

UNA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POTENCIAL DE UN EPISODIO DE PRECIPITACIONES EXTREMAS EN UN ENTORNO OPERATIVO: APLICACIONES

José Carlos MOURE SALGADO¹ y José Ángel ABREU CASTIÑEIRA²

¹Agencia Estatal de Meteorología / Dirección territorial en Galicia

(correo electrónico: jmoures@aemet.es)

² Swiss Federal Institute Aquatic Science Technology, Dübendorf, Suiza

(correo electrónico: angel.abreu@gmx.net)

Metodología que *discretiza* la atmósfera en estados o niveles medibles utilizando una **variable bidimensional** σ y cuyo propósito es evaluar de forma objetiva el riesgo potencial de un episodio de precipitaciones extremas:

$$\sigma = \sigma(VIMD^t, CAPE/LI)$$

σ : Tasa o intensidad de precipitación.

$VIMD^t$: Integral vertical de la divergencia de humedad integrada en el tiempo.

LI /CAPE: Lifted Index / Energía potencial convectiva disponible

La variable bidimensional surge a partir de **consideraciones teóricas:**

15 OCTOBER 1986

KERRY A. EMANUEL

2183

Some Dynamical Aspects of Precipitating Convection

KERRY A. EMANUEL

Center for Meteorology and Physical Oceanography, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139

(Manuscript received 16 December 1985, in final form 14 April 1986)

ABSTRACT

A simple linear model is developed with the idea of demonstrating the basic physical processes that serve to distinguish the dynamics of precipitating convection from those of the nonprecipitating variety. In particular, it is shown that the hypothesis advanced by Seitter and Kuo to explain the slope and propagation of squall lines in the context of a fully nonlinear numerical model operates also within a linear model. With a hierarchy of linear models, it is demonstrated that 1) precipitating convection in a basic state consisting of a resting, uniform, unstable cloud can propagate and exhibit sloping up- and down-drafts; 2) subcloud evaporation of falling precipitation leads to modifications of the aforementioned instabilities and the formation of a new mode that travels rapidly and has peak amplitude in the subcloud layer; and 3) the introduction of a shear layer at the cloud base serves to couple the subcloud layer mode mentioned here with the cloud layer and yields a deep, rapidly growing, down-shear propagating mode which, while it has no critical level, nevertheless extracts kinetic energy from the mean shear. These models predict that small vertical shear favors slow-moving shear-parallel squall lines, somewhat larger shear leads to fast-moving shear-perpendicular lines, and very large shear favors three-dimensional convection.

K. Emanuel desarrolló un modelo convectivo para estudiar aspectos dinámicos de la precipitación (corrientes inclinadas, capas de cizalladura, etc.)

(Modelo de Emanuel)

- Ecuación de la dinámica + Ecuación del balance de agua:



$$K - K_0 = CAPE - \frac{g}{\rho_0} VIMD^t + \text{otros términos} \dots$$

$K - K_0$: Variación energía cinética corriente convectiva

CAPE : Energía potencial convectiva disponible

$VIMD^t$: Integral vertical de la divergencia de humedad integrada en el tiempo.

La demostración se encuentra en el siguiente enlace:

http://fisterra.aemet.es/joomla/images/vimd/Docs/Relacion_matematica_entre_CAPE_VIMD_y_tasa_precipitacion.pdf

Vamos a explorar la modulación de la tasa de precipitación en función de la variable bidimensional:

$$\sigma = \sigma(VIMD^t, CAPE/LI)$$

y su capacidad de definir *cuantitativamente* diferentes **estados de la atmósfera** y su relación con el riesgo de que tenga lugar un episodio de precipitaciones extremas.

$$\mathcal{P} = \sigma \cdot \mathcal{D}$$

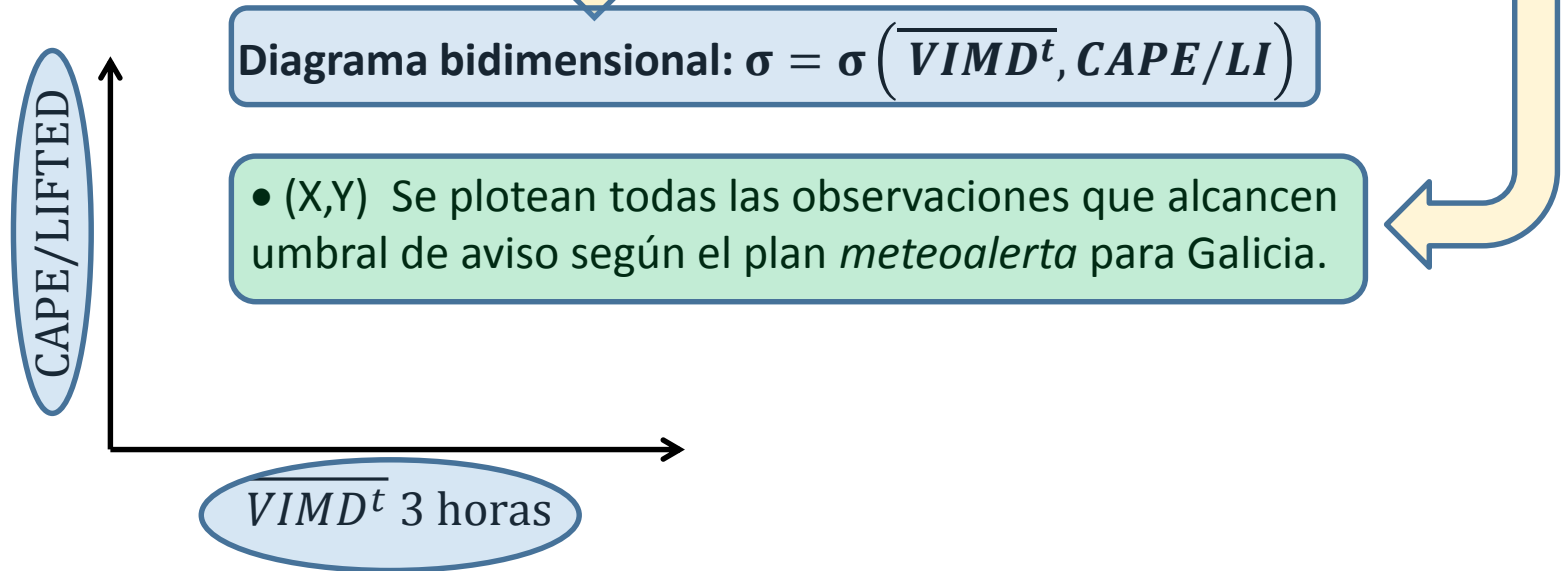
\mathcal{P} : Precipitación total

σ : Tasa de precipitación (intensidad)

\mathcal{D} : Duración

No disponemos de una red tridimensional de observaciones de la atmósfera

Por tanto, para definir cuantitativamente los diferentes estados de la atmósfera se utilizó el **modelo determinista de alta resolución del ECMWF** (T1279 y resolución $0.125^\circ \times 0.125^\circ$) con campos de pronóstico horarios desde T+0 hasta T+14 sobre Galicia y **red de estaciones automáticas** de Aemet, confederaciones hidrográficas y de Meteogalicia (>250 estaciones).



- Los datos se acumulan durante suficiente tiempo (desde noviembre de 2011, fecha desde la que se dispone de la VIMD horaria, hasta diciembre 2015) para establecer una climatología fiable y que incluya el rango completo de observaciones en Galicia.

$$\sigma = \sigma(\overline{VIMD^t}, LI) = \begin{cases} \mathcal{R}_4: \overline{VIMD^t} > -18 & LI \geq 1 \\ \mathcal{R}_3: \overline{VIMD^t} > -12 & LI < 1 \text{ (tormentas)} \\ \mathcal{R}_2: \overline{VIMD^t} \leq -12 & LI < 1 \text{ (tormentas)} \\ \mathcal{R}_1: \overline{VIMD^t} > -18 & LI \geq 1 \\ \mathcal{R}_0: \overline{VIMD^t} > -12 & LI < 1 \text{ (tormentas)} \end{cases}$$

Los estados de la atmósfera están formulados en términos de probabilidad de, al menos, alcanzar el umbral de aviso amarillo según el plan meteoalerta para Galicia.

Estado Atmosfera	Nivel de Riesgo		
	\mathcal{R}_4 \mathcal{R}_3 (estado riesgo bajo)	\mathcal{R}_2 (estado riesgo medio)	\mathcal{R}_1 (estado de riesgo alto)
Frecuencia promedio de eventos observados que alcanzan o superan umbral amarillo	< 10%	≥ 40%	≥ 70%
Frecuencia promedio de eventos observados que alcanzan o superan el umbral Naranjas/rojo	< 1%	< 10%	≥ 40%

Tabla I. Estados de la atmósfera en función de la frecuencia promedio de eventos observados por zona meteorológica de aviso que, al menos, alcanzan el umbral amarillo. Para la definición de los estados de la atmósfera se utiliza la categorización (10-40%; 40-70%, >70%) establecida en el procedimiento de avisos de Aemet.

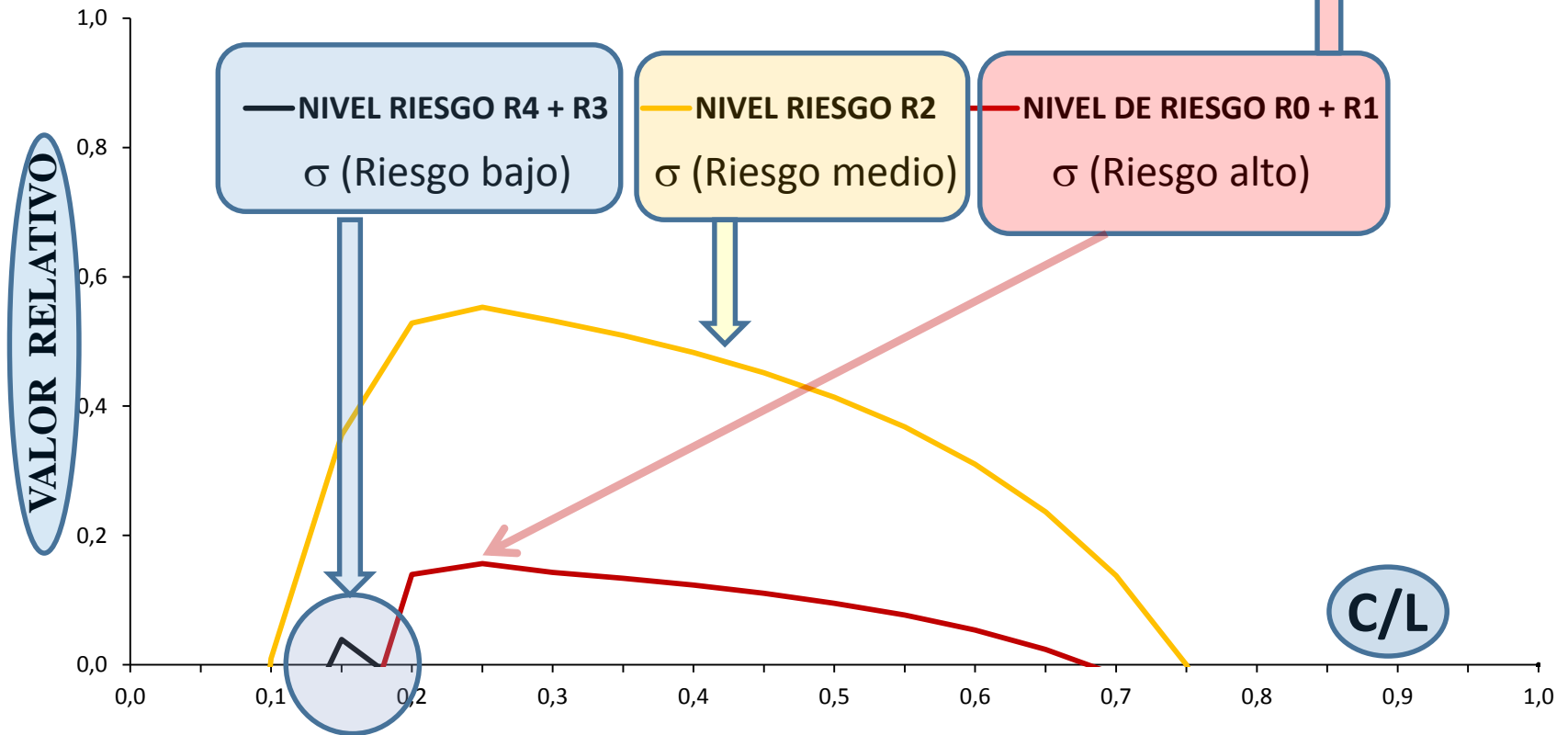
- Entonces, para analizar si esta discretización de la atmósfera tiene **potencial discriminatorio en los episodios de precipitaciones extremas**, inicialmente se consideraron los avisos de Aemet emitidos en el mismo periodo (2011-2015).



- Cada aviso de precipitación se le asigna un estado de la atmósfera en función de los valores de la variable bidimensional “observados”.
- A continuación se realiza una verificación de dichos avisos **en términos de valor económico**, proporcionando una perspectiva orientada al usuario. Lo que se hace es evaluar la calidad de los avisos, (valor relativo) calculando la razón *coste/ pérdida* (C/L) al tomar la decisión de proteger un activo frente a un posible tiempo adverso. Toma la climatología como método de pronóstico base no hábil ($V = 0$). Los valores inferiores a cero no se presentan, e indican que el sistema de pronóstico es peor que la climatología como sistema de referencia.

Valor relativo máximo = $(H - F) + \Delta (H-F) \cong 0,1 \pm 0,1$
 El valor relativo máximo es aproximadamente de la misma magnitud que la incertidumbre de la medida. Los usuarios no pueden beneficiarse de estas predicciones.

VALOR ECONÓMICO AVISOS AEMET GALICIA (2011-2015)



Se encontró que la calidad de los avisos dependía drásticamente del estado de la atmósfera que había sido definido y el sistema de predicción de Aemet no mostraba habilidad a la hora de discriminar el riesgo potencial de los episodios de precipitaciones extremas.

Con objeto de verificar la potencia de la metodología:

- es necesario un **conjunto de datos independientes** de los utilizados para construir la metodología, con objeto de descartar la *habilidad artificial* que se presenta cuando un sistema se evalúa sobre el mismo conjunto de datos que fueron utilizados para su desarrollo. Por ese motivo se verificaron, a continuación, los avisos de precipitación del periodo (2016-2018) en Galicia.
- Es necesario comprobar que el **tamaño de la muestra** es suficientemente grande para que los resultados de la verificación son reales y no debidos a una casualidad del muestreo, es decir, a fluctuaciones aleatorias: se realizó un *contraste de hipótesis con un nivel de significación del 5%*.

Verificación de avisos precipitación Aemet en Galicia durante el periodo 2016-2018

Tabla II (12 horas)	a	b	c	d	H	M	POFA	F	B	HSS
$\mathcal{R}_1 \mathcal{R}_0$	3	0	27	174	0,10	0,90	0,0	0,0	0,10	0,16
\mathcal{R}_2	22	11	17	104	0,57	0,43	0,33	0,10	0,86	0,50
$\mathcal{R}_4 \mathcal{R}_3$	11	36	37	522	0,23	0,77	0,76	0,06	0,98	0,18

Tabla III (1 hora)	a	b	c	d	H	M	POFA	F	B	HSS
$\mathcal{R}_1 \mathcal{R}_0$	1	2	1	204	0,50	0,50	0,67	1,0	1,5	0,39
\mathcal{R}_2	17	14	9	126	0,67	0,33	0,45	11,6	0,10	0,54
$\mathcal{R}_4 \mathcal{R}_3$	6	36	49	529	0,11	0,89	0,86	0,06	0,75	0,06

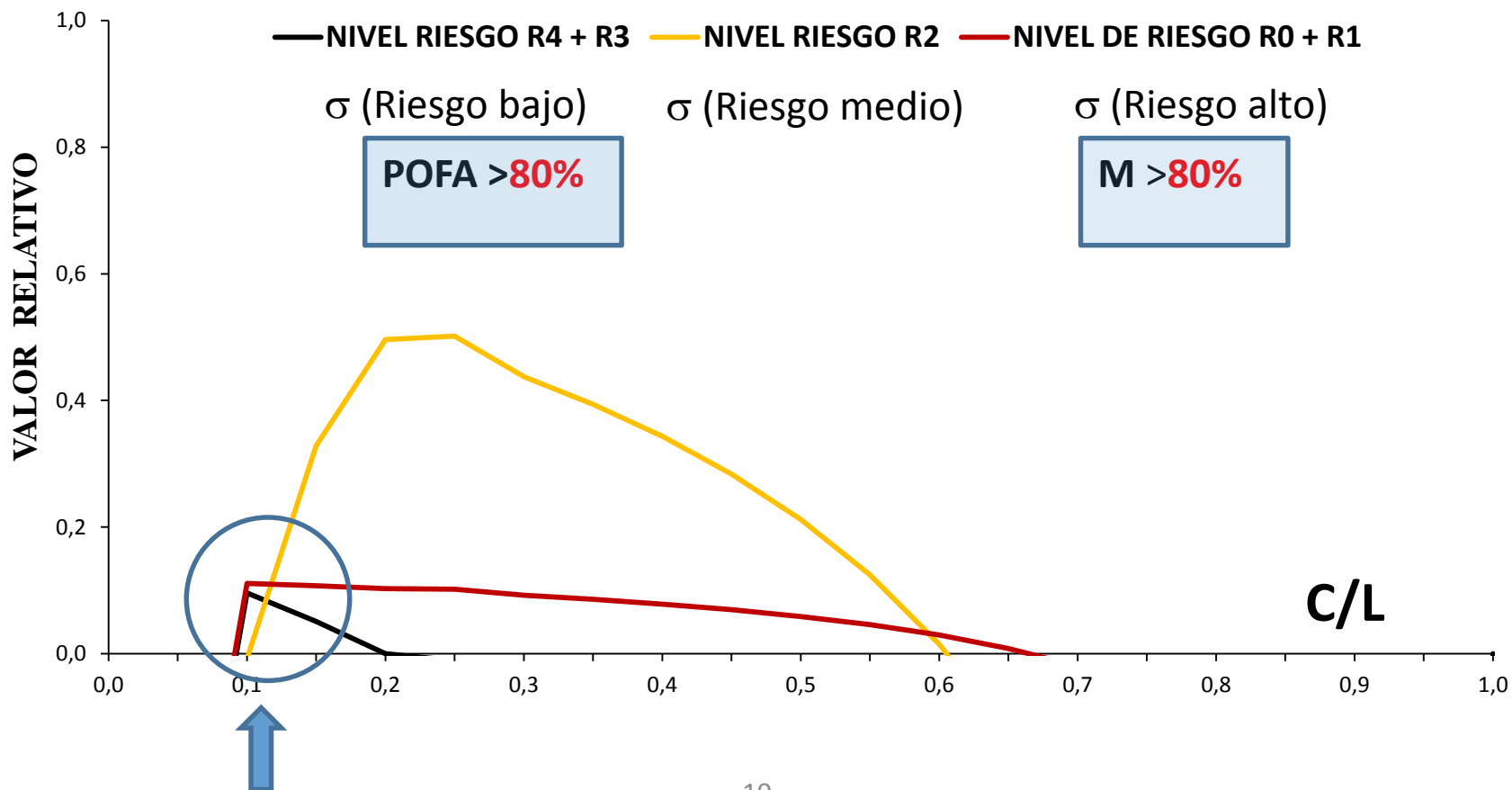
Tablas II y III. Tabla de contingencia determinista de avisos de precipitación previstos y/u observados de 1 y 12 horas en Galicia en cada uno de los estados de la atmósfera especificados en la Tabla I y en donde se definen.- **a**: aciertos; **b**: falsas alarmas; **c**: fallos; **d**: negativos correctos. Los estadísticos de verificación utilizados son: **H** = Probabilidad de detección; **M** = Tasa de fallos; **POFA** = Probabilidad de falsas alarmas; **F** = Probabilidad de falsa detección; **B** = Sesgo; **HSS** = Índice de Heidke.

La metodología de verificación se encuentra en el siguiente enlace:

http://fisterra.aemet.es/joomla/images/vimd/Docs/Metodologia_verificacion_avisos_precipitacion.pdf

Los resultados obtenidos en la verificación de avisos durante el periodo (2016-2018) son completamente equivalentes a los obtenidos en el periodo (2011-2015).

VALOR ECONÓMICO AVISOS AEMET GALICIA (2016-2018)



Algunas conclusiones importantes:

- La confianza en la metodología desarrollada es correspondientemente alta los estados de la atmósfera definidos **son determinantes** a la hora de evaluar la probabilidad de episodios de precipitaciones extremas.
- La metodología permite evaluar la calidad de un sistema de predicción de forma robusta sin depender de una pequeña cantidad de valores extremos (aunque también permite capturarlos).
- La metodología permite apreciar donde se encuentran exactamente las principales deficiencias en los pronósticos de alto impacto y una mejor comprensión de los procesos físicos involucrados en tales episodios.

➤ **En particular, el sistema de avisos de precipitación de Aemet en Galicia no es capaz de distinguir adecuadamente niveles de riesgo y no se aprecia ningún valor añadido ni mejoría a lo largo del tiempo; se tratan, en muchas ocasiones, episodios de riesgo muy diferente como si fuesen iguales y los potenciales usuarios apenas podrían beneficiarse económicamente de dicho sistema de predicción si lo usasen a largo plazo.**

Enlace de la documentación:

<http://fisterra.aemet.es/joomla/index.php/proyecto-vimd/documentos>