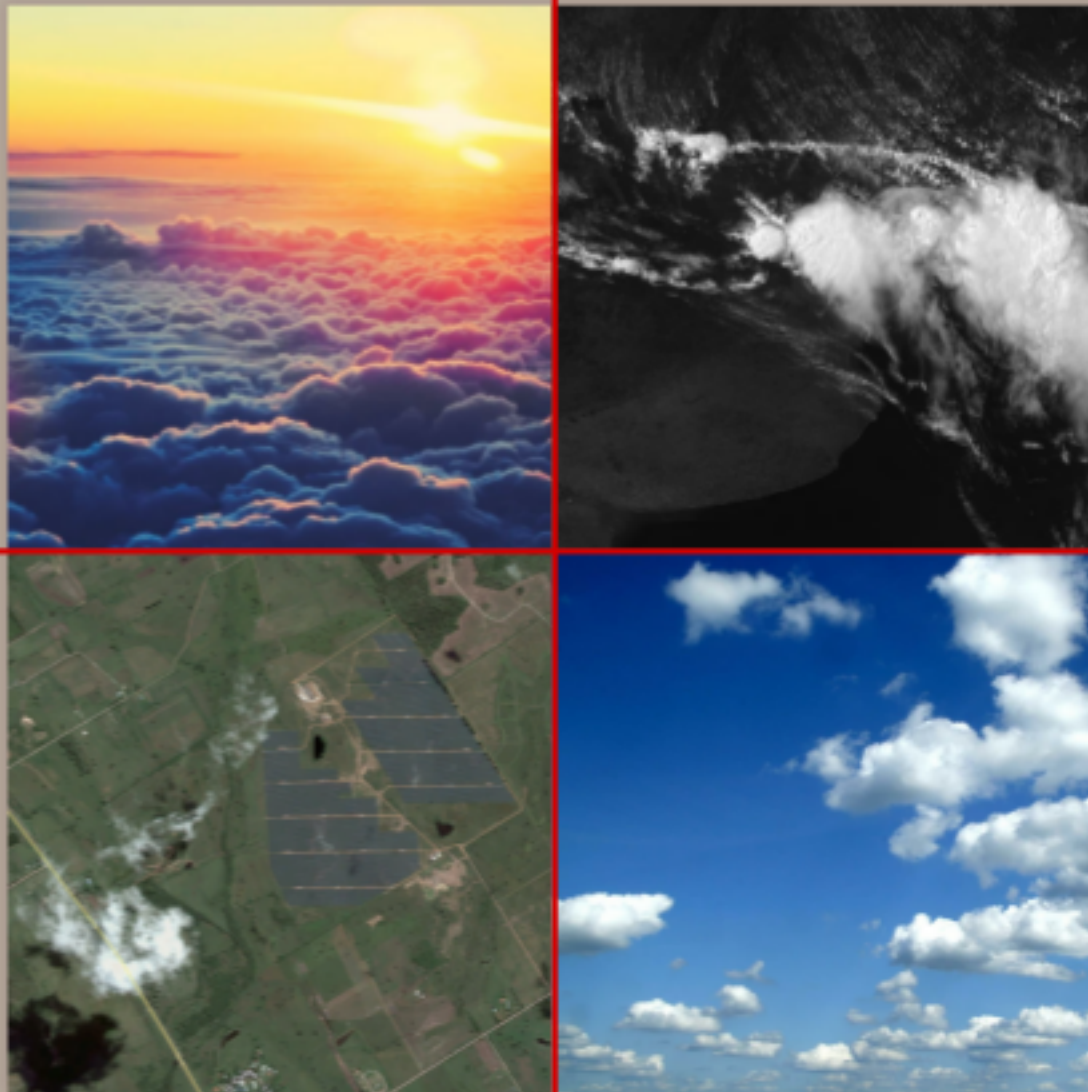


PRONÓSTICO DE LA ENERGÍA SOLAR: clase 2

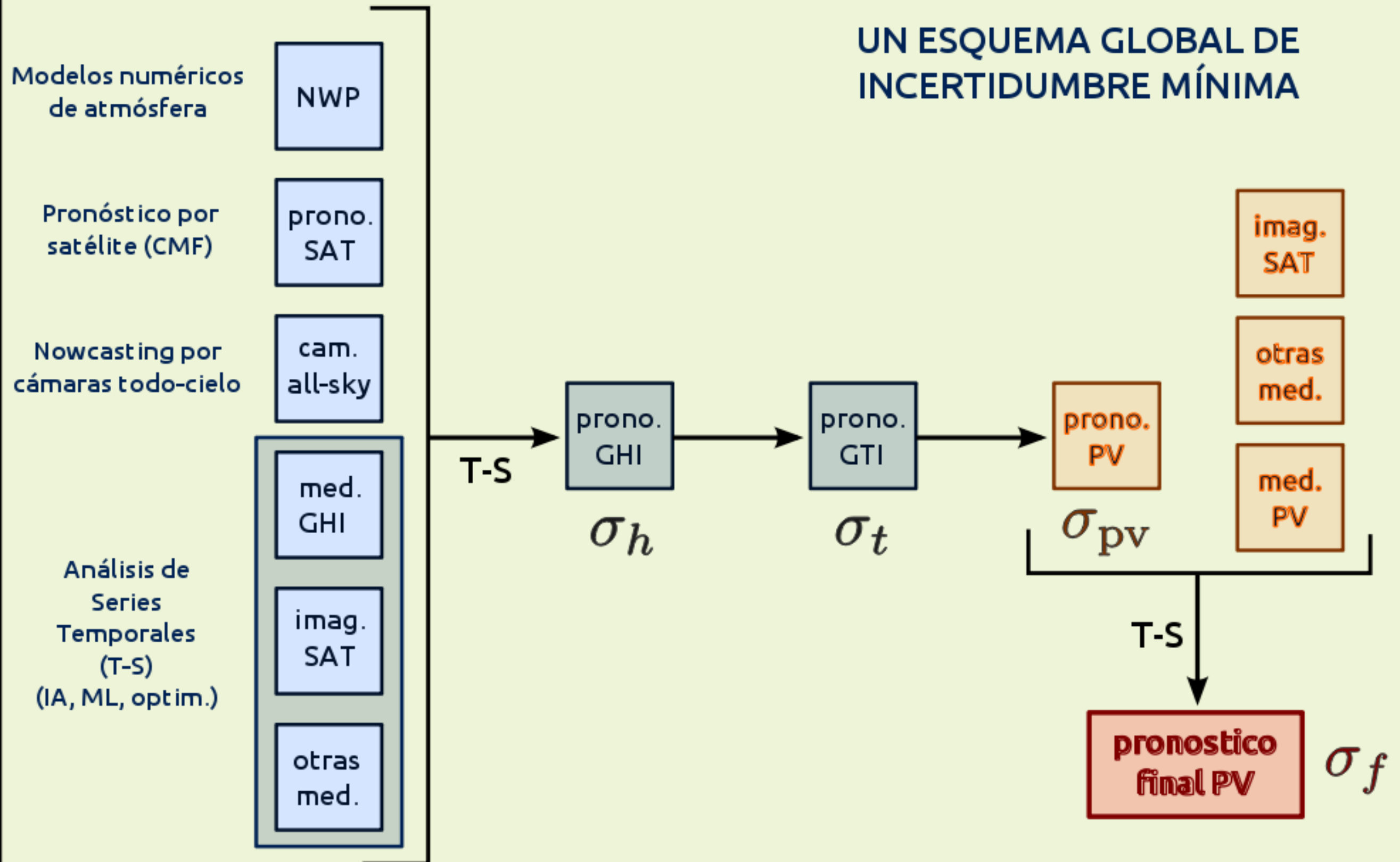


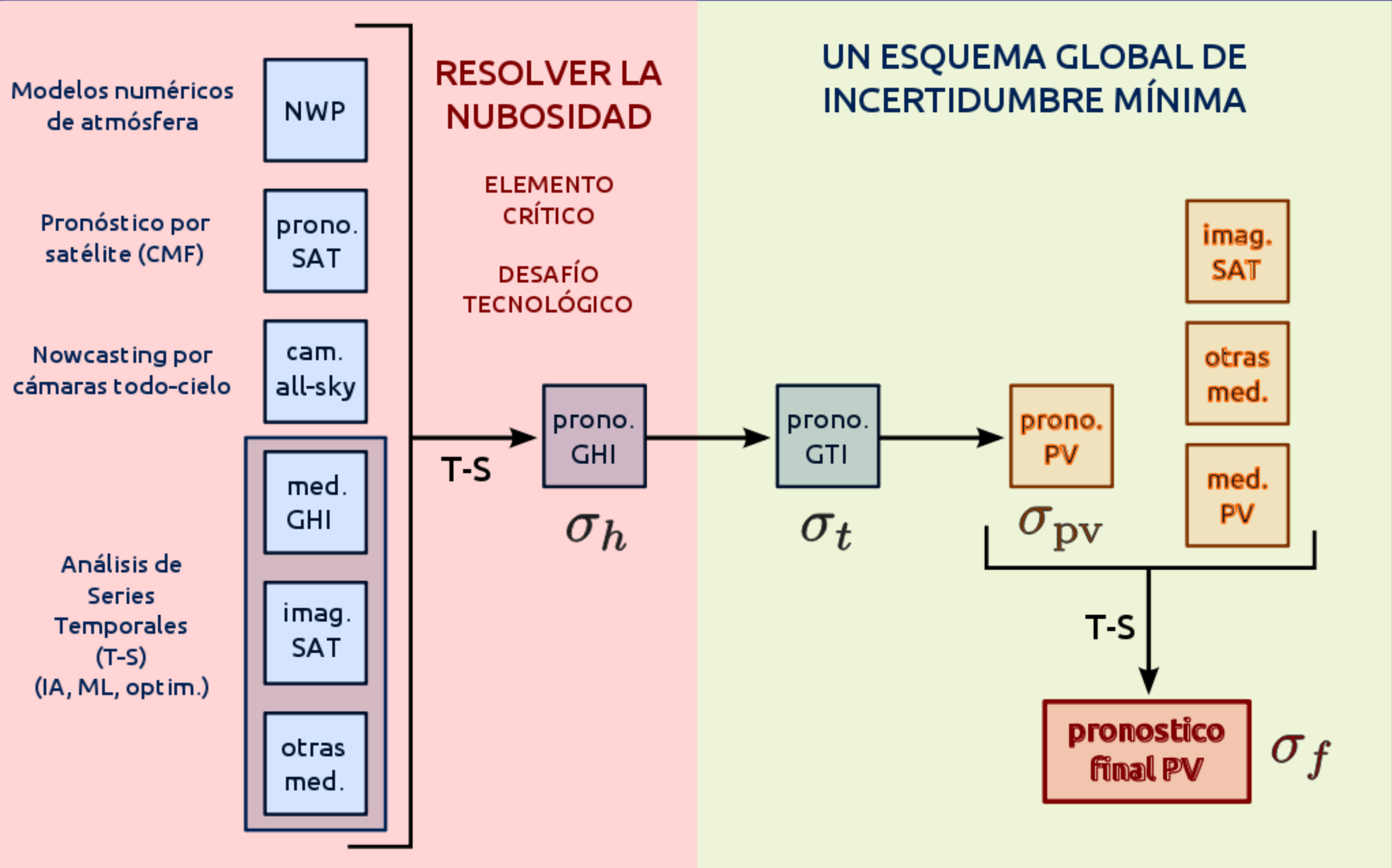
Lunes 4 de junio de 2018

Dr. Ing. Rodrigo Alonso-Suárez
r.alonso.suarez@gmail.com

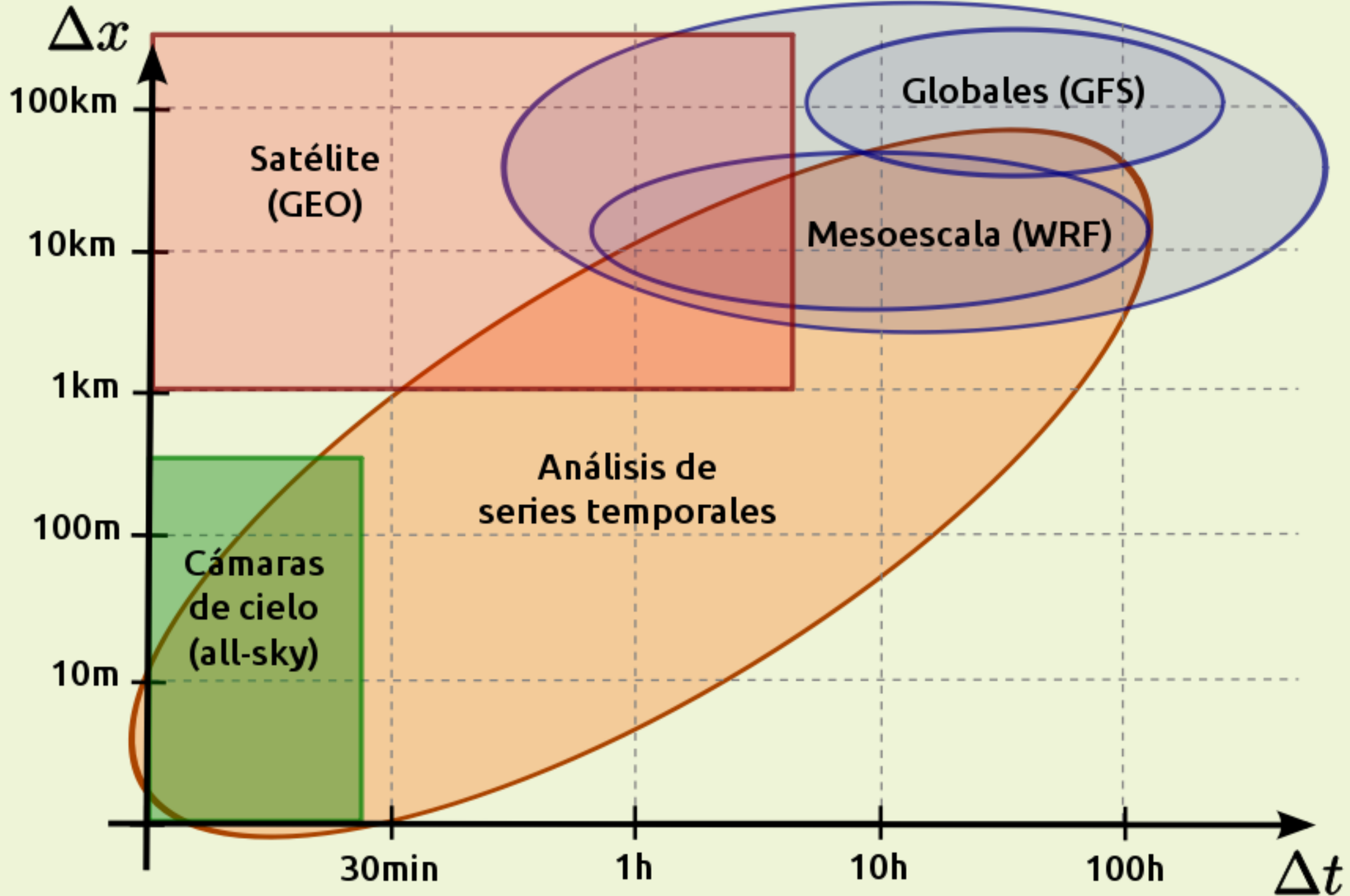


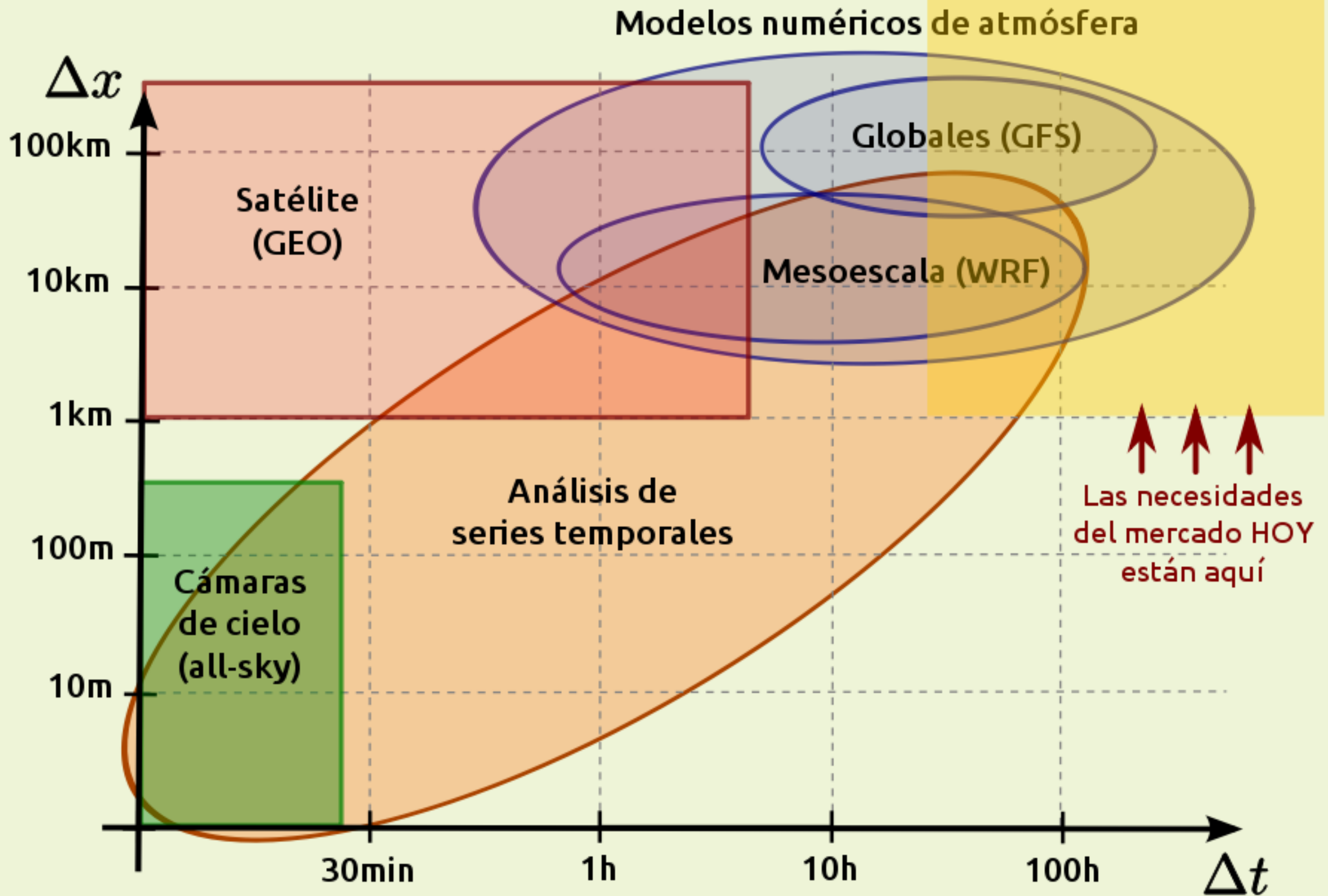
UN ESQUEMA GLOBAL DE INCERTIDUMBRE MÍNIMA

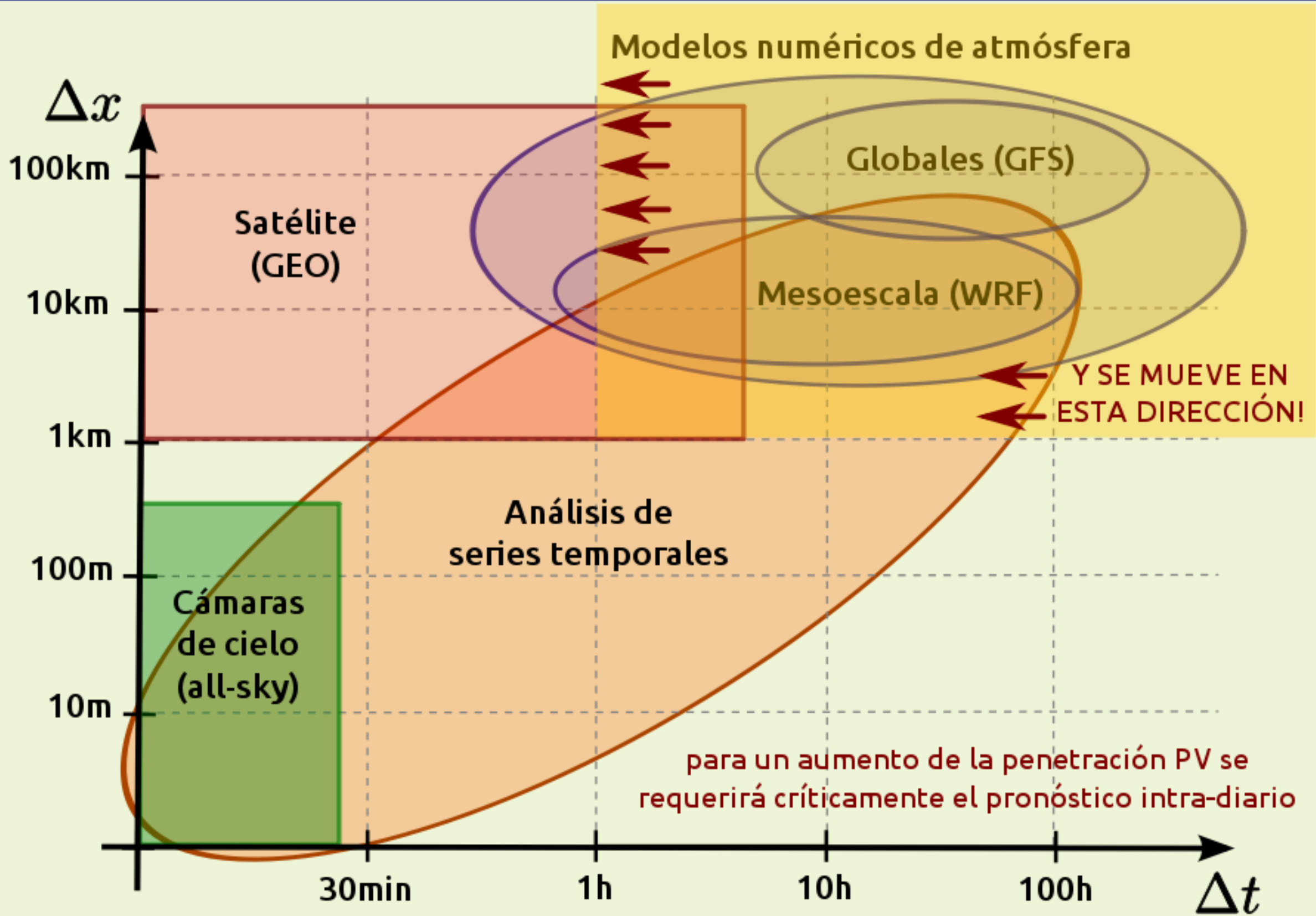




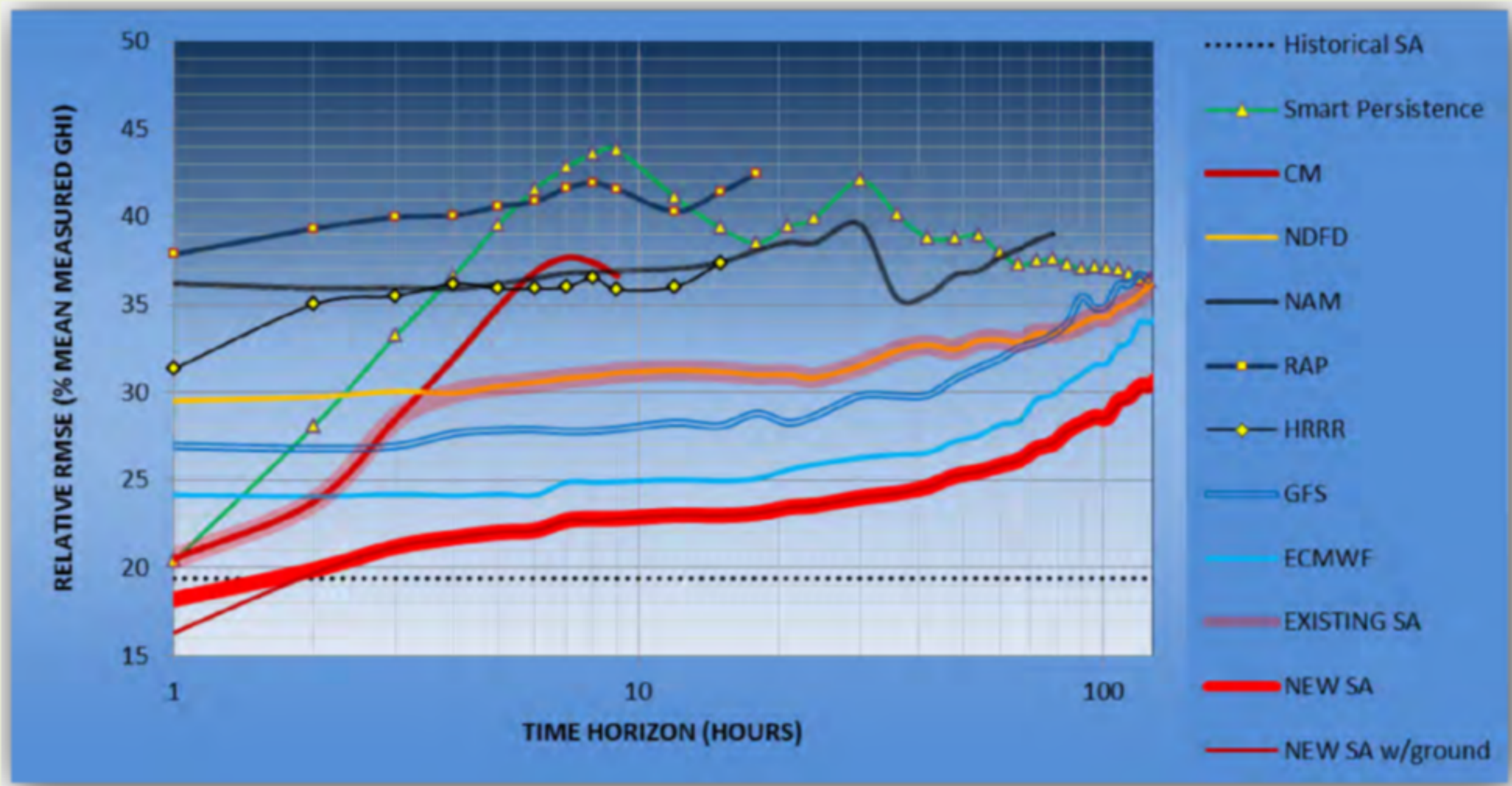
Modelos numéricos de atmósfera







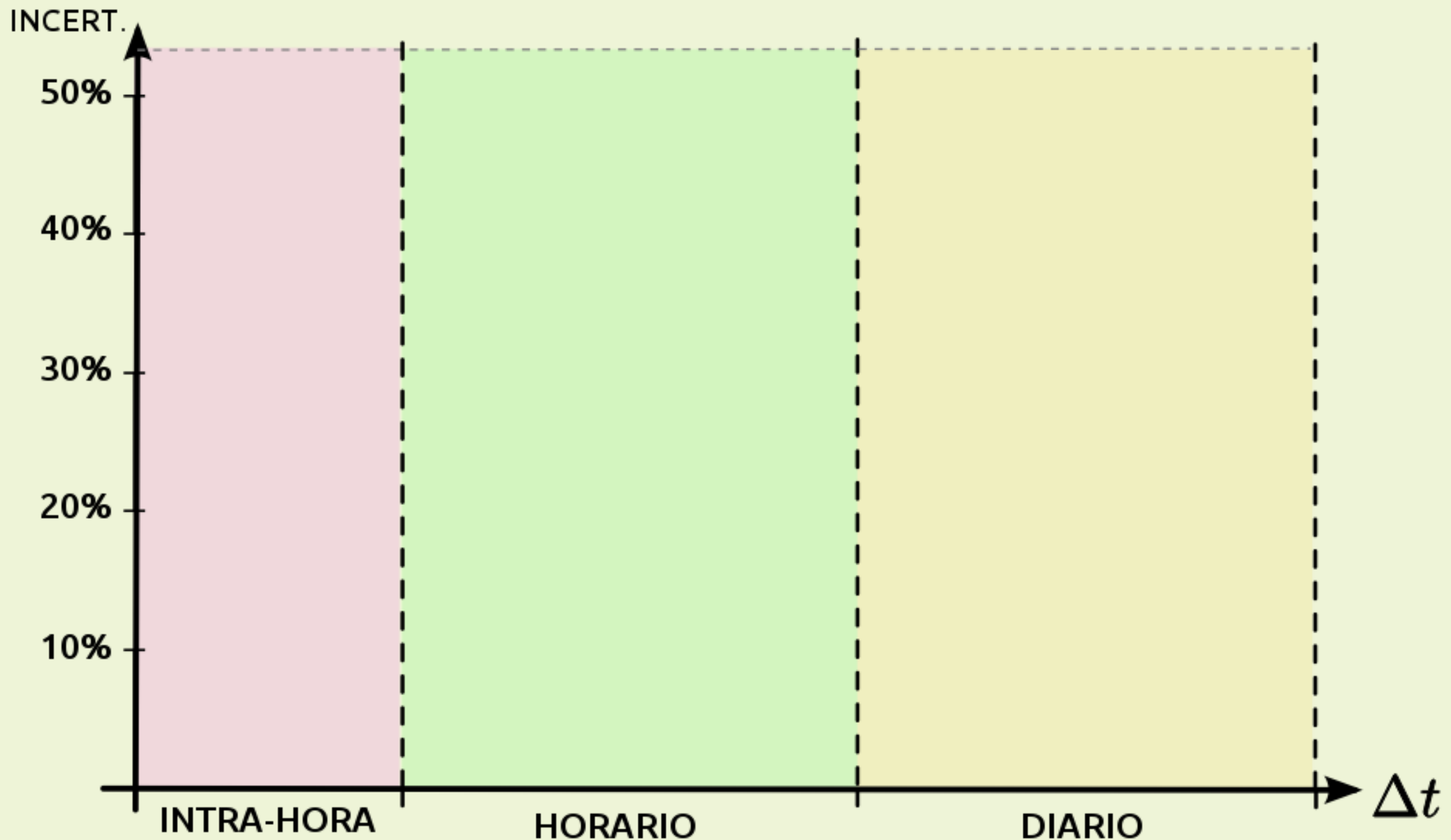
COMPARACIÓN DE VARIOS MODELOS PARA PRONÓSTICO PUNTUAL



EVALUACIÓN EN URUGUAY

(point forecast)

DIAGRAMA DE INCERTIDUMBRE



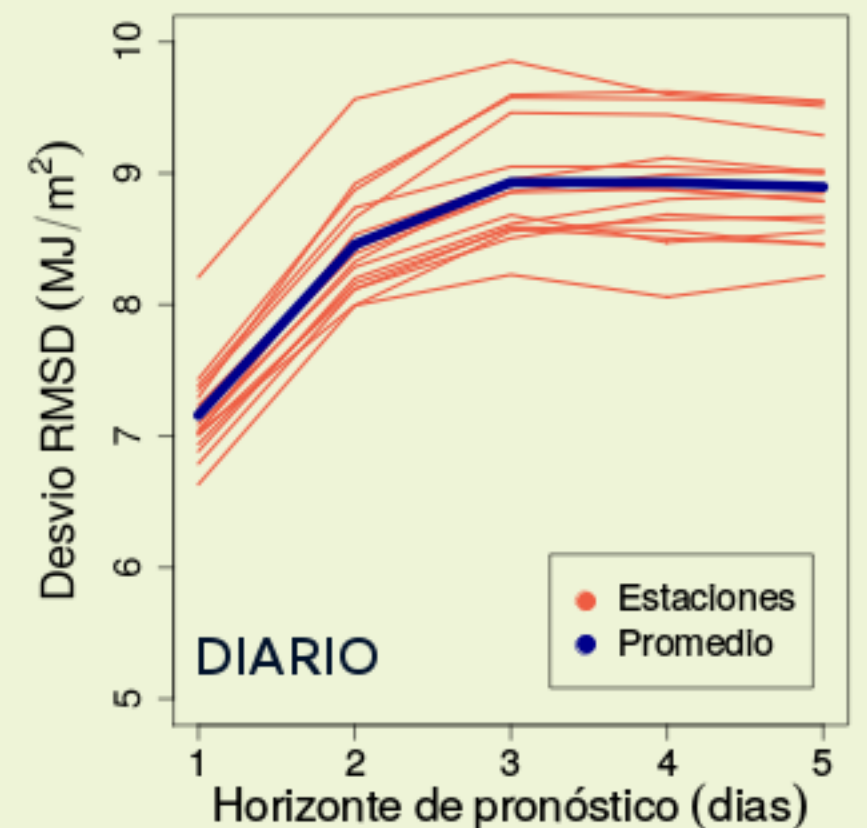
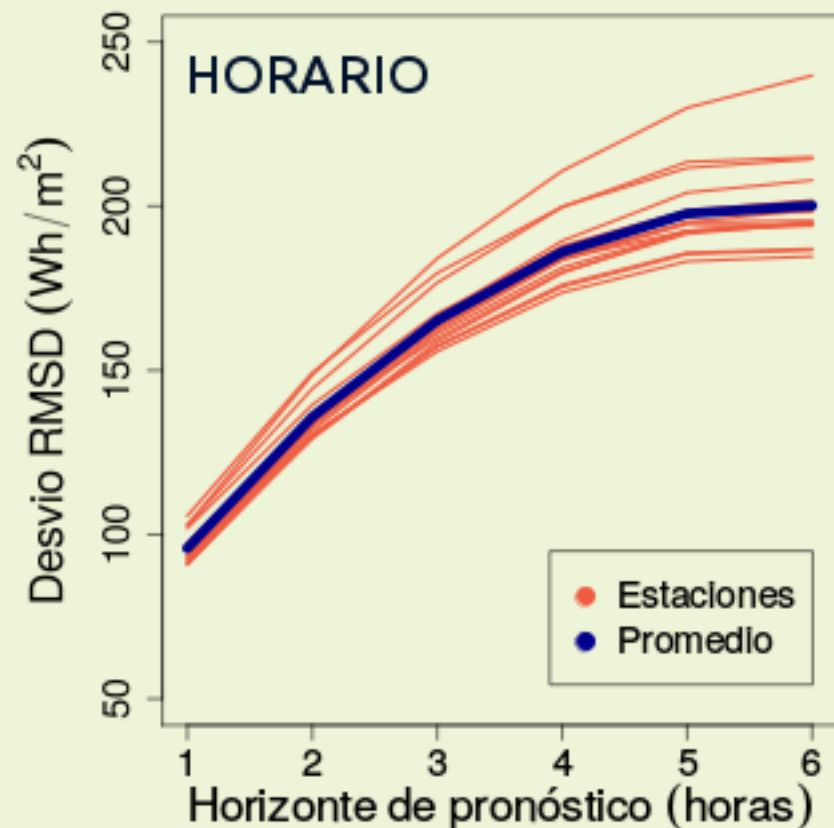
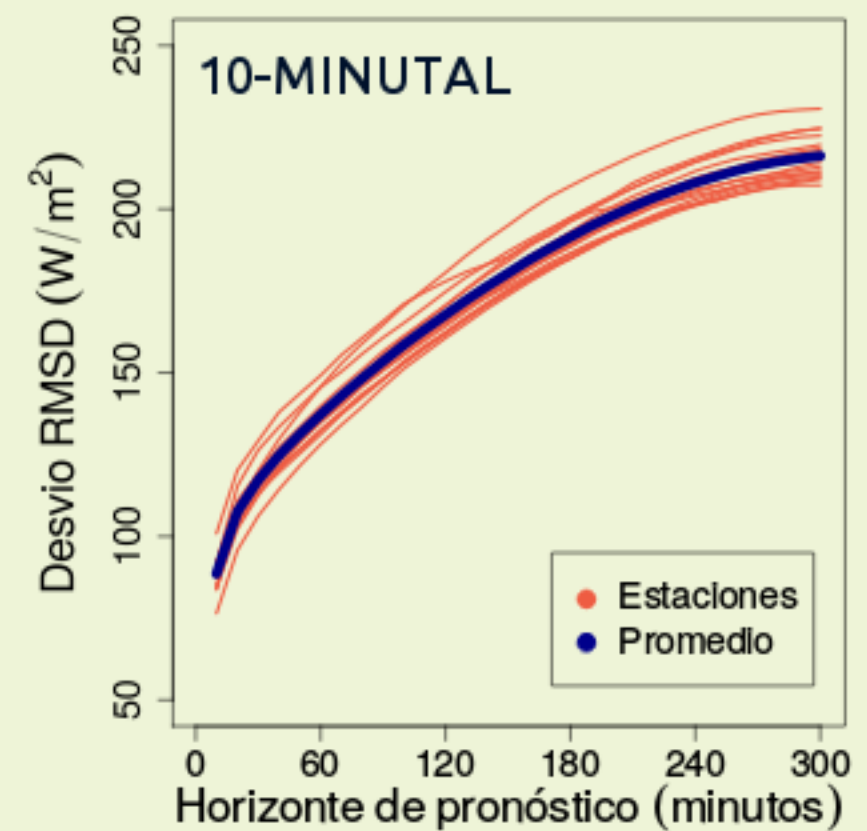
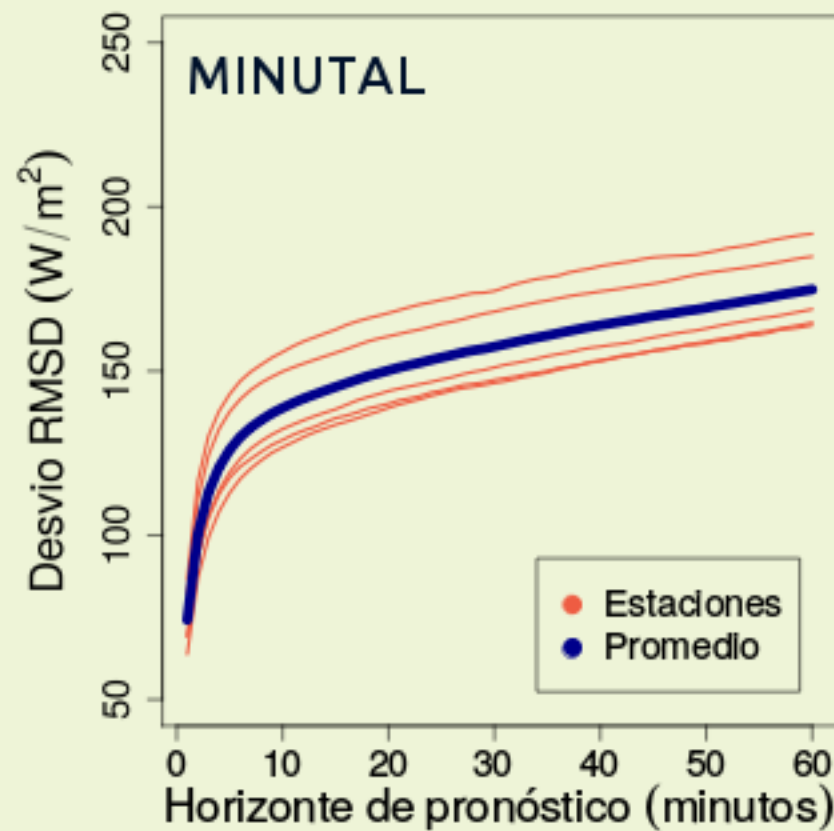
EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA PERSISTENCIA

RMSD en función del paso temporal.

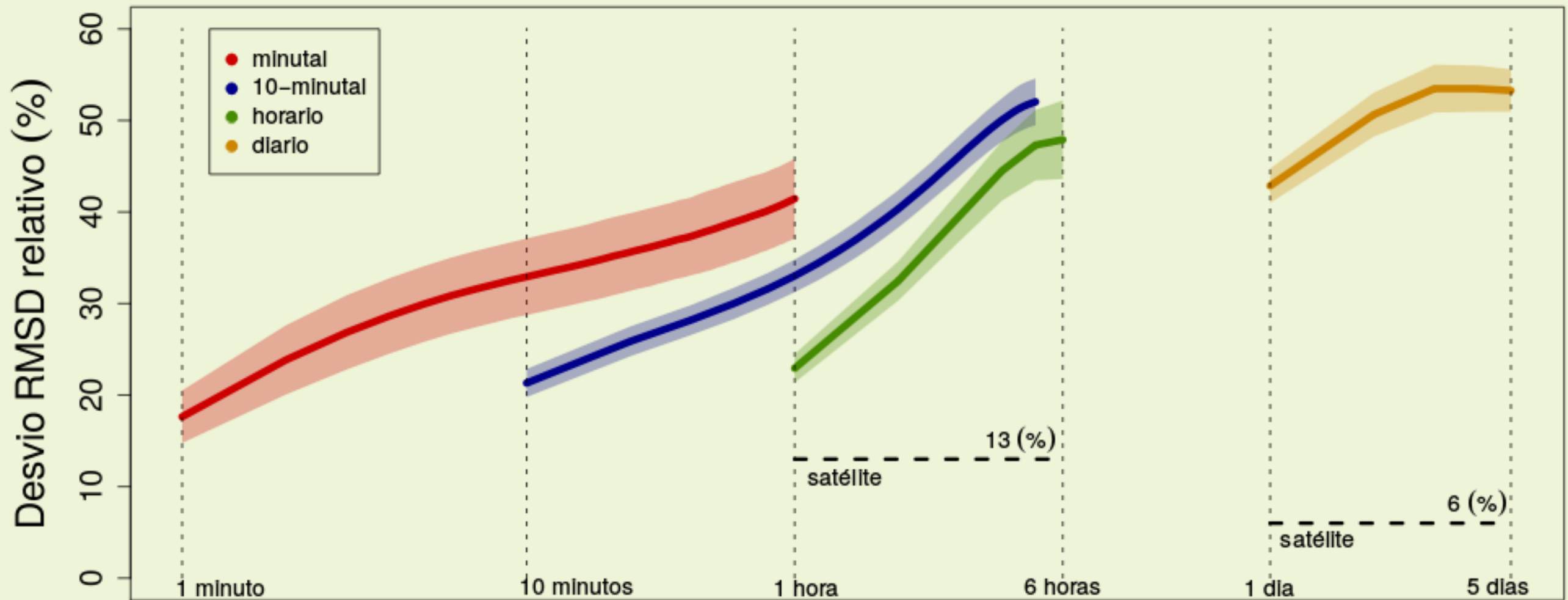
Para todas las escalas temporales relevantes (minutal, 10-minutal, horario y diario).

Establece límites superiores para el desempeño aceptable de técnicas de pronóstico de mayor complejidad.

Se realizó también discriminación del desempeño por nivel de nubosidad.



EVALUACIÓN DE LA PERSISTENCIA (límite superior aceptable)



Horizonte de pronóstico

PARA ESCALA DIARIA: MBD ~ 0

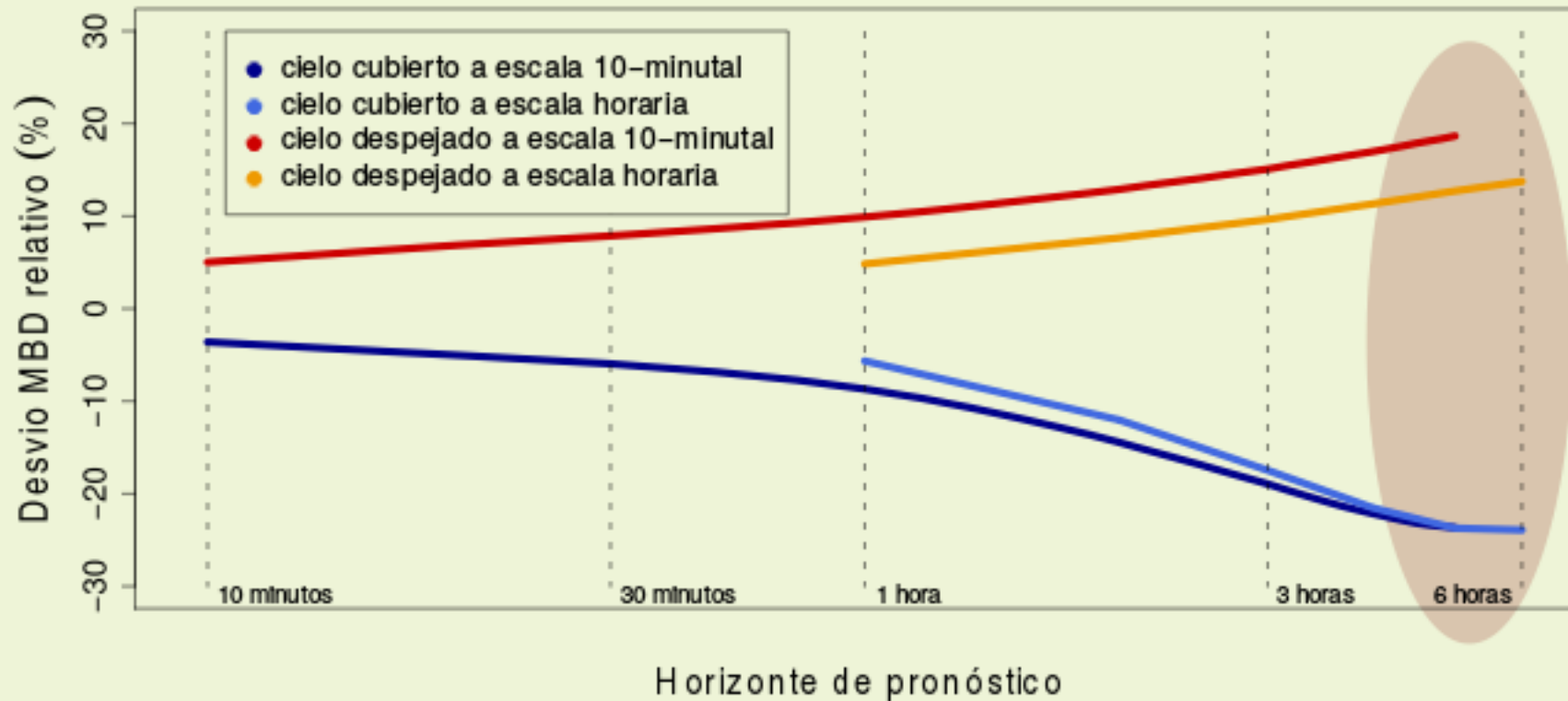
PARA ESCALAS INTRA-DIARIA: subestima más a mayor paso temporal

MINUTAL: entre 0% y -1%

10-MINUTAL: entre 0% y -4%

HORARIO: entre -1% y -9%

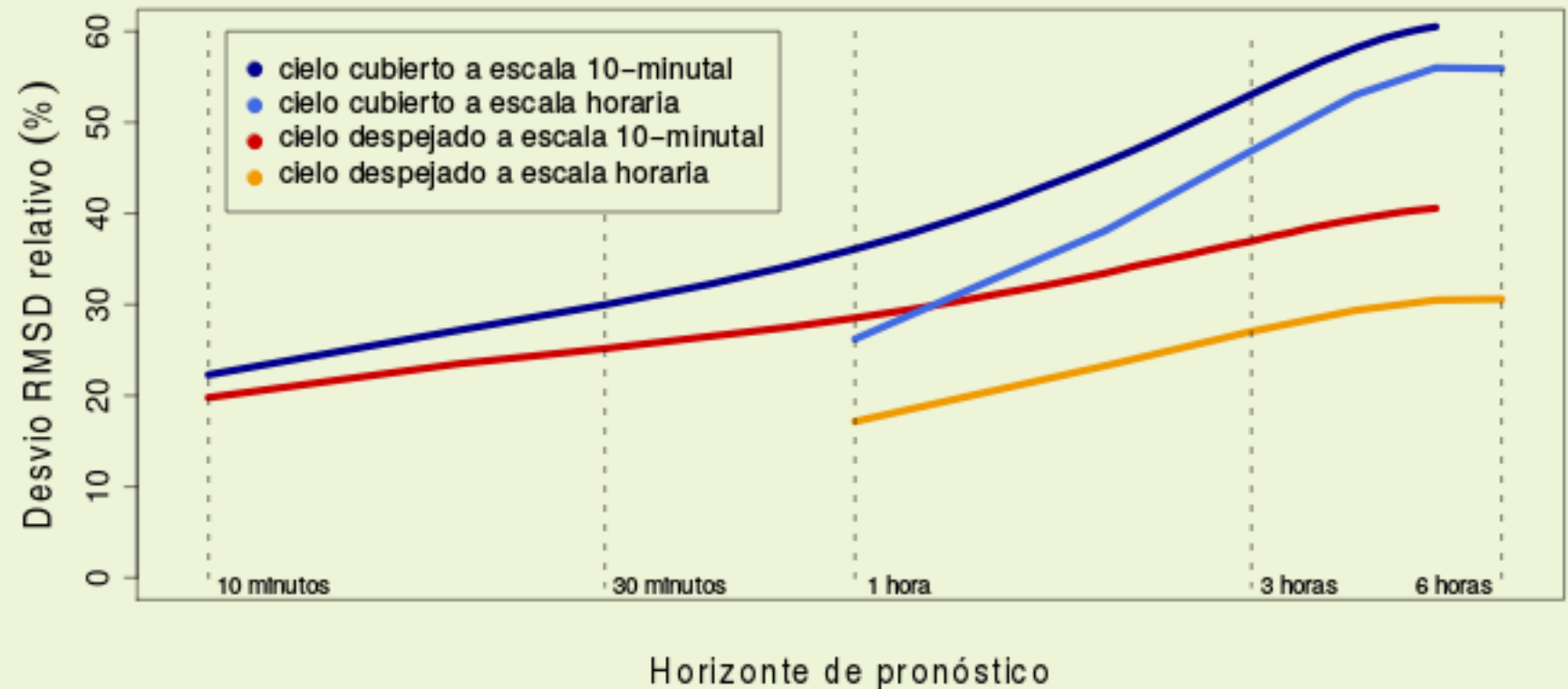
DISCRIMINACIÓN POR NUBOSIDAD (horario y 10-minutal)



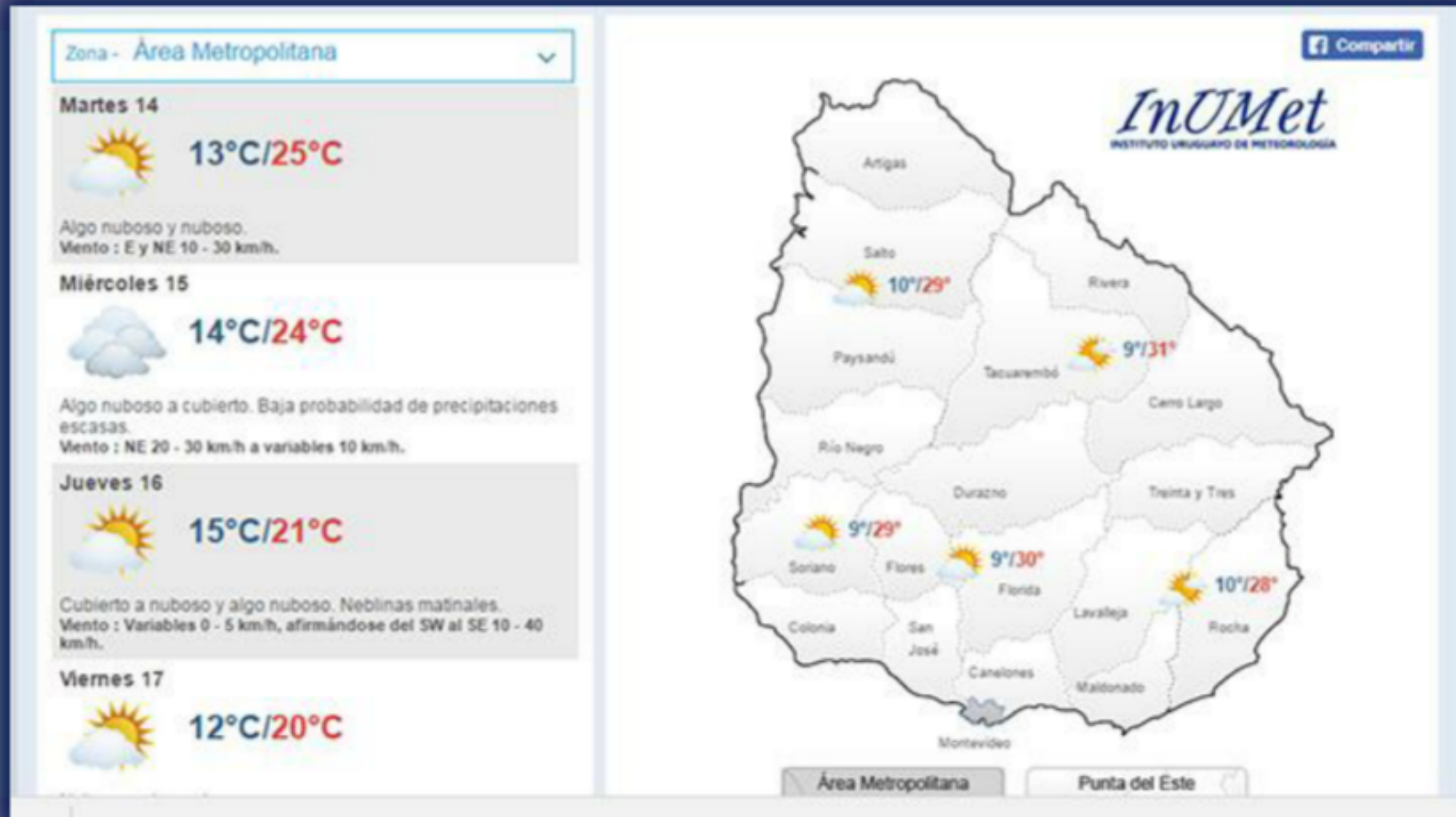
EL DESVÍO SISTEMÁTICO EN CADA CASO ES GRANDE, Y SE COMPENSA EN LA SITUACIÓN GENERAL DONDE SE OBTIENE MBD ~ 0

LOS ERRORES SON MAYORES EN CONDICIONES DE CIELO NUBLADO

EL CONDICIONES DE CIELO DESPEJADO SE OBSERVA UN BUEN DESEMPEÑO

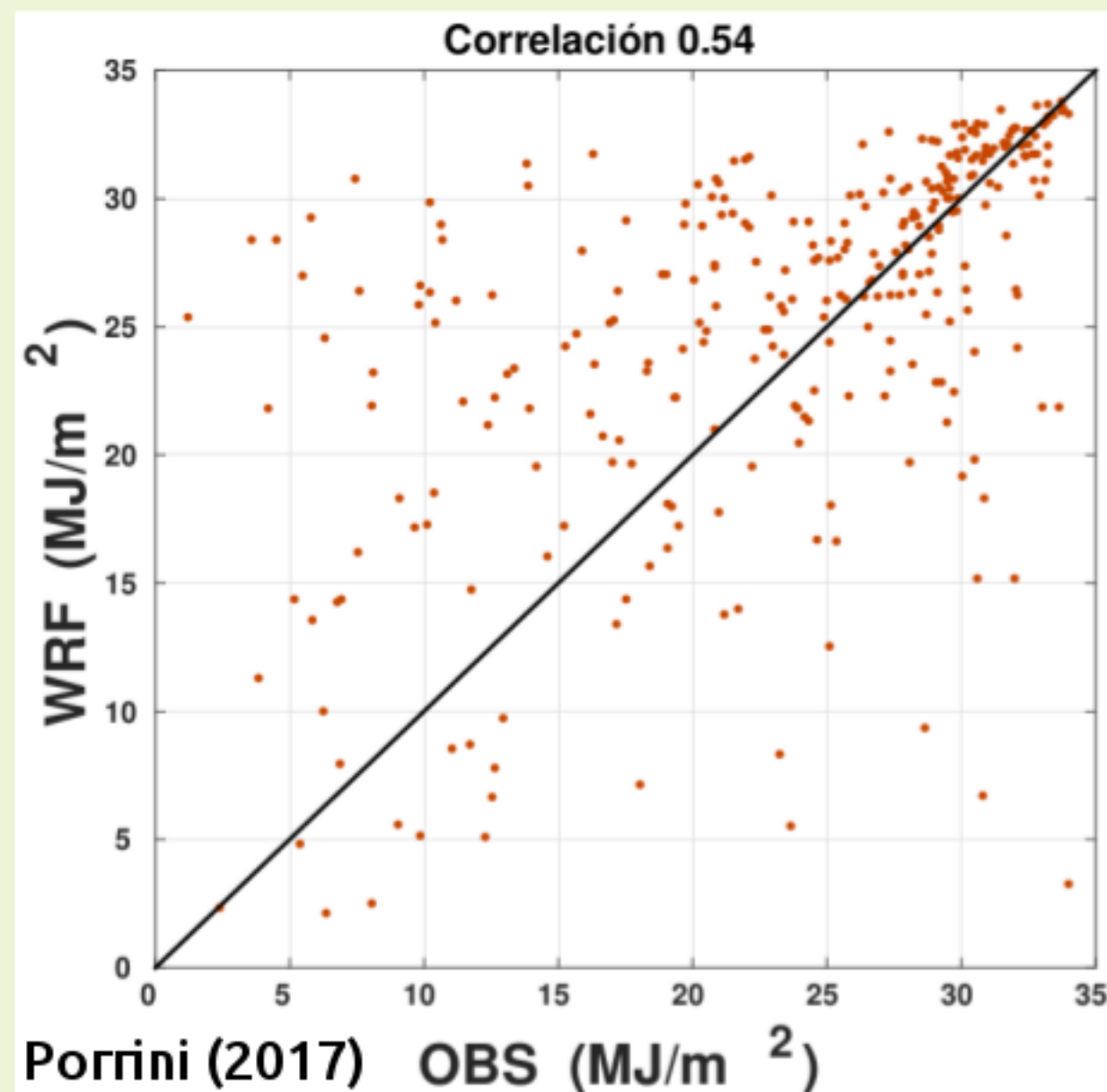
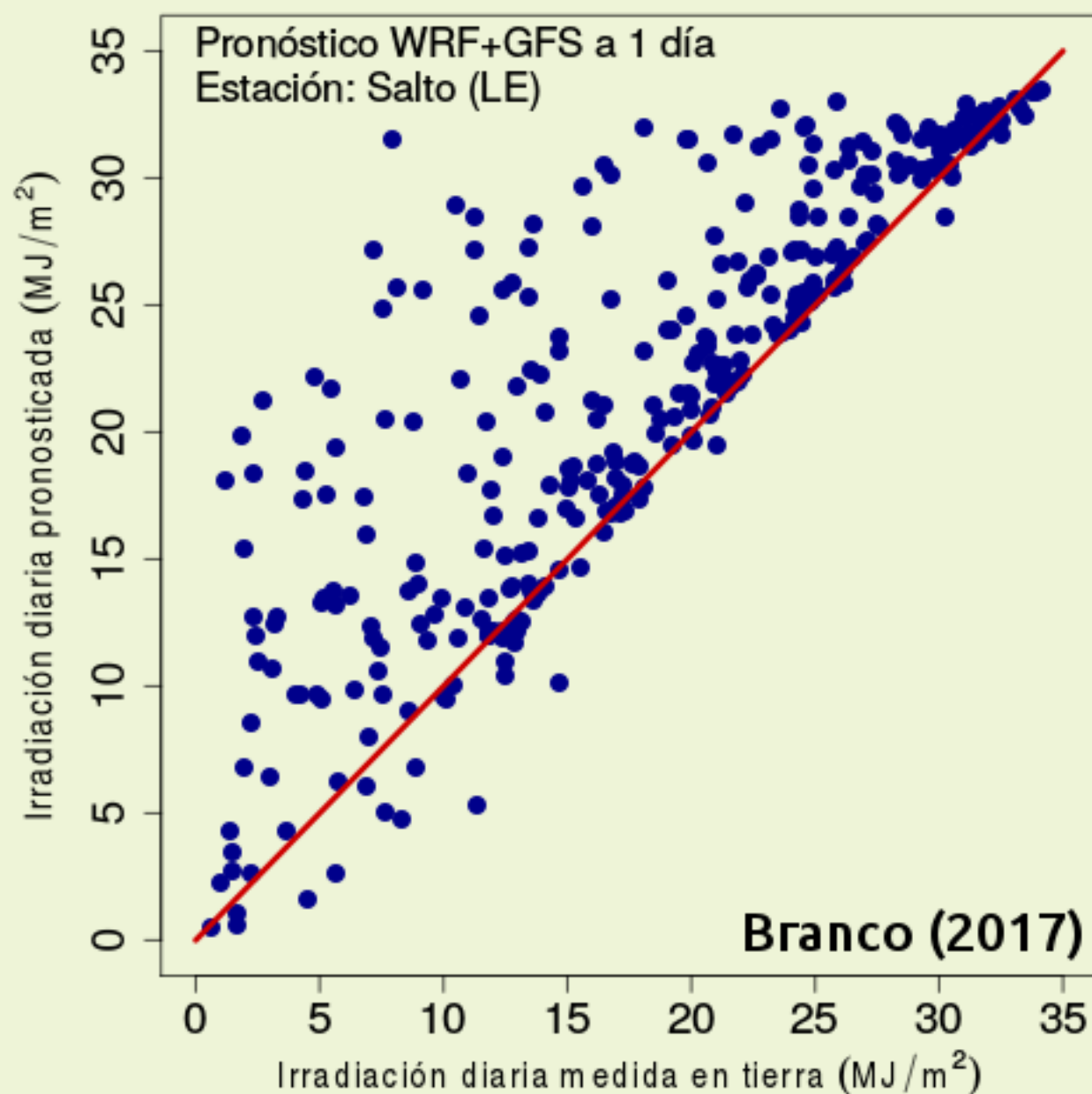


MODELOS NUMÉRICOS DE ATMÓSFERA



EVALUACIÓN DE NWP: GFS+WRF (a 1, 2 y 3 días en adelante)

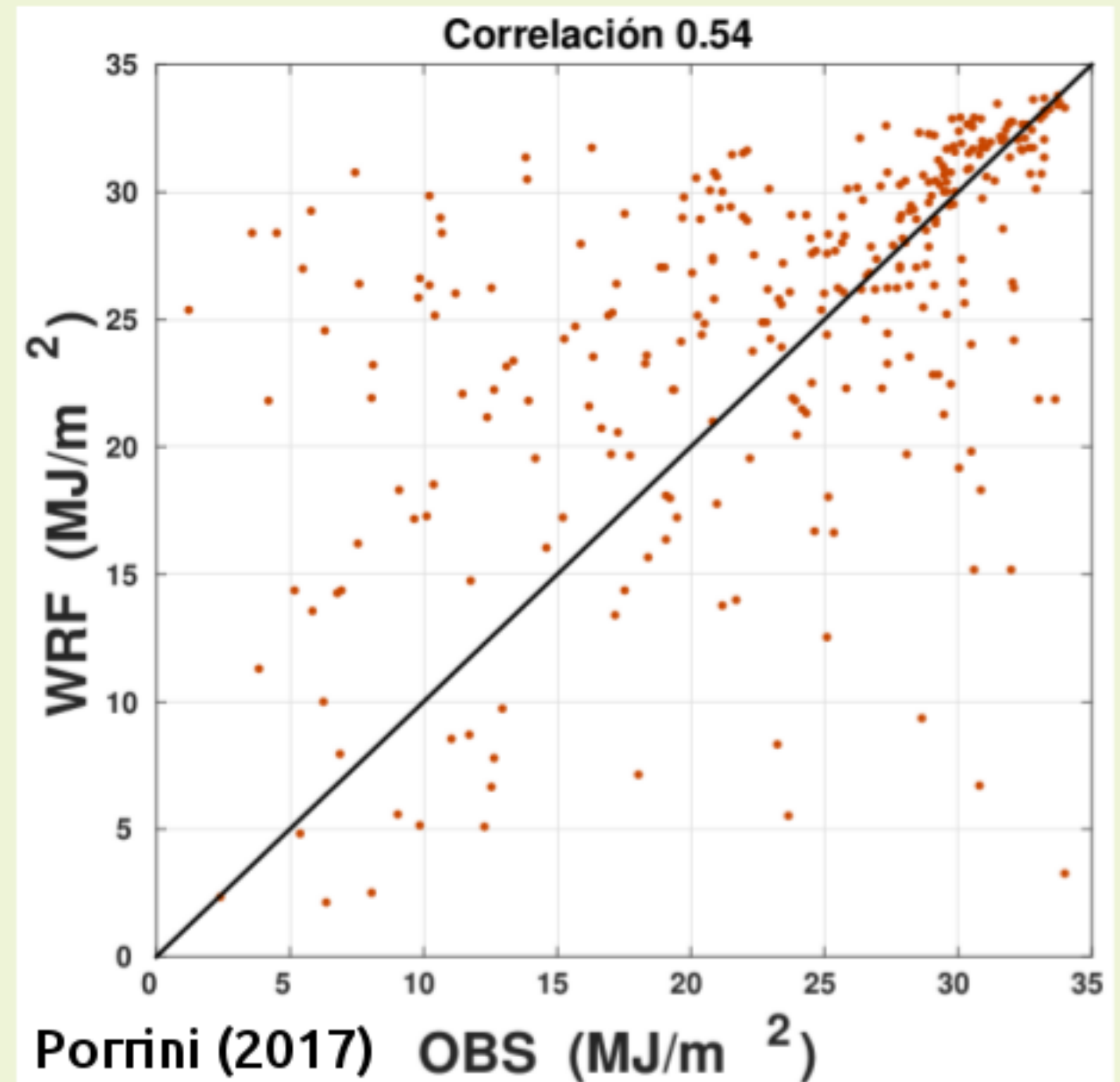
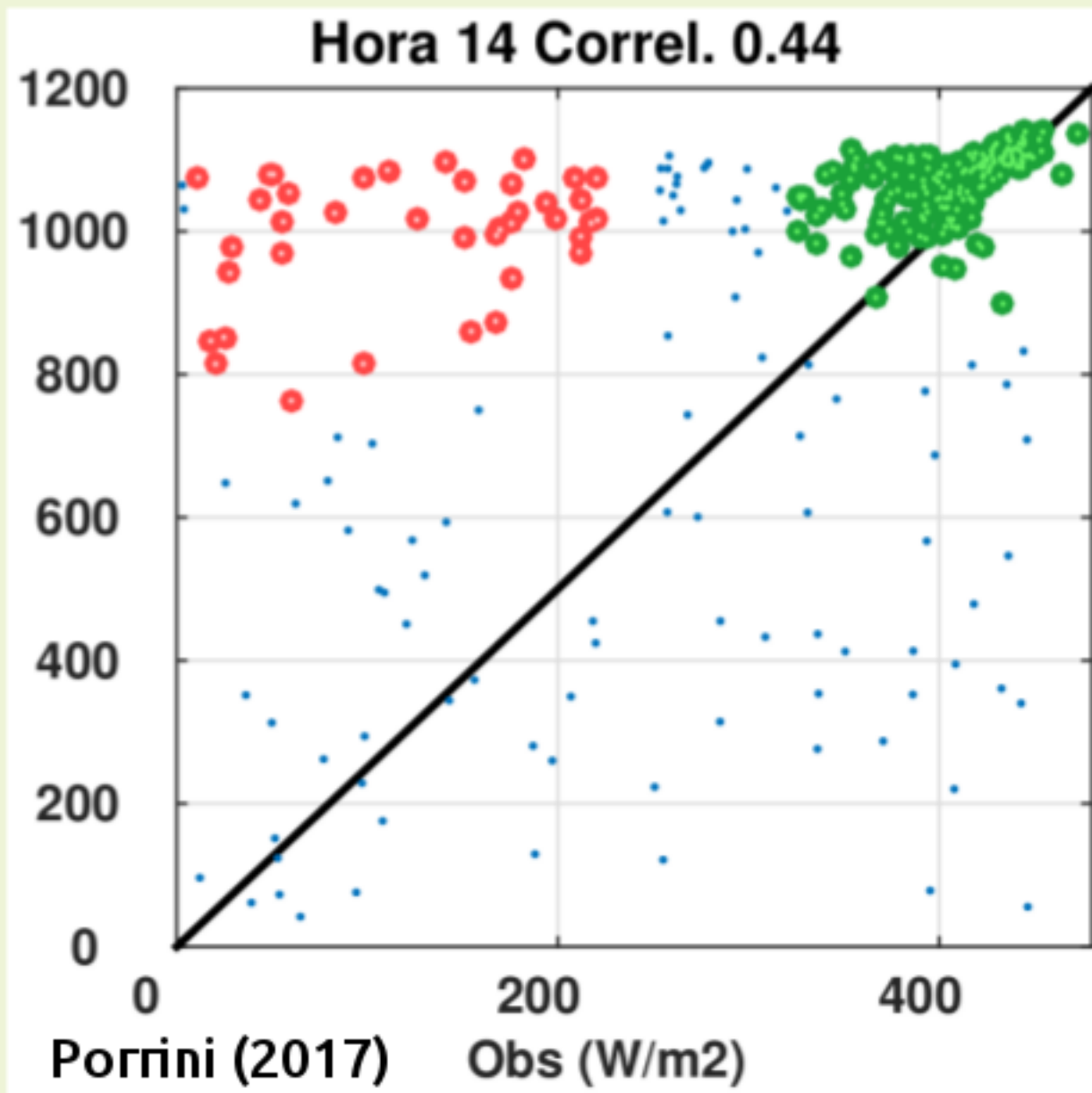
DOS CONJUNTOS DE PARAMETRIZACIONES DISTINTAS



SE OBSERVA QUE EL MODELO PRESENTA DIFICULTAD PARA RESOLVER LA NUBOSIDAD

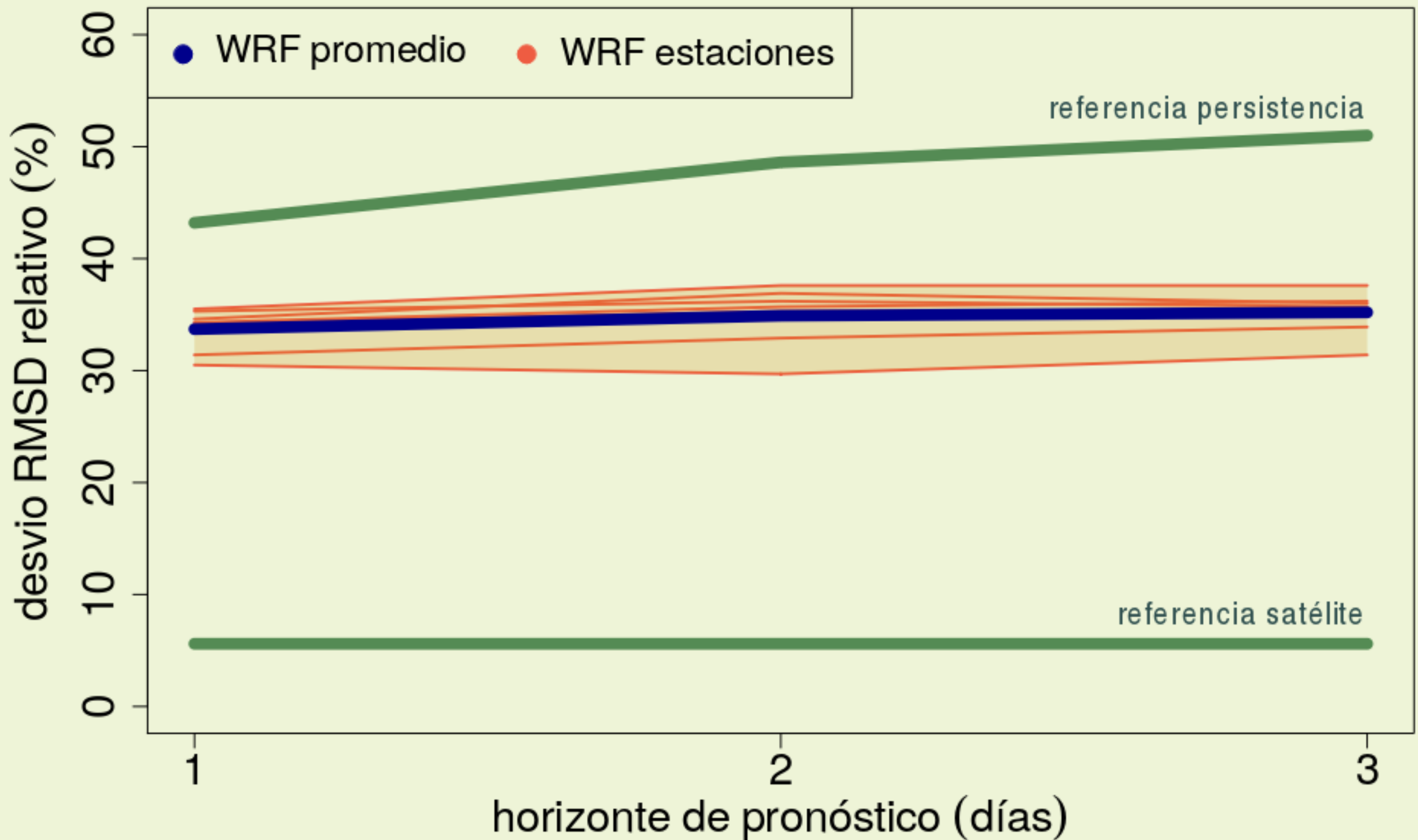
EVALUACIÓN DE NWP: GFS+WRF (a 1, 2 y 3 días en adelante)

DOS CONJUNTOS DE PARAMETRIZACIONES DISTINTAS

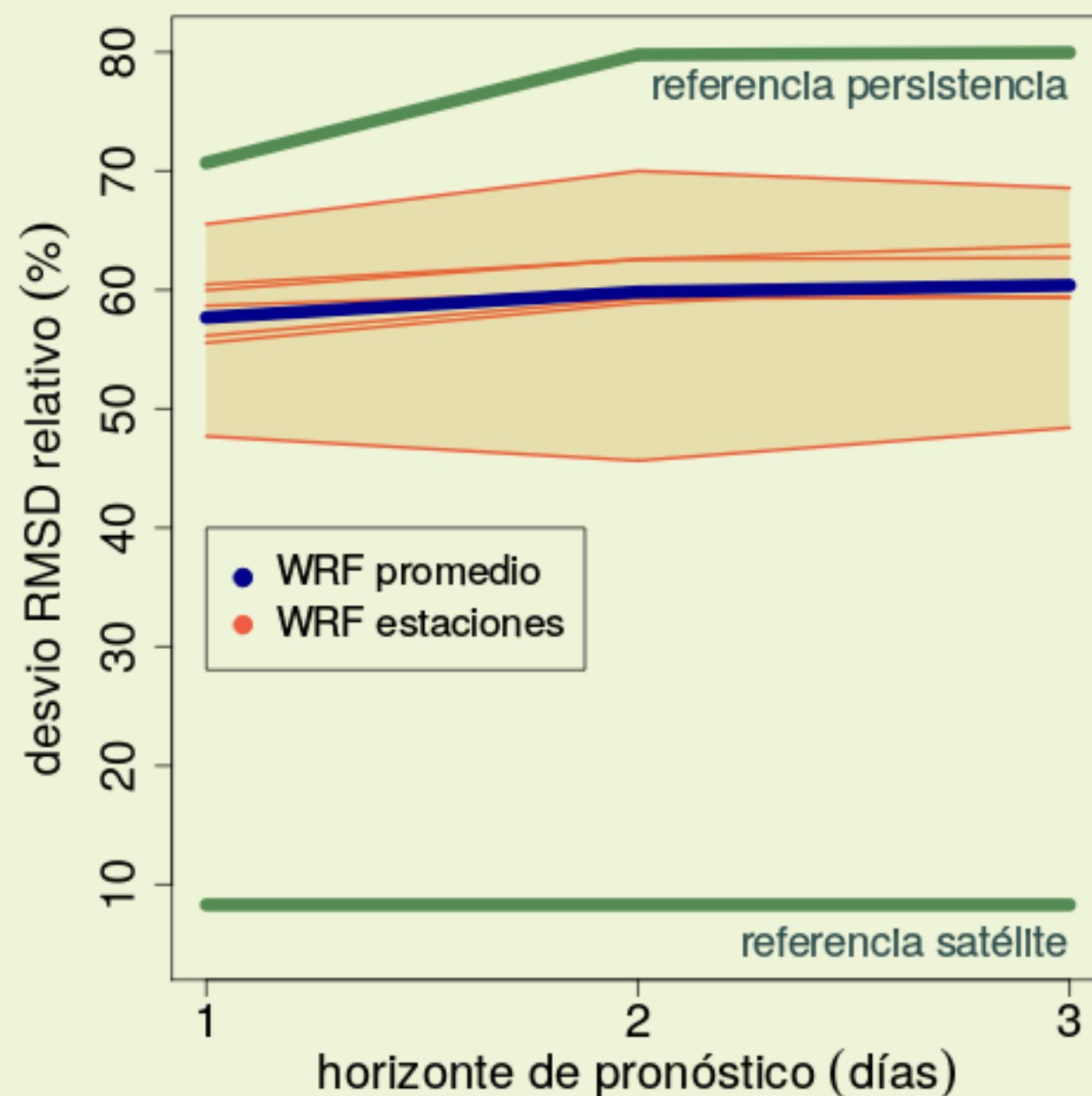
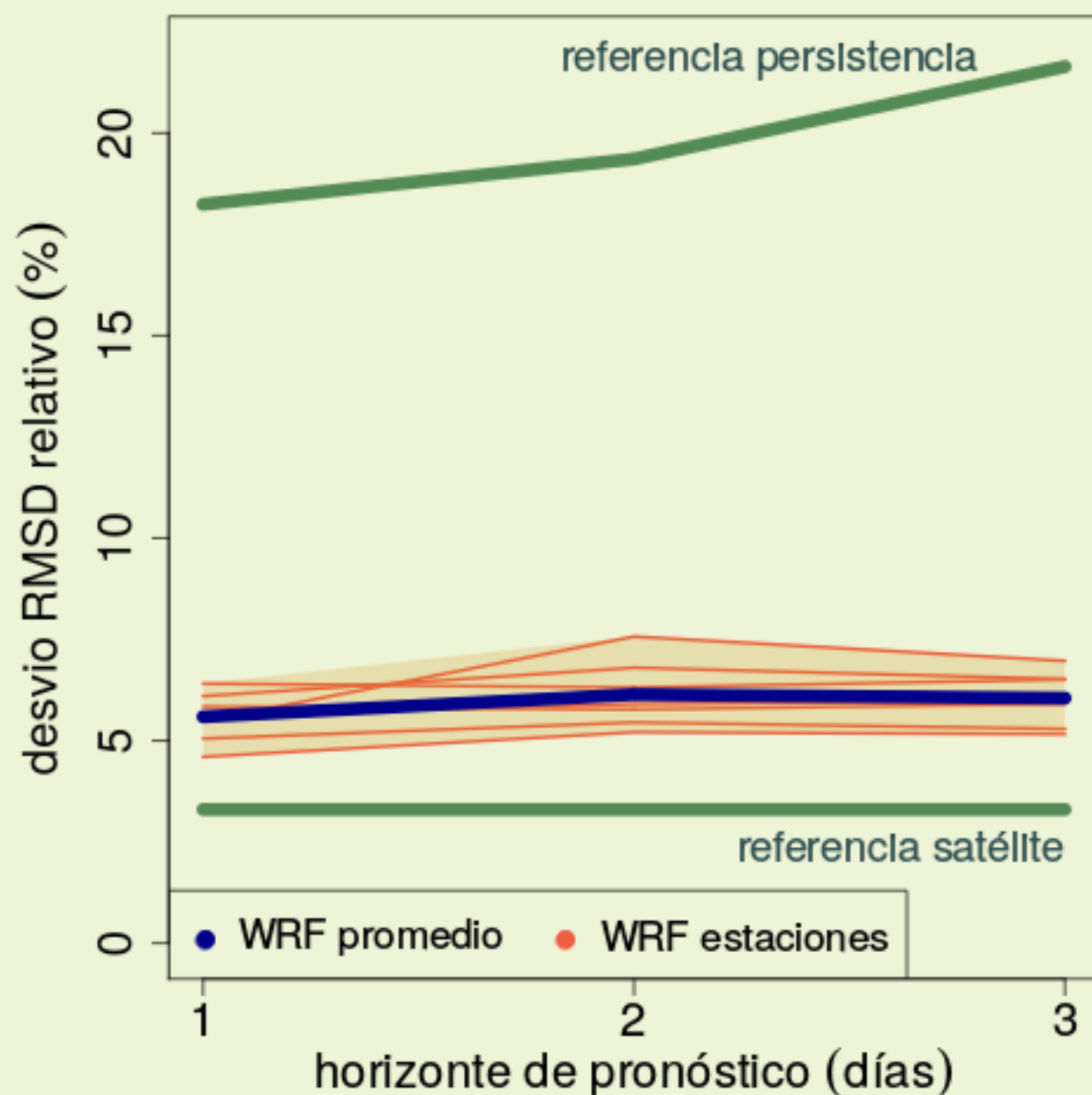


PRESENTA MAYOR DIFICULTAD PARA RESOLVER NUBES BAJAS (comparación con MODIS)

EVALUACIÓN DE NWP: GFS+WRF (a 1, 2 y 3 días en adelante)

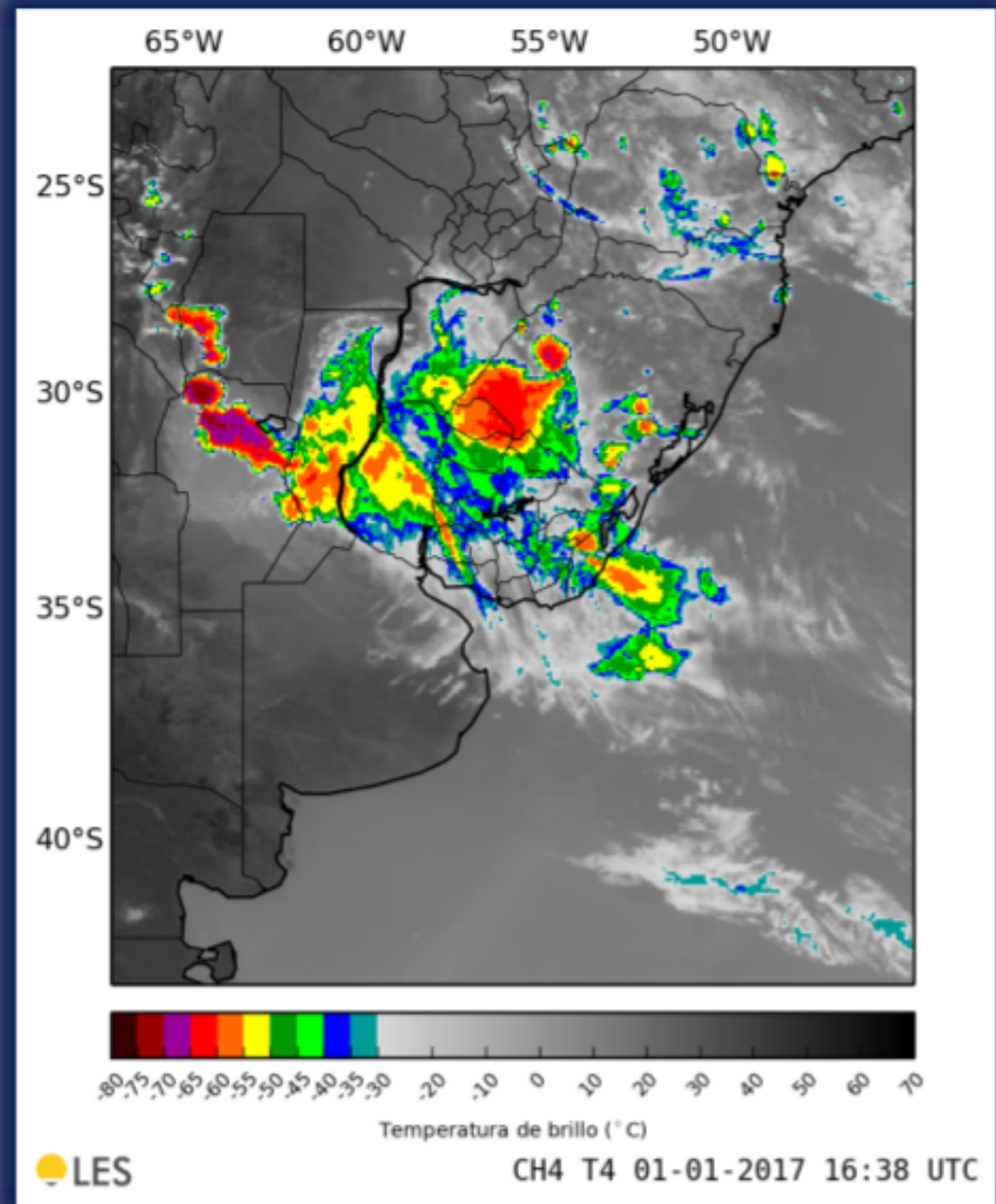
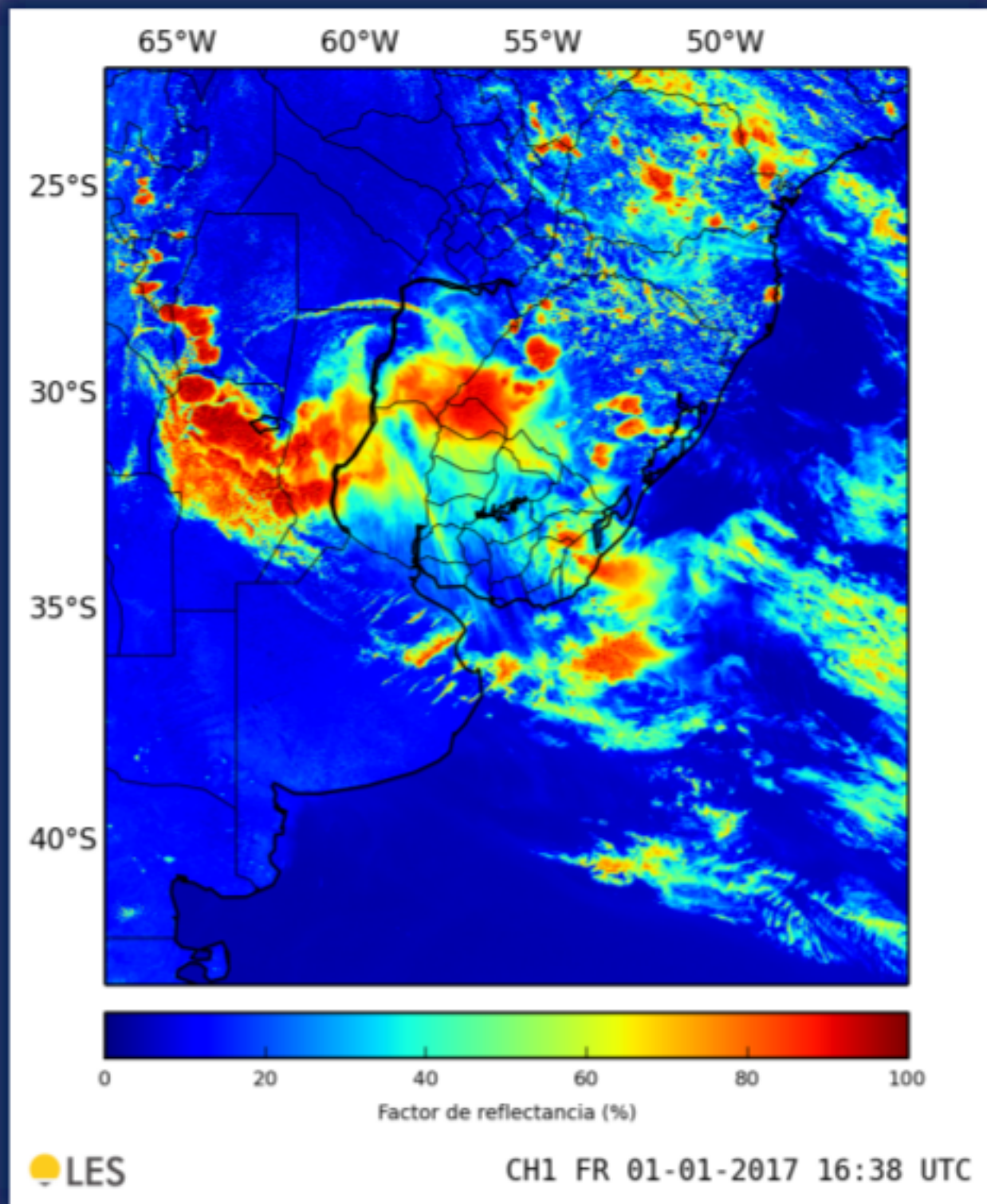


EVALUACIÓN DE NWP: GFS+WRF (a 1, 2 y 3 días en adelante)

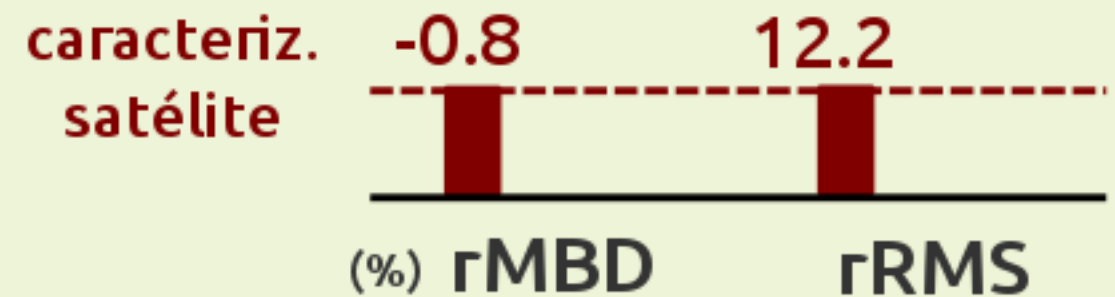
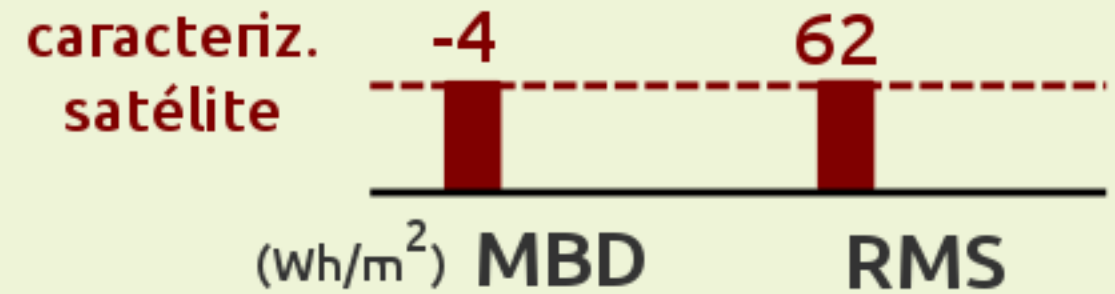
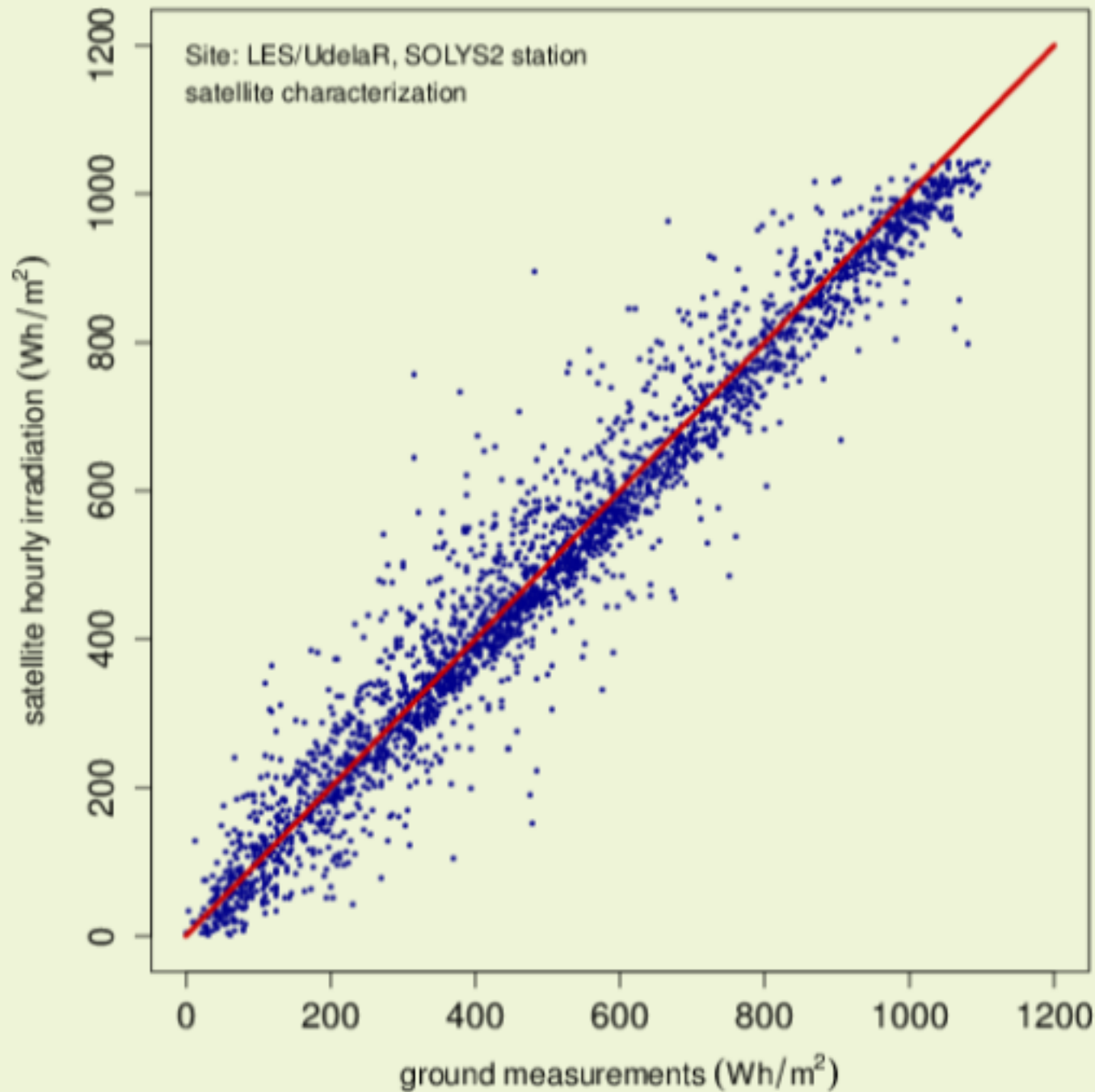


EL DESEMPEÑO ES SIGNIFICATIVAMENTE MEJOR PARA DÍAS DESPEJADOS

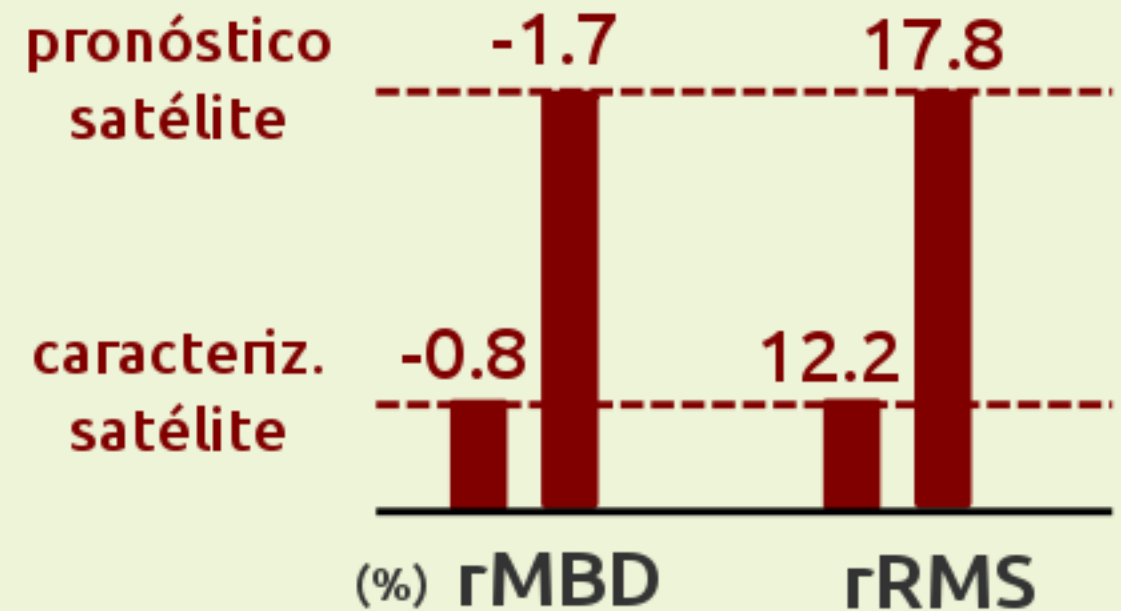
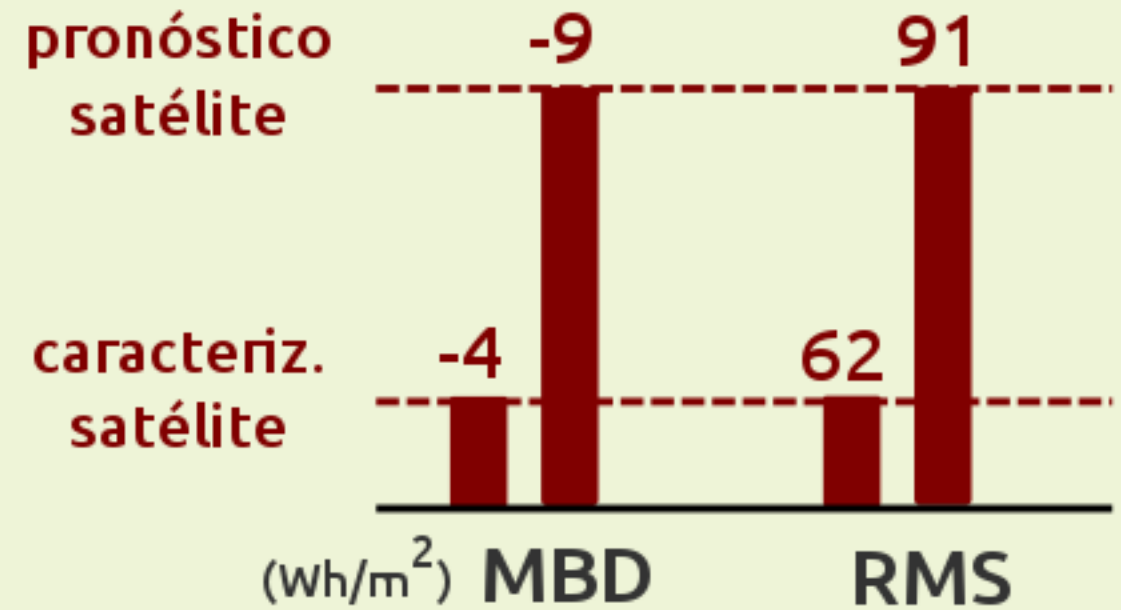
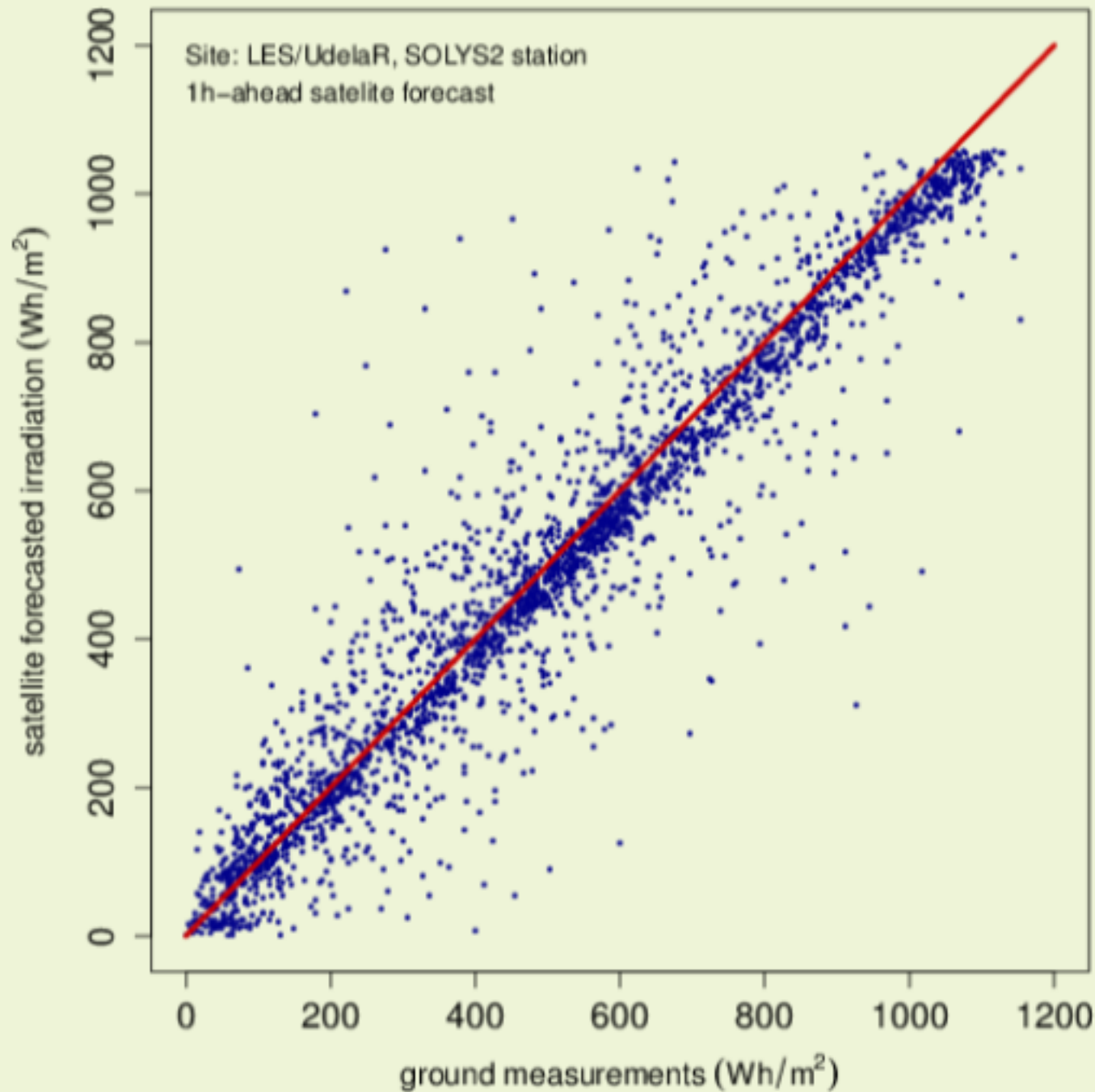
EN AMBOS CASOS EL DESEMPEÑO A ESCALA DIARIA ES MEJOR QUE LA PERSISTENCIA



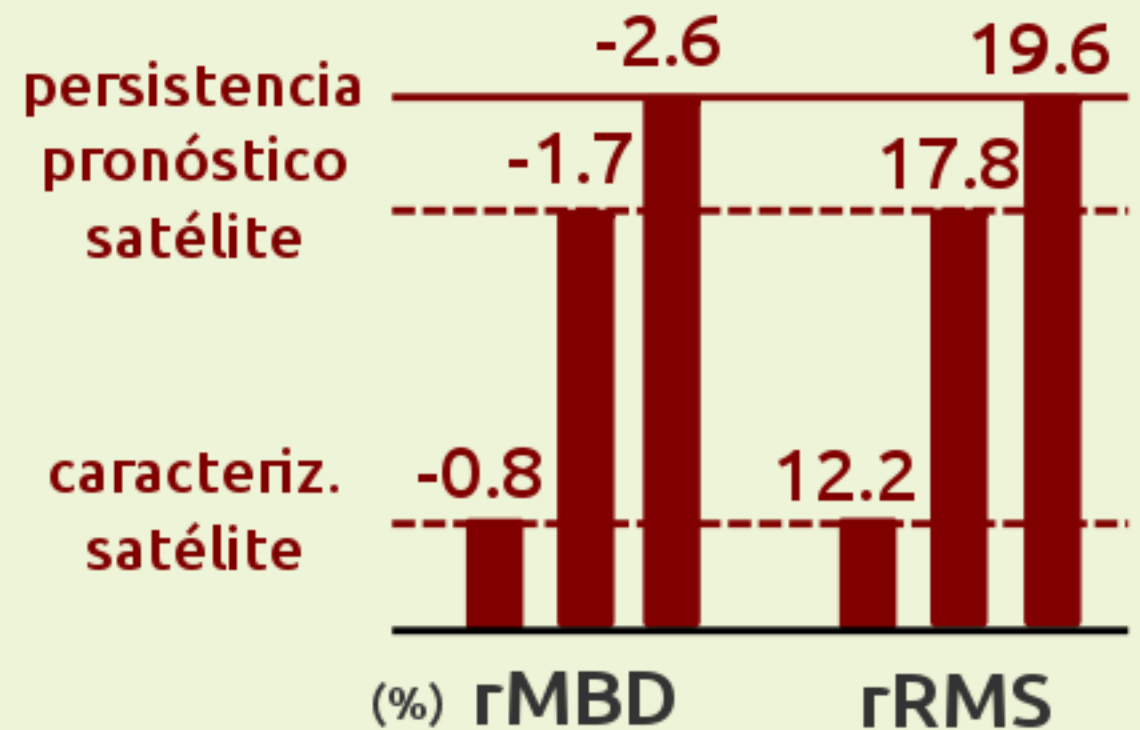
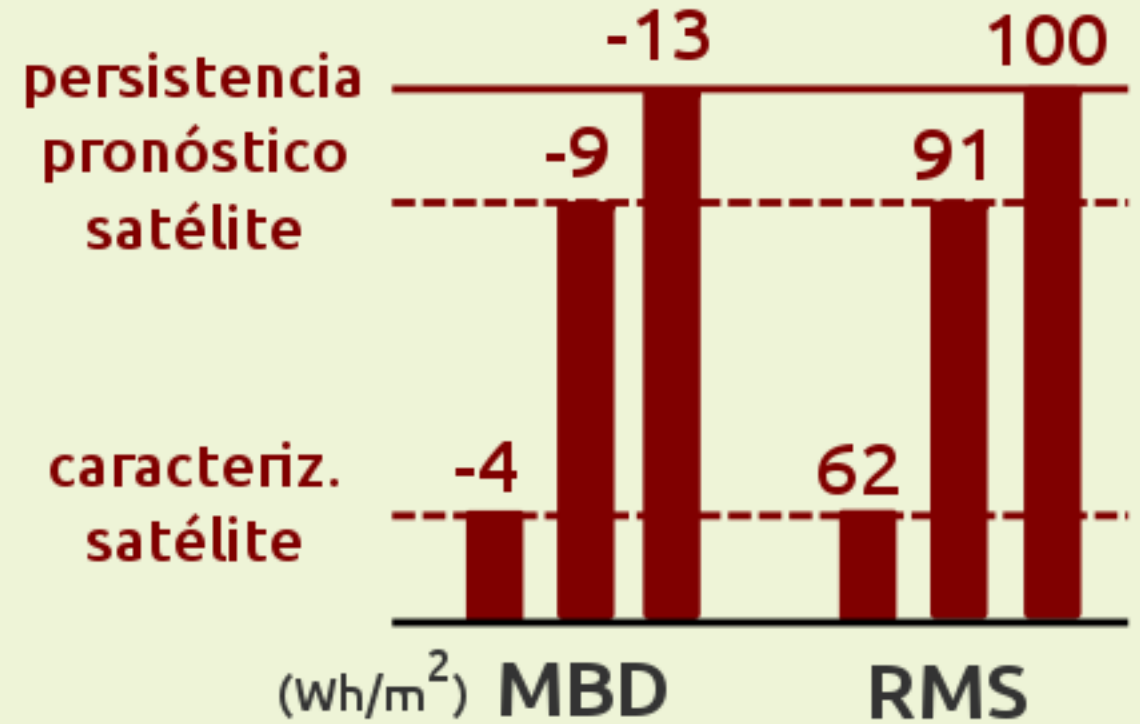
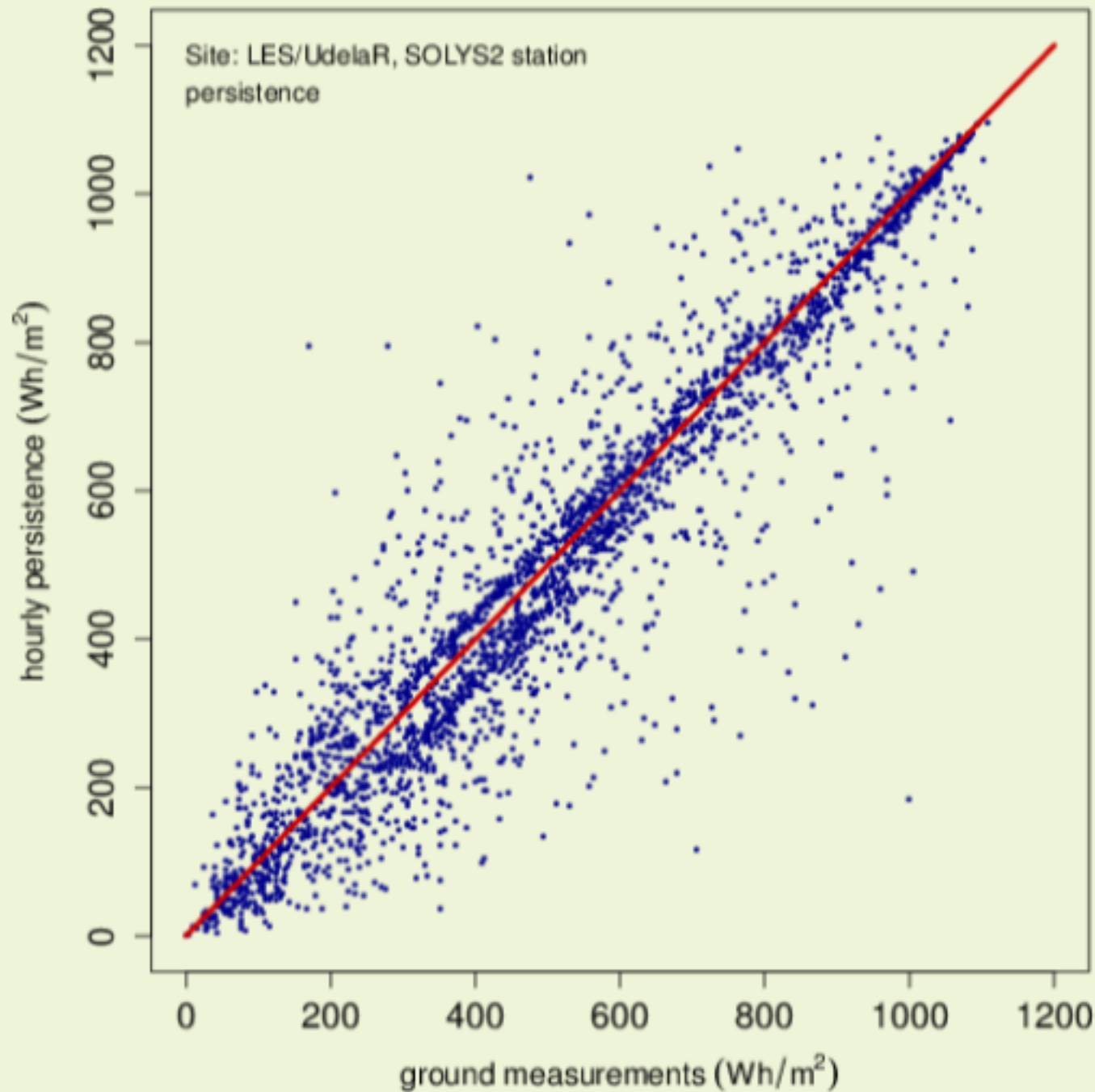
EVALUACIÓN EN UN SITIO (LES, Salto)



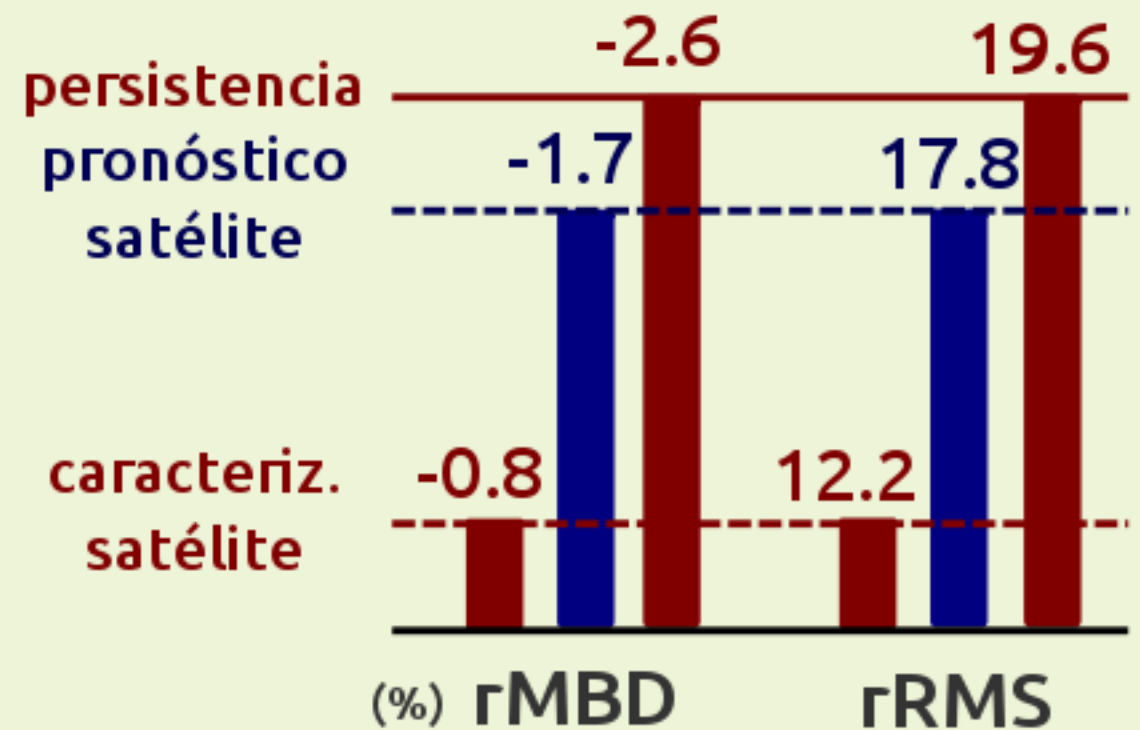
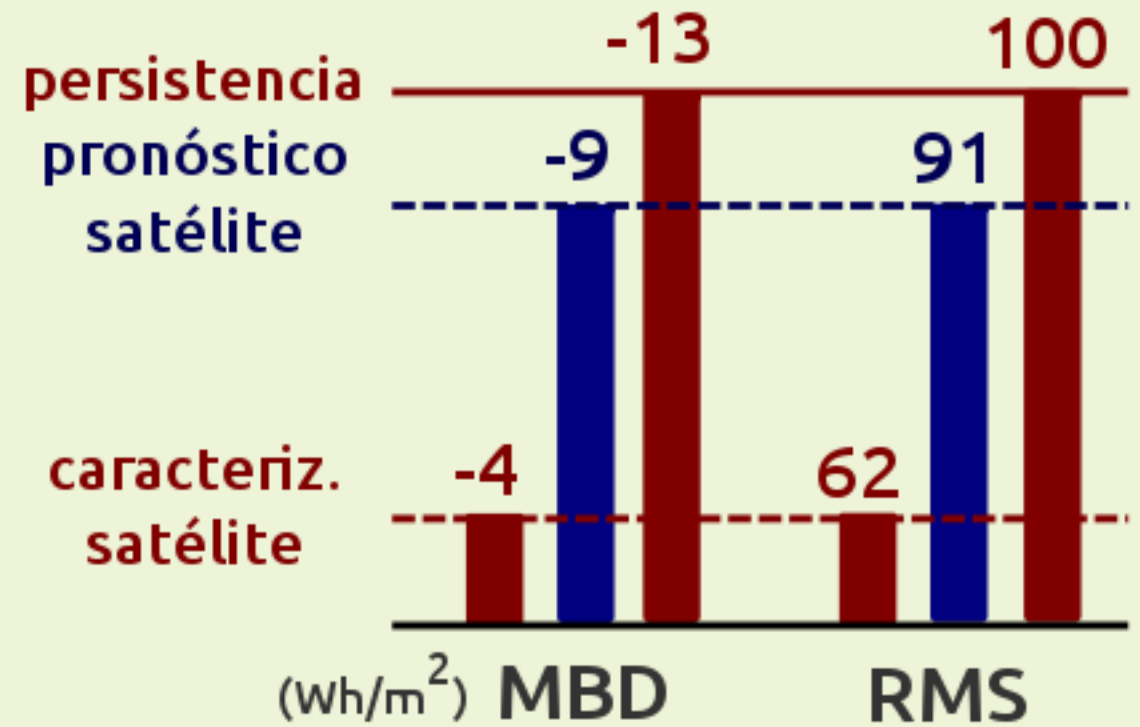
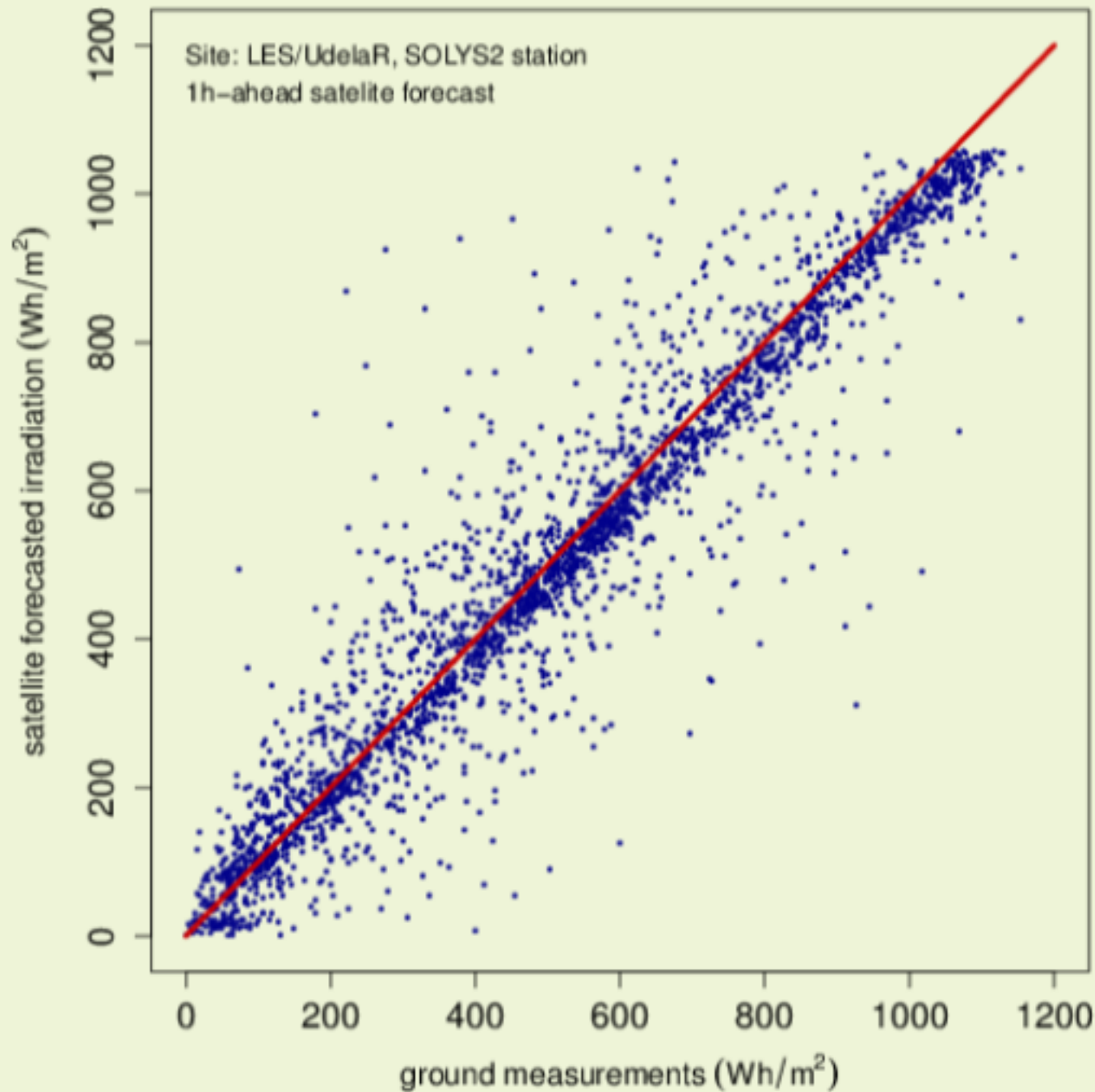
EVALUACIÓN EN UN SITIO (LES, Salto)



EVALUACIÓN EN UN SITIO (LES, Salto)



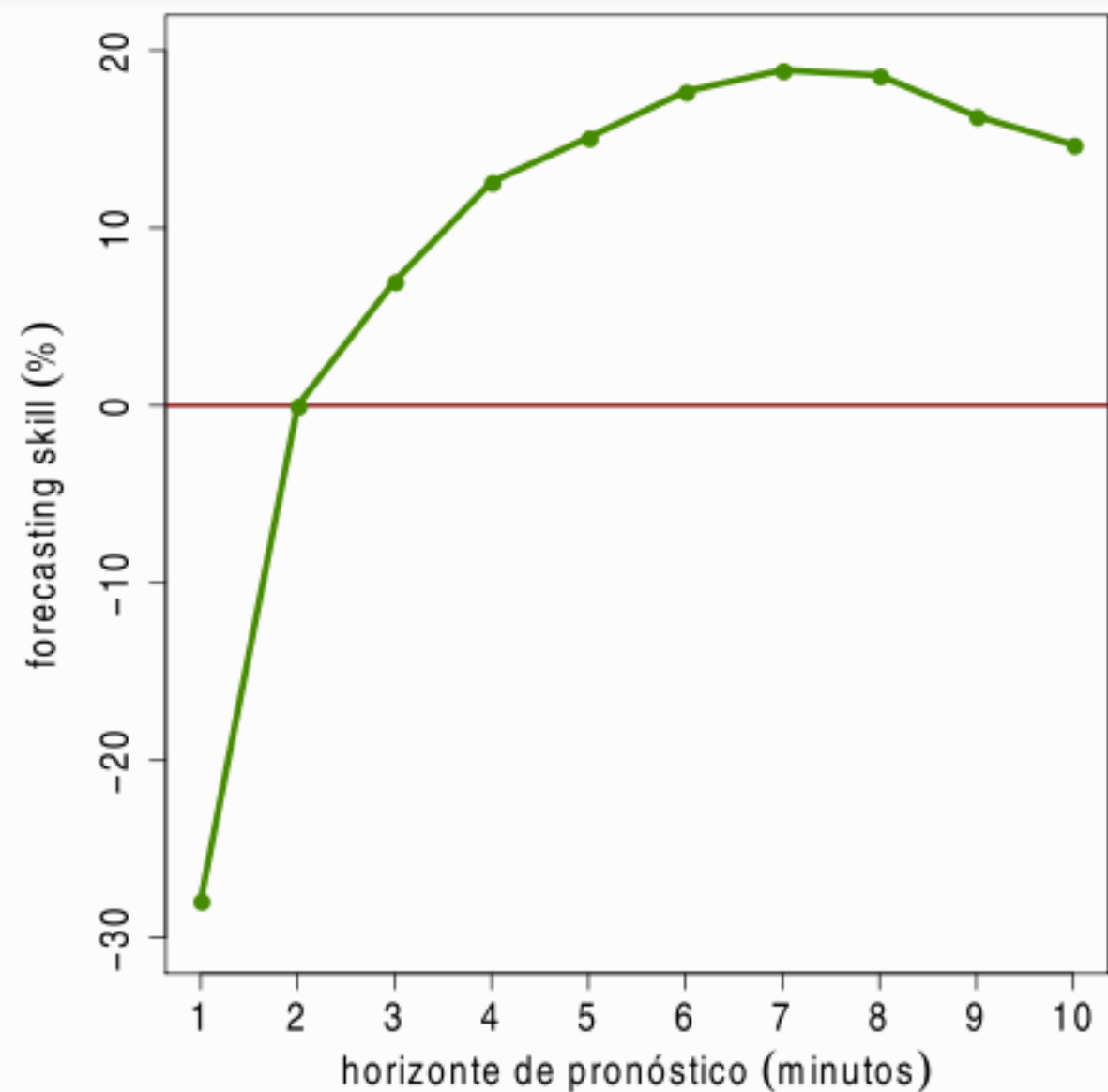
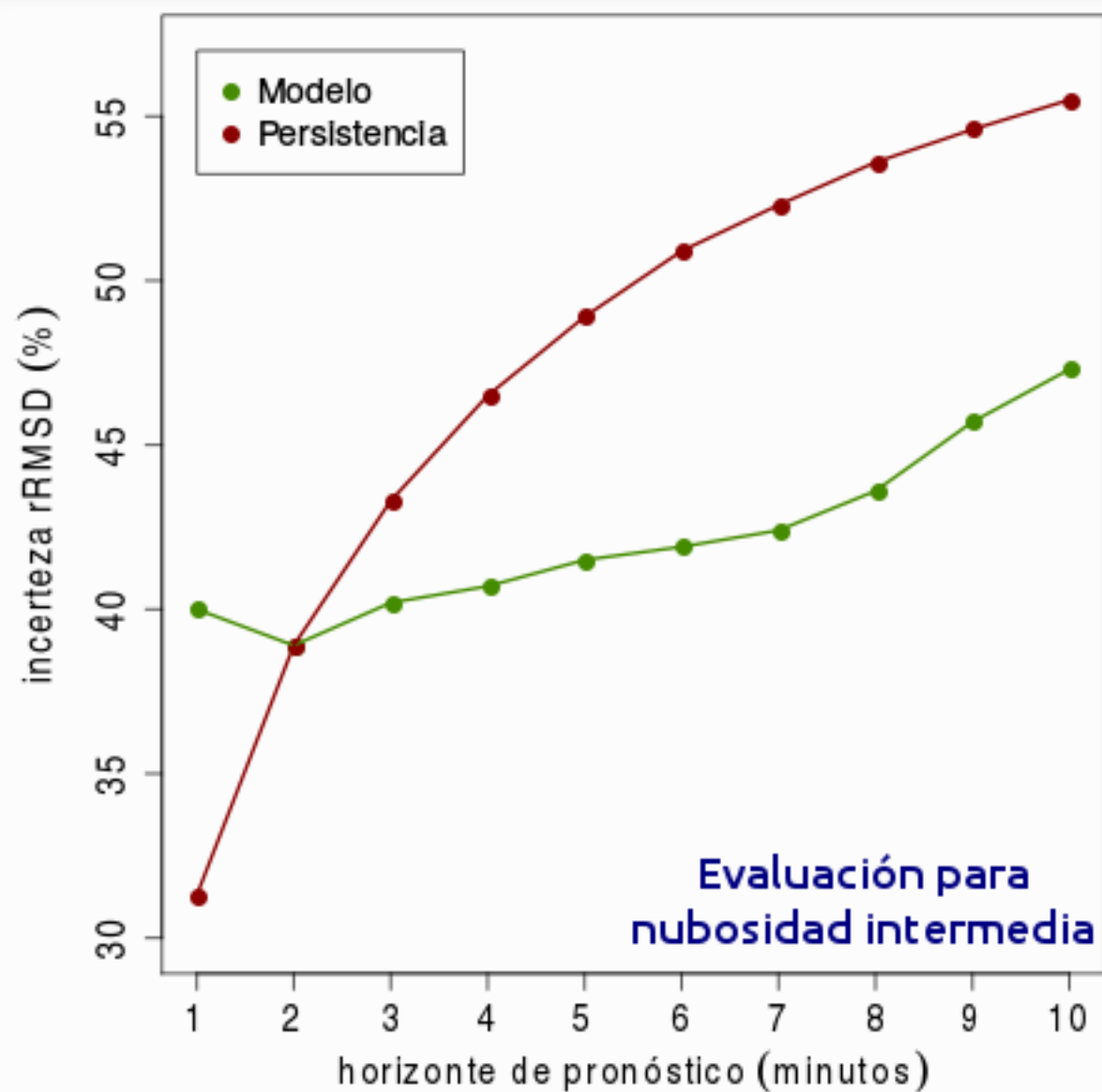
EVALUACIÓN EN UN SITIO (LES, Salto)





PRONÓSTICO POR CÁMARAS TODO-CIELO

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO



RESUMEN PARA URUGUAY

(point forecast al estado actual)

DIAGRAMA DE INCERTIDUMBRE

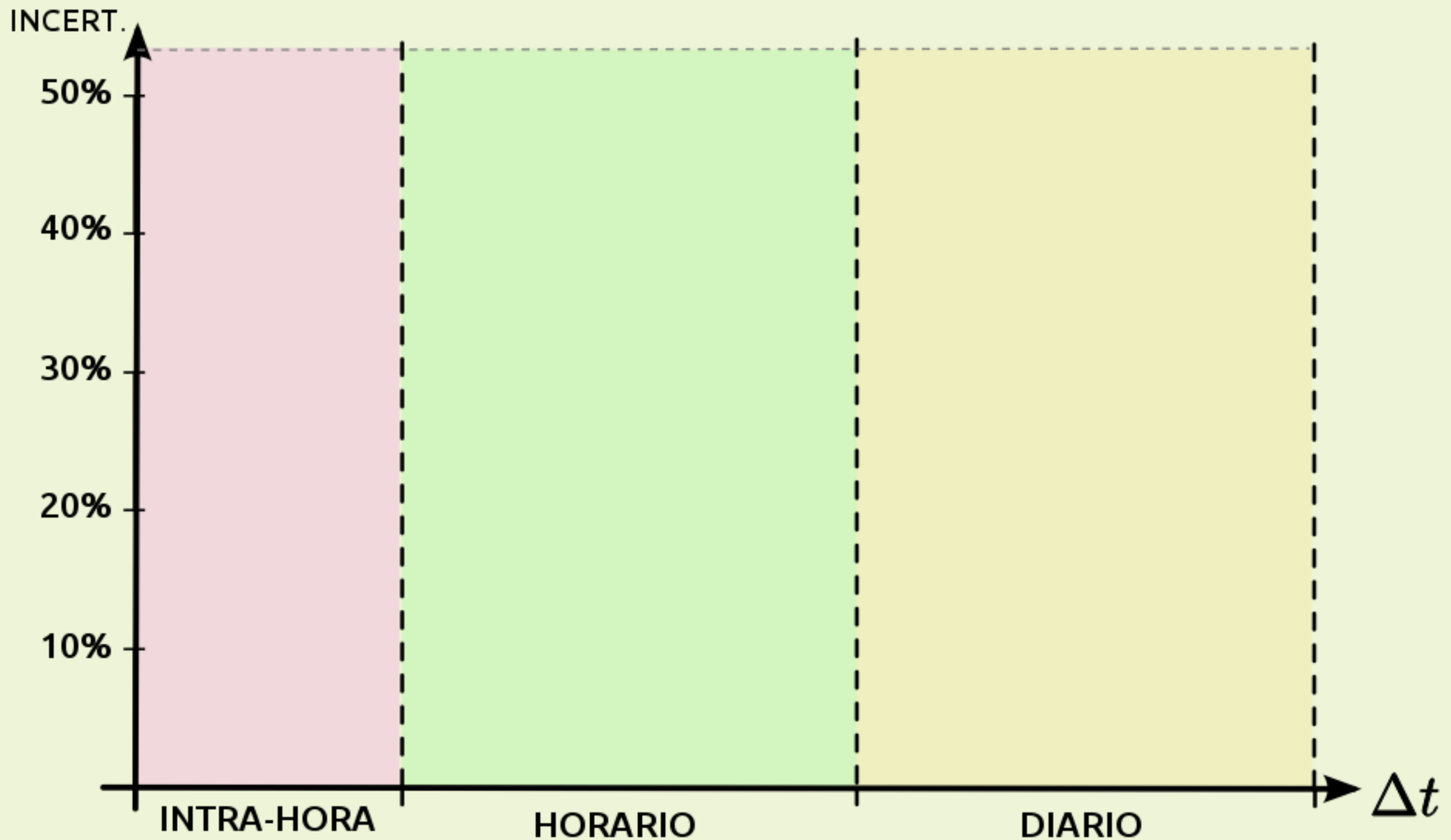


DIAGRAMA DE INCERTIDUMBRE

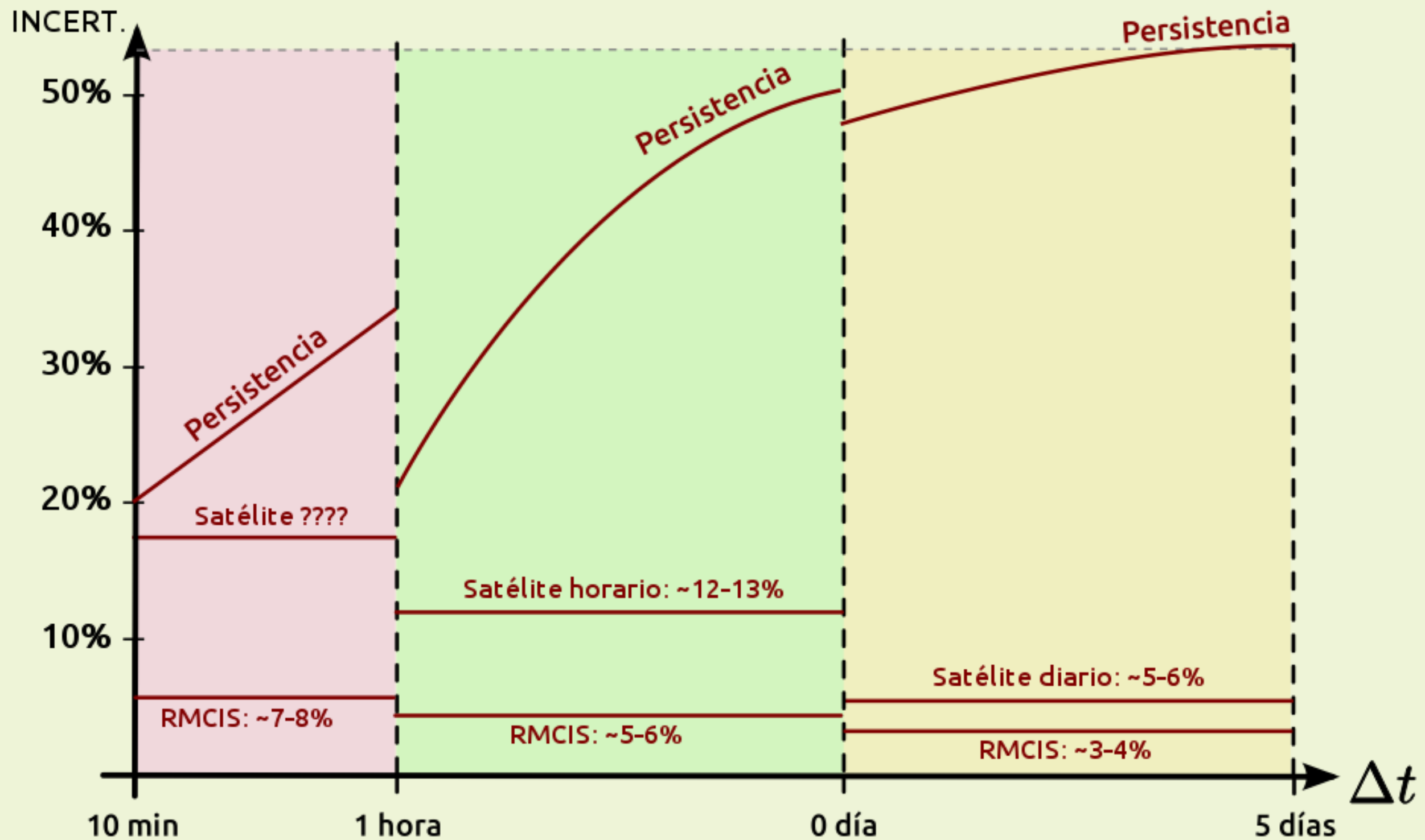


DIAGRAMA DE INCERTIDUMBRE

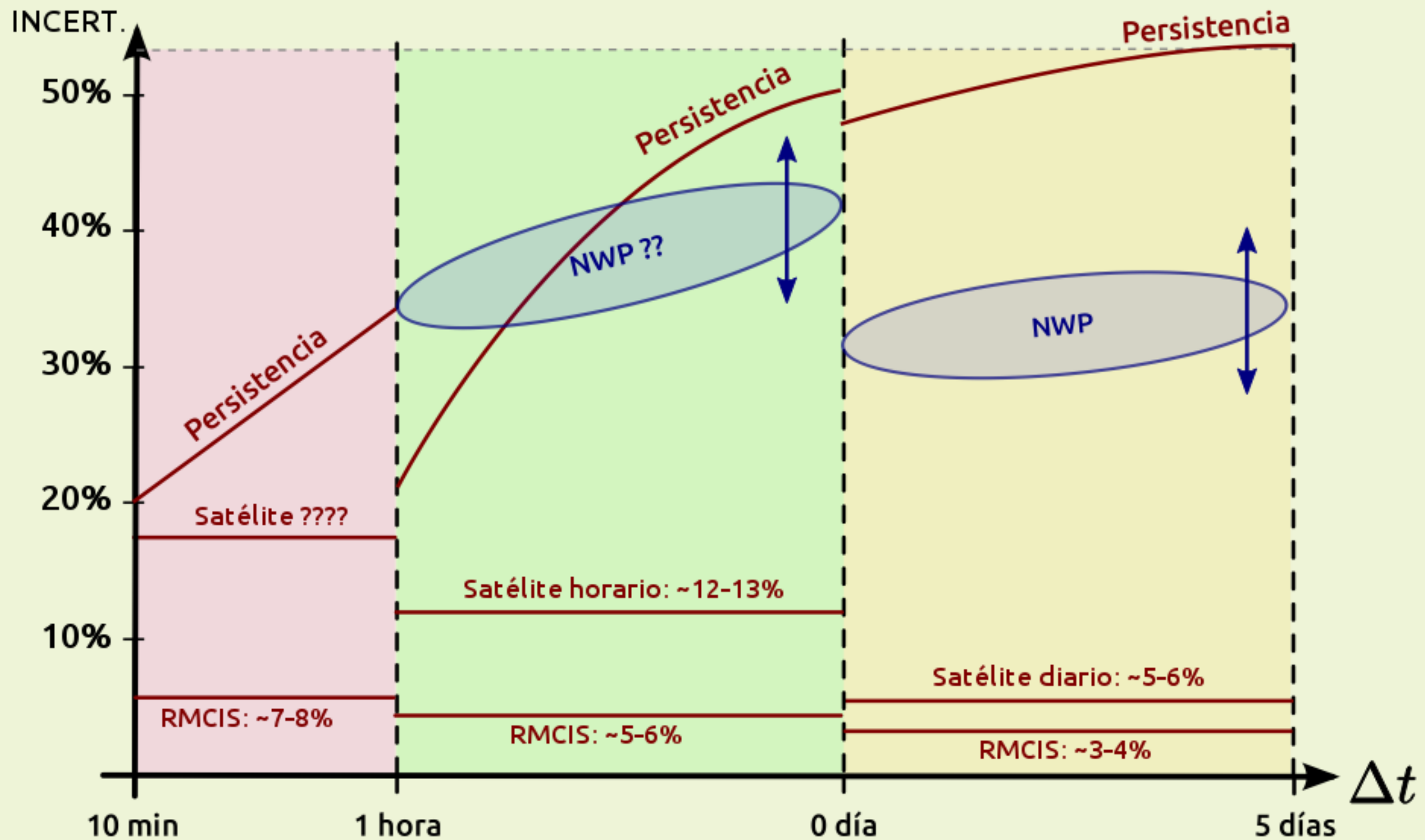


DIAGRAMA DE INCERTIDUMBRE

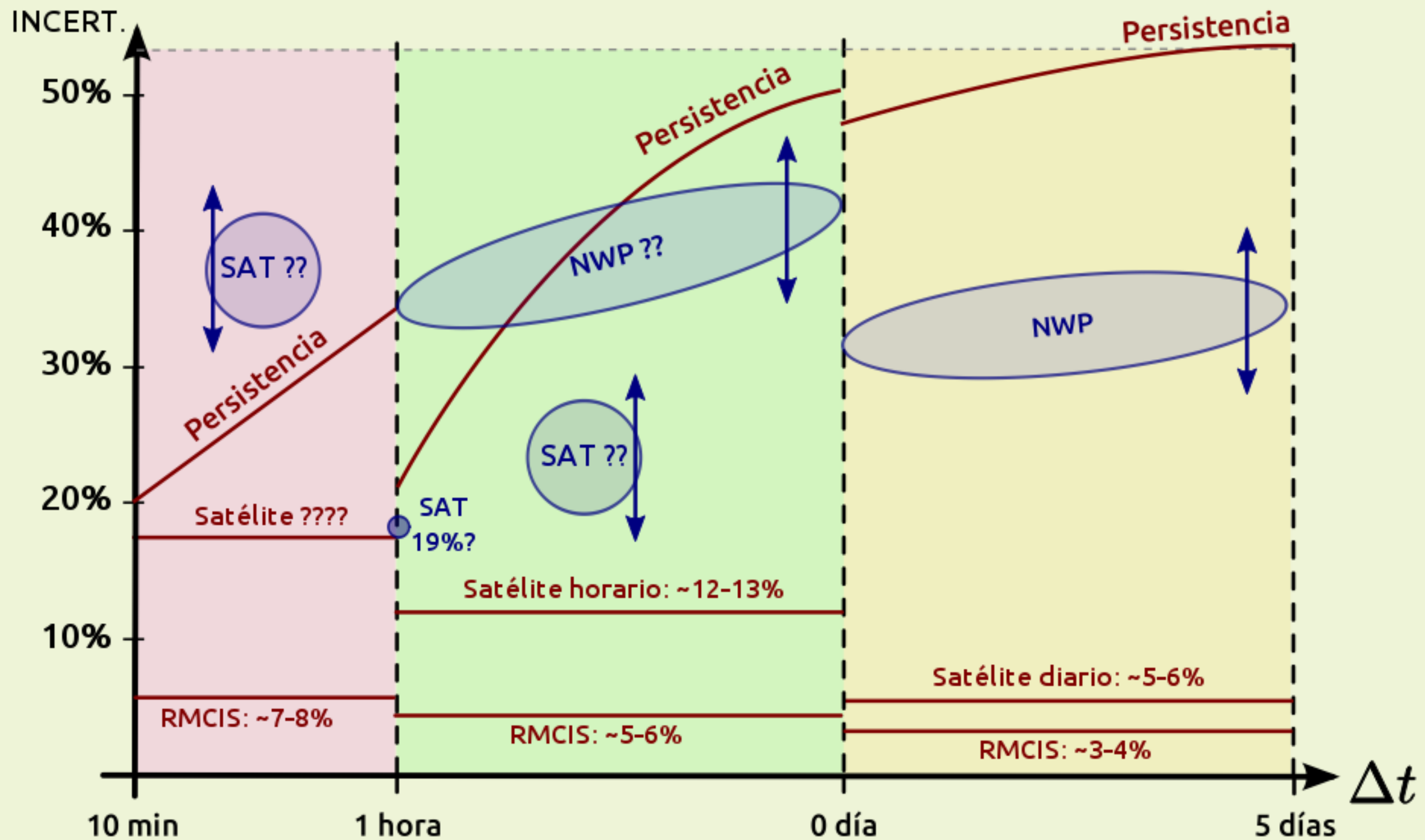


DIAGRAMA DE INCERTIDUMBRE

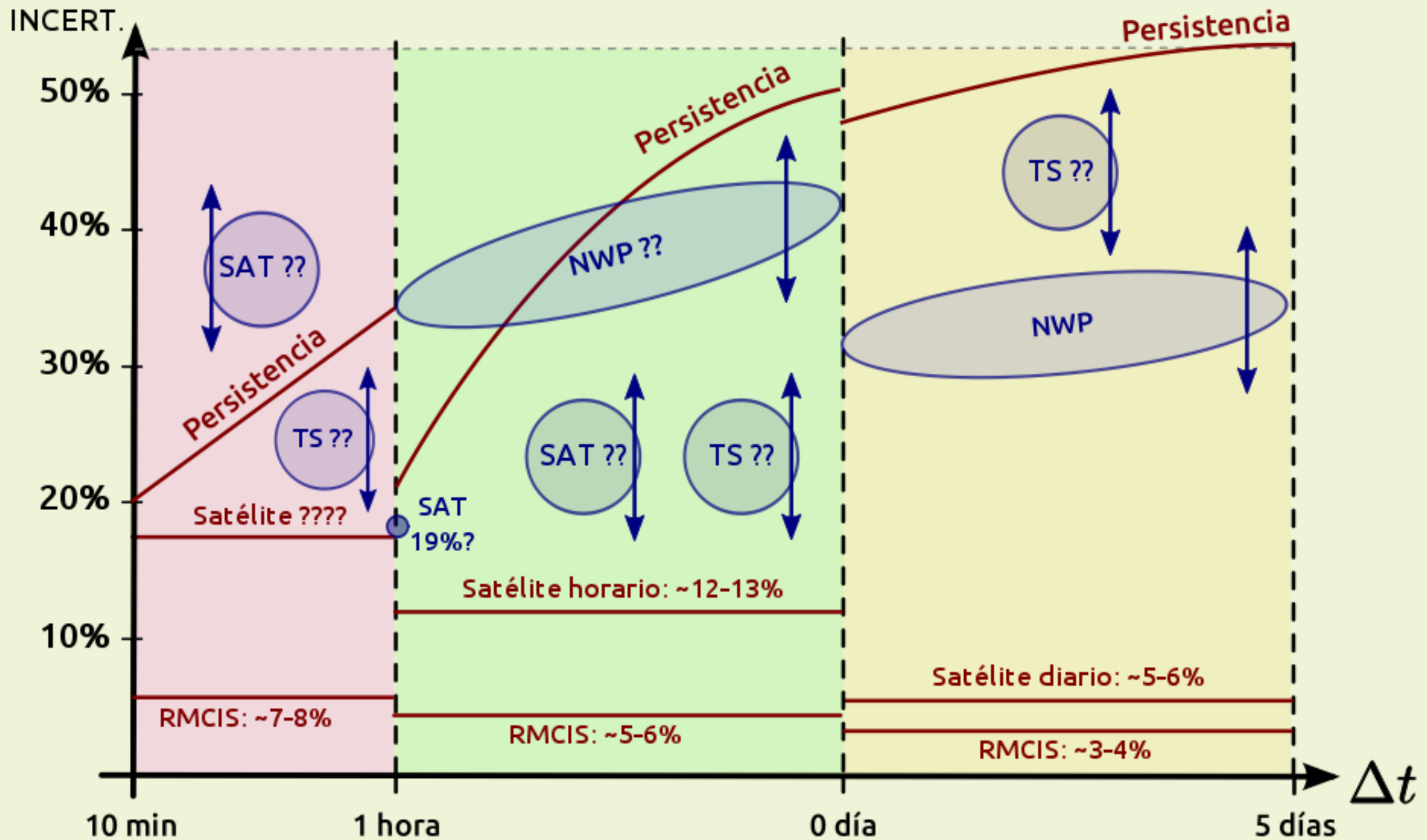


DIAGRAMA DE INCERTIDUMBRE

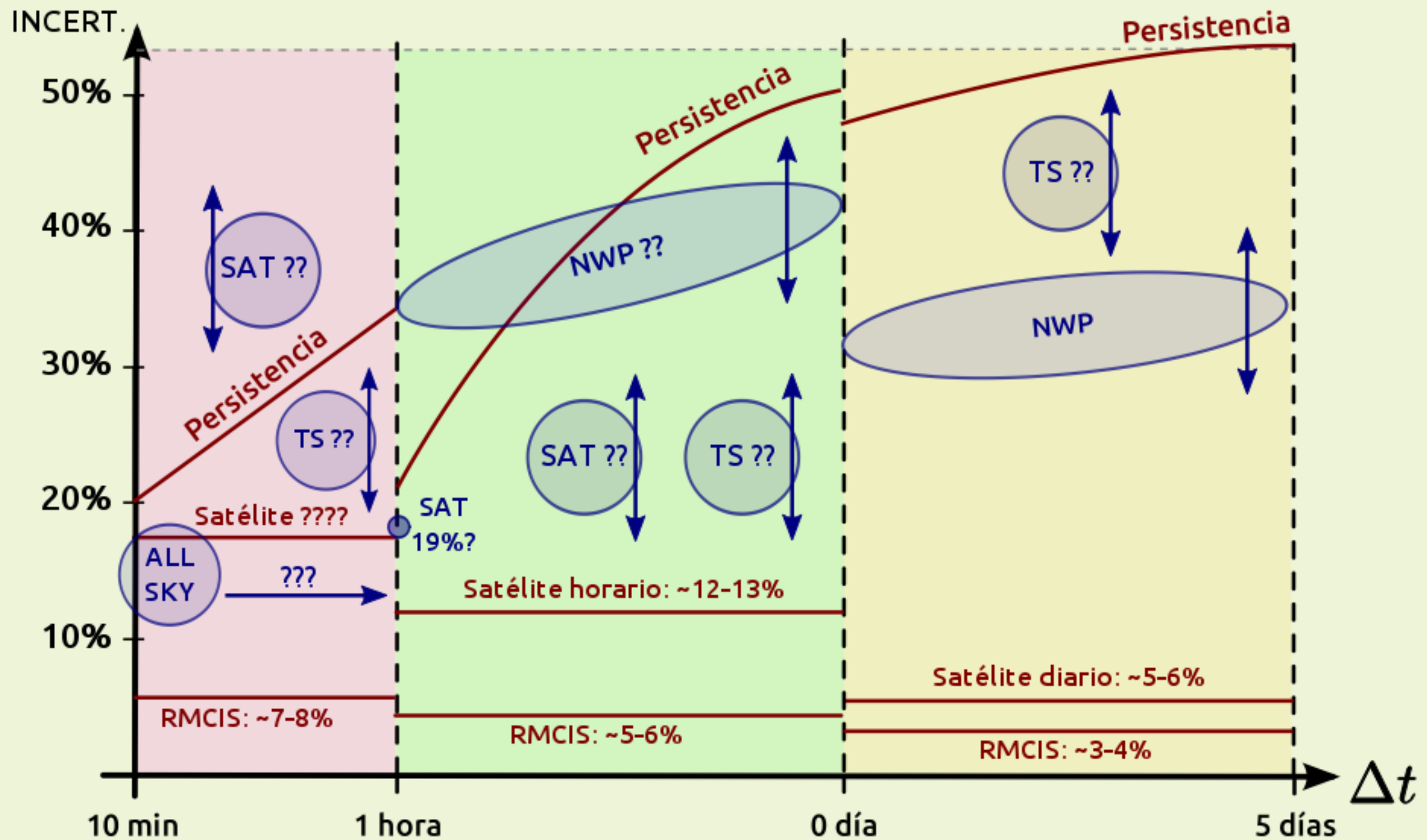
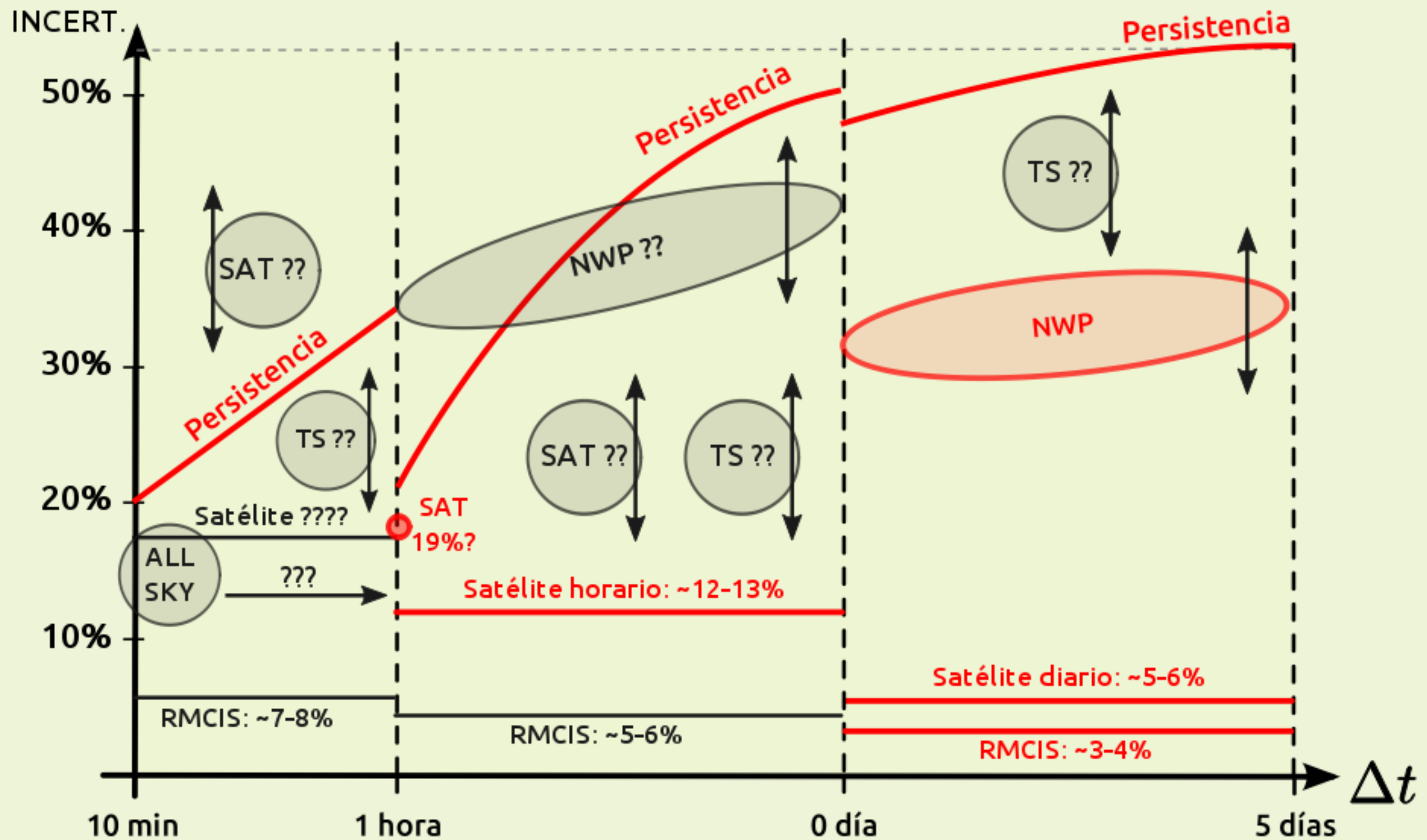
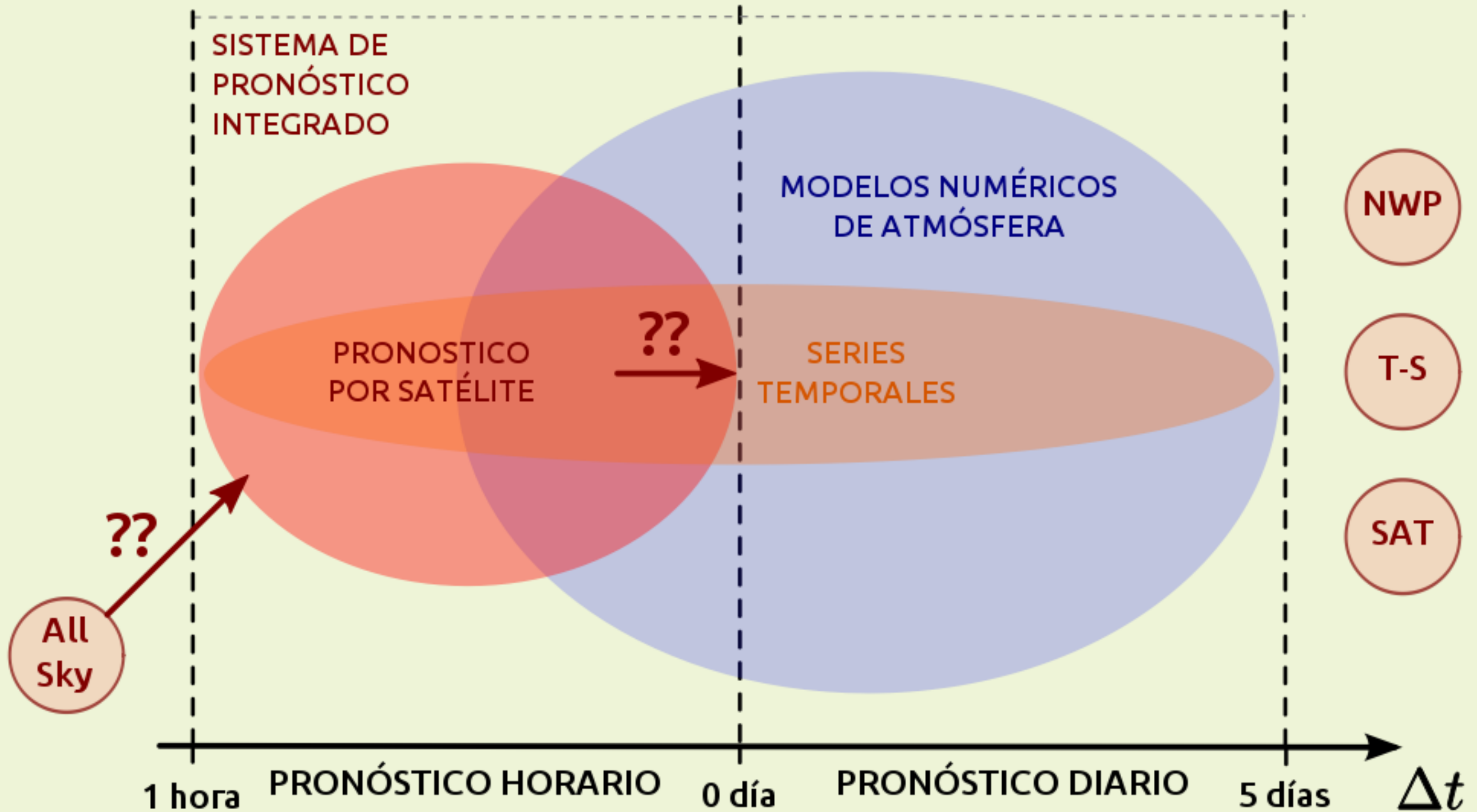


DIAGRAMA DE INCERTIDUMBRE



CONCLUSIONES: HOJA DE RUTA DE DESARROLLO DEL PRONÓSTICO SOLAR

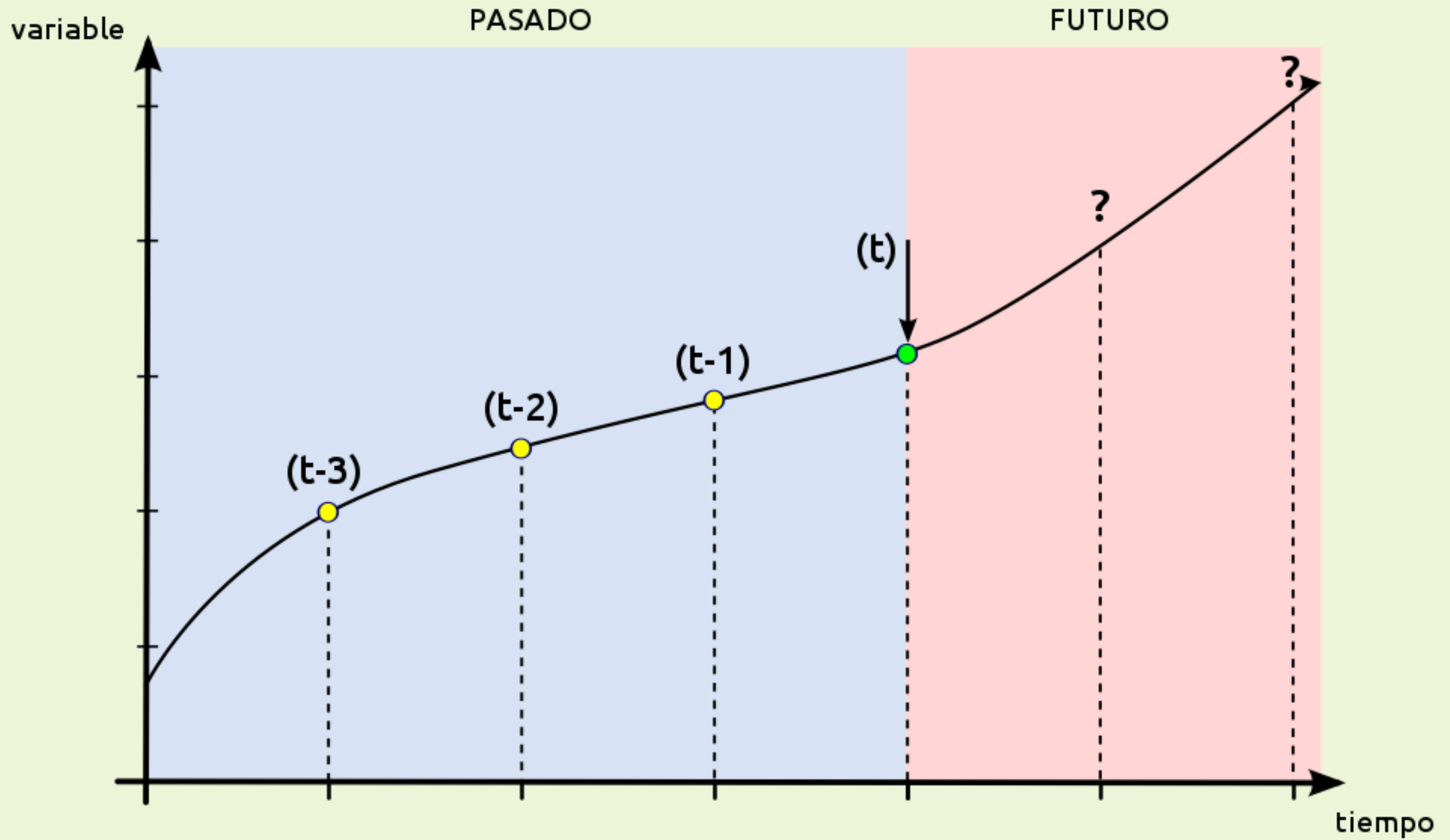
MEDIANO PLAZO (~5 años)



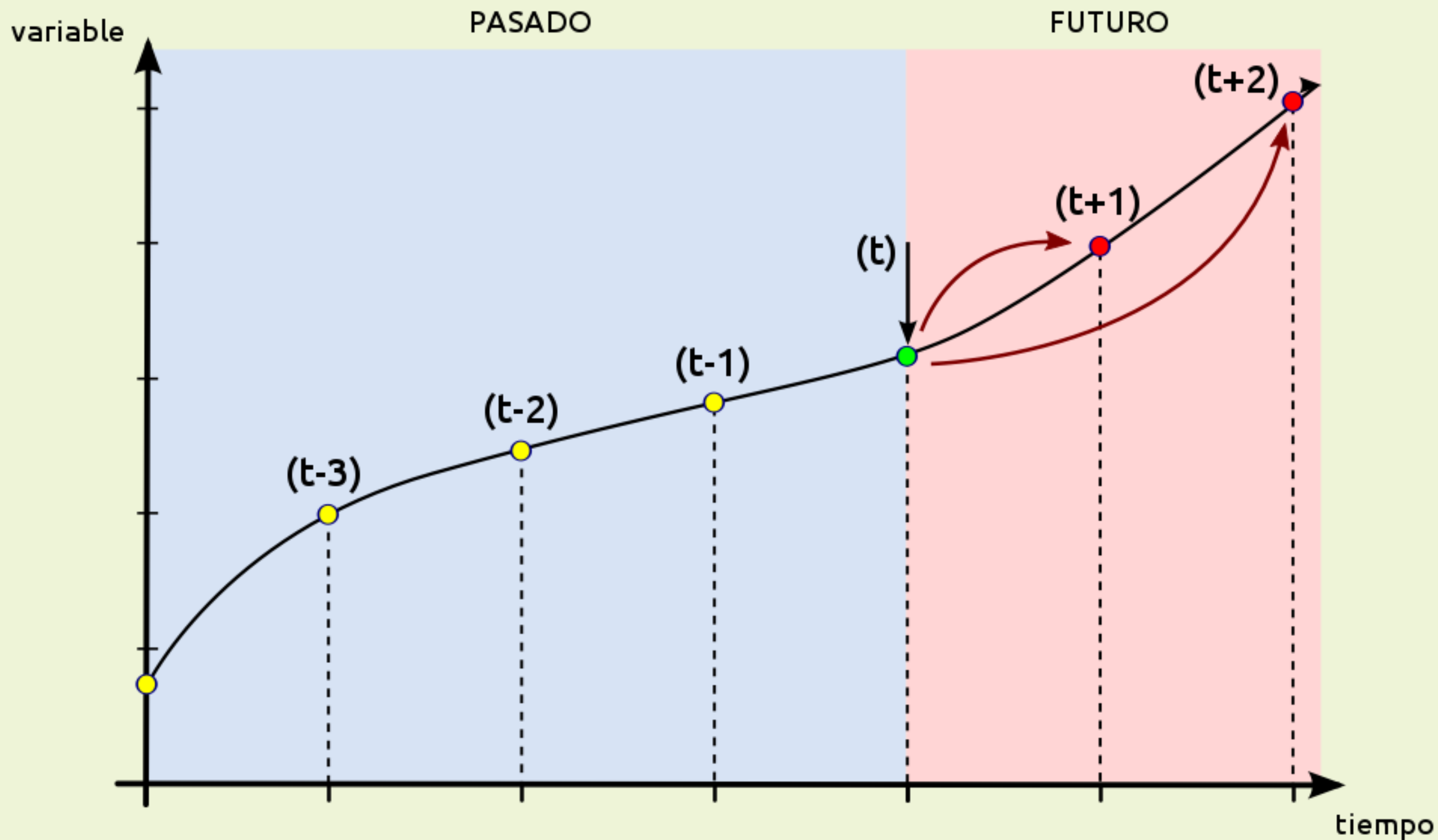
PRONÓSTICO PROBABILÍSTICO

(intervalos de confianza)

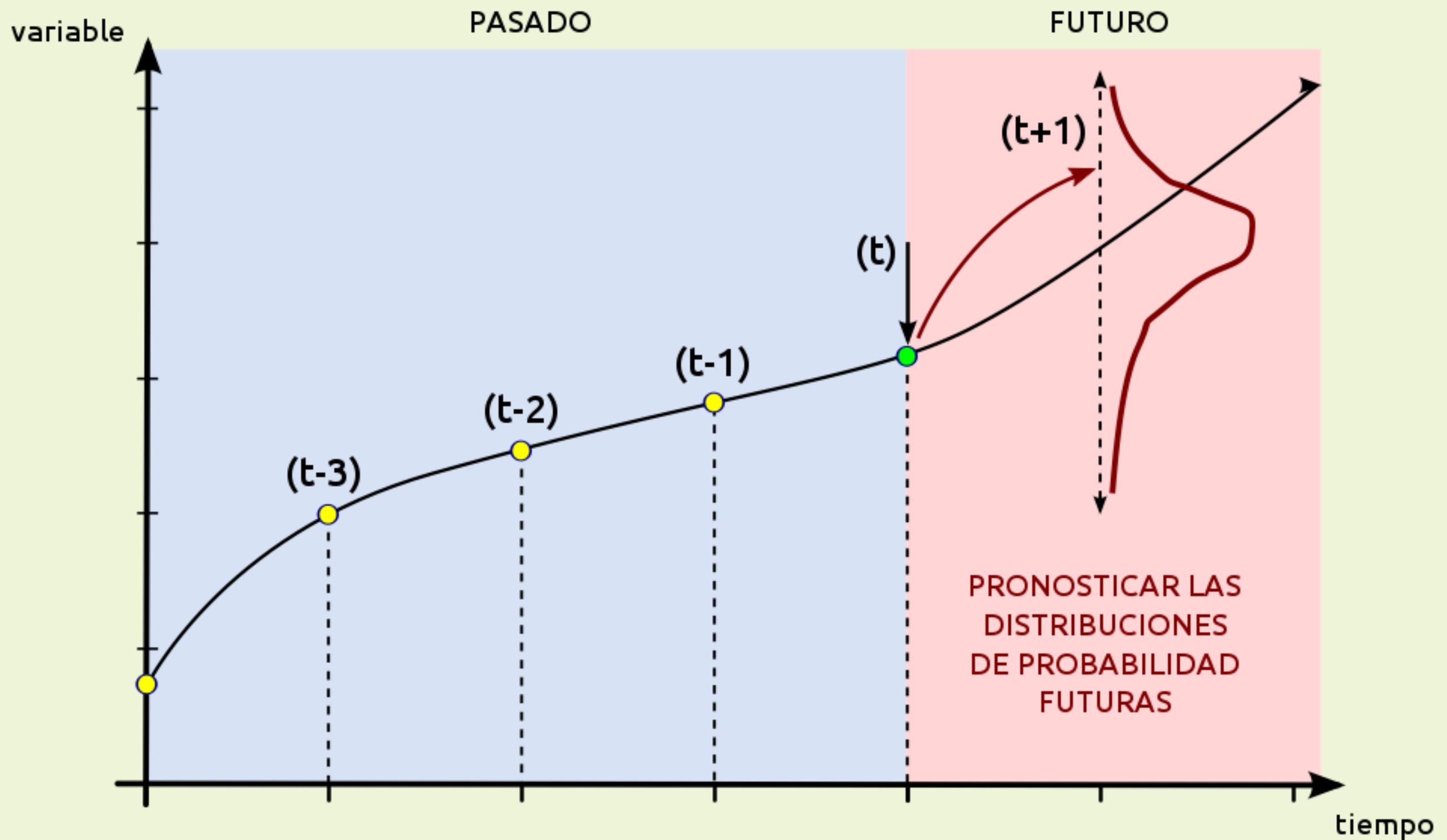
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA



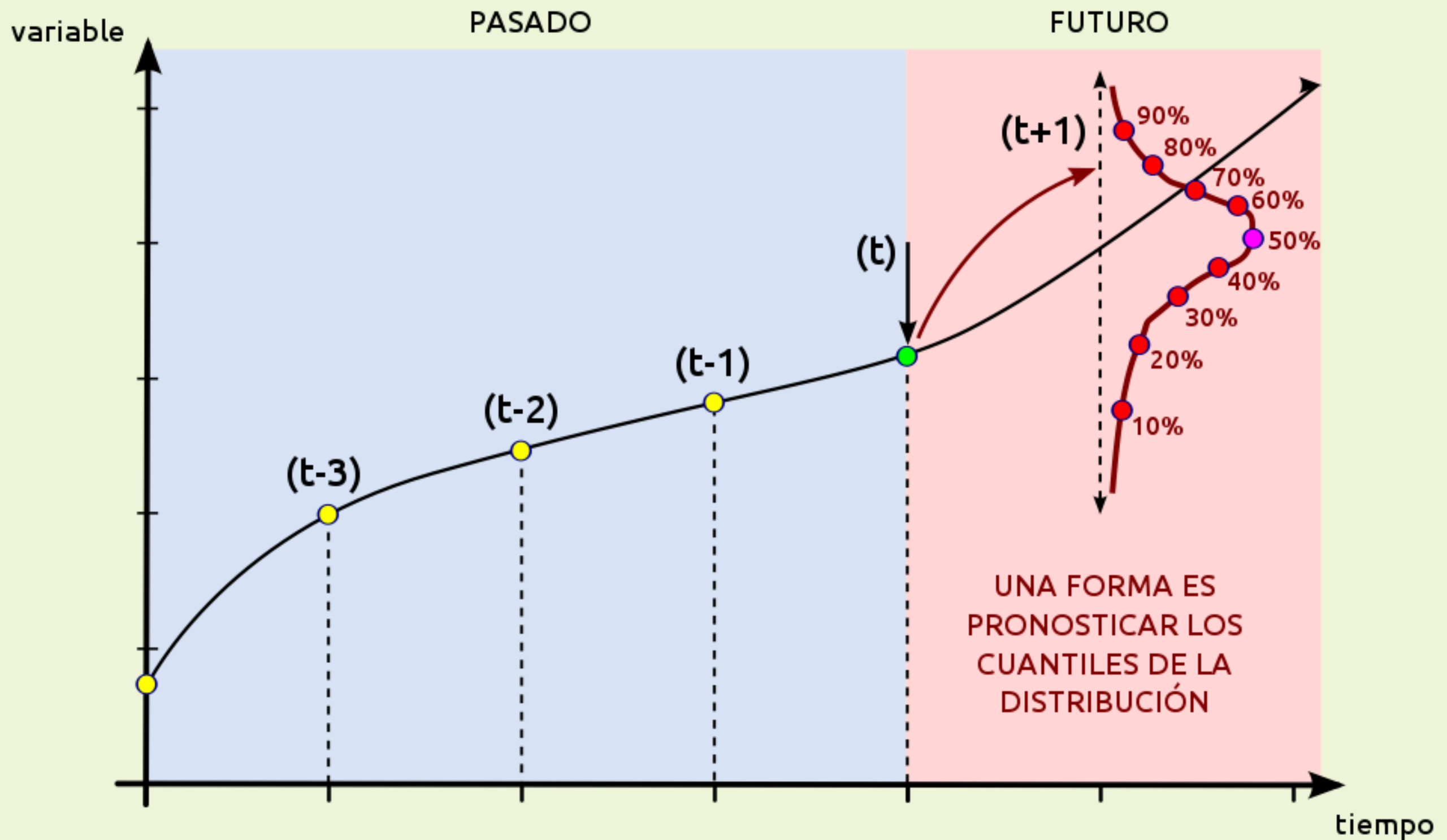
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA: PRONÓSTICO PUNTUAL (determinístico)



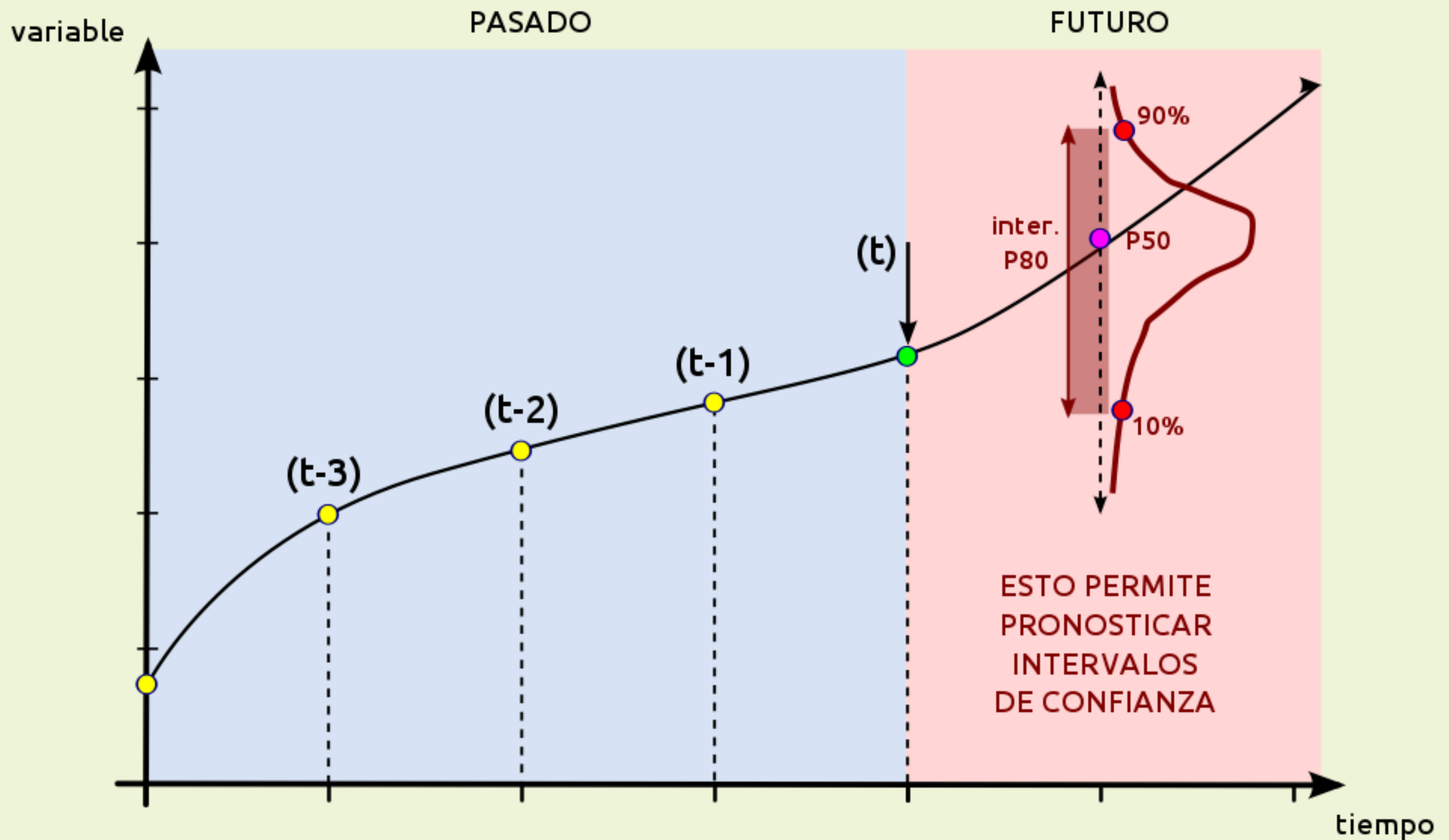
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA: PRONÓSTICO PROBABILÍSTICO



DEFINICIÓN DEL PROBLEMA: PRONÓSTICO PROBABILÍSTICO



DEFINICIÓN DEL PROBLEMA: PRONÓSTICO PROBABILÍSTICO



¿QUÉ PROPIEDADES SE BUSCAN PARA LOS INTERVALOS DE CONFIANZA?

CONFIABILIDAD: que un intervalo al X% efectivamente deje ese porcentaje de probabilidad

RESOLUCIÓN: que los intervalos sean lo más estrecho posible (nitidez en los intervalos)

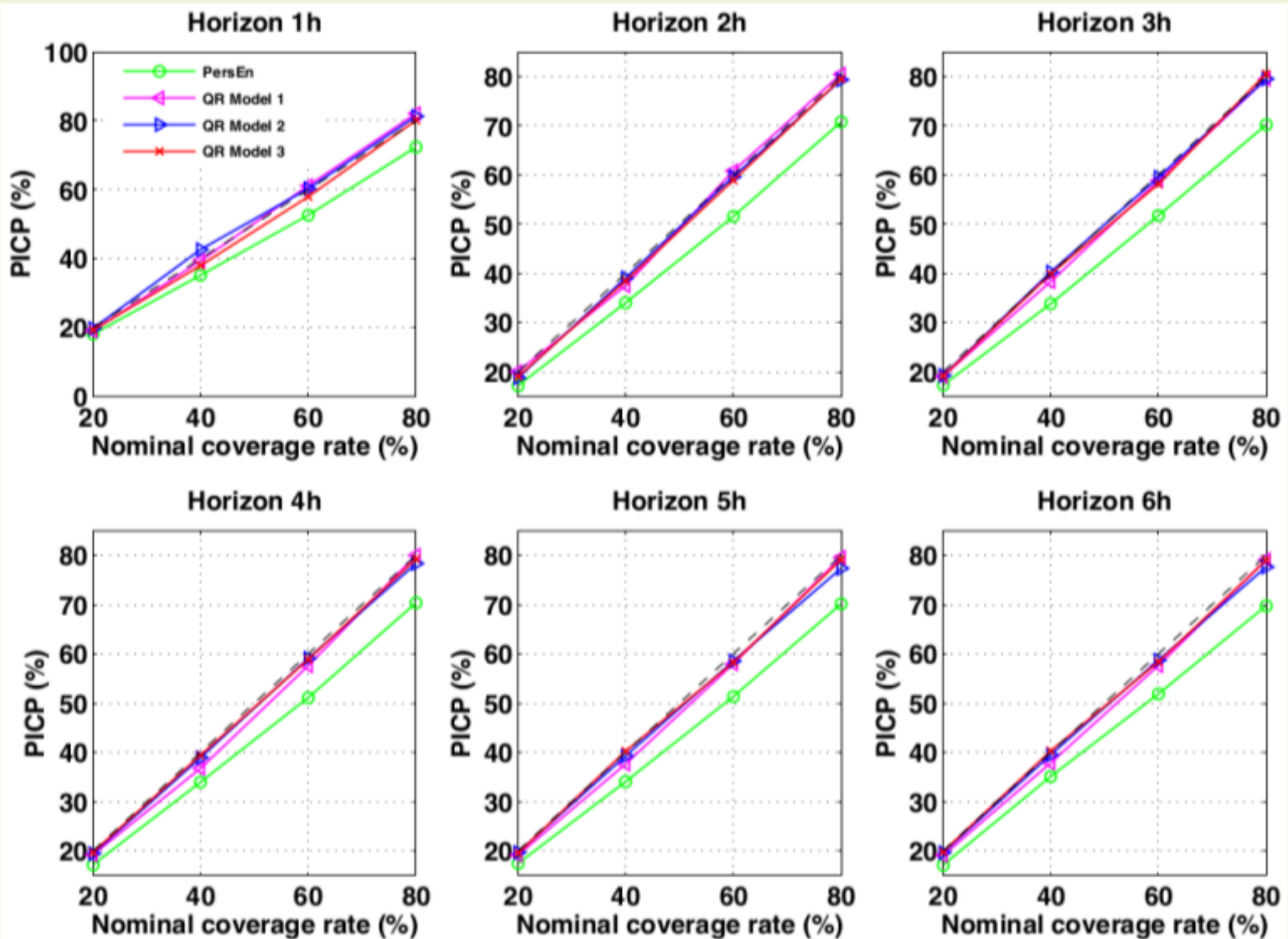
INCERTIDUMBRE: la incertidumbre media de los intervalos

¿CÓMO SE EVALÚAN LOS INTERVALOS DE CONFIANZA?

MÉTRICAS Y DIAGRAMAS:

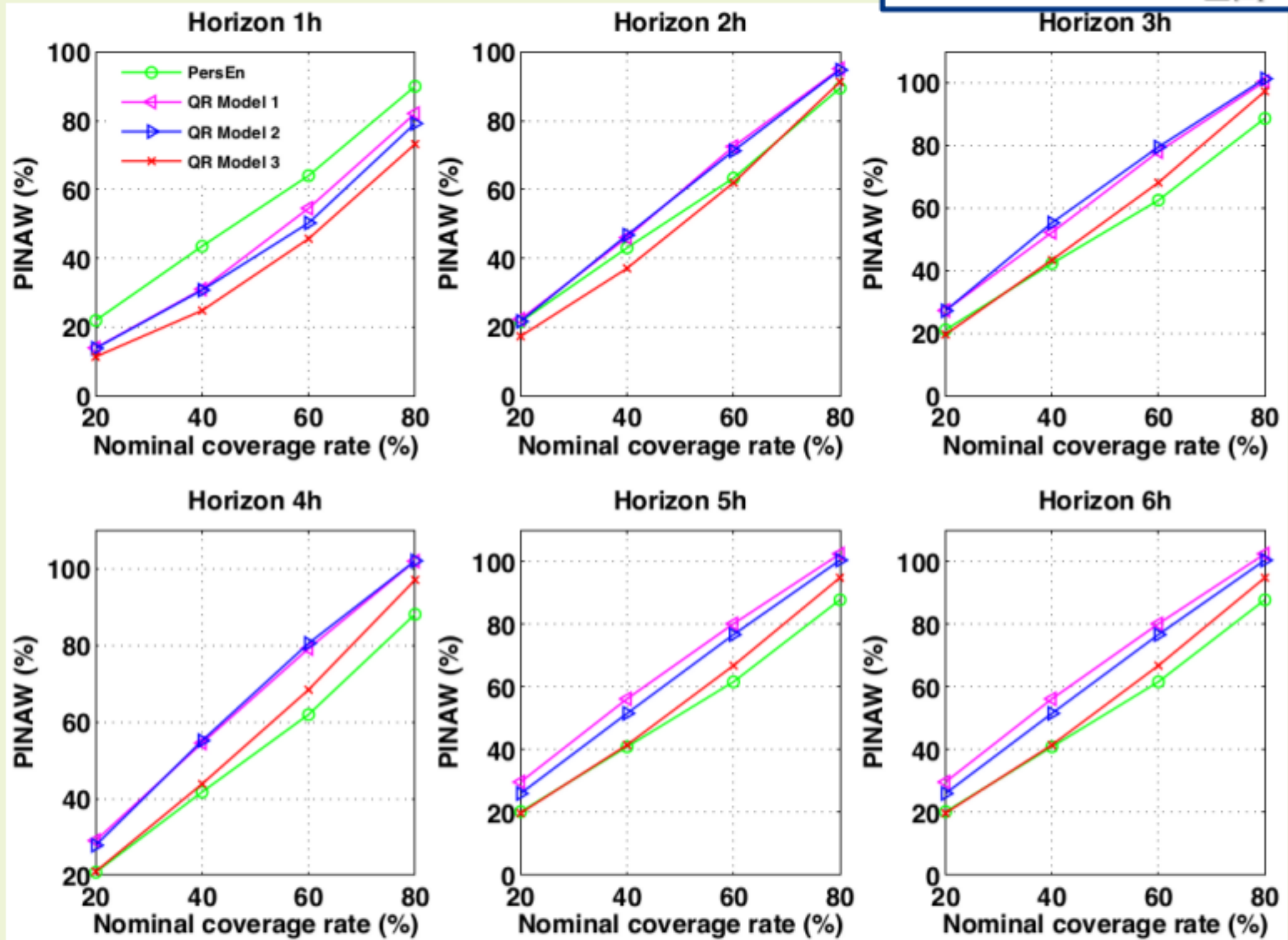
- | | | |
|----------------|---|---|
| confiabilidad | [| 1. Diagrama de Confiabilidad (Reliability Diagram) |
| | | 2. Diagrama de Rango (Rank Diagram) |
| | | 3. Diagrama PICP (Prediction Interval Coverage Probability) |
| resolución | [| 4. PINAW (Prediction Interval Normalized Averaged Width) |
| todas las ant. | [| 5. CRPS (Continuous Rank Probability Score) |

PICP DIAGRAM: similar a los anteriores, pero para intervalos no cuantiles



PINAW: ancho medio de los intervalos (en terminos relativos)

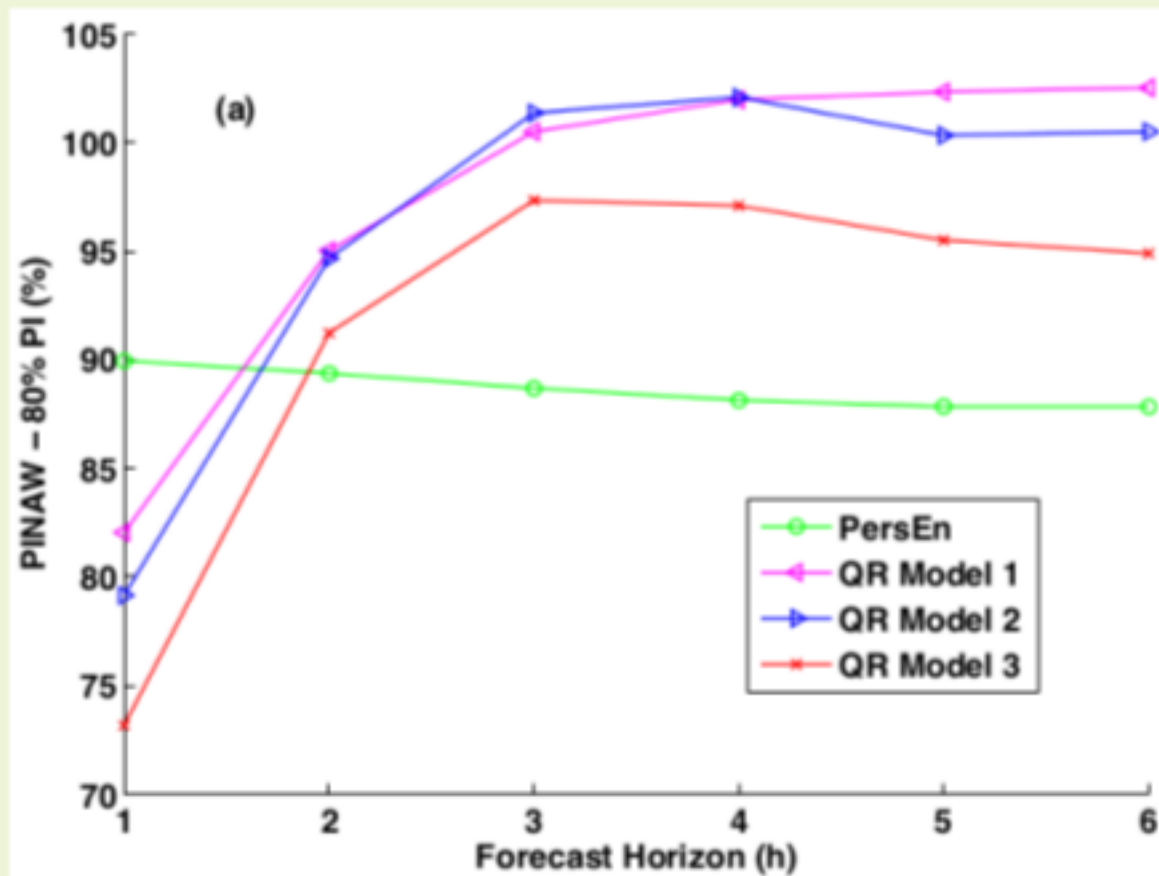
$$PINAW(h, \alpha) = \frac{\sum_{i=1}^N (\hat{I}_{1-\frac{\alpha}{2}}(t+h) - \hat{I}_{\frac{\alpha}{2}}(t+h))}{\sum_{i=1}^N I(t+h)}$$



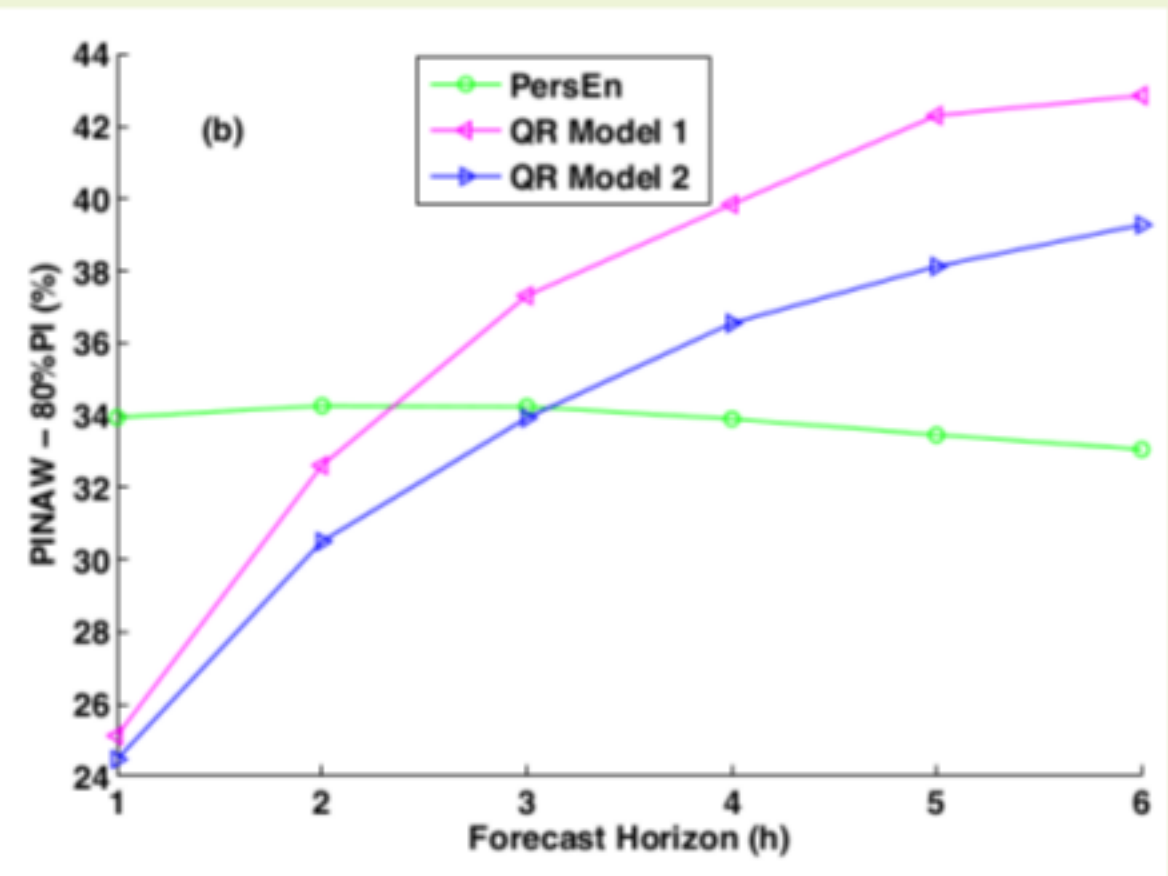
PINAW: ancho medio de los intervalos (en terminos relativos)

$$PINAW(h, \alpha) = \frac{\sum_{i=1}^N (\hat{I}_{1-\frac{\alpha}{2}}(t+h) - \hat{I}_{\frac{\alpha}{2}}(t+h))}{\sum_{i=1}^N I(t+h)}$$

Comparación en dos sitios con diferente variabilidad del recurso



Variabilidad 10-minutal: 0.25
(alta variabilidad)

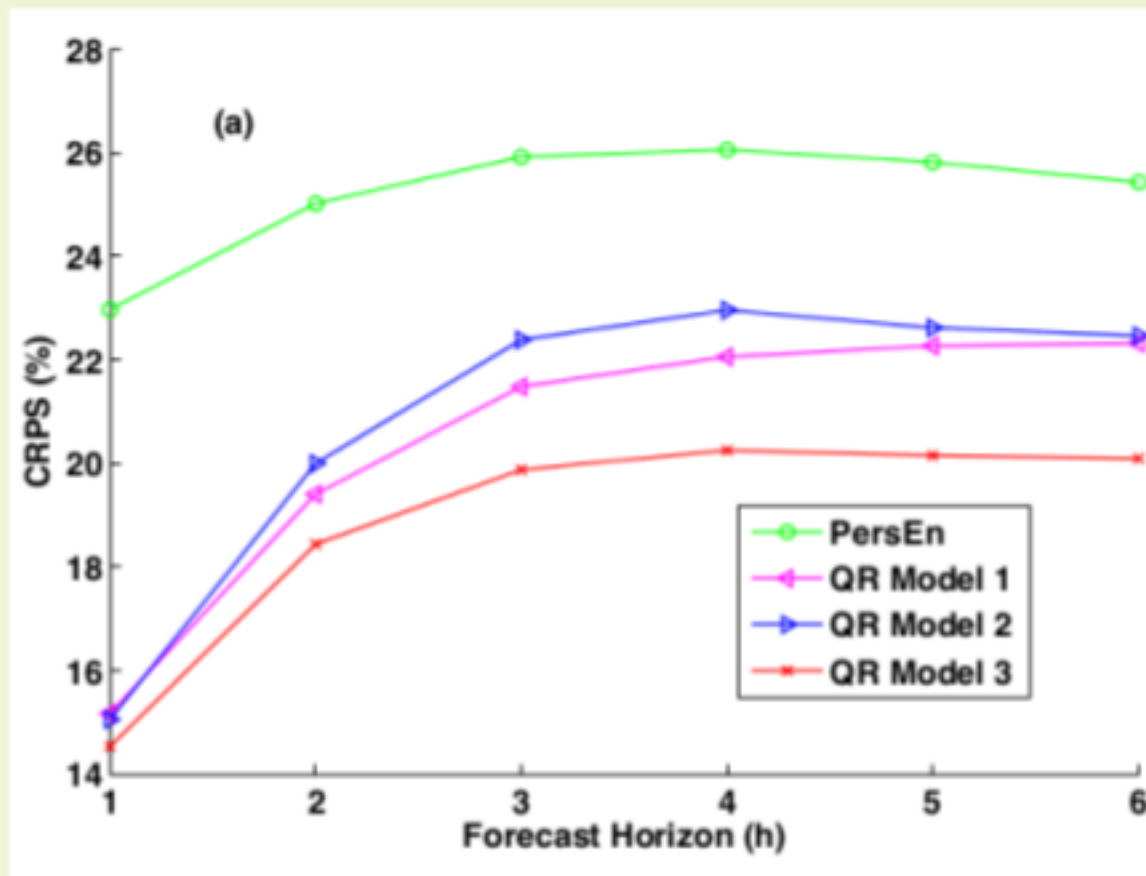


Variabilidad 10-minutal: 0.15
(baja variabilidad)

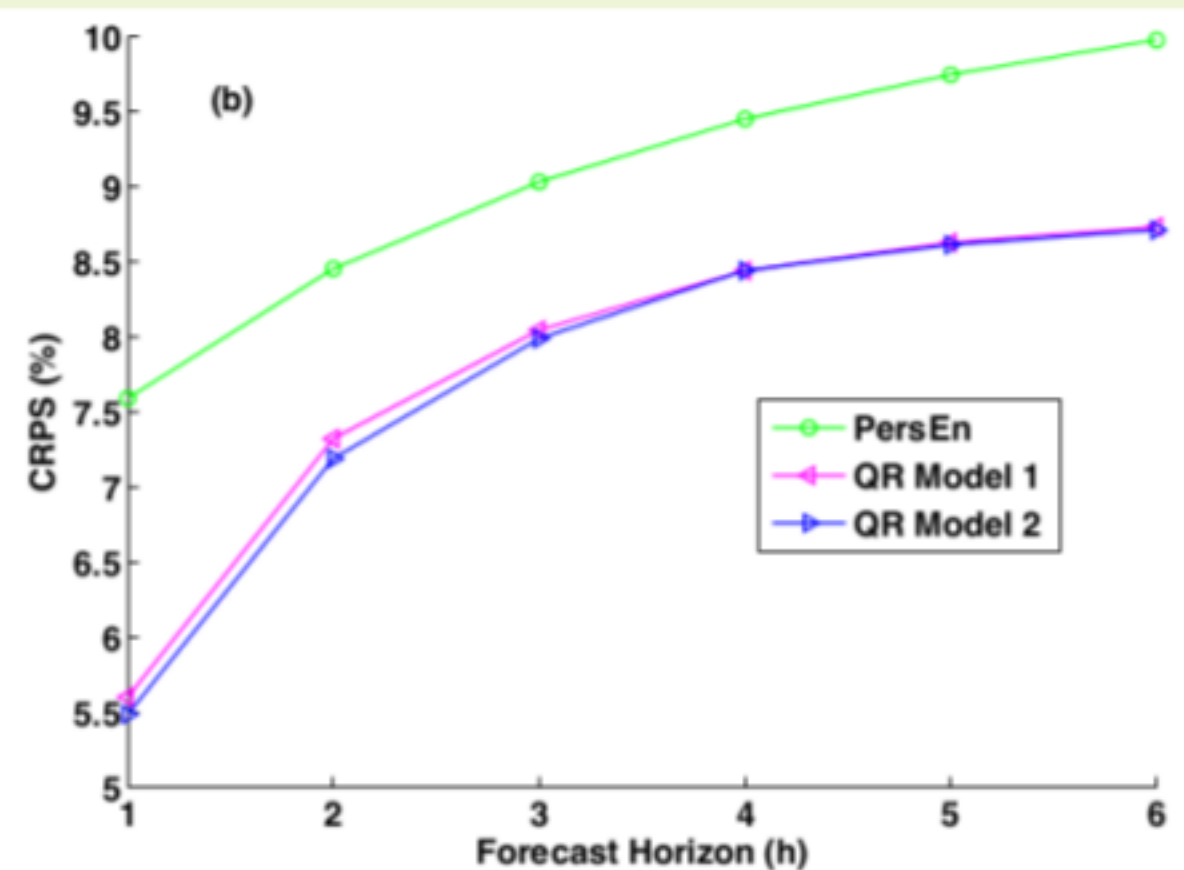
CRPS: métrica general para las distribuciones de probabilidad

Es la diferencia estadística promedio con haber pronosticado la distribución de probabilidad en forma perfecta (delta de dirac en el valor real)

$$CRPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \int_{-\infty}^{+\infty} [\hat{P}_{fcst}^i(x) - P_{x_0}^i(x)]^2 dx$$

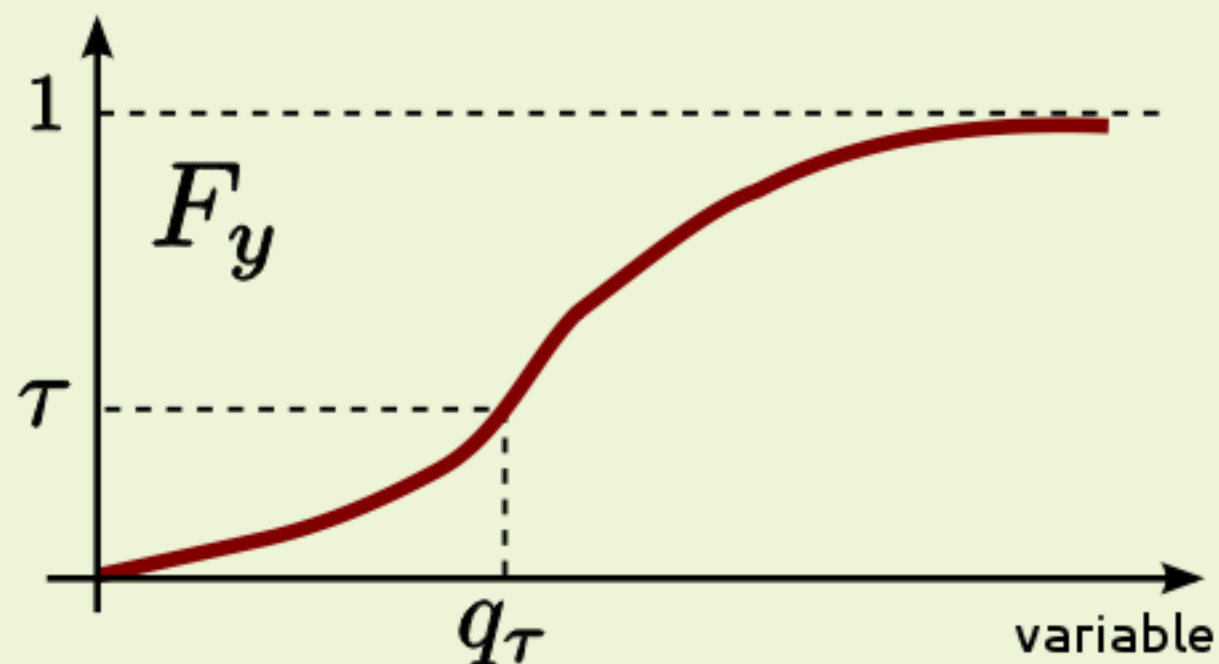
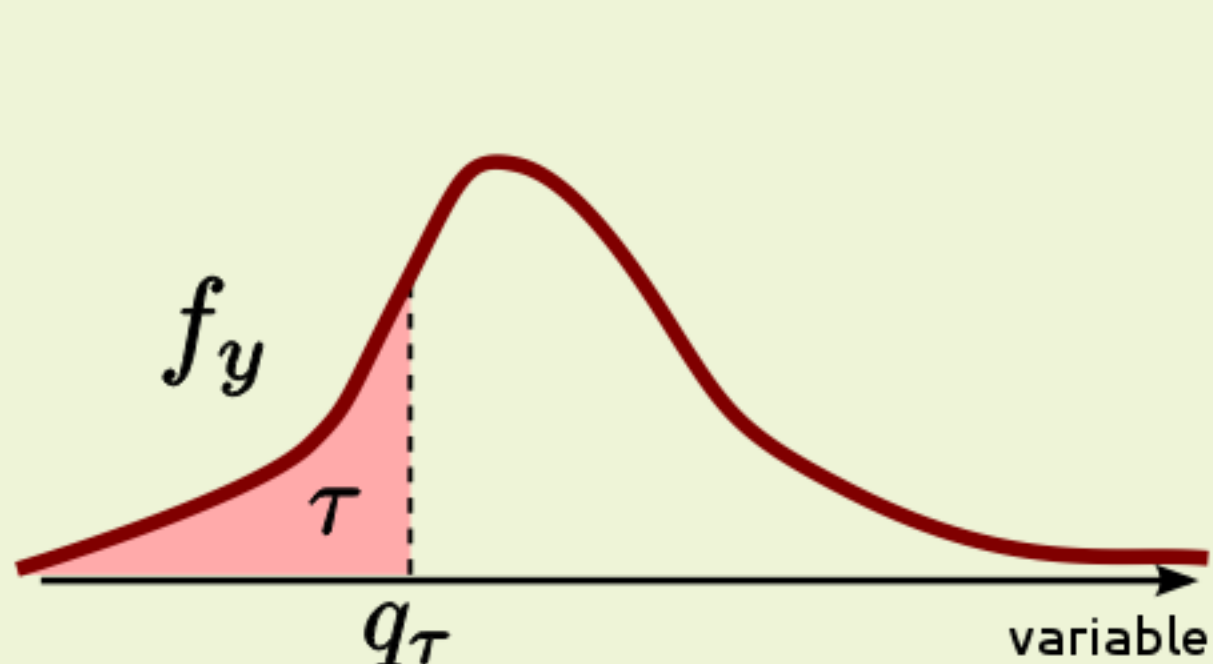


Variabilidad 10-minutal: 0.25
(alta variabilidad)



Variabilidad 10-minutal: 0.15
(baja variabilidad)

EJEMPLO: regresión lineal por cuantiles (quantile regression)



SOLUCIÓN BUSCADA

$$F_y(q_\tau) = \tau$$

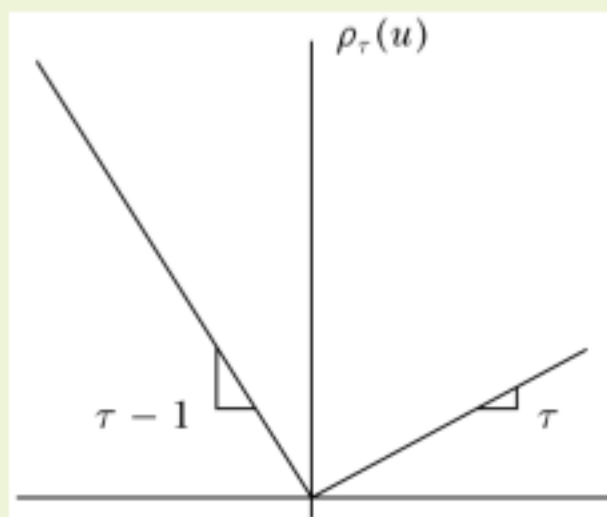


SE PUEDE DEMOSTRAR QUE ES SOLUCIÓN DE ESTE PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN

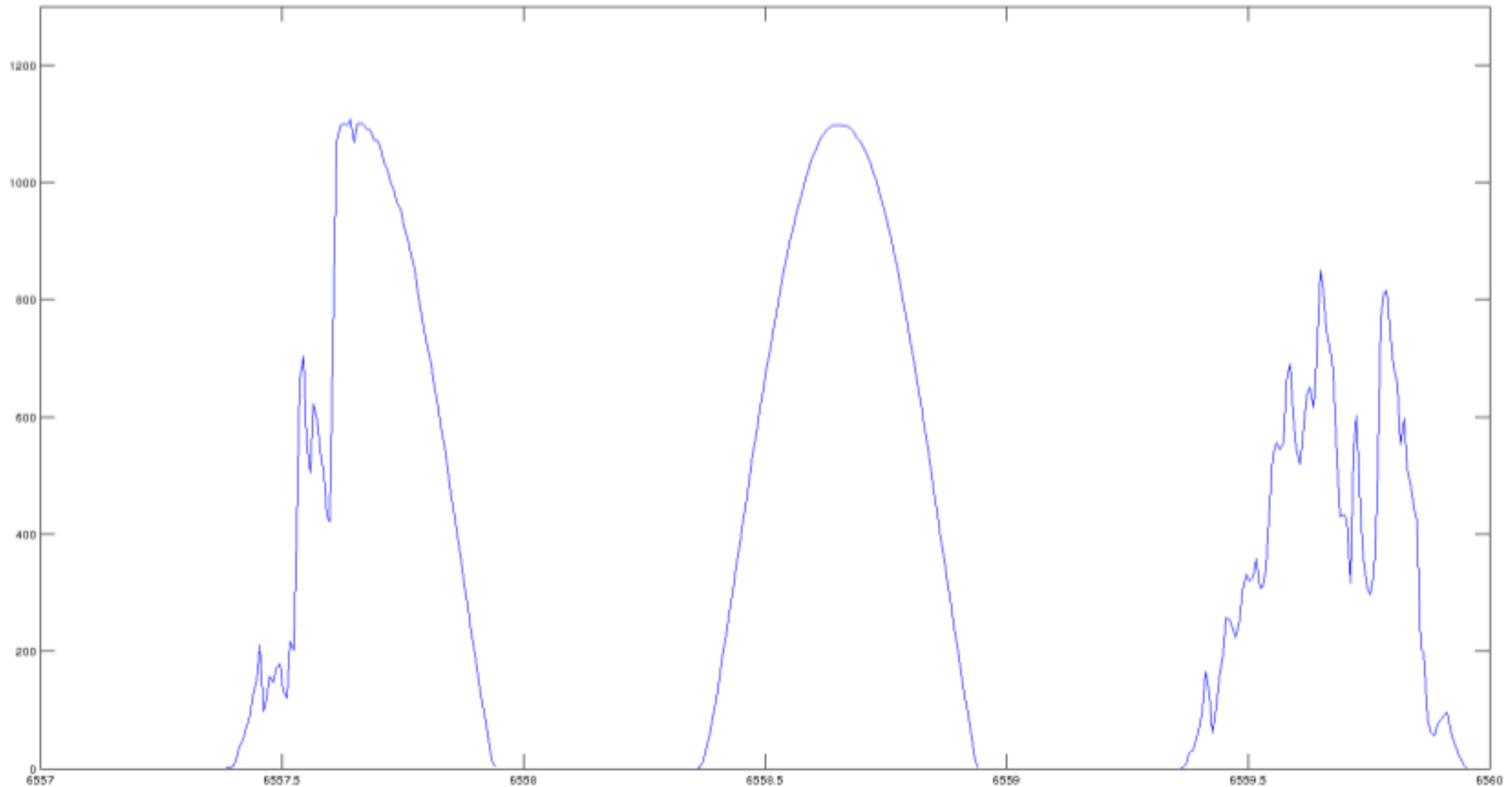
$$q_\tau = \arg \min_q \left\{ \sum_k \rho_\tau (y_k - q) \right\}$$

Y los cuantiles se pueden expresar en forma lineal con un conjunto de entradas X (predictores)

$$q_\tau = X \beta_\tau$$

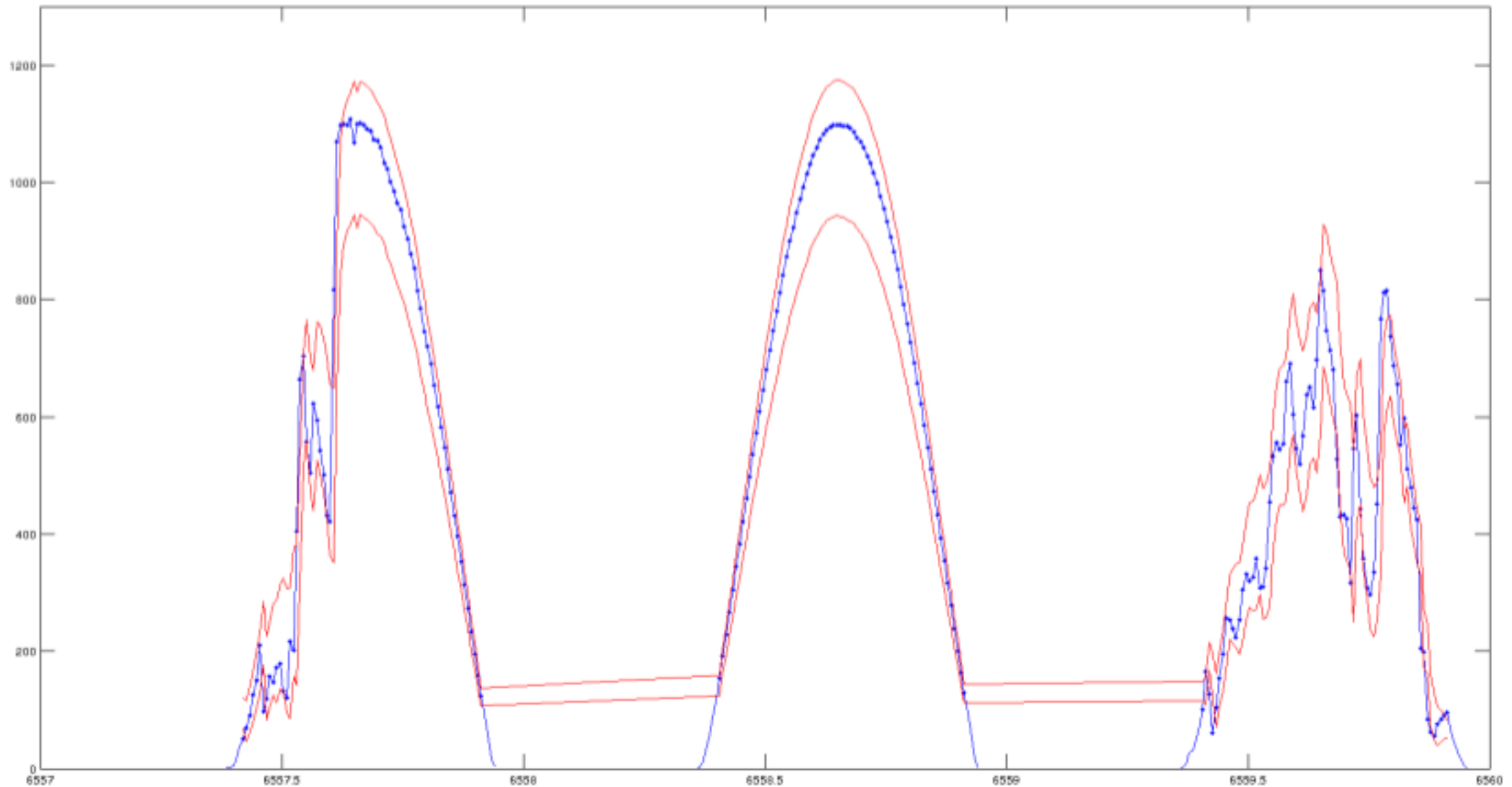


EJEMPLO: regresión lineal por cuantiles (quantile regression)



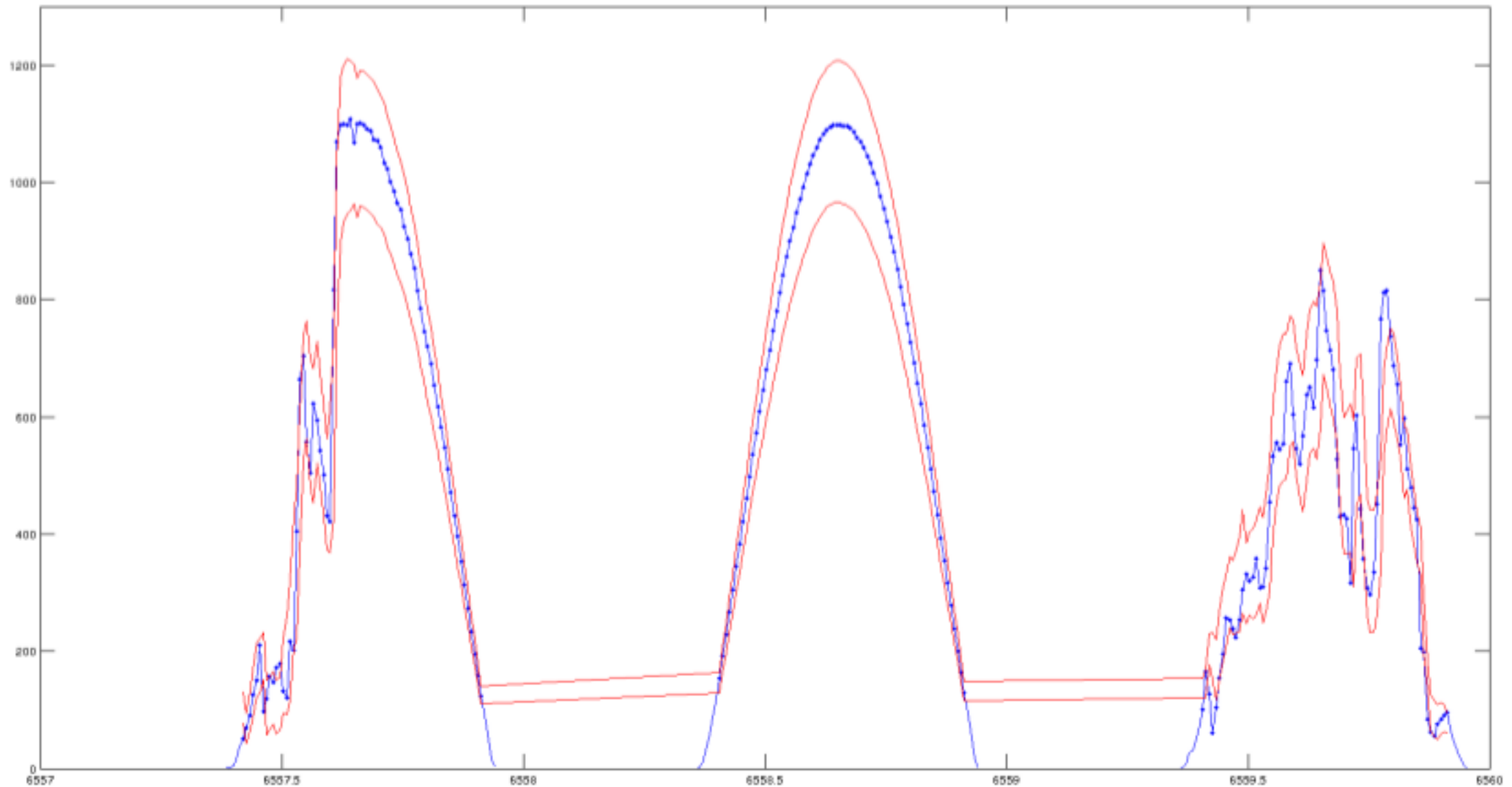
EJEMPLO: regresión lineal por cuantiles (quantile regression)

X - 5 valores anteriores de la serie



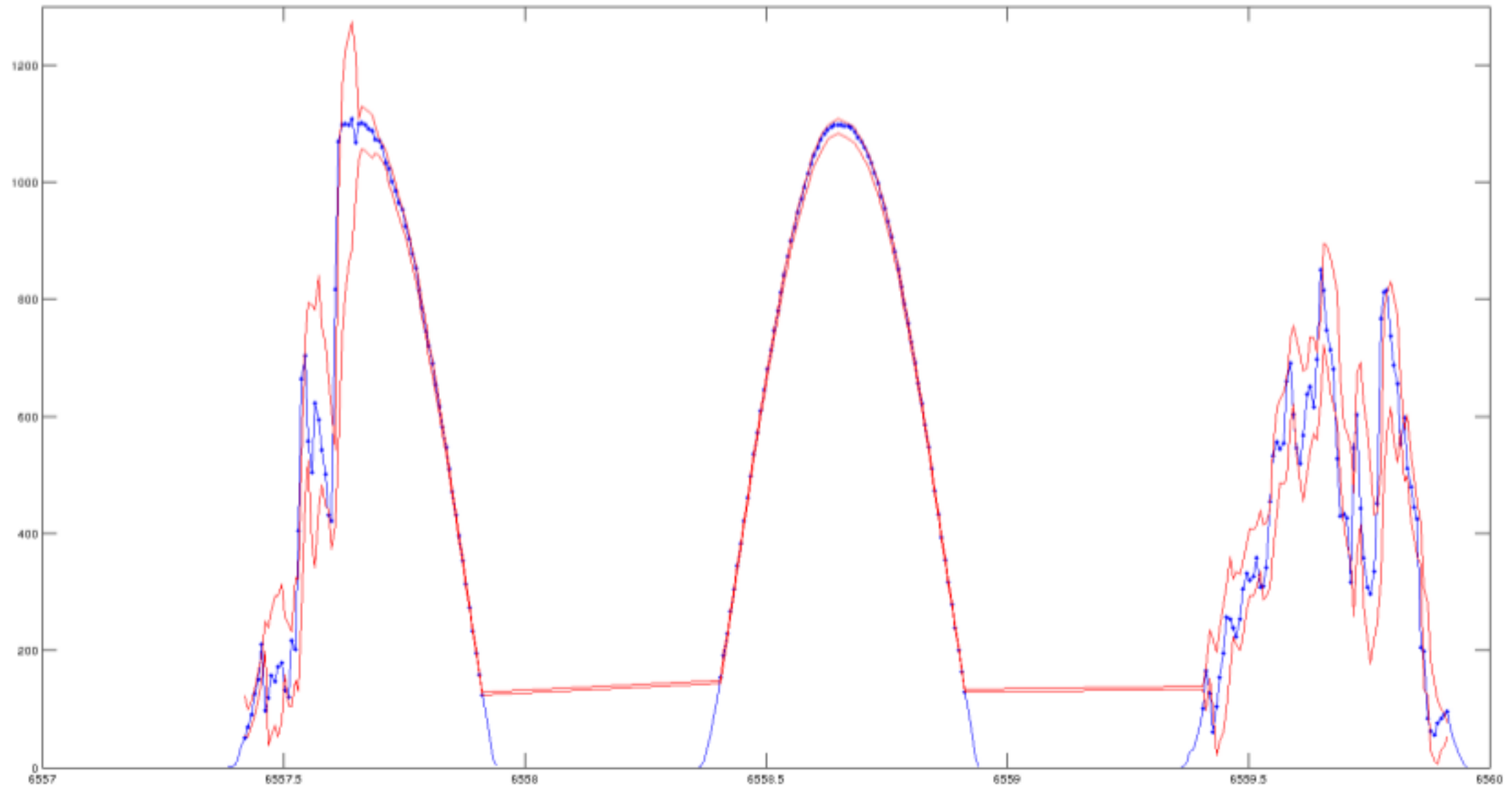
EJEMPLO: regresión lineal por cuantiles (quantile regression)

X - 5 valores anteriores de la serie + satélite



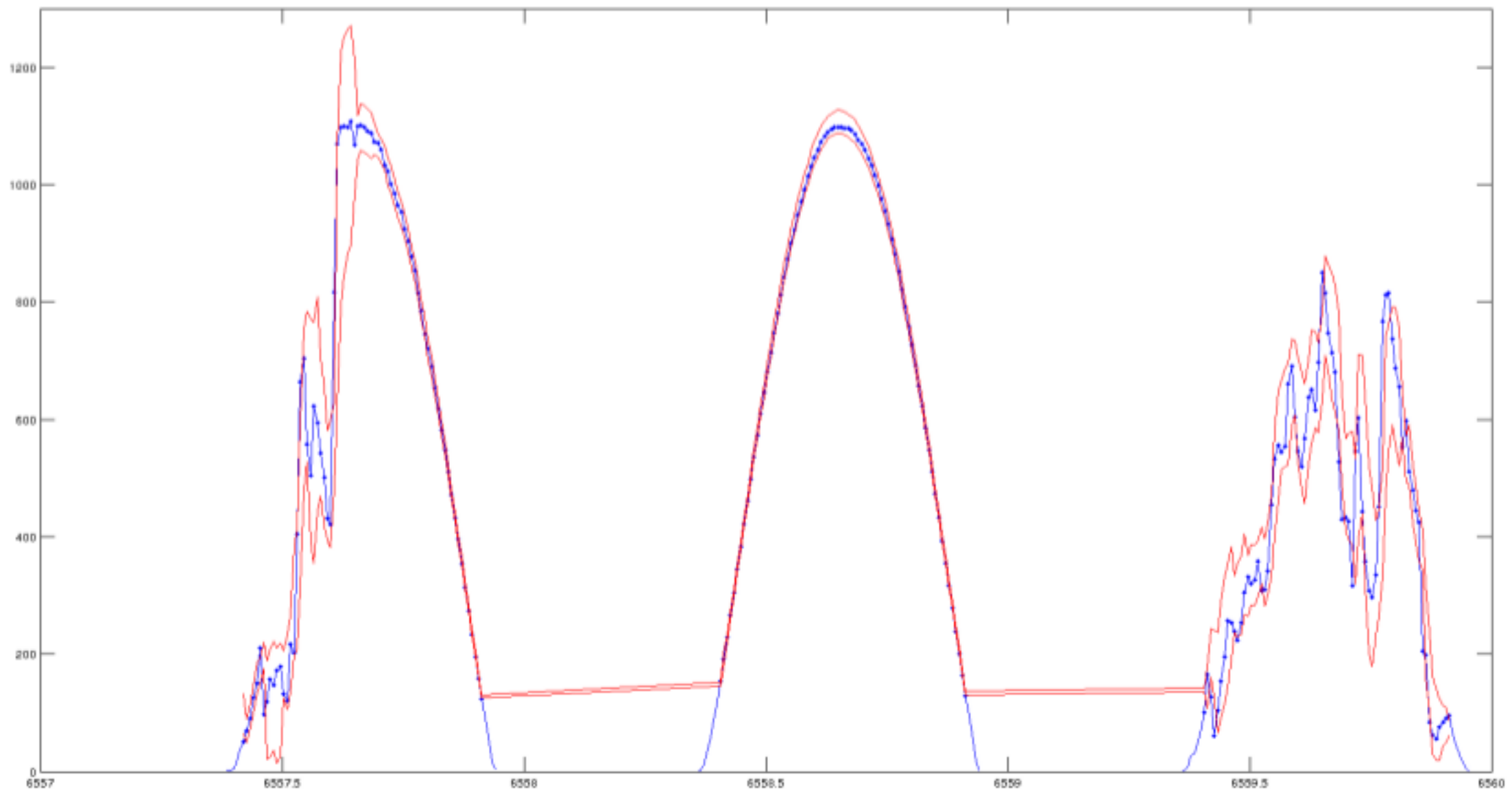
EJEMPLO: regresión lineal por cuantiles (quantile regression)

X - 5 valores anteriores de la serie + variabilidad

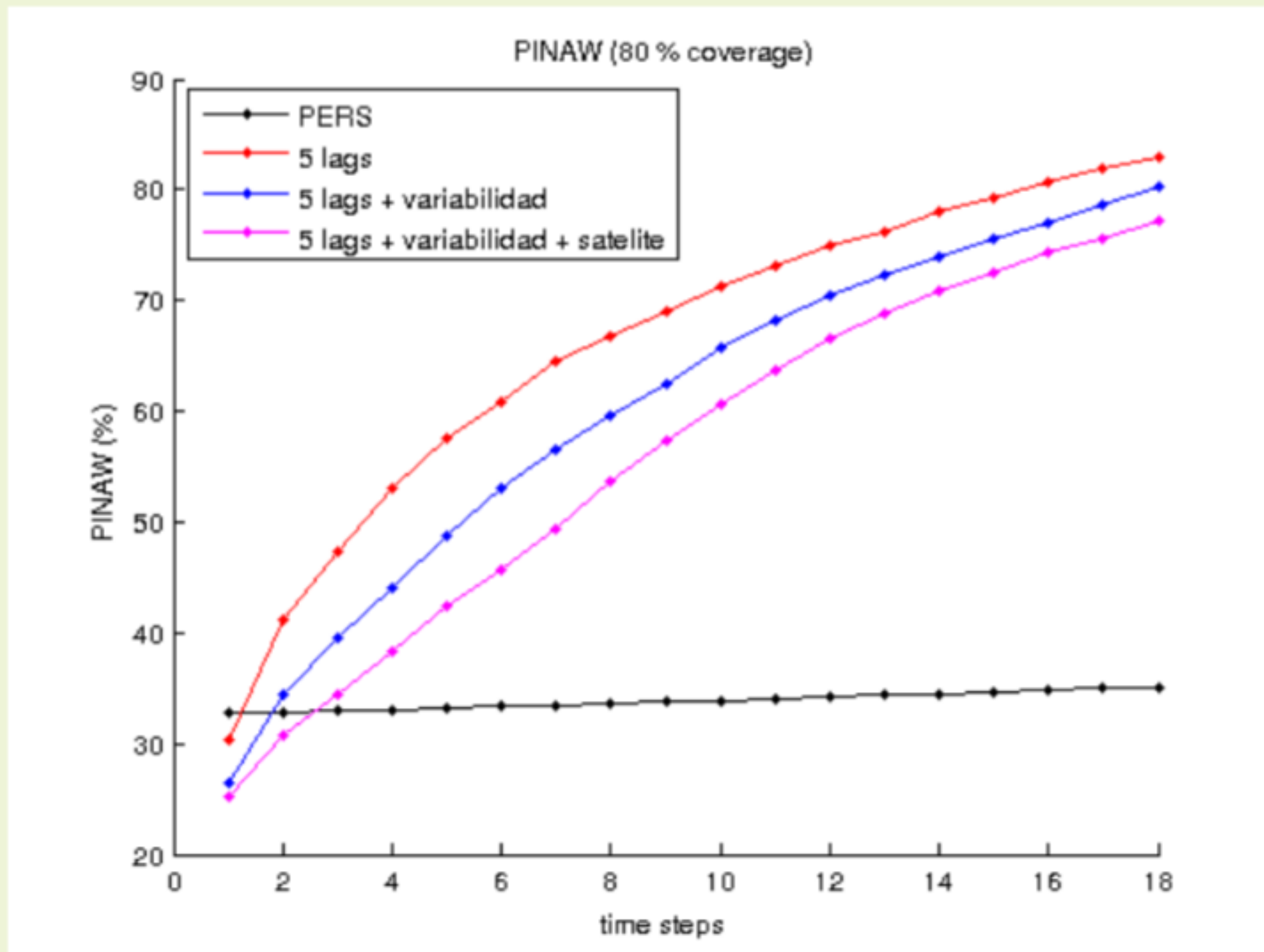


EJEMPLO: regresión lineal por cuantiles (quantile regression)

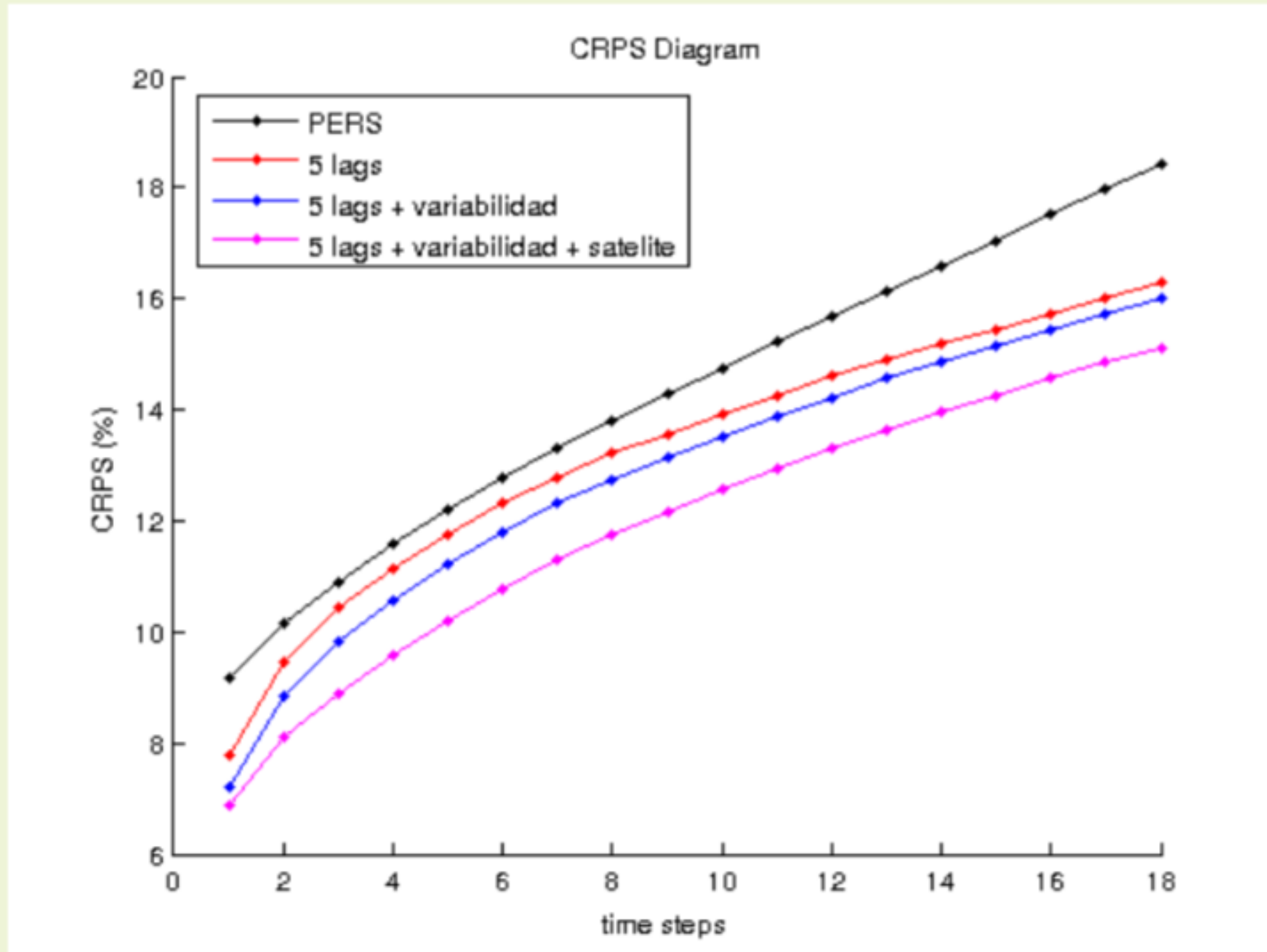
X - 5 valores anteriores de la serie + variabilidad + satélite



EJEMPLO: regresión lineal por cuantiles (quantile regression)

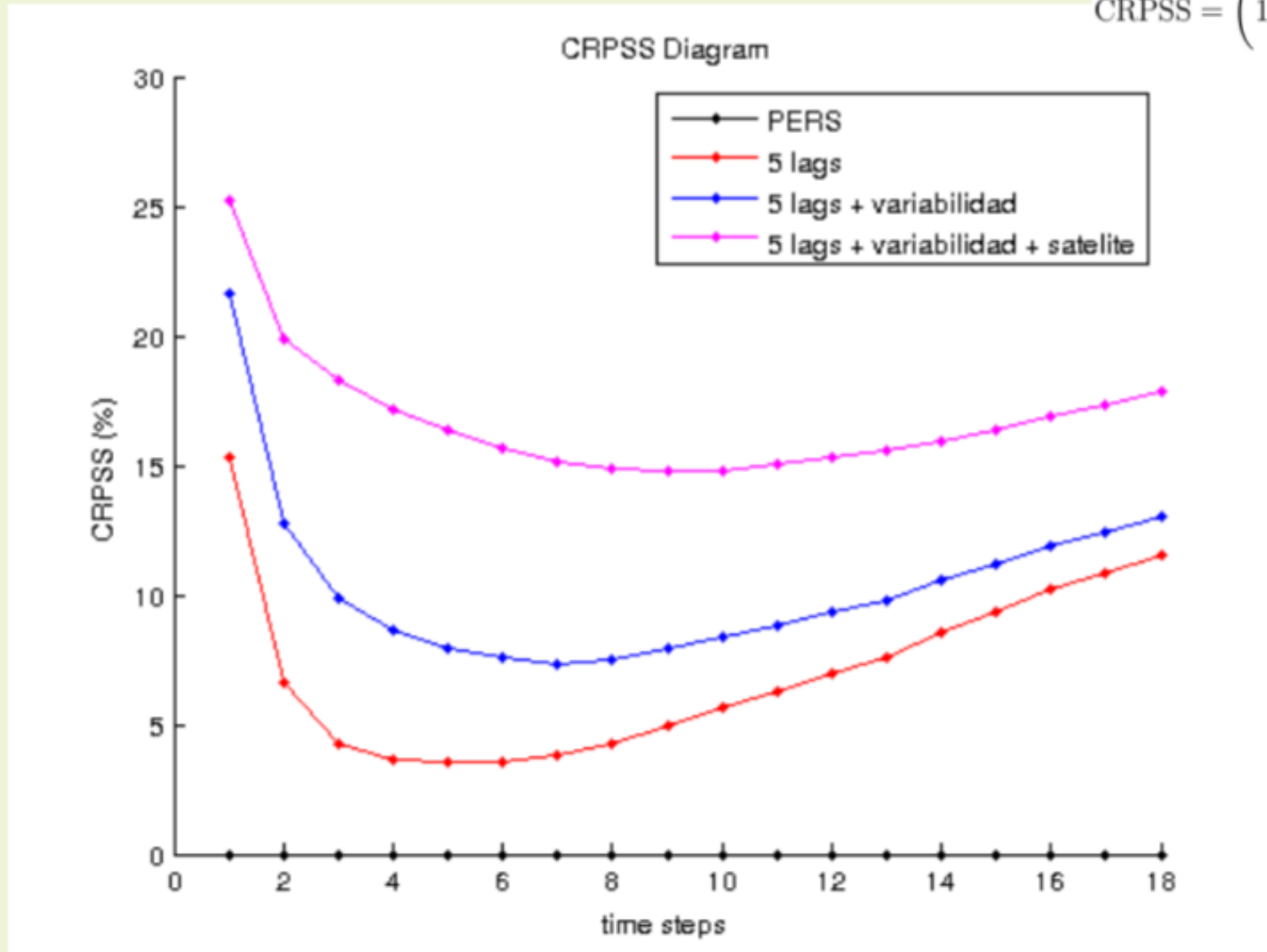


EJEMPLO: regresión lineal por cuantiles (quantile regression)



EJEMPLO: regresión lineal por cuantiles (quantile regression)

$$CRPSS = \left(1 - \frac{CRPS_m}{CRPS_0} \right) \times 100$$



Muchas gracias por su atención!



LABORATORIO DE
ENERGÍA SOLAR
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

<http://les.edu.uy/>
<http://les.edu.uy/online/>

Dr. Ing. Rodrigo Alonso-Suárez
r.alonso.suarez@gmail.com