



Impacto del cambio climático sobre las presas (aspectos preliminares)

Michel Rosengaus M.

Webinar vía plataforma Zoom (vía Internet)

Miércoles 10 de junio de 2010

10:45 a 12:00

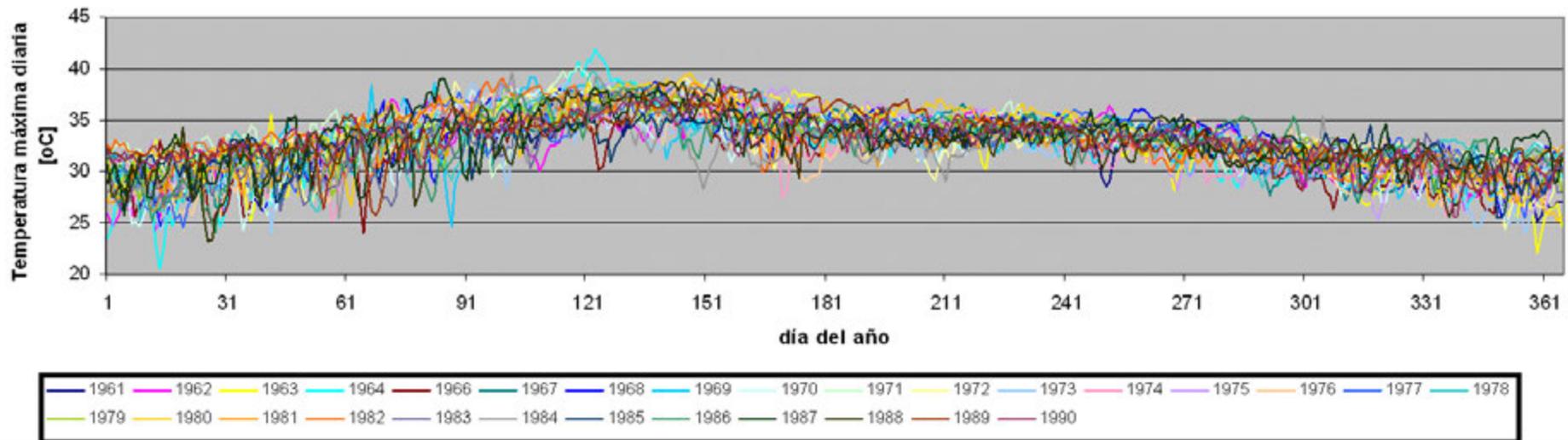
Clima y Cambio Climático

- El **clima** es el marco estadístico del estado de la atmósfera (lo que esperamos estadísticamente para un cierto sitio en una cierta época)
- El **estado del tiempo** es una instancia particular de dicho clima (lo que obtenemos para dicho sitio en un día en particular)
- (“...el **clima** es lo que esperamos, el **estado del tiempo** es lo que obtenemos...”)
(**climatología**) vs (**meteorología**)
- El clima no solamente consiste en las condiciones promedio, sino también su variabilidad normal, valores extremos, etc.
- Tradicionalmente los ingenieros hemos considerado que el clima era **constante**, es decir, que nuestra expectativa atmosférica no cambiaba al transcurrir los años
- Pero hoy sabemos que el clima siempre ha sido lentamente cambiante (lento en relación a la duración de una vida humana) por razones naturales
- De 1850 a la fecha, la actividad humana, ha introducido gran concentración de **gases de efecto invernadero** y ha producido cambios en el clima acelerados

Ejemplo práctico real

(temperatura máxima diaria al centro de la P. de Yucatán)

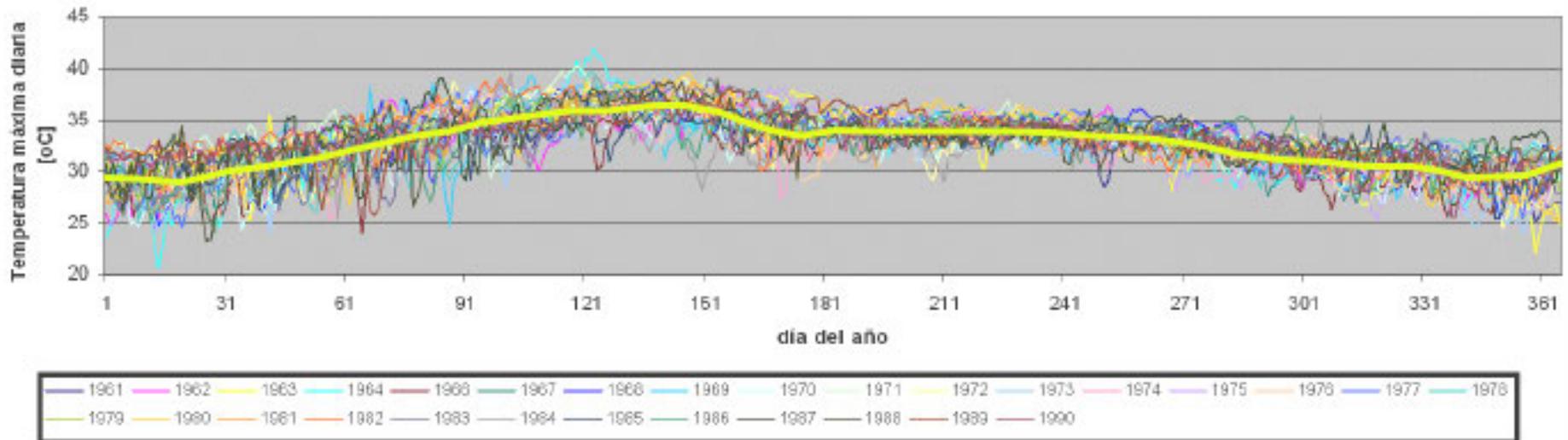
Temperaturas máximas diarias al centro de la PY (30 años: 1961-1990)



- Cada traza de color representa un año en particular del intervalo 1961-1990)
- El eje de las abscisas es el del número juliano del día del año
- El conjunto representa el clima de temperaturas máximas al centro de la P.Yuc.

Comportamiento medio (temperatura máxima diaria al centro de la P. de Yucatán)

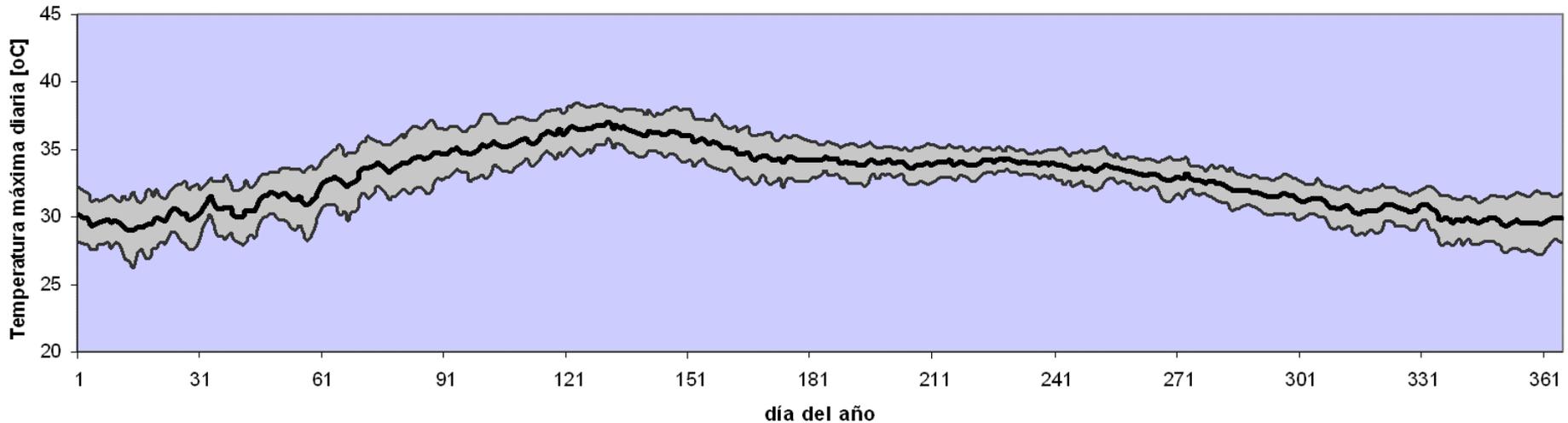
Temperaturas máximas diarias al centro de la PY (30 años: 1961-1990)



- El comportamiento medio de las trazas describe la variación a lo largo del año
- Pero es solo una parte de la climatología de temperaturas máximas diarias del sitio

Comportamiento medio y variabilidad (temperatura máxima diaria al centro de la P. de Yucatán)

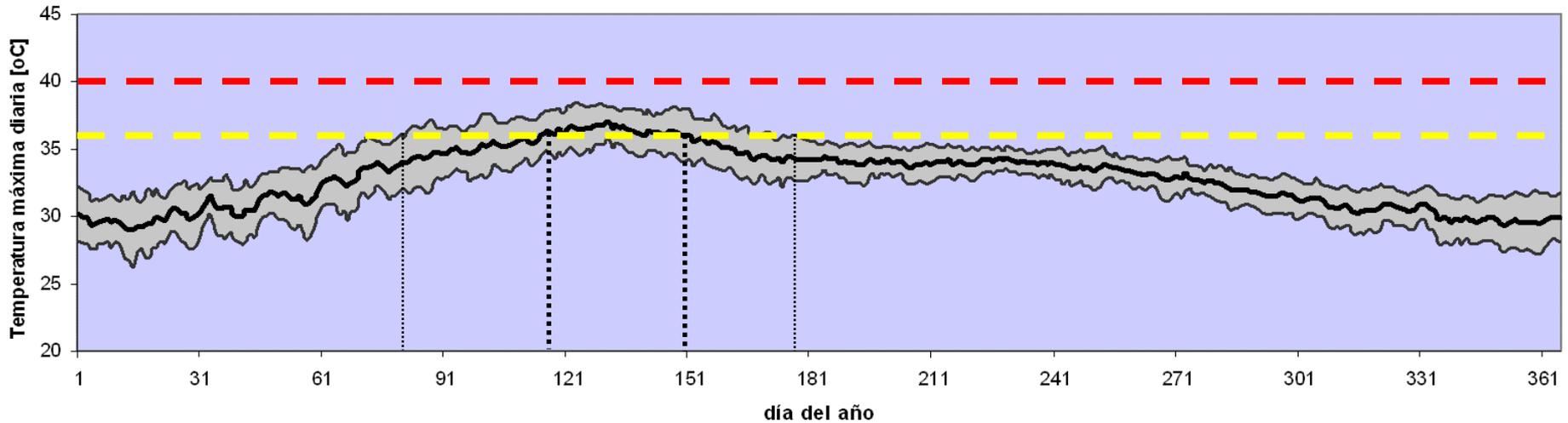
Temperaturas máximas diarias al centro de la PY (media y desviación estándar: 1961-1990)



- Ahora sí, tenemos comportamiento medio y variabilidad alrededor de él.
- El **cambio climático** implicaría algún cambio sobre las estadísticas en la gráfica

Dos umbrales constructivos

Temperaturas máximas diarias al centro de la PY (media y desviación estándar: 1961-1990)

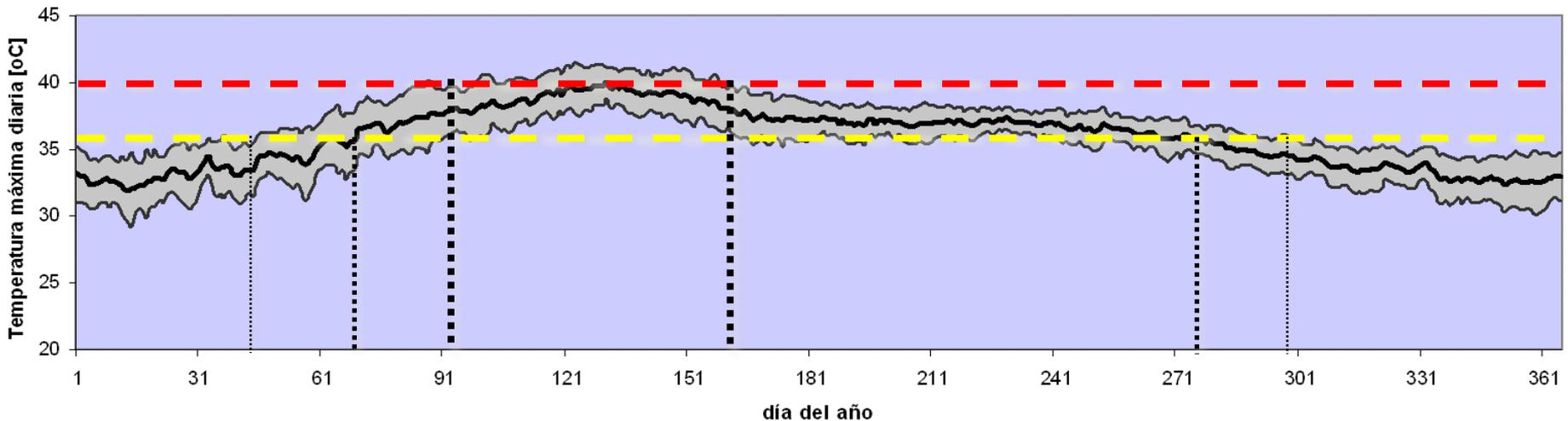


Suponiendo 2 umbrales de T_{\max} para una cierta *junta constructiva*:

- $T_{\max} > 36$ °C empieza a producir “*stress*” en la junta
- $T_{\max} > 40$ °C daña permanentemente la junta y pone en peligro a la presa
- En promedio se tendrán **33** días con *stress*
- En un año muy desfavorable podrían ocurrir hasta **100** días de *stress*
- Excepto por casos muy extremos nunca se tendrá *daño permanente*

Escenario simplista de cambio climático 1 (incremento uniforme de +3°C, igual variabilidad)

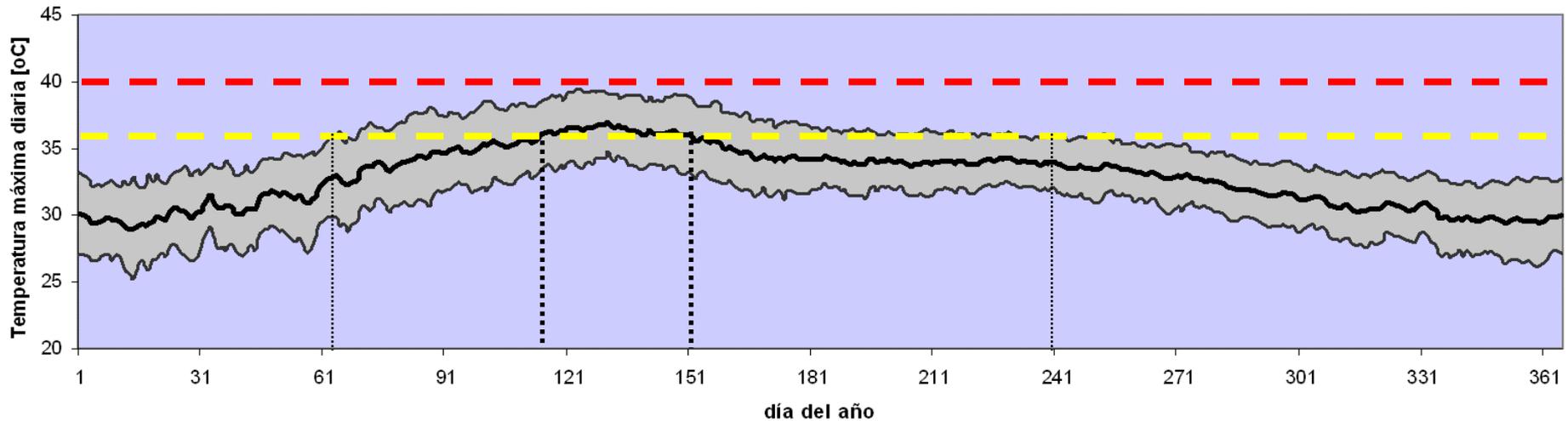
Incremento uniforme de la temperatura máxima del día (en el ejemplo +3°C)



- En promedio se tendrán 206 días con *stress* (6.2X el original)
- En un año muy desfavorable podrían ocurrir hasta 259 días de *stress* (2.59X el original)
- Hasta en años muy favorables existirán del orden de 65 días de *stress* (65 días más que el original)
- En promedio existirá una probabilidad no nula de *daño permanente*
- En un año muy desfavorable existirán del orden de 67 días con *daño permanente* (67 días más que el original)

Escenario simplista de cambio climático 2 (igual media, variabilidad incrementada $\pm 1^\circ\text{C}$)

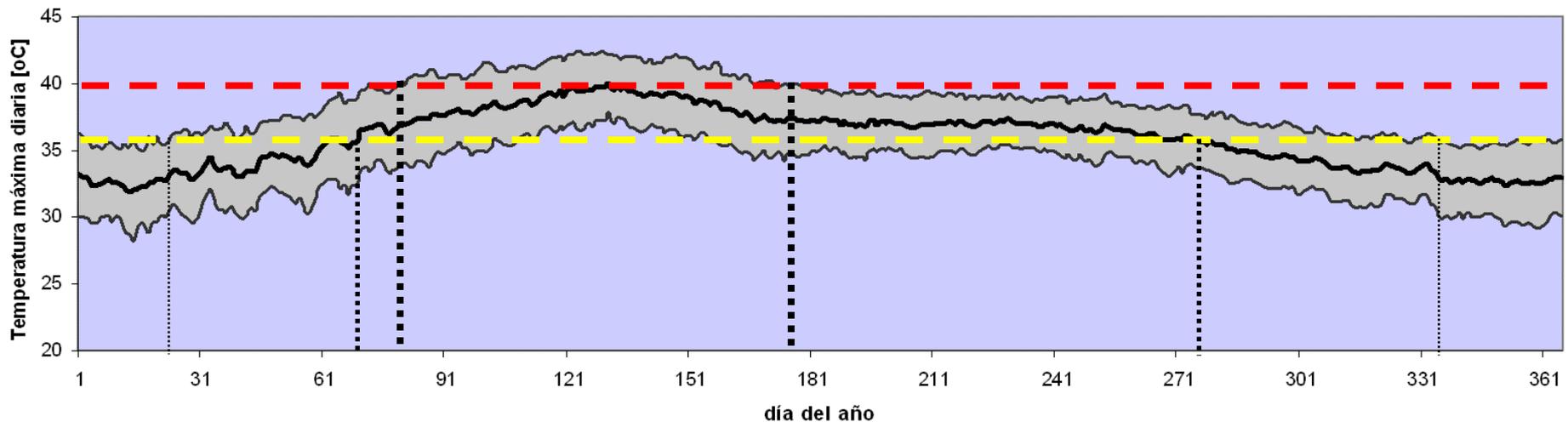
Incremento de la variabilidad de la temperatura máxima del día (en el ejemplo desviación estándar aumenta $+1^\circ\text{C}$)



- En promedio se tendrán 33 días con *stress* (igual a original)
- En un año muy desfavorable podrían ocurrir hasta 178 días de *stress* (1.78 X el original)
- Existiría una probabilidad extremadamente baja de *daño permanente* (igual al original)

Escenario simplista de cambio climático 3 (media incrementada 3°C, variabilidad incrementada ± 1°C)

Incremento de la temperatura máxima del día y de su variabilidad (+3°C y +1°C respectivamente)

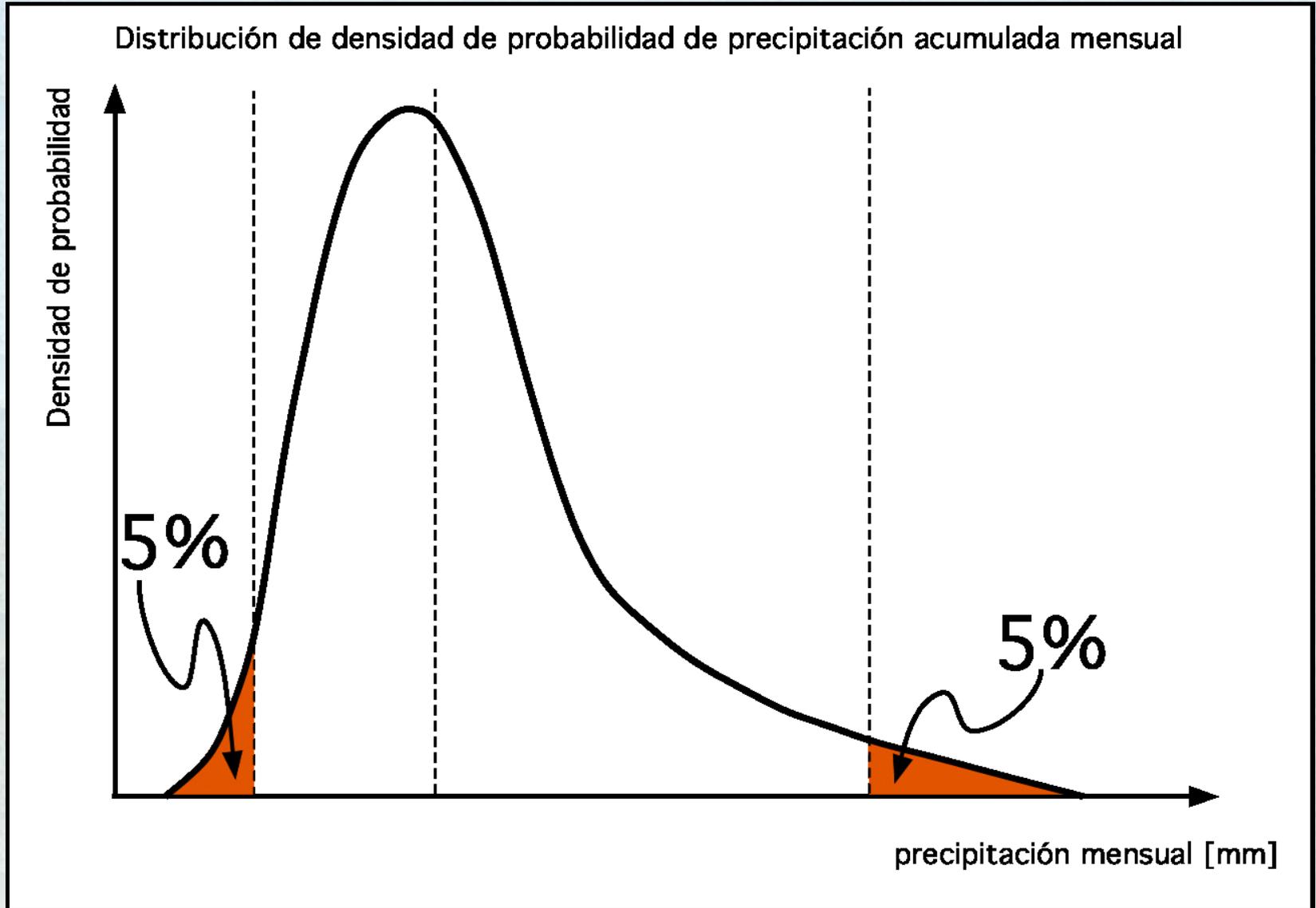


- En promedio se tendrán 206 días con *stress* (6.24X el original)
- En un año muy desfavorable podrían ocurrir hasta 310 días de *stress* (3.1X el original)
- Hasta en años muy favorables existirán del orden de 55 días de *stress* (55 más que en el original)
- En promedio existirá una probabilidad no nula de *daño permanente*
- En un año muy desfavorable existirán del orden de 95 días con *daño permanente* (95 más que en el original)

Posibles manifestaciones del cambio climático en la cuenca hidrográfica de una presa

- Incremento o decremento en la lámina anual precipitada sobre la cuenca
- Retraso o adelanto en la temporada de lluvias (en su fecha media o en variabilidad alrededor de ella)
- Efectos no uniformes a lo largo del año (p.ej. nulo cambio en invierno, máximo cambio en verano, o viceversa)
- Alargamiento o concentración de temporadas de lluvia y estiaje (con sus consecuencias en relación a la operación de la presa)
- Aumento de longevidad de intervalos de sequía
- Dificultad en definir (hasta legalmente) condición de sequía
- Incremento de temperatura y radiación solar durante el estiaje
- Incremento en la cantidad de combustible disponible para incendios forestales
- Incremento en materiales vegetales y térreos arrastrados por el flujo superficial por tormentas post-incendios forestales y su correspondiente sedimentación de cauces y del vaso
- Cambios en los coeficientes de infiltración, de lluvia efectiva, de escurrimiento, tiempos de concentración de la cuenca, etc.
- Incremento en la evaporación desde la superficie del vaso

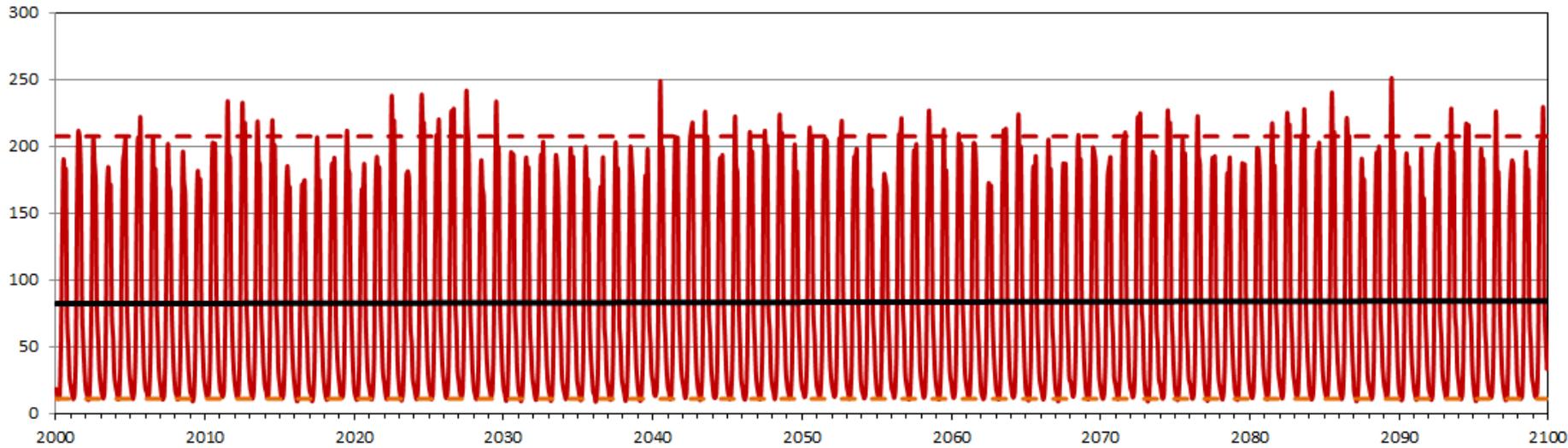
Exploremos caso de precipitación pluvial (clima conocido al diseñarse una presa)



El clima representado como una distribución (de densidad) de probabilidad

Que sería equivalente a suponer que durante vida útil de la obra (2000-2100)

clima constante (en la media y en la variabilidad)



caracterización estadística

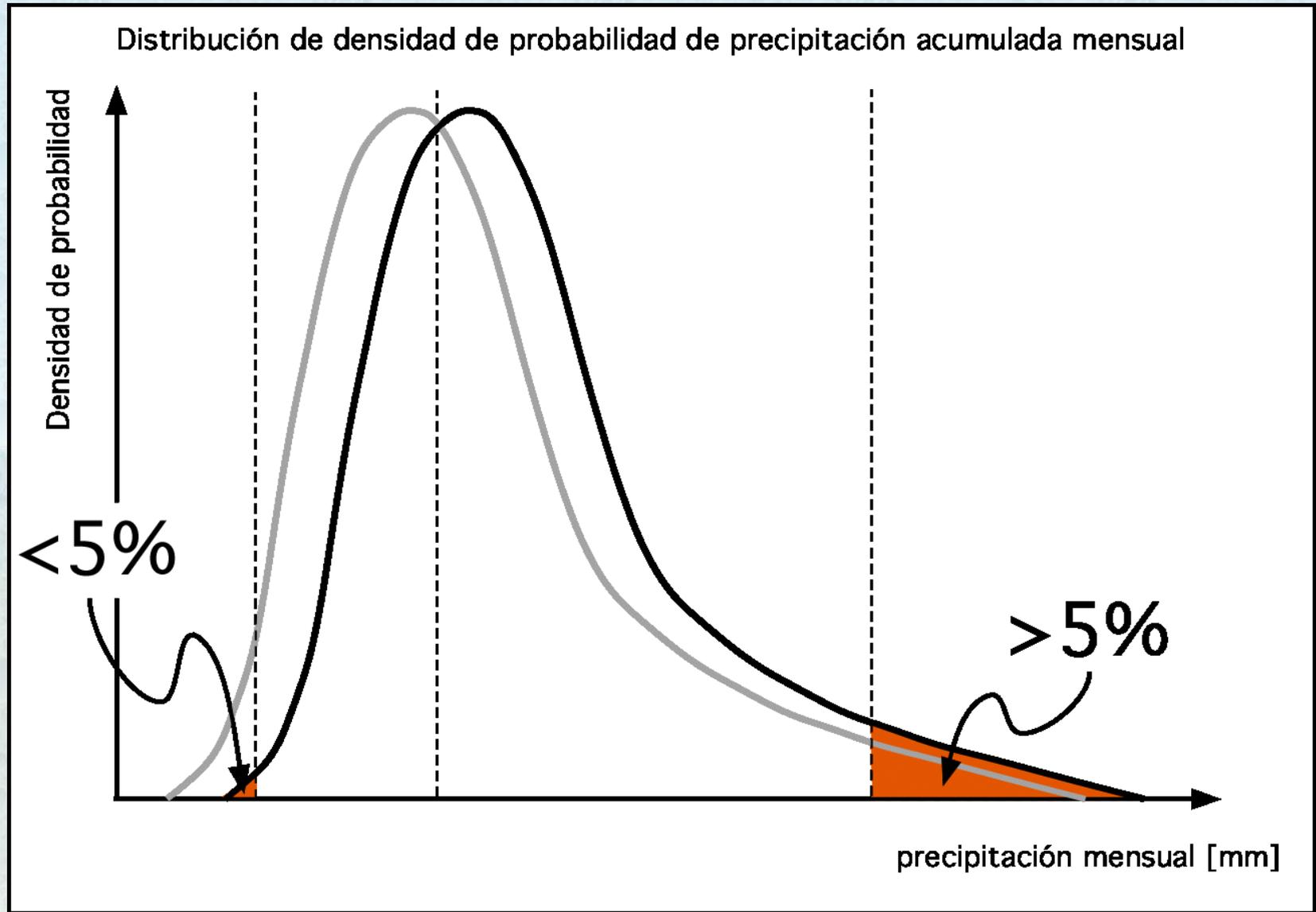


Media=85 mm/mes

Percentil 5% = 10 mm/mes

Percentil 95% = 210 mm/mes

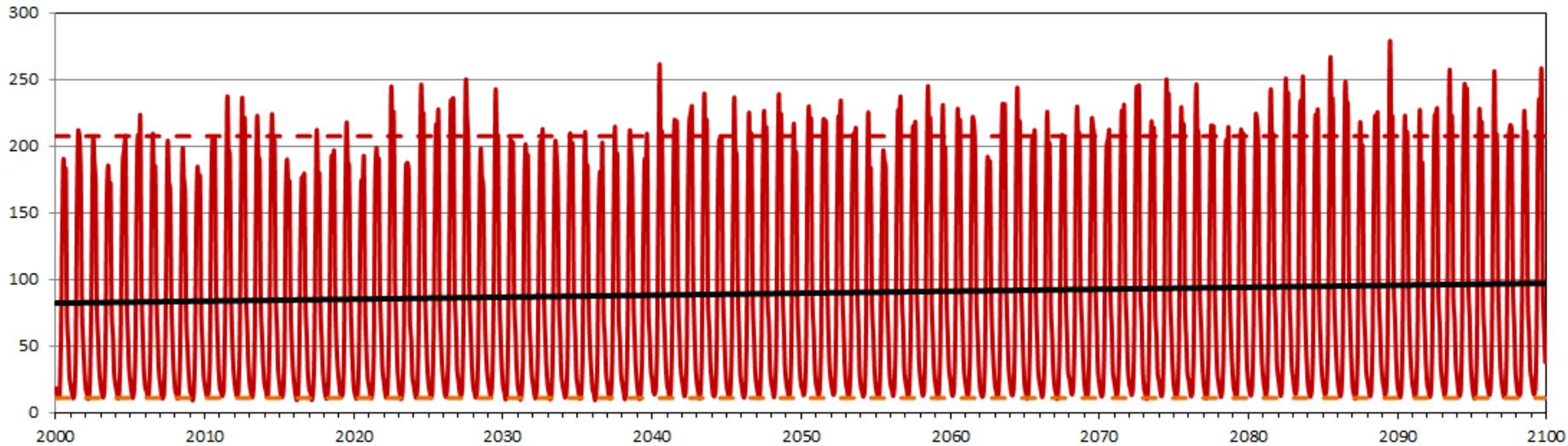
Escenario de cambio climático solo con media creciente



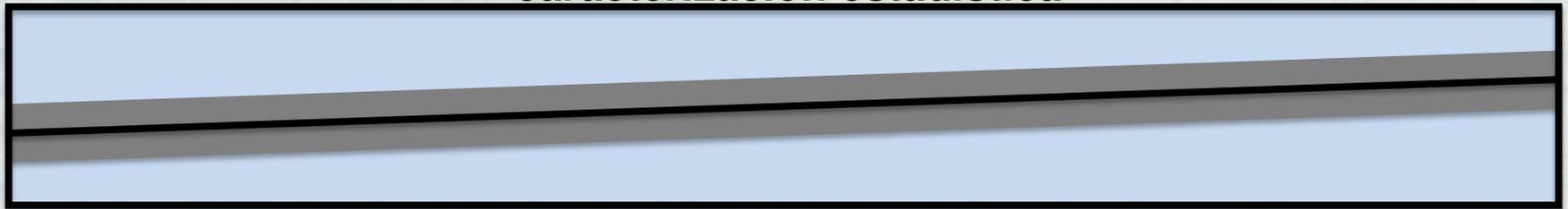
Mayor probabilidad de meses extremadamente altos,
menor probabilidad de eventos extremadamente bajos

Que a lo largo del siglo se comportaría como
(1000mm/año creciendo linealmente a 1150 mm/año)

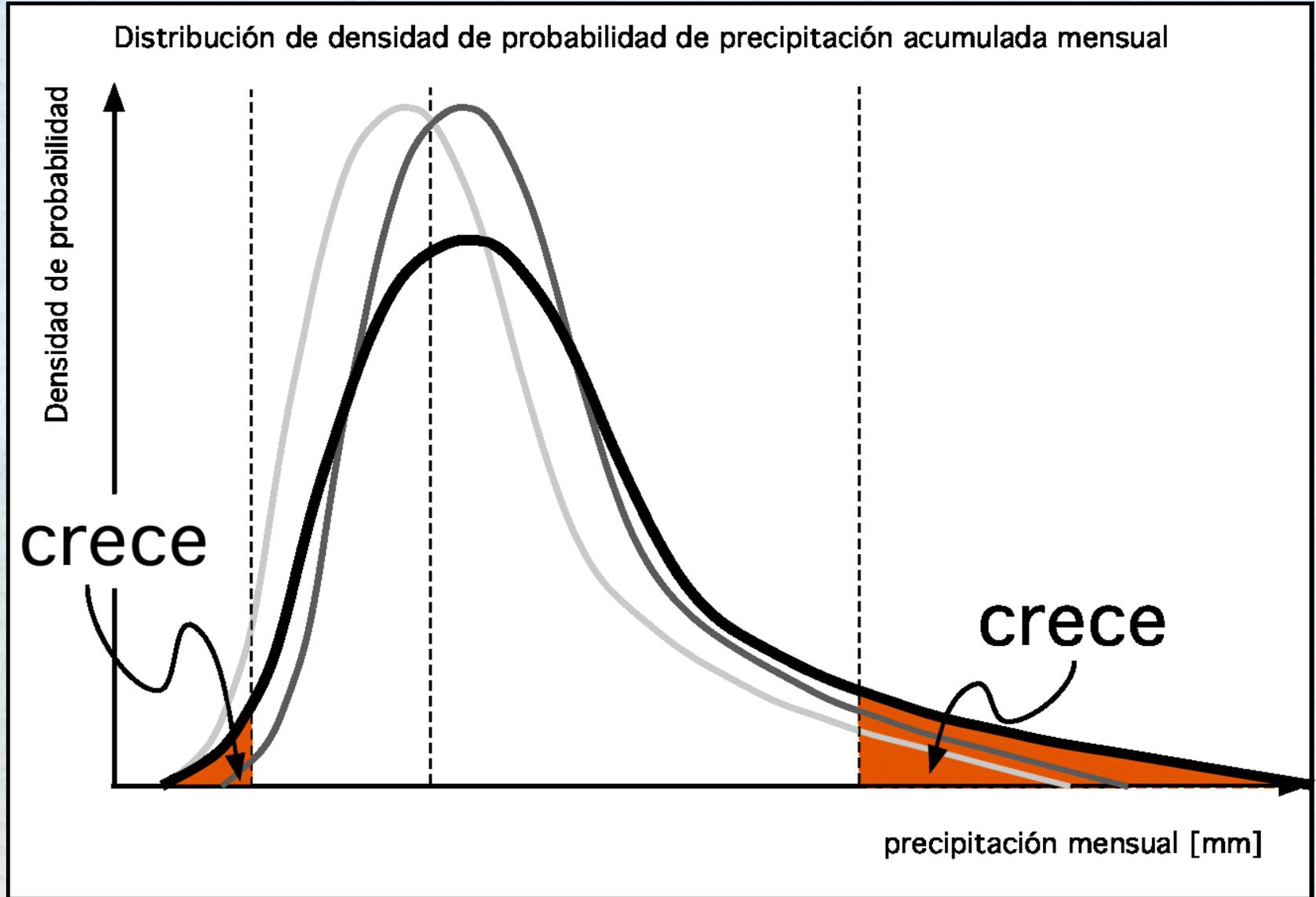
clima creciente en la media, constante en la variabilidad



caracterización estadística



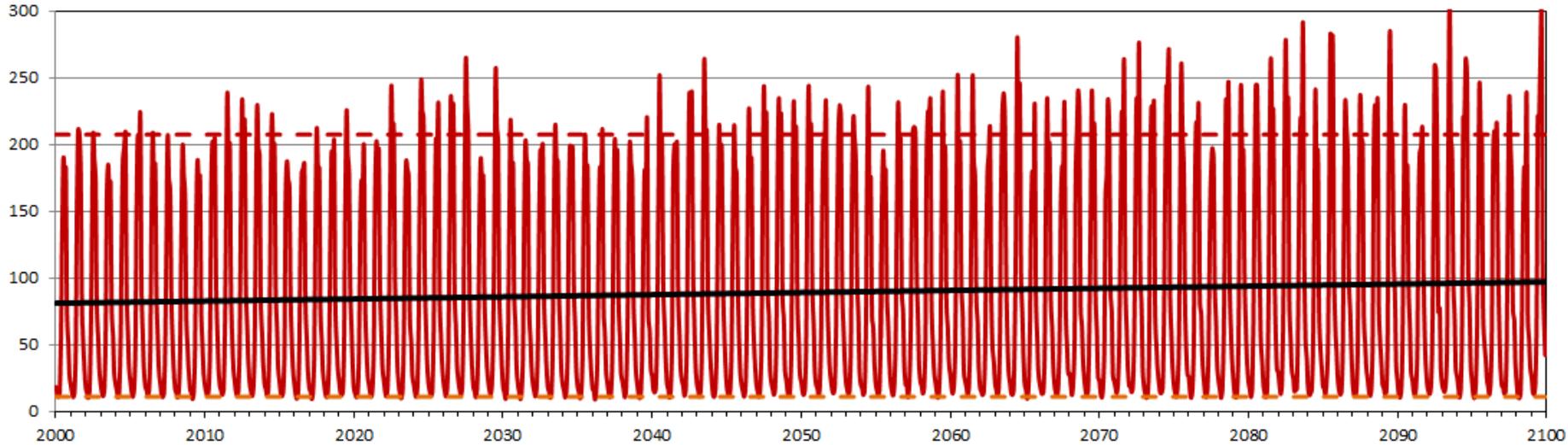
Escenario de cambio climático solo con media y variabilidad crecientes



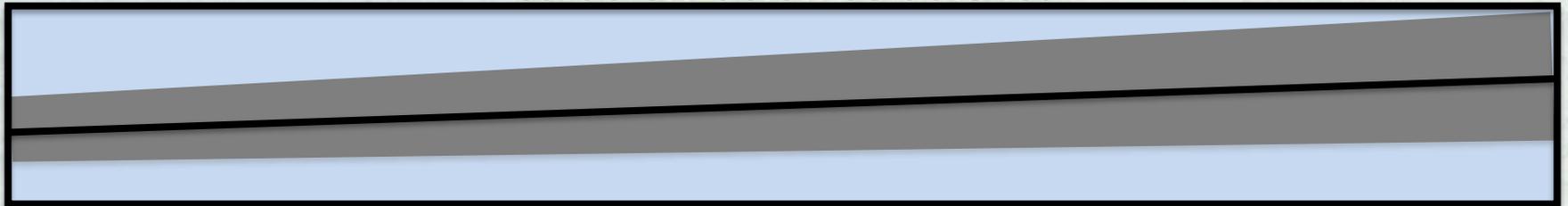
Mayor probabilidad de meses extremadamente altos,
Mayor probabilidad de eventos extremadamente bajos

Que a lo largo del siglo se comportaría como
(1000mm/año \rightarrow 1150mm/año y variabilidad duplicándose)

clima creciente en la media y en la variabilidad



caracterización estadística



Cambio climático y ciclones tropicales

- Debe resultar evidente que los ciclones tropicales resultan de suma importancia para México, del orden del 20% de su lluvia asociada a estos fenómenos
- También para las presas, las solicitaciones a las que las sujetan los ciclones tropicales son **extremas**, dominando la utilización de los vertedores de demasías en ellos
- Los ciclones tropicales son, también, de los protagonistas principales en los trabajos sobre cambio climático global, aunque abundan muchos **mitos**. La realidad es que es uno de los sub-temas más **controversiales** en cambio climático global
- En resumen, bajo el cambio climático global en cuanto a ciclones tropicales:
 - El número total de ellos se espera que resulte **menor** al de la época pre-industrial
 - Pero los que sí se formen tendrán mayor probabilidad de alcanzar las categorías más altas (III,IV y V) que en la era pre-industrial
 - Las ubicaciones predilectas para alcanzar la máxima intensidad en su desarrollo se está incrementando en latitud (¿México?). Las ubicaciones de génesis no parecen estar desplazándose
 - Las velocidades de translación parecen estarse reduciendo, lo que implica que la duración de sus efectos sobre los sitios afectados será más prolongada
 - Las precipitaciones pluviales correspondientes a los núcleos centrales de los sistemas podrían incrementarse en hasta un 20%

El problema es complicado y sigue siendo muy controversial, tema vivo en la investigación

Conclusión

- Las presas ~~son~~ **eran** diseñadas bajo la hipótesis de que el clima reciente (digamos 30 a 50 años previos) se mantendría durante la vida útil de la obra. Esto incluye:
 - altura de la cortina (que determina para orografía dada, volumen del vaso)
 - capacidad del vertedor de demasías
 - capacidad de la obra de toma y/o número y capacidad de turbinas
 - niveles límite de operación para cada parte del ciclo anual (política de operación)
 - etc.
- El cambio climático implica que todos estos parámetros de diseño pueden dejar de ser óptimos para el clima futuro. En condiciones más desfavorables, la viabilidad y seguridad de la presa puede estar en peligro.
- Las presas ya construídas requieren una revisión de toda política de operación bajo escenarios de nuevas condiciones climáticas, de tal manera que puedan seguir operando en forma útil y **segura**. Por ejemplo, si el vertedor de demasías resultara ya insuficiente, se tendría que operar la presa con nuevo NAMO para mantenerla dentro de parámetros de seguridad aceptados. Ocasionalmente requerirán adaptaciones/modificaciones estructurales.
- Presas que se estén diseñando actualmente requieren considerar proyecciones realistas del clima futuro (o el clima cambiante), a pesar de que éste todavía no pueda ser calculado con suficiente certidumbre.

¡ Muchas gracias por su atención!

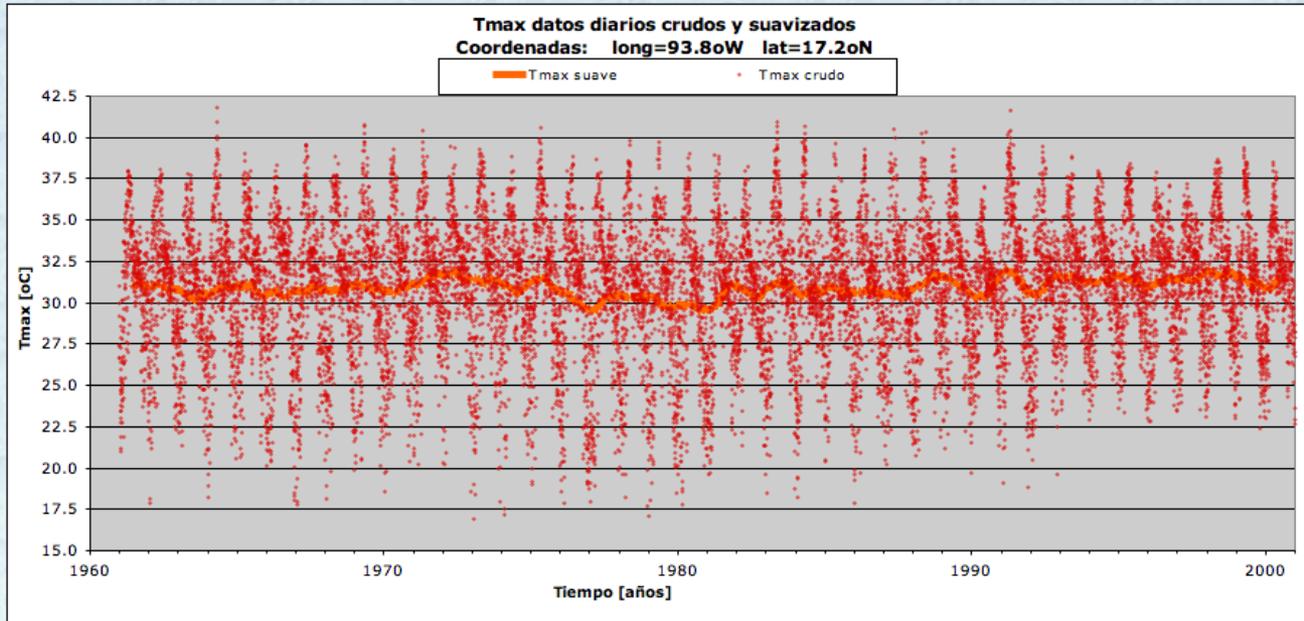
Datos de contacto:

E-mail: mickros@mac.com

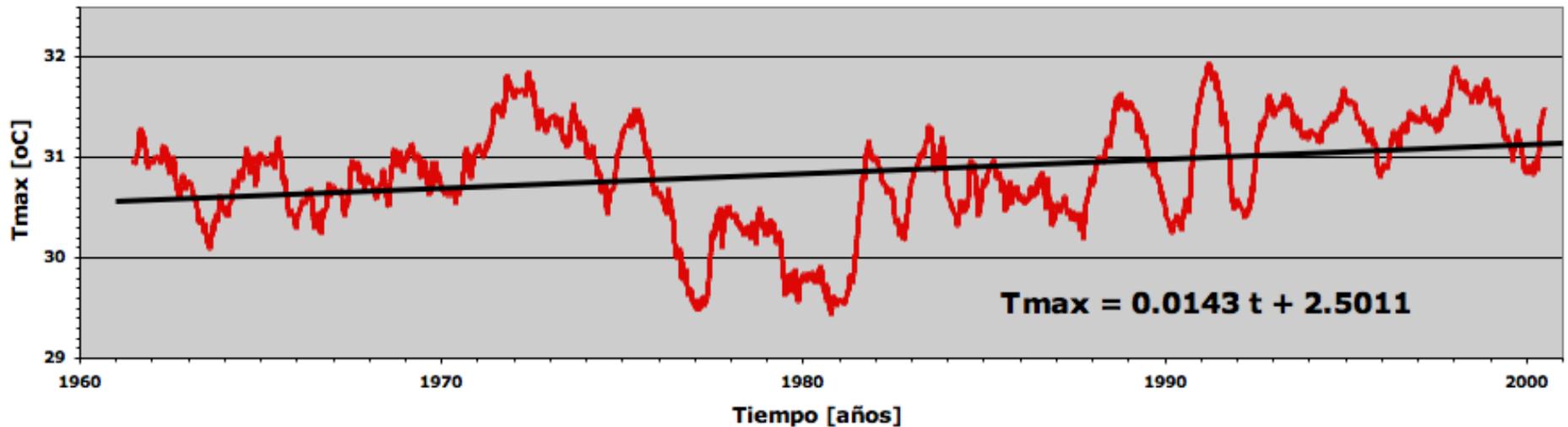
Web: <http://ciclotrop.com>

Twitter: @ciclotrop

¿Cómo se calcula el clima futuro? (1)



Tmax datos diarios suavizados y tendencia
Coordenadas: long=93.8oW lat=17.2oN



¿Cómo se calcula el clima futuro? (2)

