

Workshop virtual: Warm Conveyor Belts

Un reto para la predicción

RESUMEN POR ALEJANDRO ROA

Entre los días 12 y 14 de marzo ha tenido lugar el Workshop virtual sobre Warm Conveyor Belts organizado por el ECMWF. Debido a las medidas asociadas a la COVID-19 todos los participantes externos al ECMWF han asistido virtualmente.

Según la descripción del Workshop publicada en la página del ECMWF⁽¹⁾, el interés de los “warm conveyor belts” (WCB en adelante) o cintas transportadoras de aire cálido (CTC) es múltiple. Por una parte, pueden ser causa de precipitaciones locales intensas y, por otra, pueden tener impactos corriente abajo, tales como el comienzo y el mantenimiento de los bloqueos. Es decir, los WCB tienen interés tanto para las predicciones del tiempo como para las climáticas. Sin embargo, los WCB son una fuente de error para la predicción debido a las nubes, que producen efectos no lineales en las observaciones de satélite, y a los procesos relacionados con el vapor de agua, que también provocan errores en los modelos numéricos. En cuanto al aspecto climatológico, las deficiencias en la modelización de los WCB y de sus causantes de gran escala es probable que sean de relevancia, puede llevar a errores en cuanto a las estadísticas futuras de precipitación, olas de calor y sequías, entre otras cosas.

Las cuestiones clave aparecen resumidas en la página del Workshop bajo seis epígrafes:

1- WCB e impactos corriente abajo. ¿Qué sabemos acerca de la formación, dinámica y física de los WCB y de sus efectos corriente abajo? ¿Son la convección y la amplificación de escala del crecimiento de los errores importantes para la evolución y predecibilidad de los WCB? ¿Qué implicaciones tiene lo anterior para las escalas que necesitamos representar en el modelo y para la asimilación de datos? Relaciones con los ríos atmosféricos. Modelos conceptuales.

2- Observaciones. Los modelos de predicción numérica asimilan una gran riqueza de observaciones. Algunas son sensibles a la nubosidad y a las precipitaciones por medio del uso de los métodos “all sky” (observación y asimilación de datos de toda la atmósfera, incluyendo zonas con nubosidad y precipitación, en contraposición a los métodos “clear sky”). ¿Cuáles son las observaciones clave que sirven para delimitar los WCB? ¿Hasta qué punto pueden esas observaciones limitar los casos de estudio y los parámetros de interés? ¿Puede fortalecer en el futuro el estudio de los WCB la adquisición de nuevas observaciones? Proyec-

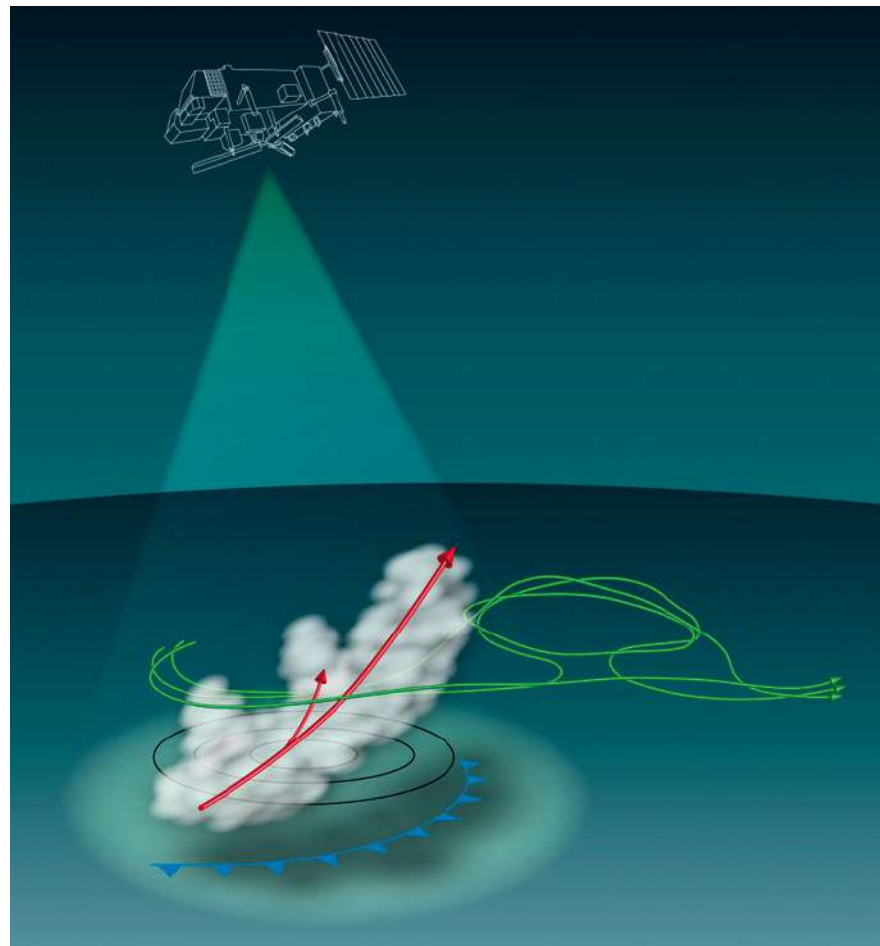


Figura 1. Cartel del Workshop, que sintetiza admirablemente su contenido: un WCB, parcialmente en rápido ascenso convectivo y parcialmente en ascenso lento, con un frente frío asociado en superficie, es observado por el sensor activo de un satélite. Las líneas verdes corresponden a distintas configuraciones de la guía de ondas de Rossby en la alta troposfera, perturbada por el propio WCB. Los círculos concéntricos en niveles medios simbolizan la vorticidad potencial.

tos EarthCARE y Aeolus. Aprendizaje de las campañas NAWDEX y AR (ríos atmosféricos).

3- Modelos y su incertidumbre. ¿Cómo de bien representan los modelos la dinámica y la física de los WCB? ¿Cuáles son las sensibilidades clave en la formulación y resolución de los modelos (en ausencia de inicialización)? Comparación con las observaciones y reanálisis. Comparación de multimodelos. Formulación e impacto de la incertidumbre de los modelos.

4- Asimilación de datos. Aunque los WCB no pueden señalar desarrollos útiles en la metodología de asimilación de datos por sí mismos, hay un montón de diagnósticos de asimilación de datos que pueden ayudarnos. ¿Cómo de bien delimitan los WCB los actuales esquemas de asimilación de datos? ¿Dónde podrían alcanzarse mejoras más relevantes, en el ambiente previo, en el modelo o en las componentes observacionales? Ensembles de asimilación de datos. Sensibilidad adjunta. Sensibilidad de las predicciones frente a impacto de las observaciones (FSOI). Tendencias de los procesos iniciales e incrementos del análisis. Comparaciones multianálisis.

5- Predicción del tiempo. ¿Qué tal se predicen actualmente la evolución dinámica (incluyendo los impactos corriente abajo) y los aspectos físicos? Comparación con datos de campañas operacionales. Evaluación de la fiabilidad, refinamiento y agudeza de

⁽¹⁾ <https://events.ecmwf.int/event/165/overview>

la predicción por conjuntos. Papel de la incertidumbre de los modelos. ¿Cuáles son los límites y desafíos? Comparación multimodelo de predicciones por conjuntos (incluyendo TIGGE).

6- Variabilidad y cambio climáticos. Según las observaciones y reanálisis, ¿qué aspectos de escala mayor están asociados con variaciones en las estadísticas de los WCB? ¿Qué tal representan esas asociaciones los modelos de resolución estacional y climatológica? ¿Qué podemos inferir acerca de las estadísticas de los WCB (y de sus impactos corriente abajo) en las predicciones estacionales y climáticas?

El Workshop se estructuró en diez sesiones con 31 ponencias que tuvieron en cuenta todos los aspectos mencionados, además de una sesión de 17 pósters y una sesión final de puesta en común y discusión por grupos.

Antes de comentar el contenido del Workshop, y como recordatorio para el lector, incluimos una breve introducción al concepto de las cintas transportadoras tomada del módulo COMET de MetEd “Identificación satelital de estructuras: cintas transportadoras”,⁽²⁾

Carlson⁽³⁾ definió tres tipos de cintas transportadoras (figura 2):

- La cinta transportadora cálida o “warm conveyor belt” (CTC o WCB), donde la temperatura potencial del bulbo húmedo (θ_w) es relativamente elevada.

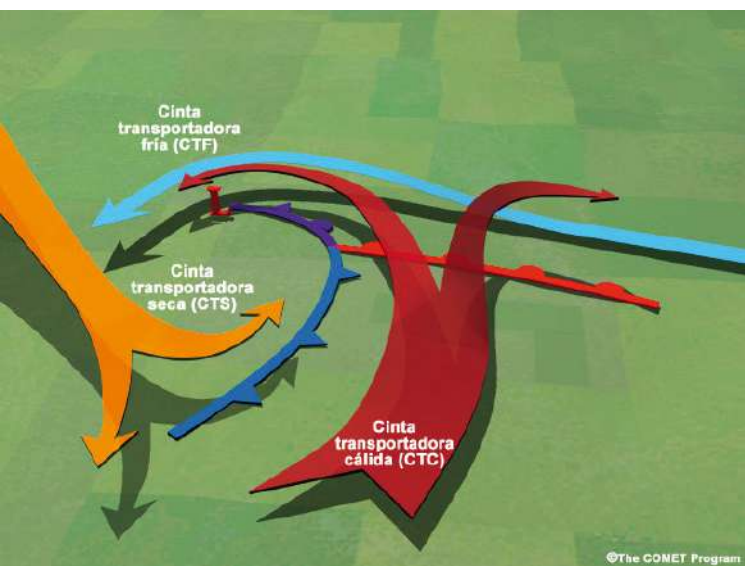


Figura 2. Las cintas transportadoras cálida, fría y seca, según el módulo COMET referido.

- La cinta transportadora fría o “cold conveyor belt” (CTF o CCB), donde la temperatura potencial de bulbo húmedo es relativamente baja.

- La cinta transportadora seca o “dry conveyor belt” (CTS o DCB, que en un comienzo Carlson denominó «corriente seca»), donde la temperatura potencial de bulbo húmedo es más baja.

La temperatura potencial equivalente y la temperatura potencial de bulbo húmedo (θ_e y θ_w , respectivamente) son los mejores parámetros para definir las cintas transportadoras, ya que engloban información sobre el contenido de humedad y el calor latente. Aunque la temperatura potencial no nos informa sobre la humedad, a falta de datos de θ_e o θ_w , puede ser útil. Para definir las cintas transportadoras también es preciso estimar sus respectivos movimientos verticales. Por lo general, el flujo de aire de una cinta transportadora es inclinado y sigue la pendiente de una superficie isentrópica. Las cintas transportadoras cálidas ascienden, las cintas transportadoras secas descienden, y las cintas transportadoras frías pueden ascender o descender, aunque, en promedio, tienden a ascender levemente a lo largo de su extensión.

Tras una introducción al Workshop, a cargo del Director de Predicciones del ECMWF, Florian Pappenberger, dio comienzo la primera sesión, moderada por David Richardson, Jefe de la Sección de Evaluación del EMCWF. Esta primera sesión contó tan solo con dos ponencias, una introductoria general al concepto de los WCB a cargo de Heini Wernli de la Escuela Politécnica de Federal (ETH) de Zúrich y otra a cargo de Mark Rodwell, del ECMWF, dedicada a establecer el objetivo del propio Workshop, que sería avanzar en la comprensión del papel de los WCB en el desarrollo de los sistemas de predicción.

La ponencia de Heini Wernli, de la Escuela Politécnica Federal (ETH) de Zúrich, estuvo dedicada a una introducción a los conceptos básicos sobre WCB, tema en el que el ponente es uno de los mayores especialistas. Recordó Wernli que el concepto de los WCB tiene más de 50 años de historia, pero aún hay retos que superar. Por vez primera, en 1966, Green et al.⁽⁴⁾ observaron que el flujo isentrópico a gran escala era similar al de los cumulonimbos, pero a mucha mayor escala. Posteriormente, en 1971, Browning⁽⁵⁾ propuso el nombre de “conveyor belt” para el flujo que, desde ba-

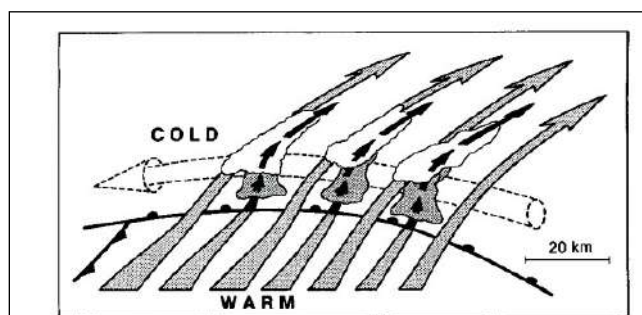


FIG. 8. Schematic of the “escalator–elevator” perspective of warm-frontal ascent, as the warm southerly airstream (warm conveyor, flat lightly stippled arrows) rises over the cold easterly polar airstream (cold conveyor, tubular dashed arrow). Mesoconvective ascent (the elevator, solid arrows) and convective clouds (stippled with white anvils) are shown at regular intervals between regions of upglide ascent (the escalator).

Figura 3. Ilustración sobre los dos tipos de WCB (“escalator” y “elevator”) publicada en el artículo de Neiman et al. referenciado en el texto

⁽²⁾ https://www.met.ed.ucar.edu/norlat/sat_features/conveyor_belts_es/index.htm

⁽³⁾ Carlson, N., 1980, Airflow Through Midlatitude Cyclones and the Comma Cloud Pattern, *Mon. Wea. Rev.* 108, p. 14098-1507

<https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493%281980%29108%3C1498%3AATMCAT%3E2.0.CO%3B2>

⁽⁴⁾ Green, J.S.A., Ludlam, F.H., McIveen, J.F.R., 1966, Isentropic relative-flow analysis in the parcel theory, *Quarterly Journal of the RMS* 92, p. 201-219,

<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/qj.49709239204>

⁽⁵⁾ Browning, K.A., 1971, Radar measurements of air motion near fronts, *Weather* Jul. 1971

<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.1477-8696.1971.tb07416.x>

→ jas latitudes, asciende por encima de los frentes fríos y los cálidos. Sin embargo el nombre, nos recuerda Wernli, ya había sido usado en 1969 en un Congreso de Circulación Global de la Atmósfera en Londres. A principios de los 90, Neiman et al.⁽⁷⁾ distinguieron dos clases de WCB (figura 3), los de tipo “elevador” (“ascensor”, en los que domina el ascenso convectivo) y los de tipo “escalator” (“escalera mecánica”, en los que domina el ascenso oblicuo). Observaciones recientes muestran que las cintas transportadoras no son uniformes, son más bien “clusters” o agrupaciones de trayectorias de burbujas.

En 1990 Browning definía los WCB como “flujo primario que produce las nubes y precipitaciones dentro de los ciclones extratropicales”. Los WCB son corrientes de aire en la que los procesos diabáticos (tal y como el flujo de calor latente, enfriamiento nocturno y calentamiento diurno) son máximos. Más adelante el mismo Browning mostraba cómo los WCB tienen una rama ciclónica y otra anticiclónica.

Hacemos notar aquí que el concepto de WCB manejado en este Workshop es algo restrictivo respecto del más amplio que se puede encontrar, por ejemplo, en el citado módulo COMET, que les asigna una mayor extensión y continuidad (figura 4).

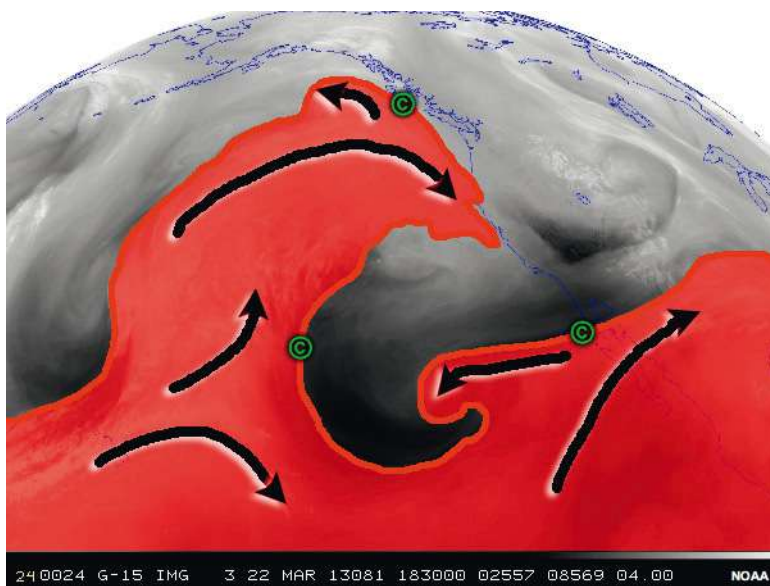


Figura 4. Ilustración del módulo COMET referenciado que muestra los WCB en sentido amplio

La segunda presentación de la primera sesión estuvo a cargo de Mark Rodwell, quien presentó los objetivos del Workshop. Rodwell, coordinador de Diagnósticos del ECMWF, trabaja en la “búsqueda de mariposas” (“searching butterflies”). La incertidumbre de los ensembles está en gran medida relacionada con los procesos húmedos (principalmente los WCB y la convección de mesoescala), por lo que el ponente hace la siguiente pregunta: ¿La sensibilidad de los procesos húmedos es real o se debe a las deficiencias en la representación de la incertidumbre en los modelos? Para intentar responderla compara la fiabilidad de los ENS

con los EDA (“Ensemble Data Assimilation”) para ver la sensibilidad a las condiciones iniciales. Las cuestiones clave del Workshop son las siguientes:

- **Predecibilidad.** ¿Cuáles son los aspectos clave de los WCB que provocan el realce de la incertidumbre en la predicción y sus implicaciones en la estrategia de desarrollo?
- **Observaciones.** ¿Cómo de bien observamos e inicializamos los WCB en nuestras predicciones? ¿Ayudarán las nuevas fuentes de observación?
- **Modelos.** ¿Qué tal representamos los complejos procesos físicos dentro de una WCB y qué aspectos merecen una atención especial?
- **Impactos.** ¿Cuál es el papel que juegan los WCB en los extremos de tiempo, las transiciones de régimen y en el clima global?

La **segunda sesión**, moderada también por Richardson, contó con tres ponencias. Una primera a cargo de Andreas Schäfler, del Centro Aeroespacial de Alemania (DLR), estuvo dedicada a los sensores remotos activos de WCB a bordo de aviones. Afirma el ponente que los procesos diabáticos en los WCB: 1) dependen del vapor de agua en la zona de entrada de los WCB; 2) están insuficientemente representados en los modelos; y 3) juegan un papel en los errores de predicción asociados con los sistemas de latitudes medias. Tras mostrar unos casos de estudio afirma en las conclusiones que: 1) la humedad en la capa límite es incierta; 2) los errores en el análisis de la humedad de niveles bajos pueden deteriorar sustancialmente la calidad de las predicciones a medio plazo; 3) hay errores grandes en la intensidad del chorro en situaciones de tropopausa alta (salida de los WCB); y 4) la estrechez de los gradientes de humedad en la tropopausa se subestima.

La siguiente ponencia, a cargo de Annika Oertel, también de la Escuela Politécnica (ETH) de Zúrich, presenta un caso de estudio de convección embebida en un WCB del Atlántico Norte y su relevancia en la dinámica de gran escala. Nos cuenta Oertel cómo los WCB modifican la guía de ondas a causa de la advección de vorticalidad potencial (VP), siendo los efectos diabáticos de menor escala. La convección embebida modifica la estructura de los WCB, en cuanto a nubosidad, precipitación y distribución de la VP, y como consecuencia modifica la circulación a gran escala y a mesoescala. Las anomalías de VP negativas son de larga duración y al interferir con la guía de ondas crean “jet streaks”.

La tercera sesión, moderada por Linus Magnusson, científico senior del Departamento de Predicción del ECMWF, contó con tres ponencias. En primer lugar, Michael Riemer, del Instituto para la Física de la Atmósfera de la Universidad Johannes Gutenberg en Mainz, habló de la “Importancia de los WCB para el crecimiento y escalado de los errores”. Los errores en el análisis se propagan en las distintas escalas: convectiva, mesoescala, sinóptica y régimen-planetaria, debido al llamado “efecto mariposa”. ¿Cómo se evalúan estos errores? Nos muestra un experimento basado en un esquema estocástico de la convección en el que se observa cómo al cabo de 5 días los errores en el análisis tienen reflejo en la mesoescala, al cabo de 10 en la escala sinóptica y al cabo de 15 en la de las ondas de Rossby. Usa la estimación de la

⁽⁷⁾ Neiman, P.J., Shapiro, M.A., Fedor, L.S., 1993, The Life Cycle of an Extratropical Marine Cyclone. Part II. Mesoscale Structure and Diagnostics, Mon. Wea. Rev. 121, <https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493%281993%29121%3C2177%3ATLCOAE%3E2.0.CO%3B2>

PV como fuente de errores, dado que en ese contexto los errores se maximizan en la tropopausa. Como conclusión propone prestar una especial atención a cómo los errores en la asimilación de datos y en los esquemas estocásticos se proyectan en los flujos de salida de la troposfera superior (que es el mecanismo de disparo más efectivo de los errores de predicción a medio plazo) y en la amplificación de la incertidumbre debido a la dinámica no lineal de la tropopausa.

A continuación, Christian M. Grams, del Instituto de Tecnología de Karlsruhe, trata del papel de los WCB en el ciclo de vida de los regímenes de tiempo atlántico-europeos. Habla de los “forecasts busts” (“errores gordos de predicción”) que aún se dan con los actuales modelos de PNT, algunos de ellos relacionados con los WCB, que pueden proyectarse en la circulación a gran escala de las regiones extratropicales. Observa que más del 50 % de la masa de aire que corresponde a los WCB experimenta calentamiento por flujo de calor latente antes de llegar a formar parte de un bloqueo (zona que corresponde al flujo de salida de los WCB). Lo define como un problema de “gallina y huevo” (¿qué fue primero, el bloqueo o el WCB?). En resumen, los WCB apoyan el establecimiento y mantenimiento de los bloqueos sobre Europa, lo que puede ser una fuente importante de errores.

Óscar Martínez-Alvarado, del Centro Nacional para la Investigación Atmosférica (NCAR) de la Universidad de Reading, presenta “Modificaciones de la temperatura potencial y de la VP en diferentes alcances”. Utiliza trazadores lagrangianos y trayectorias en línea para estudiar las fuentes de error. Su propuesta es una combinación de dinámica y estadística para evaluar (y puede que diseñar) modelos de PNT, que incluye una descripción euleriana, una descripción basada en trazadores lagrangianos y un comportamiento del modelo teóricamente sin sesgo que sirva de comparación. Las desviaciones eulerianas mayores en el largo plazo corresponden con las del corto plazo (puntos de rejilla más activos dinámicamente, que corresponden con las zonas de salida del flujo en la alta troposfera). Los trazadores lagrangianos revelan que hay una clara desviación respecto del modelo sin sesgo independientemente del nivel del cambio euleriano.

Jeremy Berman, de la Universidad de Albany, presenta “Impacto de la incertidumbre en la predicción de WCB en la variabilidad de la guía de ondas corriente abajo”. Dado que son una fuente de fuerte calentamiento latente, se ha formulado la hipótesis de que los WCB son críticos en la predicción de la guía de ondas de Rossby. Esto se evalúa mediante el uso de ensembles, que proporciona un rango de variación de la guía de ondas a partir de pequeños cambios del WCB y de las condiciones iniciales, y del análisis de sensibilidad, que cuantifica cómo el cambio de una variable de estado impacta en una métrica de predicción. Las modificaciones en la humedad de los WCB dan como resultado cambios en las ciclogénesis y en la guía de ondas de la alta troposfera. Esto sugiere que una mayor precisión en las condiciones iniciales de los WCB produciría una mejora en las predicciones corriente abajo.

La cuarta sesión, última del martes 10, fue moderada por David Lavers, del Departamento de Predicción del ECMWF. Helen

Dacre, de la Universidad de Reading, presenta en primer lugar una ponencia titulada “Relación entre los ríos atmosféricos y los flujos en los WCB”. Los ríos atmosféricos (AR en adelante) son filamentos bidimensionales de flujo intenso de vapor de agua típicamente asociados con el chorro de niveles bajos por delante del frente frío en un ciclón extratropical (Newell et al. 1992)⁽⁸⁾. Típicamente tienen un espesor de unos 3 km, una anchura de unos 850 km, una longitud superior a 2.000 km y un flujo de vapor de agua superior a 250 kg.m⁻¹.s⁻¹. Son flujos relativos a la Tierra, no a los ciclones, como son los WCB. Los ciclones “barren” el vapor de agua, de modo que se forma una banda de alto contenido de vapor de agua por delante del frente frío.

A continuación, James Doyle, del Laboratorio Naval de los Estados Unidos, explica la ponencia titulada “Influencia de los WCB en la predecibilidad de los fuertes impactos en el tiempo corriente de abajo”. Tanto los WCB como los AR actúan como “barreras de predecibilidad”. Perturbaciones de las guías de ondas tales como las transiciones extratropicales de los ciclones tropicales inician “paquetes” de ondas de Rossby con procesos diabáticos que actúan como “semillas” que impactan el tiempo corriente abajo y la predecibilidad. En su ponencia se refiere Doyle a los proyectos NAVDEX y SHOUT de la NASA, iniciados en 2016, y de los que trataremos en una posterior entrega de la revista TyC.

Martin Ralph, de la Universidad de California en San Diego y Director del Center for Western Weather and Water Extremes (C3WE), nos habla de los “Retos de la predicción en la Costa Oeste y desarrollo del reconocimiento de ríos atmosféricos”. Los AR están relacionados con el 84 % de las pérdidas económicas por inundaciones en los estados del oeste de los EE. UU. Muestra una escala para caracterizar la fuerza e impacto de los AR con categorías 1 a 5, similar a la de los huracanes. Las técnicas para el reconocimiento de AR, al ser de niveles bajos y provenir del océano Pacífico, incluyen el uso de boyas. Ralph introduce la siguiente definición de los AR tomada del Glosario Meteorológico de la American Meteorological Society⁽⁹⁾ y que dejamos en inglés por su fácil comprensión:

“A long, narrow and transient corridor of strong horizontal water vapor transport that is typically associated with a low-level jet stream ahead of the cold front of an extratropical cyclone. The water vapor in atmospheric rivers is supplied by tropical and/or extratropical moisture sources. Atmospheric rivers frequently lead to heavy precipitation where they are forced upward, e.g., by mountains or by ascent in the warm-conveyor-belt. Horizontal water vapor transport in the mid-latitudes occurs primarily in atmospheric rivers and is focused in the lower troposphere.”

Para finalizar la jornada, Carolyn Reynolds, del Laboratorio Naval de Investigación de los EE. UU., presenta “Sensibilidad adjunta e impacto de los AR. Observaciones de reconocimiento para predicciones del Pacífico Norte”. Muestra un estudio de sensibilidad adjunta (es decir, usando sistemas lineales adjuntos, lo que simplifica el cálculo) en el que se comparan las funciones de respuesta para la precipitación (PR) y para energía cinética (KE) usando el modelo NAVGEM (Navy Global Environment Model) junto con estudios FSOI (Forecast Sensibility/Observation Impacts) que se →

⁽⁸⁾ Newell, R.E. et al., 1992, Tropospheric rivers? –A pilot study, Geophysical Research Letters, Dic. 1992, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/92GL02916>

⁽⁹⁾ http://glossary.ametsoc.org/wiki/Atmospheric_river

Reuniones y congresos

→ han llevado a cabo utilizando multitud de radiosondas y “dropsondas” (sondas que caen como “gotas” desde aviones en vuelo).

El miércoles 11 de marzo comenzó con la quinta sesión, moderada por Stephen English, jefe de Sección de Asimilación del Sistema Tierra del ECMWF, que estuvo dedicada sobre todo a la observación. La primera ponencia corrió a cargo del propio Stephen English, con el explícito título “¿Qué información pueden aportar las observaciones actuales acerca de los WCB?”. English se pregunta y nos pregunta: 1) ¿cuáles son las observaciones clave que delimitan los WCB?; 2) ¿cuán bien dichas observaciones delimitan (o constriñen) las escalas y parámetros relevantes?; 3) ¿podrán los WCB reforzar los motivos para implantar nuevas observaciones en el futuro?; y 4) ¿podemos aprender de campañas intensivas tipo NAWDEX y AR?. Hace notar English que a pesar del incremento constante de las observaciones satelitales, que mejoran la visión global, no son lo más adecuado para aspectos finos como son los WCB y AR. Las observaciones más idóneas para los WCB no son necesariamente las locales, dado que afectan a las predicciones para varios días en adelante. Sólo los sensores activos (Radar, Lidar, GNSS) pueden suministrar resoluciones verticales altas. Menciona el satélite AEOLUS destinado a la medición de vientos, que lleva funcionando un año y medio, y operativamente en el ECMWF desde enero de 2020. Hace mención también de los proyectos EarthCARE y TROPICS CubeSAT, una futura constelación de satélites de microondas.

Continúa la sesión con la ponencia de Alan Geer, también del ECMWF, sobre “Asimilación de observaciones de vapor de agua, nubes y precipitación en ciclones extratropicales”, en la que muestra varios casos de estudio. Como conclusiones presenta: 1) los sensores “all-sky” de microondas proporcionan información única sobre el vapor de agua, nubes y precipitación en áreas de alta sensibilidad para la predicción (ríos atmosféricos, ondas frontales, ciclogénesis, ciclones tropicales, WCB); y 2) la información más importante para la predicción a 24 horas proviene de un pequeño número de observaciones en esas áreas, en un pequeño número de áreas, y en un pequeño número de días.

Anthony Illingworth, del Departamento de Meteorología de la Universidad de Reading, en su “Perspectiva de radar en satélites para proveer mejor información acerca de los WCB”, nos habla de los sensores que irán a bordo de la misión EarthCARE, de la que también hablaremos en una futura entrega de nuestra revista TyC.

La sexta sesión fue moderada por Tim Hewson, de la Sección de Evaluación del Departamento de Predicción del ECMWF. En primer lugar intervino John Methven, del Departamento de Meteorología de la Universidad de Reading, con la ponencia titulada “¿Cómo afectan los procesos diabáticos en los WCB a las ondas de Rossby en el nivel de la tropopausa?” Como puntos clave señala los siguientes: 1) el calentamiento diabático intensifica los ascensos, el estiramiento de los vórtices y el crecimiento de la tasa de baroclinidad; 2) la mayoría del calentamiento ocurre dentro de los WCB de los ciclones (movimiento hacia el polo de aire cálido y húmedo); 3) el calentamiento permite el ascenso a través de superficies de temperatura potencial constante (transporte diabático de masa); y 4) existe flujo de masa de los WCB en la alta troposfera en las dorsales del

chorro “serpenteante” (“meandering”). Se pregunta qué fracción de masa llega a una dorsal por transporte diabático y qué influencia puede tener eso en el comportamiento de las ondas de Rossby. Observa que en los WCB la temperatura potencial crece unos 20 K pero que la PV primero crece y luego decrece. ¿Por qué pasa esto? ¿Qué implicaciones tiene el papel del calentamiento?

Ben Harvey, del NCAR de la Universidad de Reading, presenta “Revisión de la visión isentrópica de la modificación de la VP en los WCB”. Nos cuenta, como en la anterior ponencia de Hewson, que a lo largo del ascenso de un WCB la presión puede disminuir 600 hPa en 48 horas mientras que la temperatura potencial sube unos 20 K. La VP asciende hasta un valor máximo a mitad del recorrido y luego desciende. Las trayectorias son isentrópicas en ausencia de efectos diabáticos. Para modificar el recorrido de las burbujas de aire de modo que se ajuste a las superficies isentrópicas hay que hacer unos ajustes: considerar que la PV no se mantiene constante (un dipolo vertical, con concentración por debajo del calentamiento y dilución por encima) y establecer un flujo diabático, con fuentes y sumideros, que forma un dipolo en las superficies isentrópicas.

George Craig, del Instituto Meteorológico de la Universidad Ludwig-Maximilians de Múnich y que forma parte del proyecto Waves to Weather, expone la ponencia “Transferencia radiativa tridimensional a través de un pliegue de la tropopausa”. El estudio ofrece como resultado que dicha transferencia es poco relevante, aunque se cree que podría serlo más donde los bordes nubosos son más abruptos.

Las sesiones séptima y octava, con las que finalizó el segundo día del Workshop, fueron moderadas por Irina Sandu, de la Sección de Modelización del Sistema Tierra del Departamento de Investigación del ECMWF.

Florian Pantillon, del Laboratorio de Aerología de la Universidad de Toulouse, expone el trabajo “Ascensos rápidos embebidos en un WCB observados y modelizados a 1 km de resolución”, en el que compara observaciones de NAWDEX con un modelo de alta resolución para el caso del ciclón llamado “Stalactite”, activo en el Atlántico Norte entre el 29 de septiembre y el 3 de octubre de 2016, y al que sucedió una situación de bloqueo escandinavo que duró hasta el 16 de octubre.

Marie Mazoyer, del Centro Nacional de Investigaciones Meteorológicas (CNRM) de Météo-France, en su ponencia “Impacto de diferentes microfísicas en el WCB de un ciclón extratropical profundo observado durante la campaña NAWDEX y su crecimiento asociado de una dorsal”, hace referencia a la misma campaña y al mismo ciclón “Stalactite” que el anterior ponente. Cuenta cómo distintas microfísicas producen diferente liberación de calor latente y, consecuentemente, diferente crecimiento de la dorsal. Usa modelos de mesoescala “convection permitting” (ICE3, francés, en dos versiones, y LIMA). Como observaciones toma medidas remotas (Radar y Lidar) a bordo de aviones Falcon 20. No se puede medir el calor latente liberado, pero sí el contenido de agua en forma de hielo mediante medidas de reflectividad, usando “retrieval” físico, que correlaciona bien con el calor latente. En unos aspectos va mejor alguno de los modelos y en otros aspecto otro. Además presenta un póster titulado casi igual para el mismo caso: “Sen-

sibilidad del WCB de un ciclón profundo a los esquemas de microfísica y turbulencia de un modelo de mesoescala”.

Gwendal Rivière, del Laboratorio de Meteorología Dinámica de París, presenta en “Procesos diabáticos en el WCB del ciclón “Estalactita” otra visión del mismo caso.

Joshué Gehring, de la Escuela Politécnica Federal de Lausana, en Suiza, en el trabajo “Dinámica y microfísica de una nevada asociada con un WCB en Corea” nos habla de la campaña ICE-POP 2018, que tuvo lugar en Corea del Sur para los Juegos Olímpicos de invierno de PyeongChang, con radares de banda X de doble polarización, radares perfiladores de banda W y cámaras multiángulo para copos de nieve.

Elisa Spreitzer, del Instituto para la Ciencia de la Atmósfera y el Clima del ETH de Zúrich, en “Efecto de las nubes, radiación y turbulencia en la VP de niveles altos” parte de la ecuación de diagnóstico de la tendencia de VP lagrangiana y del balance de VP y su atribución a los distintos procesos.

Claudio Sánchez, del Met Office, presenta el trabajo “Barreras de predecibilidad y procesos diabáticos durante la campaña NAWDEX”. Nos cuenta los tres pasos esenciales que definen teóricamente estas campañas: 1) buscar evidencias de la predecibilidad dependiente del flujo usando las predicciones operativas de Met Office y del ECMWF durante el periodo de la campaña NAWDEX (septiembre-octubre de 2016); 2) cuantificar la influencia diabática en flujo equilibrado a través del mecanismo de advección de VP basado en un modelo de inversión semigeoestrófica que proporciona la respuesta del flujo ageoestrófico al calentamiento diabático o a fuentes dinámicas; y 3) testear si las situaciones con predecibilidad más baja están asociadas con fuerte influencia diabática.

El miércoles 11, segundo día del Workshop, finalizó con la novena sesión, moderada por David Lavers, de la Sección de Evaluación del Departamento de Predicción del ECMWF, que contó con tres ponencias:

En primer lugar, Suzanne Grey, de la Universidad de Reading, habló sobre el “Impacto de las recientes actualizaciones en procesos diabáticos sobre los ciclones extratropicales y la evolución de la predicción corriente abajo”. Las cuestiones clave a considerar, según Grey, son las siguientes: 1) las actualizaciones de las parametrizaciones de los modelos o el acoplamiento con los océanos, ¿tienen un efecto sistemático en la predicción del desarrollo y bloqueo de las ondas de Rossby de la alta troposfera?; 2) ¿cómo pueden compararse los efectos de la evolución de la predicción a partir de cambios en los modelos con aquellos debidos a la incertidumbre de las condiciones iniciales?; 3) los errores previamente encontrados en la predicción de bloqueos asociados con la representación corriente arriba de los ciclones y la estructura de los WCB, ¿tienen su origen en la representación de los procesos diabáticos en los ciclones extratropicales?

A continuación Forest Cannon, de la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de San Diego, presentó “Observaciones GPM de satélite y radar de los mecanismos de precipitación en los ríos atmosféricos”, abundando en el tema que ya ha-

bía presentado anteriormente Martin Ralph. (GPM son las siglas de “Global Precipitation Measure”).

Alison Cobb, del CW3E de la misma Institución Scripps, en “Características observacionales de los ríos atmosféricos por medio de las dropsondas” complementa la presentación de Martin Ralph. Explica el experimento CalWater desarrollado en 2015 sobre ríos atmosféricos y aerosoles y las campañas AR Recon de 2016 en adelante.

El jueves 12 por la mañana tuvo lugar la décima sesión, moderada por Frederic Vitart, de la Sección de Predecibilidad del Sistema Tierra del Departamento de Investigación de ECMWF, que entre los WCB y la predicción a escalas de tiempo subestacionales, estacionales o climatológicas, y con referencias abundantes al trabajo de Madonna et al. de 2014.⁽¹⁰⁾

Julian Quinting, del Instituto de Tecnología de Karlsruhe, presentó “Desarrollo de un modelo logístico para estudiar los WCB en las escalas de tiempo subestacionales”, trabajo en el que estudia las diversas zonas de los WCB (flujo de entrada, ascenso, flujo de salida) y los parámetros más interesantes en cada caso.

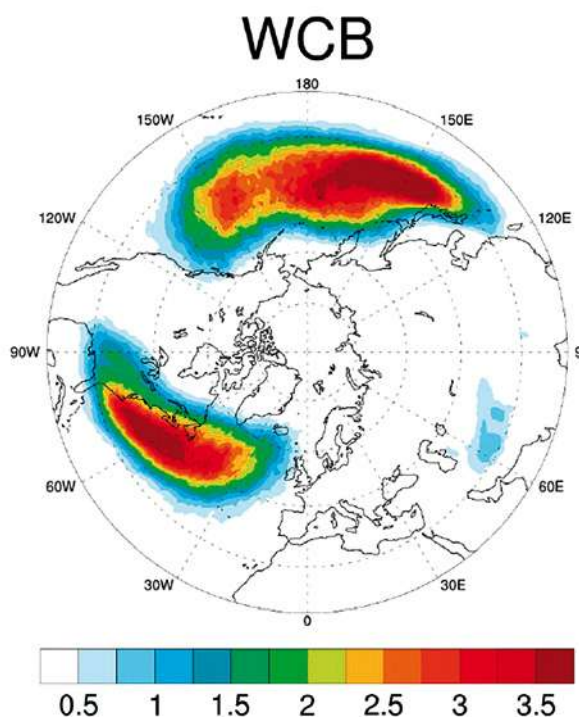


Figura 5. Climatología para el invierno boreal y el hemisferio norte para el periodo 1979–2014 de la frecuencia de trayectorias de WCB (%)⁽¹¹⁾

A continuación Jan Wandel, de la misma institución que Quinting, mostró un trabajo complementario del anterior “Verificación de los WCB en las repredicciones subestacionales del ECMWF”, en el que usa las repredicciones S2S (“subseasonal to seasonal”) del ECMWF de 1997 a 2017, con 11 miembros cada una.

Hanin Binder, del ETH de Zúrich, en “Transporte de masas de aire y conductores dinámicos en un evento cálido extremo en el

⁽¹⁰⁾ Madonna, E., Wernli, H., Joos, H., Warm Conveyor Belts in the ERA-Interim Dataset (1979–2010). Part I: Climatology and Potential Vorticity Evolution, *J. Climate*, 27, 3–26, <https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/JCLI-D-12-00720.1>

⁽¹¹⁾ Sprenger, M., G. Fragkoulidis, H. Binder, et al (2017) Global climatologies of Eulerian and Lagrangian flow features based on ERA-Interim reanalyses. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* <https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/BAMS-D-15-00299.1>

Reuniones y congresos

invierno ártico” mostró un interesantísimo caso de estudio del 30 de diciembre de 2015 al 4 de enero de 2016 (figura 6).

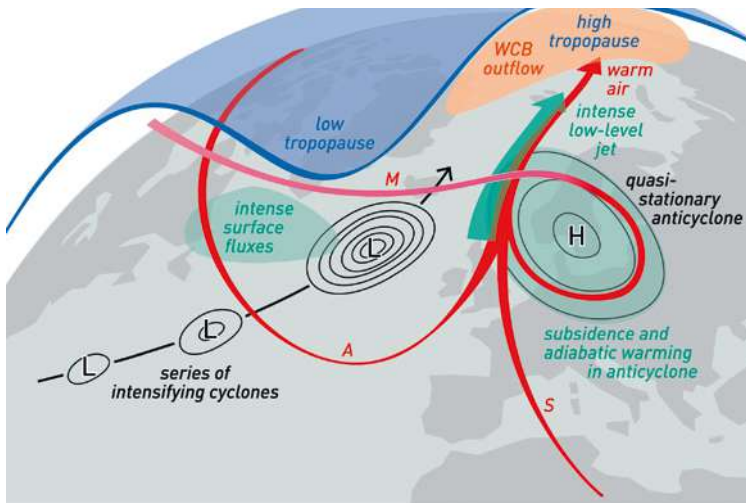


Figura 6. Ilustración esquemática del inusual proceso que dio lugar al evento cálido del Ártico mostrado en la ponencia de Hanin Binder⁽¹⁾

Por último, Haana Joos, también del ETH de Zúrich, presentó “WCB y forzamiento radiativo de las nubes”, en la que mostró el gran impacto que tienen las nubes en el “budget” (balance) radiativo.

Finalizó el Workshop la tarde del día 12 con una sesión plenaria moderada por Marc Rodwell, de la Sección de Evaluación del Departamento de Predicción del ECMWF. La sesión fue repartida

en cuatro grupos de trabajo en la que participaron buena parte de los asistentes, dedicados respectivamente a los impactos de los WCB (eventos de tiempo extremo, transiciones de régimen y clima global), a la modelización de los WCB, a su observación por diferentes medios, y a su predicibilidad, haciendo hincapié en los posibles errores de predicción, en la fiabilidad de los ensembles y en cómo las observaciones pueden hacer que mejore su “sharpness” (agudeza). Las conclusiones están disponibles, junto con las presentaciones en pdf y mp4 en la página del ECMWF, en abierto.⁽¹⁾



Figura 7. Participantes en el Workshop de WCB, presencialmente el personal del ECMWF y a distancia el resto

⁽¹⁾ Imagen tomada de “Exceptional Air Mass Transport and Dynamical Drivers of an Extreme Wintertime Arctic Warm Event” <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2017GL075841>

NOTA – Se espera que numerosas de las siguientes conferencias presenciales no puedan ser celebradas o sean retrasadas a causa de la pandemia COVID-19

PRÓXIMAS CITAS

JULIO

13 -17, Šibenik, CROACIA
- 24th Symposium on Boundary Layers and Turbulence (patrocinado por la American Meteorological Society)
- <https://www.ametsoc.org/>
(Celebración dudosa)

SEPTIEMBRE

7-11, Praga, REPUBLICA CHECA
- 6th World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium – WMESS 2020
- <http://mess-earth.org/index.html>

7 – 11, Bratislava, ESLOVAQUIA
- 19ª reunión de la Sociedad Meteorológica Europea (EMS): Conferencia Europea de Meteorología y Climatología Aplicadas
- <https://www.ems2020.eu/>

21 – 24, Reykjavík, ISLANDIA
- Simposio internacional Cryosphere 2020,

sobre hielo, nieve y agua en un mundo que se calienta
- <https://www.cryosphere2020.is/>

24 – 26, Torun, POLONIA
- 3rd International Conference on ‘Polar Climate and Environmental Change in the Last Millennium
- https://polarclimate2020.umk.pl/pages/main_page/

27 – 30, Ioannina, GRECIA
- 15th International Conference on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics – COMEAP 2020
- <https://www.conferre.gr/allevents/comeap2020/>

28 – 2 octubre, Würzburg, ALEMANIA
- Conferencia de Satélites Meteorológicos de EUMETSAT
- https://www.eumetsat.int/website/home/News/ConferencesandEvents/DAT_4635627.html

OCTUBRE

14 – 16, Santiago de Compostela, ESPAÑA
- 12º Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología con el título: “Retos del Cambio Climático: impactos, mitigación y adaptación”
- <http://aeclim.org/12-congreso-internacional-de-la-aec/>

NOVIEMBRE

9 – 11, Granada, ESPAÑA
- XXXVI Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española - 21º Encuentro Hispano-Luso de Meteorología, con el título “Servicios Climáticos en la Península Ibérica”
- <http://cgs.ame-web.org/index.php/jor/36-ame>

11 – 13, Granada, ESPAÑA
- 2ª Conferencia Europea LIDAR, ELC 2020
- <https://granada-en.congresoseci.com/elc2020>