

# **PREDICCIÓN PROBABILISTA DE LA CALIDAD DEL AIRE: EL CASO DE MADRID**

I JORNADA UNED-EMPRESA:  
INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN MEDICINA

---

José L. Aznarte  
20 de febrero, 2019



# CALIDAD DEL AIRE EN MADRID



# UN PROBLEMA SERIO DE SALUD PÚBLICA

- La polución atmosférica urbana es un problema grave por sus efectos adversos en la salud.
- **OMS**: la polución atmosférica fue la causa de 3.7 millones de muertes prematuras en 2012.
- **Agencia Europea del Medio Ambiente**: 491.000 muertes prematuras por año en la UE-28, en torno a 33.200 en España (→19 veces más que los accidentes de tráfico).
- Enfermedades **respiratorias**, **afecciones de corazón**, **cáncer**... y también **diabetes**, **estrés** y **alergias**, entre otras.
- Contaminantes principales: dióxido de Nitrógeno (**NO<sub>2</sub>**), ozono (**O<sub>3</sub>**) y **partículas suspendidas** (PM10 y PM2.5).

## ¿Por qué es necesaria la predicción?

- Las restricciones afectan a la ciudadanía («¿Cómo voy a ir a trabajar mañana?»).
- Las restricciones afectan a las instituciones (recursos).
- Ser capaces de anticipar la posible activación del protocolo hace las medidas menos onerosas.

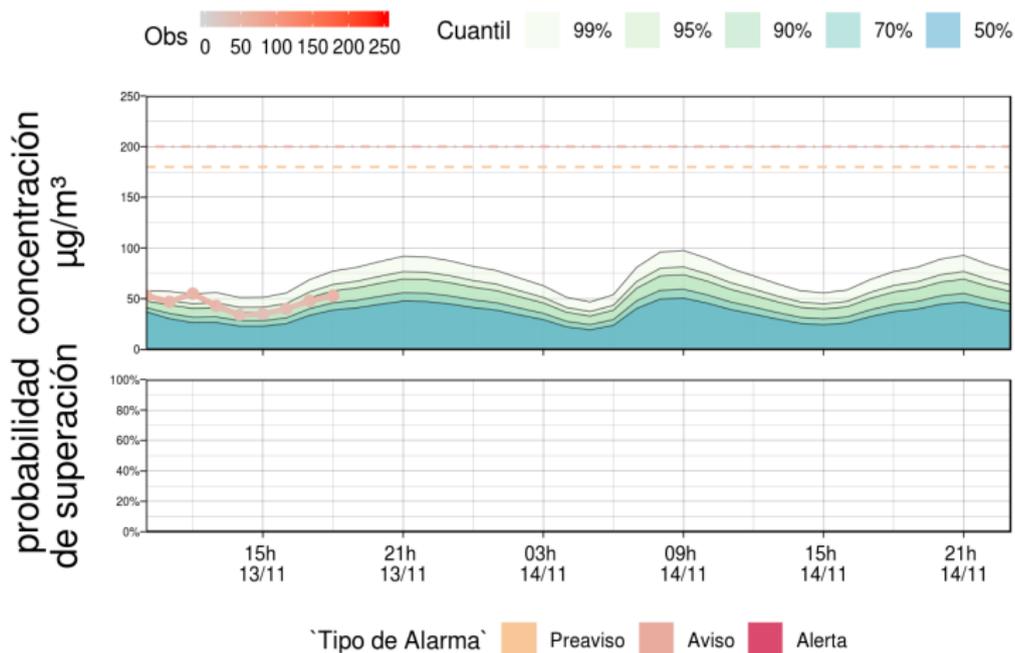
## Objetivo

El objetivo de los trabajos abarcados por este proyecto consiste en el desarrollo de **modelos predictivos avanzados** para las concentraciones de ciertos **contaminantes en la atmósfera**, en concreto: dióxido de Nitrógeno, ozono y partículas en suspensión (PM10 y PM2.5).

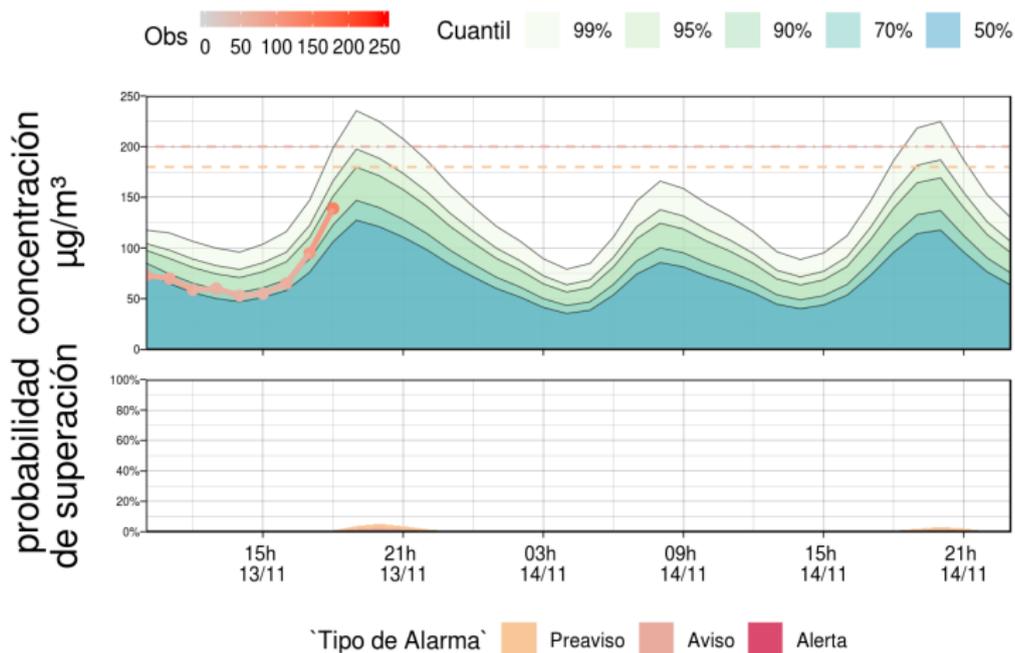
# OBJETIVO DEL PROYECTO

- 4 sistemas de predicción ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ ).
- Cada sistema está basado en un modelo de inteligencia artificial concebido y compilado como un proceso software independiente.
- Cada día, el sistema recibe datos de diversas fuentes de datos de las 24h anteriores.
- Los modelos generan los diversos productos de predicción conforme a los nuevos datos hasta 48h hacia el futuro.
- Estos son publicados internamente en el servidor para su uso por parte del Ayuntamiento de Madrid.
- En el caso del  $\text{NO}_2$ , las predicciones para cada estación son agregadas por zonas para prever la probabilidad de activación del protocolo.

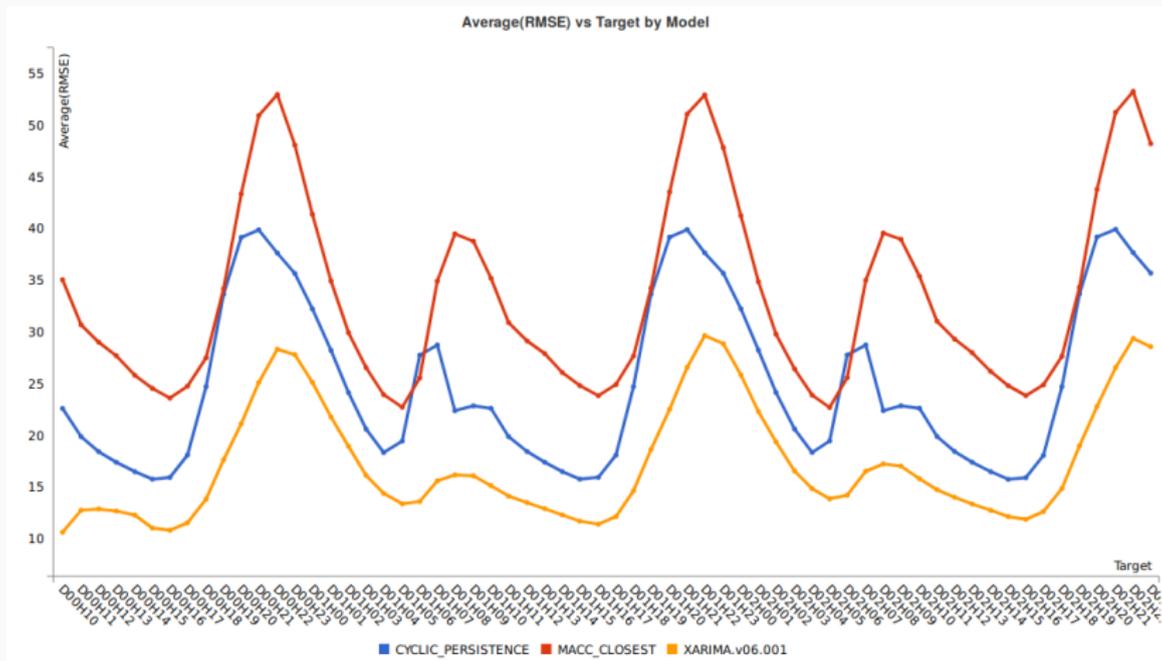
## NO<sub>2</sub> Parque del Retiro Estación 28079049



## NO<sub>2</sub> Pza. Fernández Ladreda Estación 28079056



# ERROR MEDIO EN LAS PREDICCIONES DIARIAS: NO<sub>2</sub>

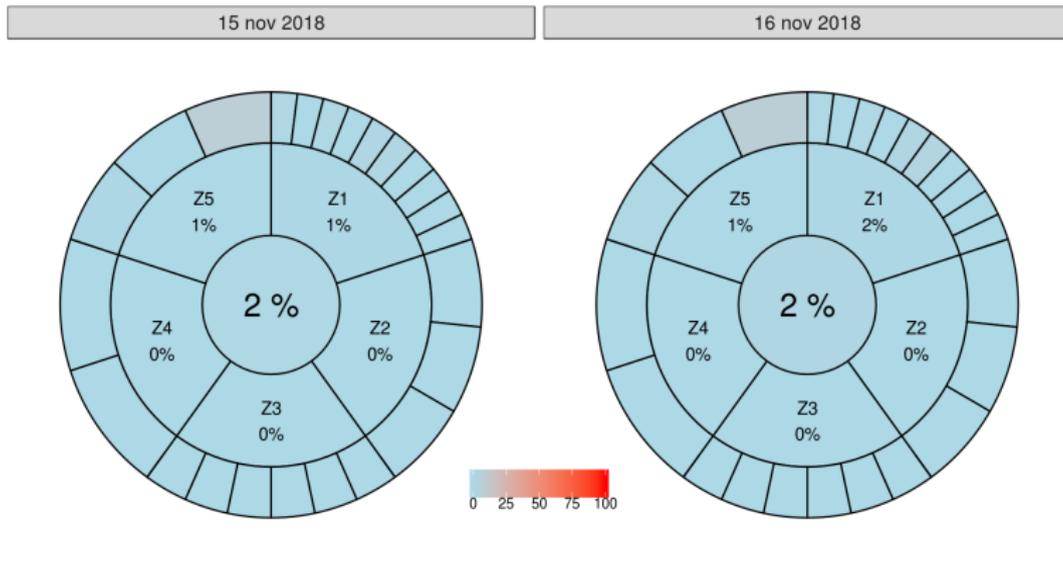


Recordemos el funcionamiento del protocolo para altas concentraciones de NO<sub>2</sub>:

- Preaviso: 2 estaciones de la misma zona más de 2 horas por encima de 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Aviso: 2 estaciones de la misma zona más de 2 horas por encima de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Alerta: 2 estaciones de la misma zona más de 3 horas por encima de 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

# PROBABILIDAD DE ACTIVACIÓN DEL PROTOCOLO DE NO<sub>2</sub>

Probabilidad de preaviso, 15 noviembre, 2018:



# PROBABILIDAD DE ACTIVACIÓN DEL PROTOCOLO DE NO<sub>2</sub>

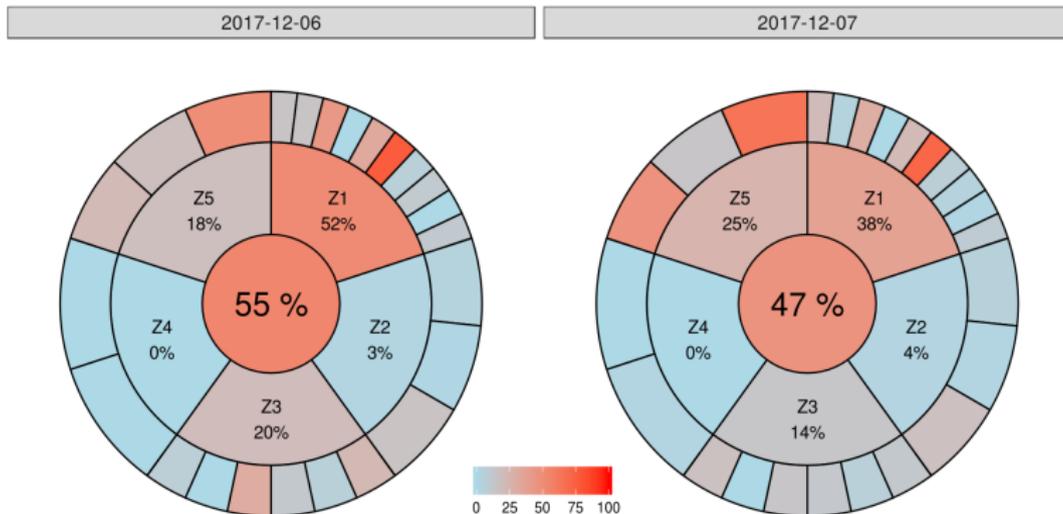
Probabilidad de preaviso, 15 noviembre, 2018:

2 %	Z5: 1 %	Pza. Fernández Ladreda: 8 %
		Farolillo: 0 %
		Villaverde: 1 %
	Z4: 0 %	El Pardo: 0 %
		Casa de Campo: 0 %
	Z3: 0 %	Tres Olivos: 0 %
		Juan Carlos I: 0 %
		Sanchinarro: 0 %
		Urb. Embajada: 0 %
		Barajas Pueblo: 0 %
		Arturo Soria: 0 %
	Z2: 0 %	Ensanche de Vallecas: 0 %
		Vallecas: 0 %
		Moratalaz: 0 %
	Z1: 1 %	Plaza Castilla: 1 %
		Parque del Retiro: 0 %
		Castellana: 0 %
		Mendez Alvaro: 0 %
		Barrio del Pilar: 2 %
Cuatro Caminos: 2 %		
Pza. del Carmen: 0 %		
Avda. Ramón y Cajal: 2 %		
Escuelas Aguirre: 0 %		
Pza. de España: 2 %		

2 %	Z5: 1 %	Pza. Fernández Ladreda: 8 %
		Farolillo: 1 %
		Villaverde: 2 %
	Z4: 0 %	El Pardo: 0 %
		Casa de Campo: 0 %
	Z3: 0 %	Tres Olivos: 0 %
		Juan Carlos I: 0 %
		Sanchinarro: 0 %
		Urb. Embajada: 0 %
		Barajas Pueblo: 0 %
		Arturo Soria: 0 %
	Z2: 0 %	Ensanche de Vallecas: 0 %
		Vallecas: 0 %
		Moratalaz: 0 %
	Z1: 2 %	Plaza Castilla: 1 %
		Parque del Retiro: 0 %
		Castellana: 0 %
		Mendez Alvaro: 0 %
		Barrio del Pilar: 3 %
Cuatro Caminos: 2 %		
Pza. del Carmen: 0 %		
Avda. Ramón y Cajal: 2 %		
Escuelas Aguirre: 0 %		
Pza. de España: 2 %		

# PROBABILIDAD DE ACTIVACIÓN DEL PROTOCOLO DE NO<sub>2</sub>

Probabilidad de **preaviso**, 6 de diciembre, 2017:



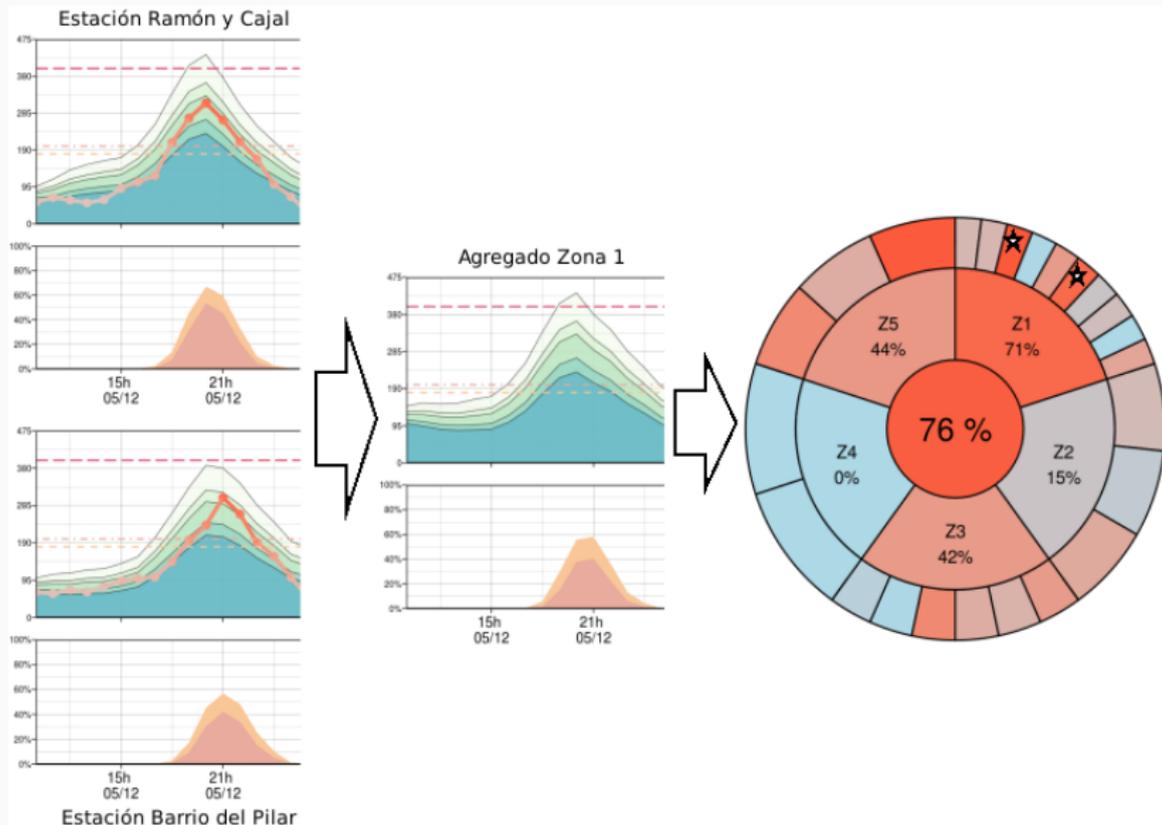
# PROBABILIDAD DE ACTIVACIÓN DEL PROTOCOLO DE NO<sub>2</sub>

Probabilidad de **preaviso**, 6 de diciembre, 2017:

55 %	Z5: 18 %	Pza. Fernández Ladreda: 50 %
		Farolillo: 18 %
		Villaverde: 22 %
		El Pardo: 0 %
	Z4: 0 %	Casa de Campo: 1 %
		Tres Olivos: 8 %
	Z3: 20 %	Juan Carlos I: 1 %
		Sanchinarro: 31 %
		Urb. Embajada: 12 %
		Barajas Pueblo: 7 %
		Arturo Soria: 23 %
		Ensanche de Vallecas: 16 %
	Z2: 3 %	Vallecas: 2 %
		Moratalaz: 5 %
		Plaza Castilla: 11 %
	Z1: 52 %	Parque del Retiro: 1 %
		Castellana: 11 %
		Mendez Alvaro: 7 %
		Barrio del Pilar: 77 %
		Cuatro Caminos: 33 %
Pza. del Carmen: 0 %		
Avda. Ramón y Cajal: 44 %		
Escuelas Aguirre: 15 %		
Pza. de España: 15 %		

47 %	Z5: 25 %	Pza. Fernández Ladreda: 65 %
		Farolillo: 14 %
		Villaverde: 47 %
		El Pardo: 0 %
	Z4: 0 %	Casa de Campo: 3 %
		Tres Olivos: 17 %
	Z3: 14 %	Juan Carlos I: 1 %
		Sanchinarro: 14 %
		Urb. Embajada: 13 %
		Barajas Pueblo: 7 %
		Arturo Soria: 12 %
		Ensanche de Vallecas: 18 %
	Z2: 4 %	Vallecas: 3 %
		Moratalaz: 6 %
		Plaza Castilla: 10 %
	Z1: 38 %	Parque del Retiro: 3 %
		Castellana: 5 %
		Mendez Alvaro: 8 %
		Barrio del Pilar: 72 %
		Cuatro Caminos: 21 %
Pza. del Carmen: 1 %		
Avda. Ramón y Cajal: 30 %		
Escuelas Aguirre: 5 %		
Pza. de España: 21 %		

# RESUMEN DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA PREDICTIVO



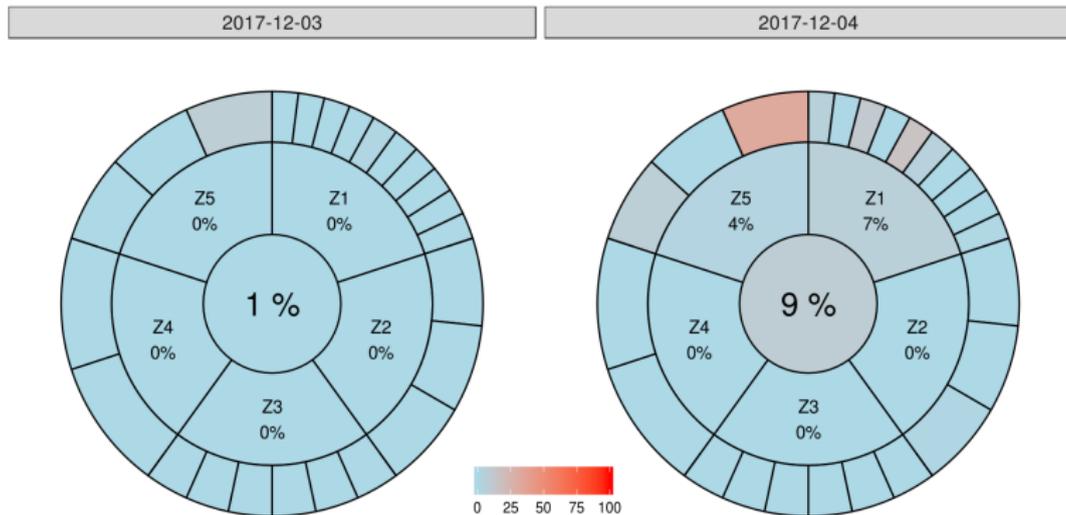
## EPISODIO: DEL 5 AL 8 DE DICIEMBRE, 2017

- Condiciones atmosféricas de alta estabilidad.
- Acumulación de dióxido de Nitrógeno.
- Se aplicó el Protocolo para altas concentraciones de dióxido de Nitrógeno:
  - Superación de los niveles de contaminación establecidos: PREAVISO/AVISO en zonas 1, 3 y 5.
  - Condiciones meteorológicas desfavorables.

	05/12/2017	06/12/2017	07/12/2017	08/12/2017
ZONAS	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Aviso			
3	Aviso			
5	Preaviso			
<b>TOTAL</b>	Aviso			
Actuaciones		Escenario 1 (L 70* )	Escenario 2 (L 70* - SER**)	Escenario 1 (L 70* )

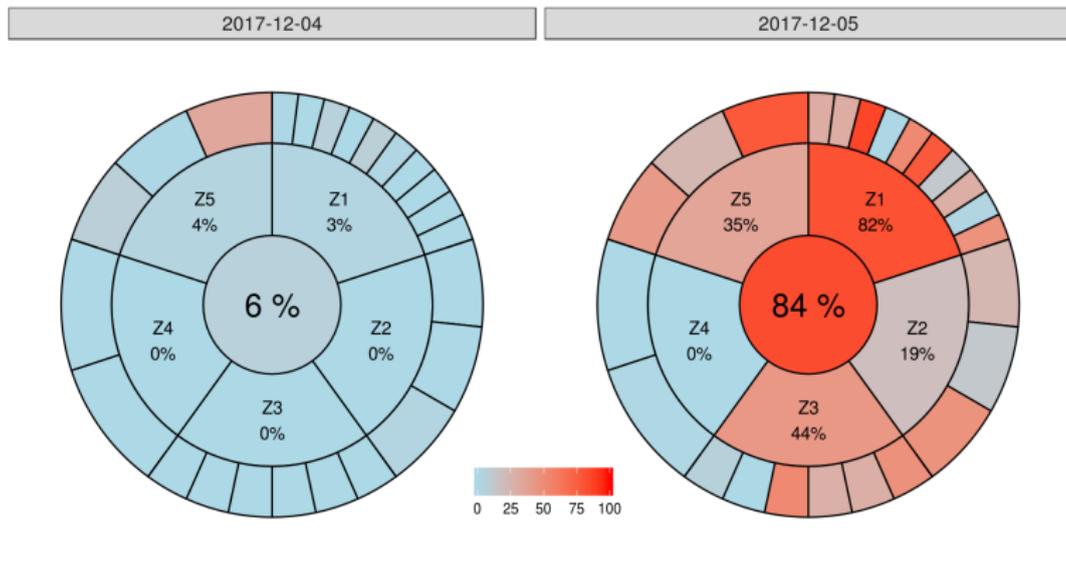
# EPISODIO: DEL 5 AL 8 DE DICIEMBRE, 2017

Probabilidad de **preaviso**, 3 de diciembre, 2017:



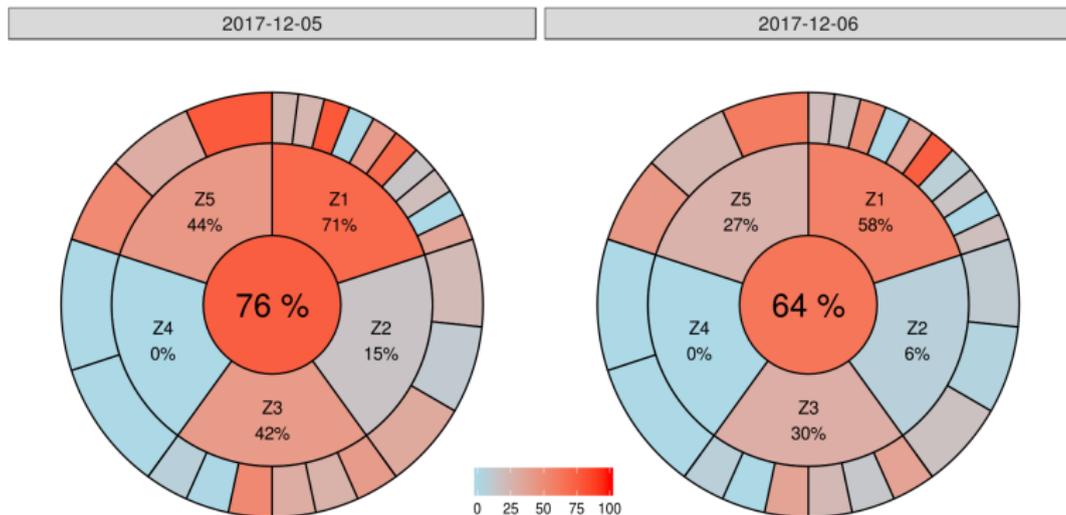
# EPISODIO: DEL 5 AL 8 DE DICIEMBRE, 2017

Probabilidad de **preaviso**, 4 de diciembre, 2017:



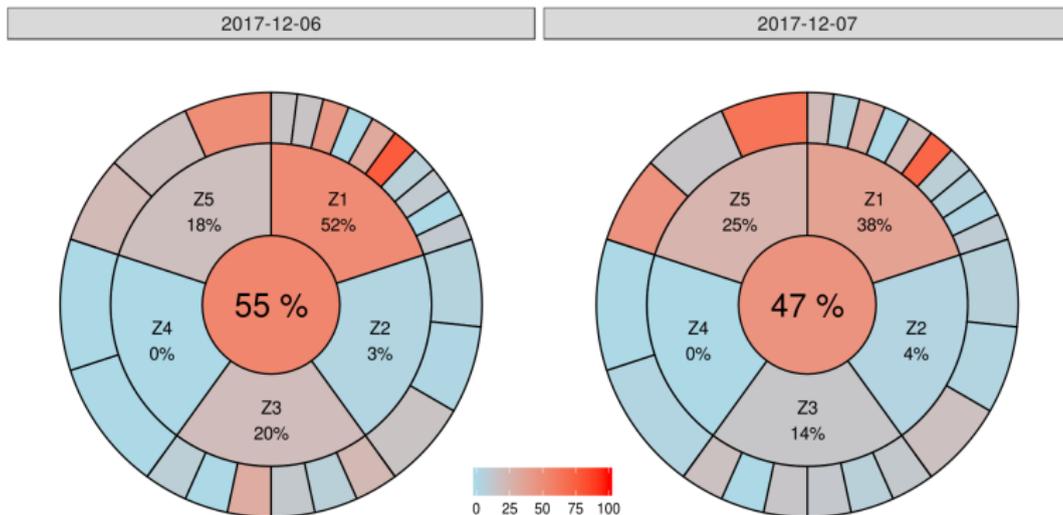
# EPISODIO: DEL 5 AL 8 DE DICIEMBRE, 2017

Probabilidad de **preaviso**, 5 de diciembre, 2017:



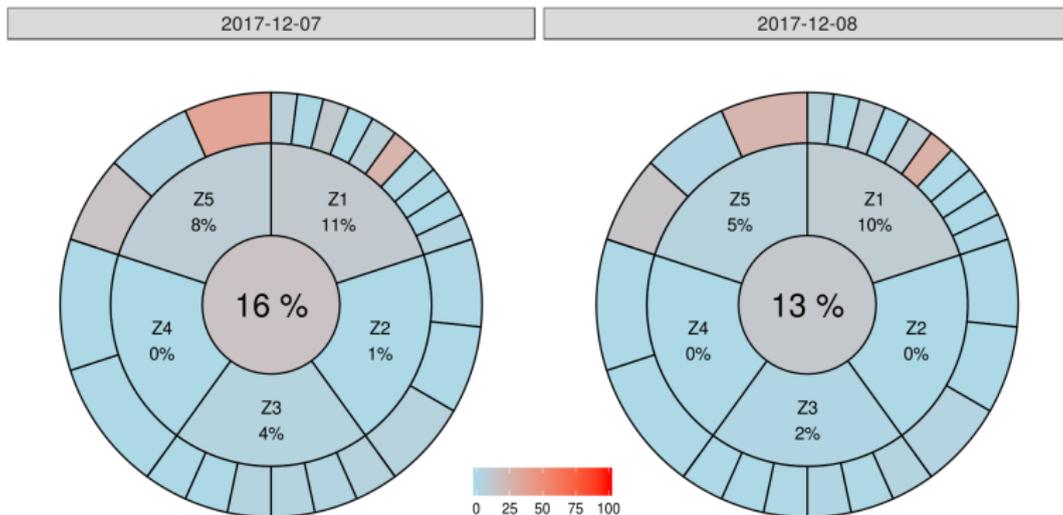
# EPISODIO: DEL 5 AL 8 DE DICIEMBRE, 2017

Probabilidad de **preaviso**, 6 de diciembre, 2017:



# EPISODIO: DEL 5 AL 8 DE DICIEMBRE, 2017

Probabilidad de **preaviso**, 7 de diciembre, 2017:



**GRACIAS**