

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“EL PROCESO DEL PRONÓSTICO DEL TIEMPO PARA EL  
PERÚ DESDE LA PERSPECTIVA DEL SERVICIO  
METEOROLÓGICO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TÍTULO DE:**

**INGENIERO METEORÓLOGO**

**DIEGO FERNANDO RODRIGUEZ ZIMMERMANN**

**LIMA – PERÚ**

**2021**

---

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

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“EL PROCESO DEL PRONÓSTICO DEL TIEMPO PARA EL  
PERÚ DESDE LA PERSPECTIVA DEL SERVICIO  
METEOROLÓGICO”**

Presentado por:

**DIEGO FERNANDO RODRIGUEZ ZIMMERMANN**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

**INGENIERO METEORÓLOGO**

**Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:**

---

Mg. Sc. Victoria Doris Calle Montes  
PRESIDENTE

---

Mg. Alessandri Canchoa Quispe  
MIEMBRO

---

Mg. Sc. Luis Shuseki Yoza Yoza  
MIEMBRO

---

Ing. Franklin Delio Unsihuay Tovar  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A mi familia, a mi amorcito Vannia, a mis abuelos Nestor y Nanu y a mi fiel amigo Golfo, que están hoy en el cielo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al SENAMHI por permitirme utilizar el trabajo realizado en la entidad como sustento para esta monografía, a mi asesor Franklin Unsihuay, a mi jefe Nelson Quispe y a Vannia Aliaga por apoyarme siempre.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>v</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1. Tipos de pronóstico.....	7
2.2. Sistemas meteorológicos.....	13
2.3. Herramientas para el pronóstico del tiempo .....	25
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	<b>29</b>
3.1. Metodologías para el pronóstico del tiempo.....	29
3.2. Planificación de los protocolos de SENAMHI .....	34
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	<b>36</b>
4.1. CAPÍTULO I: Contexto Laboral .....	36
4.2. CAPÍTULO II: Determinación y análisis del problema .....	44
4.3. CAPÍTULO III: Proyecto de Solución .....	46
4.3. CAPÍTULO IV: Evaluación del proyecto.....	47
<b>V. ANÁLISIS DE RESULTADOS E IMPACTOS</b> .....	<b>56</b>
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>58</b>
6.1. Conclusiones .....	58
6.2. Recomendaciones .....	59
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>60</b>
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	<b>65</b>
<b>IX. ASEGURAMIENTO</b> .....	<b>67</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Niveles de peligro de eventos meteorológicos adversos.....	44
Tabla 2: Fenómenos o eventos meteorológicos por los cuales se emite aviso meteorológico de tiempo en el Perú.....	54
Tabla 3: Umbrales de peligro para fenómenos o eventos meteorológicos (p: percentil).....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Servicios proveídos por los SNMH .....	6
Figura 2: Escalas espaciales y temporales de diversos fenómenos atmosféricos.....	10
Figura 3: La Alta de Bolivia y la Vaguada del Noreste de Brasil en 200 hPa (Enero). La AB es señalada como un anticiclón (A) en el análisis de líneas de corriente.....	13
Figura 4: Corte idealizado longitudinal del jet polar, el jet subtropical y las células de circulación atmosféricas para el hemisferio sur .....	15
Figura 5: Diagrama esquemático de los elementos relevantes para el transporte de humedad hacia el polo sobre América del Sur. Corte vertical donde se representa el núcleo del SALLJ.....	16
Figura 6: Etapas del ciclo de vida de una DANA.....	18
Figura 7: Promedios estacionales de precipitación (mm/día) calculados con el “Climate Prediction Center morphing method” o CMORPH para el periodo 1998-2012 .....	19
Figura 8: Presión media al nivel del Mar. A) enero, B) abril, C) julio y D) octubre; sobre el océano Pacífico se observa el APSO y sobre el océano Atlántico el Anticiclón del Atlántico Sur.....	20
Figura 9: (A) Vista lateral de un frente frío y (B) como es representado en una carta sinóptica.....	22
Figura 10: Desarrollo de la precipitación en un frente frío .....	23
Figura 11: Serie integrada de predicciones.....	35
Figura 12: Estructura del aviso lluvia a muy corto plazo (Análisis) .....	39
Figura 13: Estructura del aviso lluvia a muy corto plazo (Pronóstico 2 horas).....	40
Figura 14: Estructura del aviso de corto plazo ante lluvias intensas (24 horas).....	41
Figura 15: Estructura del pronóstico del tiempo (72 horas) .....	42
Figura 16: Estructura del aviso meteorológico.....	43
Figura 17: Proceso de elaboración de pronósticos a muy corto plazo SENAMHI .....	47
Figura 18: Proceso de elaboración de pronósticos a corto plazo SENAMHI .....	49
Figura 19: Proceso de elaboración de pronósticos a mediano plazo SENAMHI.....	51
Figura 20: Proceso de elaboración de avisos meteorológicos SENAMHI.....	53

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I: Glosario de Términos .....	65
Anexo II: Protocolos.....	66

## RESUMEN EJECUTIVO

Esta monografía hace referencia al trabajo realizado como pronosticador en la Subdirección de Predicción Meteorológica (SPM) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Es durante esta labor que se observó la necesidad de que el SENAMHI como servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales (SMHN) provea productos y/o servicios, en el caso de la SPM centrados en el pronóstico del tiempo, de manera eficiente y que estos se mantengan coherentes sin importar que pronosticador los realice, de manera que los usuarios tengan confianza en la información proveída por el servicio.

Considerando esta necesidad se decidió redactar protocolos y/o manuales que establecieran las definiciones, procedimientos y herramientas, para las diferentes actividades de la SPM, siendo las principales la elaboración de los diferentes tipos de pronóstico que se realizan de manera regular y la emisión de avisos meteorológicos. Asimismo para poder identificar las etapas, las responsabilidades y usuarios en la elaboración del pronóstico y de avisos meteorológicos, se decidió diagramar los procesos que siguen estos servicios.

Es con estos documentos que se espera estandarizar los diferentes pronósticos meteorológicos que se elaboran en la SPM, considerando el tipo de pronóstico, la escala y el objetivo del mismo y, en paralelo, mejorar la eficiencia de los pronosticadores.

**Palabras clave:** Servicio Meteorológico, Subdirección de Predicción Meteorológica, protocolos, manuales, procedimientos, herramientas, pronosticador, avisos meteorológicos.

## I. INTRODUCCIÓN

Como servidor público, es recomendable desarrollarse profesionalmente con el fin de poder tener una línea de carrera a futuro y aspirar a puestos con mayores responsabilidades, en ese sentido, resulta necesario el desarrollo de este trabajo para obtener el título de Ingeniero Meteorólogo. Para esta monografía se consideró el trabajo realizado dentro del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y en específico, dentro de la Subdirección de predicción Meteorológica (SPM) donde las principales actividades corresponden a la elaboración de diferentes tipos de pronóstico del tiempo, emisión de avisos meteorológicos frente a eventos extremos, investigación centrada en el pronóstico o análisis del tiempo atmosférico y la vigilancia del tiempo de manera continua y sin interrupciones.

Desde un punto de vista general, se puede decir que las principales funciones del servicio meteorológico es realizar un análisis claro del tiempo actual, proporcionar pronósticos meteorológicos, evaluar el nivel de riesgo asociado con los fenómenos meteorológicos esperados y emitir, tan pronto como sea, las advertencias pertinentes al usuario final. Estos compromisos deben cumplirse para el país y sus áreas de responsabilidad y que abarquen rangos de predicción según la clasificación de la OMM (WMO, 2004). En tal sentido resulta beneficioso establecer estándares que identifiquen metodologías básicas de pronóstico y las tareas operativas del pronosticador.

Como pronosticador dentro del SENAMHI, y específicamente en la SPM, las principales actividades están relacionadas con la vigilancia, el análisis y el pronóstico de las condiciones meteorológicas en el inmediato, corto y mediano plazo; la investigación en temas relacionados al pronóstico del tiempo, la elaboración de estudios, notas técnicas y/o informes sobre eventos meteorológicos de importancia ocurridos en territorio nacional; y de manera específica en mi caso, la elaboración de protocolos, manuales, guías y/o cuadros de procesos correspondientes a las labores de la SPM.

En esta monografía de compilación, no experimental, para la titulación por suficiencia profesional se detalla a continuación la problemática que se espera solucionar, el marco teórico correspondiente a tal problemática, los objetivos a trazarse en el desarrollo de este proyecto, el marco metodológico en el que se centran, y la interrelación que tiene el tema analizado en este documento con la carrera profesional de meteorología y las labores que he realizado en los últimos cinco años en el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Es muy importante que los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales (SMHN) sean la única voz autorizada para dar alertas meteorológicas dentro del territorio nacional, para evitar la confusión pública. Esto concuerda con las declaraciones del Consejo Ejecutivo y del Congreso de la OMM. La mejor manera de garantizar esto es a través del mandato legal del SMHN. En la práctica, sin embargo, incluso cuando el SMHN tiene un mandato legal, pueden surgir problemas con otros proveedores de pronósticos que se asemejan a alertas meteorológicas (Guidelines on the Role, Operation and Management of National Meteorological and Hydrological Services).

Para las instituciones públicas, como SMHN, la misión de la institución es muy importante, y para lograrla realizan numerosas funciones operativas mediante procesos que van desde la recopilación de observaciones hasta la prestación de servicios. Para ello necesitan recursos, pero estos a menudo son escasos y deben compartirse con otras instituciones públicas. Esta competencia por los escasos recursos requiere que los SMHN demuestren su valor ofreciendo productos y servicios útiles y de alta calidad.

Dentro del SENAMHI, específicamente en la SPM, el pronóstico del tiempo es una labor fundamental de todo servicio meteorológico, al mismo tiempo el proceso que se sigue para elaborarlo varía según el tipo de pronóstico que se quiere elaborar y el fenómeno que se quiere pronosticar. En tal sentido serán distintas las herramientas y procedimientos que se sigan para la elaboración de un pronóstico de muy corto plazo (con un horizonte de horas) frente a uno de corto plazo (con un horizonte que puede variar entre uno a tres días, aproximadamente). Este procedimiento muchas veces no es absoluto, y depende de la experiencia del pronosticador, por tanto es importante para la institución que existan ciertas pautas a seguir al pronosticar según la necesidad del servicio o del usuario.

Por tal motivo se ha venido desarrollando, desde el 2018 hasta la actualidad la redacción de dos protocolos (ANEXO II), uno enfocado en la elaboración del pronóstico del tiempo, el cual ha estado a mi cargo, y otro en la elaboración, aprobación, emisión, difusión y seguimiento de avisos meteorológicos de plazo extendido, el cual he redactado en conjunto con otras especialistas de la SPM ; al mismo tiempo se identificó también los procesos internos asociados a estas dos actividades con el fin de detallar, de inicio a fin, como se llevan a cabo, quienes son responsables y de que etapas, cuales son las herramientas requeridas en cada etapa y cuáles son los usuarios de estos servicios, trabajo que ha estado a mi cargo en coordinación con la Unidad de Modernización (UM) del SENAMHI.

Con esto en mente el objetivo principal de este trabajo se centra en describir el proceso de la elaboración del pronóstico del tiempo, de muy corto, corto y mediano plazo en el servicio meteorológico nacional peruano y, de manera más específica describir cómo este proceso difiere según la escala del fenómeno que se pronostica, desde la perspectiva del servicio meteorológico nacional peruano, señalando las herramientas y/o metodologías óptimas para el pronóstico del tiempo, este análisis lo realice como parte de la redacción de los protocolos de pronóstico del tiempo y de emisión de avisos meteorológicos, de cuya redacción estuve a cargo.

Es así que, desde la perspectiva del meteorólogo, es necesaria la aplicación de criterios aprendidos dentro de su formación académica que le permiten evaluar qué herramientas son las necesarias y óptimas para las labores que debe realizar, así como saber cómo se utilizan y en qué situaciones. Además tiene que considerar los principios físicos y sus aplicaciones para el pronóstico del tiempo y como este se relaciona con el uso de las herramientas previamente mencionadas.

Para lograr esto se requieren de conocimientos variados como sinóptica, termodinámica, dinámica, técnicas de pronóstico, uso de instrumental meteorológico, sensoramiento remoto, entre otros. Estos conocimientos se han aplicado de manera diaria para las funciones dentro del servicio meteorológico para el pronóstico del tiempo, la emisión de avisos meteorológicos, el monitoreo y vigilancia de las condiciones meteorológicas, etc. y han sido necesarios no solamente para el desarrollo de la labor en sí, sino para tener la

capacidad de transmitir la información de manera coherente a otras áreas del servicio, medios de comunicación o autoridades.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Los SMHN ofrecen diferentes tipos de productos y servicios (Figura 1) que benefician directamente a muchos sectores, es por ello que es importante que estos se manejen con eficiencia y eficacia para que se mantenga confianza en el servicio. Dentro de estos sectores destacan:

La agricultura, una actividad muy importante en el país, depende en gran medida del estado del tiempo, para la preparación del terreno, la siembra y la cosecha. En consecuencia, la prestación de servicios meteorológicos resulta óptima para orientar la programación de operaciones agrícolas como la arada, el regadío, la fumigación, recolección, además de actividades asociadas a esta como almacenamiento y transporte de alimentos, en donde pueden ocurrir pérdidas o ser afectado por el mal tiempo.

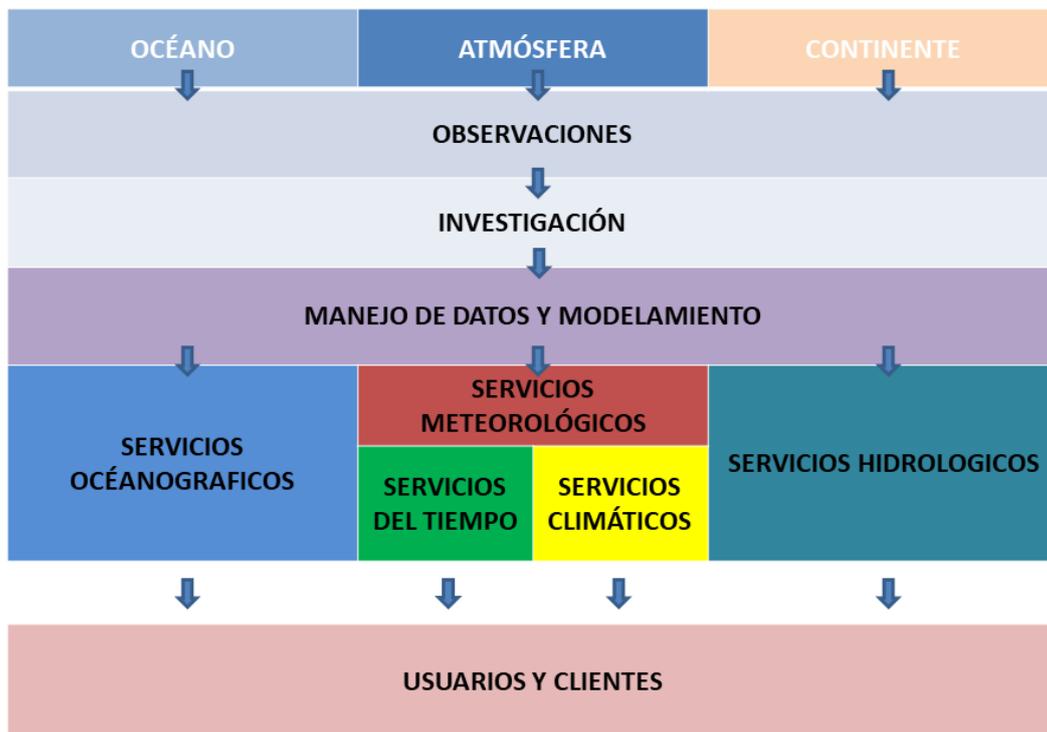
La gestión de los recursos hídricos es necesaria para asegurar el abastecimiento de agua, en forma continua y suficiente a otros sectores, y es especialmente importante en regiones áridas como la costa peruana, es así que, el pronóstico del tiempo es necesario para poder tomar decisiones sobre el almacenamiento, la distribución, la regulación, entre otros, de acuerdo a los pronósticos de precipitaciones y proyecciones a mediano y largo plazo.

El transporte terrestre es otro sector que requiere de servicios meteorológicos, si consideramos al público en general estos obtienen la información sobre condiciones meteorológicas adversas para planear viajes y elegir cuando, a donde y de qué forma se transportan. En tanto que las empresas de transporte y carga necesitan los pronósticos meteorológicos de muy corto y corto plazo para poder evitar rutas donde se espere la ocurrencia de eventos severos o condiciones meteorológicas adversas.

La construcción es otro sector sensible al estado del tiempo, la planificación a corto y a largo plazo depende mucho de las condiciones meteorológicas in situ. En obras grandes

de infraestructura, ampliaciones de carreteras, renovaciones, etc., la ocurrencia de eventos meteorológicos adversos puede causar demoras y pérdidas si la empresa se encuentra operando cuando ocurre el evento, es así que, el pronóstico del tiempo preciso y oportuno le permite ajustar el cronograma de construcción y determinar cuándo es conveniente suspender temporalmente los trabajos o si es preferible continuar con el avance de la obra.

El turismo es otro sector importante en la economía del país que se beneficia ampliamente de los servicios meteorológicos, los pronósticos meteorológicos, sobre todo los de muy corto y corto plazo, son usados por los visitantes para programar sus actividades, en tanto que la industria del turismo requiere de servicios meteorológicos tanto para tomar medidas preventivas para asegurar el bienestar de los turistas en sus recorridos como para decidir que recorridos pueden ofrecer según el estado del tiempo (en caso se requiera de buen tiempo para el aprovechamiento del recorrido).



**Figura 1:** Servicios proveídos por los SNMH

Adaptado de “Guidelines on the Role, Operation and Management of National Meteorological and Hydrological Services” – WMO, 2017

La vigilancia meteorológica permanente consiste en el monitoreo de las condiciones en superficie y en la atmósfera para evaluar el comportamiento y/o evolución de los

patrones atmosféricos (pronóstico a corto plazo), en función de las variables meteorológicas que permitan predecir el estado del tiempo.

Esta se realiza mediante el uso de datos de las observaciones (superficie y nivel superior), por ejemplo, de las estaciones automáticas y convencionales de la red nacional, de las imágenes satelitales, por ejemplo, del GOES 16, el cual tiene una frecuencia de quince minutos, transmitidas en dieciséis canales del espectro. Asimismo, la vigilancia comprende el uso de modelos numéricos entre otras herramientas durante los trescientos sesenta y cinco (365) días del año para el pronóstico oportuno.

La responsabilidad primaria del SENAMHI es la emisión de pronósticos para diferentes localidades para los 24 departamentos y la provincia constitucional del Callao. En consecuencia, la vigilancia meteorológica debe proporcionar información fiable, oportuna, precisa para prevenir a las comunidades más vulnerables. Los servidores de la Subdirección de Predicción Meteorológica (SPM) y las Direcciones Zonales cuentan con pronosticadores responsables de la emisión de pronósticos meteorológicos, quienes serán designados por el/la subdirector/a de la SPM y el/la directora/a zonal, respectivamente.

La “American Meteorological Society” (AMS) define al pronóstico meteorológico como una evaluación del estado futuro de la atmósfera con respecto a las precipitaciones, las nubes, los vientos y la temperatura. Según la misma existen diferentes tipos de pronóstico.

## **2.1. Tipos de pronóstico**

### Pronósticos a corto plazo

“Para tiempos de espera de aproximadamente doce horas a dos días, generalmente se emiten pronósticos a corto plazo para fenómenos meteorológicos, como tormentas tropicales, huracanes y sistemas frontales y los fenómenos asociados que los acompañan (temperatura, viento, precipitación, etc). Muchos de estos pronósticos están mejorando significativamente: los pronósticos de seguimiento de huracanes del Centro Nacional de Huracanes de dos días, emitidos en 2012 tenían un error promedio de 79 millas, en comparación con 140 millas en 2002 y 192 millas en 1992. Asimismo, los pronósticos

de dos días del Centro de Predicción Meteorológica NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de precipitaciones acumuladas en 24 horas emitidas en 2012 fueron tan precisas como las previsiones de un día en 2006” (AMS Council on March 25th 2015).

#### Pronósticos a mediano plazo

“Definidos como pronósticos con plazos de dos a siete días, los pronósticos de mediano alcance son más exitosos para fenómenos meteorológicos que se extienden a través de áreas de mil millas o más, o para condiciones a mayor escala que preparan el escenario para el desarrollo de fenómenos más pequeños, como como tormentas eléctricas severas. Durante las últimas tres décadas, los pronósticos de mediano plazo se ha ampliado aproximadamente un día por década. Específicamente, los pronósticos de temperatura superficial a cinco y seis días emitidos por el Servicio Meteorológico Nacional de Estados Unidos tuvieron el mismo nivel de precisión en 2012 que los pronósticos de temperatura superficial a tres y cuatro días, respectivamente, en 1992” (AMS Council on March 25th 2015).

#### Pronósticos de rango extendido

“Los pronósticos de rango extendido generalmente se emiten para fenómenos meteorológicos que cubren áreas que van desde miles de millas hasta el tamaño de un continente e implican plazos de entrega de una a dos semanas. Actualmente, los pronósticos de condiciones meteorológicas diarias o específicas no muestran una habilidad útil más allá de los ocho días, lo que significa que su precisión es baja. Sin embargo, los pronósticos probabilísticos emitidos para resaltar tendencias significativas (más cálido de lo normal, más húmedo de lo normal, entre otros) pueden ser útiles como pronósticos de referencia. Por ejemplo, la habilidad operativa<sup>1</sup> de pronóstico de temperatura de 8 a 14 días del Centro de Predicción del Clima de la NOAA en 2013 fue aproximadamente igual a la de los pronósticos operativos de temperatura de 6 a 10 días de fines de la década de 1990, lo que nuevamente demuestra un aumento en el éxito del pronóstico a lo largo del tiempo” (AMS Council on March 25th 2015).

#### Pronósticos mensuales y a largo plazo

---

<sup>1</sup> Habilidad operativa: El grado relativo de exactitud de un conjunto de predicciones (COMET, 2021)

“Finalmente, los pronósticos mensuales y estacionales se emiten típicamente para fenómenos meteorológicos que cubren áreas que van desde el tamaño de un continente hasta el planeta en su conjunto. La precisión en los pronósticos mensuales y estacionales es extremadamente variable de un período a otro, pero la precisión de los pronósticos de temperatura y precipitación a uno y tres meses del Centro de Predicción Climática de la NOAA aumentó en más del 25% entre 2006 y 2013. El aumento en la precisión de estos pronósticos se pueden atribuir en gran medida a una mejor comprensión y capacidad para pronosticar los principales modos de variabilidad climática a gran escala, como El Niño-Oscilación del Sur y la Oscilación de Madden-Julian” (AMS Council on March 25th 2015).

Por otro lado de acuerdo a la Guía de prácticas de servicios meteorológicos para el público. Segunda edición. OMM, se establecen diferentes tipos de pronóstico meteorológico, dependiendo del rango temporal de vigencia (Figura 2), siendo los principales:

**Pronóstico a muy corto plazo:** descripción del tiempo atmosférico actual y descripción de parámetros meteorológicos en un rango de 0 a 12 horas, donde se estima la intensidad de los sistemas convectivos (tormentas, sistemas convectivos de meso escala, chubascos y otros), se evalúa su trayectoria y se pronostica los fenómenos que los acompañaran (ráfagas de viento, descargas eléctricas, etc.), señalando su ubicación (departamento, provincia y distrito).

El análisis se centra, principalmente, en imágenes de satélite, datos de estaciones automáticas, datos de radar, METAR, comunicación con observadores entre otros recursos para pronosticar fenómenos que estén próximos a desarrollarse. Dentro de este tipo de pronóstico se incluye el pronóstico inmediato que describe del tiempo atmosférico actual y descripción de parámetros meteorológicos en un rango de 0 a 2 horas.

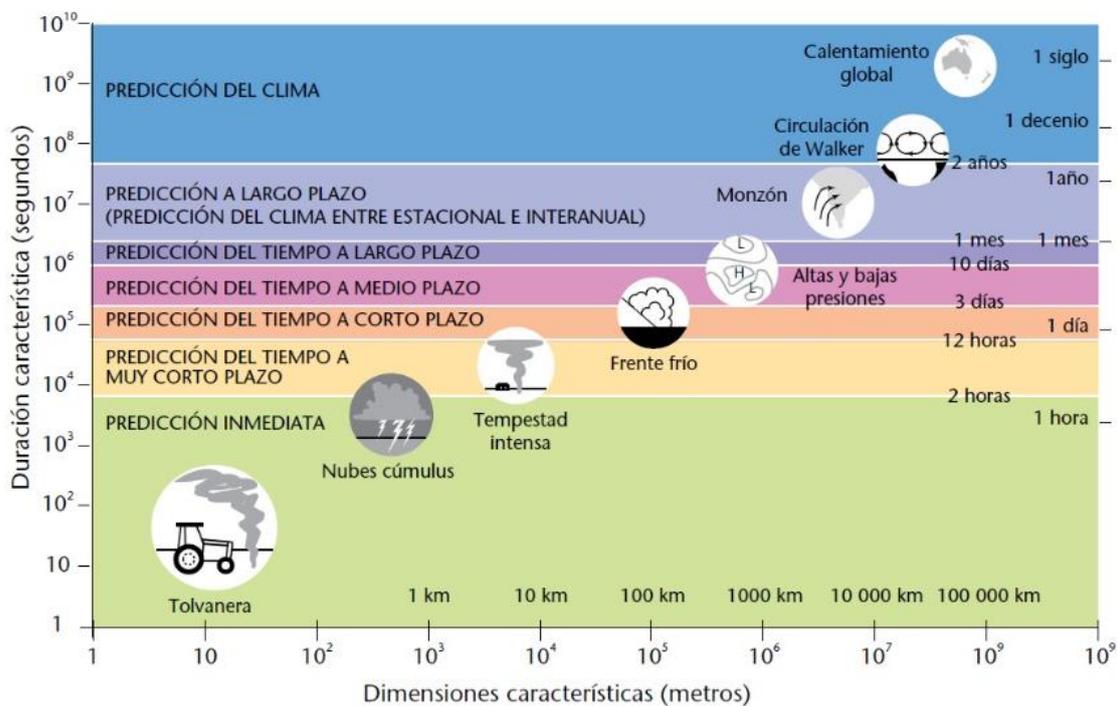
**Pronóstico a corto plazo:** describe el comportamiento de los parámetros meteorológicos (precipitación, humedad, dirección y velocidad del viento, etc.) y fenómenos meteorológicos generados por: sistemas frontales, anticiclones, bajas presiones, etc., en un rango de tiempo mayor a 12 horas pero menor o igual a 72 horas.

Estos predicen el estado de la atmósfera para un período futuro y una localidad o región dada a corto plazo.

Tienen el propósito de prevención, para planificar, preparar las actividades realizadas por el público en general y respaldar la toma de decisiones.

Requieren del análisis de modelos numéricos, así como el uso de datos meteorológicos presentes para estimar valores futuros.

**Pronóstico a mediano plazo:** descripción de parámetros meteorológicos en un rango de 72 a 240 horas. Requieren un análisis más exhaustivo de la evolución de la atmósfera en escala sinóptica y de meso escala. Evaluando patrones sinópticos con las salidas de los modelos numéricos e identificando elementos claves para el pronóstico de fenómenos meteorológicos el comportamiento de las variables meteorológicas para un área específica, por ejemplo, posición de las corrientes en chorro, ingreso de altas migratorias a continente, ondas del este para las zonas tropicales, entre otros.



**Figura 2:** Escalas espaciales y temporales de diversos fenómenos atmosféricos

**FUENTE:** Guía de prácticas de Servicios Meteorológicas para el Público – OMM, 2000, (Oficina de Meteorología, Australia)

Considerando estas clasificaciones también se debe ver simultáneamente horario apropiado de difusión de las predicciones, teniendo en cuenta, entre otras cosas, la difusión de los principales espacios de noticias por televisión y radio; la hora de cierre de los periódicos; el momento de recepción de datos sinópticos; las cargas de trabajo en las oficinas de predicción; las comunicaciones, si no funcionan todas las horas.

Estas evaluaciones suelen ser realizadas por meteorólogos gubernamentales o privados, a menudo mediante simulaciones numéricas. Estas simulaciones son el resultado de representar matemáticamente la atmósfera como un fluido en movimiento.

Considerando este concepto el servicio nacional elabora, a través de la subdirección de predicción meteorológica (SPM) y de sus direcciones zonales (DDZZ) diferente tipos de pronóstico meteorológico.

En el SENAMHI el pronóstico inmediato está representado por los avisos de lluvia de muy corto plazo, en los cuales se detallan los sistemas convectivos presentes a lo largo del territorio nacional que generen precipitaciones importantes y se les asigna una intensidad de acuerdo a los percentiles horarios de precipitaciones de las estaciones cercanas; este pronóstico es elaborado por la SPM de forma horaria las veinticuatro horas del día y comprende un análisis de las condiciones actuales del tiempo a nivel nacional y un pronóstico de las condiciones meteorológicas futuras asociadas a sistemas convectivos en las siguientes dos horas.

En el SENAMHI uno de los pronósticos de corto plazo está representado por el pronóstico meteorológico extendido, en el cual se detalla una breve descripción del tiempo esperado durante el día y un ícono que represente el fenómeno meteorológico probable y/o la cantidad de nubosidad estimada que pueda ocurrir y se emite a nivel nacional para diferentes puntos de importancia en cada región con una proyección de tres días; este pronóstico es elaborado por las DDZZ durante los días hábiles y por la SPM los fines de semana y feriados, este tipo de pronóstico también incluye a Lima Metropolitana, la cual está a cargo de la SPM.

Otro pronóstico de corto plazo que realiza el SENAMHI, pero enfocado exclusivamente en precipitaciones, es el aviso de corto plazo ante lluvias intensas; el cual es elaborado

por la SPM con una frecuencia diaria y un horizonte de veinticuatro horas, este pronóstico se enfoca en la evaluación de las precipitaciones esperadas entre las 18:00 UTC del días de emisión y las 18:00 UTC del día siguiente, señalando únicamente aquellas que superen los percentiles diarios de las zonas donde se espera que ocurran; estas pueden clasificarse como moderadas, fuertes o extremas según el percentil que superen (PCM, 2020).

Los pronósticos inmediatos, de muy corto y corto plazo se elaboran en el SENAMHI de forma regular, sin embargo existen otros pronósticos especializados que no se emiten todo el tiempo (solo a pedido de un usuario específico y por un lapso definido de tiempo) y pronósticos especiales que se emiten solamente frente a la ocurrencia de eventos meteorológicos severos que pudiesen afectar a la población; estos llevan el nombre de avisos meteorológicos y pueden ser pronósticos de corto plazo (24 a 72 horas) o de mediano plazo (mayores a 72 horas).

El SENAMHI define los avisos meteorológicos como pronósticos de carácter preventivo ante eventos meteorológicos adversos que podrían presentarse en el territorio nacional por un periodo determinado, con el propósito de informar a las autoridades que componen el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) y al público en general, del modo más detallado y claro posible, sobre la peligrosidad de un fenómeno o evento meteorológico adverso de tiempo máximo de 96 horas.

Asimismo, los avisos meteorológicos se emiten para un tipo específico de fenómenos adversos, los cuales son: precipitaciones, lluvia, nevadas, incremento de temperatura, olas de calor, descensos de temperatura, olas de frío, friajes e incremento de viento; estos pueden estar centrados en un sector específico del territorio nacional (sierra sur por ejemplo) o pueden abarcar toda una región del país.

Estos eventos están relacionados a la interacción de diferentes sistemas atmosféricos con gran influencia sobre América del Sur y específicamente el Perú, donde la posición, intensidad y confluencia de dos o más de estos sistemas, sumado a la presencia de humedad, vientos predominantes y/o otras condiciones más regionales o locales pueden desencadenar en eventos extremos. Por ello es importante conocer estos sistemas atmosféricos, porque se originan y cómo se comportan, a continuación se describe las

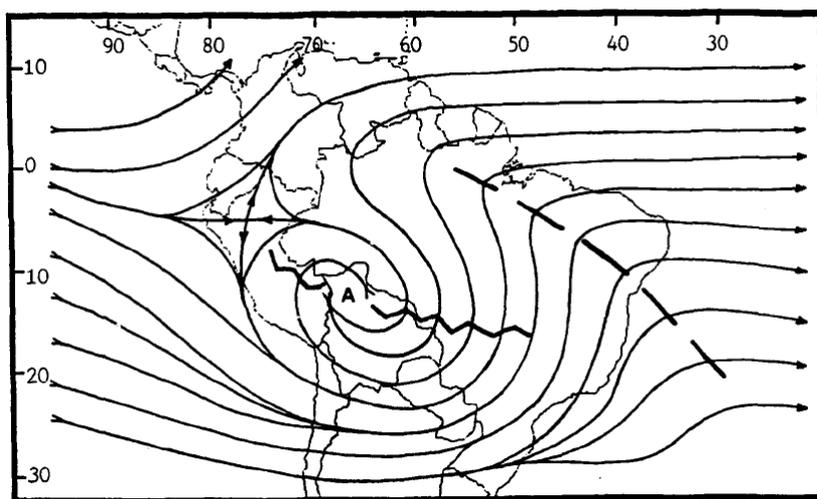
principales características de los sistemas atmosféricos de mayor importancia en el comportamiento del tiempo atmosférico en el Perú.

## 2.2. Sistemas meteorológicos

### Alta de Bolivia

El Alta de Bolivia (AB) es un sistema anticiclónico en altura (200 hPa) que se desarrolla principalmente durante el verano austral sobre el Altiplano boliviano. Su posición e intensidad se ha relacionado con la variación estacional de la lluvia en la Amazonia (Kousky y Kagano, 1981; Nishizawa y Tanaka, 1983; Horel et al., 1989), episodios húmedos y secos sobre el Altiplano (Kessler, 1981; Lenters, 1997) y la generación de vórtices ciclónicos en 200 hPa; Durante los días húmedos, el AB es más intensa y se desplaza más al sur que durante los días secos.

El AB y la Vaguada del Noreste de Brasil (VNEB) (Figura 3) están vinculadas dinámicamente (Kreuels et al., 1975; Horel et al., 1989) y esta última está asociada con el clima seco del noreste de Brasil (Nishizawa y Tanaka, 1983). Además, ambas están relacionadas con la convección y el ingreso de frentes fríos asociados con la zona de convergencia del Atlántico Sur (SACZ); (Kousky y Kagano, 1981; Kodama, 1992, 1993).



**Figura 3:** La Alta de Bolivia y la Vaguada del Noreste de Brasil en 200 hPa (Enero). La AB es señalada como un anticiclón (A) en el análisis de líneas de corriente

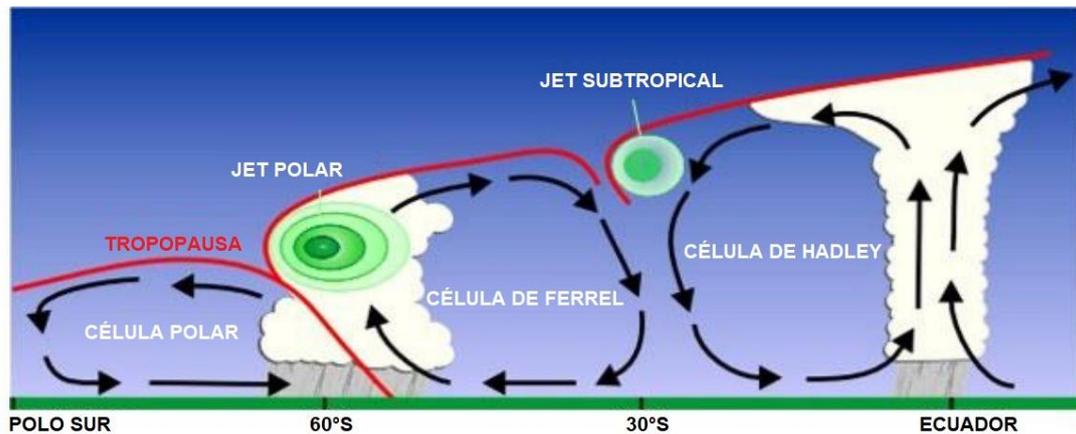
**FUENTE:** Gilford, 1992, p. 56

La relevancia del AB no se limita al clima de la zona, ya que la misma tiene variaciones en escalas temporales muy cortas, incluso durante un mismo día (Virji 1981). Esta variabilidad a corto plazo se ha relacionado con otros aspectos de la meteorología sinóptica de América del Sur. Por ejemplo, la propagación de vórtices ciclónicos de la troposfera alta en la región de la VNEB interactúa el AB y modula la convección en la región (Kousky y Gan 1981; Virji 1981).

El origen del AB no está completamente explicado por un solo fenómeno. Está asociado a una respuesta al forzamiento orográfico o térmico (o una combinación de ambos). Su proximidad a la Cordillera de los Andes sugiere que esta puede ser una respuesta dinámica directa a la cordillera. También se cree que podría ser una respuesta térmica a la meseta del Altiplano, que es una fuerte fuente de calor atmosférico, tanto por la liberación de calor sensible (calentamiento del aire por la superficie terrestre) como por calor latente (calentamiento por condensación liberado durante la precipitación). Otra posibilidad más es que el alta sea una respuesta térmica al calentamiento por condensación que ocurre en regiones adyacentes como la cuenca del Amazonas (Lenters y Cook, 1997).

#### Corriente en Chorro

En niveles altos de la atmósfera, cerca de la tropopausa, la región donde el componente de viento zonal, desde el oeste, alcanza valores máximos (por encima de 30 km/h) se conoce como la corriente en chorro (Figura 4). Este componente aumenta con la altura debido a la existencia de gradientes de temperatura meridional, que tienen unos pocos kilómetros de espesor, decenas de kilómetros de ancho y miles de kilómetros de largo.



**Figura 4:** Corte idealizado longitudinal del jet polar, el jet subtropical y las células de circulación atmosféricas para el hemisferio sur  
Adaptado de <http://www.srh.noaa.gov/jetstream/global/jet.htm>, 2016

La corriente en chorro desempeña un papel muy importante en la convección a gran escala en regiones subtropicales, ahí donde haya aire húmedo con un alto grado de inestabilidad latente en el lado ecuatorial del chorro subtropical (Ramaswamy, 1956).

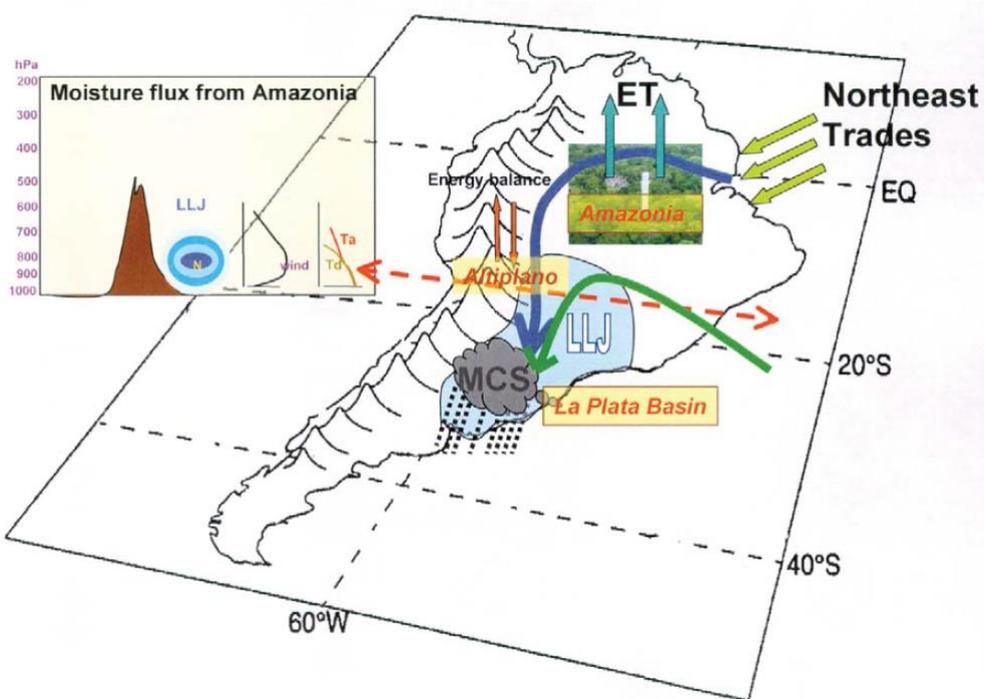
Hay dos corrientes de chorro particulares que influyen en el clima de América del Sur, el chorro subtropical, a menudo observado cerca del nivel de 200 hPa (Krishnamurti, 1961) y que está presente en latitudes relativamente bajas; donde, a pesar de un gradiente de temperatura horizontal relativamente débil, está acompañada por una cizalladura vertical del viento relativamente grande; y, el chorro polar, más intenso, que está presente al sur del chorro subtropical y es generado principalmente por un alto gradiente horizontal de temperatura.

Las intensidades de los vientos zonales y los campos de temperatura se relacionan a través del viento térmico y, por lo tanto, la intensidad y la posición latitudinal del chorro subtropical sufren una gran variabilidad estacional. En cada hemisferio, el chorro subtropical es más intenso y más cercano al ecuador durante el invierno, en comparación con el verano (Galvin, 2007).

En promedio, el chorro subtropical puede aparentar ser continuo a lo largo del globo dentro de las regiones subtropicales y, en consecuencia, puede considerarse casi permanente durante el invierno. En otros casos, el chorro subtropical puede fusionarse y volverse indiferente del chorro polar, particularmente cuando este último está cerca del ecuador

## El Jet Sudamericano de Niveles Bajos

El jet sudamericano de niveles bajos, o SALLJ por sus siglas en inglés (Figura 5), desempeña un papel importante al este de los Andes en el clima regional. Este alcanza velocidades de viento muy altas en los Andes centrales orientales, alrededor de Bolivia, y está presente durante todo el año. Este varía entre estaciones, de manera interanual y multi-decadal significativamente. Además, transporta grandes cantidades de humedad desde la cuenca del Amazonas hacia los subtrópicos de América del Sur y, cerca de su región de salida, se desarrollan sistemas convectivos de meso-escala intensos que con frecuencia, producen precipitaciones fuertes.



**Figura 5:** Diagrama esquemático de los elementos relevantes para el transporte de humedad hacia el polo sobre América del Sur. Corte vertical donde se representa el núcleo del SALLJ

**FUENTE:** Vera et al, 2006

Todas las corrientes de chorro de niveles bajos muestran una fuerte variabilidad diurna con un máximo nocturno. El SALLJ trae aire cálido y húmedo de la cuenca del Amazonas a la región del Gran Chaco en la salida de la corriente en Chorro. La convergencia de humedad en la región de salida del chorro crea condiciones favorables para la precipitación. Por lo tanto, la precipitación sobre la región también muestra una fuerte variabilidad diurna con un máximo nocturno (Vernekar et al, 2003).

El SALLJ es tiene un papel crítico en la distribución espacio-temporal de la precipitación en América del Sur. Los mecanismos que pueden explicar el SALLJ incluyen, la desviación de los vientos del este por los Andes a medida que fluyen sobre la cuenca del Amazonas y se desvían hacia el nor-noroeste alrededor del "codo" de los Andes, los procesos locales ocasionados por el terreno de fuerte pendiente y el ciclo diurno de la capa límite y las perturbaciones de gradiente de presión asociadas con el flujo cruzado de los Andes. (Jones, 2019)

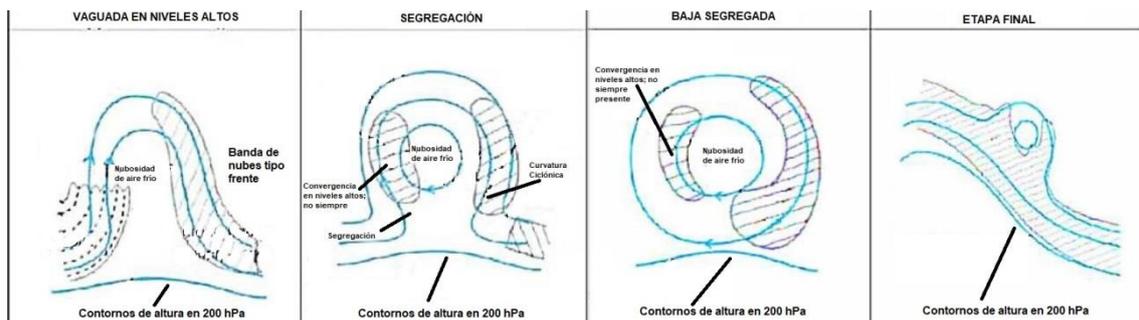
### Depresión Atmosférica de Niveles Altos

Las Depresiones Atmosféricas de Niveles Altos (DANA) son sistemas que se generan en alta tropósfera y están asociadas a procesos de fuerte ondulación y aislamiento de la circulación general, influenciados por la Corriente en Chorro, que luego se propaga hacia niveles medios y en muchos casos hasta niveles bajos. La DANA se define como un sistema aislado de alta vorticidad potencial (VP) ciclónica, que se extiende desde baja estratosfera hacia alta troposfera (Hoskins, 1991); En latitudes medias son el resultado de procesos dinámicos en el cual la masa de aire con alta VP es segregada de la estratósfera polar aislándose en la tropósfera de latitudes medias (Van Delden y Negger, 2003).

El ciclo de vida de una DANA tiene varias etapas (Figura 6), en la etapa de formación, la baja en niveles altos se profundiza y comienza a aislarse del flujo principal del oeste, observando su estrangulamiento hacia el sur del sistema por el progreso de una dorsal (Godoy et al., 2011); Mientras que el sistema se encuentra completamente desarrollado, es completamente independiente del flujo occidental principal, notándose un vórtice ciclónico aislado en niveles altos y medios y un núcleo cálido sobre él, relacionado con la disminución de la tropopausa y la presencia de frentes en la alta troposfera (Rondanelli et al, 2002 y Hoskins et al., 1985). La intensificación de la DANA puede atribuirse a la amplificación y el crecimiento de la dorsal que sigue (Garreaud y Fuenzalida, 2007 y Quispe y Avalos, 2006). Finalmente, en la etapa de disipación, domina la advección vertical cálida (Godoy et al., 2011), lo que contribuye a la desaparición del sistema. El desplazamiento de la DANA hacia el este es afectado por la

cordillera de los Andes, la cual reduce su velocidad de propagación y desvía su trayectoria hacia el sur.

Las Depresiones Atmosféricas de Niveles Altos tienen un impacto importante sobre las precipitaciones en la costa árida y la cordillera andina occidental. En Perú, los episodios de mal tiempo (granizo, fuertes lluvias y nevadas) en áreas de baja precipitación están asociados con estos sistemas.



**Figura 6:** Etapas del ciclo de vida de una DANA  
Adaptado de Nieto et al, 2005

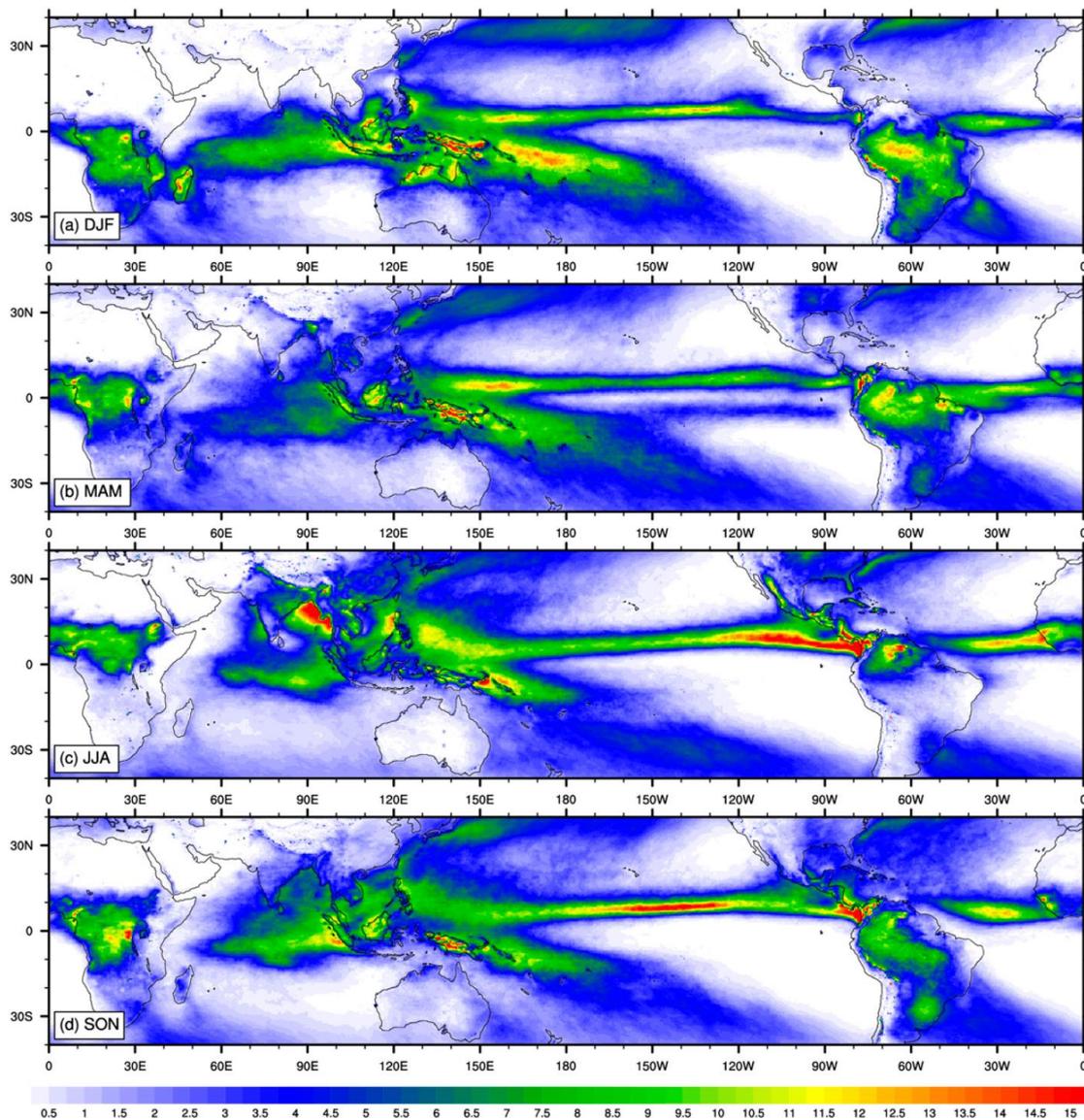
### Zona de Convergencia Intertropical

La Zona de Convergencia Inter Tropical, o ZCIT puede identificarse a través del promedio de precipitación en las diferentes estaciones del año (Figura 7), esta es un cinturón de bajas presiones que rodea el globo, generalmente cerca al ecuador, donde se encuentran los vientos alisios de ambos hemisferios. En esta se observa fuerte actividad convectiva que resulta en tormentas eléctricas de variable intensidad; durante el día se ve mayor actividad sobre continente y relativamente menor actividad sobre el océano.

Entre febrero y abril existen dos modos en la manera en que se distribuye la variabilidad interanual de la convección en el Pacífico oriental asociada a la ZCIT. Uno presenta convección profunda intensa centrada en el ecuador, ZCIT simple, y el segundo presenta un dipolo meridional con pequeñas señales en el ecuador, ZCIT doble (Xie et al, 2018; Yu y Zhang, 2018), debido a una lengua fría (Gu et al, 2005; Zhang, 2001). En este último caso hay anomalías máximas de precipitación al norte o al sur del ecuador. Las dos bandas de ZCIT durante el otoño austral (marzo-abril), en el Pacífico oriental (90° a 130° W), coinciden con el máximo de temperatura superficial del mar en el

ecuador, y con el debilitamiento estacional de los vientos alisios del sureste (Gu et al, 2005).

Haffke et al (2016) encontraron cinco estados de la ZCIT: el estado de doble ZCIT, donde es visible a ambos lados del ecuador; el estado del norte, donde solo se forma una ZCIT en el hemisferio norte; el estado del sur, donde solo se forma una ZCIT en el hemisferio sur; el estado de no presencia, donde no hay una señal ZCIT significativa; y el estado ecuatorial, cuando la convección en el Pacífico oriental se encuentra en el ecuador y cubre una amplia banda norte-sur.

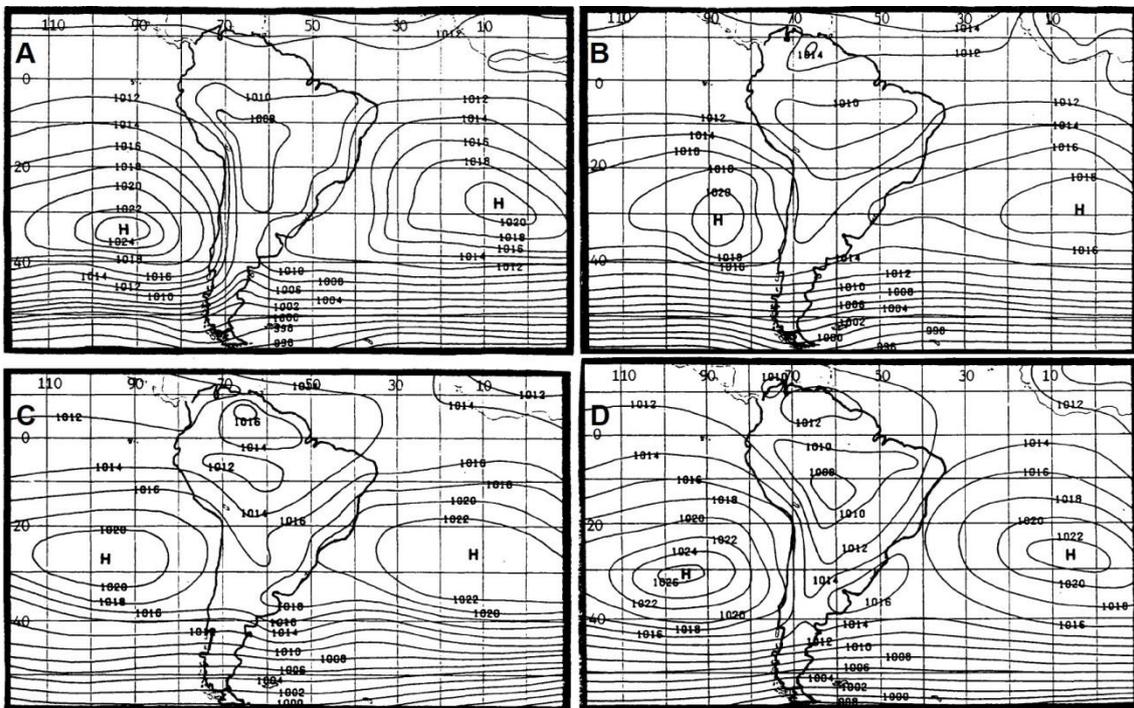


**Figura 7:** Promedios estacionales de precipitación (mm/día) calculados con el “Climate Prediction Center morphing method” o CMORPH para el periodo 1998-2012  
**FUENTE:** Berry and Reeder, 2014

La variación en la ubicación de la ZCIT afecta drásticamente los regímenes de precipitación cerca al ecuador, por esta razón en el trópico se observan periodos secos y húmedos en lugar de estaciones frías y cálidas como sucede en latitudes más altas. Los cambios a largo plazo en la ZCIT pueden provocar graves sequías o inundaciones en su área de influencia.

### Anticiclón del Pacífico Sur Oriental (APSO)

El Anticiclón del Pacífico Sur Oriental, o APSO (Figura 8), es un sistema de alta presión subtropical semipermanente, extremadamente seco y con gran estabilidad atmosférica, que gira en sentido anti horario y se ubica en sureste del Océano Pacífico. Tiene gran influencia en el clima de la costa oeste de América del Sur, contribuyendo a la aridez del lugar y a la presencia de vientos intensos que se presentan periódicamente, entre otras cosas. Este sistema de alta presión tiene, además, un rol importante en relación a El Niño - Oscilación del Sur (ENSO), y refuerza los de vientos alisios en el Pacífico ecuatorial.



**Figura 8:** Presión media al nivel del Mar. A) enero, B) abril, C) julio y D) octubre; sobre el océano Pacífico se observa el APSO y sobre el océano Atlántico el Anticiclón del Atlántico Sur

Adaptado de Gilford et al, 1992, pp. 32-34

El APSO controla el régimen de vientos en el Océano Pacífico oriental subtropical, los vientos alisios del sudeste y los vientos que soplan hacia el ecuador a lo largo de la costa oeste de América del Sur; su desplazamiento anual sur-norte-sur afecta directamente los vientos costeros (Montecino et al., 2006).

El APSO reside en su posición norte (26-30° S) y más cercana a la costa (85-95° W) durante el otoño e invierno australes tardíos (Ancapichún y Garcés-Vargas 2015). Los vientos ecuatoriales son más fuertes durante la primavera y el verano australes (Montecino et al., 2006) cuando el APSO se ha movido hacia el suroeste, ubicándose entre 33–36° S y 100-108° W (Ancapichún y Garcés-Vargas, 2015).

En general el desplazamiento, orientación e intensidad del APSO es determinante en el tiempo de gran parte de la costa oeste de América del Sur teniendo influencia en las condiciones de nubosidad y en la ocurrencia o ausencia de precipitaciones en localidades costeras. Además, de acuerdo a su intensidad, los vientos predominantes en la costa tendrán una componente sur, si es más intenso, o norte cuando es débil o se encuentra alejado, lo que permite el ingreso de vientos del norte.

#### Anticiclón del Atlántico Sur

El Anticiclón del Atlántico Sur o AAS (Figura 8) es un sistema de alta presión semipermanente centrada en 25° S y 15° W, en el Océano Atlántico. Puede extenderse miles de kilómetros a lo largo del Atlántico Sur y tiene una variación interanual este-oeste-este periódica, pero se sitúa normalmente próximo a América del Sur. Forma parte del gran cinturón subtropical de anticiclones llamado dorsal subtropical.

El centro de la región de alta presión tiende a seguir la variación estacional en la posición del sol, moviéndose hacia el sur en el verano austral y hacia el norte en el invierno. Esto afecta el clima de las áreas continentales adyacentes, trayendo cambios estacionales en el tiempo atmosférico a medida que la posición del alta oscila.

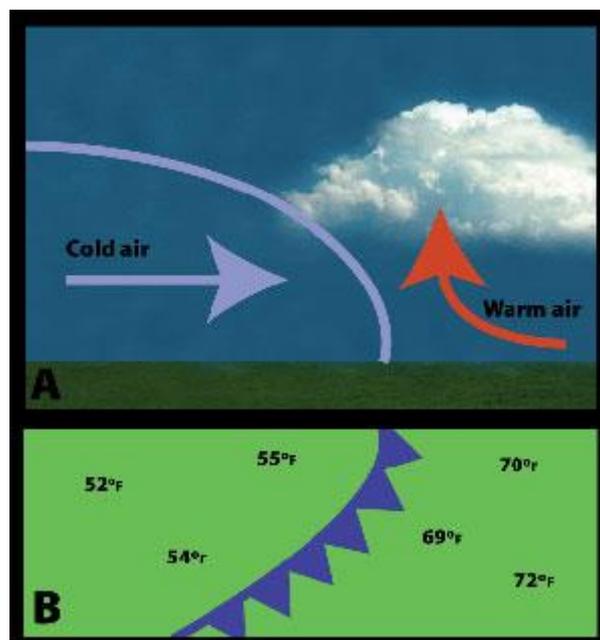
El AAS produce un clima seco y cálido y está asociado a buen tiempo desde la costa Este de América del Sur hasta África durante el verano austral, ya que transporta aire tropical a su flanco sur. En su flanco norte, donde se ubican los vientos alisios del este,

existe la zona de convergencia intertropical que controla el monzón africano y la temporada de lluvias en las Guayanas.

### Sistemas frontales (Frentes fríos)

En general los frentes son zonas de transición entre dos masas de distintas características, temperatura y humedad, en la superficie terrestre y en estas frecuentemente se observa turbulencia. Existen cuatro tipos de frentes, cálidos, estacionarios, ocluidos y fríos.

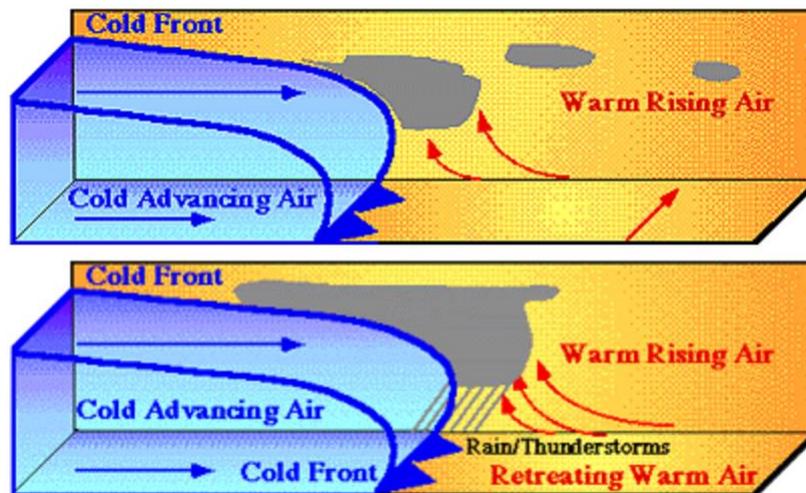
El frente frío (Figura 9) es una franja de inestabilidad que ocurre cuando una masa de aire frío se acerca a una masa de aire caliente; El aire frío, siendo más denso, genera una "cuña" e ingresa por debajo del aire cálido y menos denso. En las latitudes medias y altas de ambos hemisferios, los frentes fríos tienden a moverse hacia el ecuador y hacia el este. La zona frontal, dentro de la cual tiene lugar la rápida transición del aire cálido al frío, es la más estrecha y mejor definida cerca de la superficie. El frente frío está directamente relacionado con la corriente en chorro del frente polar y generalmente ocurre cerca de su núcleo.



**Figura 9:** (A) Vista lateral de un frente frío y (B) como es representado en una carta sinóptica

**FUENTE:** “University Corporation for Atmospheric Research Centre for Science Education”, <https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-weather-works/weather-fronts,2021>

Un frente frío a menudo es asociado con lluvias y tormentas eléctricas (Figura 10). A medida que avanza rápidamente, 50 a 65 km/h, velocidad que duplica a la de un frente cálido, el aire frío, que es relativamente denso, socava el aire caliente desplazado y lo obliga a elevarse, generando nubes cumulo o cumulonimbos y tormentas. En casos extremos, la inestabilidad resultante puede conducir a la formación de tormentas eléctricas severas, ráfagas de viento, lluvia intensa y granizo. La precipitación generalmente se detiene abruptamente después de que pasa el frente y la temperatura desciende.



**Figura 10:** Desarrollo de la precipitación en un frente frío  
**FUENTE:** Departamento de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Illinois

En la parte posterior del frente, la advección de aire frío tiende a promover corrientes de aire que se hunden, lo que ayuda a que las nubes se disipen y favorece el buen tiempo con presencia de estratocúmulos o cielo despejado.

Otro detalle importante para el análisis del tiempo atmosférico y la elaboración de los pronósticos meteorológicos es que tipo de herramientas requiere el pronosticador según el tipo de pronóstico que esté realizando, algunas herramientas son comunes para cualquier tipo, otras útiles solo para tipos específicos de pronóstico; estas herramientas deben ser provistas por el servicio meteorológico para la labor del pronosticador, sin embargo no todos los países están en igualdad de condiciones por lo que los servicios meteorológicos nacionales deben adecuarse a la realidad en la que se encuentran y usar

de la manera más óptima las herramientas de las que disponen, entre las más importantes que dispone el SENAMHI podemos encontrar las siguientes.

#### **Pronóstico de muy corto plazo (0-12 horas)**

- Sistema de comunicación operativo (Intranet, Internet, telefonía (fija/móvil)
- Estaciones automáticas
- Radiosonda
- Sistema de observación operativo
- Imágenes de Satélites Meteorológico (GOES 16)
- Descargas eléctricas
- Software SIG

#### **Pronóstico de corto plazo (12-72 horas)**

- Sistema de comunicación operativo (Intranet, Internet, telefonía (fija/móvil)
- Radiosonda
- Estaciones automáticas y convencionales
- Sistema de observación operativo
- Imágenes de Satélites Meteorológico (GOES 16)
- Modelos de pronósticos operativos (ETA- SENAMHI, WRF, GFS, ECMWF y otros)
- Perfil vertical de la atmósfera
- Temperatura superficial del agua del mar
- Software visualizadores de modelos numéricos
- Software SIG.

#### **Pronóstico de mediano plazo (mayor a 72 horas)**

- Sistema de comunicación operativo (Internet).
- Record histórico de las estaciones
- Sistema de observación operativo
- Índices meteorológicos.
- Modelos de pronósticos operativos (ETA- SENAMHI, WRF, GFS, ECMWF y otros).

- *Ensembles* de modelos de pronósticos.
- Temperatura superficial del agua del mar
- Software visualizadores de modelos numéricos.
- Software SIG.

A continuación se detallará las herramientas, programas y fuentes de información utilizadas en el pronóstico del tiempo, mencionadas anteriormente.

### **2.3. Herramientas para el pronóstico del tiempo**

#### Datos de Superficie

En muchas regiones del mundo, las estaciones meteorológicas de superficie son dispersas y/o no tienen una buena calidad de datos; pueden estar ubicadas incorrectamente, no tener buen mantenimiento o tienen comunicación limitada para monitoreo en tiempo real (WMO, 2017). Sin embargo, frente a la ausencia de una red de radares meteorológicos y/o disponibilidad exclusiva de observaciones de meso escala por satélite, resultan de mucha importancia para el SENAMHI tanto en el pronóstico de muy corto plazo (estaciones automáticas) como para el pronóstico de corto plazo (estaciones convencionales).

#### Radiosondas

Estas siguen siendo el sistema de observación de referencia para la determinación de la estructura vertical detallada de la atmósfera y son una valiosa fuente de información sobre presión, temperatura, humedad y viento en la atmósfera. Al mismo tiempo, permiten analizar la estabilidad vertical, buscando detalles que no necesariamente son capturados por los modelos numéricos (WMO, 2017). En el Perú debido a la poca cantidad de radiosondas que son lanzadas a nivel nacional y a la baja frecuencia con la cual se lanzan no resultan ser una herramienta óptima para el pronóstico de muy corto plazo, sin embargo, siguen siendo útiles para el pronóstico de corto plazo para los lugares donde se realizan.

#### Imágenes de Satélite

Los satélites geoestacionarios proporcionan una continua vigilancia con imágenes disponibles en tiempo casi real cada 10 a 15 minutos e imágenes de escaneo rápido de regiones específicas a intervalos de menos de 2 minutos. Los datos de satélites meteorológicos geoestacionarios son adecuados para monitorear de manera cualitativa el inicio y rápido desarrollo de los sistemas meteorológicos, tanto en el espacio como en el tiempo. Estos proporcionan una resolución horizontal adecuada para identificar el inicio, la evolución y el movimiento de los sistemas sinópticos, de meso escala o de circulaciones locales sobre la mayoría de las zonas tropicales y templadas. Los canales individuales, así como las diferencias de canales, se pueden combinar en los llamados productos RGB para resaltar características específicas de la nube, como la profundidad de la nube o fase (WMO, 2017).

En el SENAMHI se dispone de las imágenes de satélite cada 10 a 15 minutos en tiempo casi real, por lo que resultan óptimas para el pronóstico a muy corto plazo a nivel nacional, sin embargo no se tiene la disponibilidad de las mediciones más regionales con frecuencias mayores ya que las imágenes que se utilizan pertenecen al satélite GOES, el cual es propiedad de los Estados Unidos, y son ellos los que determinan que regiones son las que se toman para el escaneo rápido.

### Modelos Numéricos

La predicción numérica del tiempo hace una contribución fundamental para todos los tipos de pronóstico y ha demostrado un papel insustituible en los pronósticos meteorológicos modernos de manera ininterrumpida en los servicios meteorológicos. Sin embargo es más útil para eventos meteorológicos a gran escala que para eventos de escala convectiva (WMO, 2017).

En el SENAMHI se utilizan modelos numéricos para el pronóstico del tiempo en todos los niveles, sin embargo para fenómenos de escala regional o local no resultan la herramienta más óptima ya que no se cuentan aún con modelos de escala regional que se ajusten de manera real al tiempo atmosférico en nuestra región; pero, para eventos generados por sistemas de escala sinóptica o mayor, los modelos ETA, GFS o del centro europeo resultan muy útiles para el pronóstico de corto plazo y la emisión de avisos meteorológicos.

## Briefing Meteorológico

Con apoyo de las direcciones zonales se realiza diariamente un briefing meteorológico, en el cual se discuten las condiciones que se presentarán a futuro, así como los eventos ocurridos en los últimos días. A través de esta actividad también se llegan a consensos para la emisión de avisos meteorológicos, notas de prensa y consideraciones a tomar en cuenta para el pronóstico diario.

## Páginas web útiles para el pronóstico

### **SENAMHI**

<https://www.senamhi.gob.pe/?p=satelites>

<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=satelites-TSM>

<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=monitoreo-de-temperatura>

<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=radiacion-uv>

<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=satelites-RADAR>

[https://www.senamhi.gob.pe/site/volcan/?p=\\_\\_ModeloWrf](https://www.senamhi.gob.pe/site/volcan/?p=__ModeloWrf)

<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

<https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-numeric>

### **Externas**

[http://www.corpac.gob.pe/app/notam/UserLayer/Opmet/Consultas/Metar\\_detalle.php?action=](http://www.corpac.gob.pe/app/notam/UserLayer/Opmet/Consultas/Metar_detalle.php?action=)

[http://www.ogimet.com/ultimos\\_metars2.php?estado=Peru&fmt=html&iord=yes&Enviar=Ver](http://www.ogimet.com/ultimos_metars2.php?estado=Peru&fmt=html&iord=yes&Enviar=Ver)

<http://www.ogimet.com/synopsc.phtml>

<http://186.42.174.236/InamhiEmas/>

<https://apps.ecmwf.int/webapps/opencharts>

[https://www.wpc.ncep.noaa.gov/international/wng/00/capi\\_wsa.html](https://www.wpc.ncep.noaa.gov/international/wng/00/capi_wsa.html)

<http://www.corpac.gob.pe/app/Meteorologia/index.php>

<http://www.corpac.gob.pe/app/Meteorologia/tiempo/tiempoactual.php>

<https://www.zeus.iag.usp.br/index.php>

[http://soundingval.ssec.wisc.edu/imagery?action=view\\_data&params=source,region,output,parameter,level,date&param\\_values=GOES-16\\_Oper,Full\\_Disk,GOES-R\\_Algorithm,TEMP,700,20210401](http://soundingval.ssec.wisc.edu/imagery?action=view_data&params=source,region,output,parameter,level,date&param_values=GOES-16_Oper,Full_Disk,GOES-R_Algorithm,TEMP,700,20210401)

<https://www.weatherlink.com/map/fea5b49a-17bf-41c0-9d90-5246eb0cf435>

<https://meteo.deroweb.com.ar/imagenes.php>

<https://rammb.cira.colostate.edu/ramsdisk/online/rmtc.asp>

<https://www.tiempo.com/modelos/continente+6-america+sur-gfs-13.htm>

[windy.com/?-10.612,-75.223,7](https://www.windy.com/?-10.612,-75.223,7)

<https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/>

<https://earth.nullschool.net/#current/wind/surface/level/orthographic=-66.49,-5.66,1113/loc=-4.643,-26.371>

<http://wxmaps.org/pix/sa.fcst>

<http://wxmaps.org/fcst.php>

[https://rammb-slider.cira.colostate.edu/?sat=goes-16&sec=full\\_disk&x=10848&y=10848&z=0&angle=0&im=12&ts=1&st=0&et=0&speed=130&motion=loop&maps%5Bborders%5D=white&lat=0&p%5B0%5D=geocolor&opacity%5B0%5D=1&pause=0&slider=-1&hide\\_controls=0&mouse\\_draw=0&follow\\_feature=0&follow\\_hide=0&s=rammb-slider&draw\\_color=FFD700&draw\\_width=6](https://rammb-slider.cira.colostate.edu/?sat=goes-16&sec=full_disk&x=10848&y=10848&z=0&angle=0&im=12&ts=1&st=0&et=0&speed=130&motion=loop&maps%5Bborders%5D=white&lat=0&p%5B0%5D=geocolor&opacity%5B0%5D=1&pause=0&slider=-1&hide_controls=0&mouse_draw=0&follow_feature=0&follow_hide=0&s=rammb-slider&draw_color=FFD700&draw_width=6)

<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/mjo.shtml>

### **III. METODOLOGÍA**

En la monografía, de tipo no experimental, se detallarán los pasos que se utilizaron para la evaluación de una guía para el pronóstico del tiempo, así como el establecimiento de protocolos para la emisión de los distintos tipos de pronósticos del tiempo que se elaboran en el servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú - SENAMHI. Para esto hay una serie de consideraciones que se tuvieron que tomar, tales como: el tipo de pronóstico y la extensión que comprende (de mediano plazo, corto plazo, muy corto plazo, nowcasting); la geografía y la climatología del lugar; el riesgo potencial asociado a los eventos pronosticados (avisos meteorológicos); la organización del servicio de pronóstico; el usuario final al que va dirigido el pronóstico y la tecnología disponible para el pronosticador (WMO, 2004).

Uno de los criterios que hay que analizar antes de establecer los procesos de elaboración de pronósticos es que metodología debe preferir el pronosticador, según la escala, disponibilidad de información y herramientas y eficacia, para realizar el análisis del tiempo atmosférico y elaborar los pronósticos, a continuación mencionamos diferentes metodologías que se evaluaron.

#### **3.1. Metodologías para el pronóstico del tiempo**

En la elaboración de un pronóstico meteorológico existen diferentes metodologías que se pueden utilizar. El pronosticador puede optar por diferentes metodologías según su experiencia, la información que tiene disponible, la complejidad que presenta el pronóstico y el grado de precisión o confianza que se necesita en el mismo. Dentro de las opciones más frecuentes se tiene:

- a) El método de persistencia; en este se asume que las condiciones en el momento del pronóstico no cambiarán. Este método funciona mejor cuando los patrones meteorológicos no varían rápidamente, principalmente para pronósticos de muy

- b) corto plazo en zonas de poca pendiente y donde no se estén generando complejos convectivos de rápido desarrollo. También resulta óptimo para pronósticos de corto plazo en lugares donde las condiciones atmosféricas varían poco de un día a otro.

El método de persistencia es también una herramienta para pronosticar condiciones meteorológicas a largo plazo o pronósticos climáticos, considerando que si las condiciones atmosféricas han sido constantes por un periodo prolongado de tiempo es más factible que se mantengan en el largo plazo a menos que ocurra una perturbación importante en la circulación atmosférica.

Un ejemplo claro de esta metodología la podemos tomar del pronóstico de las temperaturas máximas y mínimas en Lima Metropolitana, donde la variación diaria de la misma suele ser muy baja la mayor parte del año, a menos que existan condiciones atmosféricas muy especiales, es así que si la temperatura mínima del día en la que se elabora el pronóstico es  $15^{\circ}\text{C}$  lo más probable es que al día siguiente esta no tenga una variación mayor a  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

- c) Otro método de pronóstico se basa en ver las tendencias e implica determinar la velocidad y la dirección del movimiento de los sistemas atmosféricos o áreas de tormenta. De esta manera el pronosticador puede predecir dónde espera que las condiciones atmosféricas asociadas a estos sistemas se desarrollen en el muy corto, corto y mediano plazo. Es así que uno puede predecir donde ocurrirá precipitación en las siguientes horas o días si traza la trayectoria que tiene un determinado sistema y conoce aproximadamente la velocidad a la que se desplaza.

El método de tendencias es óptimo cuando los sistemas se mueven a una velocidad constante y mantienen una dirección estable durante un largo período. Si la velocidad del sistema fluctúa constantemente y la dirección es variable este método resulta poco adecuado.

Cuando se realiza un pronóstico mediante el método de tendencia, se suele utilizar fórmulas que han sido calculadas a través del estudio de numerosos

casos, que permiten estimar la evolución a corto plazo de una variable o sistema meteorológico, por ejemplo, Corfidi et al (1996) determinó una metodología para pronosticar el desplazamiento de un complejo convectivo de meso escala de manera indirecta, determinando el movimiento de elementos convectivos ( $V_{MBE}$ ).

Este viene dado por la diferencia entre el flujo medio en la capa de nubes ( $V_{CL}$ ) y el del chorro de bajos niveles ( $V_{LLJ}$ ); es decir,

$$V_{MBE} = V_{CL} - V_{LLJ}, \quad (1)$$

El  $V_{CL}$  está determinado según Fankhauser (1964) por,

$$V_{CL} = \frac{V_{850} + V_{700} + V_{500} + V_{300}}{4}, \quad (2)$$

Con el valor de  $V_{CL}$  y el valor estimado de  $V_{LLJ}$ , el pronóstico de la magnitud de  $V_{MBE}$  se puede obtener a partir de:

$$|V_{MBE}| = \left[ |V_{CL}|^2 + |-V_{LLJ}|^2 - 2(|V_{CL}| \cdot |-V_{LLJ}|) \cos \phi \right]^{1/2}, \quad (3)$$

donde  $\phi$  es el ángulo entre el viento medio de la capa de nubes y el chorro de bajos niveles. De manera similar, la dirección MBE se puede determinar usando una relación para el ángulo  $\phi$  entre la dirección del movimiento MBE y el viento medio de la capa de nubes:

$$\phi = \arcsin \left( \frac{|-V_{LLJ}| \cdot \sin \phi}{V_{MBE}} \right), \quad (4)$$

donde la velocidad de MBE es dada por (3).

Hay que señalar que estas metodologías están sujetas a supuestos teóricos establecidos en los estudios, que no necesariamente se cumplen en la realidad en todas las situaciones, por esta razón este tipo de pronósticos suelen tener mejores resultados para los lugares específicos de donde provinieron los casos estudiados. Asimismo, muchas requieren de cálculos complejos que deben ser procesados de manera automática para ser útiles en el trabajo operativo.

- d) Una tercera metodología para realizar pronósticos se basa en la climatología del lugar. Este método implica utilizar los promedios estadísticos de las variables meteorológicas del lugar basados en bases de datos de un periodo extenso (treinta años como periodo optimo) para realizar el pronóstico. De esta manera si se realiza un pronóstico de precipitación para un día específico se revisarían los acumulados de lluvia del mes y día en cuestión a lo largo de los años y se tomaría un promedio estimado como pronostico, de la misma manera con la temperatura u otras variables meteorológicas. Este método es más confiable cuando se están pronosticando variables más estables como la temperatura máxima o mínima, en comparación con variables con mayor variabilidad como la precipitación.

Esta metodología se puede aplicar, por ejemplo, cuando se está elaborando un pronóstico para un área específica en la cual se tiene una estación meteorológica con un record extenso de datos, alrededor de 30 años, de manera que se tenga mediciones promedio diarias para las variables meteorológicas que se quieren pronosticar. De esta manera si se sabe que para el 15 de enero, para una determinada estación meteorológica, la temperatura promedio en la tarde es de 20°C, entonces se podrá utilizar este dato para el pronóstico de corto plazo para este día.

- e) Otra manera de elaborar un pronóstico es mediante el uso de analogías, aunque en muchos casos resulta complejo aplicarlo en pronósticos de muy corto plazo; en el que la metodología implica examinar el estado del tiempo y el comportamiento de los sistemas atmosféricos y compararlo con un caso previo con condiciones similares para pronosticar un resultado similar (análogo). El pronosticador entonces pronostica que la atmosfera se comportara en el presente como se ha comportado en el pasado.

El método analógico es difícil de implementar, especialmente en pronósticos muy corto y corto plazo, a la dificultad de buscar entre una infinidad de casos y encontrar uno que se asemeje a la configuración existente en el momento de la elaboración del pronóstico y a la probabilidad de que exista una configuración lo suficientemente similar para que las consecuencias sean idénticas (analógicas),

considerando que la varias características meteorológicas rara vez se alinean en las mismas ubicaciones y con las mismas intensidades e incluso pequeñas diferencias entre la situación del momento y la analógica pueden conducir a resultados muy diferentes. Sin embargo, con el avance de la tecnología, la mejora de los modelos meteorológicos y la acumulación de diferentes casos a lo largo del tiempo aumentan la posibilidad de encontrar eventos análogos que puedan considerarse en la elaboración del pronóstico.

Esta metodología puede resultar útil, por ejemplo, para pronosticar condiciones de nubosidad anómalas en lugares puntuales, como puede ser Lima Metropolitana, la cual es característica por tener mayormente un cielo nublado a cubierto durante el invierno debido a la fuerte capa de inversión, frente a esta situación uno puede encontrar casos pasados muy concretos en los cuales se despeja la nubosidad, y estos se pueden pronosticar de manera análoga revisando datos de radiosondaje de otros días donde este fenómeno ha ocurrido, junto con la presencia de sistemas meteorológicos, que han sido relacionados anteriormente a condiciones de cielo despejado en la costa central.

- f) Finalmente se tiene la predicción numérica del tiempo (NWP) en la cual el pronosticador analiza la información que brindan los modelos numéricos para realizar el pronóstico, evaluando las variables atmosféricas como temperatura, presión, viento, divergencia, entre otros, así como la precipitación estimada por el mismo modelo, ve cómo interactúan, asigna pesos a cada una y determina cómo responderá la atmosfera a estas. Esta metodología tiene la ventaja de que el procesamiento inicial de la información de superficie, entre otros datos, lo realiza la computadora y el pronosticador solo tiene que interpretar los resultados y evaluar su veracidad, esto reduce considerablemente el tiempo que se utiliza para la elaboración del pronóstico, por lo que resulta muy útil para pronósticos de muy corto y corto plazo.

El método NWP tiene como defecto las limitaciones naturales de los modelos, desde las ecuaciones utilizadas para simular la atmósfera, las cuales no se ajustan siempre a la realidad (especialmente en latitudes tropicales, áreas montañosas y/o atmósferas baroclínicas), las parametrizaciones que utiliza

(procesos como microfísica de nubes o turbulencia) o la ausencia de datos iniciales en muchos sectores del mundo, debido a la falta de observaciones meteorológicas, especialmente en áreas de montaña o sobre el océano. Sin embargo, este método posee la mayor cantidad de beneficios y por ello es el más utilizado, especialmente en SMHNs.

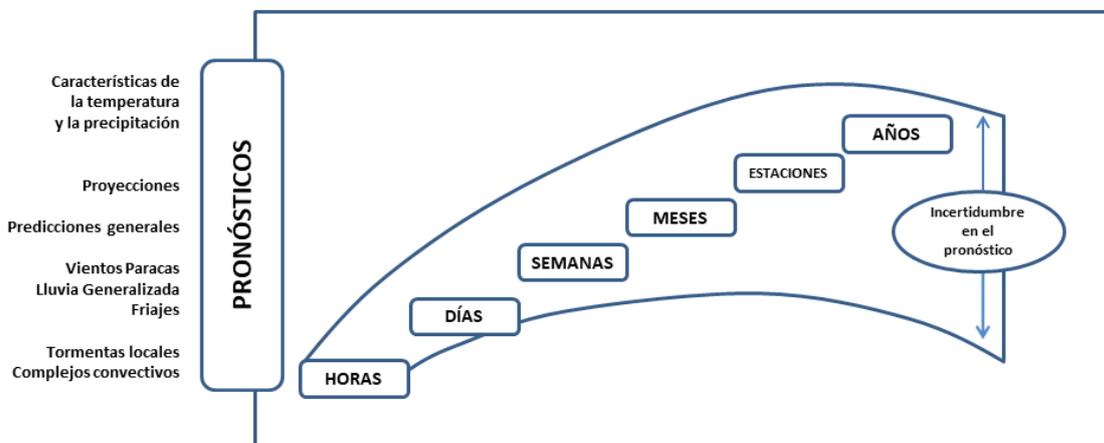
La metodología de la predicción numérica del tiempo es la que es más utilizada en el SENAMHI y es útil para pronósticos de muy corto, corto y mediano plazo, principalmente. Por ejemplo, para los avisos meteorológicos, se analizan las salidas de los modelos ETA-SENAMHI, WRF y GFS, principalmente, tomando en consideración como estos modelos muestran las condiciones sinópticas en el periodo que se quiere pronosticar, las cuales van desde la posición e intensidad de sistemas atmosféricos relevantes para la ocurrencia de precipitaciones como la AB, el SALLJ, vaguadas, entre otros, así como las condiciones atmosféricas necesarias para que las precipitaciones se den, tales como la humedad, la velocidad vertical, divergencia en niveles altos, etc. Otros sistemas importantes a considerar en este tipo de análisis pueden ser; el APSO y la presencia de vientos fuertes en la costa; las DANAs y la ocurrencia de nevadas en la sierra central y sur; altas migratorias y el ingreso de friajes a la selva peruana; etc.

### **3.2. Planificación de los protocolos de SENAMHI**

Una vez identificadas las consideraciones que se tenían que tomar en cuenta, el siguiente paso sería la elaboración de los protocolos para los distintos tipos de pronósticos, algunos ya definidos, otros que siguen en proceso pero de los cuales se darán los alcances que se tienen al respecto. Para la elaboración de estos se consideró las pautas dadas por la Organización Mundial de la Meteorología – OMM (Figura 11), documentos técnicos previos elaborados en el SENAMHI, la experiencia de los pronosticadores, ejemplos tomados de otros servicios, entre otras fuentes.

En el desarrollo de estos protocolos también resultó importante ver cuál es el nivel de coordinación que se requería entre los diferentes sectores del servicio; esta puede ser entre pronosticadores de la sede central con pronosticadores de las sedes regionales,

entre pronosticadores y los proveedores de observaciones y/o datos, entre pronosticadores y el área de comunicaciones, entre otros (OMM, 2000).



**Figura 11:** Serie integrada de predicciones

Adaptada de “Guía de prácticas de Servicios Meteorológicas para el Público” – OMM, 2000

En tanto que, para seleccionar las herramientas óptimas para los distintos tipos de pronóstico, se consideraron todas las que tienen a disposición los pronosticadores del SENAMHI de la Sede Central, las cuales pueden ser de libre acceso, elaboradas en el mismo servicio, provistas por terceros o disponibles gracias a licencias adquiridas por el servicio; cabe mencionar que la selección de qué herramientas usar dependió de tres factores principales: que fenómeno se quería pronosticar, cuál era la disponibilidad de la herramienta y cuánto tiempo se disponía para la emisión del pronóstico, considerando las limitaciones que tiene el SENAMHI y el Perú como país en vías de desarrollo, por lo que no siempre las herramientas utilizadas serían las más avanzadas, o apropiadas para el tipo de pronóstico que se elabora, sino de las cuales se dispone (WMO, 2017).

Finalmente, en el caso de los pronósticos de eventos extremos emitidos como avisos meteorológicos se requería del establecimiento de umbrales para los distintos fenómenos que se querían pronosticar, con el fin de establecer el nivel de peligro del cual se quería alertar.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. CAPÍTULO I: Contexto Laboral**

“El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) es una entidad adscrita al Ministerio del Ambiente, que tiene como misión generar y proveer información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático para la sociedad peruana de manera oportuna y confiable, contribuyendo de esta manera a la reducción de los impactos negativos producidos por los fenómenos naturales de origen hidrometeorológico.” (SENAMHI, 2021)

En el SENAMHI, existen cuatro direcciones de línea, dentro de estas, la dirección encargada del área de meteorología es la Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental (DMA).

“La DMA es el órgano de línea responsable de conducir, normar, formular, proponer y ejecutar planes, programas, proyectos estudios e investigaciones en el área de la meteorología; así como la realización de monitoreo y pronóstico de los fenómenos meteorológicos en el corto plazo, pronóstico del clima y el desarrollo de escenarios del Cambio Climático. Su labor incluye el pronóstico numérico operativo y la evaluación y monitoreo de las variables atmosféricas y la vigilancia permanente de las condiciones meteorológicas que puedan favorecer la contaminación del aire.” (SENAMHI, 2021)

“Además, el SENAMHI cuenta con 13 direcciones zonales. Son unidades desconcentradas responsables de planear, organizar, dirigir, ejecutar y administrar las actividades meteorológicas, hidrológicas, agrometeorológicas y afines; así como las económico-financieras, dentro de su circunscripción geográfica y en el ámbito de su competencia.” (SENAMHI, 2021)

Dentro de la DMA existen a su vez cuatro oficinas que se encargan de diferentes aspectos del área de meteorología, estas son: la Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico (SEA), la Subdirección de Modelamiento Numérico de La Atmosfera (SMN), la Subdirección de Predicción Climática (SPC) y la Subdirección de Predicción Meteorológica (SPM). Esta última es la encargada del pronóstico y monitoreo del tiempo atmosférico y es en la cual se desempeñó funciones.

La Subdirección de Predicción Meteorológica (SPM) es la encargada de realizar el monitoreo y predicción meteorológica de corto y muy corto plazo. Realiza estudios e investigaciones de su especialidad. Depende jerárquicamente de la DMA. Esta tiene las siguientes funciones de acuerdo al reglamento de organización y funciones del SENAMHI.”

- a) Formular y proponer planes, procedimientos, directivas, instructivos, protocolos y otras normas para realizar el monitoreo y predicción meteorológica en coordinación con los órganos de la entidad, así como promover su implementación;
- b) Formular y proponer a la DMA notas técnicas en la materia de su competencia.
- c) Desarrollar el diagnóstico, vigilancia y predicción meteorológica, así como realizar los estudios e investigaciones apropiados;
- d) Ejecutar el monitoreo relacionado a la prevención de la ocurrencia de eventos meteorológicos de corto y muy corto plazo, así como procesos asociados a la variabilidad climática y Cambio Climático, en coordinación con las Direcciones Zonales;
- e) Ejecutar el monitoreo meteorológico basado en sistemas integrados y en técnicas de sensoramiento remoto, para elaborar avisos y pronósticos meteorológicos, a nivel nacional, y en diferentes escalas espaciales y temporales;
- f) Formular y ejecutar estudios, proyectos e investigaciones sobre vigilancia y predicción meteorológica, en coordinación con entidades públicas, privadas y los Órganos de la entidad;

- g) Aprobar propuestas de modelaje numérico, con fines de elaboración de pronósticos meteorológicos, estudios de campo, para su implementación operativa por el SENAMHI.
- h) Formular y proponer a la DMA los avisos asociados a la gestión de riesgos frente a emergencia y desastres, en coordinación con las Direcciones Zonales;
- i) Emitir opinión y absolver las consultas de carácter técnico-científico solicitadas por la DMA;
- j) Brindar asistencia técnica, a las entidades públicas, privadas y Órganos de la entidad, sobre temas de su competencia;
- k) Participar en comisiones y/o eventos multisectoriales nacionales e internacionales representando al SENAMHI y/o a la DMA;
- l) Otras funciones que le sean asignadas por la DMA, en el ámbito de su competencia.

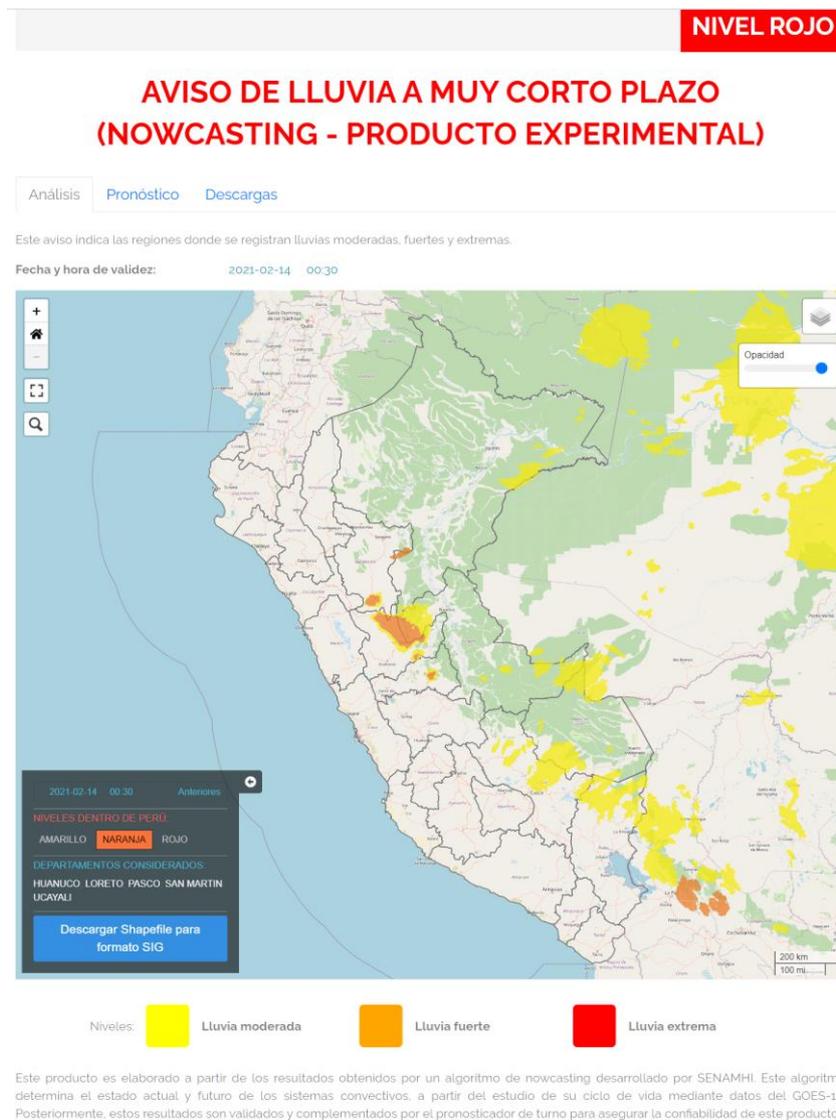
### **Pronósticos meteorológicos del SENAMHI**

Estos pronósticos meteorológicos, de diferente escala y frecuencia, se realizan de manera periódica y/o con un formato ya preestablecido en la SPM y cuyo proceso de elaboración será detallado en esta sección; a continuación se enumeran los principales.

### Aviso de lluvia a muy corto plazo (2 horas)

Debe mostrar los sistemas convectivos que se presentan a nivel nacional, así como su intensidad, características y precipitación máximas correspondiente a la hora de emisión (Figura 12) y del pronóstico de las próximas dos horas (Figura 13), en los que se incluyen fenómenos meteorológicos tales como:

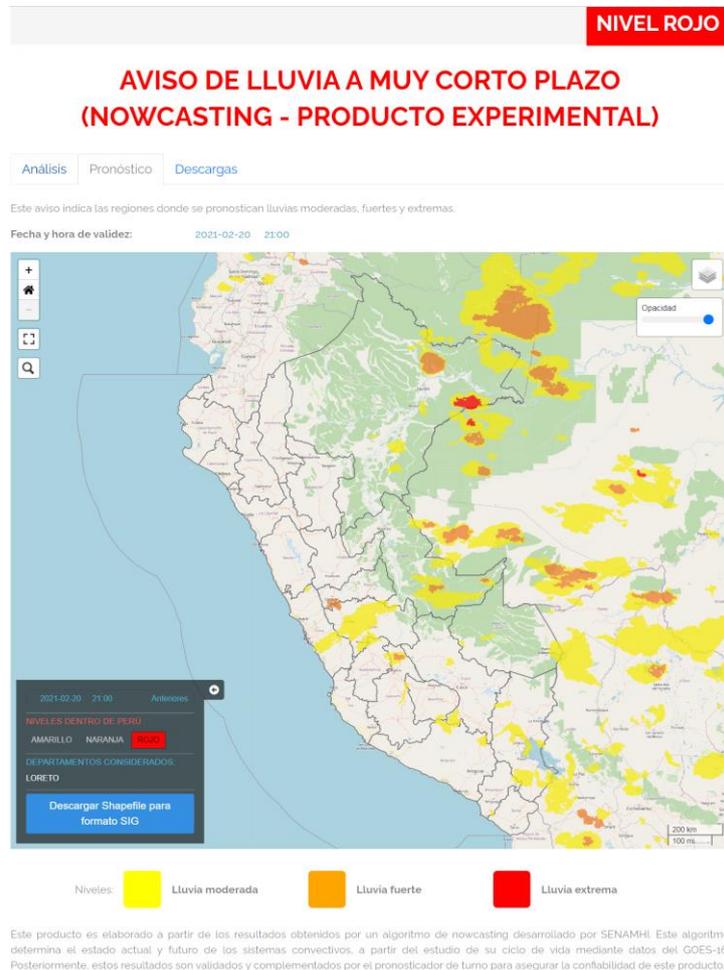
- Lluvia (precipitación líquida por unidad de tiempo de 1 hora)
- Granizo (precipitación sólida de ocurrencia en 1 hora)
- Nevadas (precipitación sólida de ocurrencia en 1 hora)
- Descargas eléctricas



**Figura 12:** Estructura del aviso lluvia a muy corto plazo (Análisis)

**FUENTE:** <https://www.senamhi.gob.pe/?p=reportes-nowcasting>

La estructura del pronóstico a muy corto plazo se presenta los sistemas convectivos a nivel nacional, mencionando, la intensidad, la precipitación mínima/máxima y la ubicación pronosticada.



**Figura 13:** Estructura del aviso lluvia a muy corto plazo (Pronóstico 2 horas)  
**FUENTE:** <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=reportes-nowcasting>

### Aviso de corto plazo ante lluvias intensas (24 horas)

Es un pronóstico de precipitaciones de corto plazo que debe mostrar las áreas afectadas por precipitaciones de mayor intensidad (moderada, fuerte y extrema), a nivel nacional (Figura 14) dentro las 24 horas siguientes (a partir de las 13 horas), precisando fenómenos meteorológicos tales como:

- Lluvia (precipitación líquida por unidad de tiempo de 24 horas)
- Granizo (precipitación sólida de ocurrencia en 24 horas)

- Nevadas (precipitación sólida de ocurrencia en 24 horas)



**Figura 14:** Estructura del aviso de corto plazo ante lluvias intensas (24 horas)  
**FUENTE:** <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=aviso-24H>

La estructura del pronóstico a corto plazo (Aviso de corto plazo ante de lluvias intensas): Se muestra el área según la intensidad (moderada, fuerte y extremo), a nivel nacional (departamento, provincial y distrito), el nivel de peligro y la recomendación asociada.

#### Pronóstico meteorológico (72 horas)

Es un pronóstico de corto plazo que debe tener un ícono que represente el fenómeno meteorológico probable y/o la cantidad de nubosidad estimada que pueda ocurrir durante los próximos días, cada día (Figura 15), tales como:

- Lluvia
- Granizo
- Nevadas

- Tormentas eléctricas (precipitación y ocurrencia de descargas eléctricas)
- Viento, levantamiento de polvo, ráfagas de viento (por día)
- Niebla y/o neblina
- Temperatura (temperaturas máximas y mínimas)
- Heladas meteorológicas (temperaturas mínimas por debajo de los 0°C)

### Pronóstico del Tiempo a nivel nacional

Busque su localidad

Lugar / fecha	Máx.	Min.	Descripción
<b>BAGUA GRANDE - AMAZONAS</b>			
sábado, 20 de febrero	 31°C	16°C	Cielo nublado a cielo nublado parcial durante el día.
domingo, 21 de febrero	 30°C	16°C	Cielo nublado con tendencia a cielo nublado parcial durante el día con chubascos ligeros.
lunes, 22 de febrero	 29°C	17°C	Cielo nublado variando a cielo cubierto durante el día con chubascos.

**Figura 15:** Estructura del pronóstico del tiempo (72 horas)

**FUENTE:** <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=pronostico-meteorologico>

La estructura del pronóstico a corto plazo (Pronóstico meteorológico a 72 horas): Lugar (punto de pronóstico, departamento) / fecha, icono (involucra cobertura nubosa y precipitación), temperatura (máxima/mínima) y descripción. Asimismo, en el texto se menciona los posibles fenómenos meteorológicos como, presencia de niebla, neblina, llovizna, ráfagas de viento.

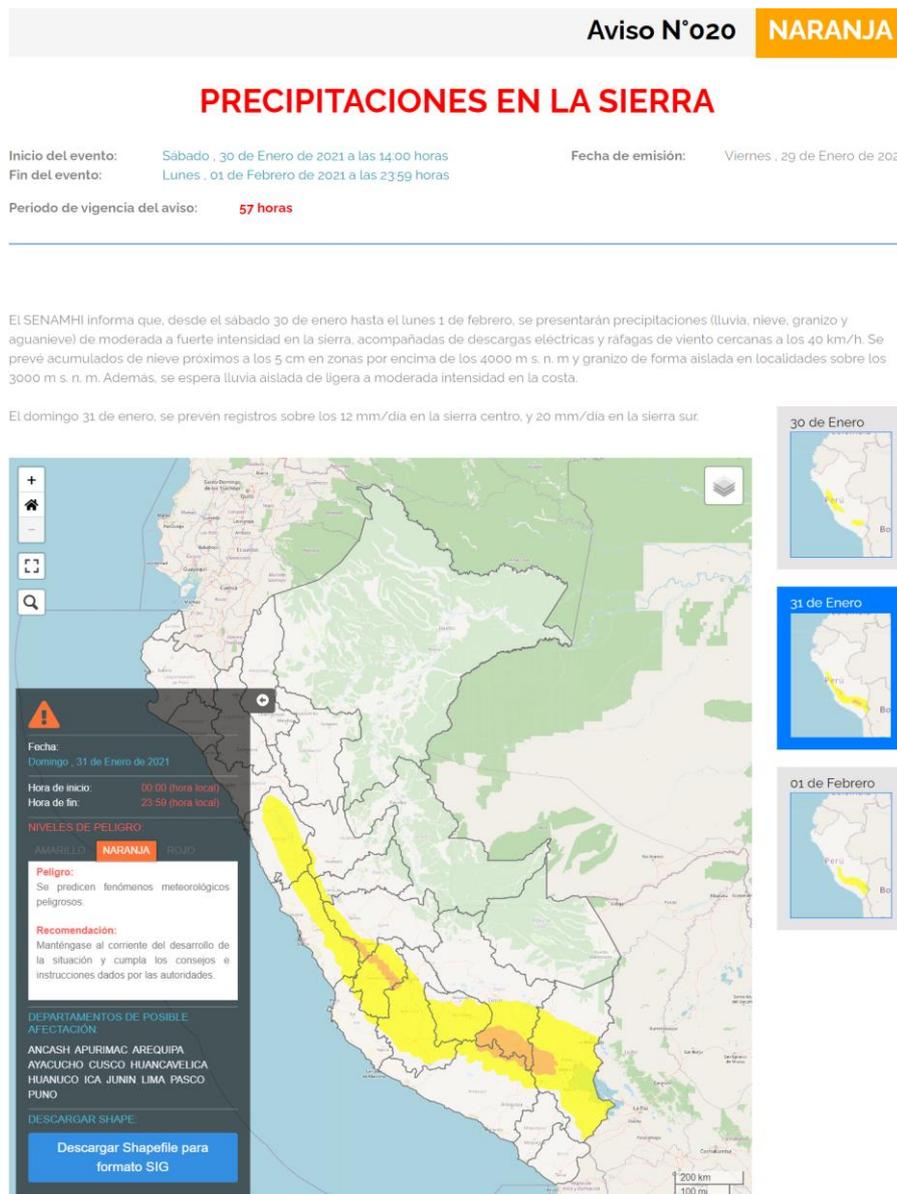
### Pronóstico de mediano plazo

La estructura del pronóstico a mediano plazo, este puede tener diferentes formatos, puede ser un pronóstico espacial (mapa de una variable meteorológica específica) o puntual (para puntos o localidades específicas).

### Avisos meteorológicos

Son pronósticos de fenómenos meteorológicos extremos o eventos meteorológicos adversos (Figura 16), que contienen información sobre su evolución, indicando las zonas que podrían verse afectadas de acuerdo a umbrales definidos, con el propósito de

informar a las autoridades que componen el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) y al público en general, del modo más detallado y claro posible, sobre la peligrosidad de un fenómeno o evento meteorológico adverso de tiempo máximo de 96 horas (04 días); por tal motivo, un aviso puede considerarse un pronóstico de corto o de mediano plazo según la extensión que tenga y la anticipación con la cual se emita.



**Figura 16:** Estructura del aviso meteorológico  
**FUENTE:** <https://www.senamhi.gob.pe/?p=aviso-meteorologico>

Con el fin de ofrecer la información más adecuada posible y en armonía con los criterios de la OMM, se contemplan cuatro niveles básicos, a partir del posible alcance de determinados umbrales. Estos umbrales se han establecido con criterios climatológicos cercanos al concepto de “rareza”, medida en función a percentiles y adversidad, de acuerdo a la amenaza que puedan suponer para la población (Tabla 1).

**Tabla 1:** Niveles de peligro de eventos meteorológicos adversos

Nivel de peligro	Descripción del nivel	Recomendaciones
<b>Blanco</b>	Sin fenómenos meteorológicos peligrosos.	No es necesario tomar precauciones especiales.
<b>Amarillo</b>	Pueden ocurrir fenómenos meteorológicos peligrosos que, sin embargo, son normales en esta región.	Manténgase al corriente del desarrollo de la situación meteorológica. Sea prudente si realiza actividades al aire libre que puedan acarrear riesgos en caso de mal tiempo.
<b>Naranja</b>	Se predicen fenómenos meteorológicos peligrosos.	Manténgase al corriente del desarrollo de la situación y cumpla los consejos e instrucciones dados por las autoridades.
<b>Rojo</b>	Se predicen fenómenos meteorológicos de gran magnitud.	Sea extremadamente precavido. Esté al corriente en todo momento del desarrollo de la situación y cumpla los consejos e instrucciones dados por las autoridades.

FUENTE: SENAMHI

## 4.2. CAPÍTULO II: Determinación y análisis del problema

Dentro de la SPM la principal problemática a atender responde a la necesidad de establecer los procesos y protocolos (ANEXO II) a seguir para la elaboración de los diferentes tipos de pronósticos de muy corto y corto plazo, y en cierta medida mediano plazo, conforme a las responsabilidades y funciones de la subdirección dentro del SENAMHI ya que estos permiten la uniformización del trabajo operativo dentro de la

institución, aumenta la productividad de los servidores, mejora la eficiencia y el uso del tiempo en la elaboración del pronóstico y permite generar uniformidad en el trabajo diario independientemente de quienes se encuentren de servicio, lo que aporta a mejorar la imagen de la institución.

Es así que durante los últimos años en la SPM, tras sucesivas evaluaciones internas de los diferentes pronósticos que se realizan en la subdirección, se decidió que lo apropiado para solucionar los problemas encontrados y optimizar el tiempo de los servidores era establecer procesos simplificados para las actividades principales que se realizan diariamente en la oficina, así como generar protocolos para dichos procesos con el fin de mejorar la calidad de los pronósticos y lograr que el servidor tenga un estándar con el cual guiarse al cumplir sus responsabilidades.

En el año 2018, en la SPM se comenzó a evaluar la posibilidad de establecer protocolos para los diferentes servicios de pronóstico que la oficina realizaba, de esta manera se decidió redactar dos protocolos, uno enfocado a los diferentes pronósticos que emite la SPM, y otro enfocado en la elaboración de avisos meteorológicos.

El protocolo de pronóstico se enfocaría en detallar los pronóstico que se realizan en la SPM y a qué tipo de pronóstico se ajusta cada uno, considerando la guía de prácticas de servicios meteorológicos y otras publicaciones; considerando esto se determinó detallar los productos que se ajustaban a pronósticos de muy corto plazo (incluyendo plazo inmediato), de corto plazo y, en menor medida, pronósticos de mediano plazo. Así mismo, en este protocolo se detallaría las herramientas utilizadas en la elaboración de cada pronóstico y las responsabilidades de las diferentes direcciones involucradas en el proceso de elaboración, revisión, publicación y difusión del pronóstico y las reglas o pautas que los pronosticadores debían de seguir a la hora de realizar cada tipo de pronóstico; con el fin de mejorar la productividad del personal y la calidad y uniformidad de los pronósticos emitidos por el SENAMHI regularmente.

El protocolo de avisos meteorológicos, en tanto, se enfocaría por un lado en detallar las etapas previas a la emisión de un aviso, la forma en la cual se llega a un consenso, a que fenómenos meteorológicos responden los avisos y las responsabilidades de las diferentes oficinas de SENAMHI en la discusión, elaboración y publicación de un

aviso meteorológico, en base a los procesos pre existentes dentro del SENAMHI y adaptándolos a los cambios que han venido experimentando los avisos meteorológicos en los últimos años. Por otro lado, el protocolo también definiría las variables meteorológicas que se tendrían que considerar para cada tipo de aviso, el umbral mínimo al cual estas tendrían que llegar para justificar la emisión de un aviso y los rangos que corresponderían a los diferentes niveles del aviso.

### **4.3. CAPÍTULO III: Proyecto de Solución**

Fue así que, durante el año 2019, se inició la recolección de información relevante y bibliografía sobre la cual se fueron elaborando ambos protocolos en la SPM, considerando lineamientos OMM, reglamentos y protocolos de otros SMHN estudios científicos, experiencia de los pronosticadores, la base legal de las responsabilidades del SENAMHI y experiencias anteriores. Con esta información se estableció la estructura de los protocolos y redactó cada sección a lo largo del año 2019 y 2020. Durante este periodo se tuvieron que ir modificando el texto de los protocolos debido a cambios de distinta magnitud en la elaboración de los diferentes pronósticos meteorológicos, así como en los productos en sí mismos que se fueron realizando. Es así que, a mediados de diciembre del año 2020 se presentaron los primeros borradores de los protocolos.

Durante el 2020, en paralelo a la redacción y revisión de los protocolos, se diseñaron los procesos mediante los cuales se deberían elaborar estos productos, uno para la elaboración del pronóstico a muy corto y corto plazo, y otro para la emisión de avisos meteorológicos. Estos procesos establecen los procedimientos que se deben seguir durante la elaboración de los pronósticos, desde el análisis de las condiciones atmosféricas hasta la emisión y publicación del mismo en concordancia con las funciones de la SPM, DDZZ y otras oficinas involucradas. En estos se precisó las herramientas e información utilizada, los responsables y los usuarios, externos e internos, en cada etapa del proceso. De la misma manera se establecieron las consideraciones que el pronosticador tiene que tomar para tomar decisiones durante la elaboración de pronósticos y los procedimientos que tiene que seguir dependiendo de la situación.

Es así que actualmente los protocolos y procesos de la SPM se encuentran en revisión para su futura publicación, como parte de una estrategia para el mejoramiento y

estandarización del pronóstico meteorológico, y como guía para que los pronosticadores, actuales y futuros, sigan un proceso ordenado y coherente en la elaboración del pronóstico, a la vez que este pueda ser evaluado en función al cumplimiento de los protocolos. Tras la revisión de los procesos de otros SMHNs y la experiencia en el pronóstico de los servidores del SENAMHI se pudo realizar una descripción del proceso de la elaboración del pronóstico del tiempo, de muy corto, corto y mediano plazo, que en el mismo protocolo se encuentran dentro de un proceso general de elaboración del pronóstico, con las precisiones y particularidades de cada tipo de pronóstico indicadas en cada etapa, pero que en la presente monografía se presentan de manera separada para facilidad del lector.

### 4.3. CAPÍTULO IV: Evaluación del proyecto

#### Procesos de elaboración del pronóstico

En primer lugar, tenemos el proceso de pronóstico de muy corto plazo (Figura 17), que corresponde tanto al pronóstico inmediato (Aviso de lluvia a muy corto plazo) como al pronóstico de muy corto plazo (Pronóstico de Lima Metropolitana, pronóstico nowcasting para volcanes, entre otros).



**Figura 17:** Proceso de elaboración de pronósticos a muy corto plazo SENAMHI

Para pronósticos inmediatos (0-2 horas) no se dispone de mucho tiempo, ya que tiene que ser oportuno y si existen demoras ya no resulta útil. En el SENAMHI estos pronósticos deben ser elaborados en un periodo de 20 a 30 minutos como máximo y se priorizan los datos atmosféricos de los que se disponen en el momento. Para esto se está pendiente de las salidas de los METARs, la información de estaciones meteorológicas automáticas y la información de radiosondaje (para el caso de Lima Metropolitana) para conocer la situación de la atmósfera del lugar, observando variables como temperatura, la humedad relativa, la temperatura de rocío, el viento, la precipitación, la presión, el agua precipitable, etc.

Conociendo la situación de la atmósfera se procede a revisar información satelital, a partir de la cual se puede identificar, dependiendo del tipo de imagen, sistemas meteorológicos como el Alta de Bolivia, el Jet Subtropical, complejos convectivos de meso escala, DANAS, entre otros; tipos de nubes como: estratos, cumulonimbos, stratocúmulos, etc. y, revisando imágenes sucesivas se puede identificar hacia donde se desplazan. Además se utilizan productos derivados de las imágenes satelitales para identificar descargas eléctricas, desarrollo convectivo, viento, etc. Así, con el estado inicial de la atmósfera y el conocimiento de los sistemas meteorológicos que pueden causar perturbaciones en ella se puede elaborar un pronóstico de muy corto plazo en el cual se estime cómo se comportará la temperatura, la humedad, las precipitaciones o las condiciones de nubosidad para las siguientes horas; este pronóstico puede ser cuantitativo, descriptivo o espacial, según sea necesario. En caso de pronósticos de muy corto plazo con un horizonte mayor (2-12 horas), además de los pasos previos, se analizan las salidas de modelos numéricos para ver el comportamiento esperado de los sistemas meteorológicos observados y como su desplazamiento y comportamiento puede afectar el pronóstico. Asimismo se considera, como referencia, el pronóstico del mismo modelo (precipitación o temperatura, por ejemplo).

Después tenemos el proceso de elaboración del pronóstico de corto plazo (Figura 18) que comprende pronósticos como: el Aviso de corto plazo ante lluvias intensas, el Pronóstico meteorológico a nivel nacional, pronóstico para la cuenca del río Rímac, entre otros. Este proceso es similar al de muy corto plazo, sin embargo tiene diferencias importantes.

Debido a la mayor incertidumbre y el mayor tiempo de pronóstico estos productos tienen información más general y expresan condiciones promedio durante los siguientes días, enfocado principalmente en ciudades o cuencas, por otro lado las herramientas óptimas varían, siendo menos útiles datos puntuales o mediciones del momento y volviéndose más importante los modelos numéricos, *ensembles* e Índices meteorológicos, por ejemplo. Cabe resaltar además que es en esta escala de pronóstico que comienzan a intervenir las direcciones zonales, las cuales elaboran los pronósticos para sus regiones, en tanto que la Sede Central del SENAMHI, a través de la SPM realiza y supervisa los pronósticos a nivel nacional y asume las funciones de las DDZZ los días que estas no laboran.



**Figura 18:** Proceso de elaboración de pronósticos a corto plazo SENAMHI

Para el pronóstico de corto plazo (12-72 horas) se utiliza la información de las estaciones meteorológicas de los últimos días, así como promedios obtenidos a partir de series de datos de muchos años. Este tipo de información es más robusta y permite tener una idea del comportamiento típico de variables como la temperatura mínima, máxima o la precipitación para cada lugar, lo cual sirve de condiciones iniciales a considerar para el pronóstico. Con estos datos analizados el siguiente paso corresponde al análisis

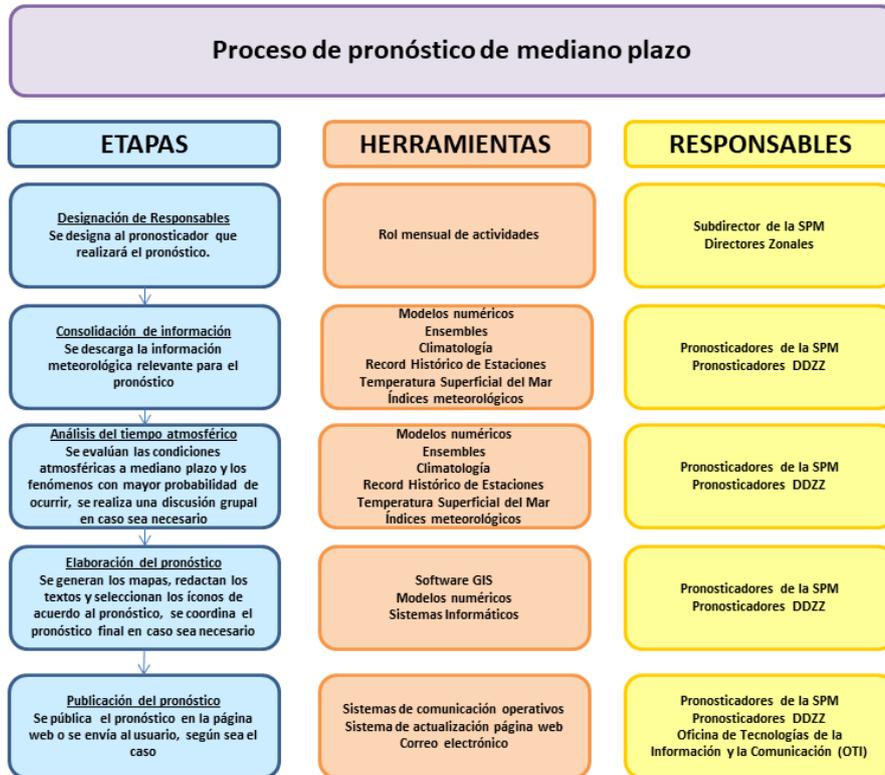
de modelos numéricos, para esto en SENAMHI se utiliza el modelo GFS, el ETA-SENAMHI y el WRF, principalmente.

Para elaborar el pronóstico se tiene que evaluar el comportamiento de los sistemas atmosféricos con mayor influencia sobre el territorio nacional, así como la interacción entre los mismos. Para ello se analizan niveles bajos (alrededor de 850 hPa), niveles medios (alrededor de 500 hPa) y niveles altos (alrededor de 200 hPa), para el periodo correspondiente al pronóstico; en este análisis se consideran las salidas de todos los modelos, en caso todos coincidan el pronóstico puede ser más confiable, sin embargo esto no siempre ocurre, por lo que es necesario ver cómo ha sido el comportamiento de los modelos en los últimos días, a menor variación diaria en la predicción mayor confianza, y determinar qué modelo se ajusta más a la realidad. Muchas veces ya se tiene un conocimiento parcial de que modelo es más preciso para ciertas variables meteorológicas o para ciertas áreas del territorio nacional.

Hay que considerar que no solo es importante analizar el comportamiento de los sistemas meteorológicos, sino también las condiciones meteorológicas del lugar y la estabilidad atmosférica; por ejemplo, en el caso de pronósticos de precipitación, se requiere de disponibilidad abundante de humedad, una atmósfera inestable y un sistema o evento que gatille la ocurrencia de la misma; en este caso a través del análisis de los modelos se determina si existe humedad en el área, o si se espera ingreso de esta dentro del periodo, si se observan condiciones propicias para que llueva y si la posición e intensidad de los diferentes sistemas atmosféricos presentes en la región favorecen o inhiben la ocurrencia de las precipitaciones. Además de este análisis, el pronóstico se puede apoyar en índices meteorológicos o la experiencia de los pronosticadores, entre otros.

En tercer lugar, tenemos el proceso para la elaboración de pronósticos de mediano plazo (Figura 19). Para este proceso adquieren mayor importancia el record histórico de las estaciones meteorológicas y la climatología de las regiones para las cuales se pronostica. El proceso para estos pronósticos es más genérico y abarca diferentes pronósticos para diferentes usuarios y con diferentes formatos, desde mapas de precipitación acumulada para 10 días (para la dirección de Agrometeorología), pronósticos de precipitación y temperaturas con una frecuencia semanal (para la

subdirección de predicción climática), pronósticos especializados para el congreso, ministerios u otras instituciones del estados y pronósticos temporales para ciertos eventos (elecciones, juegos panamericanos, etc).



**Figura 19:** Proceso de elaboración de pronósticos a mediano plazo SENAMHI

En el caso del pronóstico a mediano plazo (72 a 240 horas), el proceso es similar al de corto plazo, en este se analizan las mismas variables y sistemas meteorológicos mencionados anteriormente, pero para un periodo más largo. La diferencia radica en que para este tipo de pronóstico es necesario analizar más elementos, debido a la escala temporal que comprende. Es así que además de los modelos numéricos antes mencionados se requiere analizar también elementos como los *ensembles* (en este caso se dispone del *ensemble* del GFS), los cuales nos permiten tomar en cuenta no solo la salida principal del modelo sino que las variaciones en las predicciones que ofrecen las diferentes salidas, obtenidas de variaciones en las condiciones iniciales del modelo, y tener una mejor idea de cuáles son las distintas formas en las que se podría desenvolver la atmósfera, cuáles de estas son las más probables y que tan precisas son las predicciones del modelo conforme nos alejamos del presente.

Otro elemento se analiza para el pronóstico a mediano plazo es el comportamiento de las diferentes oscilaciones que afectan el territorio nacional, tales como la Madden Julian o el ENOS, cuyas fases son muchas veces determinantes en las condiciones meteorológicas de mediano plazo, reforzando o inhibiendo la influencia de los sistemas de escala sinóptica en las condiciones meteorológicas nacionales. También se debe tomar en cuenta, para el pronóstico de ciertos eventos, elementos como la temperatura superficial del mar, el desplazamiento de las ondas Rossby y Kelvin, la climatología sinóptica de los sistemas meteorológicos, la climatología de los lugares para los que se elabora el pronóstico, entre otros.

### **Proceso de elaboración de avisos meteorológicos**

Finalmente, se tiene el proceso de elaboración de avisos meteorológicos (Figura 20), el cual se encuentra separado de los demás procesos de pronóstico porque requiere de una mayor coordinación entre la SPM y las DDZZ y una evaluación más extensa y detallada en la que se tienen que seguir criterios especiales para determinar si se debe emitir o no un aviso meteorológico frente a un evento específico.

Los avisos pueden tener hasta cuatro días de extensión y se pueden emitir con una considerable anticipación (cuatro días) o en el corto plazo (24 horas de anticipación), por esta razón los avisos podrían considerarse pronósticos de mediano o corto plazo según el caso y las herramientas utilizadas para su elaboración son más diversas. La evaluación para la emisión de avisos se realiza de manera diaria y se define en las reuniones o *Briefings* en los cuales participan los pronosticadores de la SPM y de las DDZZ, con mayor participación de aquellas DDZZ cuya jurisdicción vaya a ser afectada por el fenómeno meteorológico extremo por el cual se prevea emitir un aviso meteorológico.

Para la elaboración de un aviso meteorológico primero se tiene que realizar un análisis similar al de un pronóstico de corto o mediano plazo, con la consideración que este está centrado solo en eventos extremos, por lo que se toma en cuenta también índices de eventos extremos como los que brinda el ECMWF y los percentiles de las estaciones meteorológicas de referencia para las áreas que se están analizando. Tras este análisis se determina cuáles son los eventos meteorológicos que podrían justificar la emisión de un

aviso meteorológico y se discuten en el *Briefing* entre la SPM y las DDZZ, en el cual se establece que avisos se emitirán, la extensión y el nivel de peligro de los mismos. Posteriormente la SPM se encarga de definir el área que abarcará el aviso meteorológico y el texto que lo acompaña; estos se comparten con los pronosticadores de las DDZZ para que brinden comentarios y observaciones con el fin de tener los mapas y texto final de los avisos, los cuales posteriormente son emitidos por la SPM y publicados en la página web del SENAMHI.

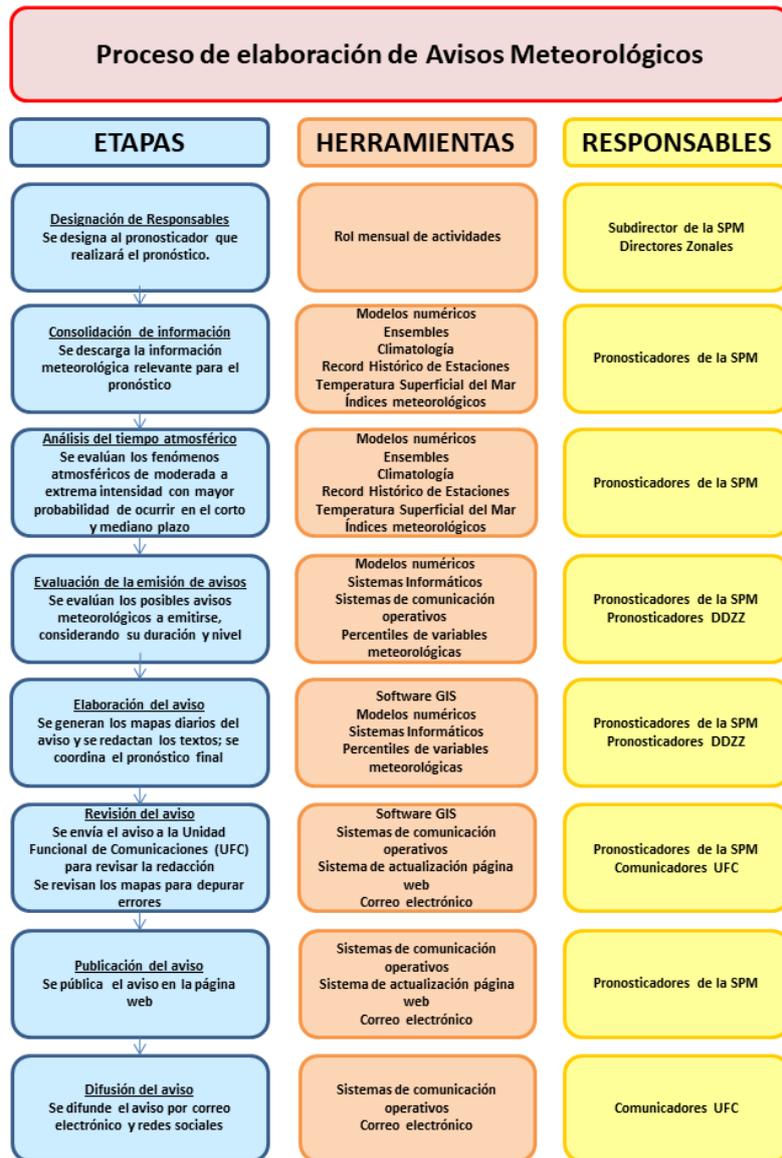


Figura 20: Proceso de elaboración de avisos meteorológicos SENAMHI

### Clasificación de avisos meteorológicos

Los avisos meteorológicos son emitidos cuando el fenómeno meteorológico tiene, por lo menos, el nivel de peligro Amarillo; con respecto a una serie de fenómenos meteorológicos específicos (Tabla 2).

**Tabla 2:** Fenómenos o eventos meteorológicos por los cuales se emite aviso meteorológico de tiempo en el Perú

Nº	FENÓMENOS O EVENTOS METEOROLÓGICOS
01	PRECIPITACIONES
02	LLUVIA
03	LLOVIZNA
04	NEVADA
05	INCREMENTO DE TEMPERATURA
06	OLA DE CALOR
07	DESCENSO DE TEMPERATURA
08	OLA DE FRÍO
09	FRIAJE
10	INCREMENTO DE VIENTO

FUENTE: SENAMHI

Los niveles de peligro están definidos por umbrales de ciertas características, estos están definidos para cada fenómeno y para cada nivel posible de aviso (Amarillo, Naranja y Rojo), para los fenómenos que pueden ser medidos directamente en las estaciones meteorológicas y se tiene un record extenso (30 años) a nivel nacional se utilizaron percentiles, en tanto que para otros fenómenos para los cuales no se tenía suficiente información o no se miden directamente en las estaciones meteorológicas se establecieron criterios especiales considerando los datos disponibles y la experiencia de los pronosticadores. De esta manera se establecieron los siguientes umbrales en el protocolo de avisos meteorológicos (Tabla 3):

**Tabla 3:** Umbrales de peligro para fenómenos o eventos meteorológicos (p: percentil)

FENÓMENO	VARIABLE	AMARILLO	NARANJA	ROJO
Precipitaciones	Precipitación	p90-p95	p95-p99	+p99
Lluvia	Precipitación	p90-p95	p95-p99	+p99
Llovizna	Precipitación	p90-p95	p95-p99	+p99
Nevada	Nivel de Nieve	5-10cm	10-20cm	+20cm
Incremento de temperatura	T. Máxima	p90-p95	p95-p99	+p99
Ola de calor	T. Máxima (3 días)	p90-p95	p95-p99	+p99
Descenso de temperatura	T. Mínima	p10-p05	p05-p01	-p01
Ola de frío	T. Mínima (3 días)	p10-p05	p05-p01	-p01
Friaje	T. Mínima	p10-p05	p05-p01	-p01

FUENTE: SENAMHI

En cuanto al incremento de viento, los niveles de los avisos están determinados por rangos específicos de velocidad de viento sostenido, sin embargo estos rangos, debido a que la velocidad del viento promedio y máxima varía mucho a lo largo del territorio nacional, están definidos por sectores e incluso en algunos casos, ciudades específicas. Estos rangos se determinaron tras un análisis de los datos disponibles de viento y una discusión y consenso entre la SPM y las DDZZ.

## **V. ANÁLISIS DE RESULTADOS E IMPACTOS**

Mediante el análisis del rol del SENAMHI, y específicamente de la SPM en el pronóstico del tiempo, se ha descrito la manera en la cual se construyeron los protocolos de pronóstico del tiempo y de avisos meteorológicos, las consideraciones que se tomaron en cuenta para su redacción, los principales productos que se emiten y a qué tipo de pronóstico corresponden. De esta manera se ha podido describir la elaboración del pronóstico del tiempo, de muy corto, corto y mediano plazo desde el servicio meteorológico, señalando las herramientas y metodologías utilizadas a través de los cuadros de procesos de pronóstico. Asimismo se hizo énfasis especial en el proceso de emisión de avisos meteorológicos, con qué criterios estos son evaluados y como se definen.

La elaboración de los protocolos y procesos para los diferentes tipos de pronóstico ha enfrentado limitaciones en el análisis de la bibliografía y en la definición de una metodología específica que sustente estos documentos, siendo utilizado principalmente líneas guía dadas por la Organización Mundial de la Meteorología (OMM), las cuales incorporan también ejemplos de diferentes SNMHs, y la experiencia de los pronosticadores del SENAMHI, los cuales ya realizaban estas actividades, a pesar de carecer de un procedimiento definido para la realización de las mismas. Al mismo tiempo se ha tenido que organizar la información y herramientas que ya se tenían disponibles en la SPM, pero que no estaban asociadas a procesos específicos, lo cual extendía el tiempo de realización del pronóstico y resultaba poco eficiente.

La elaboración de los protocolos y procesos de pronóstico meteorológico y avisos meteorológicos ha beneficiado en primer lugar al SENAMHI, dando un orden al trabajo que ya se realizaba en la SPM pero que no se podía monitorear efectivamente y/o mejorar objetivamente, ante la ausencia de un estándar frente al cual los diferentes procesos y productos realizados en la subdirección podían ser comparados, así mismo

ahora se tiene bien establecido que oficinas y que servidores son responsables en las diferentes etapas de la elaboración de pronósticos meteorológicos, que herramientas requieren y en qué tiempo deben cumplir sus labores, con lo que la eficiencia del servicio aumenta significativamente. Por otro lado estos documentos sirven de guía para el pronosticador, de manera que pueden realizar su labor en menor tiempo, saber con quién debe de coordinar durante la elaboración y emisión del pronóstico, y conocer que herramientas son las más óptimas para cada tipo de pronóstico que realicen. Finalmente beneficia a los usuarios del SENAMHI porque asegura una mayor regularidad en los productos que reciben, reduce el tiempo que tienen que esperar para obtener los pronósticos que requieren y les permite conocer la manera en la que se elabora el producto que utilizan.

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

La realización de este proyecto ha permitido reforzar conocimientos adquiridos previamente durante la experiencia profesional y el uso correcto de los mismos. Dentro de estos conocimientos se encuentran principalmente: la utilización de herramientas informáticas para el análisis y elaboración del pronóstico; el empleo de diferentes metodologías de pronóstico del tiempo de acuerdo a la escala del mismo; el rol de los diferentes sistemas atmosféricos que influyen en el tiempo atmosférico nacional, el análisis de variables meteorológicas para el pronóstico y monitoreo del tiempo; y la evaluación del impacto de fenómenos meteorológicos extremos, mediante que variables se puede medir su intensidad objetivamente y a que niveles estas deben de llegar estas para que los fenómenos se consideren lo suficientemente intensos como para ameritar la emisión de un aviso meteorológico.

Viendo el resultado del proyecto se ha podido observar como la formación académica recibida durante el periodo universitario ha sido muy importante para las labores realizadas en el SENAMHI como profesional. Específicamente en la SPM los conocimientos que más han sido utilizados son aquellos relacionados con el pronóstico del tiempo, la evaluación del estado atmosférico, el análisis y tratamiento de datos meteorológicos, los conocimientos de climatología sinóptica y la redacción de documentos técnicos. Esto considerando que las principales labores dentro de la SPM corresponden al análisis, pronóstico e investigación del tiempo atmosférico. Asimismo cabe resaltar que a través del desarrollo de las actividades en el SENAMHI se ha requerido conocimientos complementarios relacionados a la gestión de riesgos, elaboración de proyectos de investigación, funcionamiento y rol de los SNMHs, uso más extendido de herramientas informáticas y conocimiento más preciso de las características de los modelos numéricos, como se desarrollan estos y que parámetros y datos utilizan.

Considerando esto sería conveniente que se complemente la instrucción académica recibida en la universidad en el uso y análisis de modelos numéricos, gestión de riesgo y evaluación de eventos extremos, planteamiento de proyectos de investigación y, en de manera electiva, funcionamiento y rol de los SNMHs para aquellos que deseen ser servidores públicos.

## **6.2. Recomendaciones**

Considerando que el trabajo realizado ha permitido mejorar la organización de los productos y servicios provistos por la SPM, planteando procesos a seguir para cada uno; con el fin de mejorar la calidad de los mismos, el siguiente paso lógico sería buscar la certificación de los sistemas de gestión de la calidad, con el fin de tener un respaldo externo e internacional.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMS Council (25, Marzo, 2015). Recuperado de: <https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/about-ams/ams-statements/statements-of-the-ams-in-force/weather-analysis-and-forecasting/>

Ancapichún, S. & Garcés-Vargas, J. (2015). Variability of the Southeast Pacific Subtropical Anticyclone and its impact on sea surface temperature off north-central Chile. *Ciencias Marinas*. 41. 1-20. <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v41i1.2338>

Berry, G. & Reeder, M. (2014). Objective Identification of the Intertropical Convergence Zone: Climatology and Trends from the ERA-Interim. *J. Clim.*. 27. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00339.1>

Corfidi, S.F.; Meritt, J.H.; Fritsch, J.M. (1996). Predicting the Movement of Mesoscale Convective Complexes. *Weather and Forecasting*, 11(1), 41-46. [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1996\)011<0041:PTMOMC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1996)011<0041:PTMOMC>2.0.CO;2)

Frankhauser, J.C. (1964). On the motion and predictability of convective systems. *NSSP Rep.* 21, pp 34.

Galvin, J. (2007). The weather and climate of the tropics Part 2 –The subtropical jet streams. *Weather*. 62. 295 - 299. <https://doi.org/10.1002/wea.65>

Garreaud, R.D. & Fuenzalida, H.A. (2007). The influence of the Andes on Cutoff Lows: a modeling study. *Mon. Wea. Rev.*, 135, 1596-1613. <https://doi.org/10.1175/MWR3350.1>

Gilford, M.T. (1992) South America South of the Amazon River: A Climatological Study, pp 32-34, 56.

Godoy, A.A.; Campetella, C.; Possia, N. (2011). Un caso de baja segregada en el Sur de Sudamérica: Descripción del ciclo de vida y su relación con la precipitación. *Rev. Bras. Meteorol.*, 26(3), 491-502. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862011000300014>.

Gu, G.; Adler, R.F.; Sobel, A.H. (2005). The Eastern Pacific ITCZ during the Boreal Spring. *J. Atmos. Sci.*, 62, 1157–1174. <https://doi.org/10.1175/JAS3402.1>.

Haffke, C.; Magnusdottir, G.; Henke, D.; Smyth, P.; Peings, Y. (2016). Daily States of the March–April East Pacific ITCZ in Three Decades of High-Resolution Satellite Data. *J. Climate*, 29, 2981–2995. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0224.1>.

Hoskins, B.J. (1991). Towards a PV-Theta view of the general circulation. *Tellus B*, 43(4), 27-35. doi:10.1034/j.1600-0889.1991.t01-3-00005.x

Hoskins, B.J.; McIntyre, M.E.; Robertson, A.W. (1985). On the use and significance of isentropic potential vorticity maps. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 111, 877-946. doi:10.1002/qj.49711147002.

Horel, J.D.; Hahmann, A.N.; Geisler, J.E. (1989). An investigation of the Annual Cycle of Convective Activity over the Tropical Americas. *J. Climate*, 2, 1388–1403. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1989\)002<1388:AIOTAC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1989)002<1388:AIOTAC>2.0.CO;2).

Jones, C. (2019). Recent changes in the South America low-level jet. *npj Clim Atmos Sci* 2, 20. <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0077-5>

Kessler, A. (1981). Wasserhaushaltsschwankungen auf dem Altiplano in Abhängigkeit von der atmosphärischen Zirkulation [Fluctuations of the water budget on the Altiplano and of the atmospheric circulation]. *Aachener Geo-graphische Arbeiten*, 14, 111–122.

Kodama, Y.M. (1992) Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. *J. Meteor. Soc. Japan*, 70, 813–835. [https://doi.org/10.2151/jmsj1965.70.4\\_813](https://doi.org/10.2151/jmsj1965.70.4_813)

Kodama, Y.M. (1993). Large-scale common features of sub-tropical convergence zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part II: Conditions of the circulations for generating the STCZs. *J. Meteor. Soc. Japan*, 71, 581–610. [https://doi.org/10.2151/jmsj1965.71.5\\_581](https://doi.org/10.2151/jmsj1965.71.5_581)

Kousky, V.E. & Gan, M.A. (1981). Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. *Tellus*, 33: 538-551. doi:10.1111/j.2153-3490.1981.tb01780.x

Kousky, V.E. & Kayano, M. (1981). A climatological study of the tropospheric circulation over the Amazon region. *Acta Amazonica*. 11. 743-758. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921981114743>.

Kreuels, R.; Fraedrich, K.; Ruprecht, E. (1975). An aerological climatology of South America. *Meteor. Rundsch.*, 28, 17–24.

Krishnamurti, T.N. (1961). The subtropical jet stream of winter. *J. Meteor.*, 18, 172–191. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1961\)018<0172:TSJSOW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1961)018<0172:TSJSOW>2.0.CO;2).

Lenters, J.D. (1997) Climate dynamics of South America during summer: Connections between the large-scale circulation and regional precipitation. Ph.D. dissertation, Cornell University, 268 pp.

Lenters, J.D. & Cook, K. (1997). On the Origin of the Bolivian High and Related Circulation Features of the South American Climate. *J. Atmos. Sci*, 54. 656-678. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1997\)054<0656:OTOOTB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1997)054<0656:OTOOTB>2.0.CO;2)

Montecino, V.; Strub P.T.; Tarazona, J.; Chavez F.P.; Thomas, A.C.; Baumgartner, T. (2006). Bio-physical interactions off western South America. In: Robinson AR, Brink KH (eds.), *The Sea*. Vol. 14A. The Global Coastal Ocean. Harvard Press, Cambridge, MA, pp. 329–390

Nieto, R; Gimeno, L; Torre, L de la; Ribera, P; Gallego, D; García-Herrera, R; García, JA; Nuñez, M; Redaño, A and Lorente, J. 2005. Climatological features of cutoff low

systems in the Northern Hemisphere. *Journal of Climate* 18(16):3085-3103. <https://doi.org/10.1175/JCLI3386.1>

Nishizawa, T.; Tanaka, M. (1983). The annual change in the tropospheric circulation and the rainfall in South America. *Arch. Met. Geoph. Biocl., Ser. B* 33, 107–116. <https://doi.org/10.1007/BF02273994>

OMM (2000). Guía de prácticas de servicios meteorológicos para el público. Segunda edición N°834. Recuperado de: [https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=7774#.X6TZUmhKiUk](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=7774#.X6TZUmhKiUk)

PCM (2020). Resolución Ministerial N°049. Recuperado de: [https://municipioaldia.com/wp-content/uploads/1/2020/02/RM\\_N\\_\\_049-2020-PCM.pdf](https://municipioaldia.com/wp-content/uploads/1/2020/02/RM_N__049-2020-PCM.pdf)

Quispe, N. & Avalos, G. (2006). Intense snowstorm in the southern mountains of Peru associated to the incursion a cut-off low pressure system at upper level. *Proceedings 8th ISHCMO*, 4, 2006, Foz do Iguaçu, Anais. Brasil: Editora, 2006. 1 CD-ROM.

Ramaswamy, C. (1956). On the Sub-tropical Jet Stream and its Role in the Development of Large-scale Convection. *Tellus*, 8: 26-60. doi:10.1111/j.2153-3490.1956.tb01194.x

Rondanelli, R.; Gallardo, L.; Garreaud, R.D. (2002). Rapid changes in ozone mixing ratios at Cerro Tololo (30°10'S, 70°48'W, 2200m) in connection with cutoff lows and deep troughs. *J. Geophys. Res.*, 107(D23), 4677. doi:10.1029/2001d001334.2002

Van Delden, A. & Neggers, R. (2003). A case study of tropopause cyclogenesis. *Met. Apps*, 10, 187-199. doi:10.1017/S1350482703002081

Vera, C.; Báez, J.; Douglas, M.; Emmanuel, C.B.; Marengo, J.; Meitin, J., Nicolini, M.; Nogues-Paegle, J.; Paegle, J.; Penalba, O.; Salio, P.; Saulo, C.; Silva Dias, M.A.; Silva, P.; Zipser, E. (2006). The South American Low-Level Jet Experiment. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 87. 63-78. <https://doi.org/10.1175/BAMS-87-1-63>

Vernekar, A.D.; Kirtman B.P.; Fennessy, M.J. (2003). Low-Level Jets and Their Effects on the South American Summer Climate as Simulated by the NCEP Eta Model. *J. Climate*, 16, 297–311. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<0297:LLJATE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<0297:LLJATE>2.0.CO;2).

Virji, H. (1981) A Preliminary Study of Summertime Tropospheric Circulation Patterns over South America Estimated from Cloud Winds. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 599–610. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1981\)109<0599:APSOST>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1981)109<0599:APSOST>2.0.CO;2).

WMO (2004). Weather Forecasting Technique Considered as a Sequence of Standard Processes from the Forecaster's Point of View. Recuperado de: [https://www.wmo.int/pages/prog/www/DPS/Meetings/ICT-DPFS\\_Geneva2004/DocPlan.html](https://www.wmo.int/pages/prog/www/DPS/Meetings/ICT-DPFS_Geneva2004/DocPlan.html)

WMO (2017). Guidelines for Nowcasting Techniques. World Meteorological Organization. Recuperado de: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=3795](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3795)

WMO (2017). Guidelines on the Role, Operation and Management of National Meteorological and Hydrological Services. Recuperado de: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=4221](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4221)

Xie, S.; Peng, Q.; Kamae, Y.; Zheng, X.; Tokinaga, H.; Wang, D. (2018). Eastern Pacific ITCZ Dipole and ENSO Diversity. *J. Climate*, 31, 4449–4462. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0905.1>.

Yu, H. & Zhang, M. (2018). Explaining the year-to-year variability of the eastern Pacific Intertropical Convergence Zone in the boreal spring. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123, 3847– 3856. <https://doi.org/10.1002/2017JD028156>

Zhang, C. (2001). Double ITCZs, *J. Geophys. Res.*, 106( D11), 11785–11792, [doi:10.1029/2001JD900046](https://doi.org/10.1029/2001JD900046).

## VIII. ANEXOS

### **Anexo I: Glosario de Términos**

**AAS:** Anticiclón del Atlántico Sur

**AB:** Alta de Bolivia

**AMS:** American Meteorological Society

**APSO:** Anticiclón del Pacífico Sur Oriental

**DANA:** Depresión Aislada de Niveles Altos

**DMA:** Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica

**DDZZ:** Direcciones Zonales

**ECMWF:** European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

**ENSO:** El Niño Southern Oscillation

**GFS:** Global Forecast System

**METAR:** Meteorological Aerodrome Reports

**NOAA:** National Oceanic and Atmospheric Administration

**NWP:** Numerical Weather Prediction

**OMM:** Organización Meteorológica Mundial

**PCM:** Presidencia del Consejo de Ministros

**RGB:** Red, Green and Blue

**SALLJ:** South American Low Level Jet

**SEA:** Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico

**SIG:** Sistema de Información Geográfica

**SINAGERD:** Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres

**SMHN:** Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional

**SENAMHI:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**SPC:** Subdirección de Predicción Climática

**SPM:** Subdirección de Predicción Meteorológica

- UM: Unidad de Modernización
- UTC: Tiempo Universal Coordinado
- VNEB: Vaguada del Noreste de Brasil
- WRF: Weather Research and Forecasting Model
- ZCIT: Zona de Convergencia Intertropical

## Anexo II: Protocolos

	PROCEDIMIENTO	Código	PR-OTI-012
	ELABORACION DEL PRONOSTICO DEL TIEMPO	Versión	01
		Página	1 de 20



### ELABORACIÓN Y DIFUSIÓN DE PRONÓSTICOS METEOROLÓGICOS EN EL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

Procedimiento: **PR-DMA -0XX**

Versión: 01

SUBDIRECCIÓN DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA -  
DIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA Y EVALUACIÓN AMBIENTAL

Este documento ha sido elaborado para el uso del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. La impresión de este documento constituye una "COPIA NO CONTROLADA" a excepción de que se indique lo contrario.

	PROCEDIMIENTO	Código	PR-OTI-012
	ELABORACION DEL PRONOSTICO DEL TIEMPO	Versión	01
		Página	3 de 20

#### INDICE

1. OBJETIVO.....	4
2. ALCANCE.....	4
3. BASE LEGAL.....	4
4. DEFINICIONES Y SIGLAS.....	4
5. RESPONSABILIDADES.....	5
6. GENERALIDADES.....	7
7. DESARROLLO.....	16
8. REGISTROS.....	21
9. TABLA HISTÓRICA DE CAMBIOS.....	21

Este documento ha sido elaborado para el uso del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. La impresión de este documento constituye una "COPIA NO CONTROLADA" a excepción de que se indique lo contrario.

	PROCEDIMIENTO	Código	PR-OTI-012
	ELABORACION DEL PRONOSTICO DEL TIEMPO	Versión	01
		Página	2 de 20

<b>Elaborado por:</b>	<b>Firma:</b>
Diego Fernando Rodríguez Zimmermann Especialista en Meteorología de Mesoescala Subdirección de Predicción Meteorológica	
Nelson Quispe Gutierrez Subdirector Subdirección de Predicción Meteorológica	
Gabriela Teófilia Rosas Benancio Directora Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Dueña del Proceso	
<b>Revisado por:</b>	<b>Firma:</b>
Sonia Huamán Lozano Directora Unidad de Modernización y Gestión de la Calidad	
Lalier Luis García Tueros Director Oficina de Asesoría Jurídica	
<b>Aprobado por:</b>	<b>Firma:</b>
José Percy Barrón López Gerente General Gerencia General	
Ken Takahashi Guevara Presidente Ejecutivo Presidencia Ejecutiva	

Este documento ha sido elaborado para el uso del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. La impresión de este documento constituye una "COPIA NO CONTROLADA" a excepción de que se indique lo contrario.

	PROCEDIMIENTO	Código	PR-OTI-012
	ELABORACION DEL PRONOSTICO DEL TIEMPO	Versión	01
		Página	4 de 20

#### 1. OBJETIVO

**1.1. Objetivo general**  
Estandarizar criterios para la elaboración y difusión de pronósticos del tiempo en el SENAMHI.

#### 1.2. Objetivos específicos

- 1.2.1. Establecer las herramientas para la elaboración de pronósticos del tiempo, según su tipo.
- 1.2.2. Definir las disposiciones generales y complementarias para la elaboración de pronóstico del tiempo, según su tipo.

#### 2. ALCANCE

Las disposiciones contenidas en el presente documento son de aplicación y cumplimiento de la Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica (DMA), Direcciones Zonales (DZ) y la Unidad Funcional de Comunicaciones (UFC).

#### 3. BASE LEGAL

- 3.1 Ley N°24031. Ley de creación del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, y sus modificatorias aprobada mediante Ley N°27188.
- 3.2 Decreto Supremo N°005-85-AE, que aprueba el Reglamento de la Ley de SENAMHI y su modificatoria aprobada mediante Decreto Supremo N°027-DE/SG.
- 3.3 Reglamento de Organización y Funciones del SENAMHI, APROBADO POR Resolución Jefatura N°0111-SENAMHI-JS/ara/2002.
- 3.4 Ley N° 29664. Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres- SINAGERD.
- 3.5 Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N°29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).
- 3.6 Decreto Supremo N°004-2014-PCM, que aprueba el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres-PLANAGERD 2014-2021 Decreto Supremo N°003-2018-MINAM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones (ROF) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI.
- 3.7 Resolución de Presidencia Ejecutiva N° 0288 SENAMHI-PREJ-DGM-ORA/2015, que aprueba la Directiva N°022 SENAMHI-PREJ-DGM-ORA/2015 "Normas y Procedimientos para la Elaboración, Aprobación y Difusión de Avisos Meteorológicos en el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI".

#### 4. DEFINICIONES Y SIGLAS

No aplica

Este documento ha sido elaborado para el uso del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. La impresión de este documento constituye una "COPIA NO CONTROLADA" a excepción de que se indique lo contrario.

## IX. ASEGURAMIENTO



### SUBDIRECCION DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA

**PROVEIDO N° D000522-2020-SENAMHI-SPM**

EXPEDIENTE : **SPM00020200000055**

ASUNTO: Permiso para uso de resultados del trabajo en SENAMHI para titulación por suficiencia profesional, solicita elevar a Gerencia General. Elevo

FECHA

**17/11/2020**

**Atender en 0 días**

REFERENCIA : PROVEIDO N° 001127-2020-DMA Permiso para uso de resultados del trabajo en SENAMHI para titulación por suficiencia profesional, solicita elevar a Gerencia General. Elevo

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
SUBDIRECCION DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA DAVILA VILCA CHRISTIAN ANDRES	ATENDER	NORMAL	Realizar las recomendaciones o disposición de la Presidencia Ejecutiva del Senamhi. La directora de la Unidad de Modernización (UM) es la señora Sonia Huamán Lozano.
SUBDIRECCION DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA RODRIGUEZ ZIMMERMANN DIEGO FERNANDO	ATENDER	NORMAL	Realizar las recomendaciones o disposición de la Presidencia Ejecutiva del Senamhi. La directora de la Unidad de Modernización (UM) es la señora Sonia Huamán Lozano.
SUBDIRECCION DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA ALIAGA NESTARES VANNIA JAQUELINE	ATENDER	NORMAL	Realizar las recomendaciones o disposición de la Presidencia Ejecutiva del Senamhi. La directora de la Unidad de Modernización (UM) es la señora Sonia Huamán Lozano.
SUBDIRECCION DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA PUZA RIVAS MITZA ANISSA	ATENDER	NORMAL	Realizar las recomendaciones o disposición de la Presidencia Ejecutiva del Senamhi. La directora de la Unidad de Modernización (UM) es la señora Sonia Huamán Lozano.
SUBDIRECCION DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA LANCHIPA CISNEROS PAULO CESAR	ATENDER	NORMAL	Realizar las recomendaciones o disposición de la Presidencia Ejecutiva del Senamhi. La directora de la Unidad de Modernización (UM) es la señora Sonia Huamán Lozano.
SUBDIRECCION DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA JULCA BOCANEGRA ELIDA ROSARIO	ATENDER	NORMAL	Realizar las recomendaciones o disposición de la Presidencia Ejecutiva del Senamhi. La directora de la Unidad de Modernización (UM) es la señora Sonia Huamán Lozano.

**QUISPE GUTIERREZ NELSON**  
**SUBDIRECTOR DE PREDICCIÓN METEOROLÓGICA**