



# La Metrología como herramienta en la lucha contra el cambio climático

Interacciones con la Climatología: contexto, problemática y retos

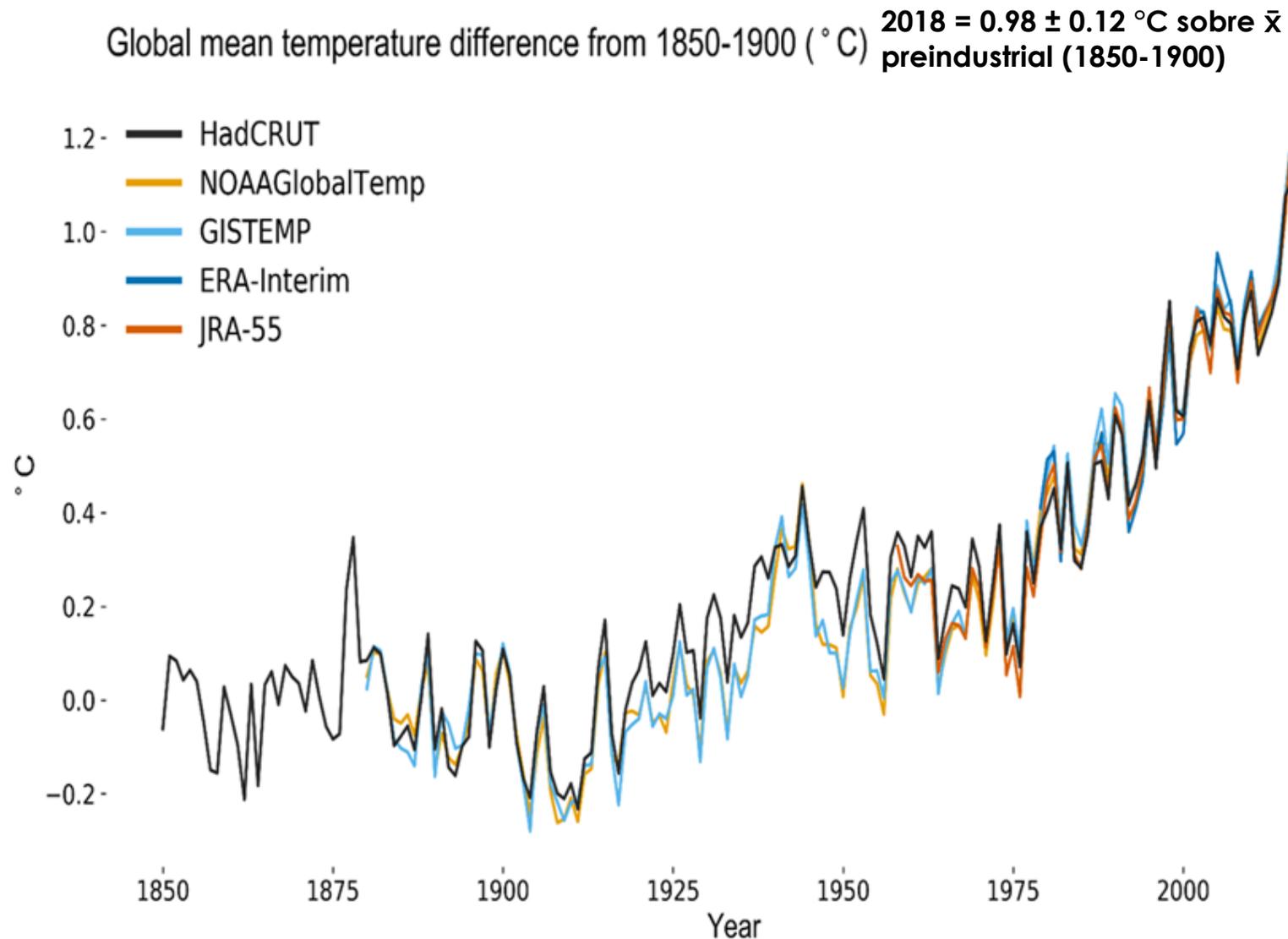
Por Manola Brunet

Catedrática de Climatología de la Universitat Rovira i Virgili

Presidente de la Comisión de Climatología de la Organización Meteorológica Mundial

# Documentando el calentamiento global a partir de datos instrumentales

Met Office

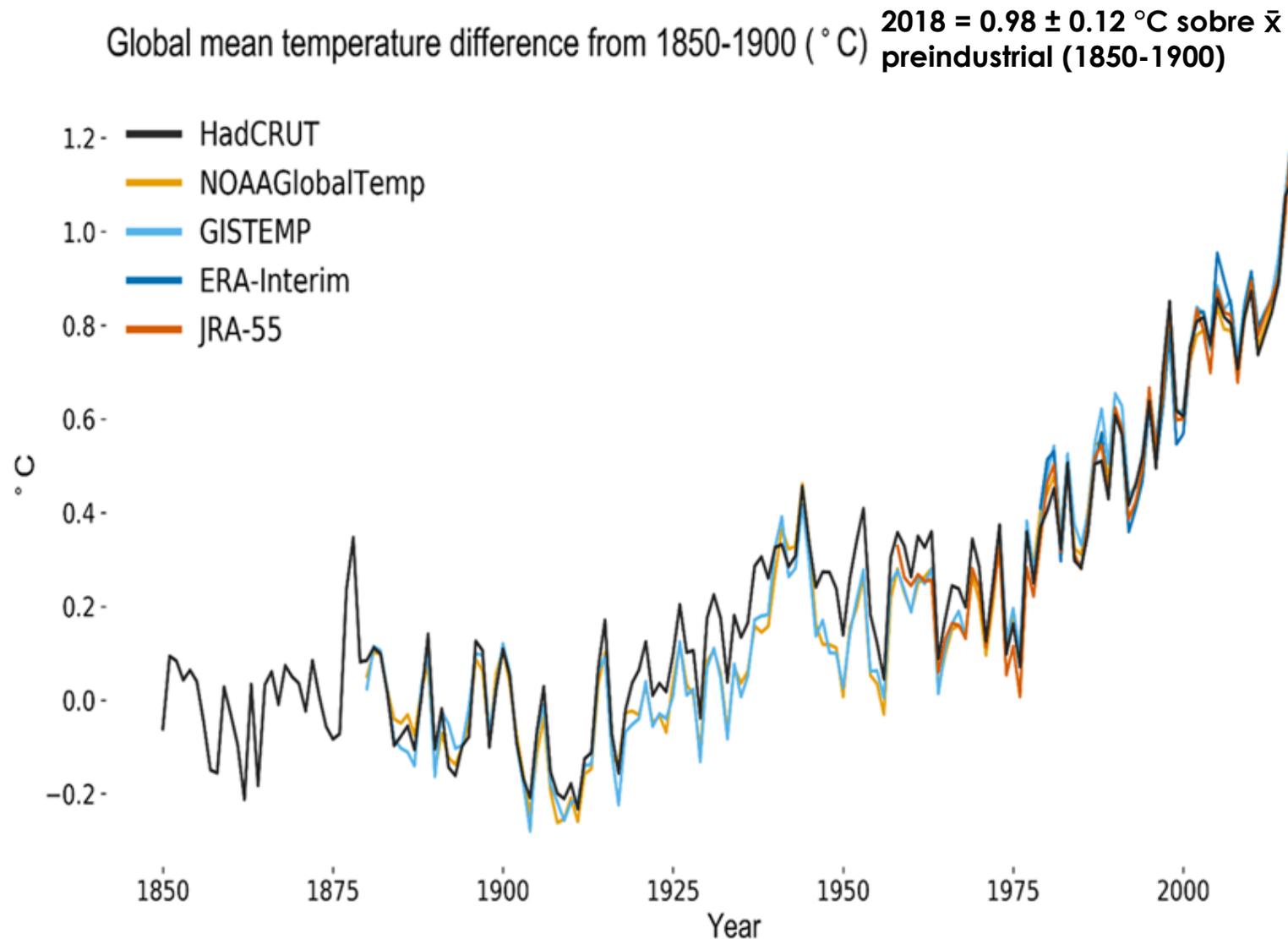


5 reconstrucciones instrumentales: 3 (2) basadas en datos in situ observados sobre tierra y mar (reanálisis y datos remotos)

¿Porqué la comunidad científica confía en estas reconstrucciones?

# Documentando el calentamiento global a partir de datos instrumentales

Met Office



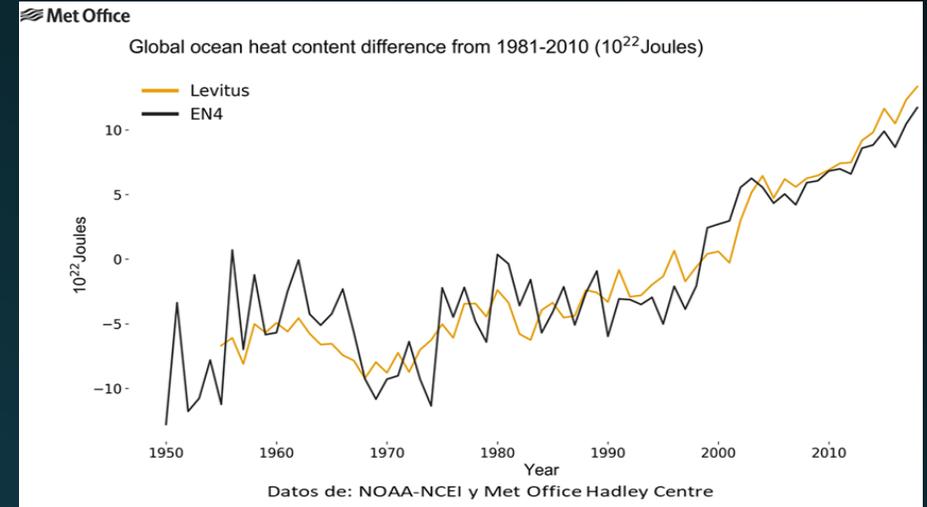
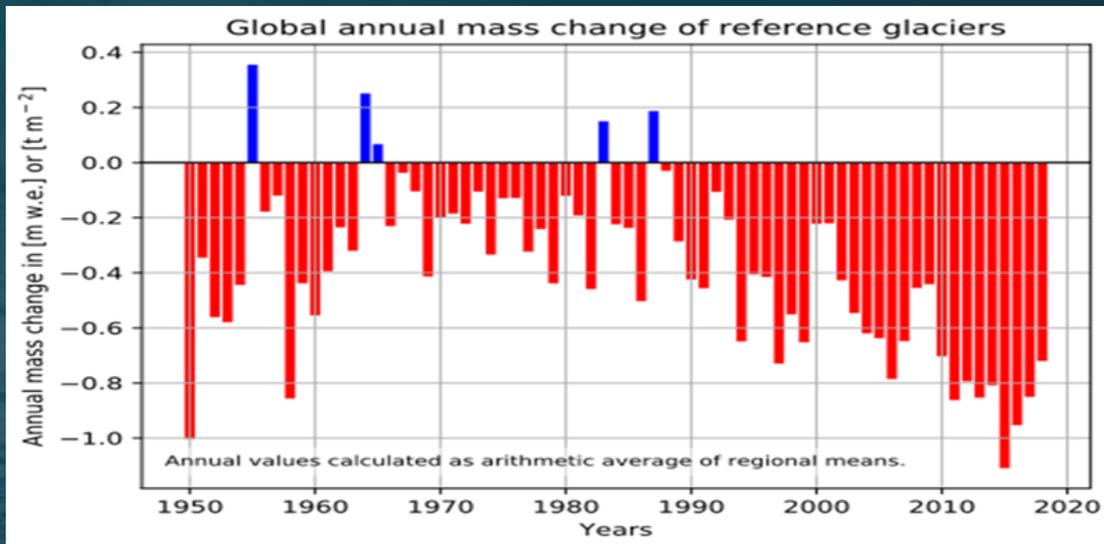
- Diversos sistemas de observación del clima sobre superficies marinas, terrestres y altura
- Distintos conjuntos de datos
- Diferentes aproximaciones para testar la calidad y homogeneidad de los datos
- Diversos métodos de interpolación espacial

Y pese a ello, variaciones y señal térmica casi idénticas

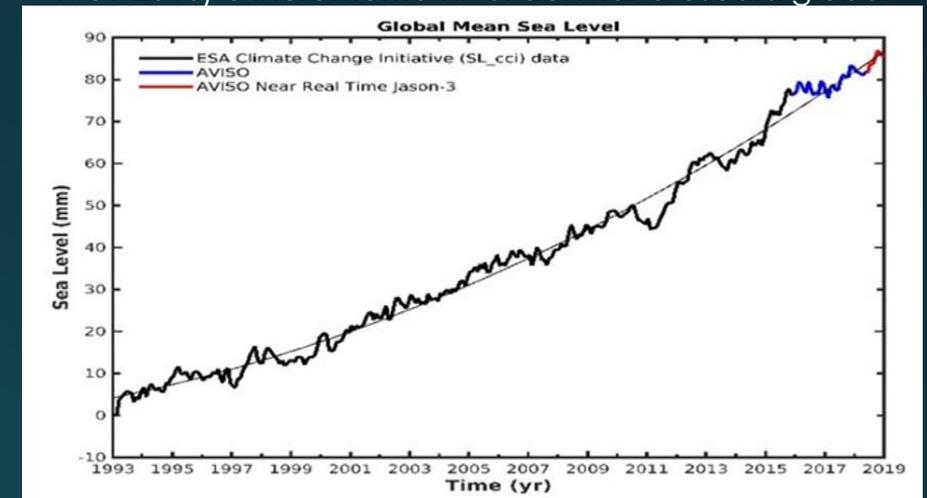
Tomado de WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018

# Y ¿estas otras?: Cascada de evidencias e impactos asociados al calentamiento global

Reducción hielos marinos Ártico y Antártico en 2018 y balance anual de masa en glaciares de referencia

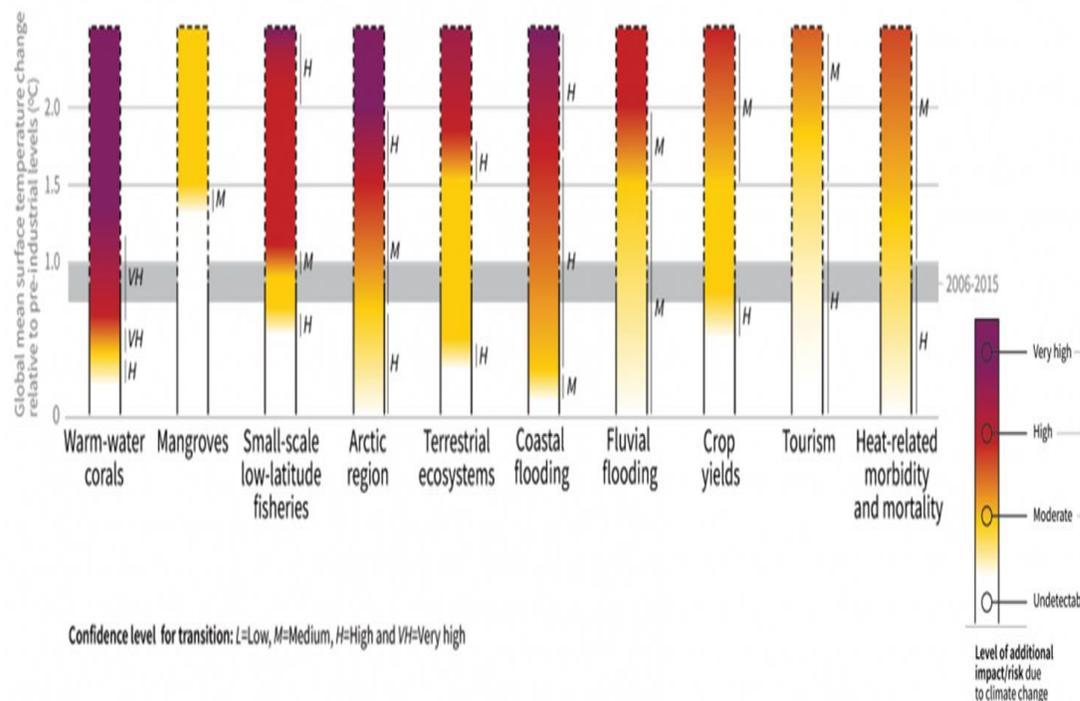


Cambio contenido calor capa 0-700m (periodo base 1981-2010) e incremento nivel del mar a escala global

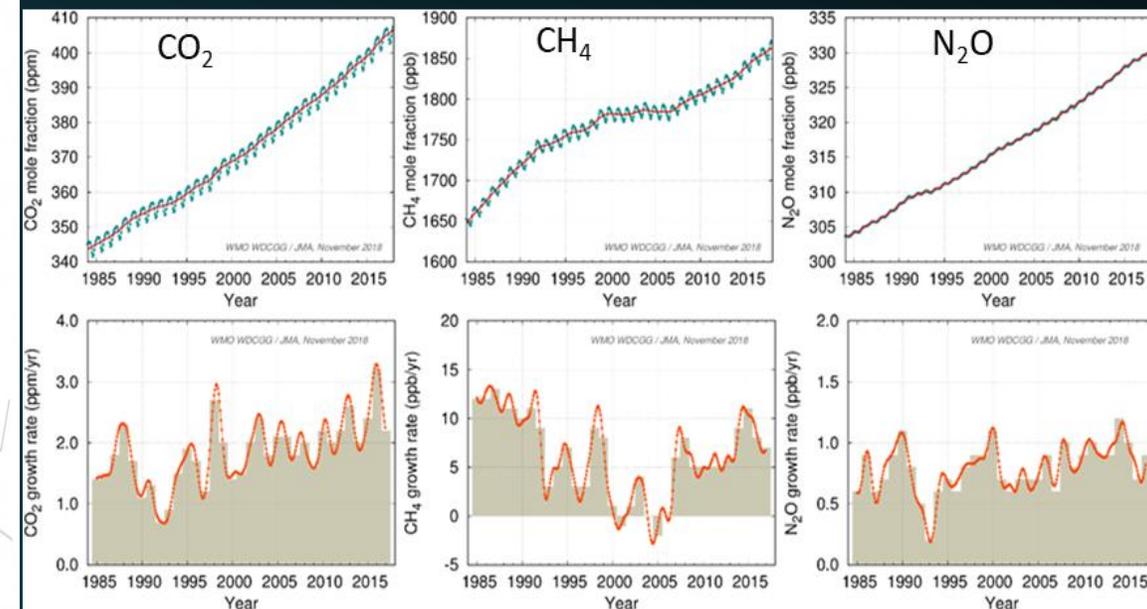


# Y ¿estas otras?: Cascada de evidencias e impactos asociados al calentamiento global

## Impacts and risks for selected natural, managed and human systems



Impactos y riesgos climáticos sobre salud humana y algunos socio-ecosistemas, incluida la agricultura, de contaminantes comunes y gases efecto invernadero (WMO/SoC 2018 y IPCC 2018)

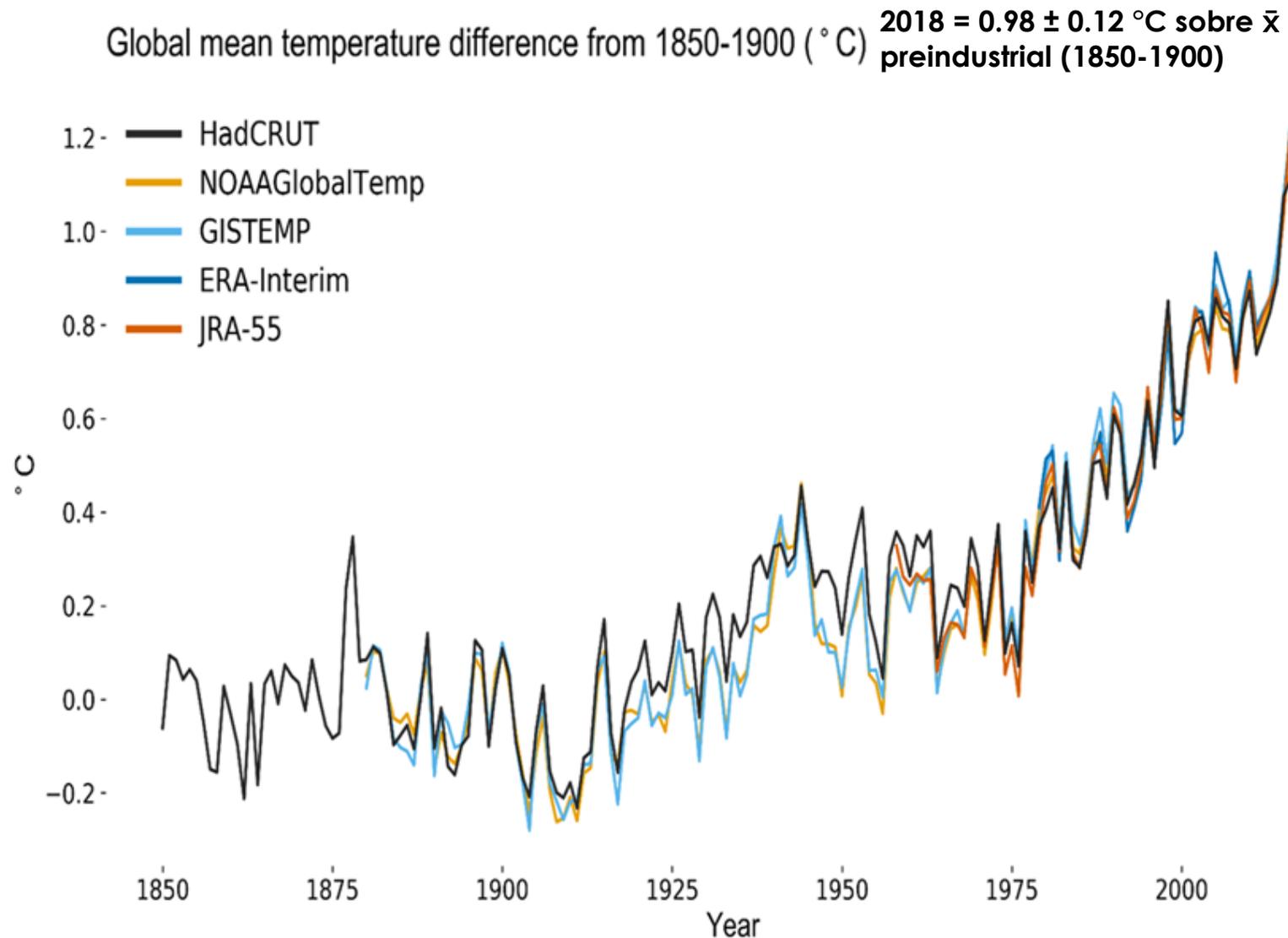


IPCC AR5: “**Extremadamente probable** que más de la mitad del **aumento** observado en la **temperatura** media global de **1951 a 2010** haya sido **causado** por el aumento en las **concentraciones** de **GEI** y otros forzamientos antropogénicos juntos”

Santer et al. 2019: elevan a **virtualmente cierto** el forzamiento humano de la temperatura (99.9999%)

# Documentando el calentamiento global a partir de datos instrumentales

Met Office



Pero ¿Son estas reconstrucciones completamente trazables?

¿Se ha estimado un presupuesto de incertidumbre general, incluyendo las cadenas de incertidumbres de la medición y de ajuste de las series temporales derivadas?

Tomado de WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018

# Declaración del IPCC en 2013: la mejora de los sistemas de observación del clima

El **sistema global** de observación del clima, si bien **no** es **perfecto**, ha **contribuido** exitosamente a la detección, **atribución** y **monitoreo** del **cambio climático**. Las mediciones de los parámetros meteorológicos de superficie se han realizado durante más de un siglo en muchas partes del mundo y, junto con los satélites y otros sistemas de observación in situ, han proporcionado **evidencias clave** que han permitido al Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático concluir que el

**calentamiento del sistema climático es inequívoco**

- Todavía hay mucho **espacio de mejora**: desde los **sistemas y redes de observación** del clima a la información y **datos** que **sustentan** esas evaluaciones científicas
- **Metrología y Climatología** se enfrentan al reto de **mejorar** los **sistemas**, incrementar la **trazabilidad** de los **datos** y estimar un **más completo presupuesto** de la cadena de **incertidumbres** asociadas a la medición y a los ajustes de series derivadas de las observaciones

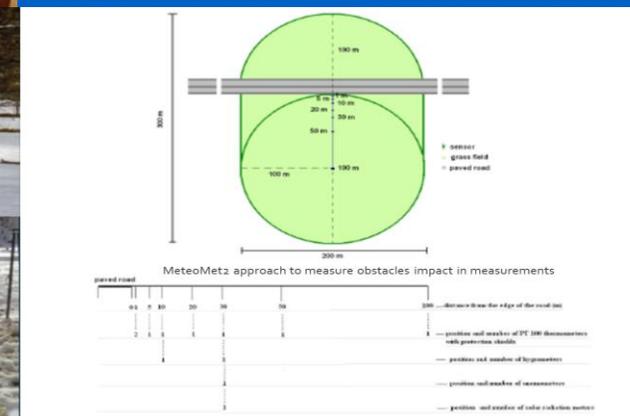
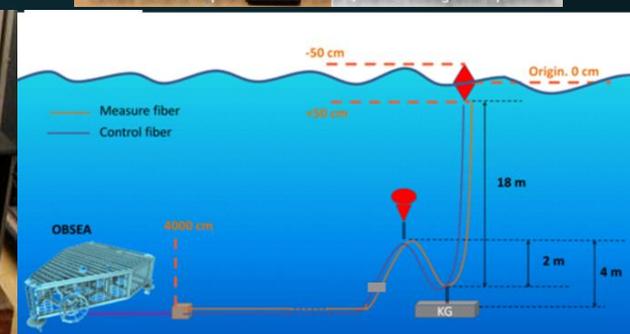
## ¿Porqué es necesaria una estrecha colaboración entre las comunidades metrológicas y climatológicas?

- Creciente **escrutinio público** sobre la colección, procesamiento y gestión de las observaciones in situ y remotas que soportan cualquier análisis y aplicación climática
- **Incompleta trazabilidad** tanto de las mediciones individuales como de las series de tiempo derivadas, además de la estimación aún incompleta del presupuesto de incertidumbres general, por lo que su **credibilidad** y **fiabilidad** quedan **comprometidas**
- Necesidad de asegurar que las observaciones y sus series temporales derivadas se han verificado utilizando las **mejores practicas observacionales**, están bien documentadas y fieles a los estándares
- **Incrementar la fiabilidad y trazabilidad** de la información climática es un requerimiento que ambas comunidades han de **afrentar** conjuntamente



# El papel de la Metrología en la mejora de la fiabilidad y trazabilidad a SI de sistemas e información climática

- **Calibración** instrumentos observación del aire, tierra, mar
- **Mejora** de los **instrumentos** y **métodos** de observación in situ y remotos
- Aumento **fiabilidad** y **precisión** de los **sistemas observación** en apoyo **clima**: hacia una **red referencia superficie**
- **Calidad** y **fiabilidad** de los **datos ECVs**
- Estimación **incertidumbres generales** de medición más completa
- Asegurar la **trazabilidad** de todos los procesos
- **Trazabilidad a SI completa** y **sostenible**, asegurando **comparabilidad** y **representatividad** de los datos



Contribuciones de MeteoMet para mejorar observaciones marinas, calibración instrumentos, envejecimiento sensores o el impacto de los obstáculos y el albedo en las mediciones de las variables esenciales del clima

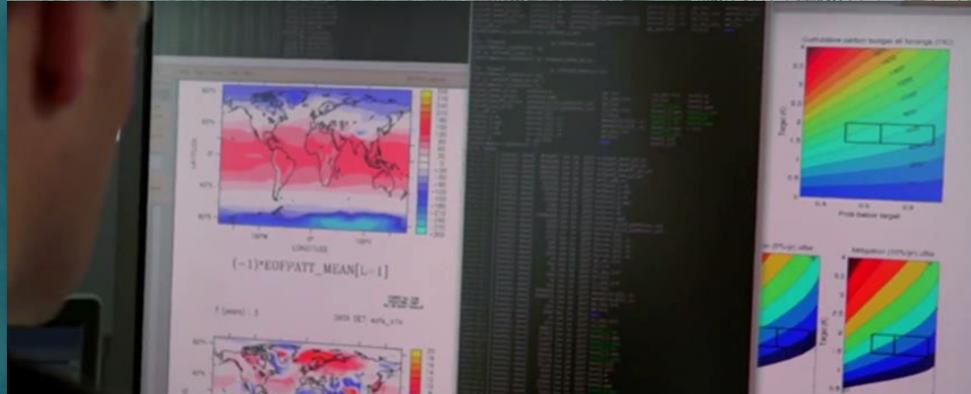
# Problemas a abordar: de la medición meteorológica a las series temporales del clima

La ordenación **cronológica** de las **mediciones** sobre un periodo de tiempo constituyen las series temporales del clima:

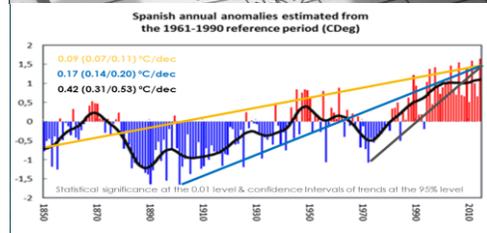
- **Informan** de las **variaciones** pasadas y presentes y sus **tendencias**
- **Esconden claves** sobre los **factores** que modulan **variabilidad** interanual, decenal, secular... del clima

Tienen **problemáticas** específicas

- Observaciones tomadas para **apoyar la predicción meteorológica**, no con propósitos climáticos, por lo que usamos **datos de segunda mano**
- Suelen combinar datos procedentes de **distintos** sistemas de observación y prácticas observacionales, con una **variedad** de abrigos, protectores, instrumentos...
- **Anotadas**, transcritas, **transmitidas** y gestionadas por bancos centrales de datos, controladas de calidad a tiempo real
- Cadena de procesos aplicados también a las series temporales derivadas inducen **sesgos no sistemáticos** y **sistemáticos** que requieren ajustes e **introducen nuevas incertidumbres** en las series controladas de calidad y homogeneizadas
- Algunos ejemplos...



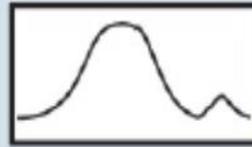
Code	Year	Month	Day	Station name	Alt	Long	Lat	h	in	lev
5972X	2015	2	1	SAN FERNANDO	28	612202	362756	131	78	100
5972X	2015	2	2	SAN FERNANDO	28	612202	362756	130	65	102
5972X	2015	2	3	SAN FERNANDO	28	612202	362756	143	112	128
5972X	2015	2	4	SAN FERNANDO	28	612202	362756	130	94	112
5972X	2015	2	5	SAN FERNANDO	28	612202	362756	118	64	91
5972X	2015	2	6	SAN FERNANDO	28	612202	362756	117	49	83
5972X	2015	2	7	SAN FERNANDO	28	612202	362756	117	62	90
5972X	2015	2	8	SAN FERNANDO	28	612202	362756	139	53	96
5972X	2015	2	9	SAN FERNANDO	28	612202	362756	159	72	116
5972X	2015	2	10	SAN FERNANDO	28	612202	362756	150	108	129
5972X	2015	2	11	SAN FERNANDO	28	612202	362756	173	107	140
5972X	2015	2	12	SAN FERNANDO	28	612202	362756	156	118	133
5972X	2015	2	13	SAN FERNANDO	28	612202	362756	158	84	121
5972X	2015	2	14	SAN FERNANDO	28	612202	362756	166	103	134
5972X	2015	2	15	SAN FERNANDO	28	612202	362756	157	129	143
5972X	2015	2	16	SAN FERNANDO	28	612202	362756	139	125	132
5972X	2015	2	17	SAN FERNANDO	28	612202	362756	154	95	124
5972X	2015	2	18	SAN FERNANDO	28	612202	362756	179	91	135
5972X	2015	2	19	SAN FERNANDO	28	612202	362756	191	90	140
5972X	2015	2	20	SAN FERNANDO	28	612202	362756	161	86	124
5972X	2015	2	21	SAN FERNANDO	28	612202	362756	156	111	134
5972X	2015	2	22	SAN FERNANDO	28	612202	362756	146	105	126
5972X	2015	2	23	SAN FERNANDO	28	612202	362756	152	122	137
5972X	2015	2	24	SAN FERNANDO	28	612202	362756	155	100	128
5972X	2015	2	25	SAN FERNANDO	28	612202	362756	146	78	112
5972X	2015	2	26	SAN FERNANDO	28	612202	362756	158	96	127
5972X	2015	2	27	SAN FERNANDO	28	612202	362756	160	116	138



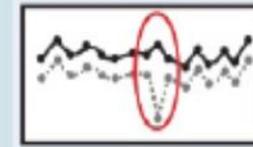
# Enfoque climatológico: evitando sesgos no sistemáticos y asegurando la calidad de las series: control de calidad (CC)



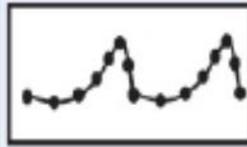
Date order



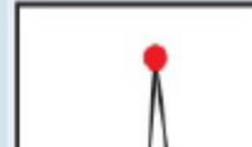
Strange distributions



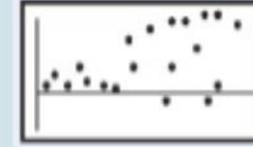
Calculated vs observed values



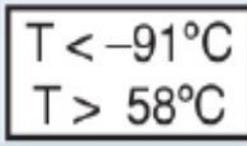
Pattern repetition



Climatic outliers



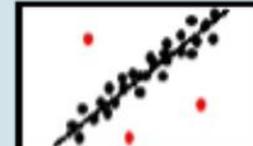
Strange scattering



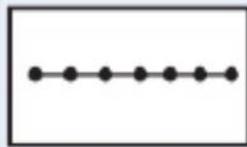
Record breakers



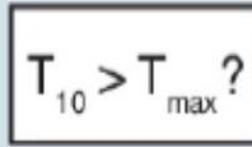
Jumps and spikes



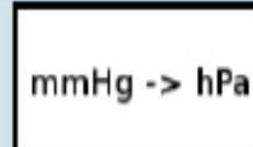
Bivariate distribution outliers



Repeated values



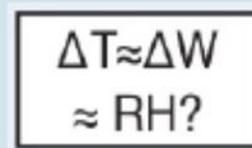
Logical failures



Unit changes



Frequency biases



Intervariable comparison

error

00  
00  
00

outlier

orarias  
2018

de Tx  
un mal  
nto del  
o no  
en el  
a hace  
usable

# Causas comunes que rompen la homogeneidad de series y su impacto

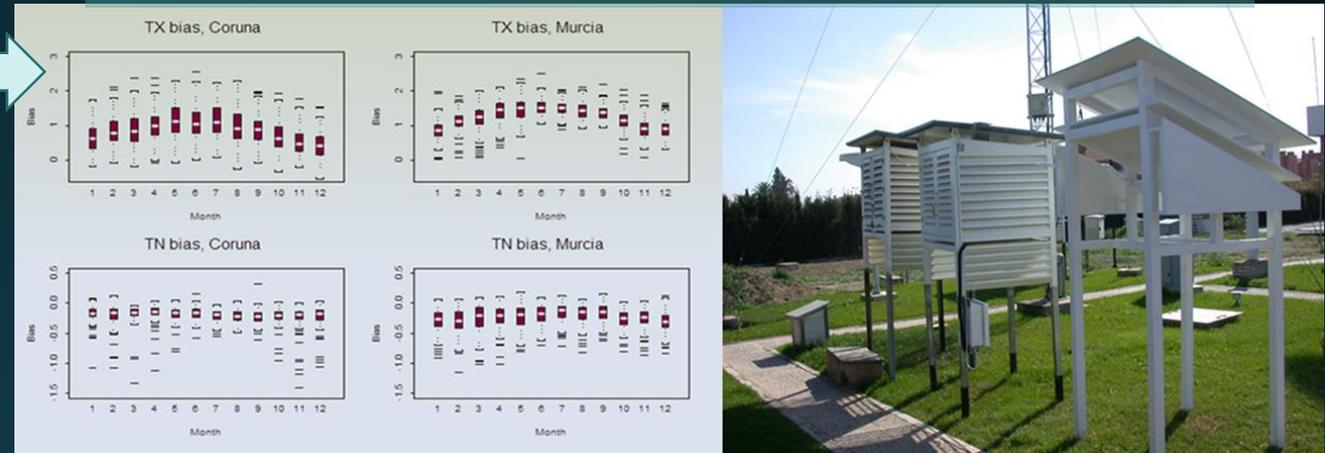
$$\hat{Y}(t) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^3 (\beta_i + \sum_{j=1}^3 \beta_{ij}^s \sin(2\pi j t / 366) + \beta_{ij}^c \cos(2\pi j t / 366)) DTR^i + \sum_{i=1}^3 (\gamma_i + \sum_{j=1}^3 \gamma_{ij}^s \sin(2\pi j t / 366) + \gamma_{ij}^c \cos(2\pi j t / 366)) TX^i$$

- Cambios ubicación estaciones, plataformas remotas, boyas...
- Cambios sistemas observación, instrumentación, exposición, abrigo
- Cambios prácticas observacionales
- Cambios en el cálculo de las medias/sumas y correcciones aplicadas
- Cambios en los alrededores de los observatorios (micro- y topoclimáticos) de superficie

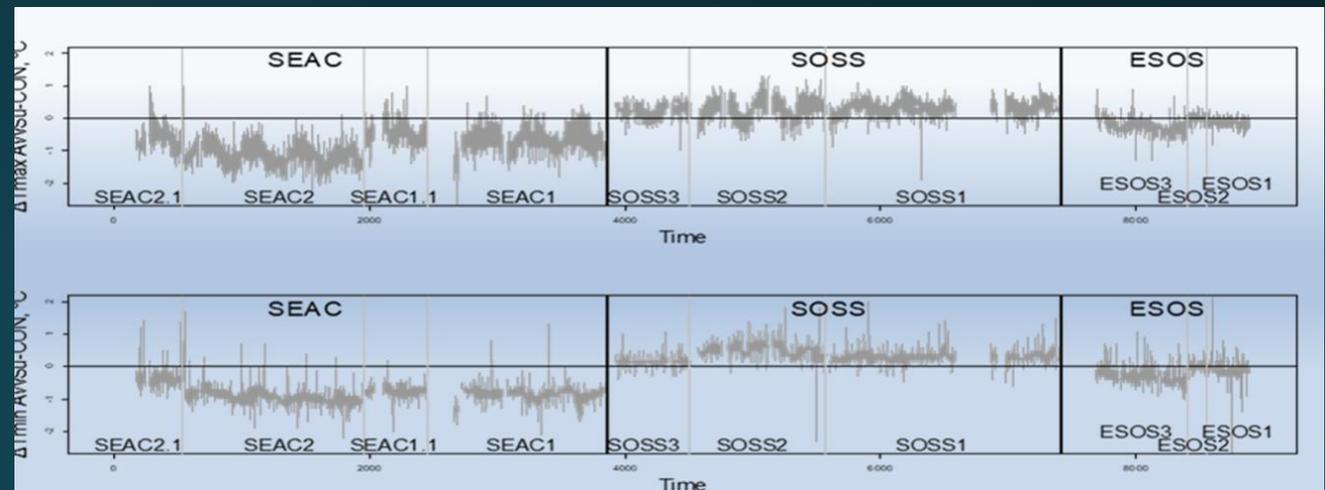
Potencial para introducir **sesgos mayores** que la propia **señal climática**

Algunos **ejemplos** de sesgos sistemáticos que rompen la homogeneidad de una serie, su impacto y ajuste

## Sesgos simultáneos en una red y medición en paralelo



Impacto de la transición de abrigos abiertos (Montsouri) a Stevenson en 2 pruebas de campo. De Brunet et al. 2011



Impacto de la transición entre observación manual y automática en ensayo de campo de Observatorio del Ebro. De Gilabert et al. 2015

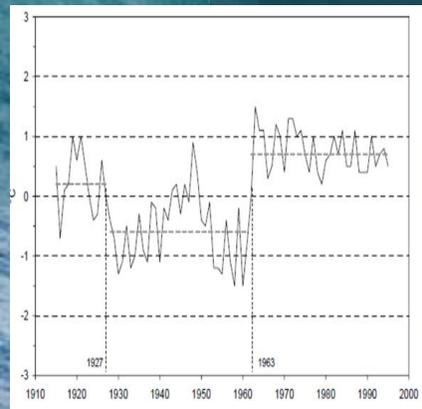
# Inhomogeneidades inducidas por la reubicación de la estación y su ajuste



Efecto e  
Australia  
observa  
convenc  
el aerop

Desde la climatología se ha avanzado en la mejora de los métodos de homogeneización y en la estimación de sus eficiencias, pero

¿se ha añadido la estimación del presupuesto de incertidumbre asociado al CC y a los ajustes aplicados a las series temporales?



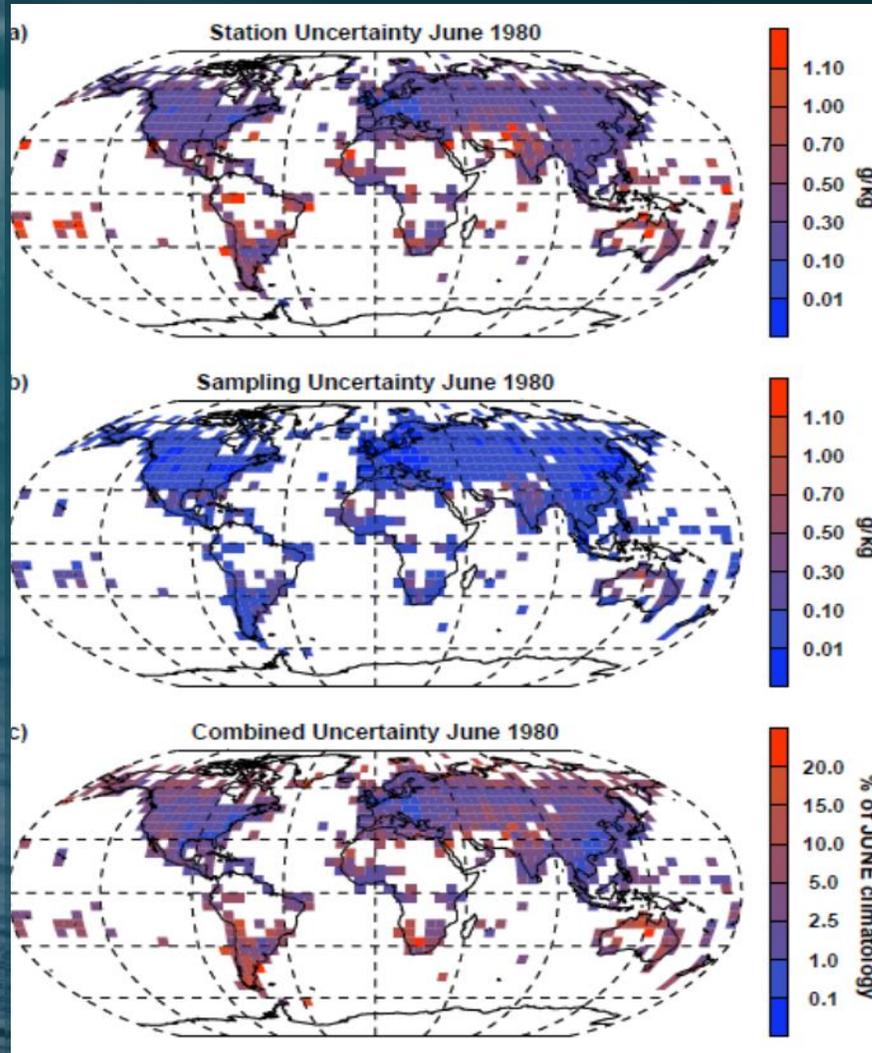
impacto relocalización (1927, un salto de  $-0.8^{\circ}\text{C}$ ) y un cambio de exposición (1963,  $+1.3^{\circ}\text{C}$ ) en TN, estación Amos y su ajuste.  
Vincent, 1996



# Añadiendo incertidumbres de los ajustes al presupuesto general: esfuerzos conjuntos para mejorar la trazabilidad de datos

En grandes conjuntos de datos: producto HadISDH humedad específica superficie (Willett et al 2013)

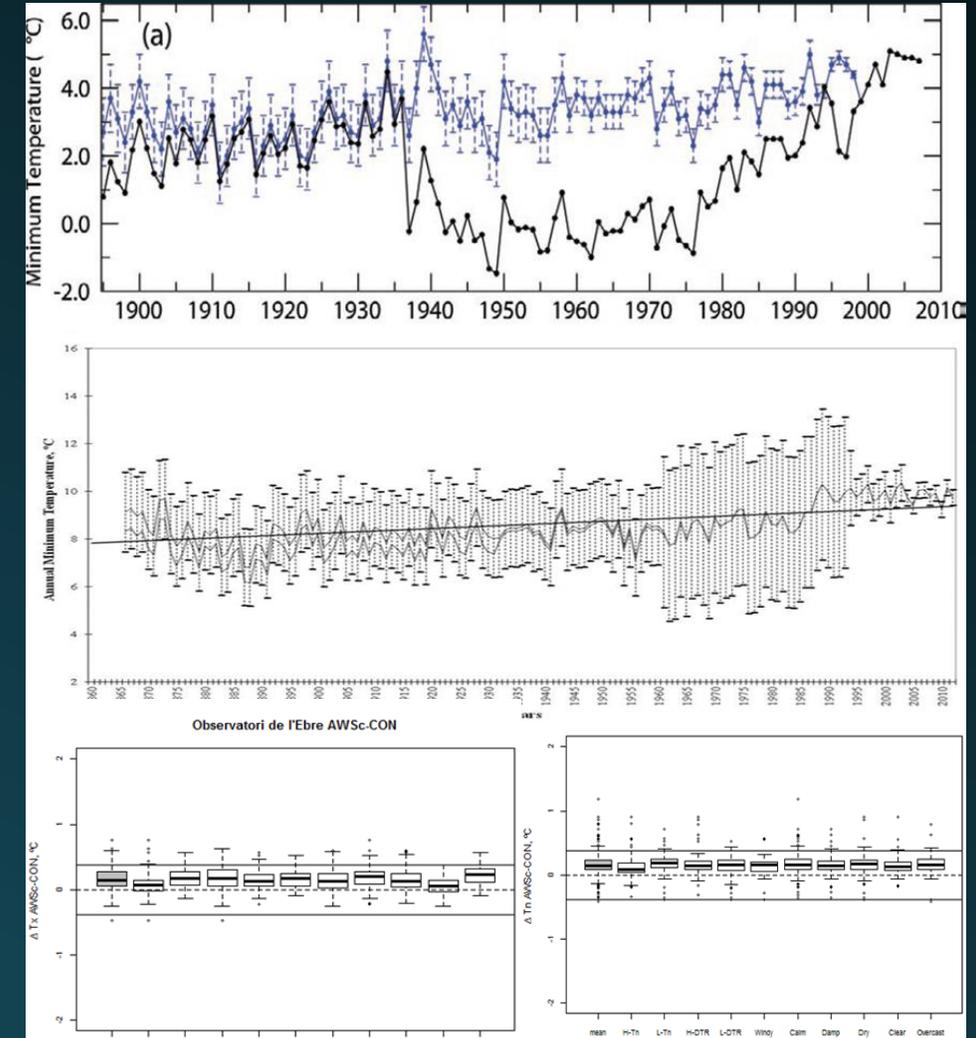
En estaciones individuales: 1. Tn series de Reno Nevada (Menne et al. 2009) y 2. Tn series de Moncalieri y Tx/Tn Obs. Ebro (Gilabert et al. 2015)



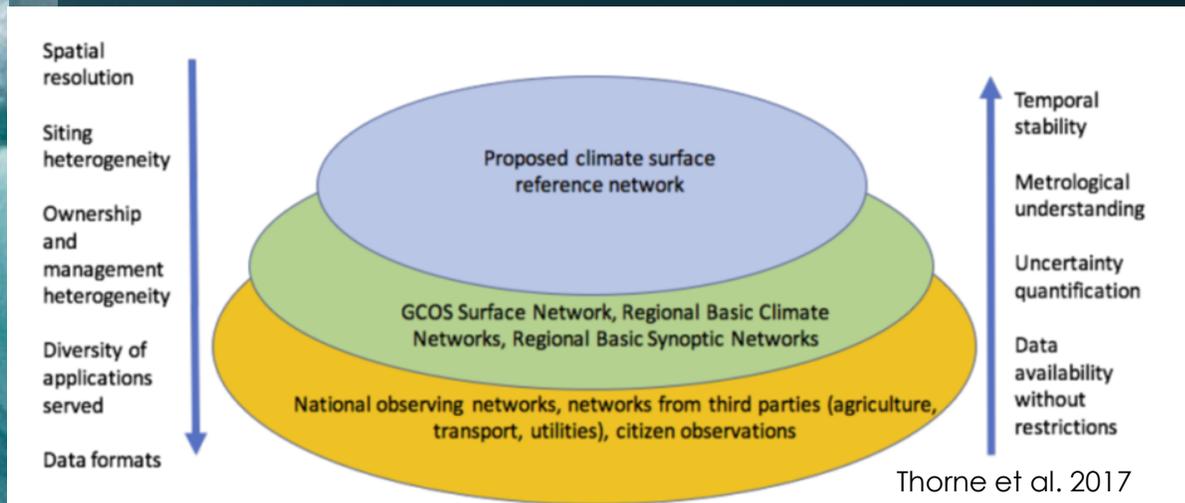
Colaboración entre meteorólogos y climatólogos para mejorar la trazabilidad de datos y estimar un presupuesto de incertidumbres más completo

Presupuestos de incertidumbre combinado: instrumental y de homogeneización

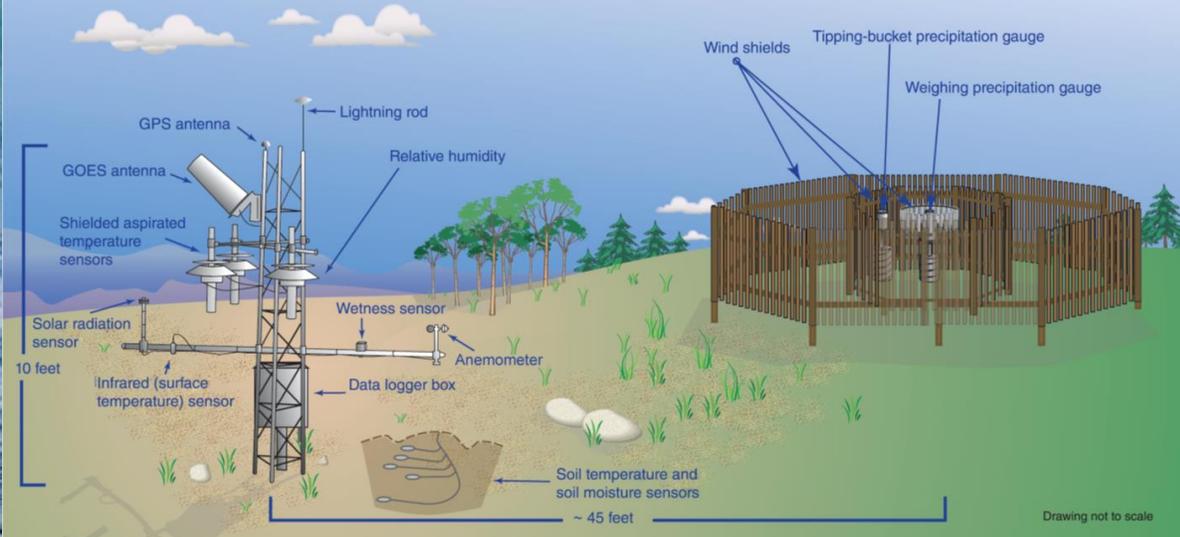
Prometedora combinación usando AWS calibrados para suavizar transición a observación automática Tx y Tn diarias: **MeteoMet**



# Hacia el despliegue de una red fiduciaria de referencia climática de superficie: un reto a abordar conjuntamente



Estación USCRN: Diamond et al., 2013



## Finalidades y requerimientos

- Emplazamiento e instrumentación
- Configuración espacial de la red
- Trazabilidad e incertidumbre
- Comparabilidad
- Representatividad
- Sostenibilidad temporal
- Metadatos completos
- Gestión de cambio de instrumento
- Documentación
- Certificación
- Gestión y coordinación

## Beneficios

- Mejor comprensión funcionamiento de los instrumentos: inter-comparación y desarrollo
- Soporte y caracterización de redes más amplias
- Calibración/validación robusta datos remotos y satelitales
- Apoyo a la comprensión de procesos climáticos y validación de modelos
- Retos técnicos y científicos a abordar conjuntamente

Muchas  
gracias por  
vuestra  
atención

Comentarios o preguntas?

