

DOCUMENTO TÉCNICO

RESUMEN EJECUTIVO
SOBRE LA INCLUSIÓN
DE SERVICIOS
CLIMÁTICOS PARA
LA FORMULACIÓN DE
POLÍTICAS PÚBLICAS
PARA EL SECTOR
SALUD



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



BICENTENARIO
PERÚ 2021

Resumen Ejecutivo sobre

**LA INCLUSIÓN DE SERVICIOS CLIMÁTICOS
PARA LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS
PÚBLICAS PARA EL SECTOR SALUD**

RESUMEN EJECUTIVO SOBRE LA INCLUSIÓN DE SERVICIOS CLIMÁTICOS PARA LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA EL SECTOR SALUD

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ - SENAMHI

PROYECTO DE APOYO A LA GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Rubén José Ramírez Mateo

Ministro del Ambiente

Ken Takahashi Guevara

Presidente Ejecutivo del Senamhi

Gabriela Teófila Rosas Benancio

Directora de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica del Senamhi

Grinia Jesús Avalos Roldán

Subdirectora de Predicción Climática del Senamhi

Preparación de contenido temático

Eric Ricardo Peña Sánchez

Contribuciones:

Grinia Jesús Avalos Roldán

Irene Trebejo Varillas

Diseño y diagramación:

Almendra Tamariz Salazar

Primera edición: setiembre de 2021

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2021-10475

ISBN Digital 978-612-48315-8-4

Libro disponible en <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1352>

© **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)**

Jr. Cahuide 785, Jesús María, Lima- Perú. Teléfono: (01) 614-1414

www.gob.pe/senamhi

Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso.

El Proyecto de Apoyo a la Gestión del Cambio Climático (Gestión CC), en su Fase 2, es una iniciativa del Gobierno peruano, liderado por el Ministerio del Ambiente y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi). Es financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación - COSUDE, ejecutado por Libélula Instituto para el Cambio Global y South South North.

El segundo componente del proyecto Gestión CC busca mejorar la información sobre el clima para la toma de decisiones. Por ello, colabora con el Senamhi para la elaboración de los estudios de Cambio Climático que contempla los Servicios Climáticos para la Salud y su contribución a Nuestro Desafío Climático (NDC).

Referencia sugerida:

SENAMHI. (2021). Resumen ejecutivo sobre la inclusión de servicios climáticos para la formulación de políticas públicas para el sector salud. Peña, E. R. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Ed.). <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1352>



Índice

Índice	4
1. Aspectos generales:	6
1.1 Servicios climáticos	6
1.2. Servicios climáticos en salud pública	7
1.3. Barreras para la integración de información climática y de salud: clima y salud en diferentes idiomas	10
2. Vitrina de gestión de conocimiento en clima y salud como primer paso para la implementación de servicios climáticos de salud en el Perú	11
3. Lineamientos para la cocreación de servicios climáticos en salud	12
3.1 Fase de caracterización de datos	12
3.2 Fase de codiseño	13
3.2.1. Identificación de actores según tipo de servicio	13
3.2.2. Coexploración de peligros según el contexto	13
3.2.3. Identificación de alternativas de intervención	15
3.3. Análisis de datos y estimación de modelos predictivos	15
3.3.1. Evaluación de modelos para servicios climáticos	16
3.4. Servicio climático operativo y sostenibilidad	17
4. Conclusiones	17
5. Recomendaciones	17
Referencias	18

Resumen ejecutivo sobre la inclusión de servicios climáticos para la formulación de políticas públicas para el sector salud



1. Aspectos generales:

1.1. Servicios climáticos

En los últimos cincuenta años, poco menos del 80% de desastres a nivel global están vinculados a eventos meteorológicos o climáticos, con una marcada tendencia al incremento en las últimas tres décadas (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2020). Adicionalmente a esta creciente amenaza, el cambio climático podría tener un rol en la emergencia de patógenos con potencial pandémico a través de la disrupción de los ecosistemas, lo que aproximan los hábitats de sus reservorios al ser humano (Lorentzen et al., 2020). Todos estos peligros que afectan a la humanidad, en especial a los países menos desarrollados, vuelven cada vez más urgente la necesidad de contar con herramientas que integren información climática y de salud para cuantificar dicho riesgo (OMM y OMS, 2016).

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) define como servicio climático a la herramienta, derivada de información climática, que permite optimizar la toma de decisiones antes de la ocurrencia de los eventos (2013). Los servicios climáticos son esenciales para la adaptación al cambio y la variabilidad climática, ya que ayudan a que los diversos sectores susceptibles a sus peligros (usuarios finales) se encuentren preparados y respondan oportunamente a los mismos.

La aprobación del Marco Mundial para los Servicios Climáticos (GFCS, por sus siglas en inglés) por los 155 países miembros de la OMM en 2009 buscó cubrir la brecha entre la información producida por los científicos y expertos en clima y los usuarios de los servicios (OMM, 2021). Las áreas prioritarias para el desarrollo de estos servicios son agricultura y seguridad alimentaria, reducción del riesgo de desastres, energía, salud y agua.

A pesar del inmenso potencial que presenta la integración de información climática con la de los usuarios finales (como salud), existe evidencia científica sobre los pocos productos y servicios que han sido adecuadamente diseñados y/o bien utilizados (Porter y Dessai, 2017). Por esta razón, se debe reconocer que los resultados de adaptación obtenidos a través del uso de estos servicios dependen críticamente de la forma cómo se desarrollan, comparten y usan (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

En los últimos años, el objetivo principal de los servicios climáticos desarrollados en varios países ha sido mejorar la disponibilidad, acceso y calidad de la información climática para los diversos sectores, y, más recientemente, la coproducción y comprensión del contexto de decisión en el que la información es empleada. Sin embargo, aún la entrega de productos y servicios climáticos sigue siendo unidireccional del “proveedor” al “usuario”, lo que supone una serie de inconvenientes (Harvey et al., 2019).

Las diferentes barreras que la literatura describe en la implementación de los servicios climáticos incluyen los siguientes puntos (White et al., 2010):

1. Se dificulta producir información útil para tan amplia gama de decisiones y contextos (cada sector usuario requiere diferentes tipos de información).
2. Se marca una preferencia de los decisores por solicitar proyecciones climáticas en pequeña escala (temporal y espacial), en atención a una necesidad cortoplacista de toma de decisiones.

3. Surgen diferencias en el enfoque usado por proveedores: los expertos en clima desarrollan modelos, herramientas y productos, considerando que estos siempre van a ser útiles para el decisor (mentalidad de “servicio tipo muelle de carga” o *loading dock mentality*), lo que significa entender la entrega de productos como un proceso unidireccional, sin asegurar la retroalimentación del usuario (enfoque de servicio climático).
4. Se enfatizan las diferencias en el enfoque de los usuarios (decisiones), lo que implica un pobre conocimiento de las ventajas y limitaciones de los datos climáticos. Esto lleva a la malinterpretación de la real utilidad de los mismos, así como un débil involucramiento de los usuarios en el codiseño de productos y servicios que respondan a sus necesidades. Es común que los decisores asuman que es posible tener una proyección exacta de cómo será el clima futuro sin contemplar las incertidumbres asociadas, cuando, por varias razones, eso no es posible ni necesario.
5. Una barrera adicional es la tendencia de ambos lados a reducir la complejidad de la toma de decisiones a la presencia o ausencia de determinadas características climáticas. La mayoría de ellas (particularmente las que tienen que ver con salud pública) son complejas y de índole multifactorial, por lo que requieren de un enfoque sistémico que vincule escenarios de riesgo con acciones (intervenciones) concretas (Jacobs y Street, 2020).

En ese sentido, los expertos en clima deben escuchar a los potenciales usuarios con el objetivo de reformular sus preguntas para alcanzar adecuadamente sus requerimientos. Igualmente, los decisores o usuarios necesitan entender la ventaja del uso de la información climática con pertinencia en el proceso de toma de decisiones informadas.

Para poder lograr esta armonización, diversos autores coinciden en el establecimiento de equipos multidisciplinarios que procuren la generación de capacidades conjuntas. Además, estos deben transformar las disparidades de enfoques y conocimientos en una oportunidad para generar capacidades conjuntas y nuevos saberes que permitan el desarrollo de herramientas de soporte para el cumplimiento de acciones (políticas, planes, programas o intervenciones) y la toma de decisiones relacionadas al clima (Jacobs y Street, 2020).

1.2. Servicios climáticos en salud pública

El impacto de la variabilidad y el cambio climático en la salud ha sido exhaustivamente descrito. Este ocurre a través de efectos directos, indirectos y alteraciones en las dinámicas sociales (Watts et al., 2015). Dichas interacciones son complejas y van desde el efecto directo de los eventos meteorológicos extremos (lesiones o muerte) hasta los cambios graduales de temperatura, humedad y dirección del viento que pueden producir cambios significativos en el nivel de exposición y riesgo a determinados daños (como enfermedades transmitidas por vectores). En cualquier caso, el enfoque de salud pública basado en evidencia se ha definido como un marco a través del cual se puede responder a estos peligros e identificar las mejores estrategias de adaptación (Hess et al., 2014).

Para poder diseñar y aplicar adecuadamente tales estrategias, el análisis aislado de información sanitaria es insuficiente, pues se requiere un enfoque integrador que incluya información climática, de salud y de diversos determinantes. En este contexto, y a pesar de que la asociación de variables climáticas y resultados sanitarios ha sido ampliamente descrita en la literatura científica, la implementación de servicios climáticos no ha alcanzado su máximo potencial (Jancloes et al, 2014). Se necesita de servicios climáticos confiables y robustos, que se conviertan en herramientas verdaderamente aplicables para cuantificar el riesgo y vulnerabilidad, así como detectar, monitorear y anticipar los riesgos a la salud asociados a la variabilidad y eventos climáticos extremos.

Por ello, el cambio del paradigma unidireccional de la entrega de productos o servicios desde el proveedor (científico experto en clima o meteorólogo) al usuario (decisor en salud pública) hacia el enfoque transdisciplinario de cocreación de herramientas que permitan la toma de decisiones basada en evidencia, descrito anteriormente, aplica perfectamente para el sector salud.

Desde diciembre de 2013, este enfoque ha sido discutido por el panel de expertos de alto nivel durante la Tercera Conferencia Internacional de los Servicios Climáticos desarrollada en Jamaica. El panel discutió las potenciales causas de la brecha de conocimiento entre la comunidad de expertos en clima y los profesionales de salud pública y cómo se podrían diseñar estrategias dirigidas a lograr una adecuada y sostenible colaboración para alcanzar servicios climáticos que asistan la toma de decisiones en salud pública. Las conclusiones fueron las siguientes (Janloes et al., 2014):

6. Cambiar el paradigma de servicios climáticos que se limiten al análisis de riesgo (análisis de datos agregados para medir riesgo) (ver Figura 1) hacia servicios que permitan la gestión de riesgo a través de la clara identificación de la información necesaria para la toma de decisiones relacionada a peligros climáticos vinculados a la salud (ej. uso de mapas de riesgo vinculados a umbrales de alerta que gatillen intervenciones, con la correspondiente evaluación de impacto de estas).
7. Incluir a todos los sectores cuyas decisiones tienen impacto en la salud, sobre todo de la población más vulnerable y asegurar una mejor interacción entre la comunidad de salud pública y los profesionales expertos en clima.
8. Intensificar la aplicación de investigaciones operativas e implementación para un mejor manejo de los riesgos en salud sensibles a la variabilidad y cambio climático
9. Desarrollar tanto capacidades en niveles subnacionales (que incluyan la recolección de datos epidemiológicos, climáticos y de los determinantes sociales), como el correspondiente trabajo interinstitucional y transdisciplinario que involucre a los decisores políticos de los niveles regionales y locales.



Figura 1. Servicio climático basado exclusivamente en análisis de riesgo

Siguiendo estas recomendaciones, los actores que deben involucrarse en la cadena de valor de los servicios climáticos se detallan a continuación (OMM, 2018):

1. Los profesionales expertos en la vigilancia y predicción del tiempo, clima y modelamiento numérico.
2. Los profesionales en epidemiología y salud pública que desempeñan sus funciones en el diseño e implementación de intervenciones de prevención y control de problemas sanitarios sensibles a la variabilidad y cambio climático.
3. Las organizaciones coadyuvantes del proceso, en el que juegan un papel crucial la academia y centros de investigación; ONGs; medios de comunicación; y organizaciones comunitarias.
4. Los formuladores y decisores de políticas públicas en salud y otros sectores relacionados, de los niveles subnacionales (regional y local).

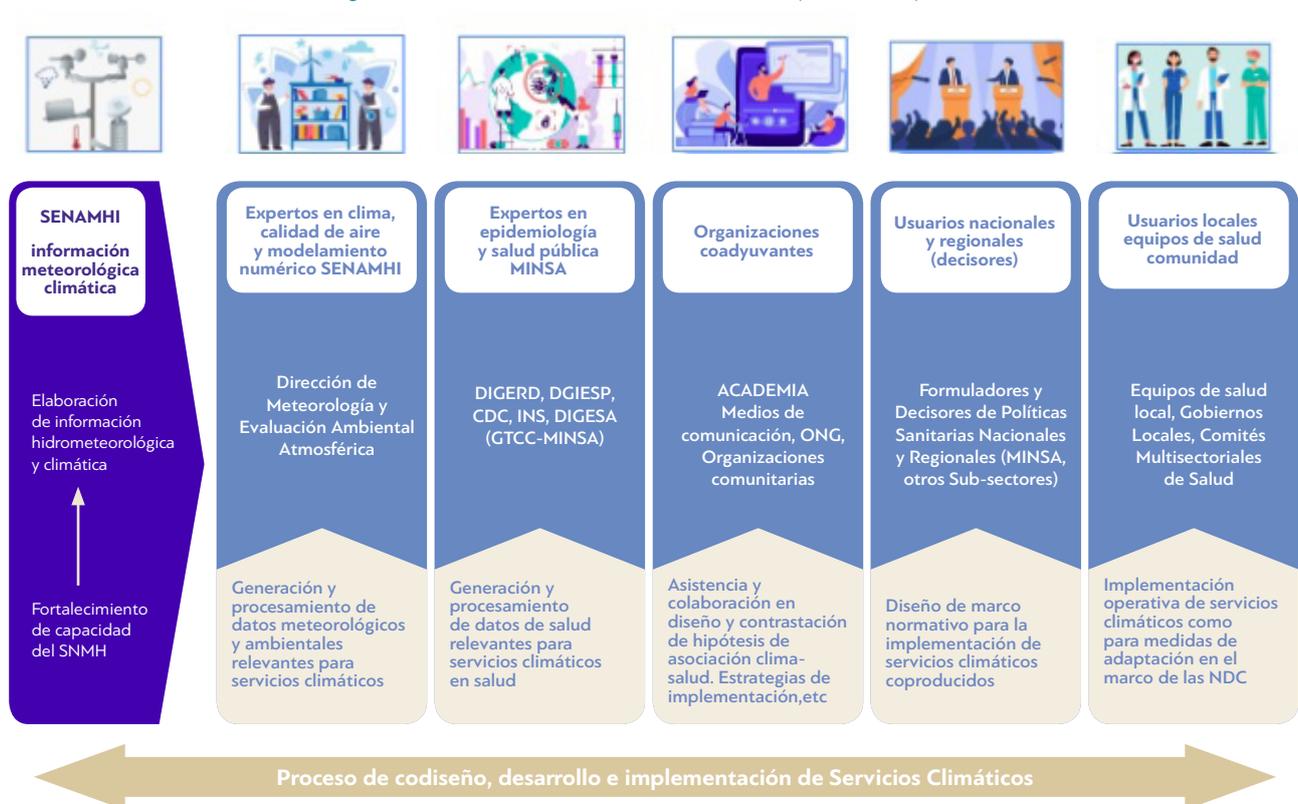
5. Los equipos de salud local (ver Figura 2).

Cada uno de estos actores cumplen diferentes funciones en el proceso de implementación de los servicios climáticos para la salud. El foco del diálogo inicial entre los expertos en clima y los usuarios de diferentes niveles (nacional, regional y local) no debe limitarse a la identificación y medición de asociaciones entre variables climáticas y su impacto en resultados de salud, sino en la generación de herramientas de gestión y respuesta a los efectos de la variabilidad y cambio climático (Jacobs y Street, 2020).

La formación de servicios que permiten trasladar la información conjunta procesada hacia herramientas de apoyo a la decisión de acciones de respuesta ante diversos escenarios de riesgo parece un procedimiento sencillo, pero no lo es ciertamente. Existen diferentes iniciativas que se han puesto en marcha para crear espacios donde se exploren estrategias de implementación que permitan congregarse a todos los actores de la cadena de valor descrita. Una de las más importantes, desarrollada por la Unión Europea (UE), es la iniciativa de Investigación de Mercado para un Observatorio de Servicios Climáticos (MARCO por sus siglas en inglés), cuyo principal objetivo es superar la incompatibilidad de la información climática y las necesidades de los usuarios, en términos de apoyo a la toma de decisiones. MARCO se constituye no solo en un espacio donde se optimiza la entrega de información acorde con las necesidades de los usuarios, sino, también, en una plataforma que pretende convertirse en la interfaz que propicia una interacción efectiva y sostenible entre los diferentes actores (MARCO, 2019).

Como se describirá más adelante, uno de los primeros pasos propuestos para el codiseño de servicios climáticos que respondan adecuadamente a las necesidades de asistencia a la toma de decisiones en salud pública es implementar

Figura 2. Cadena de valor de los servicios climáticos para la salud pública



Nota. Adaptado de "Directrices detalladas para la creación de un marco nacional para los servicios climáticos" por Organización Meteorológica Mundial, 2018, OMM-No 1206

plataformas que permitan convertirse en interfaces. A partir de estas, se desarrollan capacidades conjuntas y se propicia la sostenibilidad de relaciones transformacionales en la “comunidad de los servicios climáticos” (Jacobs y Street, 2020).

Sobre la base de una exhaustiva revisión de la literatura y de algunas iniciativas desarrolladas en diferentes países, el presente documento técnico ofrece lineamientos prácticos que permitirán obtener el mayor provecho en el desarrollo y manejo de servicios climáticos a partir de productos realizados en coproducción en el Grupo de trabajo en Clima y Salud del Ministerio de Salud (MINSa) y SENAMHI.

1.3. Barreras para la integración de información climática y de salud: clima y salud en diferentes idiomas

Como se ha descrito previamente, una de las más grandes dificultades que enfrentan, tanto proveedores como usuarios de los servicios climáticos, es traducir cada una de sus perspectivas de modo que pueda comprenderse el alcance y las limitaciones de la real utilidad de la integración de los datos de ambas fuentes. Las interacciones suelen enfocarse más en las desventajas de uno u otro enfoque y lo que idealmente se desean obtener de un lado o del otro. Las discusiones tienden a ser circulares y con frecuencia frustrantes. Para poder lograr la correcta integración de ambos tipos de información, se debe describir cuáles son sus principales diferencias.

A. Escala de agregación de datos

Los datos que se utilizan para la formulación de los servicios climáticos generalmente provienen de estaciones meteorológicas en el terreno (en ocasiones con inadecuada cobertura del territorio) y de información satelital. Mediante procedimientos de interpolación, se puede generar información de variables climáticas grilladas con diferentes grados de resolución. Por otro lado, los datos epidemiológicos y de eventos sanitarios registrados en las diferentes bases de datos siguen una agregación administrativa (según establecimientos de salud, sectores, distritos, provincias, etc.). Esto trae como consecuencia que la información de las variables climáticas y sus pronósticos requieran ser agregadas (reducidas en escala) y procesadas para corregir potenciales sesgos con la finalidad de ser empleadas en modelos predictivos que incluyan variables epidemiológicas (Fletcher et al., 2021). Este procedimiento es complejo, especialmente en áreas con topografía diversa como las zonas altoandinas.

B. Diferencias metodológicas

Como se describió en el acápite anterior, el proceso necesario para compatibilizar la escala de los datos climáticos y los datos epidemiológicos implica el uso de métodos estadísticos a fin de reducir la introducción de sesgos en las estimaciones. Dichas técnicas asumen supuestos que se deben considerar, así como sus potenciales efectos en la estimación de los modelos predictivos que incluyen los datos epidemiológicos (Gohart et al., 2017). Por ello, usar información climática en modelos predictivos de impactos sanitarios, sin considerar estos sesgos inherentes y diferencias metodológicas, puede afectar de forma significativa la exactitud y confiabilidad en las decisiones tomadas a partir de las estimaciones de estos modelos (Fletcher et al., 2021).

C. Fuente de datos climáticos

Al igual que los datos epidemiológicos provienen de diferentes sistemas de reporte (vigilancia epidemiológica, registros de servicios de salud, entre otros), los datos climáticos pueden proceder de estaciones meteorológicas o sensores remotos (información satelital). Es de crucial importancia comparar ambos tipos de datos para determinar el análisis y aplicación más apropiados.

Precisamente, un estudio, cuyo objetivo fue modelar el impacto de variables climáticas en el riesgo de transmisión de dengue y malaria en la ciudad de Machala, Ecuador, señaló la necesidad de considerar la fuente de los datos. La investigación comparó cinco productos climáticos con fuentes de datos diferentes de información satelital de temperatura media y precipitación versus data de estaciones meteorológicas en

el territorio de estudio (Lowe et al., 2017). La comparación de los parámetros estimados por los modelos reveló diferencias de la estimación del efecto de la variación climática en el riesgo de la transmisión de las enfermedades, con resultados incluso contradictorios.

Por tales motivos, la identificación de estas limitaciones en la elección de los mejores datos para desarrollar modelos predictivos y, por consiguiente, sistemas de alerta temprana que permitan la implementación de medidas de prevención y control oportunas, se puede lograr con una cercana colaboración entre expertos del clima y de salud pública. El trabajo conjunto debe realizarse desde las fases tempranas del diseño hasta la propuesta de acciones de preparación y respuesta a partir de la formulación de escenarios de riesgo.

D. Fuente de datos salud

En adición, es necesario tomar en cuenta que los diferentes sistemas de reporte, a partir de los que se generan los datos epidemiológicos usables en los servicios climáticos, imponen consideraciones que influyen en su utilidad para la toma de decisiones en salud pública. Así, datos provenientes de la vigilancia centinela de agentes etiológicos difieren de datos provenientes de la vigilancia basada en definición de casos o de registros administrativos. Estas consideraciones contemplan atributos como la representatividad espacial y temporal de los datos y su capacidad para cuantificar riesgo (Anderson et al., 2019).

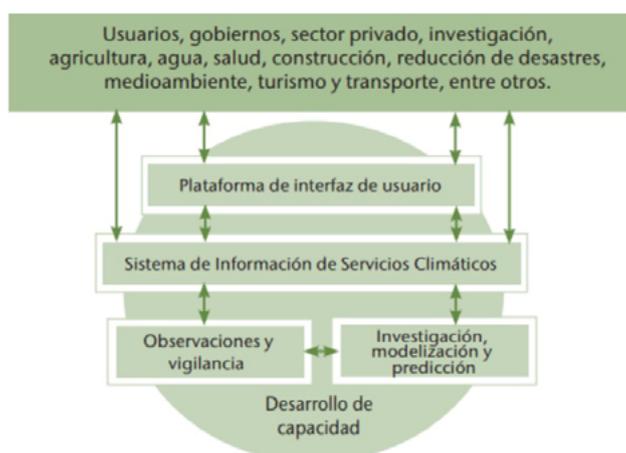
Por ende, establecer una estrecha colaboración entre ambos grupos de expertos asegura la comprensión bilateral de todas estas consideraciones, lo que facilita un mejor resultado.

2. Vitrina de gestión de conocimiento en clima y salud como primer paso para la implementación de servicios climáticos de salud en el Perú

Como se expuso anteriormente, el cambio del paradigma hacia la implementación de servicios climáticos verdaderamente útiles para la toma de decisiones en salud pública incluye la implementación de una efectiva y sostenible relación transformacional que genere capacidades en todos los actores de la cadena de valor de los servicios climáticos (Jacobs y Street, 2020). Para tal fin, las directrices detalladas en la creación de un marco nacional para los servicios climáticos describe, como uno de sus pilares, la implementación de un Sistema de Información de Servicios Climáticos (ver Figura 3) (OMM, 2018).

Más que una fuente de consulta o un simple repositorio de datos, este sistema de información se debe constituir en

Figura 3. Componentes funcionales (pilares) del Marco Mundial para los Servicios Climáticos



Nota. Adaptado de "Directrices detalladas para la creación de un marco nacional para los servicios climáticos" por Organización Meteorológica Mundial, 2018, OMM https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5175

una interfaz que permita la interacción descrita entre los actores que participan en todo el proceso, desde el codiseño del servicio hasta la toma de decisiones e implementación de las intervenciones en el terreno (como las acciones de adaptación y respuesta a los peligros de salud asociados a la variabilidad y cambio climático desarrollada por los equipos de salud local). Asimismo, puede servir a modo de vitrina a partir de la que se desarrollen estrategias de generación de capacidades en todos los actores.

En nuestro país, esta iniciativa fue planteada por la Oficina General de Tecnologías de Información (OGTI del MINSA) y desarrollada conjuntamente con la Subdirección de Predicción Climática (SPC) del SENAMHI y el Grupo de Trabajo del MINSA, en el marco del Proyecto de Apoyo a la Gestión del Cambio Climático (AGCC).

La propuesta consiste en desarrollar una “Vitrina del Conocimiento” en la temática de clima y salud. Esta representaría el primer paso para identificar fuentes de información y contactos para el desarrollo y mantenimiento de un servicio climático.

3. Lineamientos para la cocreación de servicios climáticos en salud

Con la finalidad de ofrecer una ruta para la implementación de servicios climáticos para el sector en salud, a continuación, se describe una propuesta de lineamientos que permitirán diseñar e implementar servicios climáticos para este sector en sus diferentes niveles de decisión. Debe precisarse que dichos lineamientos no constituyen pasos estrictos a seguir para su implementación, sino guías prácticas que deberán adecuarse a cada contexto y escenario.

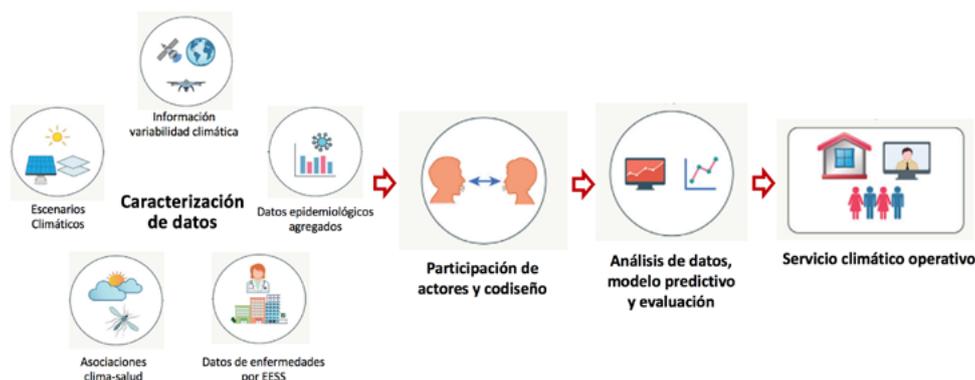
Es importante determinar que estos lineamientos igualmente se enfocan en cambiar la naturaleza de la interacción entre “usuarios” y “proveedores” para evitar que una inadecuada comunicación cause la producción de información irrelevante. Tal situación problemática convertiría al servicio de información climática en una herramienta que no asiste a la toma de decisiones (Daniels et al., 2020).

Todo el proceso incluye el desarrollo de cuatro fases: i) la fase de caracterización de variables tanto climáticas como de salud (incluido sus atributos y metadatos), ii) la fase de codiseño e interacción de actores, iii) la fase de análisis de datos y generación de modelos que integran ambos enfoques y iv) la fase de implementación del servicio climático para la toma de decisiones en salud pública (ver Figura 4).

3.1. Fase de caracterización de datos

Para superar barreras como las diferencias de escala en la agregación de los datos (Vincent et al., 2017) o la falta de comprensión de la utilidad de los mismos en un contexto de toma de decisiones (McNie, 2007), es necesario, como primer paso, describir adecuadamente los datos con los que se cuenta para el diseño de los servicios climáticos. Se debe precisar que el uso apropiado de estos requiere de la descripción y comparación de diferentes atributos anteriormente descritos, de forma que se puedan integrar en la fase de análisis sin afectar la validez de las estimaciones que sirven como insumos para la toma de decisiones.

Figura 4. Fases para la implementación de servicios climáticos en salud pública



Nota. Adaptado de “Climate services for health: From global observations to local interventions” por Fletcher et al., 2021, *Med* 4(2), <https://doi.org/10.1016/j.medj.2021.03.010>

Para examinar objetivamente la información disponible para el diseño de los servicios climáticos, son de gran utilidad las plataformas como la desarrollada por el MINSA (OGTI) y el SENAMHI. Esta interfaz no sólo permite alojar los datos, sino metadatos y literatura complementaria que posibilitan gestionar el desarrollo de capacidades de todos los actores involucrados para la elección y uso de los datos más apropiados en las siguientes fases de desarrollo. De esta manera, la plataforma no sólo constituye un repositorio de información climática y de salud, sino un medio a través del que se propicia el establecimiento de la relación transformacional que garantiza el éxito de las etapas siguientes.

3.2. Fase de codiseño

Es la fase más importante del desarrollo e implementación de los servicios climáticos, pues, como se comentó previamente, la puesta en marcha de un servicio climático en salud requiere entablar una relación constante y sostenida entre los diversos actores involucrados.

Esta coproducción motiva a que los participantes profundicen su comprensión del impacto de las variables climáticas en el problema de salud, materia de análisis. Este espacio es de diálogo y de interacción, y un mecanismo para fortalecer las capacidades del conocimiento y entendimiento entre ambos actores.

De igual modo, fomenta el común acuerdo sobre la necesidad y urgencia de implementar acciones de adaptación, preparación y respuesta para los peligros abordados. Finalmente, faculta una exploración conjunta de los supuestos y de las metodologías más apropiadas para el análisis fundamental de la información relevante en la toma de decisiones (Daniels et al., 2020).

3.2.1. Identificación de actores según tipo de servicio

No únicamente la influencia de las variables climáticas es diferente entre los problemas de salud, sino también sus determinantes no climáticos y, por lo tanto, los actores involucrados en el diseño del servicio correspondiente.

Debe entenderse que estos actores no solo han de tratarse de expertos en análisis de información climática y expertos en análisis epidemiológico o de salud pública, sino de actores que recogen datos sobre otros determinantes del problema de salud materia del análisis.

Un buen ejemplo de esta complejidad son las enfermedades transmitidas por vectores. Aquí no sólo se requiere de datos climáticos y de vigilancia de casos, sino de otras variables como la tipificación de serotipos y genotipos (para el caso de las arbovirosis), densidad vectorial y factores sociodemográficos considerados relevantes, como la densidad poblacional, provisión de servicios, etc. (Teng et al., 2017). Idealmente, se debería incluir a los actores involucrados en el diseño de las intervenciones de preparación y respuesta, lo que permitiría garantizar no sólo que el servicio climático sea robusto por la inclusión de la mayoría de sus determinantes (en la medida de lo posible), sino vincularlo directamente con la toma de decisiones y las acciones de intervención.

No menos importante es considerar representantes del nivel operativo. Esto se debe a que, con la perspectiva del equipo de salud del primer nivel de atención, se garantizaría satisfacer los atributos de aceptabilidad, flexibilidad y adherencia en el uso de los servicios climáticos.

3.2.2. Coexploración de peligros según el contexto

Este ejercicio implica el desarrollo de la exploración conjunta de las características contextuales (según sea un análisis regional o local) del problema de salud y los peligros climáticos relacionados a este (y como consecuencia las variables climáticas necesarias para el análisis). Sin embargo, su alcance incluye examinar diferentes tipos de conocimientos, habilidades y prácticas orientadas a alcanzar una comprensión común sobre la información climática y/o epidemiológica necesaria para una adecuada toma de decisiones, así como en qué medida es científicamente posible satisfacer esa necesidad (Taylor et al., 2017).

En adición, este trabajo interdisciplinario permite la integración de todas las perspectivas involucradas, principalmente las de los expertos en clima y los usuarios de salud pública, que profundiza tanto la comprensión de la asociación de las variables climáticas y los problemas de salud, como de la mejor forma de analizarlos.

La coexploración de los peligros climáticos, junto con la correspondiente evaluación de las variables de salud pública que se necesitan incluir, no sólo proyectará la forma de desarrollar el análisis, sino, también, planificará el método a utilizar para caracterizar el riesgo (por escenarios, identificación de umbrales, etc.). Como consecuencia, se obtendrá la forma cómo se implementarán las medidas de respuesta.

En este contexto, otro de los documentos técnicos desarrollados por el MINSa y el SENAMHI para asistir el desarrollo de servicios climáticos detalla algunos peligros climáticos y sus potenciales desenlaces en salud. Estos posibilitan cuantificar los daños relacionados a tales peligros (SENAMHI, 2021). A continuación, se presentan algunas de las características más relevantes de los principales peligros:

A. Altas temperaturas

En este grupo, se describe la morbilidad y mortalidad relacionadas a la exposición a elevadas temperaturas, situación que incrementa el riesgo de muerte por enfermedades cardiovasculares (exacerbación de insuficiencia cardíaca congestiva), enfermedades renales (lesiones renales agudas) y problemas de salud mental (Watts et al., 2018). Del mismo modo, se contempla el efecto de los periodos de calor extremo sobre la población vulnerable como los extremos de la vida. Por un lado, los niños pequeños tienen un mayor riesgo de desequilibrio electrolítico, fiebre, enfermedades respiratorias y enfermedades renales. Por otro lado, los adultos mayores son particularmente vulnerables, en especial, aquellos con afecciones médicas preexistentes (como diabetes y enfermedades cardiovasculares, respiratorias y renales).

Otra potencial consecuencia del incremento promedio de la temperatura es la reducción de la productividad laboral y sometimiento de trabajadores que desempeñan sus labores al aire libre a una mayor exposición al calor y la radiación solar.

En resumen, entre los principales daños a la salud asociados a las altas temperaturas se considera al golpe de calor y al exceso de mortalidad por enfermedades cardiovasculares, renales y respiratorias.

B. Bajas temperaturas

En nuestro país, la temporada de bajas temperaturas (mayo a setiembre) condicionan una mayor frecuencia e intensidad de las temperaturas extremas relacionadas a los friajes en la selva y heladas en las zonas altoandinas. Se ha descrito que las bajas temperaturas se asocian con una mayor incidencia de enfermedades respiratorias, exceso de mortalidad y morbilidad por enfermedades cardiovasculares y muertes por paro cardíaco (Carmona et al., 2016). Además, el exceso de mortalidad presentado durante las bajas temperaturas se debe principalmente a enfermedades respiratorias aparte de las circulatorias.

De igual manera, las poblaciones más vulnerables a los efectos de estas temperaturas son la población infantil, la población adulta mayor y las personas sin hogar. Asimismo, las personas que habitan en viviendas poco acondicionadas para enfrentar las bajas temperaturas y los trabajadores que desarrollan sus labores al aire libre están expuestos en mayor medida, por lo que la inclusión de información de este tipo de características resulta relevante para analizar el impacto de las variables climáticas sobre la salud de las poblaciones. Finalmente, el efecto de las bajas temperaturas en la salud es menos intenso y a más largo plazo que el efecto de las altas (entre una y dos semanas tras el extremo térmico), por lo cual es más complicado establecer la relación causa-efecto.

C. Aumento de precipitaciones

El aumento de las precipitaciones tiene efectos directos e indirectos sobre la salud. Los primeros, relacionados a eventos extremos como inundaciones o deslizamientos, pueden afectar la integridad de los individuos afectados, mientras que los segundos, a través de la interrupción de los medios de vida. Por ende, el aumento de las precipitaciones genera que los sistemas de suministro y la infraestructura de distribución de agua puedan ser perjudicadas con el consecuente impacto en la calidad y seguridad del agua de consumo.

El incremento de las precipitaciones e inundaciones también tiene efectos en salud mediados por la presencia de vectores transmisores de enfermedades que, según el evento y el área geográfica, puede favorecer su reproducción. Por otra parte, se consideran los daños psicológicos derivados de la perturbación a las condiciones de vida y otros eventos traumáticos como pérdida de vivienda, de infraestructuras de atención sanitaria y de transporte, de albergue, entre otros.

3.2.3. Identificación de alternativas de intervención

Una vez identificadas las variables a incluir en el análisis y la metodología más apropiada para generar estimaciones de riesgo útiles (escenarios de riesgo, umbrales, etc.), idealmente se debería incluir, en el diseño del servicio climático, las intervenciones vinculadas a cada escenario o umbral. De este modo, la implementación del servicio se traduce en una herramienta que permite implementar acciones (*actionable tool*), ya sean estas de adaptación, preparación o respuesta.

Si bien es comprensible pensar que esta actividad es competencia exclusiva del sector salud, se debe tomar en cuenta que uno de los objetivos de la implementación de los servicios climáticos es apoyar en la ejecución de medidas de adaptación a los efectos de la variabilidad y el cambio climático. Estas acciones podrían no sólo incluir acciones de respuesta, sino también medidas para reducir la vulnerabilidad e incrementar la resiliencia de los servicios de salud ante los peligros de la variabilidad y cambio climático.

La formulación de las alternativas podría aplicar herramientas multicriterio a través de talleres, en los que el peso de la evidencia que sustenta su efectividad, los saberes de los actores involucrados y la aceptabilidad de los mismos podrían utilizarse como criterios ponderados en la elección de las mejores alternativas de intervención (Brown et al., 2014).

Por último, una vez establecidos las variables a incluir, los modelos de análisis, el método para la definición del riesgo (estratificación, umbrales, etc.), las actividades que corresponden a cada magnitud de riesgo y su aceptabilidad por los niveles ejecutores solo restaría establecer las directrices de monitoreo y evaluación a través del diseño de indicadores de proceso y resultado.

3.3. Análisis de datos y estimación de modelos predictivos

Esta fase comprende los procedimientos destinados a probar y validar los modelos, y a asegurar su adecuada calibración en caso de que el servicio climático incluya la implementación de modelos predictivos que permitan ya sea pronosticar la ocurrencia de eventos de un problema de salud con un determinado horizonte temporal, o la probabilidad de la ocurrencia de brotes o incrementos de estas circunstancias. Con el crecimiento exponencial del poder computacional y la explosiva generación de metodologías innovadoras para el análisis de cantidades cada vez mayores de datos (*Big data*), el uso de sistemas de información que integran datos climáticos y vigilancia epidemiológica, basados en modelos predictivos (desde modelos matemáticos y estadísticos hasta el uso de técnicas de *machine learning*), es cada vez más frecuente.

Dos ejemplos del inmenso potencial de este tipo de modelos se sintetizan a continuación: el primero, denominado Pronóstico Epidémico que Incorpora el Análisis de Enfermedad y Monitoreo Climático (Epidemic Prognosis Incorporating Disease and Environmental Monitoring for Integrated Assessment, EPIDEMIA por sus siglas en inglés), integra datos de vigilancia de malaria y datos ambientales satelitales en Etiopía para generar pronósticos semanales de número de casos. El segundo, el Sistema de Información de Mosquitos de Dakota del Sur, integra datos de vigilancia entomológica e información meteorológica grillada para generar mapas de riesgo semanales de infección por el virus del Nilo occidental en la zona centro-norte de los Estados Unidos (Wimberly et al., 2017). Ambos ejemplos, nos permite, adicionalmente, tener en consideración no sólo sus bondades, sino la necesidad de realizar una continua evaluación y afinamiento de su capacidad predictiva. De igual manera, estos sistemas deben ir siempre acompañados del desarrollo de capacidades y la permanente red de colaboración interinstitucional a través de las interfaces previamente descritas.

Actualmente, el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades (CDC) del MINSA y el SENAMHI realizan una investigación conjunta para la identificación de los factores predictivos de brotes/epidemias de dengue a nivel nacional con el objetivo de implementar un servicio climático operativo que ayude a mejorar el proceso de toma de decisiones..

3.3.1. Evaluación de modelos para servicios climáticos

Si bien la utilidad de los modelos climáticos predictivos, como herramienta para la generación de pronósticos y sistemas de alerta temprana, es actualmente indiscutible (Bauer et al., 2015) , también es importante tener en cuenta la forma más adecuada de emplearlos. Como se mencionó previamente, resulta crítica la comprensión conjunta (por todos los involucrados en el diseño del servicio climático) de cuándo, dónde y para qué tipo de decisiones los modelos son verdaderamente útiles. Incluso, en muchas ocasiones, los modelos climáticos o meteorológicos proveen información muy limitada y, si se usan de manera inadecuada, pueden llevar a tomar decisiones extremadamente equivocadas (Nissan et al., 2019).

En ese sentido, se vuelve imprescindible realizar una evaluación e interpretación adecuada de estos modelos como parte del proceso iterativo de cocreación descrito anteriormente. Además, esta correcta evaluación incluye identificar la escala espacio-temporal más apropiada para la decisión a tomar en específico, así como ponderar el impacto de la magnitud de la incertidumbre y errores del modelo en la capacidad predictiva del mismo (Bauer et al., 2015).

Un ejemplo que permite presentar una forma de evaluación enfocada en la utilidad de modelos predictivos es el presentado por (Nissan et al., 2020). Para tal finalidad, los autores exponen el caso de modelos que buscan pronosticar olas de calor en Bangladesh. En dicho contexto, para el caso de un servicio climático que asista adecuadamente la toma de decisiones y la planificación en salud pública, los pronósticos climáticos deben tener las siguientes escalas temporales:

1. Cambios promedio en la frecuencia e intensidad de las olas de calor, lo que permitiría guiar políticas de adaptación a mediano y largo plazo
2. Cambios en la temporalidad estacional de las olas de calor con el fin de diseñar e implementar planes de contingencia y/o umbrales de alerta anuales
3. Cambios en la variabilidad inter-anual de las olas de calor con el fin de proyectar planificación estratégica en salud (relacionado con adaptación a largo plazo al cambio climático).

Tras el análisis cuantitativo de diversos modelos, los autores identificaron que, para el primer tipo de escala, la mayoría de estos capturaban la falta de tendencia de la temperatura y frecuencia de las olas de calor. Por ende, los datos pronosticados por los modelos sí pueden ser informativos y útiles para la toma de decisiones.

Para el caso del pronóstico estacional, los modelos no permitieron una adecuada generación de pronósticos sin incluir el análisis de otras características climáticas como la precipitación. Así, resulta necesario que el análisis sea diferente y, por consiguiente, las decisiones y acciones derivados de esta información también lo sean.

Finalmente, los modelos que utilizaron datos con escalas de evaluación interanual también ayudaron a caracterizar los cambios interanuales del comportamiento de las olas de calor. En consecuencia, sería útiles para sustentar iniciativas de planificación a largo plazo.

3.4. Servicio climático operativo y sostenibilidad

La implementación de servicios climáticos con estas características no sólo facilitaría la integración transdisciplinaria desde el diseño, sino que vuelve al proceso de colaboración en sí, basado en la interfaz con el usuario, el eje principal del servicio climático. También, permite ampliar sus objetivos, más allá del uso de la información climática junto a la epidemiológica o de desenlaces en salud. Efectivamente, persigue mayores beneficios (como la generación de capacidades y el establecimiento de relaciones transformacionales).

Estos cambios en el paradigma de entrega de los servicios climáticos constituyen el fundamento de la toma de decisiones y la formulación de políticas informadas en evidencia que pretenden responder adecuadamente a un fenómeno intrínsecamente complejo (Goosen et al., 2014).

El trabajo coordinado que está desarrollando SENAMHI y el Ministerio de Salud del Perú avizora una gran oportunidad para continuar este tipo de labor colaborativa que nos ayudaría a consolidar los sustanciales avances obtenidos y, además, a avanzar constante y sostenidamente en la generación de servicios climáticos que se traduzcan en verdaderas herramientas para mejorar los resultados de salud pública de nuestro país, más aún cuando el Perú es uno de los lugares más vulnerables a la variabilidad y cambio climático.

4. Conclusiones

A pesar de que el foco de la atención global, desde inicios de 2020, se concentró en los esfuerzos para contener la pandemia por el SARS-Cov2, expertos de todo el mundo coinciden que la mayor amenaza a la salud pública de este siglo sigue siendo el cambio climático. Asimismo, existe evidencia de que las interrupciones de los ecosistemas de algunos animales (que son reservorios de virus con potencial pandémico) son el producto (entre otros factores) de las alteraciones climáticas. Finalmente, en la medida que se llegue a los niveles necesarios de inmunización, las oleadas epidémicas irán disminuyendo a lo largo del tiempo y lo que persistirá como una amenaza latente seguirá siendo la crisis climática.

Ciertamente, los servicios climáticos constituyen herramientas, en el presente escenario pandémico y futuro post-pandémico, cruciales para implementar las acciones de adaptación, preparación y respuesta a muchos problemas sanitarios.

Este documento técnico expone una importante revisión de la literatura sobre aspectos generales de los servicios climáticos y aspectos específicos sobre la implementación de dichos servicios para la salud pública. Adicionalmente, ofrece al lector lineamientos prácticos que sirvan como hoja de ruta para el desarrollo de estos, que buscan obtener el máximo provecho en la toma de decisiones en salud, aplicable a todos los niveles, desde el decisor hasta el operativo.

5. Recomendaciones

Se recomienda, tanto a las autoridades de salud de los niveles nacional, regional y local, como al ente rector de los Servicios de Meteorología e Hidrología del país, mantener una sostenible colaboración en el desarrollo e implementación de los servicios climáticos para el sector salud. Se debe entender que el cambio de paradigma de entrega de servicios climáticos, de una perspectiva “proveedor - usuario” a una de construcción conjunta y generación de capacidades para el codiseño de los mismos, es el único camino para convertir a los servicios climáticos en herramientas que asistan a la toma de decisiones en salud pública, así como en guías para las intervenciones de adaptación del sector salud.

Referencias

- Anderson, G., Barnes, E., Bell, M. y Dominici, F. (2019). The Future of Climate Epidemiology: Opportunities for Advancing Health Research in the Context of Climate Change. *American Journal of Epidemiology*, 188(5),866-872. <https://doi.org/10.1093/aje/kwz034>
- Bauer, P., Thorpe, A. y Brunet, G. (2015). The quiet revolution of numerical weather prediction. *Nature*, 525, 47-55. <https://doi.org/10.1038/nature14956>
- Brown, H., Spickett, J. y Katscherian, D. (2014). A Health Impact Assessment Framework for Assessing Vulnerability and Adaptation Planning for Climate Change. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(12):12896-128914. <https://doi.org/10.3390/ijerph111212896>
- Carmona, R., Diaz, J., León, I., Luna, Y., Mirón, I.J., Ortiz, C. y Linares, C. (2016). *Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al frío en España en el periodo 2000-2009*. Comparación con la mortalidad atribuible al calor. Escuela Nacional de Sanidad. <http://gesdoc.isciii.es/gesdoccontroller?action=download&id=10/03/2016-db8fa07be3>
- Daniels, E., Bharwani, S., Gerger, Å., Vulturius, G. y Brandon, K. (2020). Refocusing the climate services lens: Introducing a framework for co-designing “transdisciplinary knowledge integration processes” to build climate resilience. *Climate Services*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2020.100181>
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. (2020). *World Disasters Report 2020*. IFRC. <https://media.ifrc.org/ifrc/world-disaster-report-2020>
- Fletcher, I., Stewart, A., García, M. y Shumake, J. (2021). Climate services for health: From global observations to local interventions. *Med*, 2(4). <https://doi.org/10.1016/j.medj.2021.03.010>
- Gohar, L.K., Lowe, J.A., and Bernie, D. (2017). The Impact of Bias Correction and Model Selection on Passing Temperature Thresholds. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 122, 12–045. <https://doi.org/10.1002/2017JD026797>
- Goosen, H., de Groot-Reichwein, M.A.M., Masselink, L., Koekoek, A., Swart, R., Bessembinder, J., Witte, J.M.P., Stuyt, L., Blom-Zandstra, G. y Immerzeel, W. (2014). Climate Adaptation Services for the Netherlands: an operational approach to support spatial adaptation planning. *Regional Environmental Change*, 14, 1035-1048. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0513-8>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- Harvey, B., Cochrane, L. y Van Epp, M. (2019). Charting knowledge co-production pathways in climate and development. *Environmental Policy and Governance*, 29(2), 107–117. <https://doi.org/10.1002/eet.1834>
- Hess, J., Eidson, M., Tlumak, J., Raab, K. y Luber, G. (2014). An Evidence-Based Public Health Approach to Climate Change Adaptation. *Environmental Health Perspectives*, 122 (11),77-86. <https://doi.org/10.1289/ehp.1307396>
- Jacobs, K. y Street, R. (2020) The next generation of climate services. *Climate Services*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2020.100199>
- Jancloes, M., Thomson, M., Costa, M., Hewitt, C., Corvalan, C., Dinku, T., Lowe, R. y Hayden, M. (2014). Climate Services to Improve Public Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(5),4555–4559. <https://doi.org/10.3390/ijerph110504555>
- Lorentzen, H.F., Benfield T., Stisen, S. y Rahbek, C. (2020). COVID-19 is possibly a consequence of the anthropogenic biodiversity crisis and climate changes. *Danish Medical Journal*, 67(5).

- Lowe, R., Stewart-Ibarra, E., Petrova, D., García-Diez, M., Borbor-Cordova, M., Mejía, R., Regato, M. y Rodó, X. (2017). Climate services for health: predicting the evolution of the 2016 dengue season in Machala, Ecuador. *The Lancet Planet Health*, 1(4),142-151. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30064-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30064-5)
- MARCO. (2019). About MARCO. <https://marco-h2020.eu/about-marco/>
- McNie, E.C. (2007). Reconciling the supply of scientific information with user demands: an analysis of the problem and review of the literature. *Environmental Science & Policy*, 10 (1), 17–38. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2006.10.004>
- Nissan, H., Goddard, L., Coughlan, E., Furlow, J., Baethgen, W., Thomson, M. y Mason, S. (2019). On the use and misuse of climate change projections in international development. *Wiley Interdisciplinary Reviews Climate Change*, 10(3). <https://doi.org/10.1002/wcc.579>
- Nissan, H., Muñoz, A. y Mason, S. (2020). Targeted model evaluations for climate services: A case study on heat waves in Bangladesh. *Climate Risk Management*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100213>
- Organización Meteorológica Mundial. (2013). What do we mean by climate services?. WMO <https://public.wmo.int/en/bulletin/what-do-we-mean-climate-services>.
- Organización Meteorológica Mundial. (2018). *Directrices detalladas para la creación de un marco nacional para los servicios climáticos*. OMM. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5175
- Organización Meteorológica Mundial. (5 de agosto de 2021). *About Global Framework for Climate Services*. Global Framework for Climate Services. <https://gfcs.wmo.int/about-gfcs>
- Organización Meteorológica Mundial y Organización Mundial de la Salud. (2016). Climate Services for Health: Improving public health decision-making in a new climate. <https://public.wmo.int/en/resources/library/climate-services-health-case-studies>
- Porter, J. y Dessai, S. (2017). Mini-me: why do climate scientists misunderstand users and their needs? *Environmental Science & Policy*, 77, 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.004>
- SENAMHI. (2021). Identificación de parámetros para el análisis de vulnerabilidad en el sector salud por peligros climáticos. Napa, N., V., Espinoza, I., Benites, S., Berrospi, K., Obregón y C., Barreto. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Ed.). <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1351>
- Taylor, A., Scott, D., Steynor, A. and McClure, A. (2017). Transdisciplinarity, co-production, and co-exploration: integrating knowledge across science, policy, and practice in FRACTAL. *FRACTAL Working Papers*. http://www.fractal.org.za/wpcontent/uploads/2017/03/Co-co-trans_March-2017.pdf
- Teng, Y., Bi, D., Xie, G., Jin, Y., Huang, Y., Lin, B. y An, X. (2017). Model-informed risk assessment for Zika virus outbreaks in the Asia-Pacific regions. *Journal of Infection*, 74(5), 484-491. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2017.01.015>
- Vincent, K., Dougill, A.J., Dixon, J.L., Stringer, L.C. y Cull, T. (2017). Identifying climate services needs for national planning: insights from Malawi. *Climate Policy*, 17(2), 189–202. <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1075374>
- Watts, N., Adger, N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W., Chaytor, S., Colbourn, T., Collins, M., Cooper, A., Cox, P.M., Depledge, J., Drummond, P., Ekins, P., Galaz, V., Grace, D., Graham, H., Grubb, M., Haines, A.,... Costello, A. (2015). Health and climate change: policy responses to protect public health. *The Lancet*, 386 (10006). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60854-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60854-6)

- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Berry, H., Bouley, T., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Daly, M., Dasandi, N., Davies, M., Depoux, A., Dominguez-Salas, P., Drummond, P., L Ebi, K., ... Costello, A. (2018). The 2018 report of The Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *The Lancet*, 392 (10163). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32594-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32594-7)
- White, D.D., Wutich, A., Larson, K.L., Gober, P., Lant, T. y Senneville, C. (2010). Credibility, salience, and legitimacy of boundary objects: Water managers' assessment of a simulation model in an immersive decision theater. *Science and Public Policy*, 37(3), 219–232. <https://doi.org/10.3152/030234210X497726>
- Wimberly, M.C., Davis, J.K., Henebry, G.M., Hildreth, M.B., Liu, Y. y Merkord, C.L. (2017). Integrated surveillance and modelling systems for climate-sensitive diseases: two case studies. *The Lancet*, 389(S24). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31136-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31136-4)



Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
Jr. Cahuide 785, Jesús María, Lima-Perú.
T. (511) 614 1414

www.gob.pe/senamhi

ISBN: 978-612-48315-8-4



9 786124 831584