

Predicción estacional: evolución y nuevas perspectivas (II)

E. RODRÍGUEZ CAMINO, METEORÓLOGO DEL ESTADO Y E. RODRÍGUEZ GUIADO, AEMET

1 Introducción

En la primera parte de esta contribución se ha llegado hasta el establecimiento a fines de la década de 1990 por parte de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) de los Foros Regionales de Perspectivas Climáticas (RCOF, de sus siglas en inglés) para apoyar la implantación operativa de las predicciones climáticas, principalmente a escala estacional. Tras 20 años de desarrollo de los RCOF, la OMM realizó en 2017 una revisión integral del funcionamiento de los mismos para examinar todos los aspectos relacionados con la generación, interpretación y difusión de las predicciones estacionales regionales, a la luz de los recientes avances científicos en este campo y de la mayor disponibilidad y accesibilidad de información climática, con el fin último de acordar la senda de evolución de unos RCOF mejorados y sostenibles. En esta revisión se recomendó la incorporación de predicciones estacionales objetivas que sirvan de apoyo a los RCOF con una colección de productos ampliada, basada en prácticas operativas estandarizadas. Además, se hicieron las siguientes recomendaciones adicionales específicas sobre la senda a seguir para mejorar las operaciones RCOF: i) promover un mayor acceso y utilización de los datos del *ensemble* multi-modelo del centro líder de la OMM para predicciones extendidas de la OMM (LC-LRFMME, de sus siglas en inglés; <https://www.wmolc.org>) que facilitan la producción de pronósticos objetivos por parte de los centros climáticos regionales (RCC, de sus siglas en inglés) de la OMM; ii) los RCC continuarán guiando/coordinando el proceso RCOF; iii) crear mecanismos de retroalimentación en las sesiones del RCOF para proponer mejoras en su funcionamiento; iv) ampliar la cartera de productos RCOF; v) promover vínculos más estrechos de los RCC y RCOF con la comunidad de investigación; etc. (WMO 2017).

Con la formalización de los centros mundiales de producción (GPC, de sus siglas en inglés) de la OMM para pronósticos extendidos en 2006 y el LC-LRFMME en 2009, la infraestructura para los pro-

nósticos estacionales operativos alcanzó un estado de madurez suficiente. En la actualidad, los 14 GPC designados por la OMM proporcionan pronósticos estacionales mensualmente. Los datos de estos pronósticos son recopilados por el LC-LRFMME (a su vez, centro designado por la OMM), que produce un pronóstico estacional consolidado basado en un método multi-modelo. La combinación de los GPC y el LC-LRFMME constituye una base sólida y con autoridad para la provisión de pronósticos estacionales a escala global y es también un elemento para la preparación de pronósticos estacionales específicos para regiones, países y localidades individuales.

Sin embargo, el simple hecho de disponer de diferentes predicciones estacionales procedentes de una variedad de sistemas operativos de predicción procedentes de los GPC y su recopilación y combinación a través del portal del LC-LRFMME no es suficiente. Por esta razón, la OMM ha recomendado seguir un enfoque estratégico estandarizado utilizando la información global proporcionada por estas entidades para desarrollar pronósticos estacionales adaptados a necesidades específicas de regiones o países (WMO 2020). Este enfoque estratégico estandarizado se resume en un conjunto de principios, recomendaciones y orientación técnica general, todo diseñado para facilitar el desarrollo de pronósticos estacionales a nivel regional y nacional basados en los pronósticos estacionales producidos a escala global.

2 Limitaciones del actual procedimiento de predicción por consenso

El procedimiento actual seguido en las sesiones de MedCOF (RCOF para la región mediterránea) para la producción de pronósticos estacionales por consenso tiene varios inconvenientes que han sido ampliamente identificados. En primer lugar, el proceso de pronóstico no es rastreable ni reproducible (los pronósticos realizados en temporadas anteriores no pueden ser

replicados por un grupo de predicción diferente). Además, las predicciones por consenso no están disponibles en forma digitalizada y, por tanto, difícilmente pueden utilizarse para el desarrollo de servicios climáticos basados en dichas predicciones estacionales. Esta limitación representa un serio obstáculo para su uso. Algunos servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales (SMHN) y otras instituciones de investigación de la región desarrollan y operan sistemas operativos de predicción estacional que les permiten desarrollar y producir servicios climáticos basados en dichos sistemas, mientras que para muchos otros que no disponen de tales sistemas, el desarrollo de servicios se enfrenta con serias dificultades. La producción de datos de predicción estacional en lugar de los productos gráficos resultantes del enfoque por consenso sin duda estimulará la explotación de los pronósticos estacionales con nuevos servicios posteriores.

Desde un punto de vista operativo, el enfoque de consenso para generar pronósticos estacionales hace inviable asegurar la verificación de los pronósticos de acuerdo con los estándares establecidos (WMO 2018). El seguimiento de la calidad del pronóstico podría usarse para monitorear las mejoras en la calidad a lo largo del tiempo y/o verificar la mejora (o el deterioro) de los pronósticos estacionales sintetizados producidos por MedCOF con respecto a los resultados de diferentes sistemas de predicción estacional disponibles. El cálculo y seguimiento de los índices de verificación garantiza y cuantifica el valor añadido de las predicciones MedCOF sobre otros sistemas disponibles. La verificación de las predicciones aumentará igualmente el uso y la credibilidad de los pronósticos estacionales MedCOF.

Los recursos disponibles de una amplia variedad de fuentes (p. ej., GPC, WMO LC-LRFMME, Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S, de sus siglas en inglés)) actualmente no se explotan completamente para extraer de manera óptima su potencial de predicibilidad a escalas temporales estacionales. Los sistemas de predicción estacional poseen una pericia

diferente según las regiones, las estaciones y las variables. Se necesita un análisis profundo de la evaluación regional -al menos para las fuentes de información más creíbles- para hacer una selección inicial de modelos previa a su combinación en un sistema multimodelo.

Existe una clara necesidad de un protocolo MedCOF para la cuantificación de la evaluación regional de los diferentes sistemas de predicción disponibles en términos de forzadores (*drivers*), patrones de variabilidad/regímenes meteorológicos y teleconexiones. La simulación correcta de características a gran escala debe considerarse una prioridad al analizar la calidad de los sistemas individuales de predicción estacional. Idealmente, la evaluación de estos sistemas debería llevarse a cabo y resumirse mediante métricas bien definidas que permitan una selección automática de modelos para cada estación en la región mediterránea.

3 Nuevo enfoque objetivo

Como se ha visto en la parte I, un sistema dinámico operativo típico de predicción estacional se basa en un conjunto (*ensemble*) de simulaciones realizadas con un único modelo que se inicializan a partir de unas condiciones iniciales que muestrean las condiciones observadas y que permiten realizar una predicción probabilística. No obstante, cada modelo -como se comentó también en la parte I- evoluciona hacia su propia climatología -distinta de la observada- introduciendo un cierto error sistemático o sesgo al generar dichas simulaciones, por lo que cada predicción basada en un ensemble debe siempre acompañarse de un conjunto de retro-predicciones (*hindcast*) también de alcance estacional (que suelen abarcar al menos 20 años con los medios de cálculo actualmente disponibles). Dichas retro-predicciones, basadas también en ensembles, permiten definir -al menos aproximadamente- la climatología del modelo, y sirven como referencia para interpretar las predicciones. La figura 1 muestra la predicción por conjuntos (de *n* miembros para el *ensemble*) realiza-

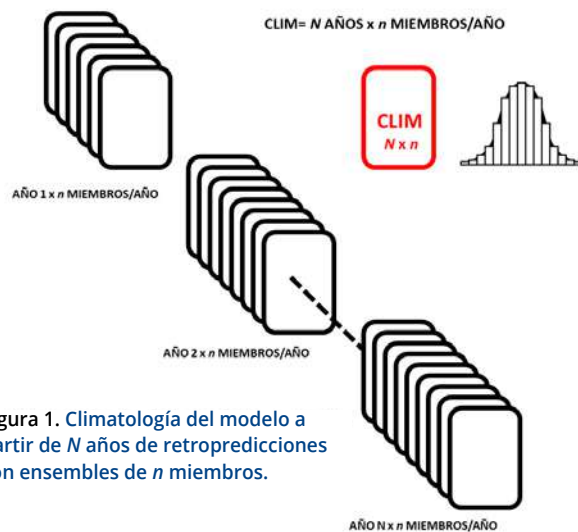


Figura 1. Climatología del modelo a partir de *N* años de retropredicciones con ensembles de *n* miembros.

da para cada mes del período abarcado (*N* años) por el *hindcast*. De esta forma se tiene una climatología del modelo para cada mes de *N x n* años.

En definitiva, una predicción estacional operativa consta: 1) de un *ensemble* de predicciones que permiten realizar una predicción probabilística y 2) de la climatología del modelo determinada a partir de un *hindcast*.

La OMM recomienda un procedimiento para el desarrollo de predicciones estacionales a nivel regional y nacional que se basa en los pasos mostrados en la figura 2. Se parte de las diferentes predicciones generadas por los GPC. El primer paso en el proceso consiste en elegir los modelos GPC que estarán disponibles y seleccionar los modelos que se utilizarán de forma consistente en la región. Luego, los pronósticos de cada modelo deben corregirse debido a las diferencias entre la climatología real y la climatología simulada por un modelo. Existen dos principa-

les categorías de correcciones para los errores sistemáticos de los modelos: i) corrección de sesgos, por la que se ajustan las propiedades del clima simulado para que encajen con las del clima observado sin hacer referencia a la calidad o pericia de la predicción, es decir, sin comparar directamente observaciones con retro-predicciones; y ii) calibración, por la que se modifican los valores previstos para optimizar la pericia de la retro-predicción comparando éstas con las observaciones. Finalmente los diferentes sistemas y miembros se combinan utilizando un método multi-modelo. Además, pue-

de finalmente hacerse una reducción de escala (*downscaling*) o regionalización para incrementar la resolución horizontal de las predicciones. El proceso de desarrollo de las predicciones encapsula el concepto básico de flujo de información desde el nivel global al regional y al nacional.

Como se observa en la figura 2 se parte de una colección de predicciones basadas en ecuaciones dinámicas procedentes de diferentes sistemas operativos de predicción estacional (aunque también pueden utilizarse sistemas de predicción empíricos). La OMM recomienda partir de los sistemas de predicción procedentes de los 14 GPC. El C3S, por su parte, compila en su portal (<https://climate.copernicus.eu/seasonal-forecasts>) una colección de integraciones procedentes de 8 modelos globales que constituyen un subconjunto de los modelos de la OMM. Existen también otros portales que recopilan colecciones de diferentes sistemas de predicción para generar predicciones basadas

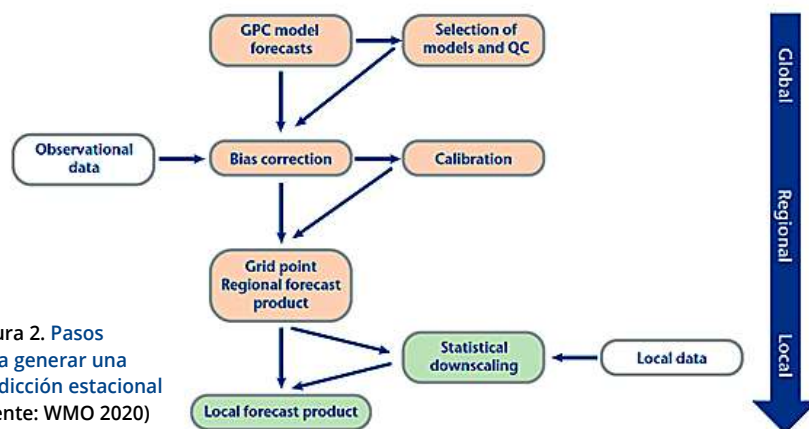


Figura 2. Pasos para generar una predicción estacional (fuente: WMO 2020)

Predicción estacional: evolución y nuevas perspectivas (II)

en ensembles multi-modelo (véase en (WMO 2020) las diferentes fuentes de información disponibles).

Tanto las predicciones estacionales procedentes de sistemas individuales (que a su vez se basan en ensembles) como las procedentes de un multi-modelo para la latitudes medias -y para la península ibérica en particular- muestran una gran discrepancia entre sí y además poseen una pericia muy marginal, y frecuentemente restringida a ciertas ventanas de oportunidad, comparada con la predicción basada en la climatología, por lo que la selección de los modelos y de los miembros que integren el ensemble será crítico para mejorar la pericia de las predicciones estacionales. Por ventanas de oportunidad entendemos las estaciones, las regiones o los estados particulares del sistema climático que poseen una predecibilidad y pericia altas.

4 Puesta en operación de la predicción estacional objetiva

La práctica actual en los RCOF para realizar predicciones estacionales por consenso, como se muestra en la figura 3, pone especial énfasis en el análisis de las fuentes de predecibilidad (incluyendo las condiciones oceánicas actuales y su posible evolución, los impulsores del clima a escala estacional, las teleconexiones, etc.), de la circulación atmosférica actual y su evolución simulada por los distintos sistemas de predicción buscando siempre la consistencia entre la evolución simulada por los modelos y la canónica (basada en la climatología) asociada a los distintos impulsores a escala estacional. A continuación se propone, basado en el anterior análisis, la probable evolución atmosférica expresada en forma de patrones de variabilidad y/o

regímenes meteorológicos con la correspondiente predicción de temperatura y precipitación basada en la climatología.

El nuevo procedimiento objetivo, tal y como se está implementando en MedCOF, pone especial énfasis en la selección de los sistemas que posteriormente se van a combinar para generar la predicción regional. Para tal selección se prestará especial atención a la capacidad de los diferentes sistemas para simular los impulsores, patrones de variabilidad y teleconexiones que son relevantes en las diferentes estaciones para la región de interés. El nuevo procedimiento también incluye la corrección de los sistemas seleccionados, su regionalización y finalmente su combinación y presentación en forma de una rejilla que proporcione datos para posteriores aplicaciones y para realizar una verificación objetiva estandarizada.

Actualmente no hay un acuerdo generalizado sobre la mejor forma de postprocesar las predicciones estacionales procedentes de diferentes sistemas de predicción estacional. Generalmente, una combinación multi-modelo proporciona más pericia que el mejor de los sistemas de predicción individuales. Además la compensación de errores hace que esta combinación multi-modelo mejore la consistencia y la fiabilidad (véanse en (WMO 2018) los atributos de la bondad de las predicciones). Por otra parte, la predicción multi-modelo tiende a tener una pericia comparable a la que se tiene con un sistema basado en un modelo tras su calibración. Los sistemas de predicción multi-modelo tienden a beneficiarse menos de la calibración que los sistemas basados en modelos individuales. Los efectos de la combinación multi-modelo y de la calibración varían grandemente entre zonas geográficas, variables y modelos considerados (Doblas-Reyes et al. 2005).

Para poner en operación un sistema de predicción estacional basado en la combinación de información de diferentes sistemas utilizando procedimientos objetivos y susceptibles de ser automatizados es necesario determinar los objetivos y fines de dicha predicción (Hemri et al. 2020). Una opción para combinar las diferentes fuentes de información (opción 1 en la figura 4) es generar mapas probabilísticos (p.ej., basados en terciles) de temperatura y precipitación. En este caso se puede partir de las probabilidades proporcionadas por cada sistema individual y promediarlas a continuación (con o sin ponderación). Esta opción no genera miembros individuales que puedan a su vez ser utilizados para servicios climáticos posteriores en la cadena de producción. Si lo que se pretende es poner el foco en las aplicaciones de la predicción estacional, en este caso habría que seguir otro procedimiento (opción 2 en la figura 4) en el que se partiría de los miembros de cada sistema individual convenientemente corregidos para generar un gran ensemble que integre todos los miembros de los sistemas individuales. Los miembros de este gran ensemble proporcionarían los datos necesarios para alimentar las aplicaciones posteriores (p.ej., hidrológicas, agrícolas, energéticas, etc.)

Tampoco hay suficiente acuerdo sobre la ponderación de los sistemas multimodelo y de los miembros individuales de un sistema basado en un único modelo. Las limitaciones impuestas por un muestreo insuficiente derivado de periodos de retro-proyecciones que raramente superan los 30 años hace que los intentos de métodos más complejos de ponderación de multi-modelos y de miembros de sistemas basados en un único modelo hayan sido hasta ahora muy limitados.

La falta de consenso científico para postprocesar de forma operativa las predicciones estacionales hace que se plantee un abanico de posibles estrategias. En un contexto regional, MedCOF está desarrollando una estrategia para la región mediterránea que se basa en los siguientes puntos para avanzar en la predicción estacional operativa:

- Dos líneas sucesivas de desarrollo para la combinación de los distintos sistemas provenientes de los diferentes GPC. Inicialmente se comenzaría proporcionando solamente datos por ca-

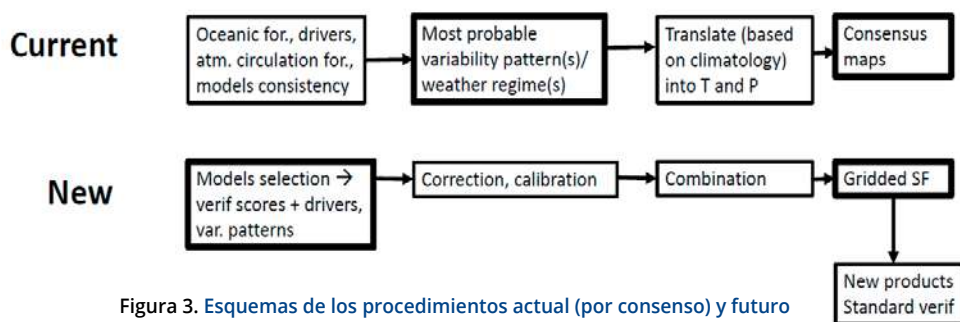


Figura 3. Esquemas de los procedimientos actual (por consenso) y futuro (objetivo) para la predicción estacional regional operativa (fuente: MedCOF)

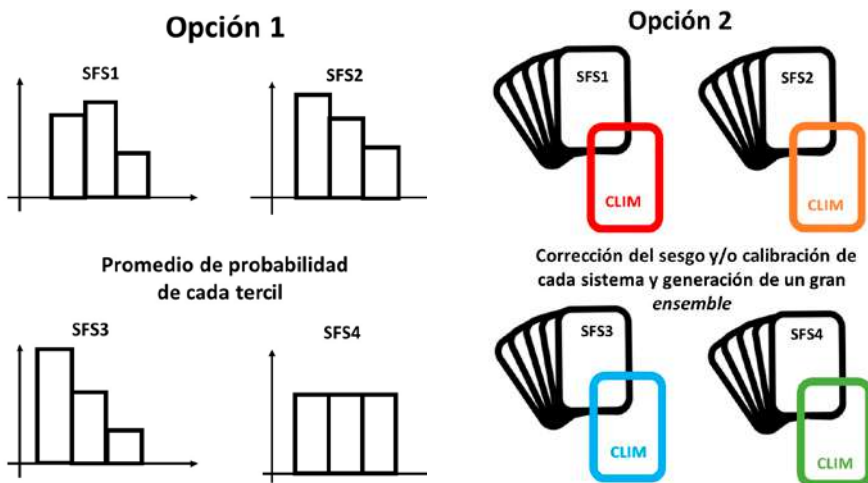


Figura 4. Opciones para combinar predicciones estacionales procedentes de diferentes centros operativos

tegorías probabilísticas (p.ej., terciles). Para ello se procedería a promediar las probabilidades de cada categoría suministradas por los diferentes sistemas contribuyentes. Esto permitiría una rápida implementación. En una segunda etapa, se proporcionarían los miembros del ensemble compuesto a partir de los diferentes sistemas lo que precisaría de su corrección/calibración previa y de alguna estrategia para su combinación. Esta segunda línea es más adecuada para el desarrollo de posteriores servicios climáticos complejos.

- El nuevo procedimiento objetivo se iniciará en paralelo con el actual procedimiento por consenso para facilitar la transición y para comparar ambos enfoques.

- Como los modelos C3S poseen más características comunes entre sí -resolución espacial/temporal, periodo mínimo de retro-predicciones, fecha de emisión, número de miembros mínimo en el ensemble tanto de retro-predicciones como de predicciones operativas, etc.- que los modelos del LC LRFMME, se partirá inicialmente de esta colección de sistemas para su posterior selección.

- Para la selección de modelos se prestará especial atención a la capacidad de los mismos para simular los patrones de variabilidad, forzadores y teleconexiones relevantes en cada estación sobre el dominio mediterráneo. Para esta selección se incorporarán mediante su objetivación los métodos basados en el conocimiento experto que actualmente se utilizan en el procedimiento de consenso.

- Como actualmente la mayoría de los periodos de retro-predicción no alcan-

zan los 50 años, es muy improbable que los métodos de combinación que utilizan ponderación de los miembros mejoren los resultados basados en igual peso para las diferentes estaciones. En consecuencia, se comenzarán las operaciones utilizando pesos iguales y al mismo tiempo se progresará en el desarrollo de métodos más avanzados basados en la ponderación de miembros y modelos.

- Se calcularán los índices de verificación estándar en los periodos de retro-predicción para monitorear la progresión de las mejoras de las sucesivas versiones del sistema de procesado MedCOF y su comparación con los sistemas individuales de los GPC.

- Se explotarán de forma operativa los resultados del proyecto MEDSCOPE (<https://www.medscope-project.eu>). El proyecto MEDSCOPE ha desarrollado conocimiento y herramientas para apoyar específicamente las tareas asociadas a la implementación de la predicción estacional objetiva operativa en la región mediterránea.

- Se procederá a una distribución racional de las tareas entre los nodos RCC de las Asociaciones Regionales I y VI de la OMM conjuntamente con las principales instituciones de investigación que participan en MedCOF y que han participado en el proyecto MEDSCOPE (p.ej., CMCC, BSC, AEMET).

- Dado el diferente nivel de desarrollo y experiencia en predicción estacional operativa dentro de la región MedCOF, se promoverán eventos que faciliten el intercambio y transferencia de conocimientos e información en la región.

5 Maximizando la pericia mediante los servicios climáticos

Por servicio climático se entiende habitualmente la provisión de información climática para ayudar en la toma de decisiones en sectores afectados por las condiciones climáticas. El servicio climático debe responder a las necesidades de los usuarios, debe estar basado en información, experiencias y procedimientos científicamente demostrados y, finalmente, debe requerir el compromiso y colaboración entre usuarios y suministradores. Aunque hay muchas definiciones de servicios climáticos, todas tienen frecuentemente en común la idea de generación de información climática a medida de las necesidades de cada usuario que facilite la toma de decisiones mediante productos adaptados en forma de aplicaciones móviles, aplicaciones web o cualquier otro tipo de presentación amigable. La transformación de los datos climáticos en productos específicos que faciliten el proceso de toma de decisiones en los sectores afectados por las condiciones climáticas consiste en una serie de pasos que se esquematizan en la figura 5 (Mañez Costa et al. 2021). La variabilidad climática en diferentes escalas temporales juega un papel relevante en muchos sectores sensibles al clima. En particular, la estimación de la variabilidad a escala estacional es especialmente demandada por sectores tales como el agrícola, hidrológico, energético, etc. Aunque se han producido mejoras en la pericia de las predicciones climáticas a escala estacional durante su desarrollo en los últimos 20 años, estas predicciones tienen todavía una pericia baja en las latitudes extratropicales y en Europa en particular. Como resultado de esta baja pericia, las predicciones de los diferentes sistemas tienden a mostrar una falta de consistencia entre sí que ha impedido hasta ahora la utilización automática de las salidas de los modelos.

Muchos servicios climáticos sectoriales comparten los pasos mostrados en la figura 5. Partiendo de las salidas de un único modelo o de una combinación de ellos, se procede a corregir, calibrar, regionalizar y combinar los datos para extraer y sintetizar la información climática relevante a escala estacional. El siguiente paso consiste en la aplicación de mode-

Predicción estacional: evolución y nuevas perspectivas (II)

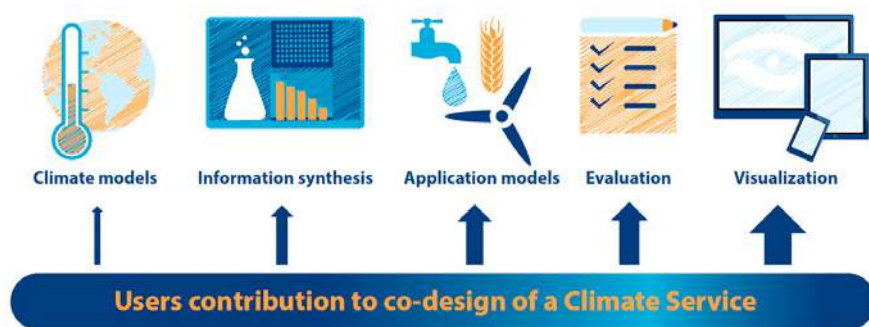


Figura 5. Pasos en la generación de servicios climáticos basados en predicciones climáticas

los de aplicación que traducen la información climática en forma de variables o indicadores definidos por los usuarios como, p.ej., producción de una cosecha (expresada en toneladas por Ha), aporte de agua a un embalse, factor de capacidad para la energía eólica etc. Finalmente, se generan productos basados en estos indicadores (bien sean probabilísticos o deterministas) que se presentan en forma visual. La pericia de cualquier indicador generado debe idealmente ser verificada en una colección de retro-predicciones que al menos abarque un periodo de 20-30 años. Esta verificación nos permitirá estimar la fiabilidad de estos indicadores para su utilización en un proceso de toma de decisiones. Los diferentes pasos conducentes a la generación de un servicio climático expresado en forma de un indicador sectorial específico normalmente contribuyen a mejorar la pericia de la predicción estacional de las variables climáticas básicas (como temperatura, precipitación, viento, etc.). El paso de síntesis de los datos climáticos que corrige, regionaliza y combina diferentes fuentes de información contribuye a mejorar la pericia de las variables climáticas previstas, como también lo puede hacer el modelo de aplicación que expresa la información climática en forma de indicadores sectoriales. Los modelos de aplicación utilizan información adicional como características fisiográficas muy detalladas en el caso de modelos hidrológicos o como la memoria climática acumulada en el caso de los modelos de crecimiento de especies vegetales. Todos estos pasos contribuyen a mejorar acumulativamente la pericia de las predicciones a escala estacional. Puede verse un ejemplo de la pericia mejorada en los sucesivos pasos conducentes a generar un servicio climático en Sánchez-García et al. (2022).

6 Consideraciones finales

La implementación de las predicciones estacionales operativas objetivas para los RCOF es una recomendación de la OMM (decisión 9 del 72º Consejo Ejecutivo). Para ello la OMM ha desarrollado una infraestructura adecuada basada en el establecimiento de GPC, RCC, RCOF que prestan apoyo a los SMHN. La OMM también ha desarrollado guías con recomendaciones para facilitar la transición hacia la predicción estacional objetiva, incluidos los niveles regionales y nacionales.

MedCOF ha sido el principal beneficiario del proyecto MEDSCOPE cuyos principales objetivos han sido: i) el aumento del conocimiento de las fuentes de predecibilidad a escala estacional en la región mediterránea; ii) desarrollo de herramientas avanzadas para sintetizar la información climática disponible de diferentes GPC; iii) desarrollo y evaluación de servicios climáticos basados en predicciones estacionales.

Como no hay un consenso generalizado para postprocesar las salidas de los modelos combinando las diferentes fuentes de información, Med-COF ha generado discusiones y documentos internos que proporcionan una hoja de ruta para generar predicciones estacionales operativas objetivas para la región mediterránea. Esta hoja de ruta plantea implementar inicialmente soluciones sencillas que se irán actualizando a medida que se vaya alcanzando consenso científico para el postproceso de las salidas de los modelos estacionales.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a la OMM y a todo el equipo que participa en MedCOF tanto por el trabajo conjunto operativo como metodoló-

gico a lo largo de los últimos 10 años que ha permitido progresar en el desarrollo de la predicción operativa sobre la región mediterránea. Agradecimiento extensivo a todos los participantes en el proyecto ERA4CS MEDSCOPE dedicado a mejorar el conocimiento sobre la predecibilidad a escala estacional sobre el Mediterráneo, a generar herramientas de postproceso para predicciones estacionales y a desarrollar y evaluar servicios climáticos sobre la misma región.

Referencias

- Doblas-Reyes, F.J., Hagedorn, R., Palmer, T., 2005: The rationale behind the success of multi-model ensembles in seasonal forecasting-II. Calibration and combination. *Tellus A Dyn Meteorol Oceanogr* 57(3):234-252. <https://doi.org/10.3402/tellusa.v57i3.14658>
- Hemri, S., Bhend, J., Liniger, M. A., Manzanos, R., Siebert, S., Stephenson, D. B., Gutiérrez, J. M., Brookshaw, A., Doblas-Reyes, F. J., 2020: How to create an operational multi-model of seasonal forecasts? *Climate Dynamics*, 55(5-6), 1141-1157. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05314-2>.
- Máñez Costa, M.; Oen, A.M.P.; Neset, T.-S.; Celliers, L.; Suhari, M; Huang-Lachmann, J-T.; Pimentel, R.; Blair, B.; Jeuring, J.; Rodríguez-Camino, E.; Photiadou, C.; Jerez Columbié, Y.; Gao, C.; Tudose, N.-C.; Cheval, S.; Votsis, A.; West, J.; Lee, K.; Shaffrey, L.C.; Auer, C.; Hoff, H.; Menke, I.; Walton, P.; Schuck-Zöllner, S., 2021. Co-production of Climate Services. CSPR Report No 2021:2, Centre for Climate Science and Policy Research, Norrköping, Sweden. This report is part of the CSPR Report Series (ISSN 1654-9112) No. 2021:2 ISBN 978-91-7929-199-0 (PDF). <https://doi.org/10.3384/9789179291990>
- Sánchez-García, E., Abia, I., Domínguez, M., Voces, J., Sánchez, J.C., Navascués, B., Rodríguez-Camino, E., Garrido, M.N., García, M.C., Pastor, F., Dimas, M., Barranco, L., Ruiz del Portal, C., 2022. Upgrade of a climate service tailored to water reservoirs management. *Clim. Serv.*, 25, 100281, <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2021.100281>
- WMO, 2015: Seamless Prediction of the Earth System: From Minutes to Months. WMO No. 1156. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3546
- WMO, 2017: Global RCOF review meeting report. WMO Workshop Rep., 56 pp., http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/meetings/documents/rcofs2017/Report_RCOF_Review_2017_final.pdf
- WMO, 2018: Guidance on Verification of Operational Seasonal Climate Forecasts. WMO-No. 1220. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4886
- WMO, 2020: Guidance on Operational Practices for Objective Seasonal Forecasting. WMO-No. 1246. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10314