

# Aprendizaje Automático Para La Clasificación De Pacientes Crónicos Con Comorbilidades

---

Autora: Paula Vecino Rodríguez  
Tutora: Inmaculada Mora Jiménez  
Co-Tutora: Cristina Soguero Ruíz



Universidad  
Rey Juan Carlos



TESIS

# Objetivo

**Evaluación, en términos de prestaciones, de métodos basados en el aprendizaje automático que permitan predecir el estado de salud de pacientes crónicos.**

1. Introducción
2. Métodos de clasificación multi-clase y multi-etiqueta
3. Experimentos y resultados
4. Conclusiones y líneas futuras

# Introducción

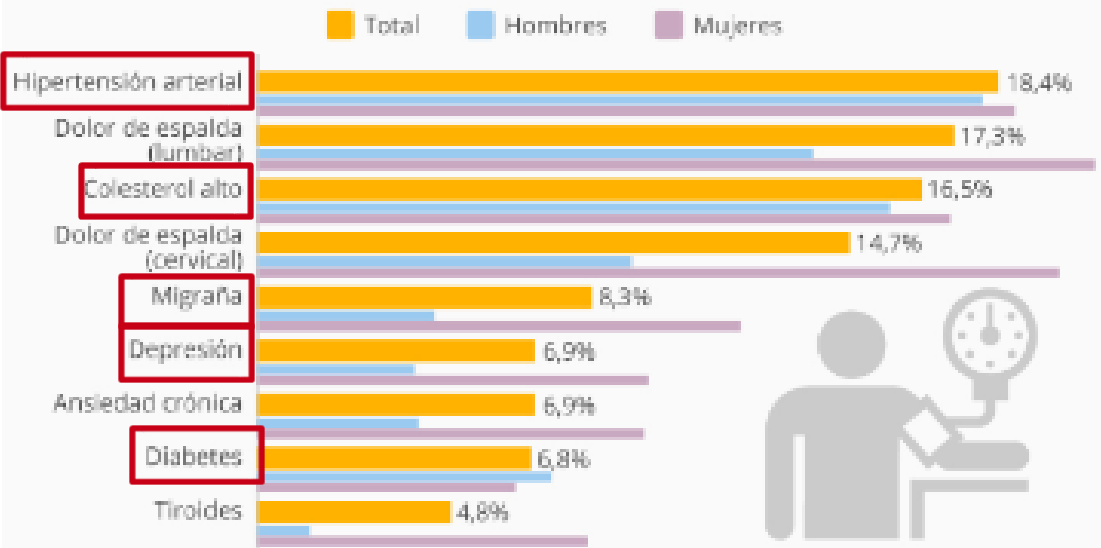
1. Pacientes crónicos. Situación en España
2. Sistema de clasificación poblacional
3. Análisis descriptivo de la base de datos

# Pacientes crónicos. Situación en España

- Según la OMS (Organización Mundial de la Salud): *enfermedad de larga duración, normalmente de evolución lenta, y cuya curación no se puede prever.*
- Factores de riesgo: envejecimiento; consumo alto de alcohol, tabaco y sal; e inactividad física, entre otros.
- 42% de la población adulta de España, tiene una o varias patologías crónicas.

## Enfermedades crónicas en España

Porcentaje de españoles que sufren distintos problemas de salud crónicos\*

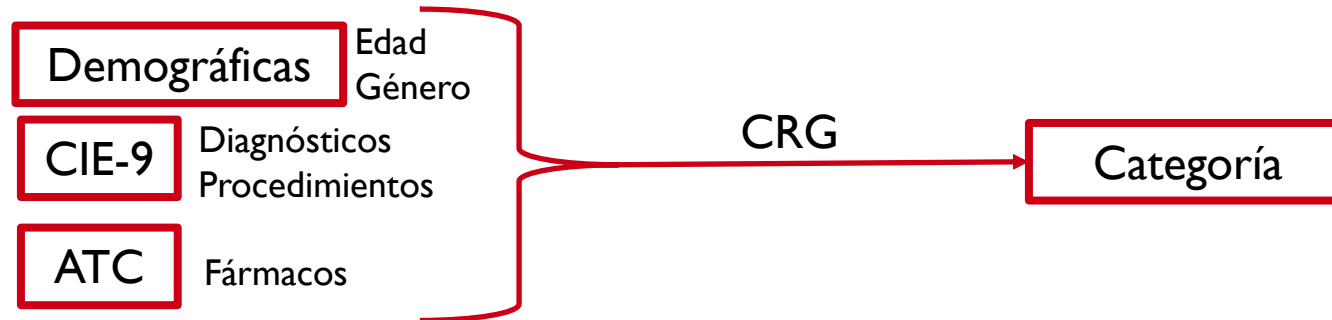


\* Personas mayores de 14 años. Datos de 2014. Selección de problemas de salud.



Fuentes: INE, Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad

# Sistemas de clasificación de pacientes



CRG base	Descripción del CRG	Pacientes HUF
1000	Sanos	46.835
5192	Hipertensión	12.447
5424	Diabetes	2.166
6144	Diabetes - Hipertensión	3.179
7071	Diabetes - Hipertensión - Otra Enfermedad Crónica Dominante	547

- Nuestra base de datos la componen pacientes pertenecientes al Hospital Universitario de Fuenlabrada en el periodo 2012.

		Diagnósticos				Fármacos
Edad	Género	001-999 Enfermedades	V01-V89 Códigos V	E000-E999 Códigos E	M888-M997 Códigos M	A01AA-V30ZZ ATC

- 2265 características: binarias o basadas en la ocurrencia.

# Análisis descriptivo de la base de datos

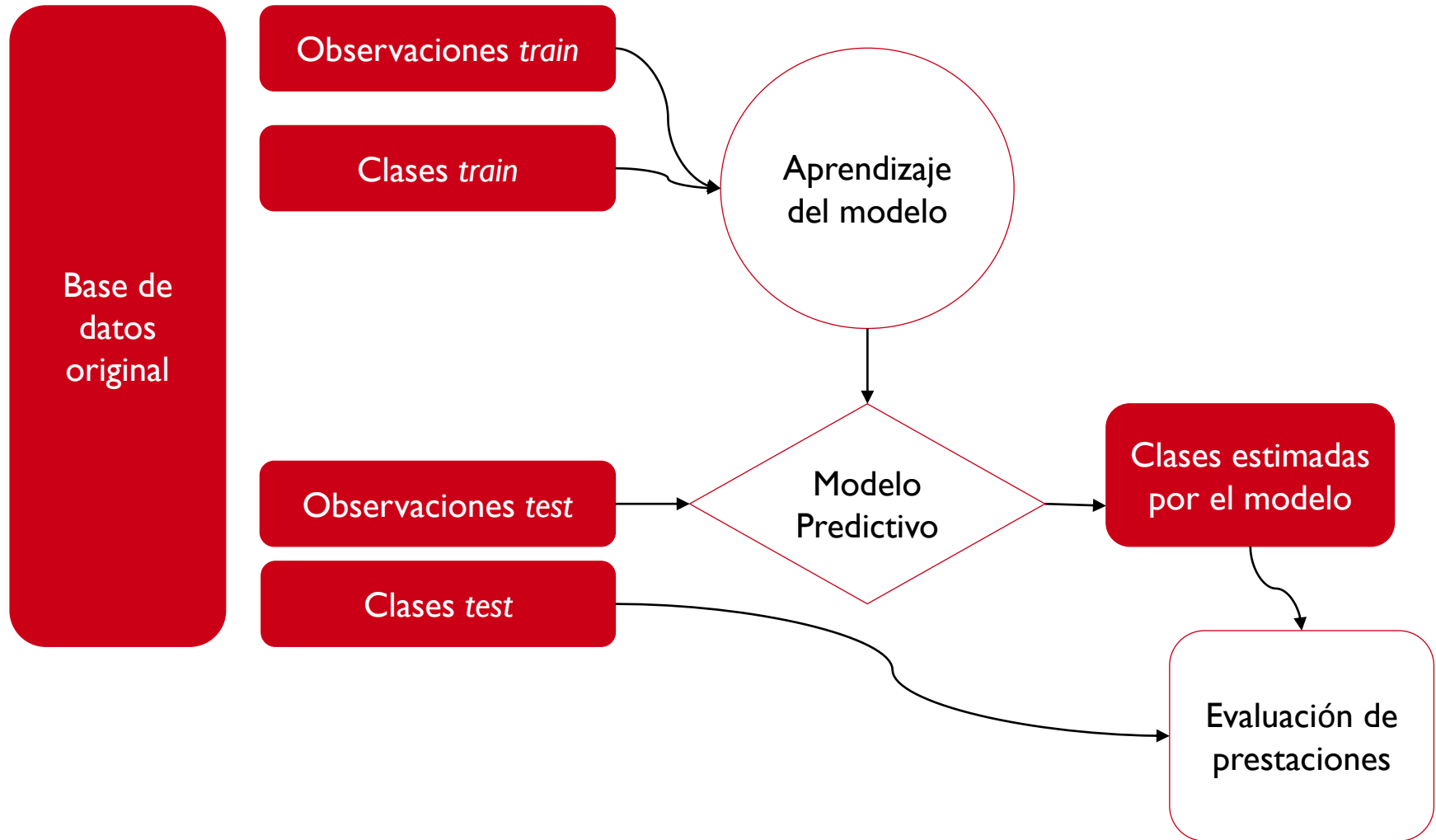
- Análisis descriptivo de los CRG utilizados en este trabajo:

	CRG1000	CRG5192	CRG5424	CRG6144	CRG7071
<b>Pacientes en el CRG</b>	46835	12447	2166	3179	547
<b>Mujeres</b>	24649	6464	743	1424	305
<b>Hombres</b>	22186	5983	743	1755	242
<b>Códigos CIE-9 Totales</b>	1517				
<b>Códigos CIE-9 diferentes por paciente en cada CRG</b>	2,70	4,84	4,31	6,01	9,52
<b>Mujeres</b>	2,90	5,57	4,97	6,98	9,93
<b>Hombres</b>	3,02	4,03	3,95	5,22	8,98
<b>Valor medio de códigos CIE-9 por paciente en cada CRG</b>	4,27	12,96	13,28	18,74	32,15
<b>Mujeres</b>	4,70	14,96	14,34	21,78	33,54
<b>Hombres</b>	4,79	10,79	12,28	16,27	30,39
<b>Código ATC Totales</b>	746				
<b>Códigos ATC diferentes por paciente en cada CRG</b>	2,12	5,71	5,30	9,11	14,94
<b>Mujeres</b>	2,16	6,11	5,65	10,42	15,65
<b>Hombres</b>	1,44	7,34	5,11	8,01	14,04
<b>Valor medio de códigos ATC por paciente en cada CRG</b>	2,95	22,01	21,81	50,07	86,44
<b>Mujeres</b>	3,01	23,59	23,25	57,29	90,57
<b>Hombres</b>	2,01	28,28	21,04	44,02	81,22

# Métodos de clasificación multi-clase y multi-etiqueta

1. Introducción
  2. Algoritmos de clasificación
  3. Evaluación de prestaciones
-

# Introducción





# Objetivo y retos

- Objetivo: modelo predictivo construido tenga capacidad clasificar adecuadamente casos nunca vistos.
- Se propone abordar el modelo del diseño bajo dos enfoques: multi-clase (MC) y multi-etiqueta (ME).
- Retos:
  - Desbalanceo en las categorías.
  - Gran número de características con respecto conjunto de casos disponibles.

# Algoritmos de clasificación

## Lineales

---

- Regresión Logística Multinomial (MC)
- Máquinas de Vectores Soporte Lineal (MC y ME)

## No lineales

---

- Máquinas de Vectores Soporte No Lineal (MC y ME)
- *K Nearest Neighbour* (MC y ME)
- Árboles de decisión (MC y ME)
- *Random Forest* (MC y ME)
- Perceptrón Multicapa (MC y ME)

# Evaluación de prestaciones

- Tasa de acierto multi-clase.

$$accuracy = \frac{tp + tn}{tp + fp + tn + fn}$$

		Clase estimada		
		C1	C2	C3
Clase test	C1	tp	fn	fn
	C2	fp	tn	tn
	C3	fp	tn	tn

- Tasa de acierto multi-etiqueta.

$$accuracy = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Y_i \cap P_i}{Y_i \cup P_i}$$

$$Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_i\} \quad i = 1 \dots m$$

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_i\} \quad i = 1 \dots m$$

# Experimentos y resultados.

1. Experimentos
  2. Procedimiento
  3. Resultados
-

# Experimentos

- Clasificación multi-etiqueta y multi-clase.

CRG	Multi-clase	Multi-etiqueta		
	Clase	Hipertensión	Diabetes	Comorbilidades
CRG1000	0	0	0	0
CRG5192	1	1	0	0
CRG5424	2	0	1	0
CRG6144	3	1	1	0
CRG7071	4	1	1	1

- Dos escenarios:
  - Escenario 1 - Pacientes sanos y crónicos
  - Escenario 2 - Pacientes crónicos.
- Balanceo de observaciones: submuestreo sobre la clase minoritaria (CRG7071), creando 50 subconjuntos.
  - Escenario 1 - 2735 pacientes
  - Escenario 2 - 2188 pacientes
- Conjunto de *train* (80%) y *test* (20%).
- Características binarias o basadas en ocurrencia.
- Selección de las 100 características.
  - FS1 - Frecuencia
  - FS2 - Prueba F-Fisher
  - FS3 - *Random Forest*

# Procedimiento

**1.** Carga 50 subconjuntos de *train* y *test* junto con las características seleccionadas.

Para cada subconjunto de *train*:

**2.** Filtrado de los datos duplicados y normalización del conjunto de *train*.

**3.** Búsqueda de los mejores parámetros libres con validación cruzada.

**4.** Ajuste del modelo con los mejores parámetros .

**5.** Normalización del conjunto de *test*.

**6.** Evaluación de los 50 subconjuntos de test con el diseño

# Resultados

Clasificación	Forma de las caracterisitas	Selección de características	Pacientes sanos y crónicos		Pacientes crónicos	
			Algoritmo	Tasa de acierto	Algoritmo	Tasa de acierto
Multi-clase	Ocurrencia	Frecuencia	Random Forest	85,3(1,4)%	Random Forest	83,2(1,6)%
		F-Fisher	Regresión Logisitica Multinomial	<b>88,8(1,1)%</b>	Linear SVM	<b>88,6(1,4)%</b>
		Random Forest	Random Forest	86,0(1,4)%	Regresión Logisitica Multinomial	84,9(1,7)%
	Binarias	Frecuencia	No Linear SVM	85,8(1,4)%	No Linear SVM	83,7(1,6)%
		F-Fisher	No Linear SVM	<b>91,6(1,2)%</b>	No Linear SVM	<b>90,9(1,2)%</b>
		Random Forest	No Linear SVM	88,9(1,3)%	No Linear SVM	87,7(1,4)%
Multi-etiqueta	Ocurrencia	Frecuencia	Linear SVM OneVsRest	85,2(1,52)%	Linear SVM Label Powerset	82,7(1,9)%
			Random Forest	84,7(1,4)%	Random Forest	82,5(1,8)%
		F-Fisher	Linear SVM OneVsRest	<b>89,5(1,3)%</b>	Linear SVM Label Powerset	<b>88,6(1,5)%</b>
			Random Forest	<b>85,7(1,2)%</b>	Random Forest	<b>84,2(1,7)%</b>
		Random Forest	Linear SVM OneVsRest	87,7(1,4)%	Linear SVM Label Powerset	86,4(1,9)%
			Random Forest	85,5(1,3)%	Random Forest	82,7(1,7)%
	Binarias	Frecuencia	No Linear SVM Label Powerset	85,6(1,3)%	No Linear SVM Label Powerset	84,0(1,4)%
			MLP	84,4(1,4)%	MLP	81,7(1,7)%
		F-Fisher	Linear SVM OneVsRest	<b>91,2(1,0)%</b>	No Linear SVM Label Powerset	<b>90,3(1,2)%</b>
			MLP	<b>90,3(1,1)%</b>	MLP	<b>88,3(1,5)%</b>
		Random Forest	Linear SVM OneVsRest	89,1(1,1)%	No Linear SVM Label Powerset	88,6(1,0)%
			MLP	87,7(1,5)%	MLP	86,8(1,2)%

# Resultados

- Resultados sobre la relevancia de los distintos tipos de características.
- Mejor configuración: características binarias y selección de características basadas en la prueba F-Fisher.

			Pacientes sanos y crónicos		Pacientes crónicos	
			Número características	Tasa de acierto	Número características	Tasa de acierto
Perceptrón Multicapa	Multi-clase	Género + Edad + CIE-9 + ATC	102	90,3(1,0)%	102	88,0(1,5)%
		CIE-9 + ATC	100	72,8(7,5)%	100	98,0(1,4)%
		CIE-9	31	54,0(9,4)%	30	32,8(11,2)%
		ATC	69	74,2(8,8)%	70	72,8(7,5)%
		Género + Edad	2	31,8(2,0)%	2	22,1(2,0)%
	Multi-etiqueta	Género + Edad + CIE-9 + ATC	102	90,3(1,1)%	102	88,3(1,5)%
		CIE-9 + ATC	100	89,5(1,2)%	100	88,1(1,5)%
		CIE-9	33	45,5(19,6)%	34	55,1(6,3)%
		ATC	67	82,0(3,5)%	66	82,3(1,5)%
		Género + Edad	2	25,1(5,3)%	2	30,4(2,5)%



# Conclusiones y líneas futuras

1. Conclusiones

2. Líneas futuras

---

# Conclusiones

- Más códigos CIE-9 y ATC para los CRG con más de una cronicidad.
- Mejor método de selección de características: prueba F-Fisher.
- Mejores tasas de acierto cuando consideramos la base de datos de pacientes sanos y crónicos.
- Para características binarias, elección de modelos no lineales; para características basadas en ocurrencia, elección de modelos lineales.
- Para métodos de transformación de problema, resultados en multi-clase y multi-etiqueta similares.
- Para los modelos adaptados, resultados ligeramente mejores (0,3%) para multi-etiqueta. El número de pacientes considerados nos limita el aprendizaje de los modelos propuestos.

# Líneas futuras

- Aumentar la población de estudio para que aumente la clase minoritaria y así poder tener subconjuntos de *train* mayores para entrenar los algoritmos.
- Estudiar algoritmos que no beneficien a la clase mayoritaria para no realizar balanceo de observaciones.
- Trabajar la visualización para que el personal clínico no vea sólo una ‘caja negra’.
- Entrenar los algoritmos en algún servicio de *cluster* de servidores como *Amazon Web Services*.

**Muchas gracias  
por su atención.**



Universidad  
Rey Juan Carlos



EST