

Intro a la IA

MA5204: Aprendizaje de Máquinas

11 marzo, 2020

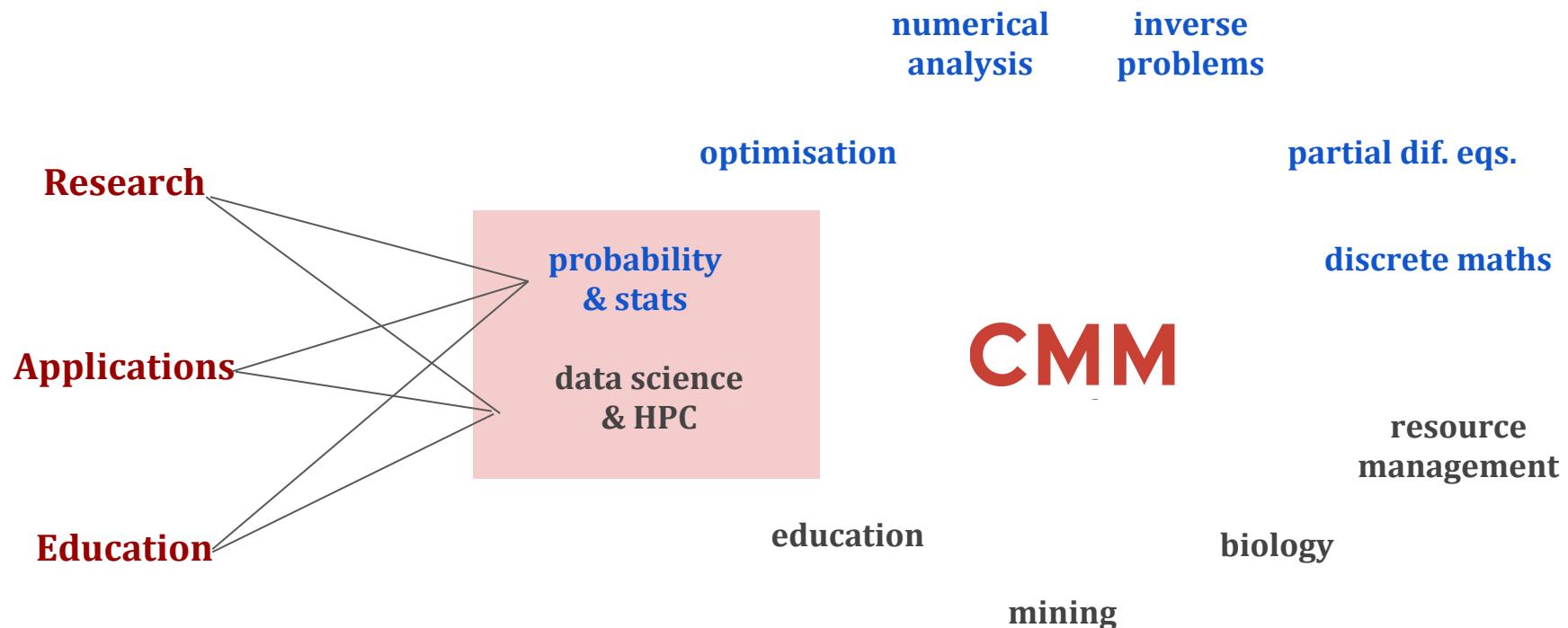
>>**Felipe Tobar**

>>**Centro de Modelamiento Matemático**

>>**Universidad de Chile**

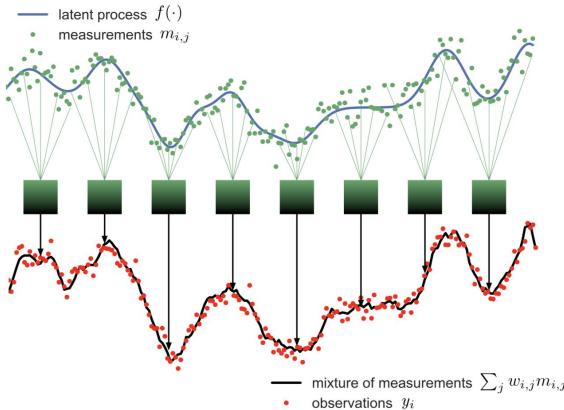
¿Quién soy yo y qué hacemos aquí?

- Ingeniero Eléctrico (U. de Chile)
- Académico@DIM: Aprendizaje de Máquinas I&II, Data Science (Dipl+MSc), Estadística
- Investigador@CMM: AM, Procesamiento de Señales, Análisis de Texto.



Investigación principal: series de tiempo

Desde una perspectiva probabilística (AR, kernels, procesos gaussianos, análisis espectral)

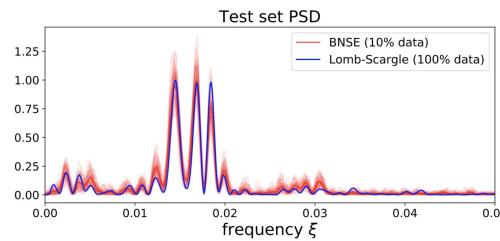
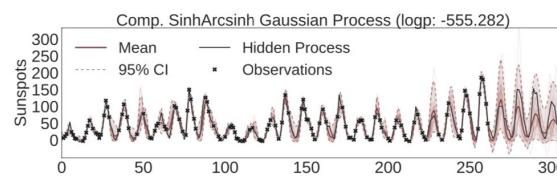
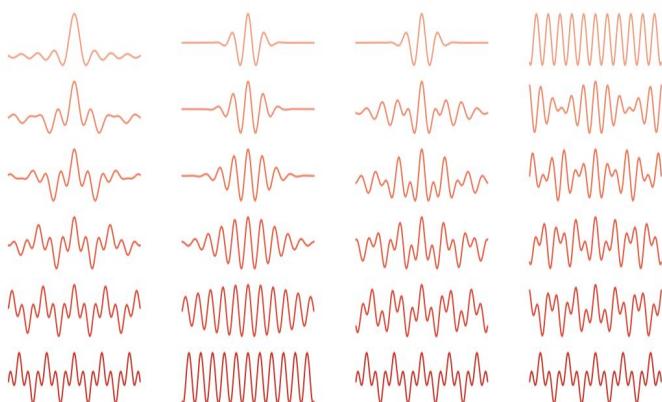


Why?

Tractable inference, interpretable, meaningful marginalisation & conditioning, gradient-based optimisation, nonparametric, inter-domain sparse.

What for?

Forecasting, interpolation, denoising, spectral estimation, spectral reconstruction, clasificación, Bayesian optimisation, modelling dynamical systems.



Relate to:

Neural networks, kernel methods, Markov processes, stochastic diff. eqs., state-space models, Kalman filter.

¿Qué es la Inteligencia Artificial?

- La inteligencia es crucial para los seres humanos: a diferencia del resto del reino animal, nosotros no necesitamos evolucionar para adaptarnos.
- ¿Pueden las máquinas poseer inteligencia?
- Si pueden, ¿Cómo es esta inteligencia diferente de la inteligencia humana?
- ¿Cuán arraigada en lo humano es la inteligencia?
- Inteligencia implica conciencia de sí mismos o tener "mente"

Al menos dos tipos de IA

(J. Searle, 1980)

IA fuerte

- Humano equivalente
- Procesos cognitivos
- Consciencia

IA débil

- Nivel humano
- Perceptualmente avanzada
- Puede reemplazar humanos en tareas prácticas
- 4 (o 6) componentes:

VOL. LIX. No. 236.]

[October, 1950]

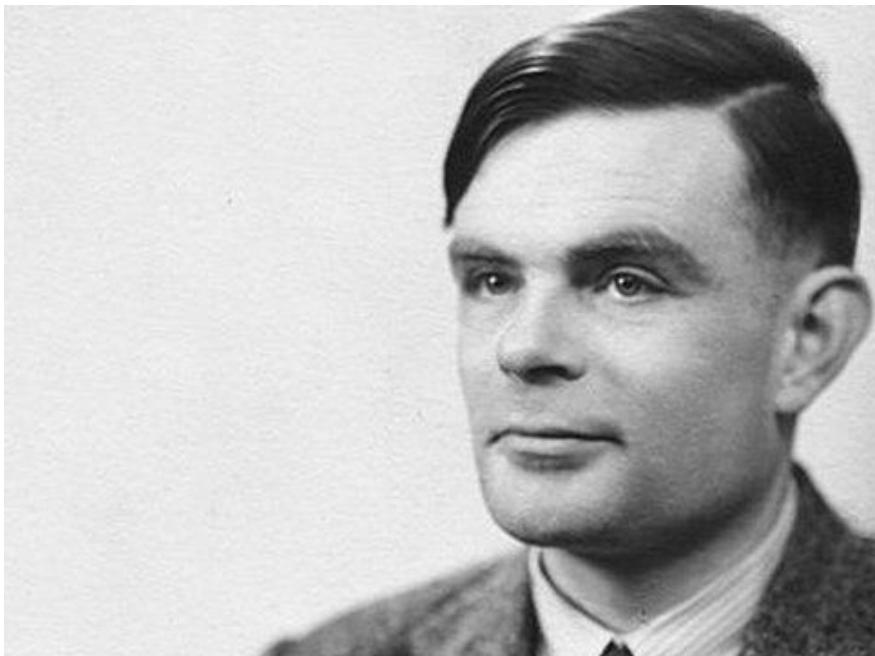
M I N D
A QUARTERLY REVIEW
OF
PSYCHOLOGY AND PHILOSOPHY

—
**I.—COMPUTING MACHINERY AND
INTELLIGENCE**

By A. M. TURING

1. *The Imitation Game.*

I PROPOSE to consider the question, 'Can machines think?' This should begin with definitions of the meaning of the terms 'machine' and 'think'. The definitions might be framed so as to reflect so far as possible the normal use of the words, but this attitude is dangerous. If the meaning of the words 'machine' and 'think' are to be found by examining how they are commonly



¿Pueden las máquinas pensar?

Diremos que una máquina es inteligente si es capaz de alcanzar capacidad de nivel humana en tareas cognitivas suficiente para burlar a un interrogador humano (A. Turing, 1950).

¿Cómo hacemos la inteligencia artificial posible?

Alternativa 1: La forma ingenua (1950s-1980s)

- Introduzcamos nuestra forma de actuar en una máquina, esto es conocido como sistemas basados en reglas, sistemas expertos o *good old-fashioned AI*.

- Lo bueno: el código de máquinas es interpretable por humanos.

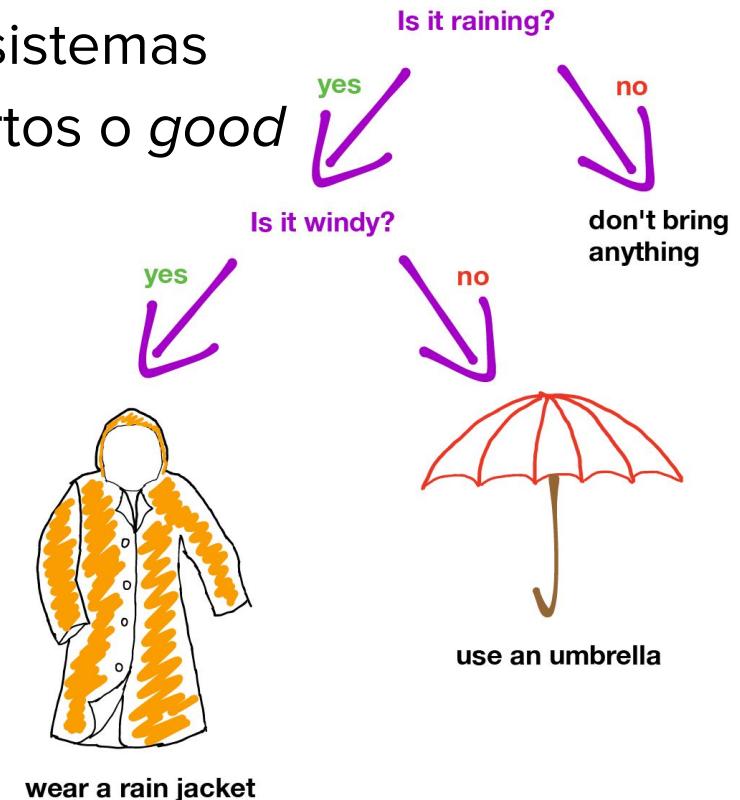
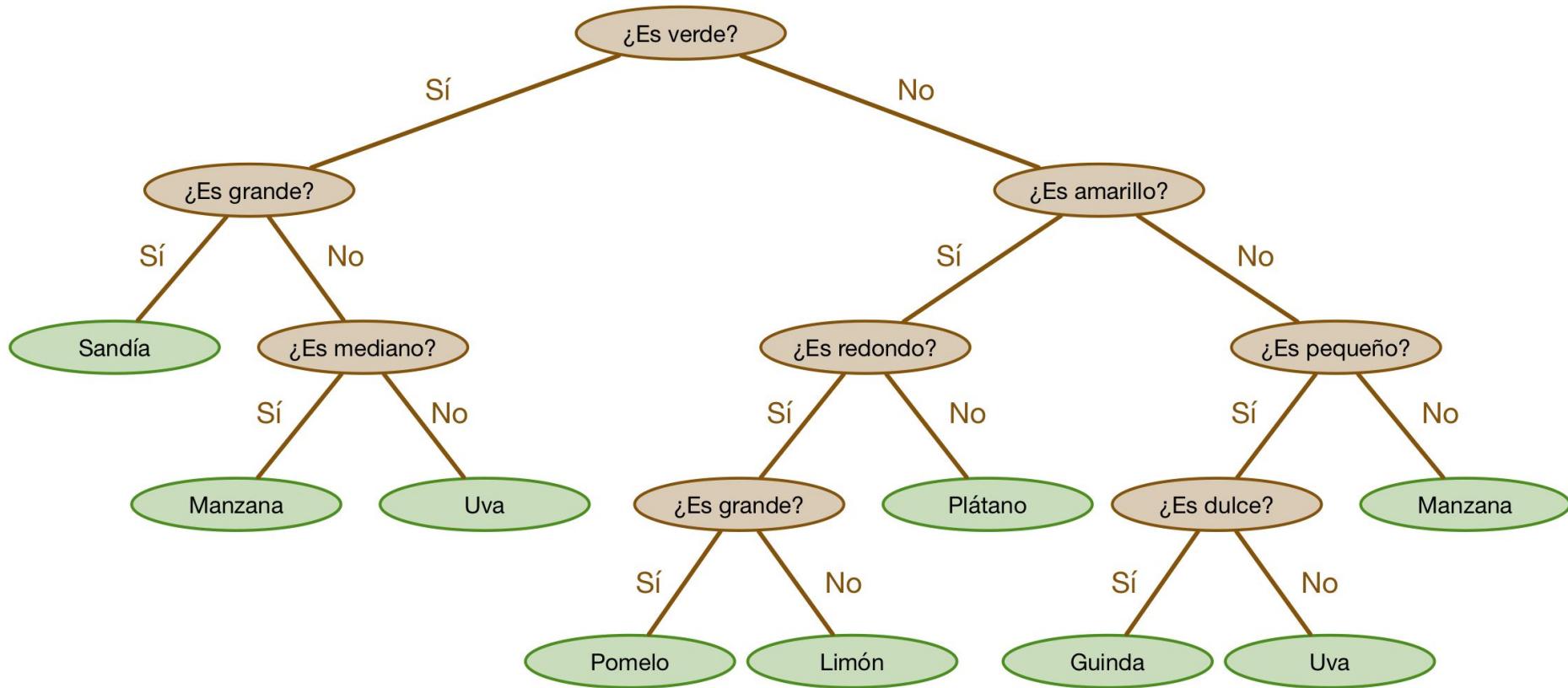


Figura tomada de <https://ml.berkeley.edu/blog/2017/12/26/tutorial-5/>

Un árbol para clasificar frutas



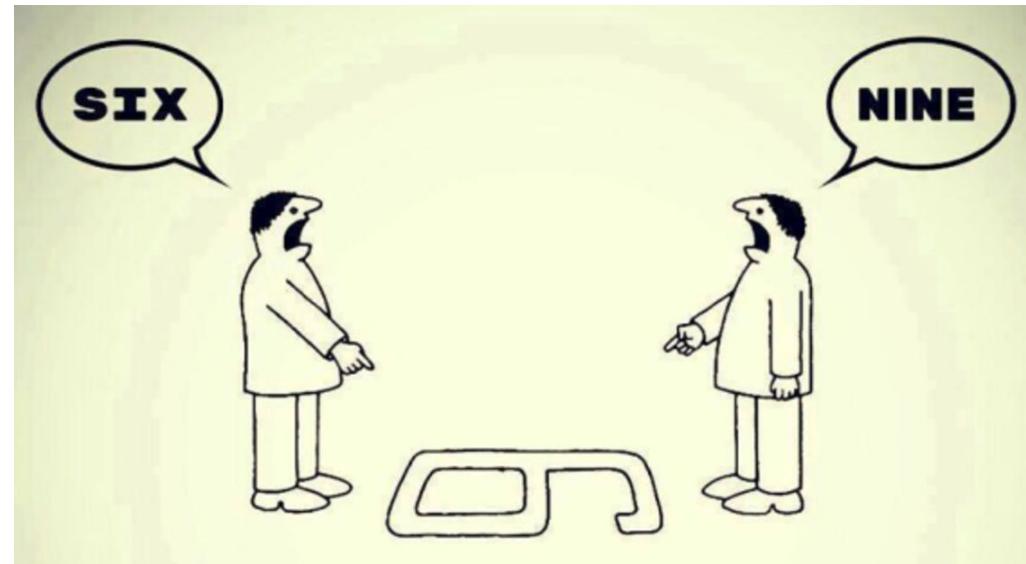
Programación clásica para jugar ajedrez: Un cálculo rápido

- Primero asumamos que sabemos jugar (relativamente bien)
- Existen aproximadamente 10^{43} posibles tableros (según C. Shannon)
- Las instrucciones tienen la forma: para tablero P mover pieza Q de la posición C1 a la C2
- Escribir 10 instrucciones/segundo, produciría 315 millones de instrucciones/año
- Toda la humanidad ($7.5 \cdot 10^9$) nos ayuda
- Necesitamos (#instrucciones) / (velocidad x #humanos) = $4.2 \cdot 10^{24}$ años programar esto
- Equivalente a la cantidad de átomos en nuestro cuerpo o 10^{15} veces la edad del universo



Más allá de los números: ¿por qué no usar sistemas basados en reglas?

- Nuestro criterio para realizar tareas cotidianas muchas veces no es “traducible” en lenguaje de máquinas: elegir una fruta, negociar una curva manejando, lanzar una pelota. Algunos son inconscientes
- La forma en que estas instrucciones están definidas está dada por con nuestra representación del mundo: diferentes representaciones del mundo van a resultar en distintas instrucciones.
- Incluso entre distintos seres humanos las políticas de acción son distintas ¡imagine las máquinas!



¿Cómo hacemos la inteligencia artificial posible?

Alternativa 2: Aprendizaje de máquinas (1980s-)

Def: dar a las máquinas la habilidad de aprender por sí mismas

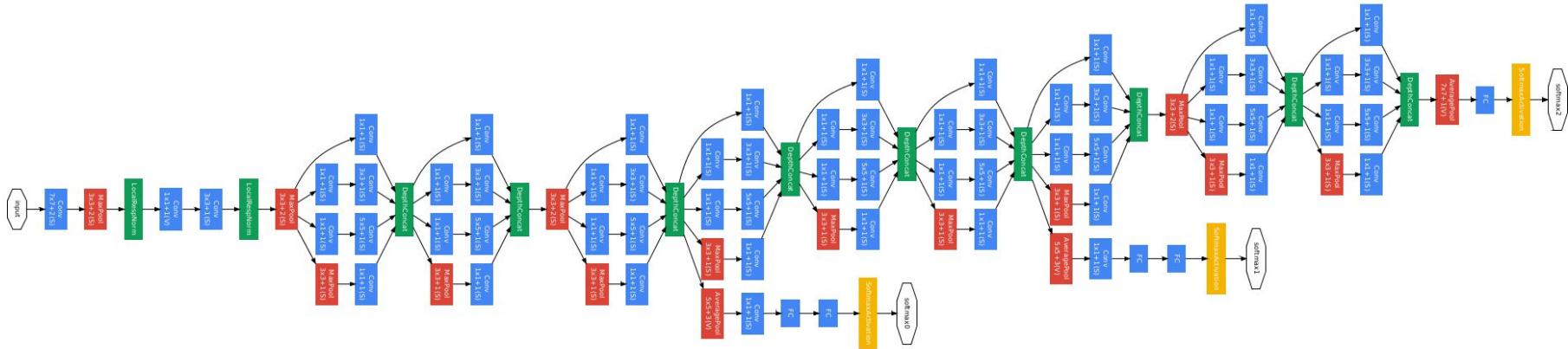
- Incitemos a la máquina a formar su propia representación del mundo de la misma forma que nosotros la construimos: explorando libremente e interactuando con el mundo mediante prueba y error.
- En AM, la máquina no se programa para *ejecutar* sino para *aprender a ejecutar*. El resultado en AM es una lista de instrucciones, diseñadas específicamente para la forma en que la máquina ve el mundo



¿Cómo hacemos la inteligencia artificial posible?

Alternativa 2: Aprendizaje de máquinas (1980s-)

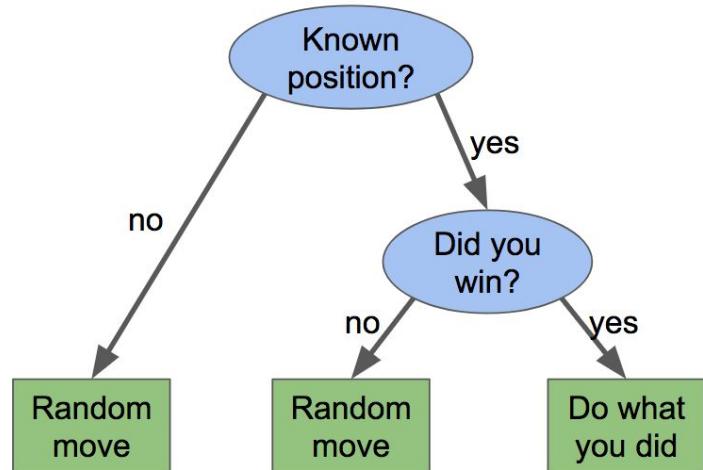
- Lo bueno: La capacidad de la máquina pareciese estar limitada por el hardware
- Lo bueno: Esto da instrumentos para estudiar el aprendizaje en general y el humano
- Lo malo: el código de máquinas ya no es necesariamente interpretable por humanos.



PROGRAMAR UN JUGADOR DE AJEDREZ MEDIANTE APRENDIZAJE DE MÁQUINAS

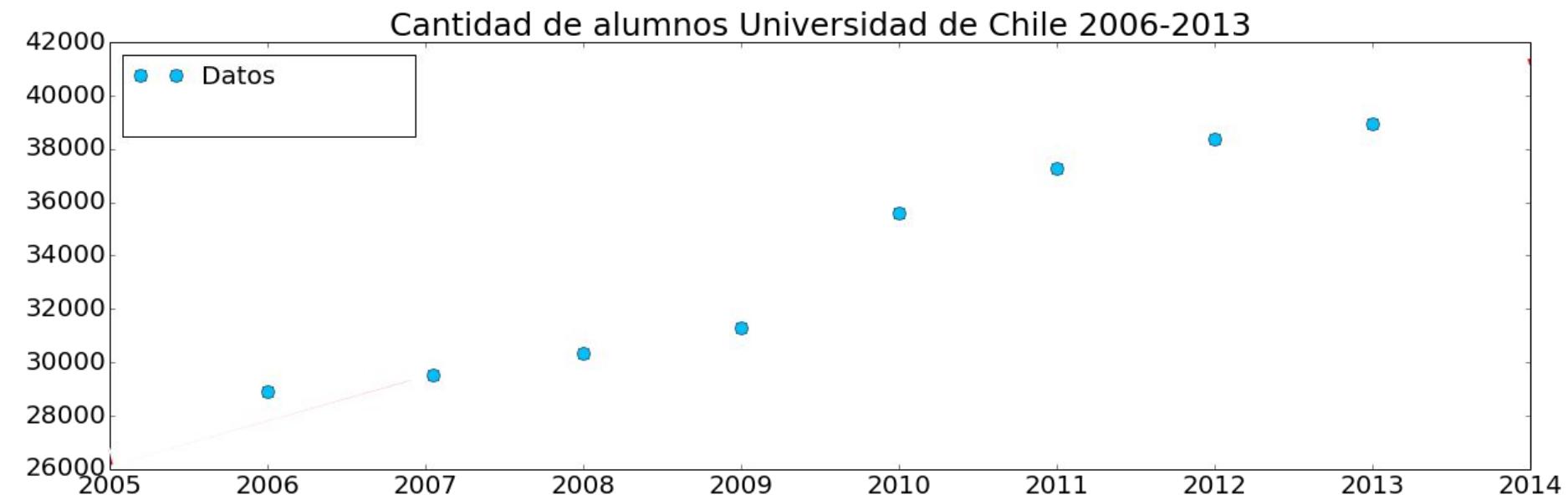
Recordemos que AM programa la máquina para aprender, no para ejecutar. Por ejemplo este

->

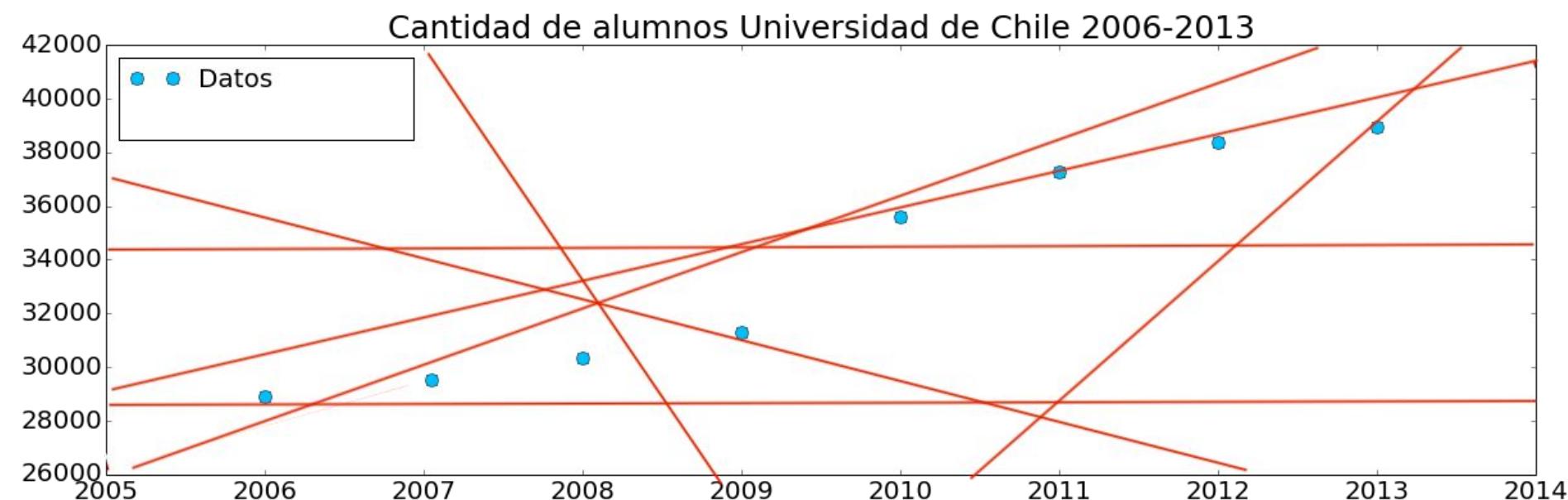


```
while playing
    trajectory = []
    for current_position not (win || lose)
        if current_position is in data_base
            if result(current_position) == win:
                move = move(current_position)
            else:
                move = random
                retrieve current_position
                trajectory.add(current_position)
        data_base.add(trajectory, current_position)
```

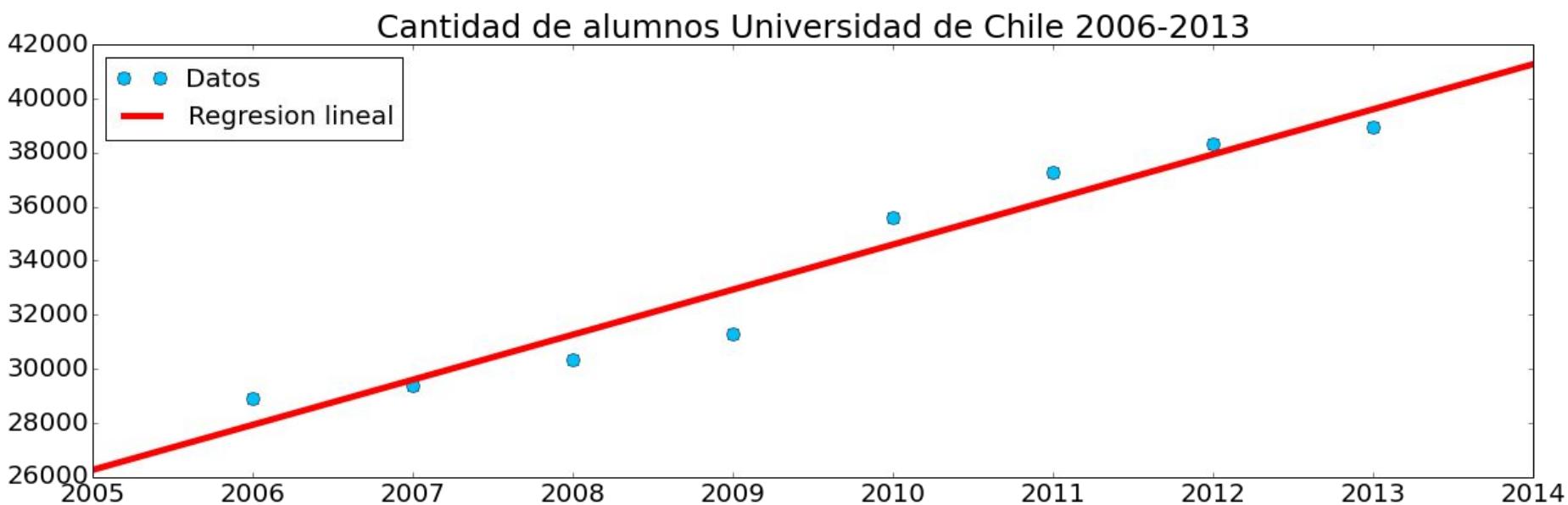
Aprendizaje de máquinas parece tener que ver
con aprender patrones
(dentro de un espacio de patrones pre-definido)



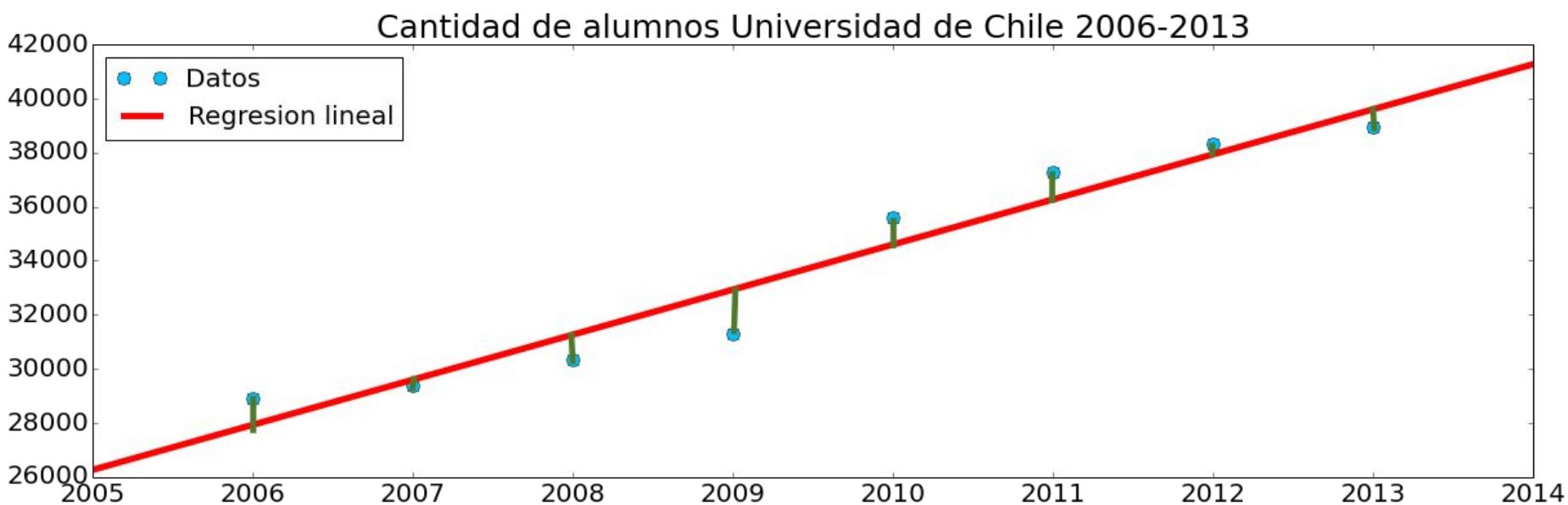
Aprendizaje de máquinas parece tener que ver
aprender patrones
(dentro de un espacio de patrones pre-definido)



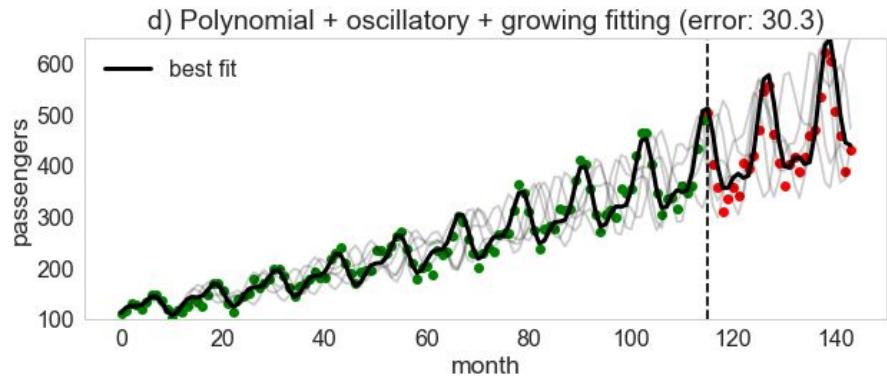
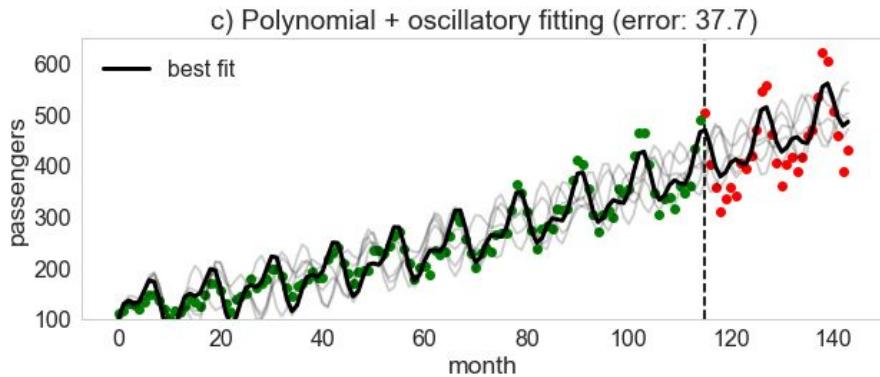
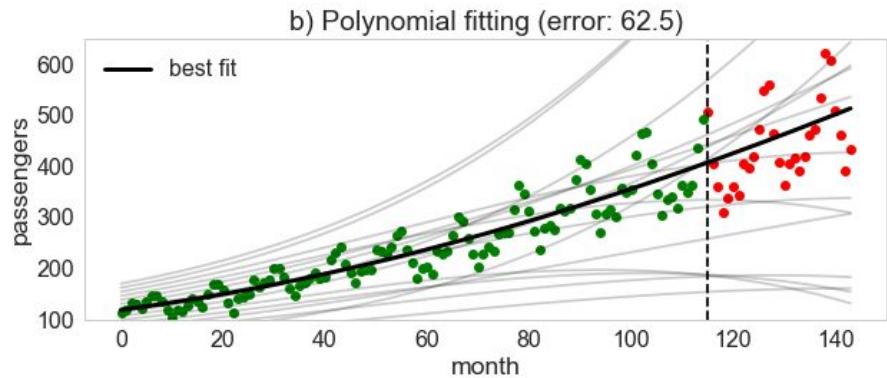
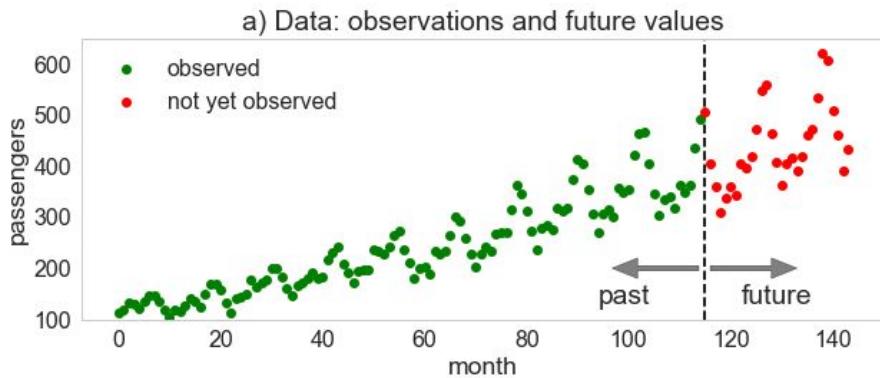
Aprendizaje de máquinas parece tener que ver
aprender patrones
(dentro de un espacio de patrones pre-definido)



Aprendizaje de máquinas parece tener que ver
aprender patrones
(dentro de un espacio de patrones pre-definido)



Un ejemplo más interesante: Espacios de complejidad creciente



Modelos más expresivos mediante construcciones jerárquicas

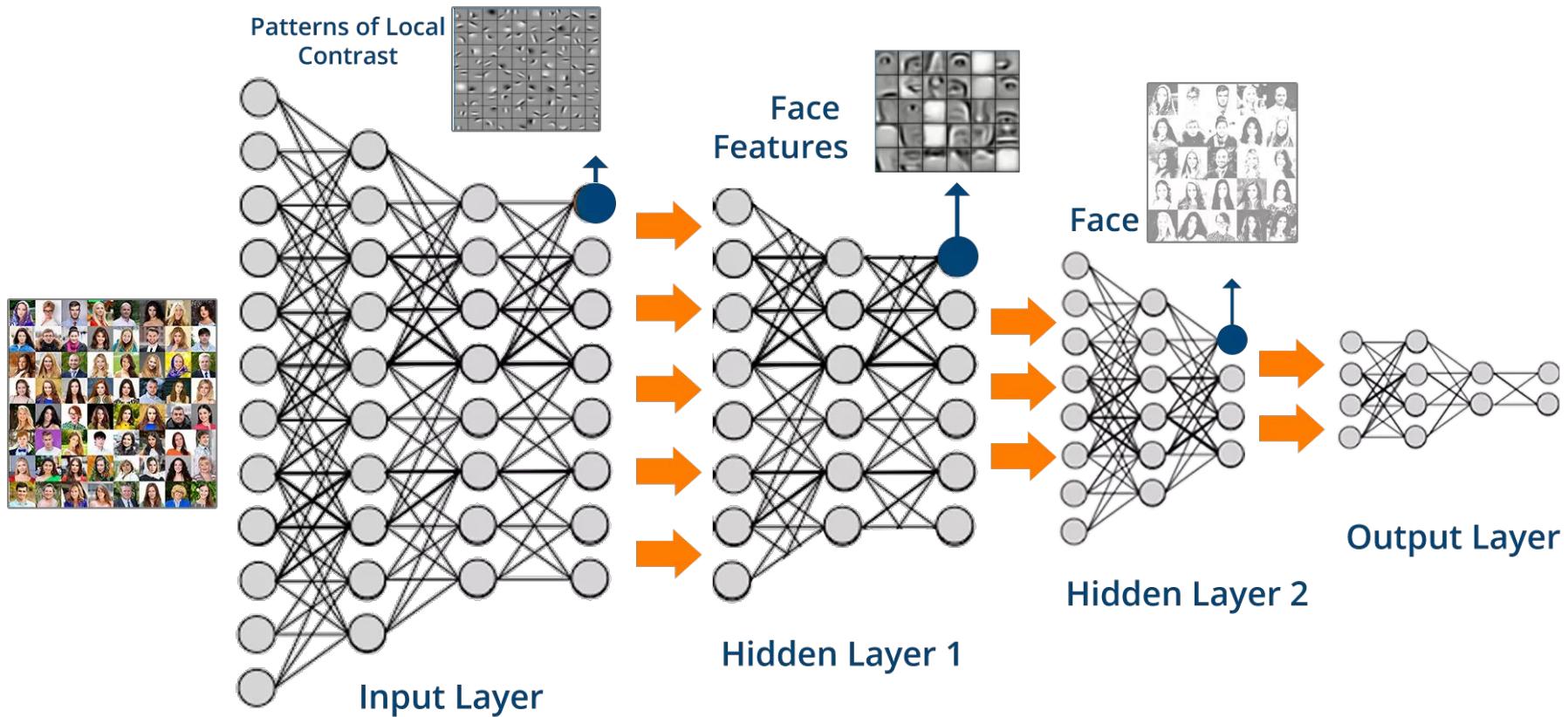
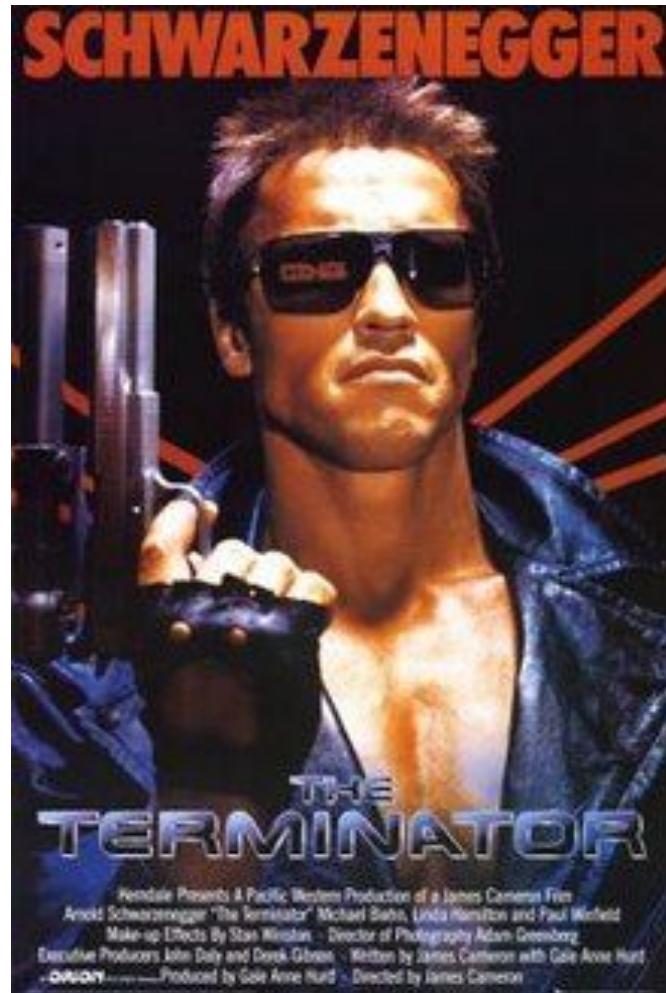


Imagen tomada de: <https://cdn.edureka.co/blog/wp-content/uploads/2017/05/Deep-Neural-Network-What-is-Deep-Learning-Edureka.png>

¿Qué puede salir mal?



Inteligencia Artificial: Desafíos abiertos

- **Alfabetismo tecnológico:** Educar al público en la diferencia entre IA, AM, automatización y otras tecnologías.
- **No matar una hormiga con una bazuka (te puede salir el tiro por la culata):** Confiar en la herramientas estándar de estadística, optimización y reconocimiento de patrones pueden ser más que suficientes para muchos proyectos de data science.
- **Justicia en IA:** En cuanto a los desarrollos de IA y sus aplicaciones, cómo aseguramos que éstos (arraigados en la Academia) pueden ser para todos y no para solo unos pocos.
- **Investigadores:** Acercarse a la industria, el sector público y otras ciencias, balancear la teórico y práctico, y asegurar interdisciplinariedad.
- **Universidades:** Taxonomía del conocimiento es circunstancial, avanzar con los tiempos requiere reformular el currículo.



Reflexión

El AM, como motor de la IA, es un cambio de paradigma científico (no esotérico) y como tal debe ser avanzado y explotado para nuestro beneficio. Las consecuencias de la IA pueden tener un impacto sin límite, por lo que debemos ser responsables al respecto y aprovechar estos avances.



Inteligencia Artificial

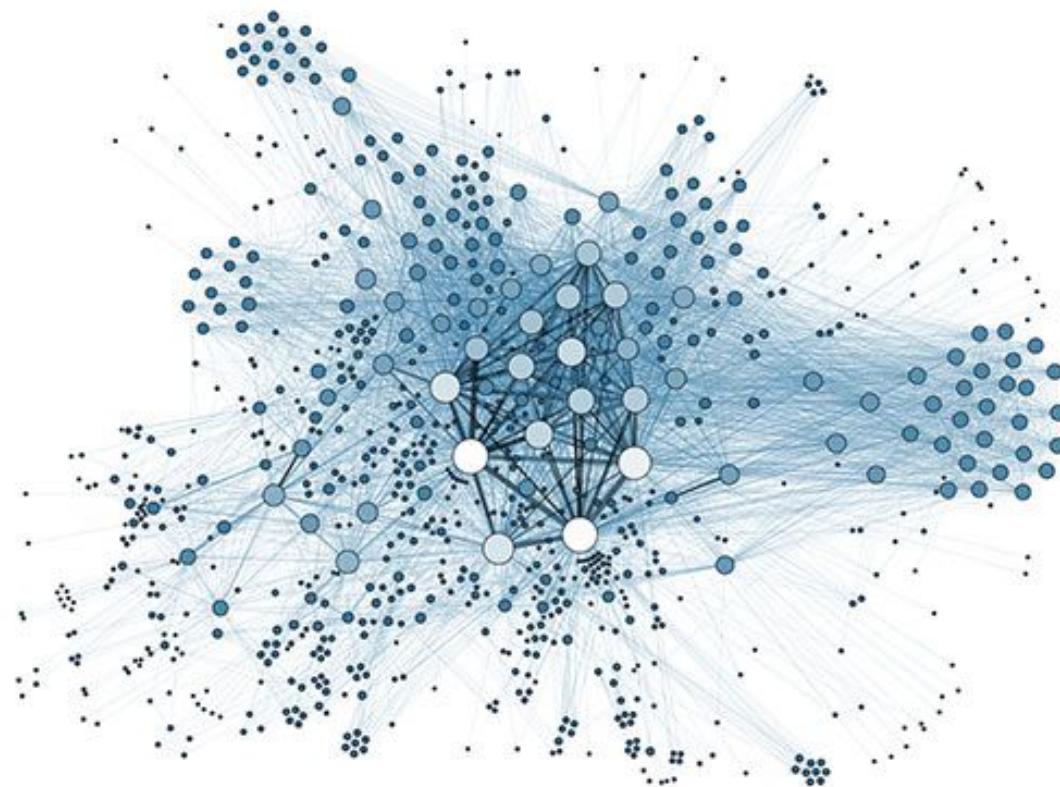
Una introducción

Centro de Modelamiento Matemático: Data Science

>>Felipe Tobar
>>Centro de Modelamiento Matemático
>>Universidad de Chile

Plan de la charla

- Breve introducción al CMM
- Historia y descripción de CMM-Data
- Mención a algunos proyectos representativos históricos y recientes
- Descripción de los desafíos nuevos en los que nos estamos embarcando



Centro de Modelamiento Matemático

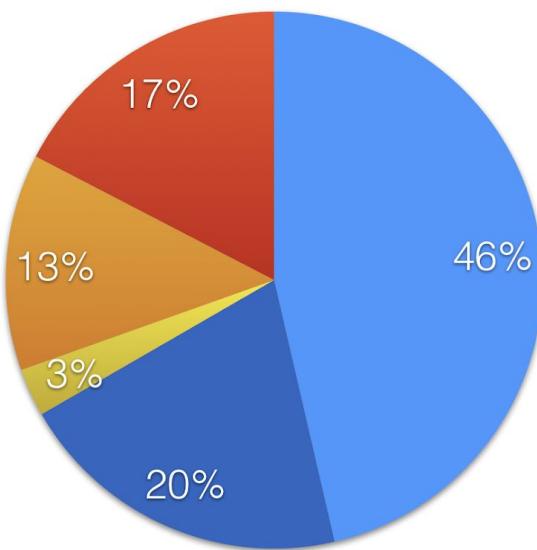
La misión del centro es crear y utilizar matemáticas para resolver desafío que tienen su génesis en otras disciplinas científicas, el sector industrial y las políticas públicas.

El objetivo del centro es desarrollar ciencia al más alto nivel, lo cual también guía sus esfuerzos en investigación aplicada, proyectos industriales y educación

Nuestra visión del CMM es que es **un centro de excelencia de clase mundial de investigación y enseñanza avanzada de matemáticas aplicadas**, reconocido internacionalmente como una plataforma de modelamiento matemático con un impacto profundo en innovación.

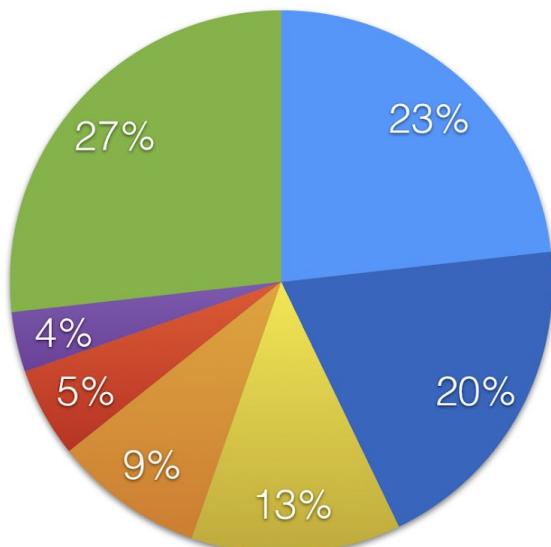
CMM - ¿Quiénes somos?

69
investigadores



- U. Chile
- U. Concepción
- CNRS
- CMM-Scientists
- Postdocs

57
profesionales



- Mathematical Engineering
- Computer Science
- Natural Resources and Life Sciences
- Electrical Engineering
- Other Engineering
- Physical Sciences
- Education & Social Sciences

CMM - Investigación fundamental

- Matemáticas discretas
- Mecánica matemática y problemas inversos
- Análisis no lineal y ecuaciones diferenciales parciales
- Análisis numérico
- Optimización y equilibrio
- Procesos estocásticos, teoría ergódica y modelamiento estocástico

CMM - Investigación aplicada

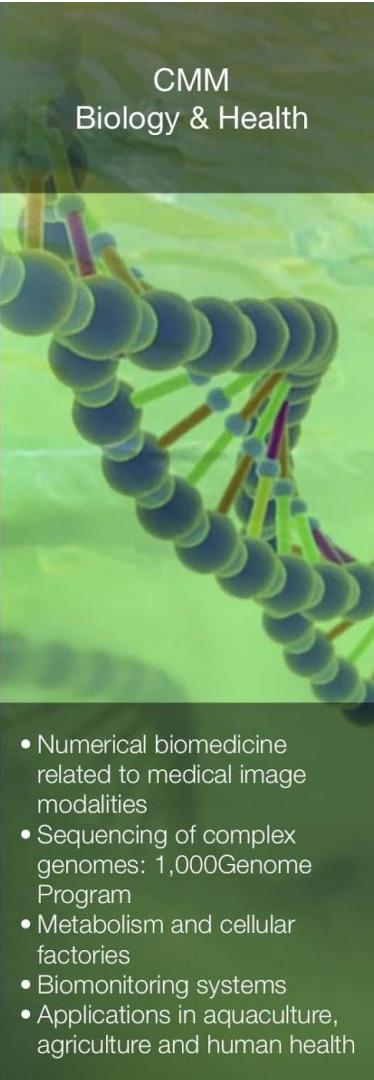
CMM
Mining



CMM
Resource Management



CMM
Biology & Health



CMM
Mathematical Education



CMM
Data & HPC



- Real-time mining
- Leaching and bioleaching
- Deep underground mining
- Open pit mining
- Prediction models of landslides and slope collapses
- New technology for tailing
- Rock masses study by seismic waves

- Health and hospital management
- Energy efficiency in transportation
- Bioprocesses
- Resources allocation for the public schools system
- Seismic sensors optimal distribution
- Energy and telecommunications pricing strategies

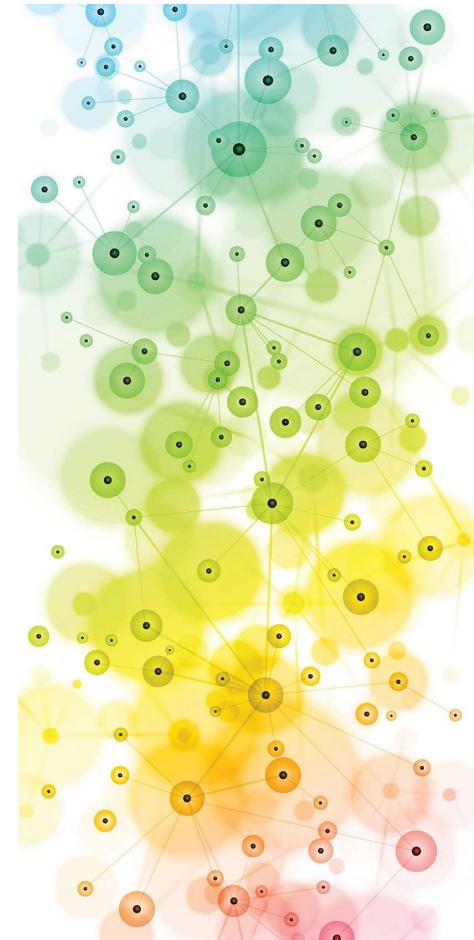
- Numerical biomedicine related to medical image modalities
- Sequencing of complex genomes: 1,000Genome Program
- Metabolism and cellular factories
- Biomonitoring systems
- Applications in aquaculture, agriculture and human health

- Training of pre-service elementary school teachers in mathematics
- Technology based model for teachers professional development
- Development of problem-solving teaching methods for the classroom

- Network of HPC: Leftraru serves national community
- Marketing Analytics
- Risk management
- National service for fishing
- Astroinformatics
- Meteorological service
- Multiple ministries: MTT, MOP, Ministry of Health

Descripción del grupo CMM-Data

- Desde sus comienzos la actividad del CMM ha estado ligada fuertemente al análisis de y **modelamiento basado en datos**
- En 2018 **CMM-Data** se consolidó como **área estratégica** propia del centro, con el propósito de:
 - Coordinar esfuerzos dentro y fuera del CMM
 - Detectar oportunidades y atraer proyectos
 - Definir áreas de aplicación estratégicas
 - Impulsar actividades “blandas”, formación continua y extensión
 - Fortalecer investigación básica en temas afines
- Enfoque **multidisciplinario**, conjuga tres aspectos clásicos de DS:
CS-IT-HPC / Matemáticas-estadística / Dominio experto
→ estadística, aprendizaje de máquinas, proc. señales, modelos probabilísticos, NLP, IA, optimización, visualización, HPC



Algunos proyectos representativos

- 1) **Bioinformática (2003+)**: secuenciamiento del genoma del salmón del atlántico, FastWine
- 2) **Astroinformática (~2010+)**: uso de herramientas de data en nueva generación en astronomía
→ detección temprana de supernovas
- 3) **NoiseGrasp (2014+)**: “joint venture” con startup chileno en optimización del mix de medios en marketing
- 4) **NLHPC**: National Laboratory for High Performance Computing
- 5) **Mutual de Seguridad (2016-2017)**: predicción de riesgo ocupacional
- 6) **U-Planner (2017-2018)**: algoritmo de predicción de demanda para cursos individuales en instituciones de educación superior



Proyectos en curso

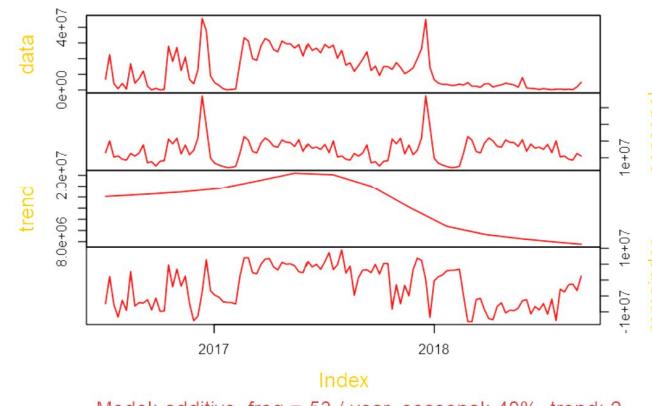
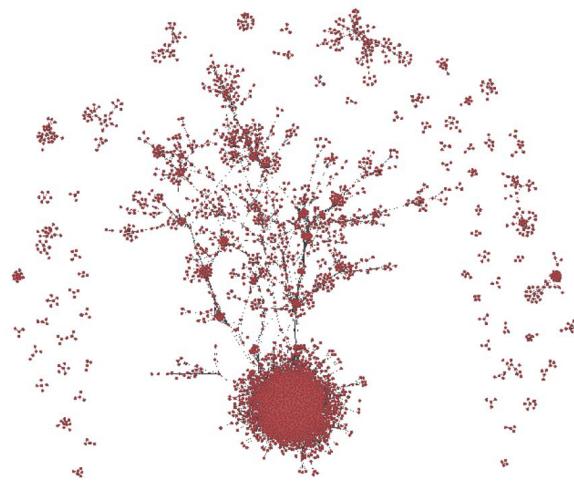
Grupo Falabella

f. . .

Interés del grupo de establecer una colaboración de largo plazo a nivel del grupo, como socios de su área de analytics.

Tres proyectos por ahora:

- **Sodimac:** detección de “proyectos” en base a historial de compras y compras actuales de un cliente
 - **Banco Falabella / CMR:** detección de fraude en transacciones financieras
 - **Falabella retail:** alocación y segmentación de productos para ventas en tienda vs ventas a distancia



Colaboración CMM / LEXEN

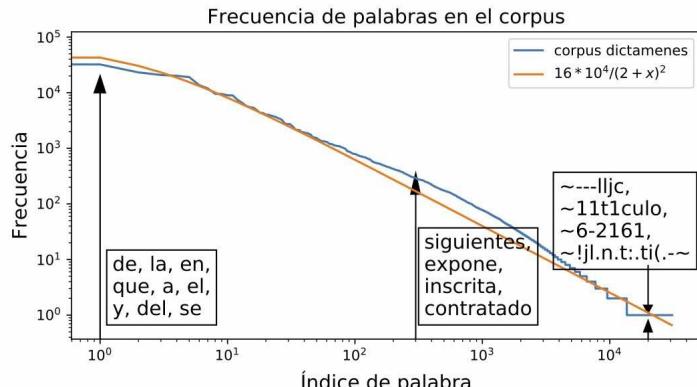
- LEXEN es un centro interfacultad de **derecho y economía y negocios** de la U. de Chile.
- Foco en **procesamiento de lenguaje natural** para analizar dictámenes y sentencias, por ejemplo, de la CMF.



FACULTAD DE DERECHO
UNIVERSIDAD DE CHILE



CMM
Center for
Mathematical
Modeling



Tópico	Palabras por tópico
Tópico (0)	contrato término contratos vigencia renovación comunicación carta vigente diciembre terminación cláusula conforme
Tópico (1)	estatutos sociales modificación relación social aprobación modificaciones reglamento cuanto puede acuerdo segundo
Tópico (2)	sociedades anónimas normas abiertas aplicables disposiciones inciso aplicable especiales consecuencia establece legales
Tópico (3)	seguro póliza cobertura asegurado condiciones contratación compañía prima según momento propuesta aseguradora
Tópico (4)	acuerdo resolución exenta noviembre mediante araucana entidad enel caja encuentra familiar reorganización

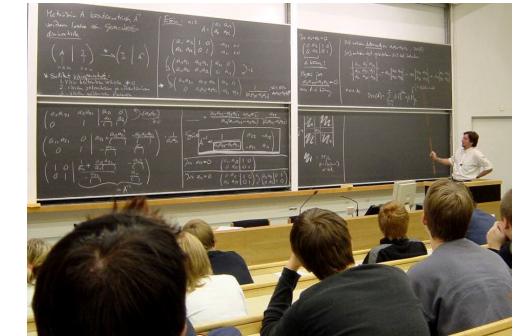
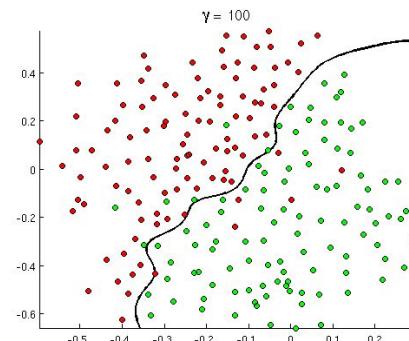
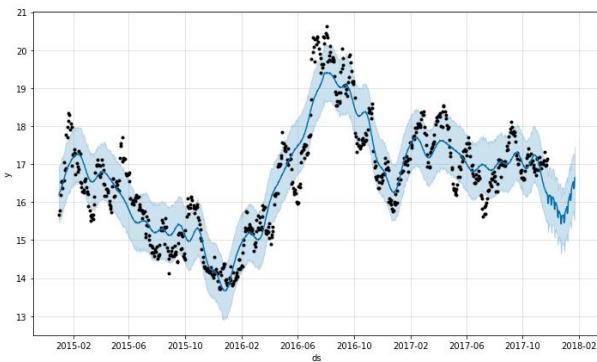
Original	Sugerencia
0 valr	valor
1 ltu	tu
2 oford	nord
3 ecedentes	cedentes
4 instruye	instituye
5 reincorporacin	reincorporación
7 sgd	sgc
8 ode	de
9 superintendenjia	superintendencia
10 fcomuna	comuna
11 reg	re
12 it	i
13 djuntu	junta
14 seal	sea
15 afp	a
16 ilabitat	habitat
18 incurrieron	concurrieron
19 errbr	error
21 previsionalld	previsional
23 iue	que
24 sta	esta

BancoEstado Microempresas

- BE microempresas utiliza métodos de análisis de datos para cumplir sus requerimientos de cobertura de clientes y de rentabilidad del período.
- Bases de datos masivas: regresión (de ventas y costos) y clasificación (de perfiles de clientes).
- Proyectos:
 - Corrección de **sobre- y sub-ajuste** de modelos en predicción de flujos financieros de sus clientes.
 - Determinación de “**área gris**” en la clasificación de clientes, cuantificar cuán indecidible es el problema y cuán flexible son los modelos considerados
 - **Capacitación** del grupo de Data Science dentro del banco: programación científica, estadística, aprendizaje de máquinas

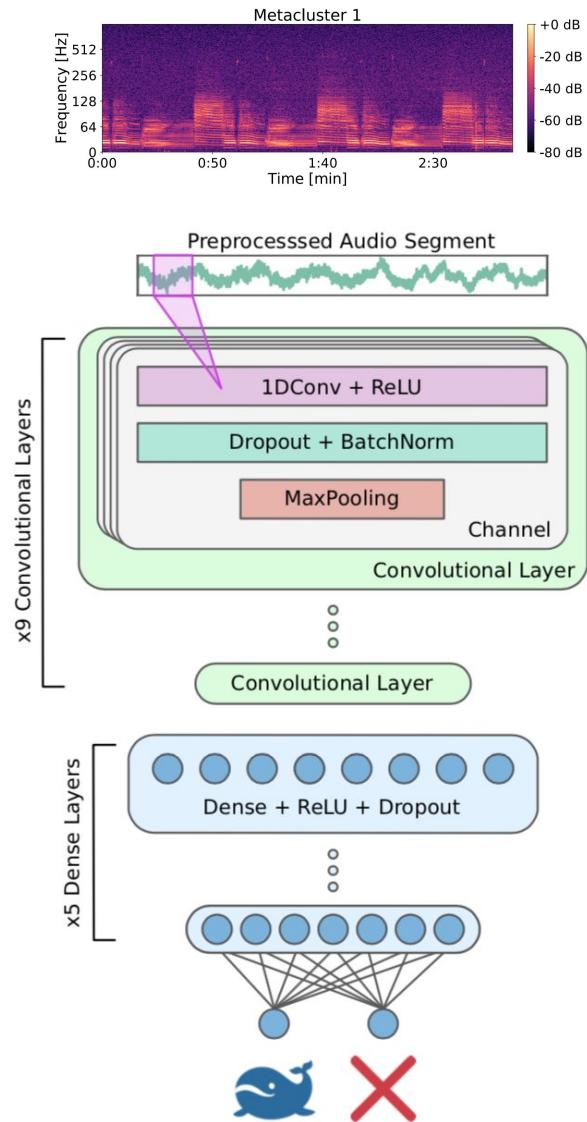
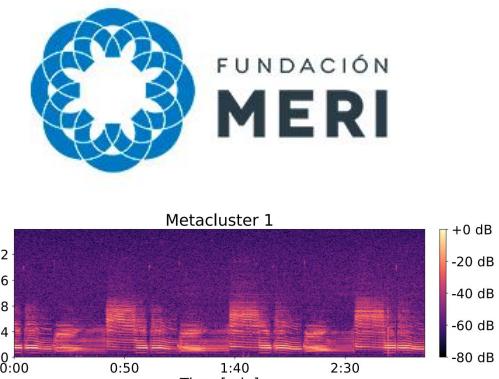
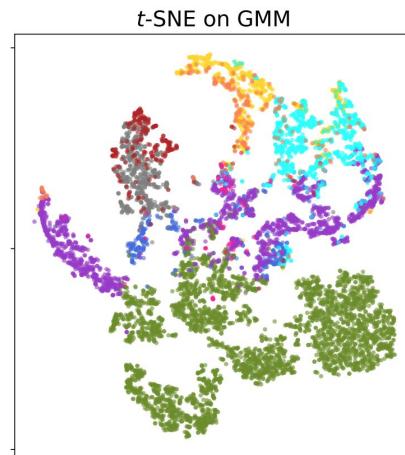


BancoEstado®
MICROEMPRESAS



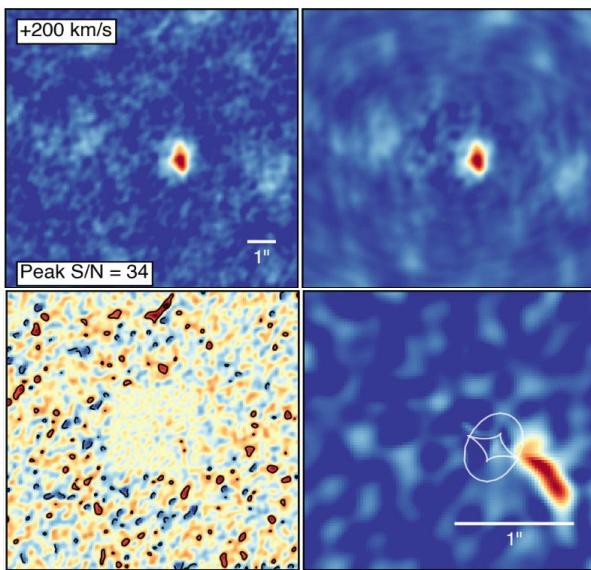
Fundación MERI - detección de cantos de ballenas

- Fundación dedicada a **conservación y manejo sustentable** de ecosistemas
- Proyecto en curso con el CMM dedicado a la **detección y clasificación de cantos de ballenas azules** a partir de audio submarino
- Desafío: datos pobemente etiquetados → aprendizaje no supervisado
- Objetivo: asistir al etiquetado experto, segmentar tipos de audio, detectar ballenas



ALMA

- Calibración automática de datos obtenidos por ALMA no logra detectar algunas anomalías
- Estos deben ser revisados manualmente por expertos que deben corregir de forma heurística
- Alto costo dado el volumen de datos generados
- Desafío: usar algoritmos de machine learning para **detectar anomalías** que escapan al proceso automático de calibración



Proyectos en etapa exploratoria

Clasificación de imágenes satelitales y geológicas

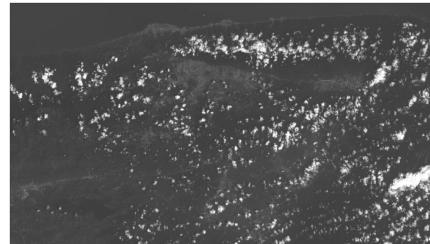
Objetivo: Detectar información composicional de imágenes

Datos: imágenes hiperespectrales (de alta dimensión) con escasas etiquetas

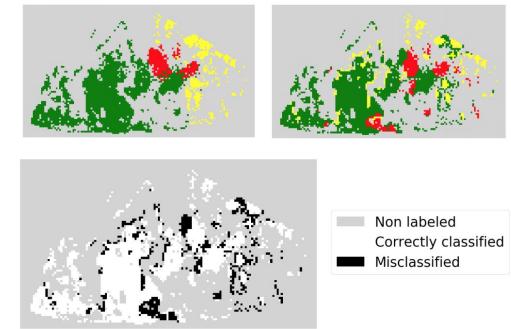
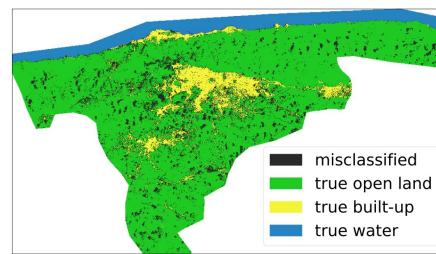
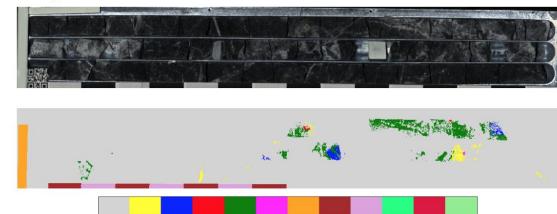
Desafío: definir una métrica de evaluación en dos estudios de caso

[3] M. Campos, R. Lara and F. Tobar, "Classification of hyper-spectral images: Detecting land use and mineral composition," IEEE EVIC, 2017 (2nd best poster award)

**Case study 1:
Use of land**



**Case study 2:
Mineral composition**



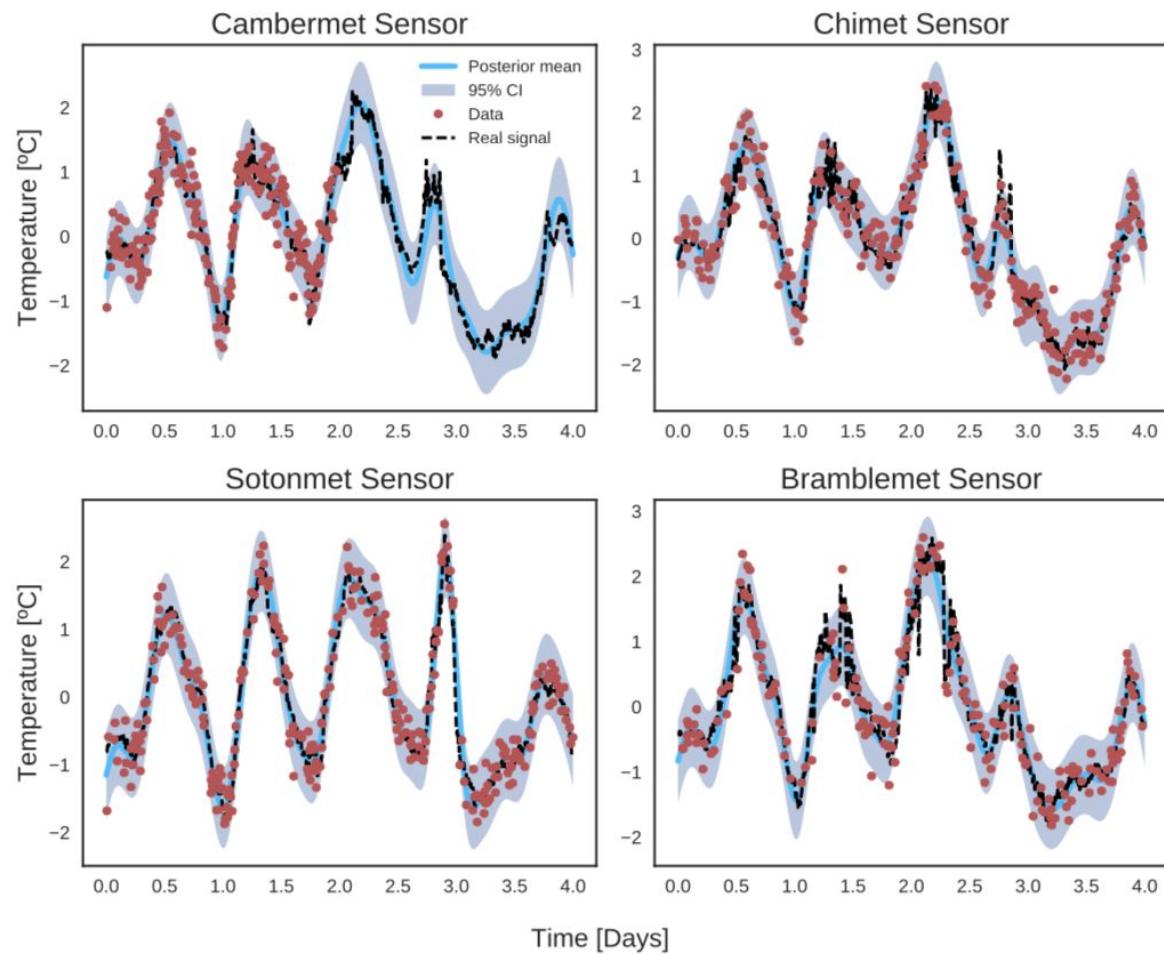
Reconstrucción de múltiples sensores

Objetivo: Reconstruir las mediciones de un sensor fallido (dentro de una red de sensores)

Piloto: mediciones de temperatura mediante cuatro sensores, falla simulada

Extensiones: sensores inerciales, curvas de luz, electroencefalograma, composición de minerales

G. Parra, and F. Tobar, "Spectral mixture kernels for multi-output Gaussian process," NIPS, 2017

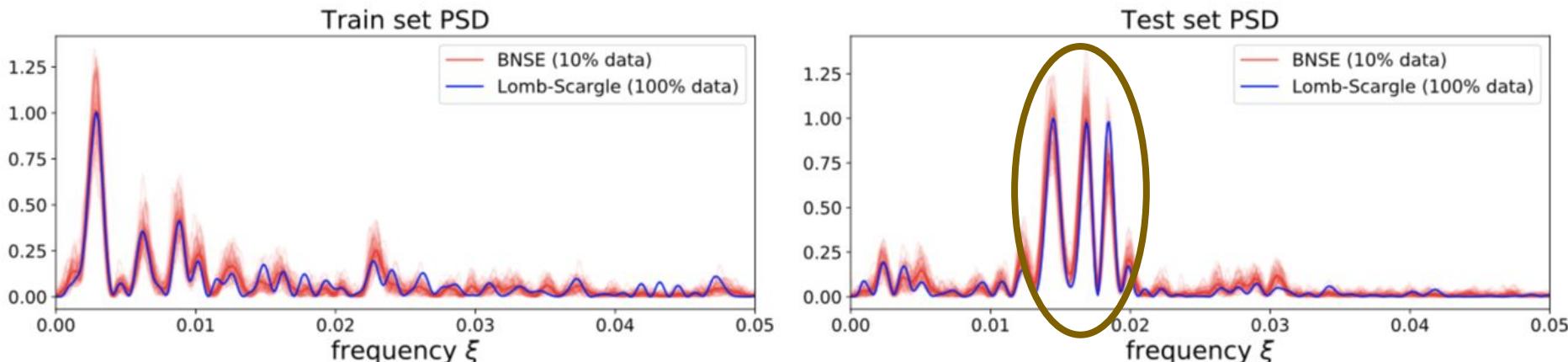


Detección de vibraciones en escenarios realistas

Objetivo: Detectar patrones de vibración cuando las observaciones están corruptas

Piloto: Serie temporal de frecuencia cardíaca, datos limpios para entrenamiento (izquierda), datos sucios para validación (derecha)

Extensión: mediciones sísmicas, curvas de luz, detección de fallas



Detección de obesidad usando consumo de comida

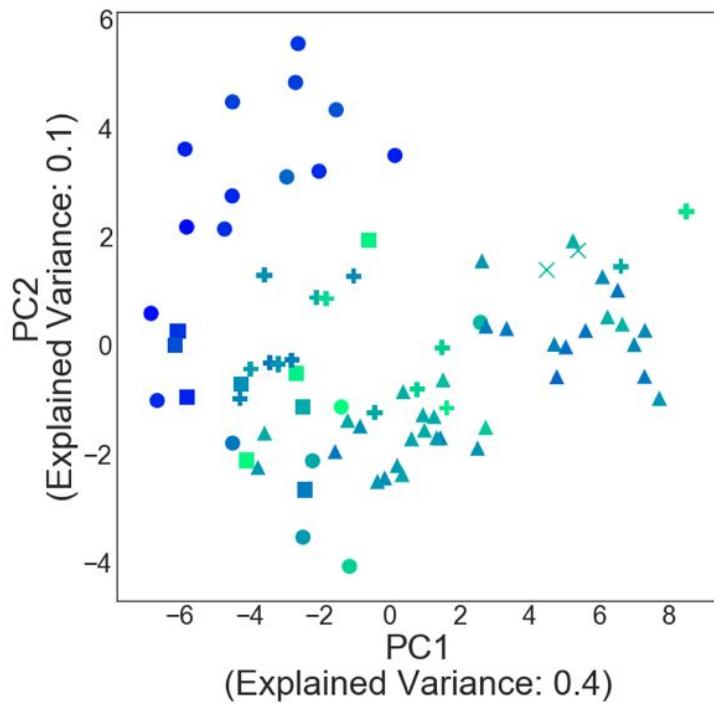
Contexto: La obesidad es una enfermedad crítica en nuestra sociedad y muy difícil de medir

Hipótesis: La obesidad puede ser aproximada usando información de compras de comida a nivel país

Métodos: Un ensamblaje de modelos de regresión

Clave: registros de comida están disponible y su costo marginal es nulo

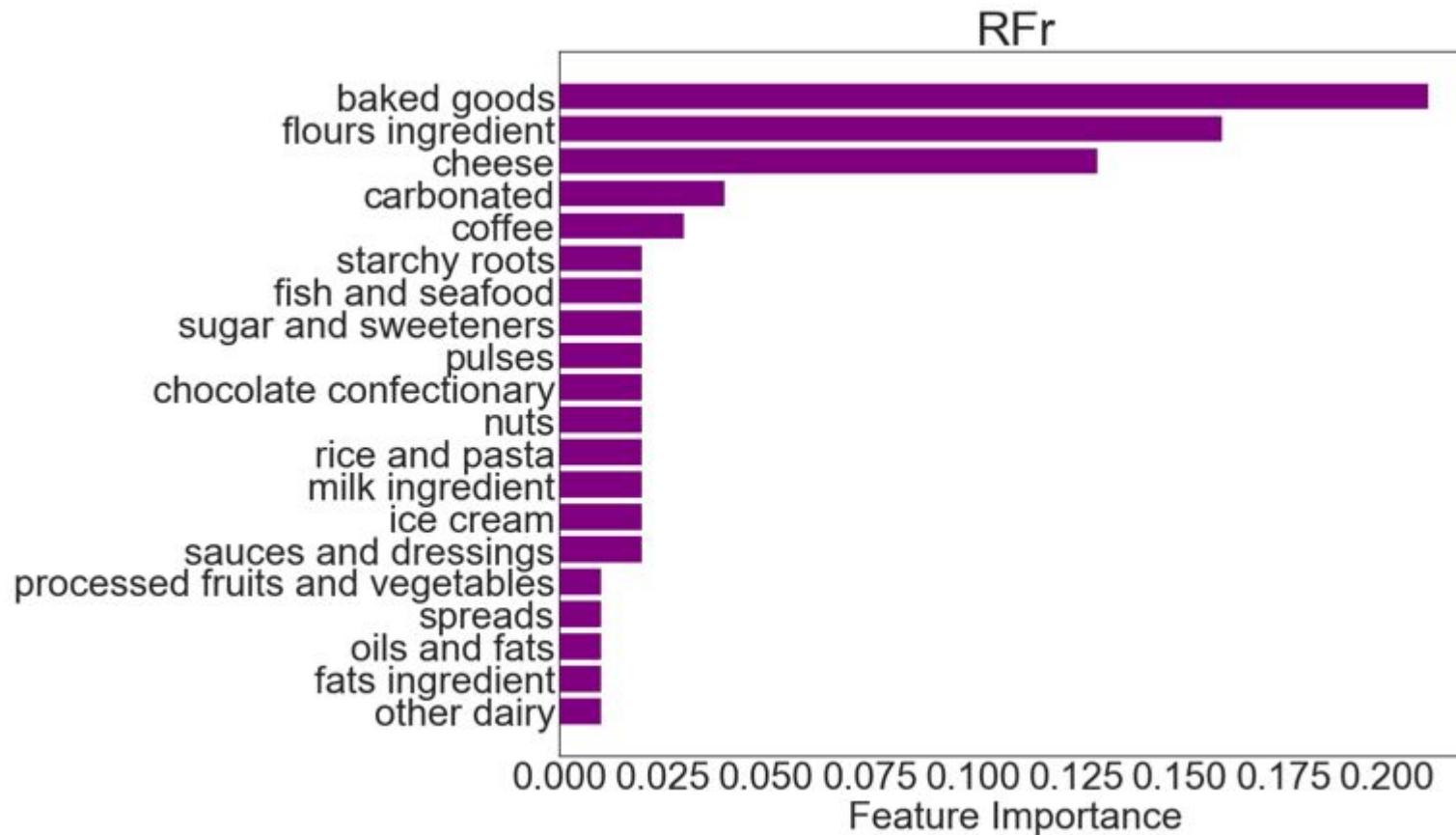
Reducción de dimensionalidad de patrones de consumo de comida, codificados por color en función de su obesidad



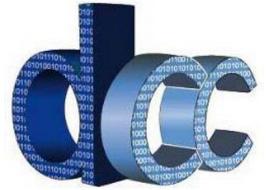
Asia (disk), Africa (square), America (+), Europe (triangle), and Oceania (x)

Detección de obesidad usando consumo de comida

Importancia relativa de cada alimento en la predicción de obesidad



Detección de términos relevantes en redes sociales

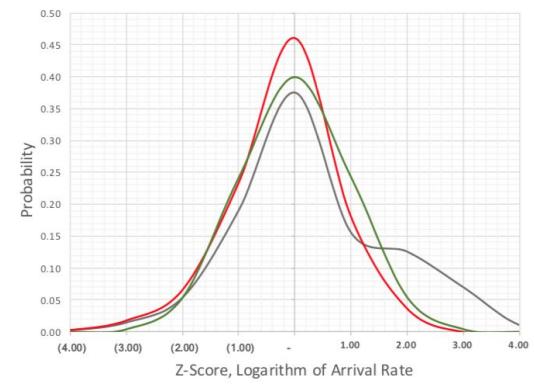
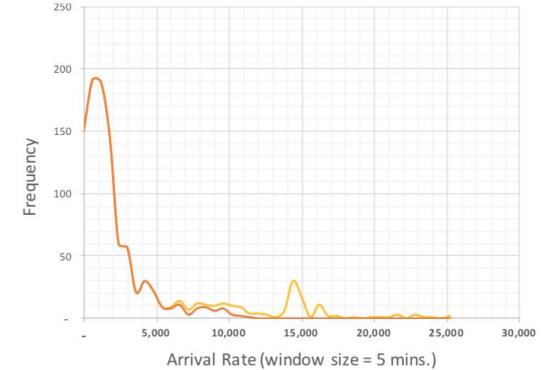
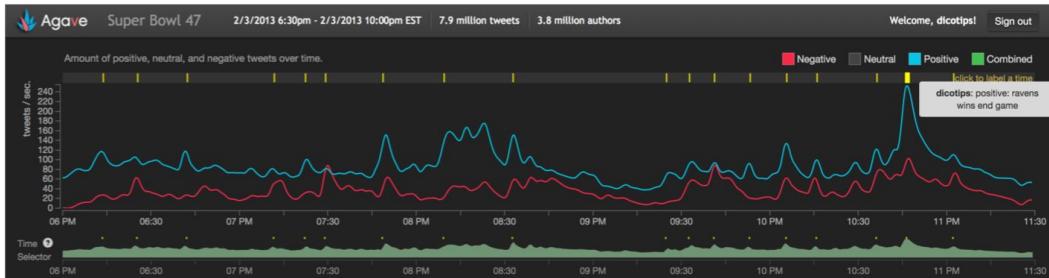


Redes sociales como proxy para información de eventos: terremotos, tiroteos, marketing, etc

Desafío: Evaluación estadística requiere supuestos distribucionales

"Normalizar" observaciones

Resultados prometedores con transformaciones básicos con respecto al estándard



[9] B. Poblete, J. Guzmán, J. Maldonado,, F. Tobar, "Online Social Signal Burst Analysis for Emerging Event Detection and Description". *IEEE Transactions on Multimedia*, 2018

Otras iniciativas

- **Diplomados CMM en Data Science** (proyectado 2020/02)
- **CMM Data Days:** serie de charlas y discusiones para público general en temas de data science aplicada. Primera versión exitosa en octubre 2019 en **data en salud** (más de 150 asistentes)
- **Escuela de Data Science** (proyectada octubre 2020): par de cursos avanzados por expertos de primer nivel (público Chile y latinoamérica)
- **Cursos externos:** Dos cursos de (20hrs, 20 alumnos c/u) sobre machine learning y computación científica en CEPAL y uno de ML (30hrs) en BancoEstado.



CMM DATA: Matemáticas que descifran los datos

El Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile suma una quinta área estratégica. Esta vez, enfocada en el desarrollo de tecnología de avanzada que permita extraer información desde los datos para resolver problemas claves para la sociedad, la industria, las políticas públicas y otras ciencias.

En los últimos años, el mundo está asistiendo a una revolución de los datos. Gracias a la mayor disponibilidad de datos, avances en la capacidad computacional y el desarrollo de métodos que explotan su potencial para explicar fenómenos

el crecimiento del supercomputador más potente del país en 2014, el desarrollo de soluciones en inteligencia artificial y la creación misma año o la formación del grupo de trabajo de la Sociedad Chilena de Matemática, Inferencia y Señales (Gemas), por expertos nacionales,

diferencia su capacidad de modelamiento, además. Porque hay una batería de técnicas, de métodos y de algoritmos que se usan en un problema. Pero lo que diferencia es que ese problema y ese modelo, que es una fase previa a parallel

