

# **ESTUDI DE LA TEORIA DEL CAOS I LA SEVA INFLUÈNCIA EN LES PREDICCIONS METEOROLÒGIQUES ACTUALS**

**Andrea Dueñas Soliveres**

**INS Vilanova del Vallès.**

## **Introducció**

La teoria del caos és una branca de la física que estudia els anomenats sistemes caòtics. Aquests són sistemes regits per lleis físiques deterministes però impossibles de predir a causa de la seva gran sensibilitat a les condicions inicials. Un dels sistemes caòtics per excel·lència és l'atmosfera. El meu treball és un estudi a escala local de l'evolució dels errors en la predicció meteorològica (la manera que tenim de predir el sistema) en la ciutat de Granollers. Es tracta, doncs, d'observar com el caos altera els resultats a mesura que el temps avança. Per tant, determina la fiabilitat de les prediccions en la zona estudiada i demostra que és, en efecte, un sistema caòtic.

## **Hipòtesi**

Es pot observar la presència del caos en les prediccions meteorològiques actuals.

## **Objectius**

Observar els efectes del caos en les prediccions meteorològiques actuals.

Determinar fins a quin dia vista (dies d'antelació al dia predit) es pot considerar una predicció meteorològica fiable.

## **Metodologia**

El treball consisteix en l'estudi del tema escollit amb l'objectiu de verificar o refutar la hipòtesi plantejada, seguint el mètode científic. Consta d'un marc teòric, on es recull tota la informació necessària per al desenvolupament del treball, i d'una experimentació o part pràctica, en la qual s'analitzen els càlculs numèrics, que s'han realitzat a través d'un programa informàtic d'elaboració pròpia de tractament de dades en llenguatge Visual Basic.

El marc teòric està format per tres apartats diferenciats. En el primer s'explica què és el caos i com evolucionen els errors en la predicció d'un sistema caòtic a mesura que avança el temps. El segon apartat es centra en la meteorologia, incloses les seves variables i els models de predicció (com funcionen i quins són els més utilitzats). Per últim, hi ha una tercera part sobre programació en Visual Basic.

L'experimentació es divideix en dues fases que s'han portat a terme paral·lelament: recollida i anàlisi de dades. Des del 29 de juny del 2020 fins al 23 d'octubre del mateix any, s'ha recollit diàriament les prediccions del model GFS i les respectives observacions meteorològiques per a la ciutat de Granollers, obtenint així més de 67.000 dades d'un total de tres variables: temperatura, pressió i precipitació. Aquestes prediccions van d'1 a 16 dies vista. Durant la següent fase, s'ha creat un programa en VisualBasic per tractar totes les dades obtingudes i analitzar l'evolució dels errors de la predicció respecte a l'observació per dia vista.

## **Resultats**

En primer lloc he estudiat la mitjana d'errors per dia vista de cada variable. Posteriorment he calculat la desviació típica d'aquests primers resultats i el seu coeficient de correlació (lineal i exponencial) amb els dies vista. A continuació, he classificat els errors en diversos rangs, dels quals he calculat la freqüència relativa. D'aquesta forma, he obtingut una anàlisi ampla i detallada de l'evolució dels errors, que augmenten de manera considerable amb el pas del temps. Per últim, he fet diverses representacions gràfiques de la fiabilitat de les prediccions basant-me en els resultats obtinguts.

## **Conclusions**

Un cop analitzats tots els resultats, la conclusió és que els efectes del caos són observables en les prediccions meteorològiques actuals a Granollers en dos de les variables estudiades. L'única excepció és la precipitació. Aquesta mostra una evolució dels errors diferent que les altres dues perquè depèn molt de components locals com l'orografia del terreny, el que provoca que la predicció ja contingui un error base que oculta l'error provocat pel caos (es manté constant, no augmenta significativament). Per tant, la meua hipòtesi queda validada per les variables pressió i temperatura, i refutada per a la precipitació.

S'ha fet una recollida diària de dades, que s'han utilitzat en un programa d'elaboració pròpia per estudiar els errors en la predicció respecte a les observacions. Els resultats han estat analitzats per tal de verificar o refutar la hipòtesi.

Els objectius s'han complert i s'ha determinat en funció dels resultats que les prediccions meteorològiques són fiables fins 5 dies abans en temperatura i 7 en pressió, però mai són fiables en precipitació.

Aquest treball ha sigut enriquidor a tots els nivells: he estudiat amb profunditat un tema que em fascina i he après quina és la metodologia a seguir en una recerca, el que em serà útil en el meu futur estudiantil i laboral.

## Bibliografia

AEMET. (s. f.). *Predicción Numérica del Tiempo*. [http://www.aemet.es/es/idi/prediccion/prediccion\\_numerica](http://www.aemet.es/es/idi/prediccion/prediccion_numerica) Consultat el 3 d'Agost de 2020.

Beker, V. (2003, Maig). *La teoría del caos: una explicación simple de un fenómeno complejo*. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/305456841\\_LA\\_TEORIA\\_DEL\\_CAOS\\_UNA\\_EXPLICACION\\_SIMPLE\\_DE\\_UN\\_FENOMENO\\_COMPLEJO](https://www.researchgate.net/publication/305456841_LA_TEORIA_DEL_CAOS_UNA_EXPLICACION_SIMPLE_DE_UN_FENOMENO_COMPLEJO) Consultat el 12 d'Abril de 2020.

Calvo Sánchez, F. J. (2018). Modelos atmosféricos. *Física del caos en la predicción meteorológica*, 129-143. <https://doi.org/10.31978/014-18-009-x.10> Consultat el 31 d'Agost de 2020.

Meteoblue. (s. f.). *Datos históricos Granollers*. [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/archive/export/granollers\\_espa%c3%b1a\\_3121145](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/archive/export/granollers_espa%c3%b1a_3121145) Consultat diàriament entre el 29 de Juny i el 23 d'Octubre de 2020.

Meteocat. (s.f.-a). *Models numèrics. Servei Meteorològic de Catalunya*. <https://www.meteo.cat/wpweb/divulgacio/la-prediccion-meteorologica/models-numeric/> Consultat el 29 d'Agost de 2020.

NOAA. (s. f.-a). *Global Forecast System (GFS)*. [https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs#:~:text=The%20Global%20Forecast%20System%20\(GFS,moisture%20and%20atmospheric%20ozone%20concentration](https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs#:~:text=The%20Global%20Forecast%20System%20(GFS,moisture%20and%20atmospheric%20ozone%20concentration). Consultat el 24 de Juny de 2020

NOAA. (s. f.-c). *READY Current Meteorology*. <https://www.ready.noaa.gov/READYcmet.php> Consultat diàriament entre el 29 de Juny i el 23 d'Octubre de 2020.

Stewart, I. (2007). *¿Juega Dios a los dados? Crítica*.

Stewart, I. (2015). *17 ecuaciones que cambiaron el mundo*. Booket.

Williams, G. P. (2012, 20 Novembre). *Chaos Theory Tamed*. *Internet Archive*. <https://archive.org/details/ChaosTheoryTamed/page/n11/mode/2up> Consultat el 11 d'Abril de 2020.