

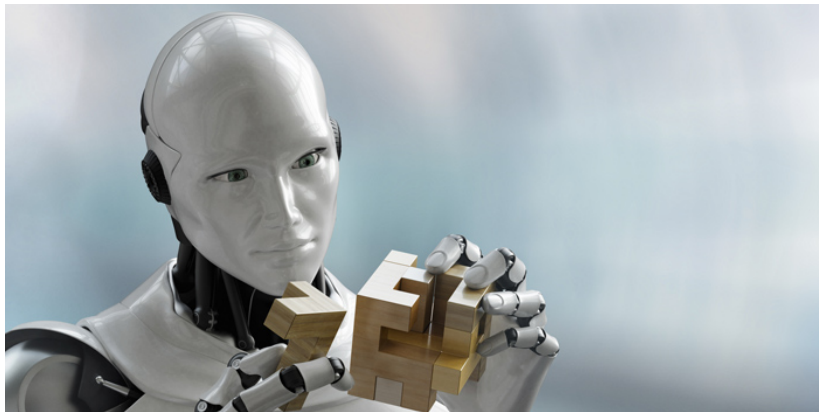
# Motivación

## Lección 01

Dr. Pablo Alvarado Moya

CE5506 Introducción al reconocimiento de patrones  
Área de Ingeniería en Computadores  
Tecnológico de Costa Rica

II Semestre, 2019



AEM, 2016

# Contenido

## 1 Definiciones

- Aprendizaje automático y reconocimiento de patrones

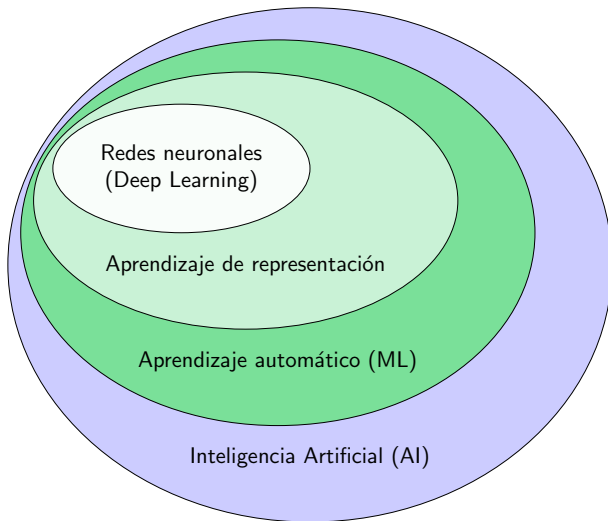
## 2 Motivación

# Definiciones

- **Ingeniería**: Reconocimiento de patrones **PR**
- **Ciencias de la Computación**: Aprendizaje automático **ML**
- Dos caras de la misma disciplina
- ML: enfatiza el aprendizaje
- PR: enfatiza la detección de estructuras
- Algunos autores consideran ML una subárea de PR:
  - PR cubre métodos “manuales”, sin aprendizaje
- Otros autores consideran PR una subárea de ML:
  - PR solo lidia con detectar estructuras en datos o en estímulos sensoriales, pero hay otras tareas

# Relación entre áreas afines al Aprendizaje Automático

Goodfellow, 2016



# Definición de Aprendizaje Automático

Arthur Samuel (1901–1990), IBM

## Aprendizaje automático según A. Samuel en 1959

El aprendizaje automático es el campo de estudio que otorga a un computador la habilidad de aprender sin ser programado explícitamente.



- 1952: Programa de damas, primero capaz de aprender

# Hitos recientes



1997 IBM DeepBlue



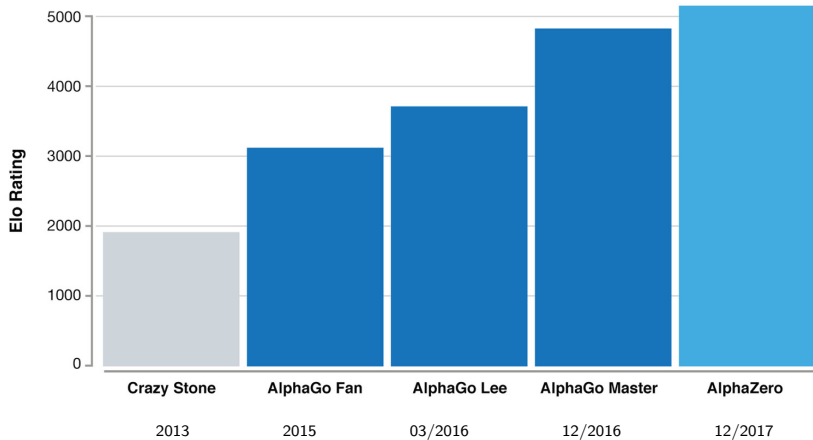
2011 IBM Watson



2015 DeepMind AlphaGo

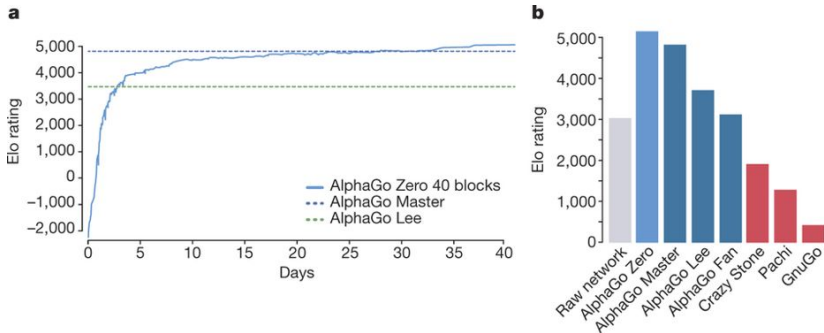


2017 DeepMind AlphaZero



DeepMind, 2017





Springer Nature, 2018

# Definición de Aprendizaje Automático

Tom Mitchell (1998), Carnegie-Mellon University

Problema de aprendizaje bien propuesto: Un programa se dice *aprende* de la experiencia  $E$  con respecto a una tarea  $T$  y alguna medida de desempeño  $P$ , si su desempeño en  $T$  medido con  $P$  mejora con la experiencia  $E$ .

# Definición de Aprendizaje Automático

Tom Mitchell (1998), Carnegie-Mellon University

Problema de aprendizaje bien propuesto: Un programa se dice *aprende* de la experiencia  $E$  con respecto a una tarea  $T$  y alguna medida de desempeño  $P$ , si su desempeño en  $T$  medido con  $P$  mejora con la experiencia  $E$ .

Por ejemplo,

- $T$ : juego de Damas
- $P$ : probabilidad de ganar
- $E$ : número de repeticiones del juego

# Ejemplo: Definición de Mitchell

(1)

Un programa se dice *aprende* de la experiencia  $E$  con respecto a una tarea  $T$  y alguna medida de desempeño  $P$ , si su desempeño en  $T$  medido con  $P$  mejora con la experiencia  $E$ .

Un cliente de correo-e vigila qué mensajes usted marca como *spam* y basado en eso aprende cómo filtrar mejor ese *spam*. ¿Cuál es la tarea  $T$  en este contexto?

- ☐ Clasificar correos como *spam/no-spam*
- ☐ Vigilar cómo usted marca correos como *spam/no-spam*
- ☐ El número o fracción de correos que se clasifican correctamente como *spam/no-spam*
- ☐ Este no es un problema de aprendizaje automático

## Ejemplo: Definición de Mitchell

(2)

Un programa se dice *aprende* de la experiencia  $E$  con respecto a una tarea  $T$  y alguna medida de desempeño  $P$ , si su desempeño en  $T$  medido con  $P$  mejora con la experiencia  $E$ .

Un cliente de correo-e vigila qué mensajes usted marca como *spam* y basado en eso aprende cómo filtrar mejor ese *spam*. ¿Cuál es la tarea  $T$  en este contexto?

- ☒ Clasificar correos como *spam/no-spam*  $\rightarrow T$
- ☐ Vigilar cómo usted marca correos como *spam/no-spam*  $\rightarrow E$
- ☐ El número o fracción de correos que se clasifican correctamente como *spam/no-spam*  $\rightarrow P$
- ☐ Este no es un problema de aprendizaje automático

# Tipos de Tareas $T$

(1)

Tareas comunes en reconocimiento de patrones:

- **Clasificación:**  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \{1, \dots, k\}$
- **Clasificación con entradas faltantes:** vector de entrada incompleto
- **Regresión:**  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$
- **Transcripción:** entrada no estructurada (imágenes, sonido), salida textual
- **Traducción automática:** entradas y salidas son sucesiones de símbolos
- **Salida estructurada:** salida de proceso es un vector de valores interrelacionados. P.ej. descripción textual de una imagen (o construcción de una *estructura* semántica de interrelaciones entre objetos)

# Tipos de Tareas $T$

(2)

- **Detección de anomalías:** detección de eventos inusuales o atípicos (uso indebido de tarjetas de crédito, predicción de fallos mecánicos)
- **Síntesis y muestreo:** generación de datos similares a conjunto de entrenamiento (p.ej. reconstrucción de pinturas, caras, voz)
- **Imputación de valores faltantes:** reconstrucción de algunos valores faltantes en el vector de entrada.
- **Eliminación de ruido:** producir una salida igual a la entrada eliminándole el ruido o distorsión
- **Estimación [de densidad] de probabilidad:** probabilidad de posición un jugador.

# Medida de desempeño $P$

- **Precisión**: cuántas respuestas son correctas
- **Tasa de error**: cuántas respuestas son incorrectas
- Se miden con respecto a un “conjunto de prueba” (*test set*)



# Tipos de experiencia $E$

## Tipos de aprendizaje automático

- Supervisado

Existen etiquetas para los datos

# Tipos de experiencia $E$

## Tipos de aprendizaje automático

- Supervisado
  - SVM

Existen etiquetas para los datos

# Tipos de experiencia $E$

## Tipos de aprendizaje automático

- Supervisado

- SVM

- No supervisado

Existen etiquetas para los datos

No existen etiquetas para los datos

# Tipos de experiencia $E$

## Tipos de aprendizaje automático

- Supervisado
  - SVM
- No supervisado
  - ICA

Existen etiquetas para los datos

No existen etiquetas para los datos

# Tipos de experiencia $E$

## Tipos de aprendizaje automático

- Supervisado      Existen etiquetas para los datos
  - SVM
- No supervisado      No existen etiquetas para los datos
  - ICA
  - Aglomeración de noticias

# Tipos de experiencia $E$

## Tipos de aprendizaje automático

- Supervisado      Existen etiquetas para los datos
  - SVM
- No supervisado      No existen etiquetas para los datos
  - ICA
  - Aglomeración de noticias
- De reforzamiento      Solo se sabe bueno o malo

# Tipos de experiencia $E$

## Tipos de aprendizaje automático

- Supervisado      Existen etiquetas para los datos
  - SVM
- No supervisado      No existen etiquetas para los datos
  - ICA
  - Aglomeración de noticias
- De reforzamiento      Solo se sabe bueno o malo
  - Q-Learning 1

# Tipos de experiencia $E$

## Tipos de aprendizaje automático

- Supervisado      Existen etiquetas para los datos
  - SVM
- No supervisado      No existen etiquetas para los datos
  - ICA
  - Aglomeración de noticias
- De reforzamiento      Solo se sabe bueno o malo
  - Q-Learning 1
  - Q-Learning 2



# Tipos de experiencia $E$

## Tipos de aprendizaje automático

- Supervisado      Existen etiquetas para los datos
  - SVM
- No supervisado      No existen etiquetas para los datos
  - ICA
  - Aglomeración de noticias
- De reforzamiento      Solo se sabe bueno o malo
  - Q-Learning 1
  - Q-Learning 2
  - Q-Learning 3

# Tipos de experiencia $E$

## Tipos de aprendizaje automático

- Supervisado      Existen etiquetas para los datos
  - SVM
- No supervisado      No existen etiquetas para los datos
  - ICA
  - Aglomeración de noticias
- De reforzamiento      Solo se sabe bueno o malo
  - Q-Learning 1
  - Q-Learning 2
  - Q-Learning 3
- De recomendación      Predictores de preferencias

# Tipos de experiencia $E$

## Tipos de aprendizaje automático

- Supervisado      Existen etiquetas para los datos
  - SVM
- No supervisado      No existen etiquetas para los datos
  - ICA
  - Aglomeración de noticias
- De reforzamiento      Solo se sabe bueno o malo
  - Q-Learning 1
  - Q-Learning 2
  - Q-Learning 3
- De recomendación      Predictores de preferencias
  - Amazon

# Sistemas de reconocimiento de patrones

Duda, Hart y Stork, 2000

Componentes de un sistema típico de reconocimiento de patrones

## 1 Sensado

# Sistemas de reconocimiento de patrones

Duda, Hart y Stork, 2000

Componentes de un sistema típico de reconocimiento de patrones

- 1 Sensado
- 2 Preprocesamiento

# Sistemas de reconocimiento de patrones

Duda, Hart y Stork, 2000

Componentes de un sistema típico de reconocimiento de patrones

- ① Sensado
- ② Preprocesamiento
  - ① Reducción de ruido

# Sistemas de reconocimiento de patrones

Duda, Hart y Stork, 2000

## Componentes de un sistema típico de reconocimiento de patrones

- ① Sensado
- ② Preprocesamiento
  - ① Reducción de ruido
  - ② Segmentación y agrupamiento

# Sistemas de reconocimiento de patrones

Duda, Hart y Stork, 2000

## Componentes de un sistema típico de reconocimiento de patrones

- ① Sensado
- ② Preprocesamiento
  - ① Reducción de ruido
  - ② Segmentación y agrupamiento
- ③ Extracción de características



# Sistemas de reconocimiento de patrones

Duda, Hart y Stork, 2000

## Componentes de un sistema típico de reconocimiento de patrones

- ① Sensado
- ② Preprocesamiento
  - ① Reducción de ruido
  - ② Segmentación y agrupamiento
- ③ Extracción de características
- ④ **Reconocimiento de patrones**

# Sistemas de reconocimiento de patrones

Duda, Hart y Stork, 2000

## Componentes de un sistema típico de reconocimiento de patrones

- ① Sensado
- ② Preprocesamiento
  - ① Reducción de ruido
  - ② Segmentación y agrupamiento
- ③ Extracción de características
- ④ **Reconocimiento de patrones**
- ⑤ Post-procesamiento

# Ciclo de diseño

Fases en el diseño de un sistema de reconocimiento de patrones

- 1 Recolección de datos

# Ciclo de diseño

Fases en el diseño de un sistema de reconocimiento de patrones

- 1 Recolección de datos
- 2 Elección de características

# Ciclo de diseño

Fases en el diseño de un sistema de reconocimiento de patrones

- 1 Recolección de datos
- 2 Elección de características
- 3 Elección del *modelo*

# Ciclo de diseño

Fases en el diseño de un sistema de reconocimiento de patrones

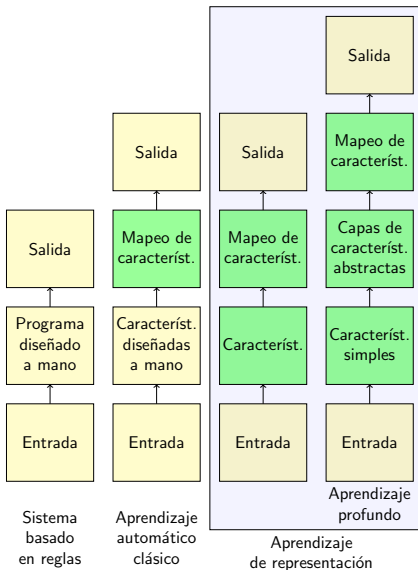
- 1 Recolección de datos
- 2 Elección de características
- 3 Elección del *modelo*
- 4 Entrenamiento

# Ciclo de diseño

## Fases en el diseño de un sistema de reconocimiento de patrones

- 1 Recolección de datos
- 2 Elección de características
- 3 Elección del *modelo*
- 4 Entrenamiento
- 5 Evaluación

# ¿Qué se aprende?



Goodfellow, 2016



# ¿Por qué aprender sobre reconocimiento de patrones?

- *Because we can...*

# ¿Por qué aprender sobre reconocimiento de patrones?

- *Because we can...*
- Para contestar ¿cómo pensamos?, ¿cómo aprendemos?

# ¿Por qué aprender sobre reconocimiento de patrones?

- *Because we can...*
- Para contestar ¿cómo pensamos?, ¿cómo aprendemos?
- Para colaborar en proyectos que involucren inteligencia artificial

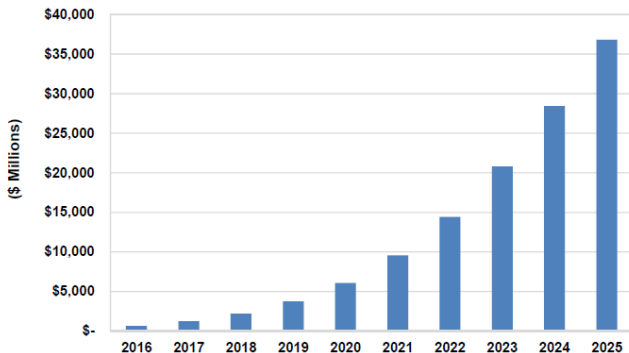
# ¿Por qué aprender sobre reconocimiento de patrones?

- *Because we can...*
- Para contestar ¿cómo pensamos?, ¿cómo aprendemos?
- Para colaborar en proyectos que involucren inteligencia artificial
- Para insertarse en uno de los mercados de más rápido crecimiento...

# Crecimiento del sector AI

Tractica, Marzo 2017

Chart 1.1 Artificial Intelligence Revenue, World Markets: 2016-2025



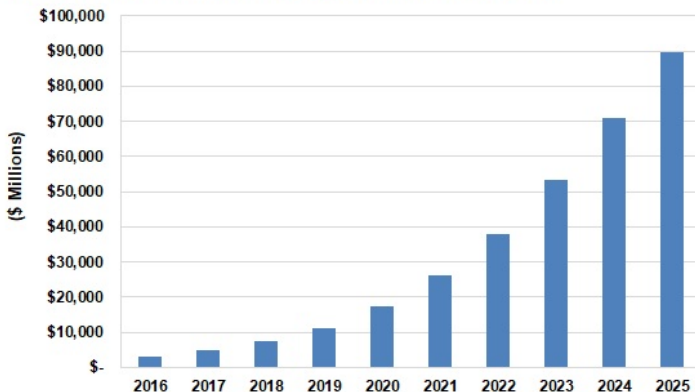
(Source: Tractica)

# Crecimiento del sector AI

Tractica, Diciembre 2017



**Artificial Intelligence Software Revenue, World Markets: 2016-2025**



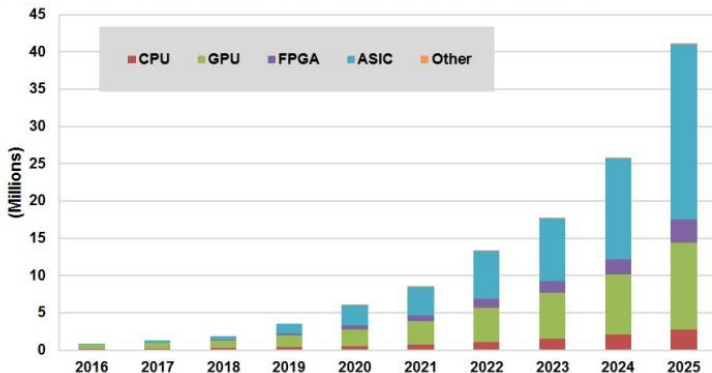
Source: Tractica

# Crecimiento del hardware especializado para AI

Tractica, Marzo 2017



Deep Learning Chipset Unit Shipments by Type, World Markets: 2016-2025



Source: Tractica

# Ejemplos de productos de IA

- Software
  - Microsoft
  - Amazon AI
  - Google
- Hardware
  - Movidius
  - NVIDIA
  - Google TPU



# Aplicaciones en voga

- Reconocimiento de voz
  - Amazon: Alexa
  - Google: Google Voice, Google Assistant, etc.
  - Apple: Siri
  - Microsoft: Cortana
- Piloto automático en automóviles/puertos/camiones/trenes/aviones/...
- Sistemas de asistencia
- Análisis de datos financieros
- Análisis de datos de clientes (recomendación)
- Análisis de datos médicos
- Aplicaciones en ciencia e ingeniería

# Congresos académicos

Lista de conferencias de mayor impacto:

- CVPR
- NIPS
- ECCV
- ICML
- ICCV

# Resumen

## 1 Definiciones

- Aprendizaje automático y reconocimiento de patrones

## 2 Motivación

*Este documento ha sido elaborado con software libre incluyendo L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, Beamer, GNUPlot, GNU/Octave, XFig, Inkscape, GNU-Make y Subversion en GNU/Linux*



Este trabajo se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-LicenciarIgual 3.0 Unported. Para ver una copia de esta Licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/> o envíe una carta a Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

© 2017–2019 Pablo Alvarado-Moya Área de Ingeniería en Computadores Instituto Tecnológico de Costa Rica