|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| TIEMPO CLIMA AGUA | **Organización Meteorológica Mundial****COMISIÓN DE OBSERVACIONES, INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN****Segunda reunión**24 a 28 de octubre de 2022, Ginebra | **INFCOM-2/INF. 6.2(5)** |
| Presentado por: Presidente del SC-MINT13.X.2022 |

*[El presente documento ha sido traducido para su comodidad empleando tecnologías de traducción automática sin posedición. No se garantiza en modo alguno, ni de forma expresa ni implícita, su exactitud, fiabilidad o corrección. Toda discrepancia o diferencia que pudiera deberse a la traducción del contenido del documento original al español no será vinculante y no conllevará ninguna consecuencia jurídica a efectos de cumplimiento o aplicación, entre otros. Tenga en cuenta que determinados contenidos, como las imágenes, no pueden traducirse a causa de las limitaciones técnicas del sistema. Si tuviera alguna duda relacionada con la exactitud de la información de un documento traducido, sírvase consultar su versión oficial redactada en inglés.]*

## REFERENCIAS DE RADIACIÓN

## Informe del Equipo de expertos del SC-MINT sobre referencias radiométricas

## Recomendaciones sobre las condiciones que deben cumplirse para un cambio en las referencias a la radiación solar y terrestre

### Resumen ejecutivo

Se proponen nuevas referencias primarias para la radiación solar y la radiación terrestre (infrarroja). En ambos casos, darían lugar a una mejor trazabilidad con respecto al SI y a una menor incertidumbre. Sin embargo, en ambos casos, producirían cambios de escala en cuanto al tamaño de la incertidumbre de las referencias actuales. El cambio de escala es relativamente pequeño para la radiación solar, pero, en el caso de la radiación terrestre, el tamaño de la escala cambia es consecuencia.

La principal recomendación del Et-RR consiste en introducir nuevas referencias para la radiación solar y terrestre que cumplan ciertas condiciones. Para la radiación solar, es decir, 1) la nueva referencia primaria de radiación solar propuesta debería caracterizarse y su balance de incertidumbre publicado en una publicación revisada por homólogos; 2) debe compararse bilateralmente con otro crioradiómetro de un NMI con un CMC para la sensibilidad espectral; 3) un grupo de radiómetros de cavidad de temperatura ambiente continúa funcionando como patrón de transferencia principal; y 4) se dispone de procedimientos para corregir los datos trazables a la referencia actual para la armonización con la nueva escala de referencia. Para la radiación terrestre, es decir, 1) que la nueva referencia o referencias deben tener una trazabilidad demostrada con respecto al SI (por ejemplo, establecida por un CmC), y deben documentarse en las publicaciones científicas con un presupuesto de incertidumbre; 2) un grupo de pirgeómetros de referencia sigue funcionando como patrón de transferencia principal; 3) se dispone de procedimientos para corregir los datos de medición trazables a la referencia actual para la armonización con la nueva escala de referencia; y 4) los datos brutos del pirgeómetro para las estaciones de la Red de Referencia de Observación en Altitud del BSRN se registran en el archivo principal de la Red.

### Radiación solar

Posible nueva referencia de radiación solar

La nueva referencia propuesta para la radiación solar (CSAR/MITRA) tiene por objeto establecer un instrumento plenamente caracterizado que permita calcular la irradiancia vinculada al SI a partir de la comprensión de la física del instrumento. Se siguió el mismo enfoque para los instrumentos que integran el Grupo de Normalización Mundial (GNM) que actualmente define la Referencia Radiométrica Mundial ( RRM), pero el CSAR/MITRA incluye importantes mejoras tecnológicas y una incertidumbre significativamente reducida. Con respecto a los radiómetros de cavidad de temperatura ambiente que constituyen el GNM, el avance más importante con el CSAR/MITRA consiste en establecer un radiómetro *de cavidad criogénico* que pueda utilizarse fuera del laboratorio. La radiometría de cavidad criogénica es una tecnología madura que proporciona referencias vinculadas al SI en laboratorio y se identifica oficialmente como un patrón primario de elección en la pratique del CIPM Mise para la radiometría (Comité Consultivo de Fotometría y Radiometría, 2021). El MITRA permite evaluar y determinar las incertidumbres vinculadas a la transmisión en ventanas, necesarias para las operaciones criosgénicas. Las comparaciones entre la R WRR actual y el CSAR indican que la R WRR es aproximadamente un 0,3% superior a la escala del SI. Estos son coherentes con comparaciones anteriores de potencia radiométrica entre radiómetros criogénicos y la R WRR, así como entre mediciones recientes de instrumentos desplegados en el espacio.

Problemas/limitaciones conocidos vinculados a la posible nueva referencia de radiación solar

Solo se propone un solo instrumento como nueva referencia para la radiación solar, que conlleva un riesgo inherente. En primer lugar, conviene disponer de un segundo instrumento de diseño (CSAR) para garantizar la disponibilidad de la referencia primaria en caso de fallo. En segundo lugar, también es conveniente disponer de uno (o más) instrumentos de diseño diferente para confirmar la medición del CSAR/MITRA, ya que es una buena práctica metrológica disponer de más de una realización independiente de una referencia. Para obtener un beneficio real, dicha realización debería ser verdaderamente independiente y de incertidumbre comparable, con una definición clara de los elementos de la realización que se someten a prueba. Actualmente, la única tecnología capaz de proporcionar una referencia de radiación solar con una incertidumbre comparable a la de la sonda CSAR/MITRA es la radiometría de cavidad criogénica, para la cual hay variaciones limitadas que son prácticas y tienen un impacto real en la incertidumbre. Se prevé que los principales sean el factor de transmisión y abertura de ventanas que influyen en la difracción y la dispersión. Sin embargo, esos avances implican proyectos plurianuales para caracterizar plenamente las nuevas referencias de radiación solar y establecer su incertidumbre. Este largo retraso no es aceptable a la luz de la necesidad establecida de actualizar la referencia de radiación solar. Habida cuenta de la madurez tecnológica en el desarrollo de radiómetros de cavidad absoluta en condiciones reales, el ET-RR considera como aceptable el riesgo de proceder con el cambio de referencia de la radiación solar sin esperar a que se completen dichos proyectos. Además, el grupo de radiómetros de cavidad de temperatura ambiente utilizados como patrón de transferencia proporcionaría una reserva temporal en caso de fallo de la referencia primaria.

Sería conveniente que se continuara con un grupo de radiómetros de cavidad ambiente (similar al actual GNM) para proporcionar un patrón operativo de transferencia principal entre los nuevos radiómetros de radiación solar propuestos y los radiómetros de campo. Sin embargo, en los últimos años algunos radiómetros que constituyen el Grupo De Patrones de Estaciones meteorológicas del WIGOS han experimentado fallos técnicos, vinculados a las décadas que la mayoría de estos instrumentos han estado en funcionamiento. Si en los últimos años solo se tienen en cuenta los radiómetros del WSG que no tienen problemas o fallos detectados en los últimos años, no se cumplirá la necesidad actual de que el número de radiómetros que constituyen el WSG ya no se cumpla. Además del mantenimiento que ya se ha realizado en los radiómetros que constituyen actualmente el WSG, deberían seleccionarse nuevos radiómetros de cavidad de temperatura ambiente para su introducción en el Grupo Mundial de Patrones de Humedad del WIGOS; La selección de esos instrumentos se centraba en la estabilidad y la reproducibilidad, ya que su trazabilidad se derivaría de la nueva referencia de radiación solar. Este grupo de radiómetros también debería permitir la detección de anomalías imprevistas en el funcionamiento del sistema primario y, por lo tanto, constituir un respaldo intermedio hasta que se disponga de un segundo instrumento con capacidades similares a las del CSAR/MITRA.

El cambio de escala previsto del 0,3% resultante de la introducción de la nueva referencia de radiación solar puede tener un impacto no insignificante en la investigación climática, ya que debería aplicarse a todas las mediciones de radiación uniformemente. La OMM/INFCOM debería colaborar con la comunidad de la Red de Referencia para la Observación en Altitud del SMHN a fin de evaluar la viabilidad de armonizar las series cronológicas históricas de radiación solar a partir de bases de datos más importantes para la investigación climática (BSRN, GEBA). Esos debates deberían celebrarse en la reunión de la Red de Referencia para la Red de Referencia de Datos en 2022. La armonización debería adaptar los datos trazables a la referencia proporcionada por el actual Grupo Mundial de Patrones de Radiación a la escala relacionada con la nueva referencia introducida. Una vez que se haya evaluado esta evaluación, debería emitirse una recomendación final relativa a esa armonización.

Recomendaciones

El Equipo de Expertos sobre Referencias Radiométricas reconoce que:

* El desarrollo del radiómetro CSAR/MITRA ha madurado para su introducción como una nueva referencia para la radiación solar que proporciona trazabilidad de las mediciones de radiación solar al SI con una incertidumbre reducida (entre aproximadamente el 0,3% y aproximadamente el 0,01%, Walter y otros, 2017; Winkler, 2013), lo que mejora la exactitud de la medición del valor absoluto de la radiación solar,
* La comprensión de la tecnología necesaria para el desarrollo de CSAR/MITRA es adecuada para permitir la reproducción de otros instrumentos del mismo modelo radiómetro con un rendimiento similar
* La complejidad del funcionamiento de los radiómetros de cavidad criogénicos, como el CSAR/MITRA, no permite su funcionamiento habitual y, por lo tanto, requiere el uso continuo de un grupo de radiómetros de cavidad de temperatura ambiente (similares al GNM actual) como patrón de transferencia principal
* La introducción de una nueva referencia de radiación solar basada en el CSAR/MITRA y, posiblemente, en otros radiómetros de cavidad criogénicos introduciría un cambio de escala de aproximadamente el 0,3% (nueva escala inferior a la actual)
* La posible mejora de la referencia de radiación solar que se introduciría en CSAR/MITRA como la nueva WRR se ha documentado desde varios años (Walter y otros, 2017; Winkler, 2013)
* Las partes interesadas comerciales en las mediciones de la radiación solar (especialmente en el sector de la energía solar) exigen la rápida introducción de esa nueva referencia de radiación solar

Por lo tanto, el Equipo de expertos sobre necesidades de recursos recomienda a la INFCOM que se introduzca una nueva referencia de radiación solar basada en un artefacto constituido por el CSAR/MITRA y, posiblemente, otros radiómetros de cavidad criogénicos, tan rápidamente como sea posible, siempre que se cumplan las cuatro condiciones siguientes:

1. El nuevo instrumento de referencia propuesto (CSAR/MITRA) debe haber sido caracterizado y su presupuesto de incertidumbre ha sido publicado, preferiblemente en una publicación revisada por homólogos para demostrar su rendimiento operativo.
2. El nuevo instrumento de referencia de radiación solar propuesto debe haber sido comparado bilateralmente con otro crioradiómetro del Instituto Nacional de Metrología con un CMC para la sensibilidad espectral y los resultados de la comparación publicados.
3. Un grupo normalizado de radiómetros de cavidad ambiente (similar al actual Grupo de Normalización Mundial (GNG)) debe seguir funcionando como patrón principal de transferencia.
4. Los procedimientos deben estar disponibles para corregir los datos de medición trazables a la RMM actual para la armonización[[1]](#footnote-2) de las series de datos históricos a la nueva escala de referencia, en particular para las principales series temporales climáticas.

Sin prescindir del cambio de la referencia de radiación solar, el Et-RR recomienda además que la INFCOM de la OMM inste a los SMN, los centros radiométricos y la comunidad de investigación a que:

* Desarrollar otras realizaciones independientes de la referencia de radiación solar que permitan determinar in situ la radiación solar con una exactitud comparable o superior a la del CSAR/MITRA (véase el primer párrafo en la sección "problemas conocidos" arriba)
* Realizar un segundo instrumento del mismo diseño del modelo que el CSAR/MITRA para mitigar los riesgos relacionados con un fallo técnico del instrumento (véase el primer párrafo en la sección "problemas conocidos" arriba)
* Continuar investigando sobre CSAR/MITRA para seguir mejorando su exactitud y fiabilidad, por ejemplo mediante la inclusión de la corrección adaptativa de la difracción, los ventanas CSAR intercambiables y MITRA, e inclusión de sensores de corriente oscura

El Et-RR recomienda que la OMM/INFCOM inste al Centro Radiométrico Mundial a:

* Hacer todo lo posible para permitir el desarrollo de un segundo CSAR/MITRA, incluso, posiblemente mediante la colaboración con otras instituciones y la transferencia de tecnología
* Asegura que se mantenga un grupo de radiómetros de cavidad de temperatura ambiente (similar al GNM actual) para permitir su continuación como norma operativa principal de transferencia (cumpliendo la condición principal 2 anterior)
* Gestiona el proceso de incluir nuevos radiómetros de cavidad de temperatura ambiente en el GNM continuo (incluida la definición del proceso de inclusión de nuevos instrumentos en el GNM continuo, así como la definición de los requisitos de incertidumbre/estabilidad)

Por último, el Et-RR recomienda que la INFCOM:

* Elabora y publica un breve documento en el que se explica la naturaleza del cambio de referencia de la radiación solar, el cambio de escala correspondiente y sus consecuencias, así como directrices sobre la necesidad y el método para corregir los datos sobre el terreno medidos con instrumentos trazables a la referencia actual, y aboga por que el presente documento se encierre con certificados de calibración trazables a la nueva referencia.

Otros requisitos

A raíz del cambio de referencia de la radiación solar (actualización de referencia), el Equipo de expertos sobre rr recomienda que se describa en los certificados de calibración trazables a la nueva referencia, incluida una descripción sobre la manera en que los certificados trazables a la referencia anterior pueden compararse con los certificados trazables a la nueva referencia (véase el último punto en la sección "recomendaciones" supra).

### Radiación terrestre

Posible nueva referencia de radiación terrestre

El enfoque para la nueva referencia propuesta está desarrollando principalmente un método que permite vincular nuevos radiómetros infrarrojos (por ejemplo, IRIS, ACP) con el SI. Estos nuevos radiómetros infrarrojos aspiran principalmente a un diseño sin ventanas con una respuesta espectral uniforme para minimizar los errores de desajuste espectral vinculados a transponer la calibración mediante una fuente de cuerpo negro a las mediciones de un espectro de onda larga atmosférica. Esos radiómetros suelen caracterizarse en los centros de calibración de radiación (en el PMOD/WRC, cuerpo negro BB2007). Las recientes comparaciones bilaterales en el marco de los proyectos 3 y 4 del METEOC 3 y 4 del BB2007 y del cuerpo negro de un instituto nacional de metrología que está vinculado a la escala de temperatura de radiación SI utilizando diferentes instrumentos (IRIS, pirgeómetro y termómetros de radiación especializados) proporcionaron un camino independiente de trazabilidad para el BB2007 y verificaron su trazabilidad.

Problemas/limitaciones conocidos vinculados a la posible nueva referencia de radiación terrestre

Se prevé un cambio de escala con posibles consecuencias significativas en el análisis de la tendencia de la irradiancia terrestre y, en general, en el caso de la adopción de la nueva referencia propuesta para la irradiancia terrestre si el cambio no se aplica cuidadosamente[[2]](#footnote-3). Todavía no se determina con precisión el impacto exacto en las mediciones, ya que depende de la climatología (principalmente la climatología de las nubes, véase el párrafo siguiente) de la ubicación de la medición. A pesar de que se estima que ese cambio se encuentra dentro de la incertidumbre de la irradiancia terrestre determinada durante la reunión de Teddington (15 a 17 de noviembre de 2017) del Equipo Especial sobre Referencias radiométricas, las consecuencias son tales que las recomendaciones deberían abordar esta cuestión. Tales recomendaciones deberían permitir mitigar las consecuencias adversas del cambio de escala. Deberían basarse en la siguiente información:

* Resultados del proyecto ExTrac dirigido por el PMOD/WRC con el objetivo de: i) estimar mejor el impacto del cambio propuesto de referencia de la radiación terrestre en las mediciones de pirgeómetros; y ii) el desarrollo de métodos para la armonización de las series temporales históricas de irradiancia terrestre
* Recomendaciones formuladas en la reunión de la Red de Referencia para la Red de Referencia de Datos En Altitud de 2022 (véase el párrafo siguiente)

La consecuencia del cambio de escala en las mediciones depende de las características de las nubes, principalmente de la nubosidad y de factores potencialmente tales como la cantidad de vapor de agua integrado en la atmósfera. Debido a ello, es difícil determinar con precisión la influencia del cambio de escala en los datos de irradiancia terrestre medidos con pirgeómetros comerciales. Asimismo, no se han establecido todavía métodos para armonizar las series temporales históricas con la nueva escala de referencia. La investigación climática sobre la irradiancia terrestre se basa principalmente en series de datos BSRN. Por lo tanto, sería más óptimo un reprocesamiento central del archivo BSRN mediante un método de reprocesamiento uniforme. En la reunión de la Red de Referencia para La Radiación en Superficie de 2022 se analizará la viabilidad y el mejor método para armonizar la radiación terrestre histórica de la Red de Referencia de Radiación en Superficie del BSRN (a la nueva escala de referencia). Posteriormente, deberían elaborarse recomendaciones definitivas de la OMM y la INFCOM relativas a la armonización de los datos históricos de radiación terrestre en la base de datos de la Red de Referencia de Observación en Superficie del SMHN.

Es probable que la armonización de los datos históricos sea una tarea que requiere mucho tiempo y que solo pueda comenzar después de que se realice el cambio de referencia de la radiación terrestre. Es importante definir con la mayor rapidez posible el proceso de esta empresa.

Recomendaciones

El Equipo de expertos sobre referencias radiométricas reconoce que:

* Los radiómetros infrarrojos IRIS desarrollados por el PMOD/WRC miden la irradiancia de onda larga con una incertidumbre ampliada de aproximadamente ±2 Wm−2 (Gröbner, 2012). Se vinculan con el SI mediante la caracterización del cuerpo negro utilizando tanto el cuerpo negro principal de la Sección de Radiometría Infrarroja del Centro Radiométrico Mundial como el cuerpo negro hemisférico de ptB, que permite un vínculo directo con la escala de temperatura de radiación de ptB. Esta metodología ha madurado suficientemente para su introducción como nueva referencia para la radiación terrestre.
* El pirgeómetro de cavidad absoluta desarrollado por NREL permite determinar la irradiancia atmosférica de onda larga con una incertidumbre de aproximadamente ±4 Wm-2 (U95) con trazabilidad respecto del SI (Reda y otros, 2012). Reda y otros (2012) indican que el ACP proporciona una referencia absoluta para la calibración de pirgeómetros sin requerir la caracterización ACP en un cuerpo negro, proporcionando un método independiente para la trazabilidad del SI.
* Los nuevos radiómetros infrarrojos espectralmente uniformes (IRIS y ACP) requieren condiciones específicas y un seguimiento cuidadoso durante el funcionamiento, ya que no tienen ventanas. Por consiguiente, se requiere el uso continuo de un grupo de pirgeómetros de referencia (similar al actual Grupo Mundial de Patrones de Radiación Infrarroja) como patrón principal de transferencia para las calibraciones operativas.
* La introducción de una nueva referencia de radiación terrestre basada en las metodologías descritas anteriormente introduciría un cambio de escala de aproximadamente +5 Wm-2 (con una incertidumbre ampliada en la nueva escala de aproximadamente 2 Wm-2) para las condiciones de cielo despejado (escala de nueva irradiancia superior a la actual), disminuyendo a cero Wm-2 para condiciones de cielo cubierto (véase la sección "problemas conocidos" arriba).

Por lo tanto, el Et-RR recomienda a la INFCOM que se introduzca una nueva referencia de radiación terrestre basada en IRIS (vinculada con el SI a través de la caracterización del cuerpo negro) y ACP tan rápidamente como sea posible, siempre y cuando se cumplan las cuatro condiciones siguientes:

1. Las nuevas referencias deben tener una trazabilidad demostrada con respecto al SI, por ejemplo, establecida por una capacidad de calibración y medición aprobada, y deben documentarse en las publicaciones científicas con resultados caracterizados por un presupuesto de incertidumbre. En caso de que se reúnan más de una nueva referencia, las nuevas referencias deben acordar con arreglo a sus incertidumbres establecidas en las comparaciones internacionales.
2. Un grupo normalizado de pirgeómetros de referencia (similar al actual Grupo Mundial de Patrones de Radiación Infrarroja (WISG)) debe seguir funcionando como patrón principal de transferencia con una calibración actualizada con respecto a las nuevas referencias siguiendo los métodos de metrología más avanzados.
3. Los procedimientos deben estar disponibles para corregir los datos de medición trazables al Actual Grupo Mundial integrado de patrones de radiación del WIS con el fin de armonizar la nueva escala de referencia, en particular para las principales series temporales climáticas.
4. La BSRN debería hacer obligatorio el registro de los datos brutos de los pirgeómetros (señal infrarroja neta en voltios y temperatura) utilizando el registro lógico recién definido LR4000 y la Red de Referencia de Observación en Altitud del SMOC debería investigar cuántas estaciones pueden proporcionar ese registro para los datos históricos.

Sin prescindir del cambio de referencia de la radiación terrestre, el Et-RR recomienda además que la INFCOM de la OMM inste a los SMN, los centros radiométricos y la comunidad de investigación a que:

* Mejorar y describir aún más la comprensión de las dos realizaciones propuestas para la referencia terrestre. Los conocimientos adquiridos en el decenio desde la producción de IRIS y ACP deben publicarse en contribuciones a revistas revisadas por homólogos, preferiblemente en el ámbito de la metrología, particularmente en lo que respecta a mejoras en la comprensión de la exactitud de estos instrumentos y su trazabilidad con respecto al SI. Si bien IRIS y ACP son coherentes con las incertidumbres declaradas, la comunidad debería realizar más investigaciones para reducir estas incertidumbres y caracterizar mejor las diferencias entre referencias.
* Realizar más investigaciones para comprender las discrepancias observadas entre los diferentes instrumentos de pirgeómetro (incluso de un mismo tipo) durante condiciones atmosféricas muy secas (vapor de agua integrado inferior a aproximadamente 10 mm).

El Et-RR recomienda que la INFCOM inste al Centro Radiométrico Mundial a:

* Velar por que el actual GNM se mantenga para permitir su continuación como norma de transferencia principal operativa (cumplimiento de la condición 1 anterior).
* Gestiona el proceso de incluir pirgeómetros adicionales en el GNG para asegurarse de que siempre incluye un número suficiente de pirgeómetros, incluso si fallan los pirgeómetros del GNO antiguos. Deberían considerarse otros modelos que los que ya están en el Grupo mundial integrado de sistemas de observación de la OMM para incluirlo en el Grupo.

Por último, el Et-RR recomienda que la INFCOM:

* Colaborar con la Red de Referencia para la Red de Referencia para la Observación en Superficie del SMOC (BSRN) para facilitar la armonización de sus registros de radiación terrestre, en particular para garantizar que *se disponga de los recursos adecuados* para ese esfuerzo en el Centro Mundial de Vigilancia de la Radiación de la Red de Referencia de Observación en Superficie del BSRN y en otros centros internacionales de bases de datos
* Elabora y publica un breve documento en el que se explica la naturaleza del cambio de referencia de la radiación terrestre, el cambio de escala correspondiente y sus consecuencias, así como directrices sobre la necesidad y el método para corregir los datos sobre el terreno medidos con instrumentos trazables a la referencia actual, y aboga por que el presente documento se encierre con certificados de calibración trazables a la nueva referencia

Otros requisitos

A raíz del cambio de referencia de la radiación terrestre (actualización de referencia), el Equipo de expertos sobre rr recomienda que se describan en certificados de calibración trazables a la nueva referencia, incluida una descripción sobre la manera en que los certificados trazables a la referencia anterior pueden compararse con los certificados trazables a la nueva referencia (véase el último punto en la sección "recomendaciones" supra).

Referencias

Comité Consultivo de Fotometría y Radiometría (2021). Apéndice 2: Mise en pratique para la definición de candela y unidades derivadas asociadas para magnitudes fotométricas y radiométricas en el SI (p. 5). En Le Système international d'unités / The International System of Units (El folleto del SI). Pavillon de Breteuil, Sèvres(Francia): Bureau international des poids et mesures. Disponible en <https://www.bipm.org/documents/20126/41489685/SI-App2-candela.pdf> (consultado el 25.02.2022).

Gröbner, J. (2012). Radiómetro patrón de transferencia para mediciones de irradiancia atmosférica de onda larga. *Metrologia*. **49**:2, S105-S111, doi:[10.1088/0026-1394/49/2/s105](https://dx.doi.org/10.1088/0026-1394/49/2/s105).

Kato, S., F. G. Rose, D. A. Rutan, T. J. Thorsen, N. G. Loeb, D. R. Doelling, X. Huang, W. L. Smith, W. Su, y S.-H. Ham, 2018: Irradiancias superficiales de la edición 4.0 Nubes y producto de datos sobre el sistema de energía radiante terrestre (CERES) Balanceado y lleno de energía, *J. Climate*, **31**, 4501-4527 doi:[10.1175/JCLI-D-17-0523.1](https://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0523.1).

Reda, I., J. Jinan, Z. Scheuch, L. Hanssen, B. Wilthan, D. Myers y T. Stoffel (2012). Pirgeómetro de cavidad absoluta para medir la irradiancia absoluta de onda larga al aire libre con trazabilidad respecto del sistema internacional de unidades, si. *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.* **77**, 132-143, doi:[10.1016/j.jastp.2011.12.011](https://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2011.12.011).

Walter, B., Winkler, R., Graber, F., Finsterle, W., Fox, N., Li, V., y Schmutz, W. (2017). Mediciones de irradiancia solar directa con un radiómetro criogénico absoluto solar, AIP Conference Proceedings 1810, 080007, doi:[10.1063/1.4975538](https://dx.doi.org/10.1063/1.4975538).

Wild, M., 2020: The global energy balance as represent in CMIP6 climate models. *Clim. Dyn.* , **55**, 553-577, doi:[10.1007/s00382-020-05282-7](https://dx.doi.org/10.1007/s00382-020-05282-7).

Winkler, R. (2013). Radiómetro criogénico absoluto solar, posible patrón del SI para la irradiancia solar. Tesis doctoral, University College London (Reino Unido).

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. La armonización se utiliza en lugar de la homogeneización para distinguir el proceso de aplicación de correcciones a los datos históricos para compensar los cambios en la escala que se derivan de los cambios de referencia del proceso de presentación de series de datos homogéneas a través de diferentes medios (por ejemplo, homogeneización estadística). [↑](#footnote-ref-2)
2. Wild (2020) examinó la representación del balance energético en la última generación de modelos climáticos (CMIP6) utilizada en el informe del IE6 del IPCC. En la generación del CMIP6, la radiación de onda larga descendente multimodelo media mundial concuerda con la mejor estimación de la referencia de observación de la Red de Referencia de Observación del Clima (BSRN). Para todas las condiciones del cielo, la media multimodelo del CMIP6 es ahora 2 Wm-2 más alta que la mejor estimación inferida de los datos de la Red de Referencia de Observación en Altitud del SMOC, y 4 Wm-2 más altas en condiciones de cielo despejado (figuras 5 y 13, Wild, 2020). La media multimodelo del CMIP6 también es mayor y está de acuerdo con las observaciones, que la media multimodelo de generación anterior (por 4 Wm-2 para el cielo completo y 3 Wm-2 para cielo despejado, la comunidad de modelización valida los modelos climáticos con respecto a las observaciones de superficie tanto para cielo despejado como para los flujos en todos los cielos). Si se parte de la hipótesis de que el cambio en las referencias de onda larga resultaría en un cambio de la mejor estimación de la red de referencias para la red de referencia para la observación en superficie aproximadamente 2 Wm-2 y aproximadamente 5 Wm-2 para cielo despejado, el acuerdo entre la media multimodelo del CMIP6 y la referencia de observación sería casi perfecta, mientras que la media multimodelo del CMIP5 se apartaría de la referencia. No está claro si es importante o debido a la probabilidad de que los modelos individuales sigan mostrando una gran dispersión insatisfactoria tanto en el cielo completo como en la radiación de onda larga descendente en cielo despejado, que supera los 20 Wm-2 incluso en una base media mundial (figura 5, Wild, 2020). La desviación típica multimodelo del CMIP6 es de aproximadamente 5 Wm-2. Además, el impacto del cambio de referencia de onda larga también puede ser importante, ya que las observaciones de irradiancia superficial se utilizan para validar los productos de datos satelitales. Por ejemplo, Kato y otros (2018) muestran que el sesgo medio de las irradiancias de onda larga media mensuales descendentes a partir de un producto de datos satelitales es de +1,0 Wm-2 sobre el océano y 0,0 Wm-2 sobre la tierra. Las observaciones terrestres utilizadas en el estudio se realizan principalmente en emplazamientos de la Red de Referencia de Observación en Superficie del SMOC. El grado en que la irradiancia de onda larga observada descendente se verá afectada por el cambio de referencia de onda larga depende de las condiciones del cielo (por ejemplo, la fracción nubosa o el agua precipitable) en cada emplazamiento y de la manera en que se calibró cada pirgeómetro. Por lo tanto, es difícil evaluar el impacto sin más información. Sin embargo, hasta 5 Wm-2 es significativamente mayor que el sesgo medio de la irradiancia de onda larga media mensual descendente procedente de un producto satelital. [↑](#footnote-ref-3)