTE: IRI, 2019.

3.2.3. Esquema general de predictores y predictantes para el pronóstico estacional

Después de la adecuación y preparación de los predictores y predictandos, el esquema general de estos para la elaboración del pronóstico climático estacional para el trimestre octubre – diciembre 2019 será el que se muestra en la Figura 11, donde el predictor (variable atmosférica u oceánica) en este caso la TSM de setiembre de 1965 hasta setiembre del 2019 aportará una señal climática consistente y una buena relación con el predictante, en este caso las precipitaciones trimestre oct – dic de 1965 hasta el 2018 para que se pueda generar el pronóstico de precipitaciones del trimestre octubre – diciembre del 2019. El esquema trata de mostrar cómo se utiliza información histórica de la TSM con información histórica de precipitaciones de las estaciones de Huánuco, generando una relación con cálculos estadístico para poder hallar una ecuación de regresión, para finalmente utilizar el último valor se TSM (2019) el cual generará el pronóstico de lluvia de octubre - diciembre 2019.

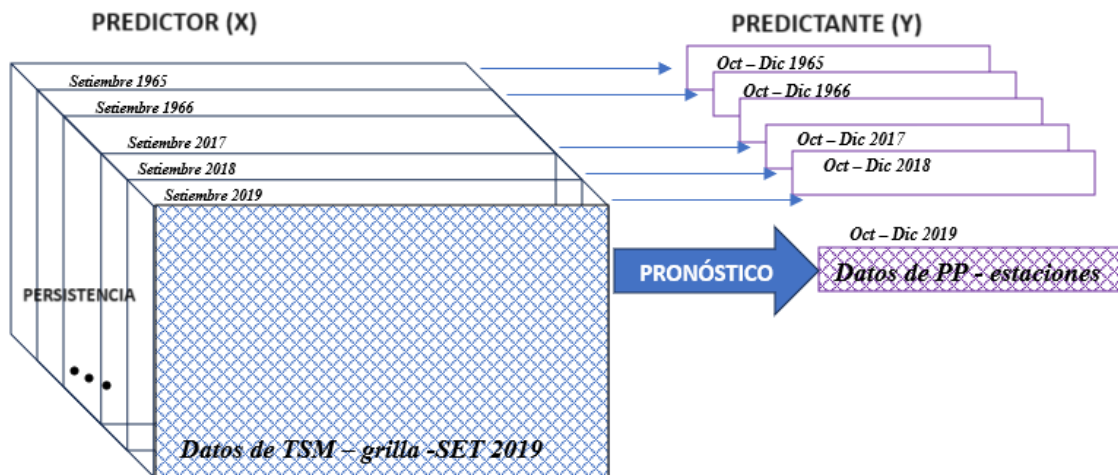


Figura 11. Esquema de predictores y predictantes para la emisión del pronóstico climático

3.3. Pronóstico climático estacional probabilístico

Con los predictores (X) y predictantes (Y) listos se iniciará el uso del software Climate Predictability Tool – CPT, en el cual antes de obtener el modelo estadístico se tiene que realizar algunos procesos previos antes de la corrida del CPT.

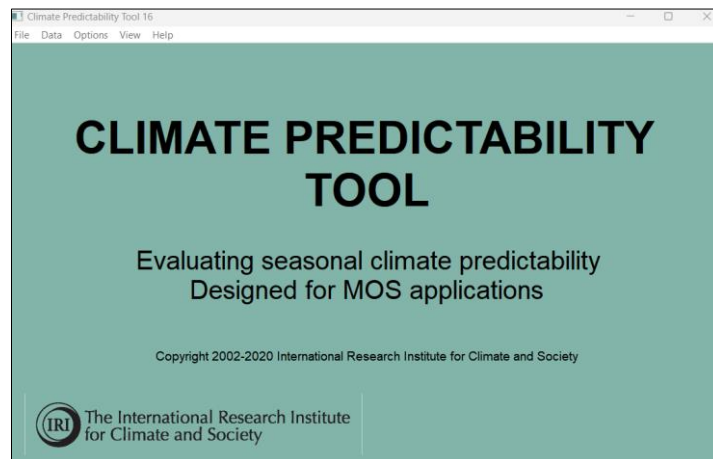


Figura 12. Interfaz del programa CPT

3.3.1. Configuración previa de programa CPT

El programa CPT, utiliza 3 principales metodologías para poder realizar el pronóstico climático estadístico, de las cuales el análisis de correlación canónica es la más utilizada en la región según la Guía de Buenas Prácticas para la Predicción Estacional en Latinoamérica

(Martínes, Rivadeneira, & Nieto, 2011), se utilizará esta metodología que realizará un downscaling estadístico.



Figura 13. Metodología a utilizar en programa CPT

Definido el método, se comienza a ingresar las variables de los predictores y predictantes.

3.3.1.1. Variable explicativa – X

La variable explicativa serán los predictores, para lo cual, se utilizarán y probarán cada variable del paso anterior (la lista de variables señaladas anteriormente), uno a uno, para cada predictante.

Como se puede observar en la Figura 14, para este ejercicio se utilizó el predictor de “Altura geopotencial en 850 - NCEP_GH850_SEP”. Seguidamente se elegirá una región específica espacial, esta región dependerá si existe alguna relación física o climática con el predictante que el pronosticador tengo como conocimiento previo. Seguidamente nos piden indicar el número de modos de “X” el cual nos ayudará a hallar la relación entre predictor y predictante, por lo que se recomienda recoger los primeros modos ya que son los que explican gran parte de la información.

Para este ejercicio se eligió el cuadrante (Lat: 0° - 20°S / Lon: 270°E – 315E°) y se colocó en número de modos tres.

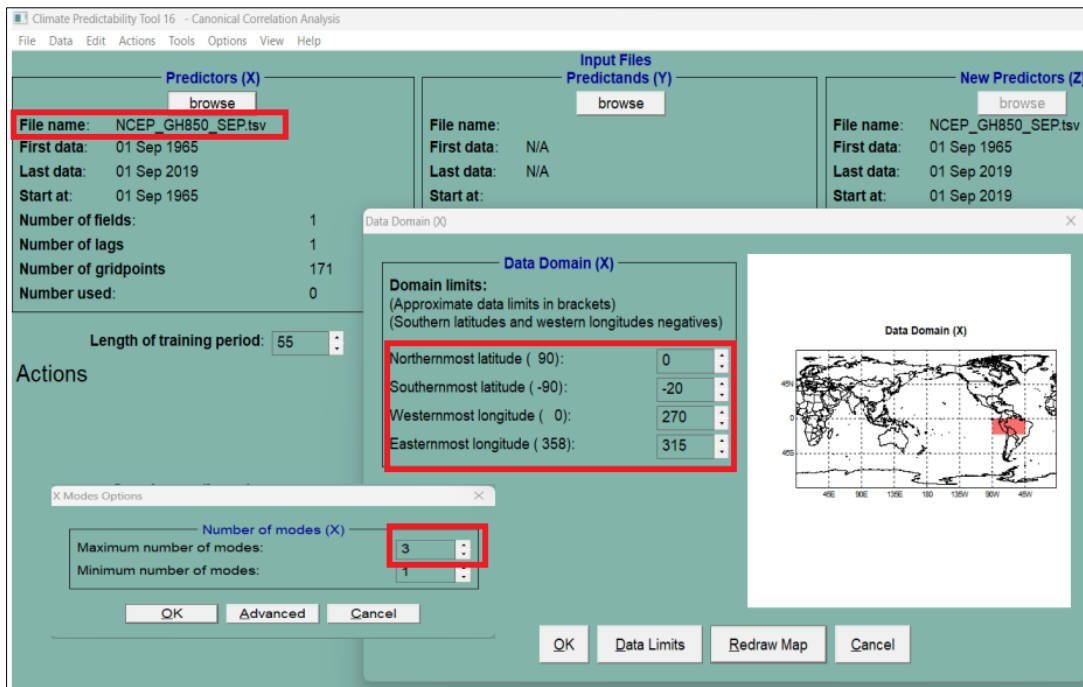


Figura 14. Configuración del predictor en CPT

3.3.1.2. Variable respuesta – Y

Dentro del programa, la variable respuesta corresponde a los predictantes (temperatura máxima, temperatura mínima o precipitación). En este paso, se cargarán los datos mensuales y se definirá el periodo para el cual se realizará el pronóstico, donde se indicará el mes en el cual se iniciará y la forma en la cual se tendrán los resultados.

Como se puede observar en la Figura 15, para este ejercicio se utilizó el predictante de precipitación, con datos mensuales de enero de 1965 hasta setiembre de 2019. Seguidamente se indicará el primer mes de pronóstico, se colocó el número diez que indica el mes de octubre, y se indicará trimestral o en defecto el número 3 (OND – trimestre de octubre - diciembre). Los datos predictantes llevarán las coordenadas geográficas de las estaciones para que el programa lo pueda ubicar espacialmente, esta región está dada por el cuadrante donde están distribuidas las estaciones meteorológicas del departamento de Huánuco, y se colocó en número de modos cuatro.

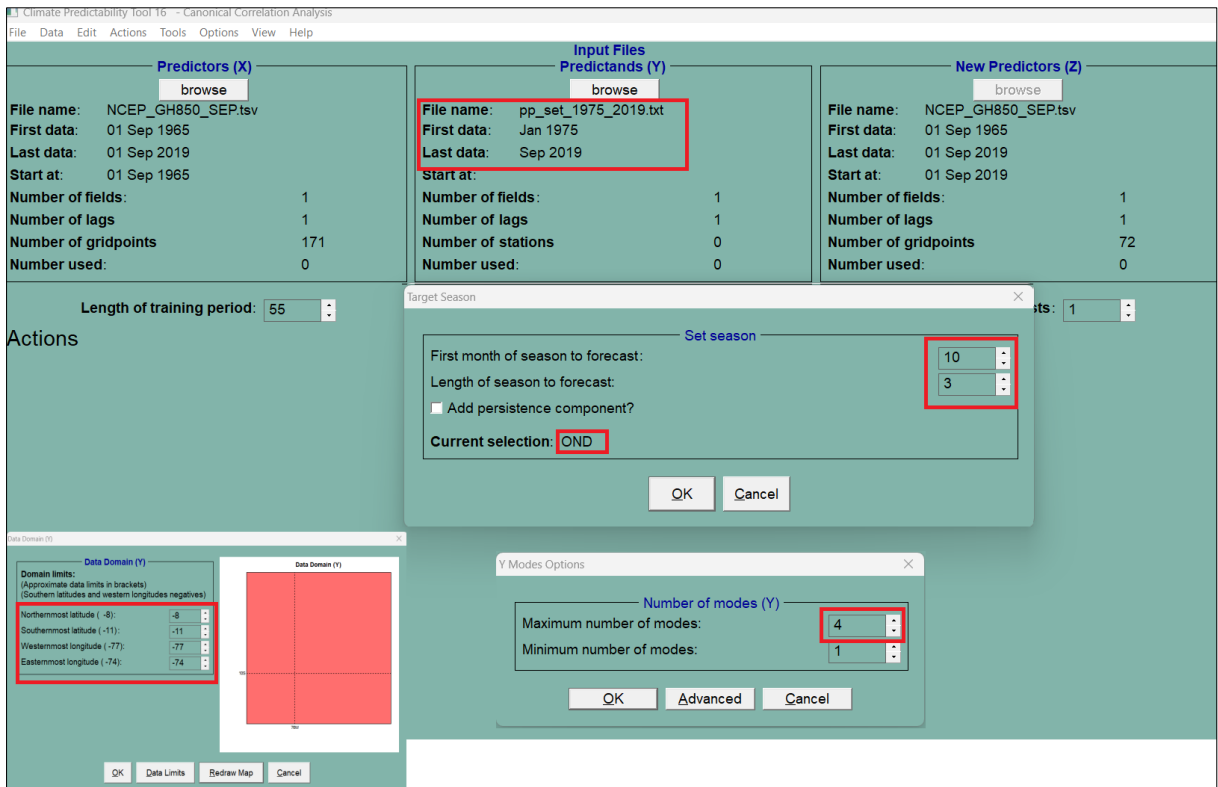


Figura 15. Configuración de predictante en CPT

Los datos de entrada fueron configurados, seguidamente al igual que estos el programa realiza la consulta sobre la correlación canónica (método elegido anteriormente para realizar el pronóstico climático) de los predictores y predictantes, el cual quiere decir que es la regresión múltiple entre modos de “X” y modos de “Y”. Por lo que como se hizo anteriormente se eligen los primeros, se colocó en número de modos dos.

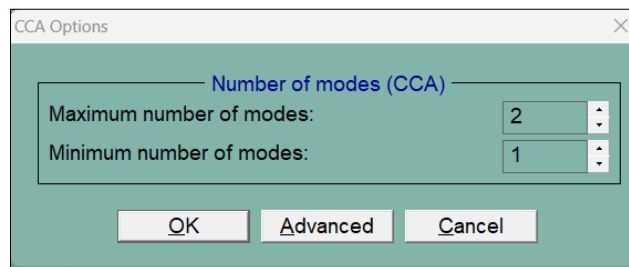


Figura 16. Modos de Correlación Canónica

En la Figura 17, para este ejercicio se puede observar cómo han quedado configurados los predictores y predictantes en el programa. El CPT de manera automática cuadra las fechas de los datos del predictor y predictante respetando las fechas donde los dos coinciden, siendo esta a partir de 1975, por lo que el inicio de las corridas se dará a partir de este año (OND 1975); y finalmente indican la longitud del periodo de entrenamiento el cual indica el número total de años que se tiene de data en este caso son 38 años, en este caso se trabajará con toda la serie.

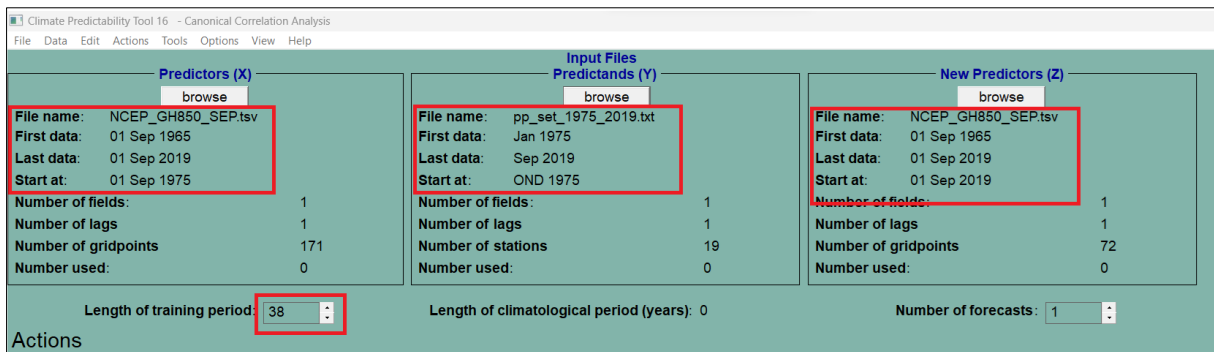


Figura 17. Resultado de la configuración de predictores y predictantes en CPT

3.3.1.3. Configuración del programa

Después de terminar la configuración de predictores y predictantes, se tiene que realizar una serie de configuraciones en el programa para evitar algún tipo de error en el modelo estadístico que se obtenga como resultado, se necesita que esté acorde a los parámetros necesarios para la región y este sea consistente. Es por eso que se configurará:

- a. **Valores faltantes:** En este cuadro se colocará la denominación de datos faltantes para identificar los valores faltantes de los predictores y predictantes, se denominó con “-999”. Seguidamente también se identificará el porcentaje máximo de valores faltantes para considerar en el análisis, en este caso será para el predictante ya que es data de precipitación observada, es decir las estaciones que tengan más del 10% de data faltante no serán consideradas en el proceso; mientras que las estaciones que tengan datos faltantes de su serie histórica menor al 10%, se indica el método de completación de datos que utilizará el programa, en este caso utilizará la última opción “Best near-neighbours”, este utiliza la correlación de los puntos cercanos con la estación de datos faltantes, elige la estación que tiene la mejor correlación.

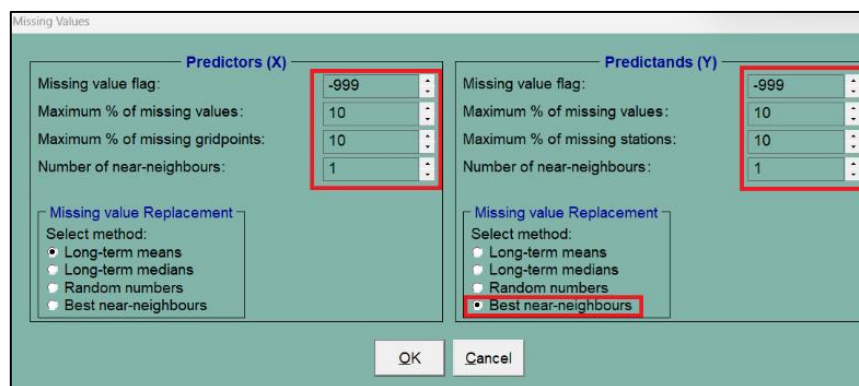


Figura 18. Configuración de valores faltantes

- b. Periodo Climatológico:** Se define el periodo que se tomará como referencia para la climatología, se trabajará de 1981 a 2010, seguidamente en el cálculo estacional se elige la opción según la variable, en el caso de las temperaturas será el promedio de los tres meses de pronóstico y en el caso de precipitación será el valor total (sumatoria de los tres meses).

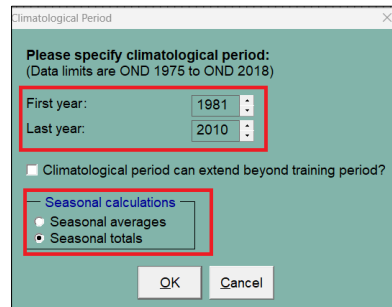


Figura 19. Configuración del periodo climatológico que se utilizara en CPT

- c. Configuración de pronóstico:** Se definirá el nivel de confianza de los resultados para el cálculo estadístico del pronóstico, se utilizó un nivel de confianza alto de 95%.

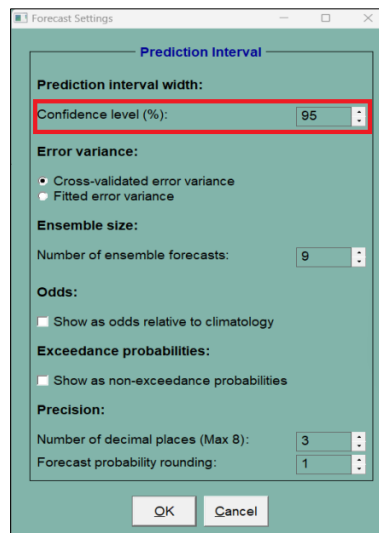


Figura 20. Configuración de pronóstico

- d. Limitar a cero:** Solo se configurará cuando se trabajen con datos de precipitación, ya que no se son coherentes valores negativos para esta variable, en temperatura si es coherente por lo cual se desactiva.

3.3.2. Criterios para manejo de resultados del CPT

Después de haber realizado las configuraciones, se debe ejecutar el programa para que empiece a calcular los valores mediante una validación cruzada con la finalidad de obtener

una regresión robusta. Luego, se analizará el modelo estadístico obtenido con el Goodness Index, el coeficiente de Correlación Canónica y los indicadores estadísticos.

3.3.2.1. Goodness Index

Es el primer indicador después de haber ejecutado el programa, todos los valores deben ser positivos y deben ser valores altos, mientras más cercano al valor 1 es mucho mejor. Si un valor es negativo indica que hay un error de información, no hay una buena correlación entre los modos del predictor y predictante, es por ello que se itera varias veces modificando las zonas predictoras y /o predictores mismos para encontrar un valor aceptable, caso contrario no se puede avanzar con el análisis de los siguientes índices estadísticos, ya que no se encontraría una señal de aporte del predictor al predictante. En la Figura 21 se observan valores referenciales del ejercicio.

CURRENT				OPTIMUM			
Number of Modes X	Y	CCA	Goodness Index	Number of Modes X	Y	CCA	Goodness Index
1	1	1	0.206	1	1	1	0.206
1	2	1	0.236	1	2	1	0.236
1	3	1	0.221	1	2	1	0.236
1	4	1	0.217	1	2	1	0.236
2	1	1	0.195	1	2	1	0.236
2	2	1	0.186	1	2	1	0.236
2	2	2	0.198	1	2	1	0.236
2	3	1	0.188	1	2	1	0.236
2	3	2	0.193	1	2	1	0.236
2	4	1	0.195	1	2	1	0.236
2	4	2	0.171	1	2	1	0.236
3	1	1	0.167	1	2	1	0.236
3	2	1	0.170	1	2	1	0.236
3	2	2	0.200	1	2	1	0.236

Figura 21. Valores del Goodness Index

3.3.2.2. Coeficiente de correlación canónica

Se debe verificar el Coeficiente de correlación canónica, es el grado de relación entre los componentes principales de las variables predictoras (X) y las predictantes (Y) (en forma conjunta). Los valores de este coeficiente deben ser altos para que sean consistentes, se esperan valores mayores al 0.6 como mínimo.

En la Figura 22, se observa el modo más representativo del ejercicio de pronóstico de temperatura mínima para OND 2019, el valor del coeficiente de correlación canónica es mayor al 0.6, es consistente, por lo que los modos están relacionados entre predictor (humedad específica en 850 hPa), cuadro izquierdo, y predictante (temperatura mínima), cuadro derecho donde muestra los puntos de estación (estación de Tingo María), están correlacionadas positivamente (se puede explicar el predictante con el predictor).

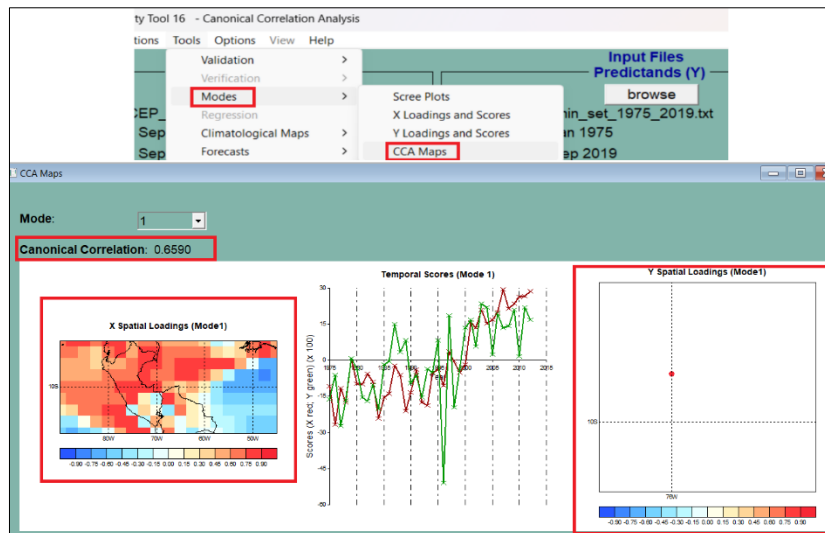


Figura 22. Coeficiente de correlación canónica

Solo si los pasos previos son satisfactorios (Goodness Index y el coeficiente de Correlación Canónica son aceptables) se procederá a evaluar los indicadores estadísticos a través de la evaluación individual por estación.

3.3.2.3. Indicadores Estadístico

Se realiza el análisis estación por estación, en esta etapa no se podrán ver las estaciones que superen el límite permisible de datos faltantes (Martínes, Rivadeneira, & Nieto, 2011).

Se deberá analizar el gráfico de Observations and Cross- Validated Hindcasts (Gráfico inferior izquierdo de la Figura 23), aquí se compara la línea roja (datos observados) y la línea verde (simulación de la variable - Hindcasts), estas deben tener la misma tendencia.

Seguidamente se analizará el gráfico del ROC (Relative Operanting Characteristics), el cual nos indica como está el performance o rendimiento de los pronósticos por categoría, donde la línea azul representa el pronóstico sobre lo normal y la línea roja pronóstico debajo lo normal, estas líneas deben estar por encima o lo más alejadas de la diagonal, ya que es un buen indicador de un buen pronóstico basados en los Hindcasts; gráfico inferior derecho de la Figura 23.

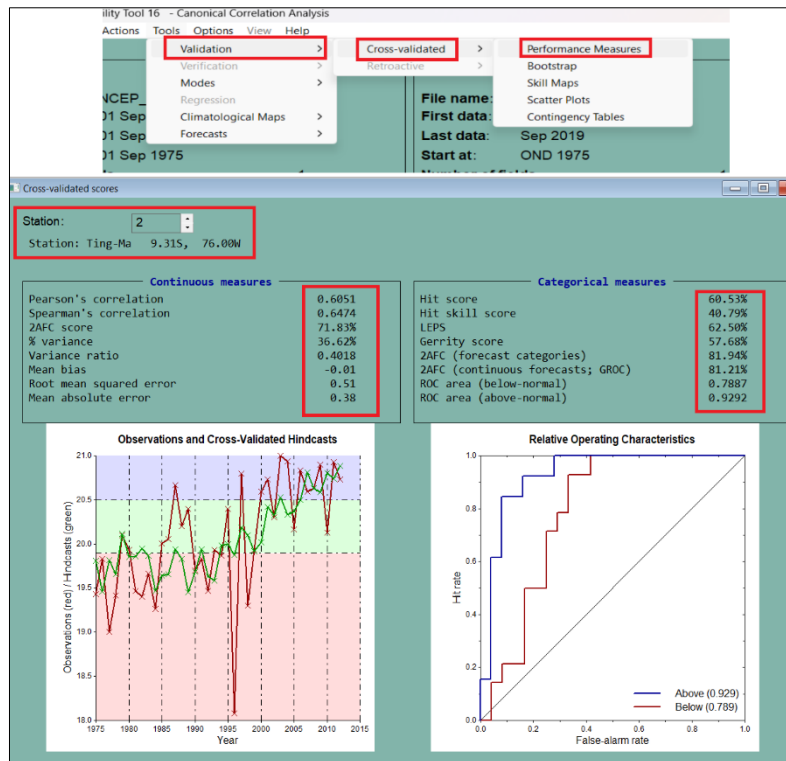


Figura 23. Gráfico de Hindcasts y ROC de una estación meteorológica

Después de haber realizado el análisis de estas gráficas y obtenido buenos resultados, del mismo modo los indicadores estadísticos como son la correlación de Pearson y Spearman deberán presentar valores aceptables superiores al 0.6, mientras más altos los valores se obtendrán mejores resultados, ya que nos indican el grado de asociación que tiene los valores observados con los simulados (pronosticados). Según la Guía de Buenas Prácticas en Predicción Estacional en Latinoamérica los otros indicadores estadísticos son una referencia técnica, entre ellos está la raíz del error cuadrado medio (Root mean squares error), representa la suma de desviaciones que existen entre los valores observados y los pronosticados, es decir, el error que existe para que los valores pronosticados traten de alcanzar al valor observado, su valor aceptable debe ser cercano a cero. (Ver Figura 24)

Continuous measures		Categorical measures	
Pearson's correlation	0.6051	Hit score	60.53%
Spearman's correlation	0.6474	Hit skill score	40.79%
2AFC score	71.83%	LEPS	62.50%
% variance	36.62%	Gerrity score	57.68%
Variance ratio	0.4018	2AFC (forecast categories)	81.94%
Mean bias	-0.01	2AFC (continuous forecasts; GROC)	81.21%
Root mean squared error	0.51	ROC area (below-normal)	0.7887
Mean absolute error	0.38	ROC area (above-normal)	0.9292

Figura 24. Indicadores estadísticos

3.3.3. Resultado de pronóstico probabilístico generado por el CPT

Si se cumplen los criterios para el manejo de resultados del CPT, descritos del ítem anterior, se tienen las condiciones necesarias para poder utilizar el modelo climático para pronosticar en los puntos de estación (solo las estaciones que cumplieron con estos criterios), según el período de pronóstico. Se mostrarán los resultados mediante los percentiles 33 y 66 para el trimestre pronosticado, calculados por el mismo CPT, los cuales representarán los umbrales (valores puntuales según la variable pronosticada) de los escenarios debajo de lo normal, dentro de lo normal y sobre lo normal.

En la Figura 25, a manera de ejemplo muestra el resultado de temperaturas mínimas para la estación de Tingo María, dentro de lo normal, con una probabilidad de 40% a 45%, es decir valores entre los percentiles 33 y 66 para el trimestre OND.

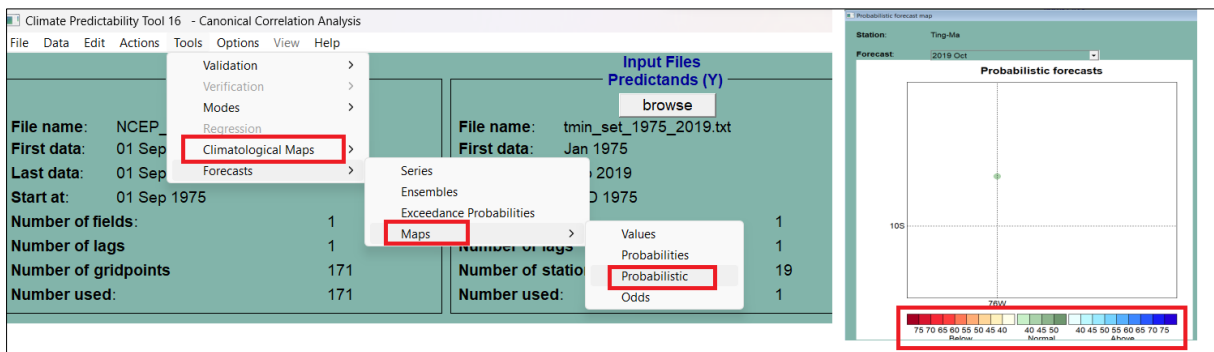


Figura 25. Resultado de pronóstico probabilístico

En la Figura 26, se muestra un gráfico de manera puntual, con todos los resultados por puntos de estación, muestra los porcentajes del pronóstico probabilístico en cada escenario (debajo, normal y sobre lo normal), la climatología referencial, así como los valores de los percentiles 33 y 66 (umbrales de los escenarios), el valor pronosticado para este ejemplo tiene un 42% de probabilidad de condiciones normales, es igual a decir la probabilidad de ocurrencia de la climatología.

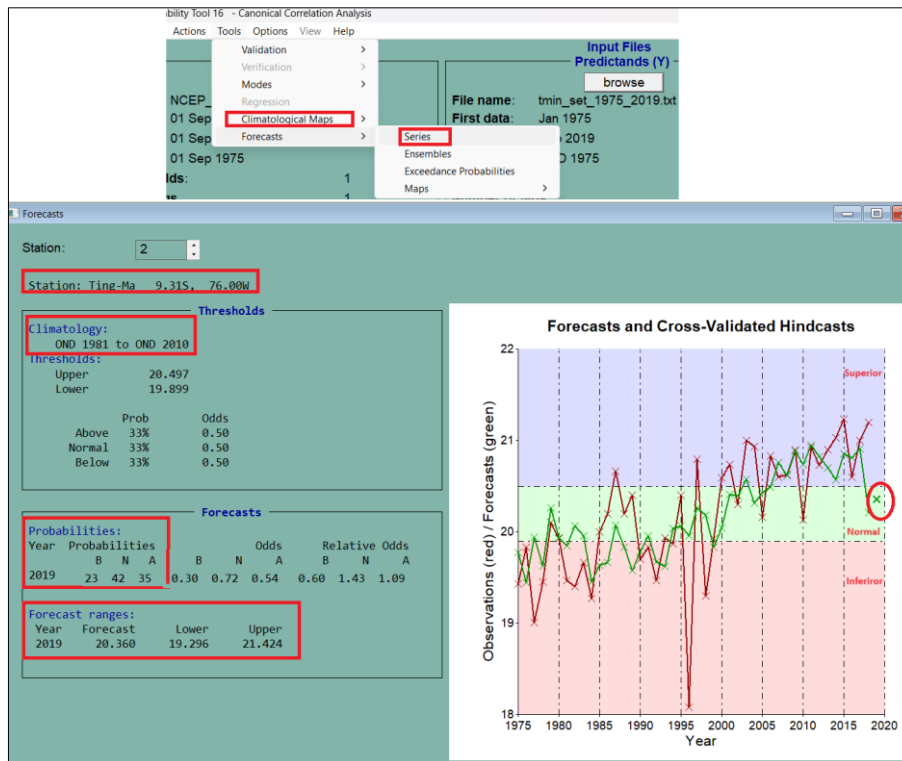


Figura 26. Resultado de pronóstico probabilístico, más detallado

3.4. Análisis de consenso

Una vez obtenidas las salidas de pronóstico probabilístico del CPT, se realizará una reunión de consenso donde se analizarán dichas salidas del CPT con otras herramientas como:

- Model ensemble, generado a partir de los pronósticos de modelos globales de la OMM, este se puede encontrar en el siguiente link: <https://wmo.org/>, en la Figura 27 se puede observar el interfaz de la OMM. En la Figura 28 se puede observar el multi modelo ensamblado de pronóstico probabilístico, este cambiará de acuerdo a la necesidad del pronóstico a evaluar. También se evaluarán los pronósticos globales de la NOAA (según cada modelo numérico), https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/international/nmme/janic/nmme_monthly.shtml, (Figura 29).



Figura 27. Interfaz del Model Ensemble de la OMM, a nivel mundial
FUENTE: OMM, 2023.

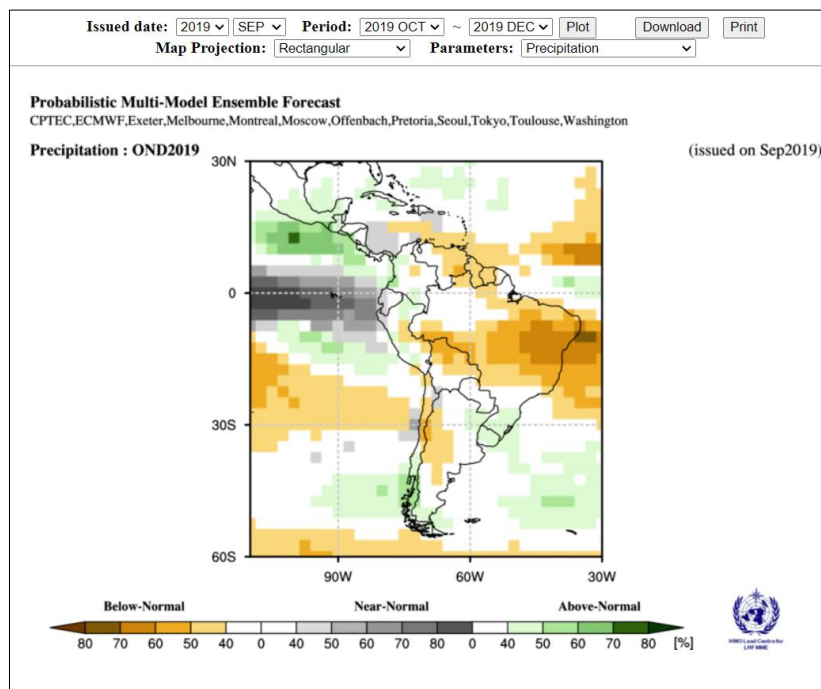


Figura 28. Multi-modelo ensamblado de pronóstico probabilístico para
OND 2019-precipitación
FUENTE: OMM, 2023.

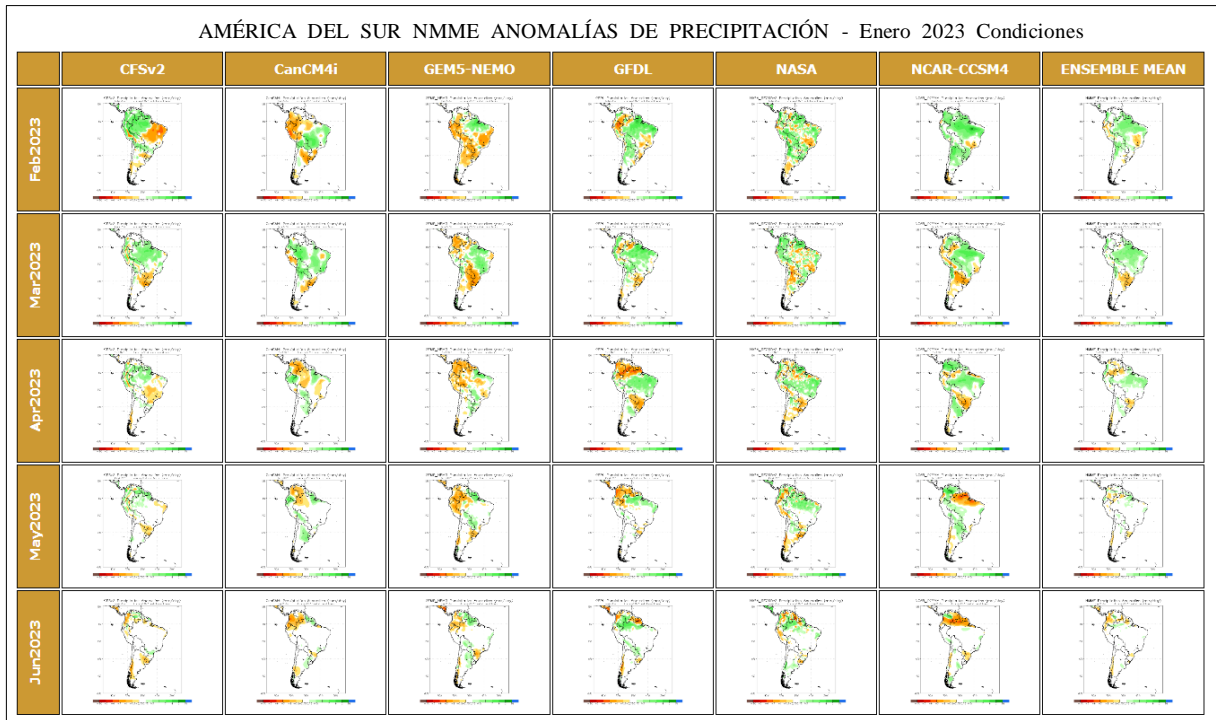


Figura 29. Modelos de pronóstico climático de la NOAA
FUENTE: NOAA

- Monitoreo diario, semanal, quincenal y mensual de las variables meteorológicas a nivel nacional y a nivel regional.

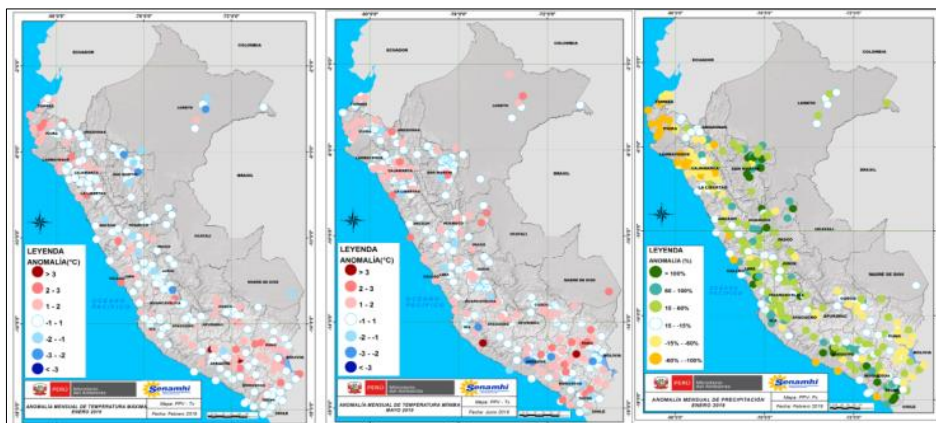


Figura 30. Monitoreo mensual de variables meteorológicas a nivel nacional
FUENTE: SENAMHI, 2019.

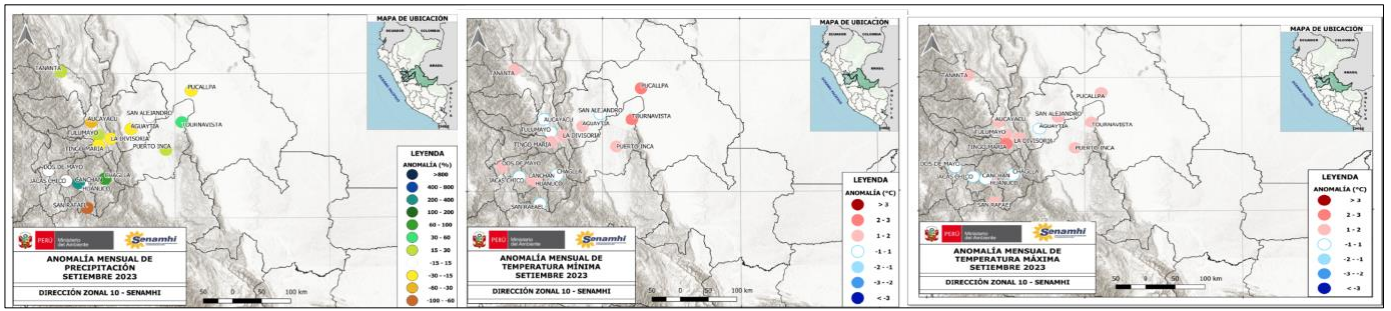


Figura 31. Monitoreo mensual de variables meteorológicas a nivel regional
FUENTE: SENAMHI-DZ10, 2023.

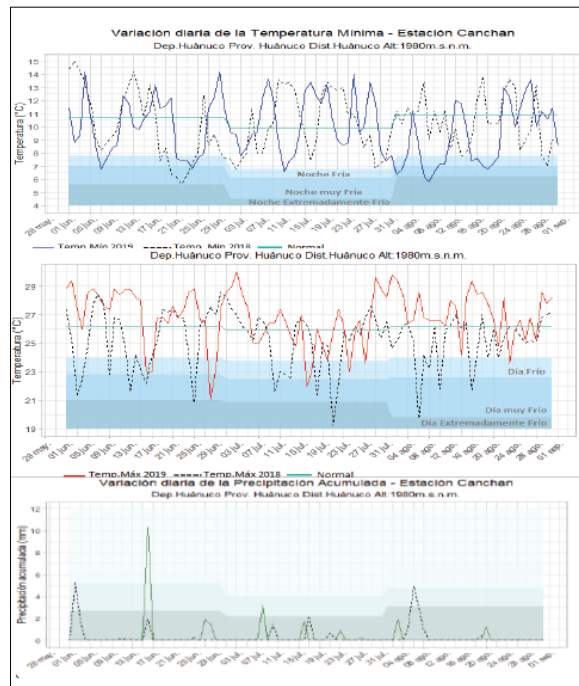


Figura 32. Monitoreo diario a nivel de estación
FUENTE: SENAMHI-DZ10, 2019.

- Monitoreo de la temperatura Superficial del Mar a nivel regional y local.

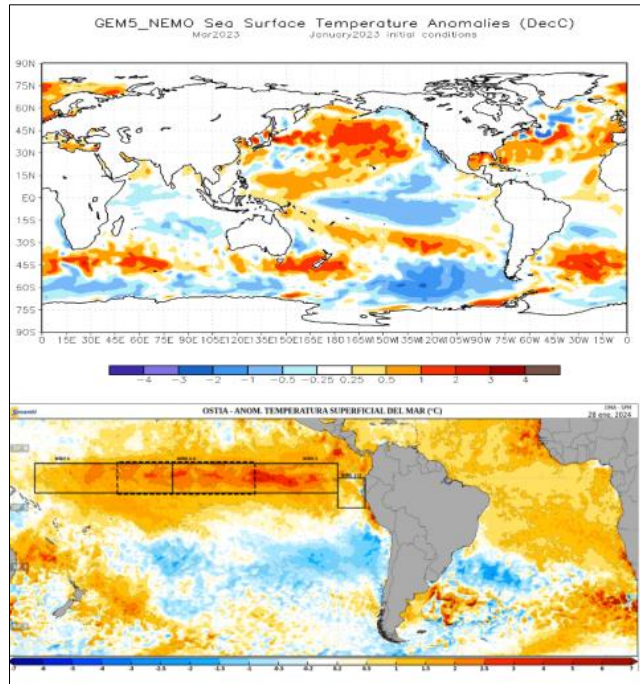


Figura 33. Monitoreo de Temperatura superficial del Mar
FUENTE: NOAA-SENAMHI, 2023.

- Interacción Océano Atmósfera, monitoreo de Radiación onda Larga (ROL), monitoreo de precipitación estimada por satélite, monitoreo de Sistemas Atmosféricos (Patrones Sinópticos, pronósticos Dinámicos).

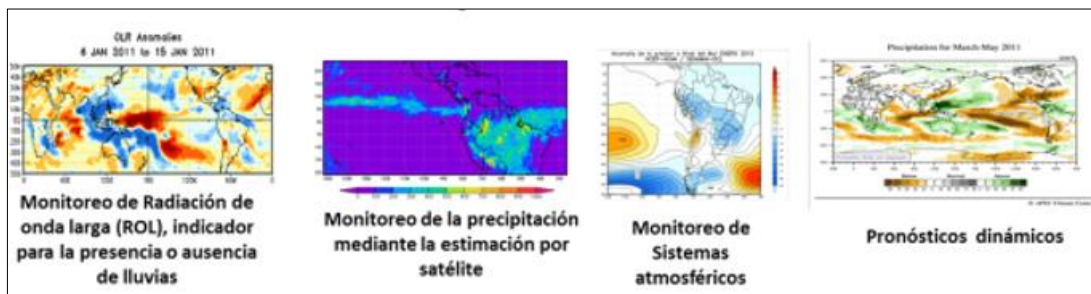


Figura 34. Herramientas que se utilizan para el análisis en las reuniones de consenso
FUENTE: SENAMHI-SPC, 2019.

Desde la experiencia como analista meteorológico, el SENAMHI a través de la Subdirección de Predicción Climática – SPC, realiza una reunión de consenso de manera mensual, logrando un mecanismo de coordinación virtual y presencial que permite un análisis integrado con diferentes direcciones del SENAMHI, como el área de la Subdirección de Predicción Meteorológica -SPM, Subdirección de Modelamiento Numérico - SMN, Direcciones Zonales – DZ's. Es así que se realiza en conjunto, un diagnóstico donde evalúa objetivamente (modelos dinámicos, estadístico) y subjetivamente (conocimiento de

variabilidad climática de la región) para tener un pronóstico climático estacional consensuado.

3.4.1. Emisión Pronóstico Climático Estacional Trimestral Probabilístico - Regional

Al tener el pronóstico consensuado, el SENAMHI a través de la SPC emite un informe Técnico a nivel nacional (publicado en la página web), y de la misma forma distribuye los terciles de las estaciones meteorológicas a nivel nacional a cada Dirección Zonal. Esta información es trabajada por cada Dirección Zonal a través de la emisión de boletines mensuales y el desarrollo de informes técnicos a nivel regional por requerimiento de usuarios.

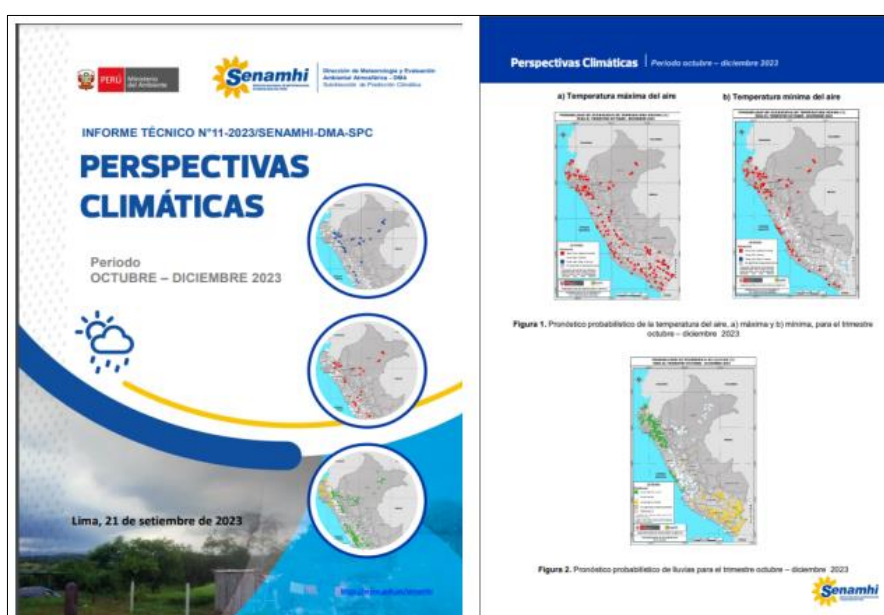


Figura 35. Informe Técnico emitido por el SENAMHI-SPC
FUENTE: SENAMHI, 2023.

3.5. Establecer los procesos específicos del pronóstico climático estacional trimestral probabilístico para el departamento de Huánuco utilizando diagramas de flujo.

Después de establecida la metodología se elabora y describe los diferentes flujogramas especificando los procesos desde la preparación y adecuación de datos hasta la emisión del pronóstico estacional trimestral probabilístico. Para el desarrollo de este se utilizó el programa en línea libre “Lucidchart”.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se mostrará la metodología obtenida que se desarrolló para la elaboración del pronóstico climático estacional trimestral probabilístico, este se presentará mediante diagramas de flujos desde la obtención de datos hasta la emisión del pronóstico estacional mediante un informe técnico.

4.1. Diagrama de flujo de la metodología para la elaboración del pronóstico estacional trimestral para el departamento de Huánuco utilizando la herramienta CPT

La metodología para la elaboración del pronóstico estacional trimestral sigue una secuencia de procesos específicos donde se tiene un esquema general, como se muestra en la siguiente Figura 36.

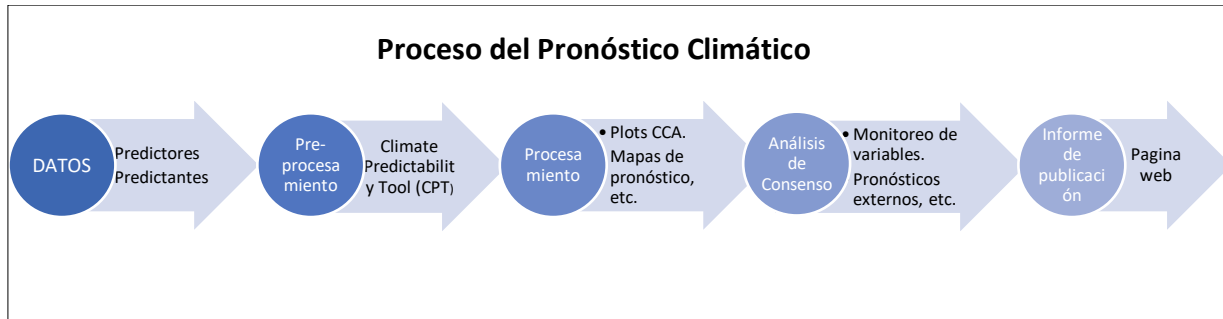


Figura 36. Proceso del Pronóstico Climático

4.1.1. Diagramas de flujos de preparación y adecuación de datos para el departamento de Huánuco

4.1.1.1. Predictantes – (Y)

Los predictantes que pueden ser temperatura máxima, temperatura mínima o precipitación de las estaciones meteorológicas (12) distribuidas en el departamento de Huánuco, seguirán el siguiente diagrama de flujo para su preparación y adecuación en un formato aceptable para el programa CPT, se repetirá el proceso para actualizar los datos en cada proceso de periodo de emisión de pronóstico nuevo que se realizará. Los datos estarán listos para usarse en el programa.

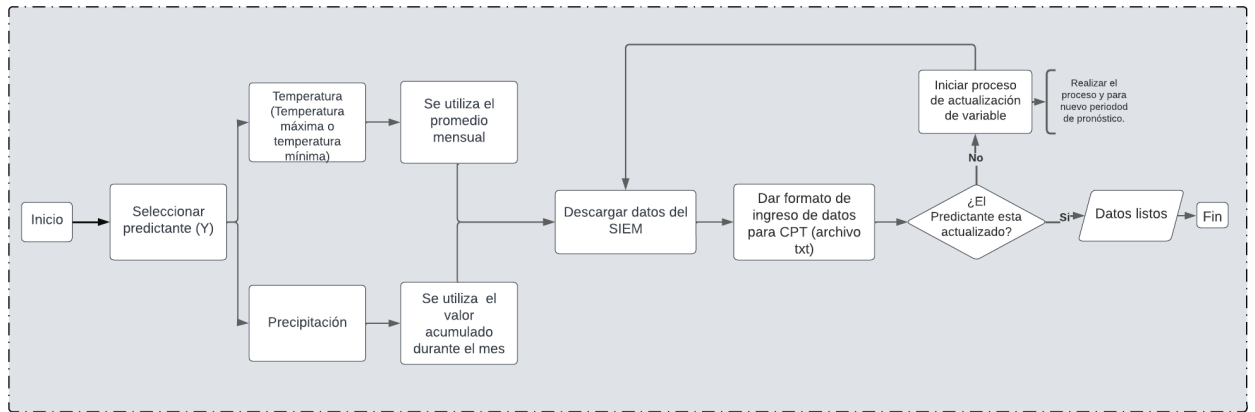


Figura 37. Diagrama de flujo para predictantes

4.1.1.2. Predictor – (X)

Los predictores que se seleccionen, seguirán el siguiente diagrama de flujo para su preparación y adecuación en un formato aceptable para el programa CPT, se repetirá el proceso para actualizar los datos en cada proceso de periodo de emisión de pronóstico nuevo que se realizará. Los datos estarán listos para usarse en el programa.

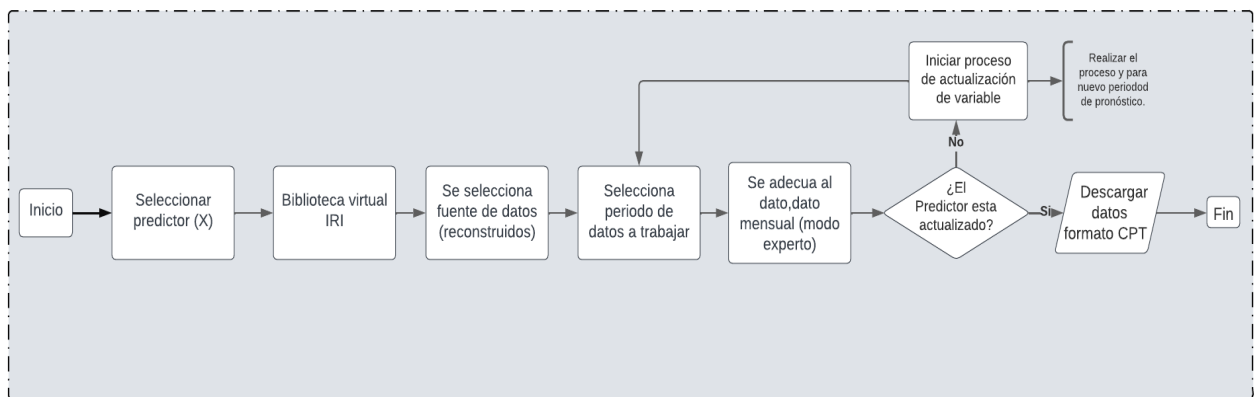


Figura 38. Diagrama de flujo para predictores

4.1.2. Diagramas de flujos para el preprocesamiento y procesamiento de programa CPT

Con los datos de entrada listos (predictores y predictandos), existe una serie de procesos y configuraciones de programa que se tiene que realizar antes de la corrida del modelo, a esto lo definimos como el preprocesamiento y a la corrida del programa para obtener los resultados del CPT lo definimos como procesamiento del CPT. Es así que estos dos procesos están ligados dependiendo de los resultados de los valores de índices y correlación de los predictores y predictantes. Los resultados obtenidos de la construcción de buenos modelos

climáticos para el pronóstico del predictante, necesitarán un análisis de estos resultados evaluando los mejores experimentos y las ponderaciones utilizadas.

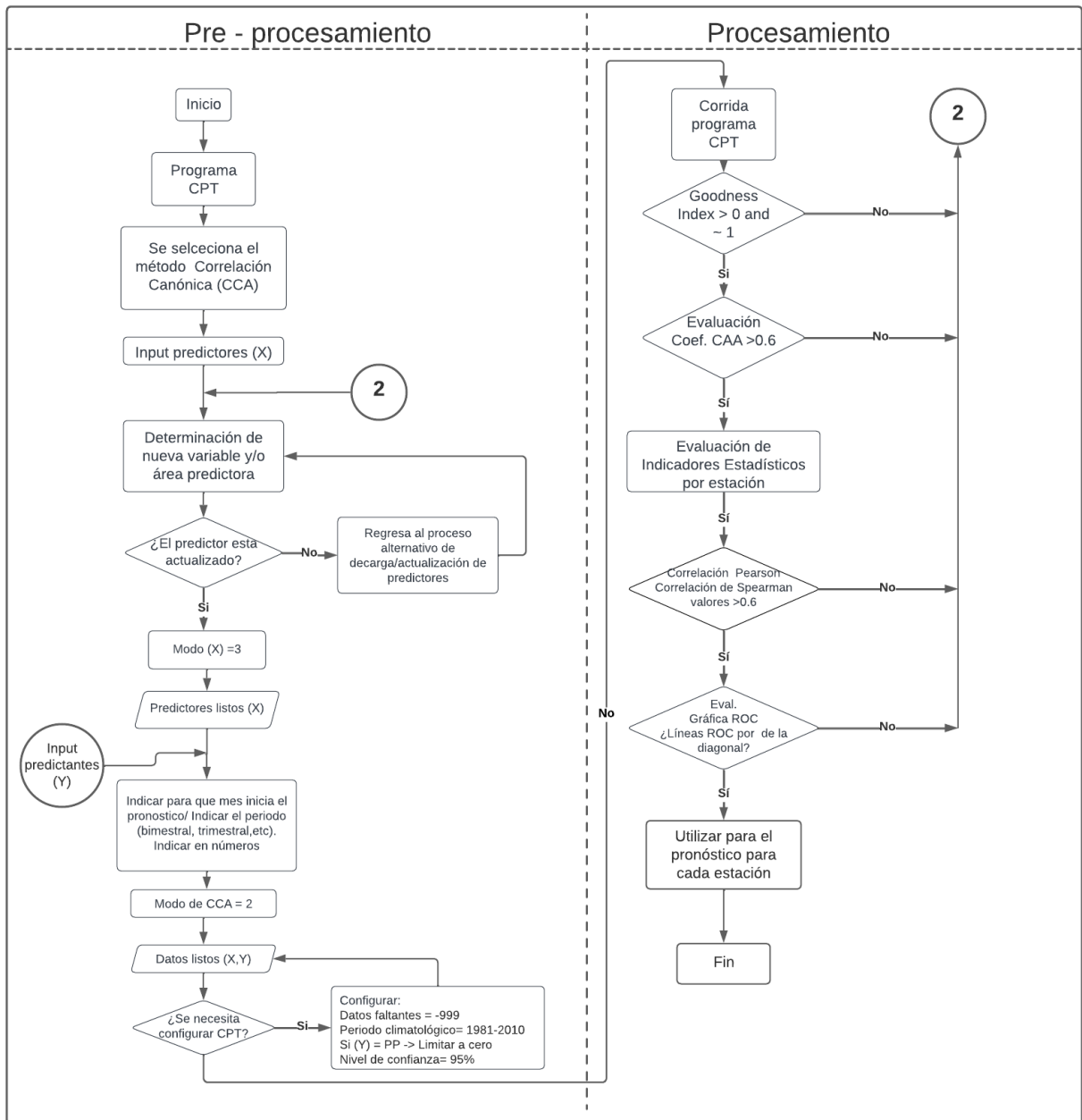


Figura 39. Diagrama de flujo del pre procesamiento y procesamiento del programa CPT

4.1.3. Esquema del proceso de análisis de consenso y emisión de informe técnico

Como últimos procesos se tienen el siguiente esquema donde con los resultados del pronóstico con insumos externos y opinión especialista se tendrá como resultado final pronóstico consensuado y la emisión del informe técnico de pronóstico estaciona, que será publicado en la web del SENAMHI.

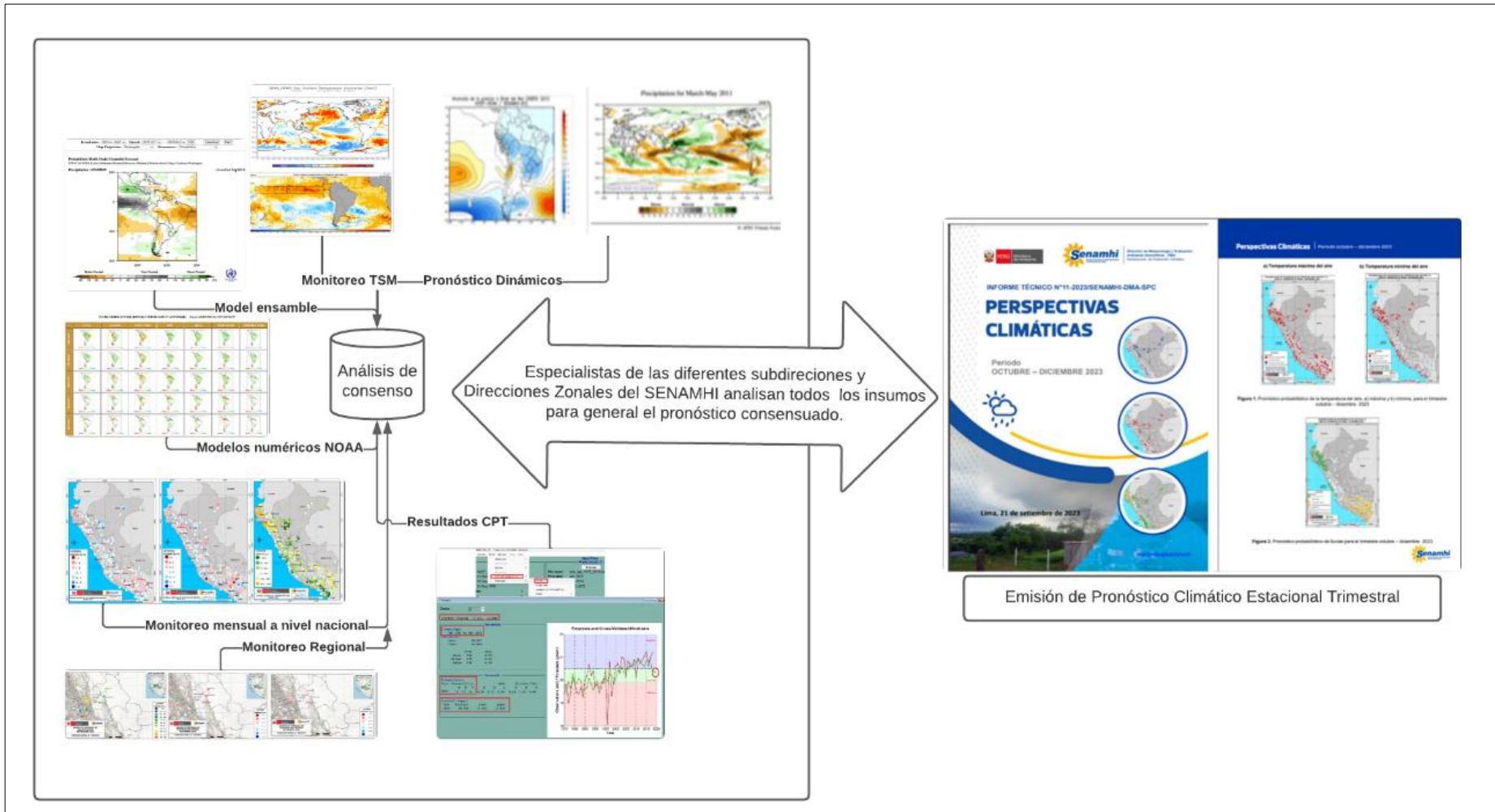


Figura 40. Esquema de análisis de consenso para emisión de pronóstico consensuado

Es así como mediante los diagramas de flujo y esquemas obtenidos como resultado final se define la metodología para la elaboración de pronóstico estacional trimestral probabilístico para el departamento de Huánuco. Por lo que siendo una necesidad la elaboración de esta metodología para que se puedan generar nuevos productos desarrollados por la Dirección Zonal 10 del SENAMHI, se presentó la propuesta de realizar un producto nuevo a través de un Boletín mensual denominado “Pronóstico Estacional Trimestral Regional – DZ 10” para la jurisdicción de la Dirección Zonal 10 (Huánuco - Ucayali), ya que a nivel regional no se contaba con este tipo de documento como fuente de consulta, apoyo en la planificación, toma de decisiones, desarrollo de actividades socio económicas y la gestión de riesgo de desastre. Cabe mencionar que el SENAMHI a través de la Dirección Zonal 10, con el desarrollo del producto antes mencionado y las capacidades de conocimiento de su personal fortalecidas, se empezó a realizar la emisión de informes técnicos de “Pronóstico Estacional de Lluvias Trimestrales” a través de su red de estaciones de su jurisdicción, esto como parte del requerimiento de información climática del sector privado principalmente empresas constructoras de obras en beneficio de la población de los departamentos de Huánuco y Ucayali.

4.2. Productos desarrollados por la Dirección Zonal 10

En base a lo explicado anteriormente se detallarán los productos desarrollados por la Dirección Zonal 10, que se emiten hasta la fecha actual.

4.2.1. Boletín Mensual – “Pronóstico Estacional Trimestral Regional – DZ 10”

El Boletín mensual “Pronóstico Estacional Trimestral Regional -DZ10”, es un documento técnico dirigido a tomadores de decisiones, planificadores, agricultores, medios y a la población en general. Brinda una síntesis útil y oportuna de las condiciones climáticas de lluvias y temperaturas e incluimos las previsiones para los próximos tres meses en los departamentos de Huánuco y Ucayali, comprendidos dentro de la jurisdicción de la Dirección Zonal 10 (DZ10); con el fin de que constituya una fuente de consulta, como apoyo en la planificación, la toma de decisiones, el desarrollo de las diferentes actividades socio económicas y la gestión del riesgo. Documento como fuente de consulta, apoyo en la planificación, toma de decisiones, desarrollo de actividades socios económicos y la gestión de riesgo de desastre. Este boletín se viene emitiendo todos los meses de forma mensual desde el año 2020 de manera ininterrumpida hasta la actualidad.



CONDICIONES CLIMÁTICAS DE MONITOREO

Durante el mes de setiembre en la jurisdicción de la dirección zonal 10 con respecto al comportamiento de temperaturas extremas, la temperatura máxima tuvo un comportamiento sobre lo normal de manera generalizada principalmente en la región de selva, predominaron episodios frecuentes de incremento de temperatura con una duración de hasta 5 días consecutivos, caracterizados como "Día Cálido" a "Día Extremadamente Cálido" principalmente en la estación de San Rafael. Asimismo para temperaturas mínimas se tuvo un comportamiento dentro del rango normal en a ligeramente sobre lo normal. Finalmente las lluvias tuvieron un comportamiento variable de manera generalizada, Canchan y Toumavista presentaron un comportamiento sobre lo normal.

Por otro lado, de acuerdo con el Comunicado Oficial ENFEN N°14-2023, mantiene el estado de "Alerta de El Niño Costero", ya que se espera que El Niño costero (región Niño 1+2) continúe hasta el verano de 2024, como consecuencia de la alta probabilidad del desarrollo de El Niño en el Pacífico central. Las condiciones cálidas fuertes se mantendrán hasta diciembre, para el verano 2024 las magnitudes más probables son moderada y fuerte.

⇒ PREVISIÓN ESTACIONAL DE TEMPERATURAS MÁXIMAS DEL AIRE

El pronóstico estacional del SENAMHI para el periodo octubre - diciembre 2023 en la Jurisdicción de la Dirección Zonal 10, prevé escenarios probabilísticos de temperaturas máximas con escenarios por encima del rango normal con una probabilidad de ocurrencia de 63% en sierra central oriental que comprende las localidades de: Jacas Chico, Huánuco, Canchan y San Rafael. Asimismo, para selva central escenarios por encima del rango normal con una probabilidad de ocurrencia de 58% en las localidades de Puerto Inca, Aguaytía, Pucallpa, Tingo María, Aucayacu y Tulumayo. (Ver Figura1)

MAPA DE UBICACIÓN

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE TEMPERATURA MÁXIMA OCTUBRE - DICIEMBRE 2023
DIRECCIÓN ZONAL 10 - SENAMHI

LEYENDA

ESTACIONES

- Temp. Máx. Sobre lo Normal
- Temp. Máx. Bajo lo Normal

El color indica el mayor nivel de probabilidad calculado para cada estación.

Figura1. Probabilidad de ocurrencia de temperaturas máximas para el trimestre octubre - diciembre 2023. Fuente: DZ10-SENAMHI.

⇒ PREVISIÓN ESTACIONAL DE TEMPERATURAS MÍNIMAS DEL AIRE

El pronóstico estacional del SENAMHI para el periodo octubre - diciembre 2023 en la Jurisdicción de la Dirección Zonal 10, prevé escenarios probabilísticos de temperaturas mínimas de condiciones dentro del rango normal a por encima de lo normal con una probabilidad de ocurrencia de 45% y 31% respectivamente, en sierra central oriental que comprende las localidades de: Huánuco y Canchan; San Rafael y Jacas Chico respectivamente. Asimismo, para selva central escenarios de condiciones por encima del rango normal con una probabilidad de ocurrencia de 56% en las localidades de: Aucayacu, Puerto Inca, Aguaytía y Pucallpa, Tingo María y Tulumayo. (Ver Figura2).

MAPA DE UBICACIÓN

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE TEMPERATURA MÍNIMA OCTUBRE - DICIEMBRE 2023
DIRECCIÓN ZONAL 10 - SENAMHI

LEYENDA

ESTACIONES

- Temp. Mín. Sobre lo Normal
- Temp. Mín. Normal
- Temp. Mín. Bajo lo Normal

El color indica el mayor nivel de probabilidad calculado para cada estación.

Figura2. Probabilidad de ocurrencia de temperaturas mínimas para el trimestre octubre - diciembre 2023. Fuente: DZ10-SENAMHI.

⇒ PREVISIÓN ESTACIONAL DE PRECIPITACIONES

El pronóstico estacional del SENAMHI para el periodo octubre - diciembre 2023 en la Jurisdicción de la Dirección Zonal 10, prevé escenarios probabilísticos de lluvias dentro del rango normal a debajo de lo normal con una probabilidad de ocurrencia de 45% y 35% respectivamente, en las localidades de sierra central oriental que comprende: San Rafael y Jacas Chico; Huánuco y Canchan respectivamente. Asimismo, para localidades de selva central con escenarios de lluvias por debajo del rango normal a dentro de lo normal con una probabilidad de ocurrencia de 45% y 35% respectivamente, que comprende: Aguaytía, Pucallpa y Puerto Inca; Aucayacu, Tingo María y Tulumayo respectivamente. (Ver Figura3).

MAPA DE UBICACIÓN

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LUVIAS OCTUBRE - DICIEMBRE 2023
DIRECCIÓN ZONAL 10 - SENAMHI

LEYENDA

ESTACIONES

- Lluvia sobre lo normal
- Lluvia normal
- Lluvia bajo lo normal
- No significativa estadísticamente

El color indica el mayor nivel de probabilidad calculado para cada estación.

Figura3. Pronóstico de lluvias para el trimestre octubre - diciembre 2023. Fuente: DZ10-SENAMHI

NOTA: Estos pronósticos trimestrales permiten conocer el grado de probabilidad de que las lluvias se encuentren sobre, debajo o dentro de sus valores normales. Cabe resaltar que la incertidumbre se incrementa en tanto junior sea la escala temporal de pronóstico (junior a tres meses).

En la escala de tres meses no se pronostican eventos extremos de corto plazo (lluvias intensas, granizadas, nevadas, entre otros), sino más bien las condiciones promedio del trimestre.

Pronósticos climáticos a nivel nacional y cuencas: <https://www.senamhi.gob.pe/78p-pronostico-climatico>

Senamhi
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

Director Zonal 10
Ing. Juan Arboleda
arboleda@senamhi.gob.pe

Análisis y Redacción:
Bach. Camen Rosa Farfan Tovar
Analista Meteorológico
cfarfan@senamhi.gob.pe

Dirección Zonal 10
(Huánuco, Ucayali y provincia de Tocache)
Jr. Leoncio Prado N°235 - Huánuco

Teléfono 062-512070
e-mail: dz10.huauuco@gmail.com

Figura 41. Boletín mensual “Pronóstico Estacional Trimestral Regional -DZ10”
FUENTE: SENAMHI-DZ10, 2023.

Este cuenta con 3 secciones:

- Conceptos de ayuda: en esta sección se tienen definiciones clave para el buen entendimiento del documento técnico.
- Condiciones Climáticas de Monitoreo: en esta sección se describen las condiciones climáticas que se registraron el mes anterior, como fue el comportamiento de las temperaturas máximas, temperaturas mínima y lluvias, si se registró algún evento extremo. Asimismo, se coloca información actualizada de los comunicados de ENFEN.
- Previsión estacional: en esta sección por medio de mapas se muestra los escenarios con mayor probabilidad (por medio de terciles: inferior, normal, superior) que se esperan para cada punto de estación de temperaturas máximas, temperaturas mínimas y lluvia. Para el departamento de Huánuco se trabajan con 8 ó menos estaciones meteorológicas de las 12 estaciones que se tienen en la región, esto debido a que en algunas corridas algunas estaciones no tendrán un modelo climático robusto por lo que no se van a considerar, estas 8 estaciones representan las que cuentan con una mayor serie histórica de datos, y tienen un porcentaje bajo de datos faltantes.

4.2.2. Informes Técnicos de Pronóstico estacional trimestral- Regional

Estos documentos técnicos son emitidos de acuerdo al requerimiento, en su mayoría del usuario del sector privado, principalmente empresas constructoras de obras. Este documento es importante como fuente de consulta para la previsión de lluvias de un trimestre indicado. La emisión de estos documentos técnicos anteriormente era asumida por la sede central, desde el 2020 estos requerimientos son atendidos ininterrumpidamente por el personal especialista de la Dirección Zonal 10. El requerimiento hasta el momento ha sido solo de lluvias, no se ha emitido informes técnicos para otras variables.

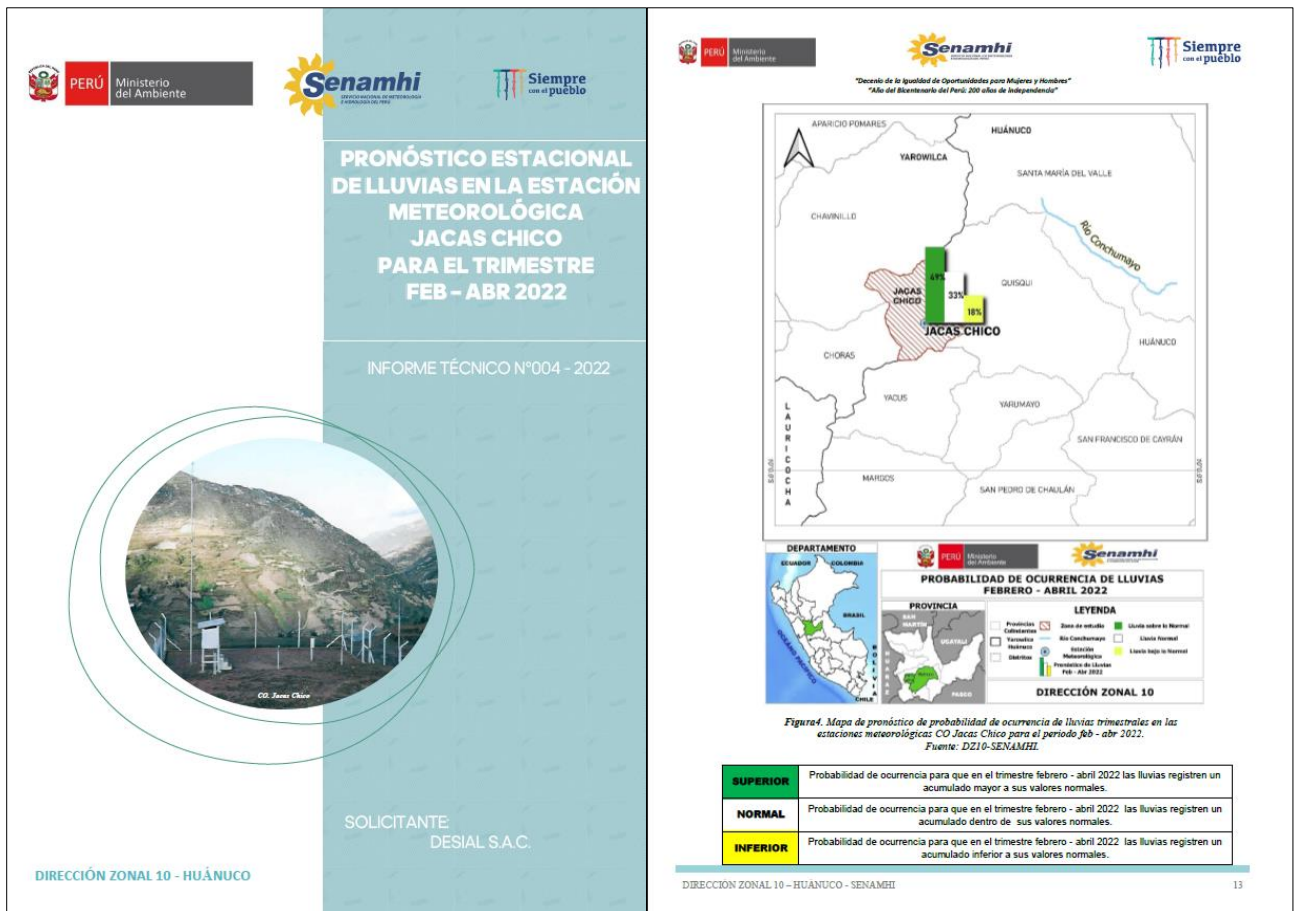


Figura 42. Informe técnico de “Pronóstico Estacional de Lluvias Trimestrales”
FUENTE: SENAMHI-DZ10, 2022.

Este cuenta con las secciones:

- Datos y metodología: se describen donde se realizará el pronóstico de forma puntual para la estación meteorológica más cercana a la obra o zona de estudio. Se indica la metodología a utilizarse para la previsión.
- Climatología y régimen de precipitación: en esta sección se realiza el análisis de la climatología de la estación meteorológica, la cual será representativa de la zona de estudio. Asimismo, se analizará los regímenes de precipitación de los últimos años y su comportamiento.
- Pronóstico Climático trimestral de lluvias: en esta sección por medio de un mapa se mostrarán los escenarios probabilísticos y probabilidades para ese punto de estación.

PERU Ministerio del Ambiente Senamhi Siempre con el pueblo

"Decreto de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres" "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

3. DATOS Y METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

La zona de estudio corresponde a la provincia de Yarowilca, distrito de Jacas Chico donde se encuentra ubicada la estación Jacas chico, se caracteriza por presentar una topografía variada y accidentada, con altitudes que van desde los 2500 msnm hasta por encima de los 4000 msnm aproximadamente, esta característica da origen a diferencias significativas tanto de precipitación como temperatura. Asimismo, el río Conchumayo está ubicado en los límites del distrito de Huánuco y Santa María del Valle de la provincia de Huánuco; este se encuentra a una distancia aproximada de 16 Km de la estación Jacas Chico (distancia medida en línea recta). (Ver Figura1.)

Figura1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio. Fuente: DZ10 SENAMHI

DIRECCIÓN ZONAL 10 – HUÁNUCO - SENAMHI 5

PERU Ministerio del Ambiente Senamhi Siempre con el pueblo

"Decreto de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres" "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Figura2. Mapa de Clasificación Climática del distrito de Jacas Chico y zonas aledañas al río Conchumayo. Fuente: DZ10 SENAMHI

3.3 Datos

El SENAMHI en el departamento de Huánuco cuenta con una red de estaciones meteorológicas en la que se encuentra la estación meteorológica de Jacas Chico, la cual tiene alrededor de más de 30 años de funcionamiento, y prevén información representativa de las zonas altoandinas de Huánuco, se utilizaron principalmente datos de precipitación expresada en milímetros (mm). (Se utilizaron base de datos históricos del SIEM - Sistema Estadístico y Meteorológico - SENAMHI).

¹ Milímetros (mm) es la unidad usada en meteorología para las precipitaciones y expresa la cantidad de lluvia caída en litros sobre una superficie de un metro cuadrado.

DIRECCIÓN ZONAL 10 – HUÁNUCO - SENAMHI 7

PERU Ministerio del Ambiente Senamhi Siempre con el pueblo

"Decreto de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres" "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.2 Ciclo estacional temperaturas extrema del aire y precipitaciones

Jacas Chico

Los datos generados en la estación meteorológica convencional Jacas Chico, representan las condiciones climáticas predominantes de las zonas altoandinas de Huánuco. Jacas Chico presenta temperatura promedio anual de 7.9°C y las temperaturas diurnas máximas suelen ser ligeramente más elevadas en los meses de agosto, octubre y noviembre; pero en promedio estas no tienen un rango término diferenciado durante los meses del año ya que oscilan entre 12°C a 14°C. En tanto los valores de temperatura nocturna más bajos suelen registrarse en los meses de invierno (jun – ago) principalmente en el mes de julio donde se registran las temperaturas mínimas absolutas más bajas, y las más altas entre los meses de diciembre a marzo. Por otro lado, presenta una precipitación anual en promedio de 1041.4mm, registrándose los mayores acumulados en los meses de verano, principalmente en marzo y diciembre; los menores acumulados en los meses de invierno, en julio se registran los acumulados más bajos. (Ver Gráfico1).

Gráfico1. Distribución temporal de temperaturas extremas, temperatura promedio y precipitación promedio para la CO Jacas Chico. Fuente: DZ10-SENAMHI

DIRECCIÓN ZONAL 10 – HUÁNUCO - SENAMHI 9

PERU Ministerio del Ambiente Senamhi Siempre con el pueblo

"Decreto de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres" "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

4.3 Análisis de precipitaciones

Annual – Jacas Chico

En el Gráfico2, se muestra el comportamiento multianual de precipitación en el periodo del 2010 al 2021 (11 años) donde el mayor acumulado se registró en el año 2012 con un valor de 1388.7mm y el menor valor se registró en el año 2016 con un acumulado de 878.3mm. El promedio del acumulado anual de precipitación es este periodo de análisis es de 1041.4mm. Asimismo, se puede ver que en los últimos tres años las precipitaciones han mantenido en promedio el valor de los acumulados alrededor de 1091 mm con una tendencia de incremento de acumulados para el 2021.

Año	Precipitación Anual (mm)
2010	968.6
2011	1250.0
2012	1388.7
2013	1377.9
2014	1390.3
2015	1276.5
2016	878.3
2017	1107.4
2018	1363.7
2019	1282.7
2020	1002.8
2021	1091.0

Gráfico2. Precipitación anual en el periodo 2010-2021 de la CO Jacas Chico. Fuente: DZ10-SENAMHI.

Mensual – Jacas Chico

En el Gráfico3, se muestra la comparación entre los valores acumulados de precipitación mensual del año 2018 a 2021 con los valores de precipitación promedio mensual, para la estación CO Jacas Chico. Del comportamiento de los valores promedios mensuales, se observa que el periodo de lluvias se inicia a partir del mes de octubre hasta marzo del siguiente año.

Para el año 2018 (meses de temporada de lluvias) se observa que en octubre el comportamiento fue por encima de su media mensual (anomalía de precipitación).

DIRECCIÓN ZONAL 10 – HUÁNUCO - SENAMHI 10

Figura 43. Secciones de Informe técnico de “Pronóstico Estacional de Lluvias Trimestrales”
FUENTE: SENAMHI-DZ10, 2022.

V. CONCLUSIONES

- Se adecuaron los formatos de ingreso de datos (archivo texto) al programa CPT de los predictantes y la fuente de datos a utilizar de la biblioteca IRI para los predictores, mediante preparación y adecuación de los datos correspondientes a los predictantes, las variables pronosticadas, por lo que cuando se realice otro pronóstico solo se necesitará la actualización de datos más no una construcción de un nuevo formato.
- Se establecieron los valores de los parámetros e índices mínimos que se utilizarán al analizar el coeficiente de Correlación Canónica para la generación de pronóstico climático estacional por medio del software Climate Predictability Tool (CPT).
- Se analizó el resultado obtenido por el programa CPT se analizará por medio de una reunión de consenso de análisis donde se contará con insumos como pronósticos globales de la NOAA, model ensemble de la OMM, monitoreo de variables meteorológicas a diferentes escalas, entre otros, sumándose la opinión experta de especialista de la Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica y Direcciones Zonales del SENAMHI para tener como resultado un pronóstico estacional consensuado.
- Se estableció el proceso específico para la emisión del pronóstico climático estacional trimestral probabilístico para el departamento de Huánuco a través de diagramas de flujo y esquemas, desde la preparación de datos hasta el pronóstico consensuado. Desarrollando la metodología para el pronóstico climático estacional trimestral probabilístico para el departamento de Huánuco, utilizando la climatología del periodo 1981 – 2010, siendo la base para la generación de nuevos productos desarrollados por la Dirección Zonal 10, como parte del requiriendo de información climática a nivel regional.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda trabajar en una metodología para realizar una validación de los pronósticos estacionales trimestrales probabilísticos que se han emitido por parte de la Dirección Zonal 10.
- Se recomienda actualizar el periodo referencial de la climatología ya que, según las nuevas directrices de la OMM, actualmente el periodo referencial que se utiliza es de 1991-2020, considerar esto para futuros trabajos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Estatal de Meteorología. (2016). *Predicción por terciles*. Agencia Estatal de Meteorología. Recuperado de:
https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/prediccion_estacional/explicacion_terciles
- Castro, A., Dávila, C., Laura, W., Cubas, F., Ávalos, G., López, O., Villena, D., Valdez, M., Urbiola, J., Trebejo, I., Menis, L., Marín, D., & Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2021). *Climas del Perú: Mapa de clasificación climática nacional*. Red Activa Soluciones Graficas S.A.C. Recuperado de:
<https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1336>
- Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. (2022). *Pronósticos Climáticos*. CIFFEN. Recuperado de: <https://ciifen.org/pronosticos-climaticos/#:~:text=Este%20tipo%20de%20pron%C3%B3sticos%20intentan,patrones%20estad%C3%ADsticos%20pueden%20ser%20pronosticados>.
- Columbia Climate School-International Reserch Institute for Climate Society. (2011). *The Climate Predictability Tool*. Columbia Climate School-International Reserch Institute for Climate Society. Recuperado de: <https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/tools/cpt/>
- Cubas, F., & Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2021). *Sectorización Climática del Territorio Peruano*. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/976>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM. (2019). *GLOSARIO METEOROLÓGICO*. Recuperado de:
<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorol%C3%B3gico.pdf/6a90e554-6607-43cf-8845-9eb34eb0af8e>
- Jolliffe, I. T., & Stephenson, D. B. (2003). *Forecast Verification a Practitioner's Guide in Atmospheric Science*. Wiley.

Martínez, R., Rivadeneira, A., Nieto, J. J., & Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. (2011). *Guía de buenas prácticas para la predicción estacional en Latinoamérica*. ISBN.