

# **PRONÓSTICO PROBABILÍSTICO**

**¿Por qué? y ¿Para quién?**

**Juan Ruiz**

**CONGREGMET X, CLIMET XIII 5 de octubre de 2009**

**Departamento de Cs. de la Atmósfera y los Océanos**

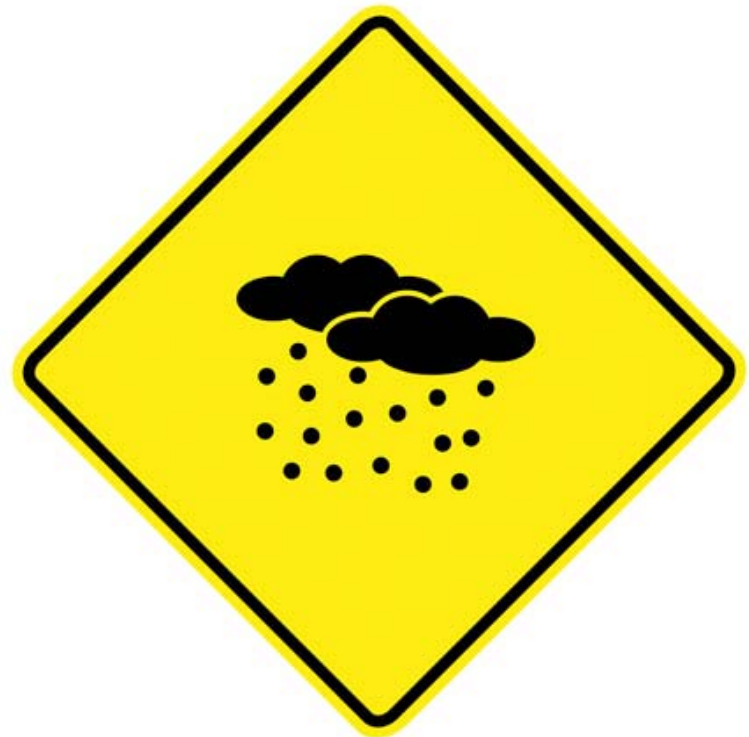
**Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera**

## Diferencias entre pronósticos determinísticos y pronósticos probabilísticos:

“ Mañana a las 15 horas comenzará a llover en Buenos Aires y lo hará por espacio de una hora acumulando un total de 20 mm”

Pronóstico no realista! (totalmente determinístico)

No hay información alguna sobre la incertidumbre presente en el pronóstico

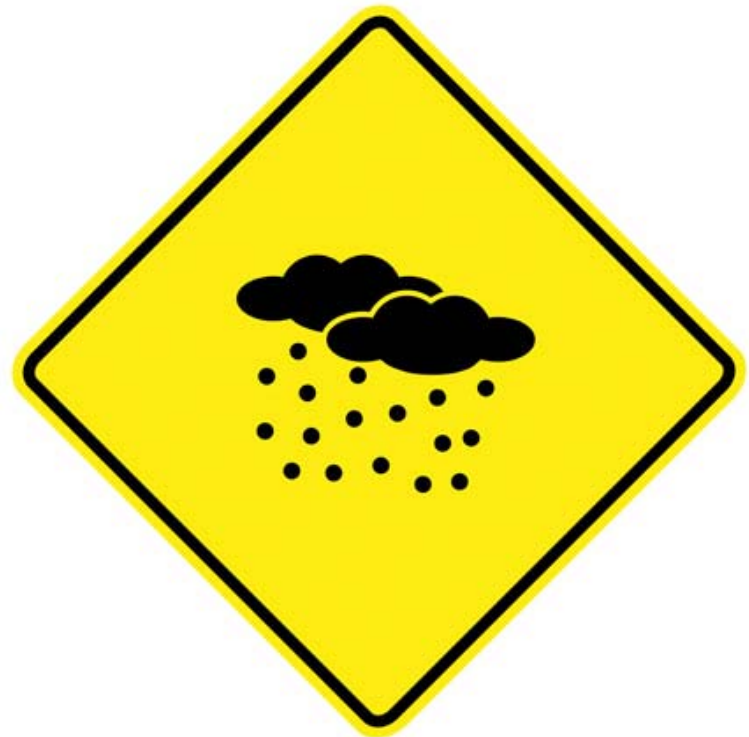


## Diferencias entre pronósticos determinísticos y pronósticos probabilísticos:

“ Mañana en horas de la tarde se espera que se produzcan precipitaciones sobre el norte de la Provincia de Buenos Aires algunas de las cuales podrían ser intensas”

Pronóstico más realista que incorpora implícitamente incertidumbres en cuanto a la intensidad, posición y hora de ocurrencia del fenómeno.

Sin embargo la incertidumbre esta presente en forma cualitativa y no cuantitativa. (además es posible que al intentar cuantificar la incertidumbre diferentes usuarios interpreten cosas diferentes).



## Diferencias entre pronósticos determinísticos y pronósticos probabilísticos:

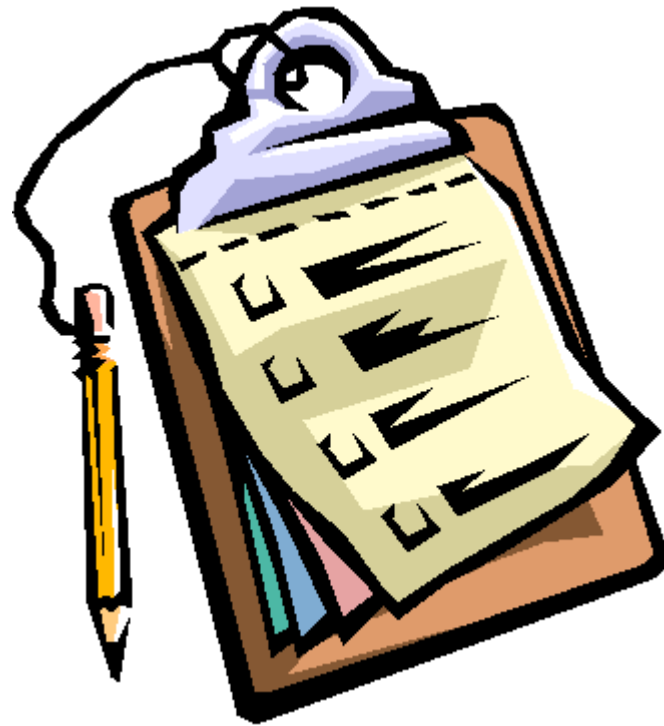
“Mañana entre las 12 del mediodía y las 12 de la noche existe un 60% de probabilidad de ocurrencia de precipitaciones en la Ciudad de Buenos Aires.”

Los pronósticos probabilísticos **cuantifican el nivel de incertidumbre asociado a la ocurrencia de un evento determinado**. Dicha incertidumbre puede adaptarse incluso a las condiciones de predecibilidad asociadas a las diferentes situaciones.



**Los pronósticos probabilísticos son una herramienta fundamental de apoyo a la toma de decisiones.**

**Veamos por que....**

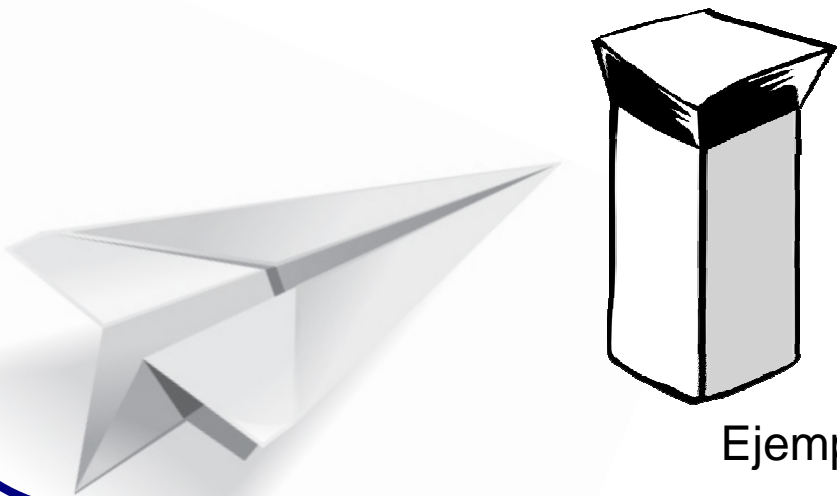


## Ejemplo: Análisis del impacto de los pronósticos probabilísticos para la toma de una decisión concreta.

Compañía aérea que tiene que decidir si lleva o no combustible extra en el avión.

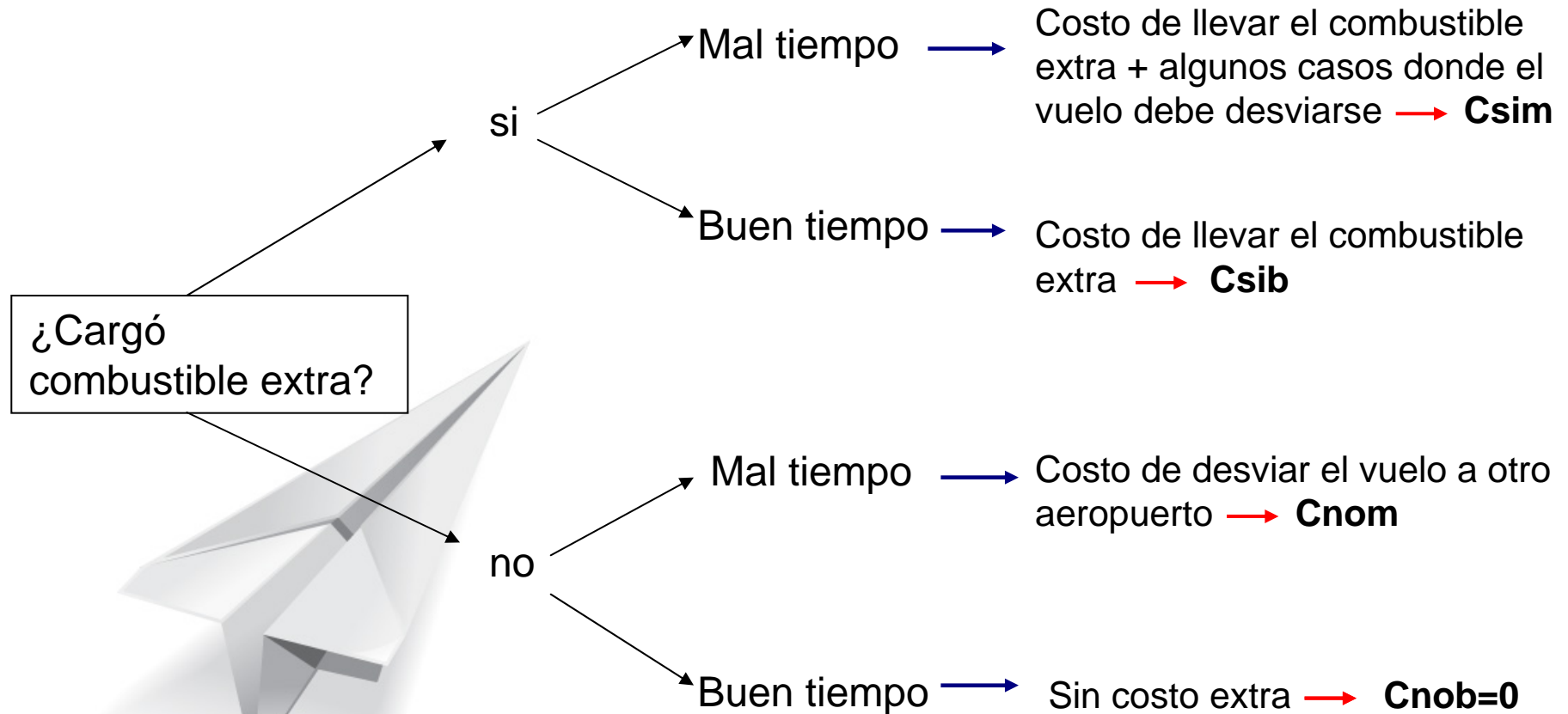
El combustible extra se utiliza en casos en los que hay mal tiempo en el aeropuerto de destino para poder hacer un intento de aterrizaje o esperar en las cercanías la mejora de las condiciones.

Sin combustible extra, si hay mal tiempo en el aeropuerto de destino el vuelo debe ser derivado a otro aeropuerto (no puede intentar un aterrizaje).



Ejemplo obtenido del Keith and Leyton 2007

**Simplificando un poco la situación tenemos 4 posibilidades:**



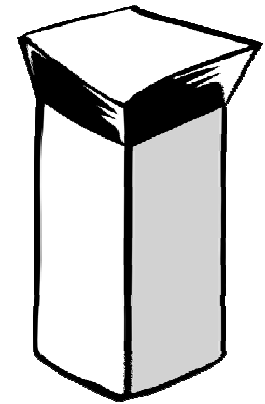
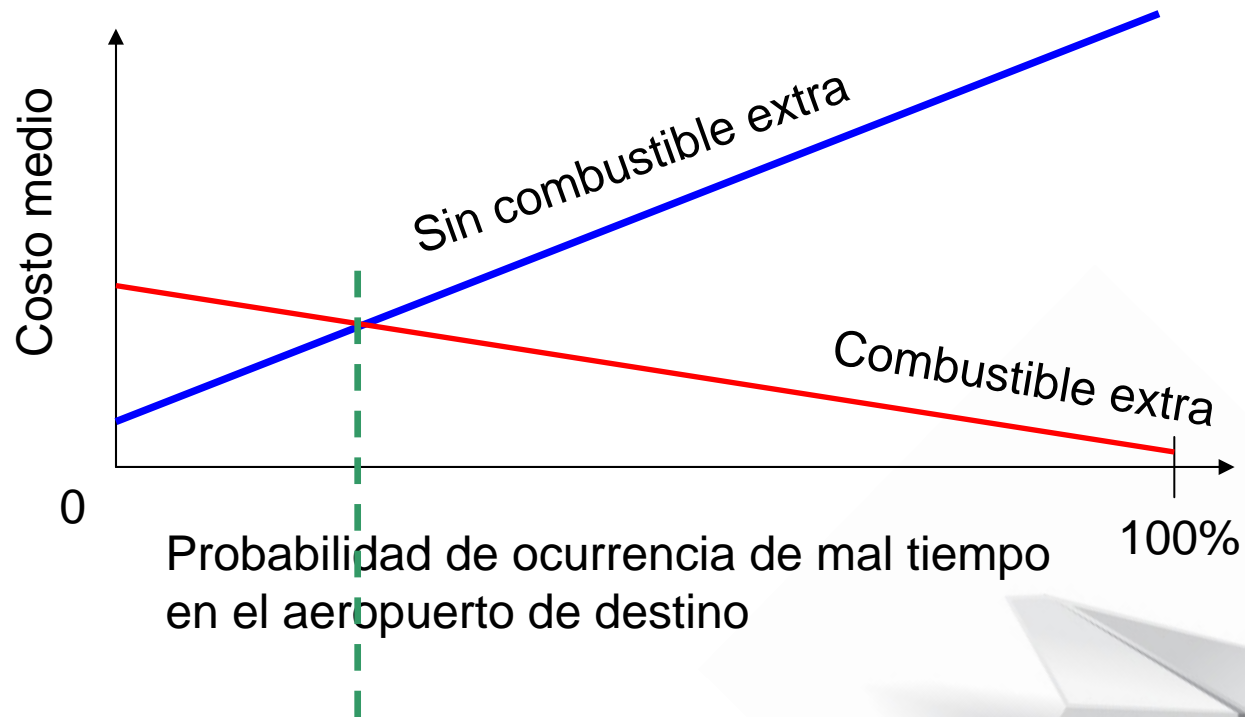
¿Cuál es el costo medio cuando se lleva combustible extra?

$$C_{si} = P_m * C_{sim} + (1 - P_m) * C_{sib}$$

¿Cuál es el costo extra cuando no se lleva combustible extra?

$$C_{no} = P_m * C_{nom} + (1 - P_m) * C_{nob}$$

El costo medio de tomar una acción (llevar más combustible) o tomar la acción contraria depende de la probabilidad de ocurrencia del fenómeno (en este caso mal tiempo en el aeropuerto de destino).



Valor de probabilidad óptimo: A partir de este punto el costo de llevar combustible extra es menor al de no llevar combustible.



Si la probabilidad de ocurrencia del fenómeno supera a la probabilidad óptima entonces lo mejor es llevar combustible extra en el avión.



La probabilidad óptima depende de los costos de cada situación




$$P_o = \frac{C_{sib} - C_{nob}}{C_{nom} - C_{sim} - C_{nob} + C_{sib}}$$

**En este ejemplo puede depender:**

- Duración del vuelo (costo de llevar combustible extra)
- Cercanía de aeropuertos alternativos al de destino (costo de desviar el vuelo)
- Época del año (numero de casos en los que no se puede aterrizar en el aeropuerto de destino a pesar de tener combustible extra).

**Es decir que puede haber una probabilidad óptima para tomar la decisión para cada vuelo en particular que se puede estimar en función de los costos operativos.**



El pronóstico probabilístico  
se ajusta a las  
necesidades  
de los usuarios

**Si el pronóstico es determinístico la decisión ya está tomada.**

Ej: Se prevé mal tiempo para el aeropuerto de destino, entonces la única conducta posible es llevar más combustible.

Por el contrario, si la incertidumbre esta considerada dentro de la información y el pronóstico se expresa en forma de probabilidad la decisión se toma solo si la probabilidad está por encima de la probabilidad óptima.



Frente a un mismo pronóstico (por ejemplo 20% de probabilidad de mal tiempo en el aeropuerto de destino) para algunos vuelos deberán llevar combustible extra, otros puede que no. La decisión se ajusta a las necesidades del usuario.

## Números reales obtenidos en base a los costos operativos de American Airlines

Costo medio asociado a la ocurrencia de mal tiempo en el aeropuerto de destino para diferentes rutas aéreas en USA.

RUTA	N	COSTO CON PRONO DETERMINISTICO	COSTO CON PRONO PROBABILISTICO	DIFERENCIA
MIA-JFK	1100	38.7	26.9	11.8
DFW-JFK	1400	61.6	57.34	4.3
SFO-DFW	1450	37.7	12.37	25.37

Los costos están expresados en miles de U\$S por vuelo.

**El ahorro total para toda la operación de American Airlines durante un año se estimo a partir de los resultados obtenidos en 50 millones de U\$S**

El pronóstico probabilístico utilizado no es significativamente mejor que el determinístico, los beneficios surgen de incorporar la incertidumbre del pronóstico permitiéndole al usuario final tomar la decisión incorporando dicha incertidumbre.



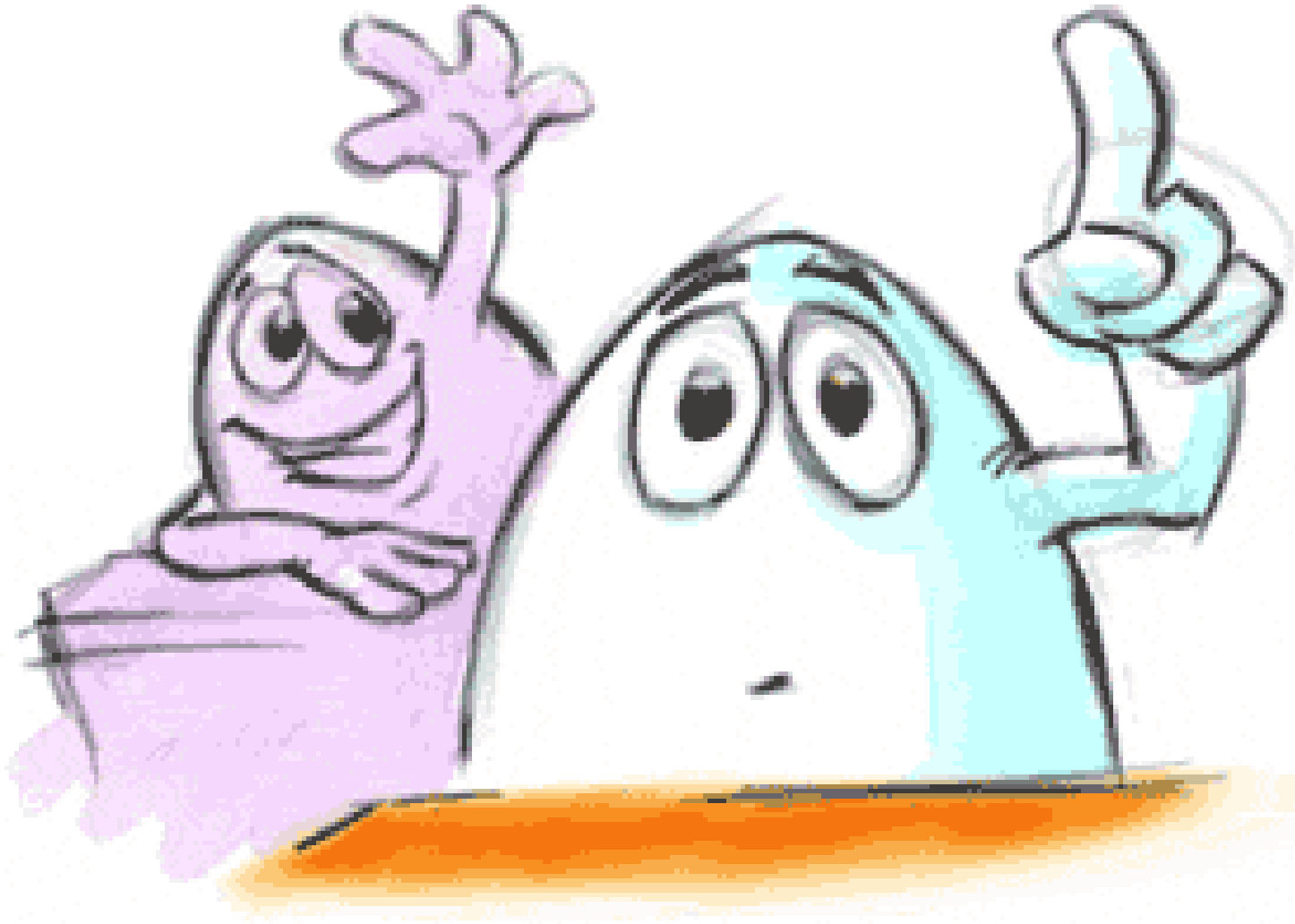
# ATENCIÓN!!!!



Para que todo lo analizado hasta ahora tenga sentido el pronóstico probabilístico tiene que reflejar de la manera lo más exacta posible la verdadera incertidumbre asociada a la predicción.

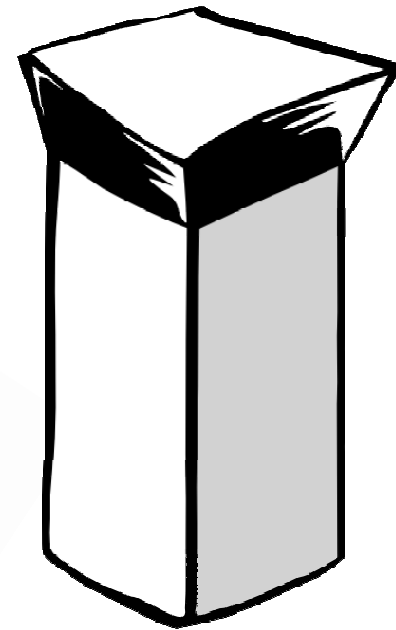
Las frecuencias observadas del fenómeno tienen que corresponderse con las probabilidades pronosticadas (sino las decisiones no se están tomando en base a la probabilidad óptima y el pronóstico pierde valor económico). El pronóstico además tiene que tener la capacidad de poder distinguir entre la ocurrencia y no ocurrencia del fenómeno.

Para todo esto existen técnicas de modelado numérico y técnicas estadísticas para estimar la incertidumbre de las previsiones que mejoran la calidad de los pronósticos en ambos sentidos.



**¿Preguntas?**

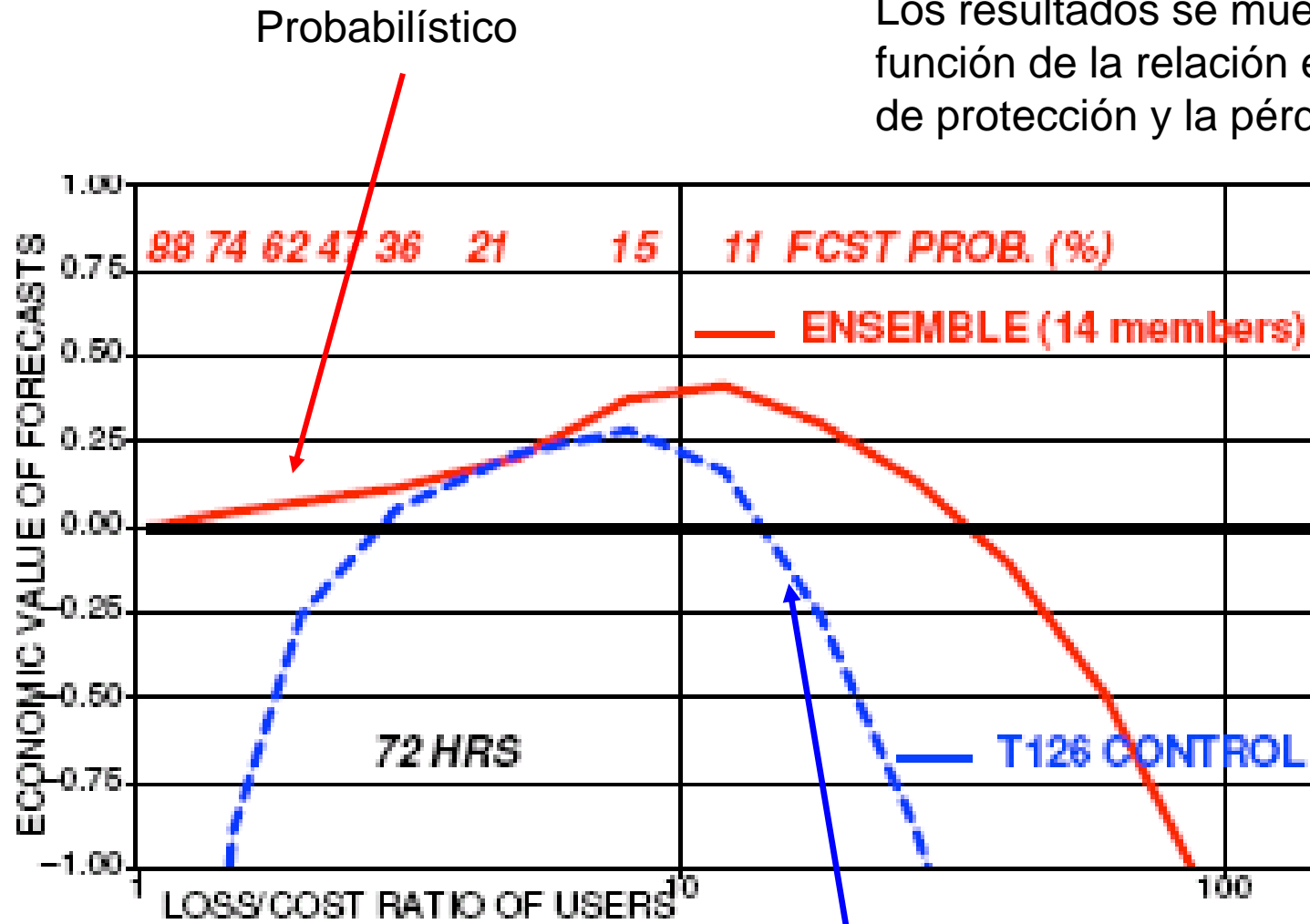
# Slides adicionales



# El índice de valor

Mide cuanto valor agregado presenta un pronóstico comparado con la climatología.

Los resultados se muestran en función de la relación entre el costo de protección y la pérdida.



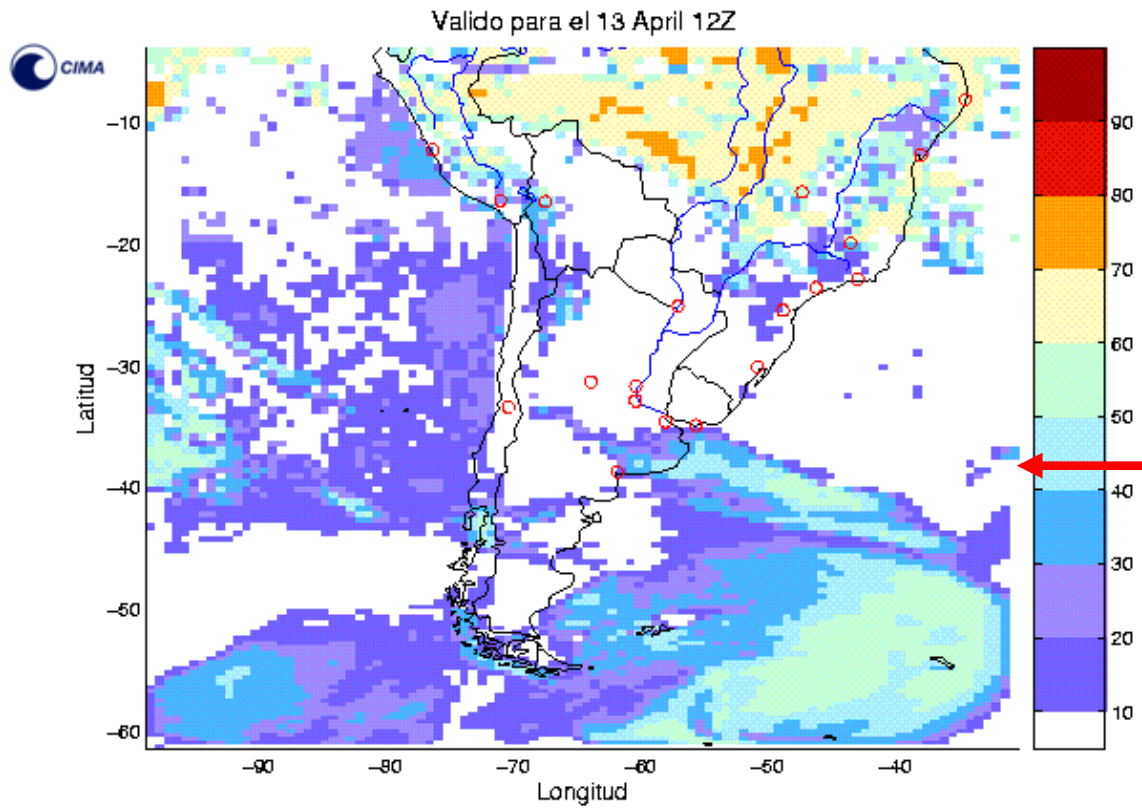
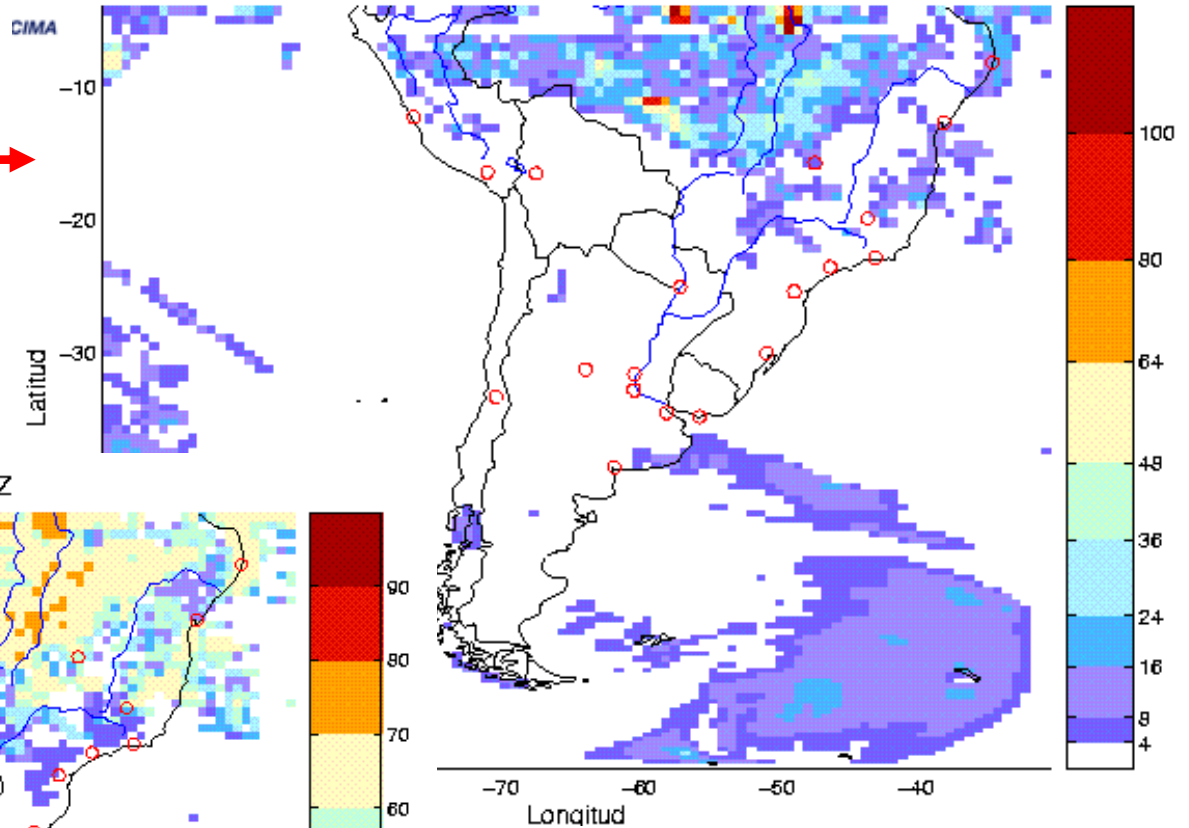
Zhu et al. (2002)

Determinístico



# El pronóstico probabilístico se puede usar en muchas variables

Pronóstico determinístico  
Cantidad de lluvia en mm.



Pronóstico probabilístico  
Lluvia por encima de 0.25 mm

