



INTELIGENCIAS ARTIFICIALES

Y SUS USOS EN LA ASTRONOMÍA



Temas

- ¡Hablaremos de inteligencias artificiales! ¿Qué son? ¿Para qué sirven? ¿Cómo son usadas en general?
- ¡Usos en la astronomía moderna! ¿Porqué se pueden (o deben) de usar en la astronomía? ¿Qué beneficios hay? ¿Qué aplicaciones ya existen?
- ¡Escriban sus preguntas en el chat!
Las responderé al final.



Objetivos

- Aprender sobre las inteligencias artificiales en la vida real, eliminando muchas de las ideas equivocadas alrededor de este tema.
- Aprender de las ventajas de usar IA en astronomía.
- Entender conceptualmente.
- Habrán muchos detalles, pero recuerden entender los rasgos mayores y no memorizar pequeñas partes de la presentación.

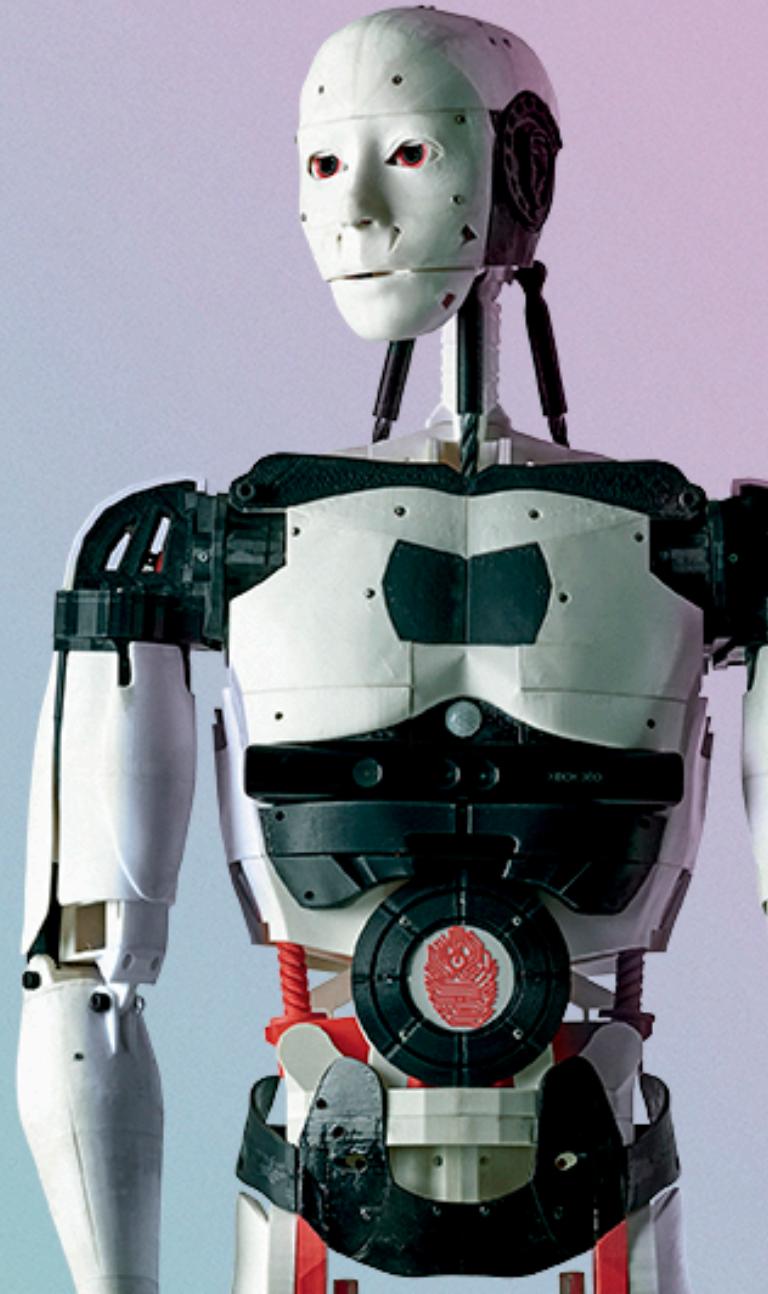
PRECONCEPCIONES

¿Qué se les viene a la mente cuando escuchan
“Inteligencia Artificial”?

Ciencia Ficción

Robots súper inteligentes capaces de dominar a la humanidad:

- Terminator
- Leyes de la robótica de Asimov
- TARS de Interestelar
- Transformers



Computadoras

Actualmente, las computadoras tienen ventaja en:

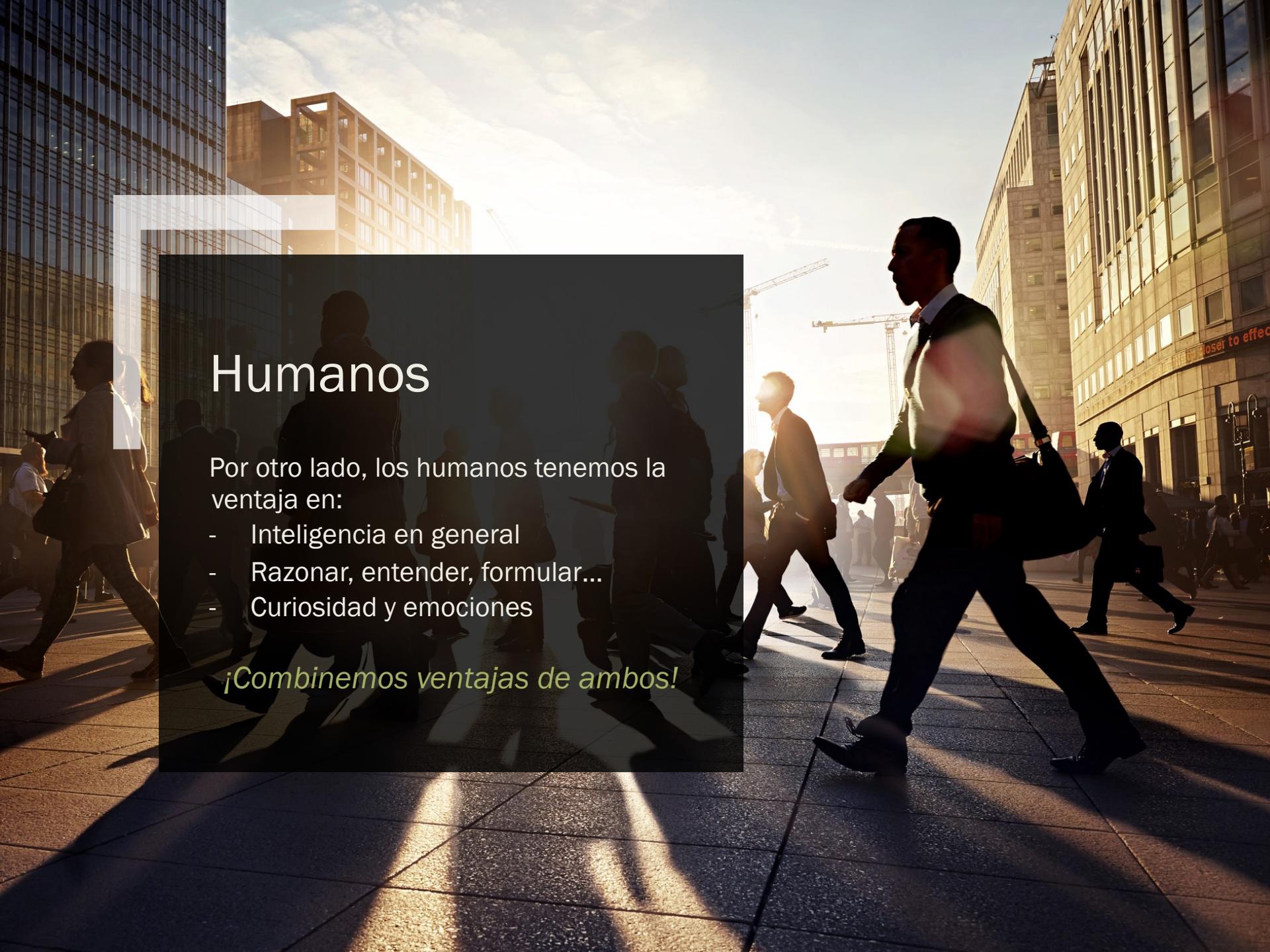
- Operaciones aritméticas
- Memoria perfecta
- Seguir instrucciones (importante)

Humanos

Por otro lado, los humanos tenemos la ventaja en:

- Inteligencia en general
- Razonar, entender, formular...
- Curiosidad y emociones

¡Combinemos ventajas de ambos!



LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL ES...

“Un campo de las ciencias computacionales que se encarga de la creación y desarrollo de piezas de software que pueden emular algún aspecto de la inteligencia humana.”

Historia: Creación e Invierno

Cinco científicos que intentaban separarse de la robótica y cibernetica fundaron este campo académico en los cincuenta.

Desde el principio, el avance fue difícil por ser un campo muy innovador y por la falta de poder computacional.

Por falta de avances, el invierno de las IA inició.

Historia: Renacimiento y actualidad

A mediados de los noventa se reiniciaron los esfuerzos por desarrollar IA.

Avances increíbles fueron alcanzados tras separar problemas las nuevas computadoras permitieron explorar nuevos límites.

Varios sub-campos han tenido avances y hoy en día existen múltiples aplicaciones en amplio uso.

Actualidad

Aplicaciones en:

- Detectores de Spam
- Reconocimiento facial y de voz
- Detección de transacciones sospechosas
- Control de crimen

¡Gracias al Aprendizaje Automático!

VIP Cheatsheet: Deep Learning

Afshine AMIDI and Shervine AMIDI

September 15, 2018

Neural Networks

Neural networks are a class of models that are built with layers. Commonly used types of neural networks include convolutional and recurrent neural networks.

□ **Architecture** – The vocabulary around neural networks architectures is described in the figure below:



By noting i the i^{th} layer of the network and j the j^{th} hidden unit of the layer, we have:

□ **Learning rate** – The learning rate, often noted η , indicates at which pace the weights get updated. This can be fixed or adaptively changed. The current most popular method is called Adam, which is a method that adapts the learning rate.

□ **Backpropagation** – Backpropagation is a method to update the weights in the neural network by taking into account the actual output and the desired output. The derivative with respect to weight w is computed using chain rule and is of the following form:

$$\frac{\partial L(z,y)}{\partial w} = \frac{\partial L(z,y)}{\partial a} \times \frac{\partial a}{\partial z} \times \frac{\partial z}{\partial w}$$

As a result, the weight is updated as follows:

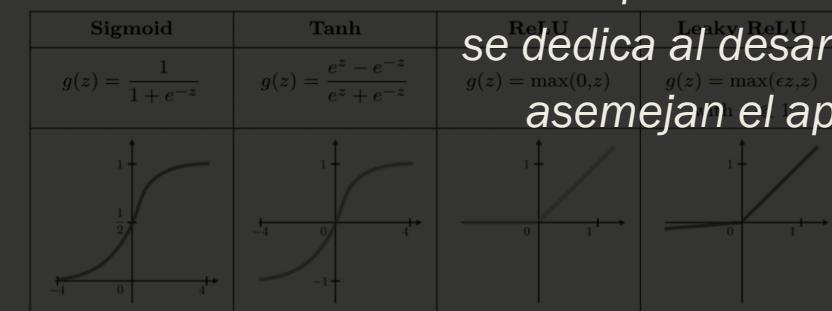
$$w \leftarrow w - \eta \frac{\partial L(z,y)}{\partial w}$$

□ **Updating weights** – In a neural network, weights are updated as follows:

- Step 1: Take a batch of training data.
- Step 2: Perform forward propagation to obtain the corresponding loss.
- Step 3: Back propagate the loss to get the gradients.
- Step 4: Use the gradients to update the weights of the network.

where we note w , b , z the weight, bias and output respectively.

□ **Activation function** – Activation functions are used at the end of a hidden unit to introduce non-linear complexities to the model. Here are some activation functions:



□ **Cross-entropy loss** – In the context of neural networks, the cross-entropy loss $L(z,y)$ is commonly used and is defined as follows:

$$L(z,y) = -[y \log(z) + (1-y) \log(1-z)]$$

□ **Dropout** – Dropout is a technique meant at preventing overfitting the training data by dropping out units in a neural network. In practice, neurons are either dropped with probability p or kept with probability $1-p$.

“Un subcampo de las inteligencias artificiales que se dedica al desarrollo de algoritmos que asemejan el aprendizaje humano.”

Convolutional Neural Networks

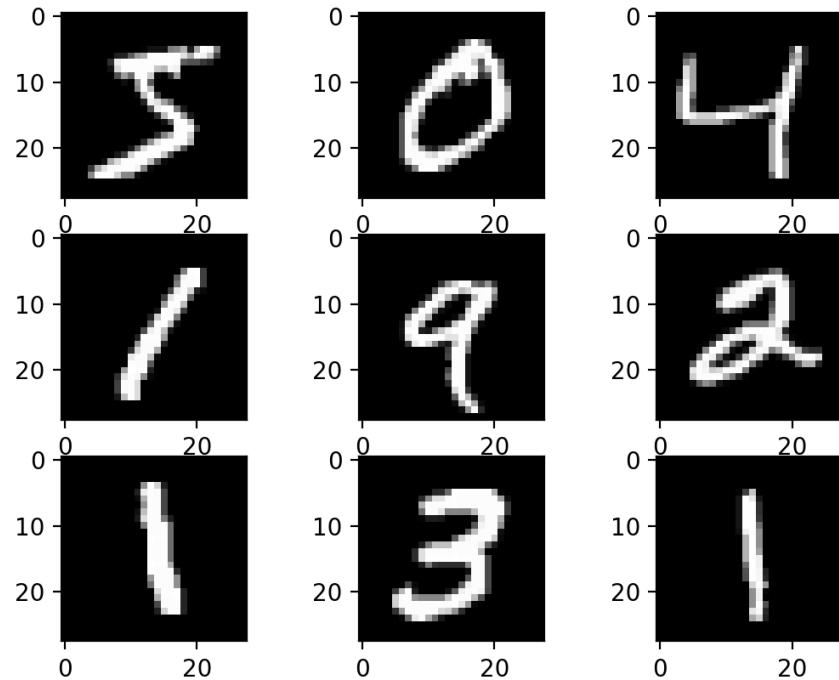
□ **Convolutional layer requirement** – By noting W the input volume size, F the size of the convolutional layer neurons, P the amount of zero padding, then the number of neurons N that

$$N = \frac{W - F + 2P}{S} + 1$$

□ **Batch normalization** – It is a step of hyperparameter γ, β that normalizes the batch $\{x_i\}$. By noting μ_B, σ_B^2 the mean and variance of that we want to correct to the batch, it is done as follows:

$$x_i \leftarrow \gamma \frac{x_i - \mu_B}{\sqrt{\sigma_B^2 + \epsilon}} + \beta$$

It is usually done after a fully connected/convolutional layer and before a non-linearity layer and aims at allowing higher learning rates and reducing the strong dependence on initialization.

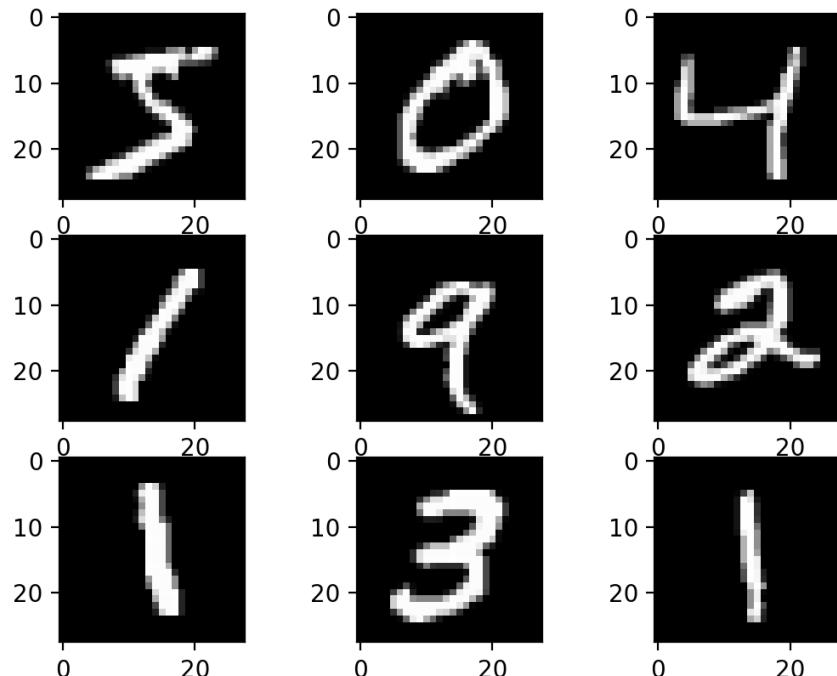


POR EJEMPLO...

Crear un programa que reconozca dígitos que fueron escritos a mano sería básicamente imposible con programación explícita. Trivial para nosotros, imposible para las computadoras.

ML

Algoritmos de ML están diseñados para resolver este tipo de problemas. Actualmente existen varios algoritmos ampliamente desarrollados que permiten realizar dos tipos de tareas: regresión y clasificación.



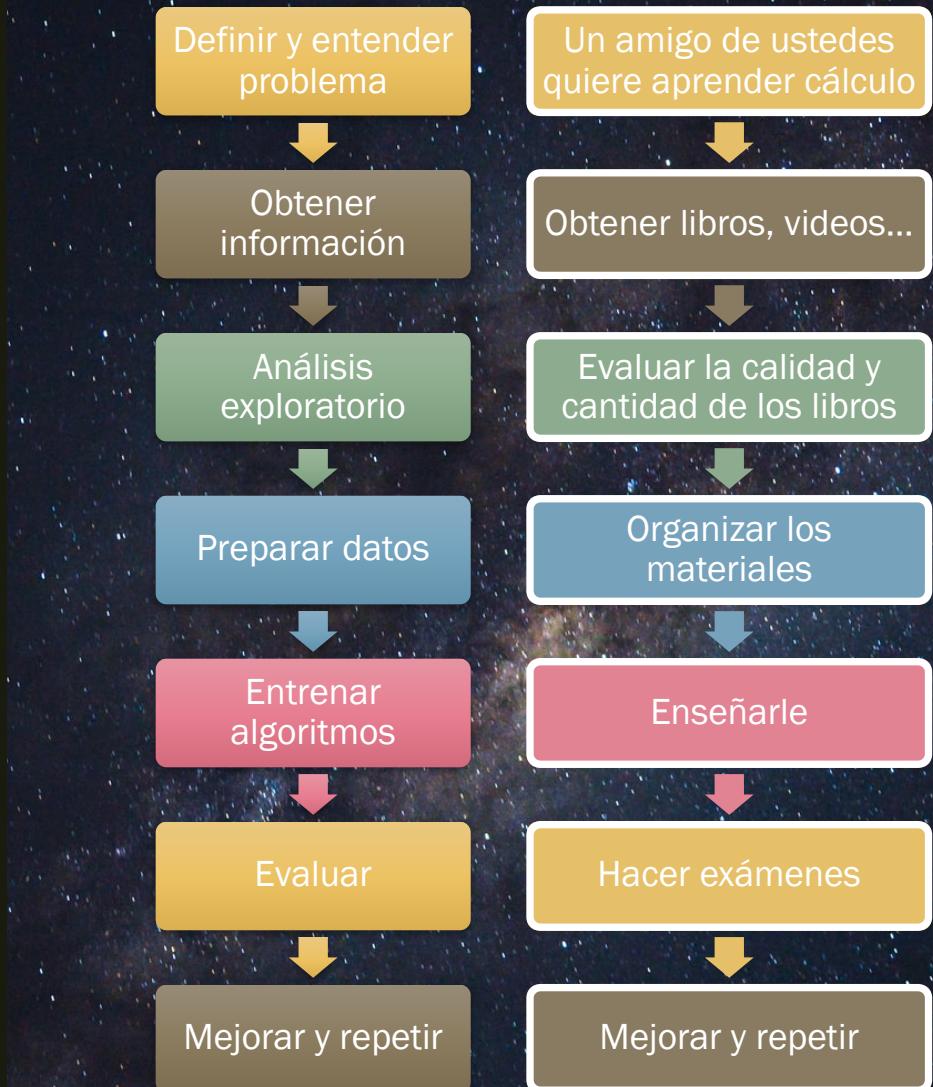
¿Cómo usar el ML?

Depende del problema y del algoritmo escogido, pero en general:

- Obtener y transformar una gran cantidad de información.
- Se entrena al algoritmo.
- Se realizan pruebas para evaluar la calidad del algoritmo.
- Se intenta mejorar o se escoge otro algoritmo.
- Repetir hasta estar satisfecho.

ML

Analogía





Resumen

- **Inteligencias Artificiales**: imitar la inteligencia humana.
 - **Aprendizaje Automático**: *imitar el proceso de aprendizaje. Se pueden utilizar para predecir (regresión) o para clasificar. Para usarlos:*
 - Escoger problema
 - Obtener información numérica
 - Entrenar y mejorar
- El beneficio es combinar la **flexibilidad** humana con la **eficiencia** computacional.

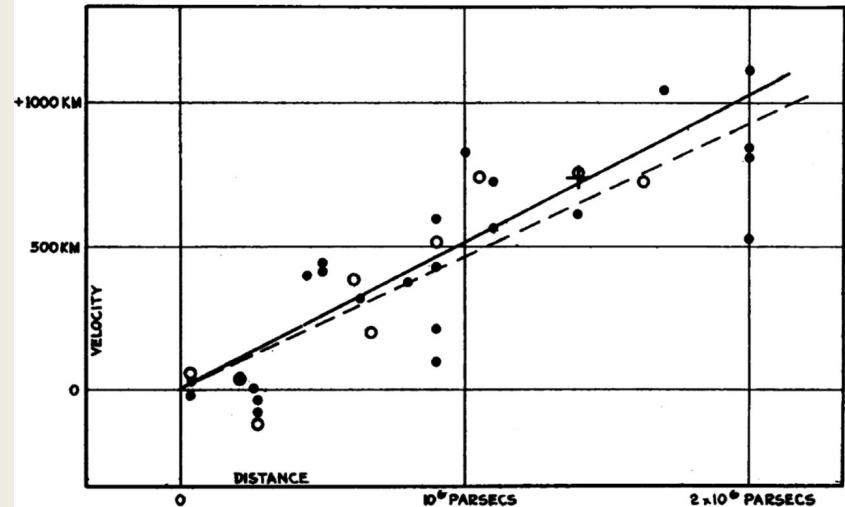


APLICACIONES EN LA ASTRONOMÍA

UN UNIVERSO DE DATOS



Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.



Un universo de datos

- Obtener mediciones astronómicas era un proceso tedioso, largo y muy complicado.
- Edwin Hubble uso 24 galaxias, hoy el telescopio Hubble genera 10 TB anuales.

Proyecto	1TB* en
Hubble	37 días
GAIA	25 días
SDSS	5 días
TESS	4.5 días
LSST	¡1.6 horas!

*1TB \approx 200,000 canciones \approx 700 días

OTROS PROYECTOS

Proyectos cada vez más grandes van a generar cantidades de datos inimaginables, lo que permite el uso de IA. Pero la cantidad es tanta que su uso no deja de ser un lujo, y se vuelve más una necesidad.

¡Exploraremos dos ejemplos específicos del aplicaciones de ML en astronomía!



CLASIFICANDO GALAXIAS Y ESTRELLAS

¡Un ejemplo sencillo para entender los pasos básicos!

En Resumen:

Utilizamos un algoritmo de clasificación (kNN) para lograr clasificar objetos entre estrellas y galaxias usando las magnitudes de estos objetos en cinco distintas bandas.

CLASIFICANDO GALAXIAS Y ESTRELLAS

¡Un ejemplo sencillo para entender los pasos básicos!



PREDICIENDO FULGURACIONES SOLARES

¡Replicación de un artículo científico real!

En Resumen:

Usando un algoritmo de clasificación (RF) logramos predecir la ocurrencia de fulguraciones solares de tipo C y lo optimizamos realizando modificaciones al algoritmo.

PREDICIENDO FULGURACIONES SOLARES

¡Replicación de un artículo científico real!

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS

Probabilidad	ACC	ACC*	TSS	TSS*	HSS	HSS*
0.20	0.71	0.75	0.59	0.59	0.48	0.48
0.30	0.79	0.81	0.61	0.60	0.57	0.56
0.40	0.84	0.85	0.60	0.59	0.60	0.60
0.50	0.85	0.85	0.56	0.53	0.59	0.58
0.60	0.85	0.84	0.48	0.47	0.55	0.54
0.70	0.83	0.83	0.40	0.39	0.48	0.47

*Nuestra replicación de los resultados



Conclusiones

- **Muchísimas más aplicaciones:** Una gran cantidad de nuevos estudios con aplicaciones de IA:
 - **Clasificaciones:** de galaxias (*morfología, tipos especiales*), estrellas (*tipo espectral, variabilidad*).
 - **Predicciones:** clima espacial (*EMC*), aproximaciones (*corrimiento al rojo cosmológico*).
 - **Detecciones:** supernovas, exoplanetas (*el primer sistema con ocho planetas*)
- **Énfasis:** IA no es más que una herramienta (muy innovadora y con mucho potencial), pero no hacen ciencia. No hay que tratarlas como “cajas negras”.

Inversión en ciencia en América Latina

Porcentaje del PIB



10 de Abril: Día Mundial
de la Ciencia y Tecnología



Fuente: Banco Mundial (2015)

CONCLUSIÓN MÁS PERSONAL

En un país como el nuestro, proyectos como estos son de las únicas posibilidades de poder aprender a hacer estudios científicos de nivel competitivo, pues no requieren de mucha infraestructura.

¿Preguntas?