



PERÚ

**Ministerio
del Ambiente**

**Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología del Perú - SENAMHI**

INFORME TÉCNICO N°034-2018/SENAMHI-DMA-SPC

**“PRONOSTICO PROBABILISTICO
DE LLUVIAS PARA EL VERANO 2019”**

**Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental
Atmosférica
Subdirección de Predicción Climática
SENAMHI-Perú**

Lima, agosto de 2018



PRONÓSTICO PROBABILÍSTICO EXTENDIDO PARA EL VERANO 2019

Informe Técnico N°034-2018/SENAMHI-DMA-SPC

I. INTRODUCCIÓN

Los desastres de origen hidrometeorológico ocurren cuando sociedades con un alto grado de exposición y vulnerabilidad a peligros naturales u otros se ven impactadas por un evento meteorológico extremo. Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011¹), la mayoría de los desastres registrados (el 91% del total de desastres ocurridos a escala mundial para el período 2000-2009) han estado relacionados con factores meteorológicos y climáticos naturales como lluvias intensas que provocan crecidas, precipitaciones insuficientes que causan sequías y temperaturas muy altas o muy bajas. Sólo las crecidas y tormentas representan el 73% de los desastres registrados.

Los cambios en los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, y sus impactos, constituyen un desafío para los sistemas de reducción de riesgos de desastre mundiales, regionales y nacionales. Los servicios climáticos mejorados pueden ayudar a responder a dichos desafíos, a corto y largo plazo, al poner a disposición de las instancias decisorias herramientas y sistemas mejorados para analizar y manejar el riesgo, en las condiciones hidrometeorológicas actuales y a la vista de la variabilidad del clima y el cambio climático (OMM, 2014²). Ante el Comunicado Oficial N°008-2018 emitido por el ENFEN en julio pasado en relación a la probabilidad de 68% que en verano 2019 se presenten condiciones El Niño en el Pacífico Central (Niño 3.4), mientras que en el Pacífico Oriental (Niño 1+2), que incluye la costa peruana, la probabilidad era de 42%, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) inició las coordinaciones con el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) con el propósito de poner en marcha un esfuerzo coordinado y estratégico interinstitucional para la generación de información climática que se ajuste a las necesidades específicas para la toma de decisiones en la gestión de riesgos de desastres.

Ante esta coyuntura, a la cual se suma el incremento de las probabilidades de la presencia de las condiciones El Niño para el verano 2019 (ver Comunicado Oficial N°009-2018, emitido en agosto), y como parte del proceso de fortalecimiento de la interfaz con usuarios para la provisión de servicios climáticos, el SENAMHI y CENEPRED han desarrollado dos reuniones técnicas de trabajo³ con el objetivo de

¹ OMM, 2011. Del Conocimiento Climático a la Acción: Marco mundial para los servicios climáticos-Potenciar la capacidad de los más vulnerables. Informe OMM-N°1065. ISBN 978-92-63-31061-1

² OMM, 2014. Ejemplo representativo sobre la reducción de riesgos de desastre para la plataforma de interfaz de usuario del Marco Mundial para los Servicios Climáticos. Disponible en: http://www.wmo.int/gfcs/sites/default/files/Priority-Areas/Disaster%20risk%20reduction/GFCS-DISASTER-RISK-REDUCTION-EXEMPLAR-14467_es_0.pdf

³ Informes 018-2018-SENAMHI/DMA-SPC y 019-2018-SENAMHI/DMA-SPC

codiseñar los escenarios de riesgo ante la probable presencia de El Niño en el próximo verano 2019, para lo cual el SENAMHI ha desarrollado el Pronóstico Experimental de lluvia basado en la temperatura superficial del mar (pronosticada) para el periodo enero – marzo 2019, cuyos alcances se presentan en el presente informe.

INTERFAZ CON USUARIOS

En un sentido amplio, el desafío es permitir una comunicación efectiva entre una comunidad proveedora, con bases científicas, y una comunidad de agentes guiados por sus necesidades (OMM, 2014).

II. DATOS Y METODOLOGÍA

2.1 Datos

Datos mensuales (record de 30 años aproximadamente) de precipitación expresadas en milímetros (mm)⁴ provenientes de 278 estaciones a nivel nacional.

Por otro lado, los datos del predictor corresponden a los datos grillados pronosticados (con condiciones iniciales Agosto 2018) de temperatura superficial del mar (TSM) para el periodo Enero-Febrero-Marzo 2019 por los modelos del clima (Tabla 1) pertenecientes al grupo North American Multi-Model Ensemble (NMME, por sus siglas en inglés).

Tabla 1. Modelos NMME

Modelo	Centro de Modelamiento
CCSM4	National Center for Atmospheric Research
CFSv2	NOAA NCEP
CMC1	Canadian Coupled Global Climate Model
CMC2	Canadian Coupled Global Climate Model
GFDL-CM2p1	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Climate Model
GFDL-CM2p5-FLOR-A06	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Climate Model
GFDL-CM2p5-FLOR-B01	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Climate Model

*Adicionalmente se consideró el resultado promedio de los modelos presentados en esta tabla.

⁴ El milímetro (mm) es la unidad de medida usada en meteorología para las precipitaciones y expresa la cantidad de lluvia caída en litros sobre una superficie de un metro cuadrado.

2.2 Metodología

El pronóstico climático probabilístico para el trimestre enero-marzo 2019 se elaboró con el software CPT (Climate Predictability Tool), herramienta computacional basado en metodologías estadísticas desarrolladas por la International Research Institute for Climate and Society, The Earth Institute of Columbia University. Para este informe, el proceso principal de la metodología consiste en el downscaling estadístico de datos grillados pronosticados de TSM sobre el Pacífico tropical y el Atlántico tropical norte, a modo de estimar el comportamiento de las precipitaciones para el periodo objetivo.

Los resultados obtenidos se han dividido en dos presentaciones. El primero consiste en un pronóstico probabilístico por puntos de estación, donde se incluyó gráficamente “la calidad” del pronóstico. Para ello, el software CPT permite acceder a índices ROC (Relative Operating Characteristic) exclusivamente para pronósticos por debajo y por encima de lo normal; y como índice general de calidad del pronóstico el índice 2AFC (Two-alternative Forced Choice); por lo tanto, para pronósticos por encima o por debajo de lo normal se empleó el índice ROC, y para pronósticos dentro de lo normal el índice 2AFC. Cabe indicar que, el ROC es una representación de la habilidad de un sistema de pronóstico, en el cual los ratios de aciertos y falsas alarmas son comparados (Swets 1973⁵; Mason, 1982⁶); el ROC es comúnmente usado para evaluar la calidad de los pronósticos probabilísticos (Stanski et al, 1989⁷; Mason y Graham 1999⁸). De manera similar, el 2AFC provee una indicación de la calidad del pronóstico (Mason y Weigel, 2009⁹).

Por otro lado, se realizó la agrupación de los pronósticos probabilísticos por regiones del Perú; sectores costa, sierra (occidental y oriental), y selva (alta y baja), divididos en zonas norte, centro y sur, respectivamente. Este procedimiento se diseñó a modo de presentar un resultado macro a nivel nacional de las posibles condiciones de precipitación para el periodo enero-marzo del 2019.

Finalmente, se resalta la incertidumbre de los resultados obtenidos debido a factores como: el rango de meses faltantes para el periodo de pronóstico objetivo (mayor a 3 meses), los datos modelados de TSM, entre otros.

⁵ Swets, J. A. 1973. The relative operating characteristic in psychology. *Science*. 182: 990-1000.

⁶ Mason, I. 1982. A model for assessment of weather forecast. *Aust. Meteor. Mag.* 30:291-303.

⁷ Stanski, H.R. et al. 1989. Survey of common verification methods in meteorology. WMO World Weather Watch Tech. Rep. 8. WMO TD 358, 114p.

⁸ Mason, S.J. Graham, N.E. 1999. Conditional probabilities, relative operating characteristics and relative operating levels. *Wea. Forecastings*. 14:713-725.

⁹ Mason, S.J. Weigel, A.P. 2009. A generic forecast verification framework for administrative purposes. *Mon. Weather Rev.* 137: 331-349.

III. RESULTADOS

3.1. Pronóstico probabilístico por puntos de estación

Los resultados obtenidos muestran que la mayoría de estaciones en la costa norte presentan una mayor probabilidad para la ocurrencia de precipitaciones por encima de lo normal (mayor a 60%), abarcando los departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque. La calidad del pronóstico sobre esta región es de media a alta (en general valores de ROC por encima de 70). Hacia niveles de cuenca media en el sector noroccidental, también se estima mayores probabilidades de precipitaciones por encima de lo normal, no obstante, la calidad del pronóstico sobre esta región es menor que sobre la costa.

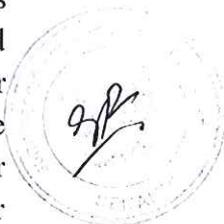
Por otro lado, para la mayor parte de las estaciones a largo de la sierra occidental norte, centro, y sur, y Altiplano, se prevé mayores probabilidades de precipitaciones acumuladas por debajo de lo normal; estas probabilidades son más altas para el sector occidental centro y sur (mayor a 70%). Estas descripciones abarcan con mayor énfasis la sierra de Cajamarca, Lima, Huancavelica, Arequipa, Moquegua y Tacna. La calidad del pronóstico sobre esta región es de media a alta (en general valores de ROC por encima de 70).

Hacia la sierra sur oriental, la estaciones ubicadas en el centro-sur de Cusco, y norte de Puno, presentan mayores probabilidades para la ocurrencia de precipitaciones por encima de lo normal, no obstante estas probabilidades se encuentran en el rango de 40 a 50%, y la calidad del pronóstico es baja (valores de ROC entre 50 y 60).

Las estaciones localizadas al norte de San Martín muestran probabilidades de ocurrencia de precipitaciones por debajo de lo normal, con probabilidades que varían desde 45 a 60%, y con un desempeño medio del pronóstico (valores de ROC oscilan alrededor de 60 y 70).

Las estaciones de Loreto, presentan mayor probabilidad de precipitaciones por encima de lo normal, ergo, las probabilidades no superan los valores de 60%, y la calidad del pronóstico es de media a baja (en general, valores de ROC oscilan alrededor de 50 y 70).

Finalmente, se resalta que las estaciones ubicadas al lado oriental de los Andes centrales presentan mayor incertidumbre en el pronóstico, debido a la baja calidad del modelo estadístico empleado sobre este sector (en general valores de ROC por debajo de 50). Adicionalmente, sobre la selva central y sur, la densidad de estaciones meteorológicas y de calidad de datos hidrometeorológicos es escasa, por lo tanto, no son presentados en este informe; para estos sectores se sugiere analizar las salidas directas provenientes de Modelos Climáticos Globales.



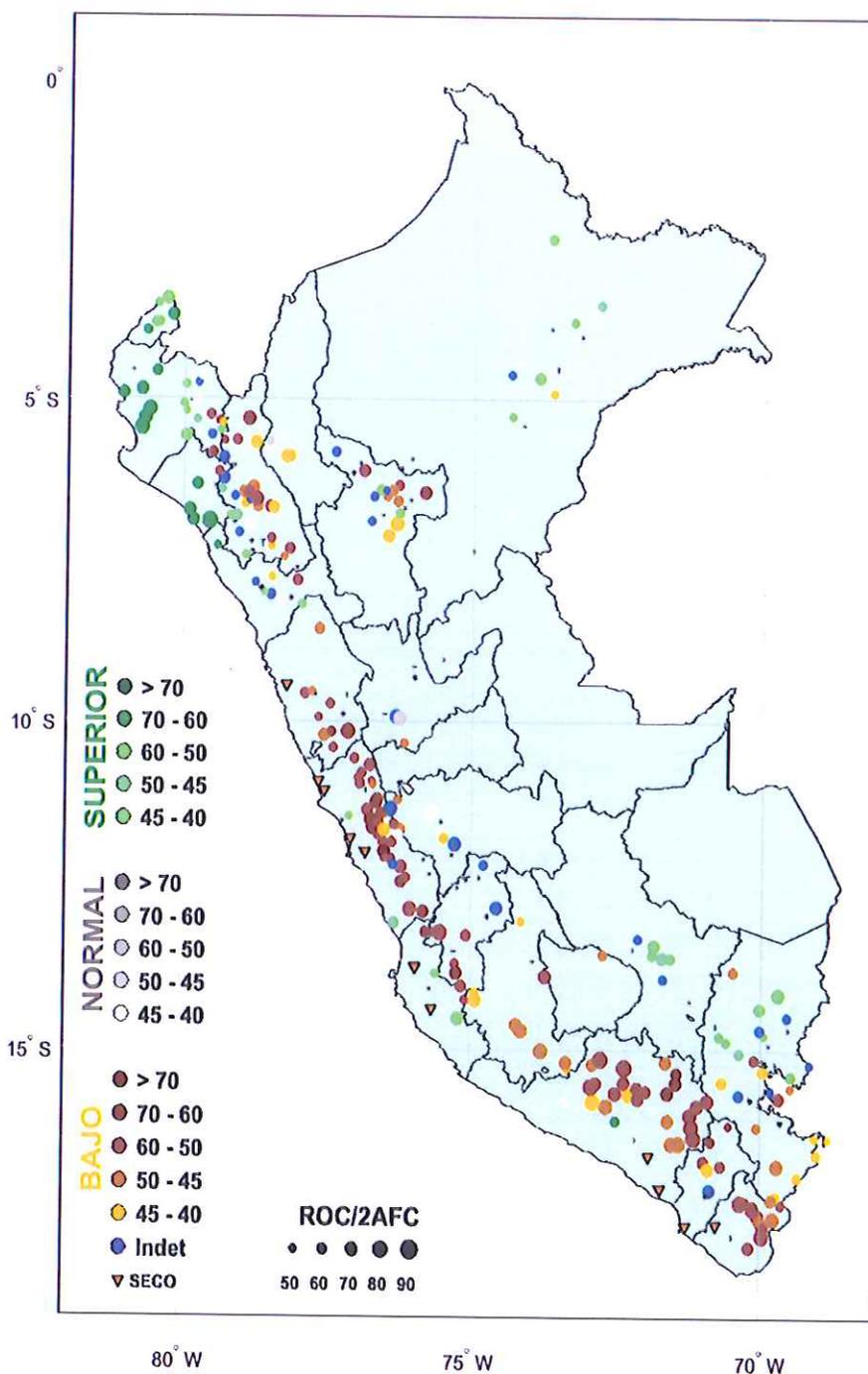
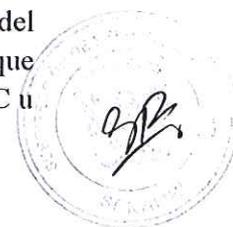


Figura 1. Distribución del pronóstico probabilístico por puntos de estación. Tonalidades de color verde, plomo, y marrón, indican probabilidades de precipitación por encima, dentro, y debajo del normal, respectivamente. Tonalidades de color azul, indican que el resultado del pronóstico es menor a 45% (Indeterminado). El tamaño del círculo indica la calidad del pronóstico (pronósticos con ROC u 2AFC mayor a 50). Puntos asterisco indican que independientemente del valor del pronóstico, la calidad del mismo es muy bajo, con ROC u 2AFC menor a 50.



3.2. Pronóstico Probabilístico por regiones

COSTA: Desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm

Costa norte: Tumbes, Piura, Lambayeque y La libertad

Se prevé un escenario de lluvias sobre lo normal con una probabilidad de ocurrencia de 60%.



Costa centro: Ancash y Lima

Se espera un escenario dentro de su rango normal con una probabilidad de ocurrencia de 56%.



Costa sur: Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna

Se espera condiciones de deficientes a normales, los valores de probabilidad de ocurrencia para ambas categorías están alrededor del 40%.



SIERRA: Desde 1000 msnm en la vertiente occidental y desde los 2000 msnm en la vertiente oriental

Sierra norte occidental: Sierra de Piura, Cajamarca, Lambayeque y La Libertad

Se presentaría lluvias por debajo del rango normal (40% de probabilidad). En tanto, es probable en un 34% que se registren acumulados de lluvia por encima de lo normal.



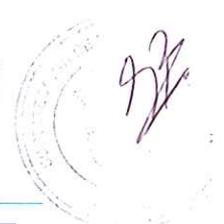
Sierra norte oriental: Sierra de Cajamarca, Lambayeque y La Libertad

Se prevé volúmenes de lluvia por debajo del rango normal (53% de probabilidad). No obstante, es probable en un 25% que se registren acumulados de lluvia por encima de lo normal.



Sierra central occidental: Sierra de Ancash, Lima e Ica

En la sierra central occidental, que incluye las partes altas de Lima y Ancash, se espera un escenario de lluvias con acumulados por debajo de lo normal (55% de probabilidad) y normal (27% de probabilidad).



Sierra central oriental: *Sierra de Ancash, Huánuco, Pasco, Junín y Huancavelica*

Se espera un escenario de lluvias con acumulados sobre lo normal (41% de probabilidad) y normal (30% de probabilidad).



Sierra sur occidental: *Ayacucho, Arequipa, Moquegua y Tacna.*

En la sierra sur occidental, se presentarían lluvias por debajo de los rangos normales (52% de probabilidad). Sin embargo, es probable en un 26% que se registren acumulados de lluvia propios de la estacionalidad.



Sierra sur oriental: *Ayacucho, Apurímac, Cusco, Arequipa y Puno*

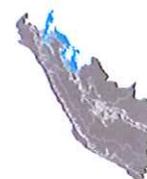
En la sierra sur oriental, se presentarían lluvias por encima de los rangos normales (38% de probabilidad). Mientras como segundo escenario más probable se esperaría lluvias por debajo de lo normal (37%). Cabe señalar que los valores de predictibilidad dados tienen un desempeño bajo, pues el sector se encuentra bipolarizado.



SELVA: *Desde los límites internacionales hasta la cota de 2000 msnm de la vertiente oriental*

Selva norte alta: *Selva de Amazonas, San Martín y Loreto*

En esta región se prevé un escenario de lluvias por debajo de los rangos normales (42% de probabilidad).



Selva norte baja: *San Martín y Loreto.*

En esta región se presentaría acumulados de lluvia por debajo de sus rangos normales (39%). El segundo escenario más probable (37%) es de lluvias por encima de lo normal. Indicar que los valores señalados para esta región tienen un nivel bajo de predictibilidad ya que el sector se encuentra bipolarizado.



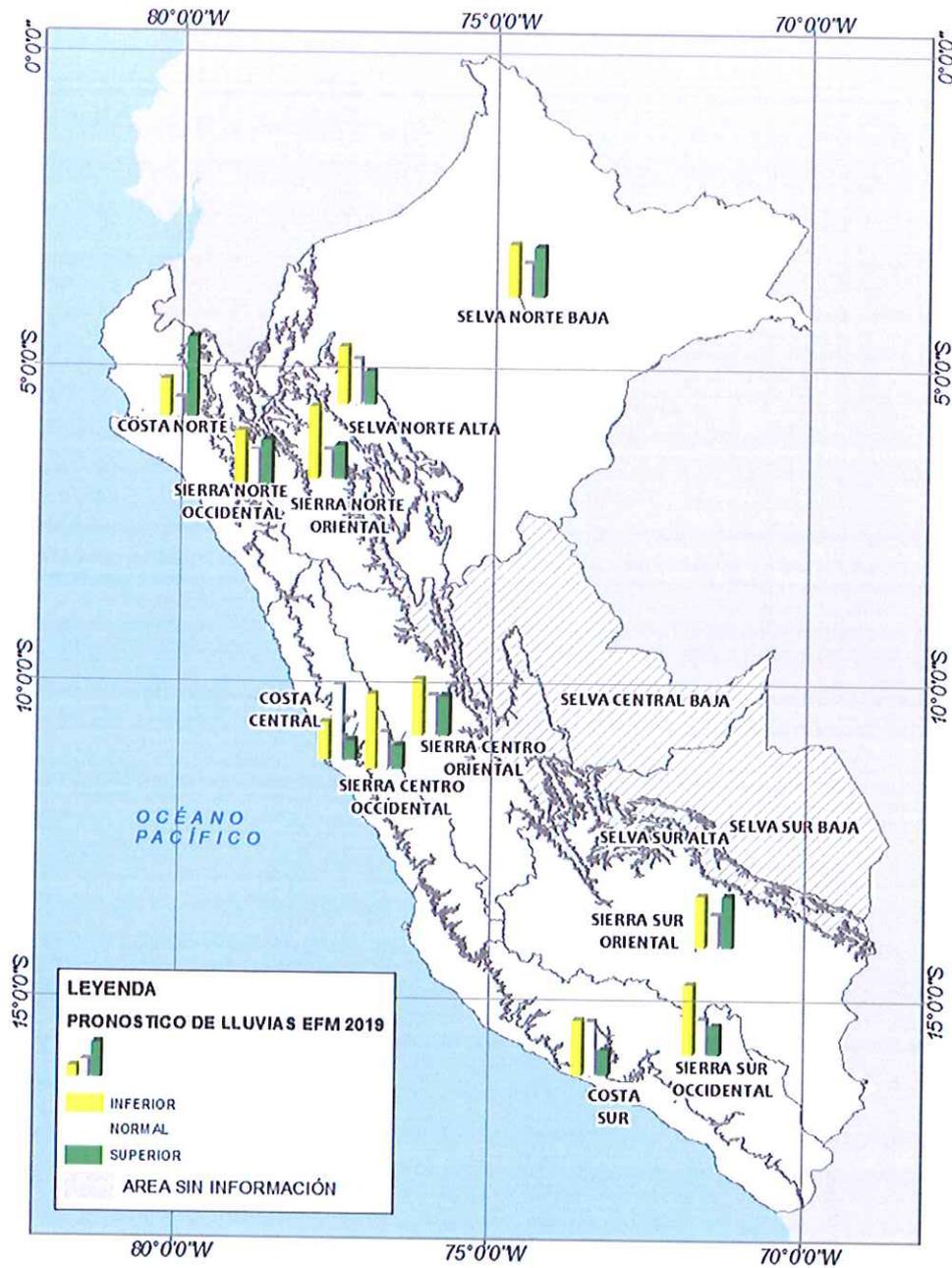


Figura 2. Pronóstico probabilístico por regiones a nivel nacional. Tonalidades de color verde, indican un escenario de superávit de lluvias, en color amarillo indica deficiencia de lluvias y en blanco señala lluvias dentro de su rango normal.



IV. CONCLUSIONES

Para el periodo Enero-Febrero-Marzo 2019:

- La costa norte muestra mayores probabilidades de precipitaciones por encima de lo normal. En tanto, en la costa central predomina un escenario normal; y en la costa sur de deficiente a normal.
- En la sierra occidental se estima condiciones de precipitación por debajo de lo normal, principalmente sobre el sector centro y sur.
- La sierra oriental norte, centro, y Altiplano, presenta mayores probabilidades de precipitaciones por debajo de lo normal; mientras que se prevé un escenario más lluvioso de normal en la sierra sur oriental, principalmente para el norte de Puno y centro-sur de Cusco.
- En general, para la selva norte se prevé mayores probabilidades de precipitaciones por encima de lo normal; no obstante, datos puntuales, indican condiciones por debajo de lo normal para el norte del departamento de San Martín.

V. RECOMENDACIONES

- Los planes transectoriales para la reducción de riesgos de desastre deben integrar los **peligros históricos y actuales**, con objeto de evitar inversiones que conlleven futuras condiciones adversas como la construcción de infraestructuras que no puedan asumir tiempos de retorno más cortos en el caso de producirse lluvias abundantes. En ese sentido, el SENAMHI recomienda incluir como información relevante los escenarios de lluvias intensas en las zonas históricamente afectadas por El Niño correspondiente a los eventos 1982-83, 1997-98 y 2017 como escenarios “pesimistas”, a pesar de las bajas probabilidades de que un eventual escenario El Niño en el verano 2019 tenga las mismas manifestaciones.
- Se debe considerar este pronóstico como una referencia que utiliza la estadística de 30 años para estimar las mayores probabilidades de que existan lluvias por encima del promedio histórico durante LOS TRES MESES DE PRONÓSTICO, es decir las condiciones más probables a lo largo de estos tres meses. Estas previsiones estacionales no estiman los valores extremos diarios, son más bien la representación del valor acumulado de lluvias de tres meses (enero-marzo 2019).

- Se recomienda mantenerse permanentemente informado a través de las fuentes oficiales del SENAMHI, tales como:
<http://www.senamhi.gob.pe/?p=fenomeno-el-nino>
<http://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-climatico>
<http://www.senamhi.gob.pe/?p=avisos>
- Se pone a disposición del usuario los números telefónicos para la atención del pronóstico del tiempo y clima:

Subdirección de Predicción Climática: 614 14 14- Anexos 461 y 475.

Subdirección de Predicción Meteorológica: 265 87 98 y 614 14 07.

Informe preparado por:



Ing. Christian Barreto Schuler
Especialista en Predicción Climática
SENAMHI-PERÚ



Ing. Patricia Porras Vásquez
Especialista en Climatología
SENAMHI-PERÚ



Ing. Grinia Aválos Roldán
Subdirectora de Predicción Climática
SENAMHI-PERÚ

SENAMHI-PERÚ
Jr. Cahuide 785 – Jesús María, Lima 11
Central telefónica: 51 1 – 6141414
Pronóstico: 51 1- 6141407 Anexo 407
Climatología: 51 1 - 6141414 Anexos 461 y 475
Consultas: clima@senamhi.gob.pe