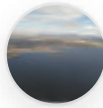


# WUOLAH



irenychuchu

[www.wuolah.com/student/irenychuchu](https://www.wuolah.com/student/irenychuchu)



5021

## TEMA 6.pdf

APUNTES PARCIAL II



**2º Inteligencia Artificial**



**Grado en Ingeniería Informática**



**Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación**  
**UGR - Universidad de Granada**

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL TEMA 6:

### APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

~ Distintos tipos de aprendizaje ~

#### Aprendizaje automático (Machine Learning).

El aprendizaje tiene como objetivo captar el conocimiento que está presente en los problemas de IA.

El **aprendizaje automático** va a permitir a nuestro programa el perfeccionamiento de la habilidad a través de la experiencia, así como la adquisición del conocimiento que puede ser conocido completamente al principio o se debe ir extrayendo conforme avanza.

El aprendizaje es bastante antiguo, no es algo reciente.

El aprendizaje es una capacidad fundamental de la inteligencia humana que nos permite:

- Adaptarnos a cambios de nuestro entorno.
- Desarrollar una gran variedad de habilidades.
- Adquirir experiencia en nuevos dominios.

¿Para qué?:

- El aprendizaje automático cubre una amplia gama de fenómenos como:
  - o El perfeccionamiento de la habilidad.
  - o La adquisición del conocimiento.
- El aprendizaje es esencial en entornos desconocidos.
- Programa de IA (Búsqueda, SBC, Planificación, ...):
  - o Su límite está en el conocimiento que se las ha proporcionado.
  - o No resuelven problemas más allá de esos límites.
- El aprendizaje modifica el mecanismo de decisión del agente para mejorar su comportamiento.
- Aprendizaje automático: programas que mejoran su comportamiento con la experiencia.

¿Qué aprender?: (Does Machine Learning Really Work? Tom Mitchel. AI Magazine 1997.

- Se distinguen tres grupos de problemas en los que aplicar el aprendizaje automático:
  - o Tareas difíciles de programar (reconocimiento de caras, voz, ...)
  - o Aplicaciones auto adaptables (interfaces inteligentes, spam killers, sistemas recomendadores...).
  - o Técnicas para explorar datos como minería de datos (análisis de datos inteligente).



Striking Vipers - black mirror



Toy Story 4



Segunda temporada de Dark

## Próximos estrenos de series y películas.

Se acercan las vacaciones de verano y es el mejor momento de disfrutar de la televisión.

Las vacaciones ya están aquí. Si no has tenido mucho tiempo libre para ver cine y televisión ahora es tu momento. Muchos han sido los estrenos este 2019 que han movido las masas de fans. Sin embargo, las puertas al verano no van a dejar indiferente al espectador.

Si durante el curso no has visto nada desde el verano pasado, siempre puedes continuar todas la series acumuladas. Pero por si no estás al día, aquí os dejamos algunos estrenos próximos:

- **Aladdín.** Disney no nos dejará indiferente con la versión real de Aladdín. Esta historia de amor que todos conocemos ha saltado a la gran pantalla el 24 de mayo, y aún tienes tiempo para ir a verla. El dato más fascinante de este estreno es que el mago más pícaro de todo cuento está interpretado por Will Smith.

- **Black Mirror.** Desde el estreno de su película interactiva Bandersnatch en diciembre de 2018, Black Mirror se ha mantenido ausente hasta el estreno de la quinta temporada. La serie de antología que saca el lado más oscuro de la tecnología actual, ha dado paso con su última temporada a tres nuevos episodios el pasado 5 de junio.

## Aladdín entre las películas de estreno más taquilleras.

- **El cuento de la criada.** Esta serie dramática basada en el premiado best-seller de Margaret Atwood, que muestra la lucha contra la antigua sociedad totalitaria de Estados Unidos, ha lanzado su tercera temporada también el 5 de junio.

- **X-Men: Dark Phoenix.** Basada en el personaje de Fénix Oscura, esta nueva entrega de los X-Men dió el salto a la gran pantalla el pasado viernes 7 de junio. Un dato relevante es que su protagonista está interpretada por Sophie Turner, que encarna el personaje de Sansa en Juego de Tronos.

- **Jessica Jones.** Volvemos con Marvel, esta vez en la televisión. La tercera y última temporada de la superheroína y detective Jessica Jones, ambientada en el Universo Cinematográfico de Marvel (UCM), se estrenará el próximo 14 de junio.

- **Toy Story 4.** Si eras un niño cuando se estrenó por primera vez Toy Story estamos seguros de que esta saga es especial para ti. La saga de animación sobre los juguetes más rebeldes no deja indiferente a ningún niño, joven o adulto. Por ello, Toy Story llega con más fuerza que nunca con su cuarta película, que tiene previsto su estreno el 21 de junio.

- **Stranger things.** La serie de ciencia ficción que ha dado vida al mitológico Demogorgon y protagonizada por Winona Ryder entre muchos otros actores, ha

## La Casa de Papel, éxito mundial en numerosos países.

vuelto con su tercera temporada. Después de 2 temporadas de puro éxito, la serie vuelve a la pantalla el 4 de julio.

- **Spider-man: Far From Home.** Después del ansiado desenlace de Vengadores: Endgame llega Spider-man: Lejos de Casa. La segunda parte de Spider-man: Homecoming se estrenará el próximo 5 de julio. ¿Cómo se encuentra Peter Parker después de lo ocurrido? ¿A qué nuevos retos deberá enfrentarse?

- **La Casa de Papel.** Los delincuentes más gamberro ahora tienen competencia: la inspectora Sierra. La tercera temporada tiene previsto su estreno el próximo 19 de julio. ¿Quién ganará esta batalla? ¿la inspectora Alicia Sierra o la aclamada resistencia?

- **El Rey León.** Sin duda, el largometraje con el que Disney quiere despertar nuestro sentimiento más profundo es El Rey León. También próximamente estrenada el 19 de julio, esta película sobre el fantástico reino animal y la vida del León Simba nos dejará con la boca abierta. Una maravilla obligatoria.

- **Dark.** La segunda temporada de esta webserie de tipo drama sobrenatural se estrenará el 21 de junio. A tan sólo 1 semana y 3 días para conocer más sobre los oscuros secretos que guardan estas cuatro familias alemanas que ponen de manifiesto el pasado de una ciudad.

## Wuolah Giveaway

**Impresora y escáner Canon.** Es momento de imprimir tus apuntes. Participa y llévate esta impresora con escáner.



## Wuolah Giveaway

**Altavoz inalámbrico ZoeeTree.** Siente la música allá donde vayas con este altavoz Bluetooth inalámbrico.

**Definición:** Un programa de ordenador se dice que aprende de la experiencia E con respecto a alguna clase de tareas T y a alguna medida de comportamiento P, si su comportamiento en tareas de T, medido a través de P, mejora la experiencia E.

Ejemplos:

- Aprendizaje de damas:
  - o T: jugar a las damas.
  - o P: % de juegos ganados.
  - o E: partidas jugadas contra una copia de sí mismo.
- Aprendizaje de reconocimiento de caracteres de escritos a mano:
  - o T: reconocer y clasificar palabras escritas a mano a través de imágenes.
  - o P: % de palabras correctamente clasificadas.
  - o E: una base de datos de palabras escritas a mano con su correspondiente clasificación.
- Aprendizaje de un sistema para conducir:
  - o T: conducir por una carretera usando sensores de visión.
  - o P: distancia promedio antes de que se produzca un error (juzgado por un humano).
  - o E: secuencia de imágenes y comandos de conducción registrados en la observación de un conductor humano.
- Hospital de Alicante:
  - o A través del historial médico de todos los pacientes del hospital se pretende establecer un aprendizaje que sea capaz de determinar que pruebas necesita cada paciente con su propio perfil estableciendo similitudes con pacientes tratados anteriormente y perfiles similares.
- Ejemplo GoldCar:
  - o Análisis del estudio de los clientes para determinar si una reserva de un coche se llevará a cabo o el cliente no se presentará a recoger el coche.

### Estrategias de aprendizaje:

Hay muchas formas de aprender, la más conocida es aprender por ejemplos, pero hay más.

- **Aprendizaje memorístico:** Cuando se nos da información de algo y la incorporamos para mejorar nuestra propia situación. Surge cuando el aprendizaje consta de asociaciones arbitrarias o cuando el sujeto lo hace de forma arbitraria. Los datos se almacenan sin tratar de comprenderlos o de inferirlos a partir de otros ya conocidos y de forma repetitiva.  
Por ejemplo, si un sistema recibe, ante una determinada acción en cierta circunstancia, una respuesta desventajosa, puede "memorizar" que esa acción da malos resultados y, si esos malos resultados se repiten en el tiempo, concluir (aprender) que esa no es una acción adecuada para dicha situación. En el juego de las damas se guarda información de los valores minmax de los nodos por lo que en ocasiones en las que el tablero es igual a uno ya calculado anteriormente, se utilizan los valores ya guardados en lugar de volver a llamar a la función heurística para que los calcule. Si hay un revisor.
- **Aprendizaje a través de consejos:** Es muy parecido al aprendizaje memorístico, un supervisor te da un consejo sobre tu problema y la capacidad de asimilar ese consejo y usarlo para cambiar tu problema u orientarlo de otra forma sería aprendizaje automático.

- **Aprendizaje en la resolución de problemas:** Cuando se aprende interactuando con algo. No hay un supervisor, se aprende a través de la interacción con el entorno. Como por ejemplo aprender a montar en bicicleta. Este aprendizaje da lugar a las técnicas de aprendizaje por refuerzo (muy importantes hoy en día), siendo tu propio entrenamiento el que te da el conocimiento.
- **Aprendizaje a partir de ejemplos, inducción:** Se aprende a partir de la observación. Se trata de aprender un concepto o una clasificación a partir de ejemplos y contraejemplos. Se formulan hipótesis mediante la búsqueda de regularidades en unos ejemplos de "entrenamiento" y se aceptan o rechazan dichas hipótesis con la aparición de nuevos ejemplos. Un ejemplo sería cuando un médico MIR está de prácticas con un médico especialista, a partir de los diferentes casos y de la respuesta del médico ante ellos aprende como actuar en un futuro. También sería un aprendizaje a través de ejemplos el caso del Hospital de Alicante de los historiales médicos. Es el más popular hoy en día y sobre el que más algoritmos se ha desarrollado.
- **Aprendizaje basado en explicaciones:** A través de una única observación se intenta analizar que ha ocurrido en ese ejemplo buscando explicaciones. Construir una explicación para cada ejemplo en relación con un concepto dado y generalizar la exploración de modo que pueda emplearse en el futuro. Los métodos analíticos usan el conocimiento primario para deducir las hipótesis generales. Aquí se buscan hipótesis generales que se ajusten al conocimiento primario mientras se cubren los datos observados.
- **Aprendizaje a través de descubrimiento:** Se aprende a través del entorno.
- **Aprendizaje por analogía:** Se buscan soluciones a problemas nuevos encontrando similitudes con problemas ya conocidos y adaptando sus soluciones. Se basa en la idea de que, si dos situaciones son similares en algún aspecto, entonces también pueden serlo en otros. Este tipo de aprendizaje intenta emular algunas de las capacidades humanas más sorprendente como poder entender una situación por su parecido con situaciones anteriores. Ejemplo: sistemas eléctricos.

(Los tres últimos son los menos "importantes")

### **Aprendizaje inductivo. Aprende a partir de ejemplos.**

- El objetivo es aprender la función  $f$ .
- Un ejemplo es un par  $(x, f(x))$ . Donde  $x$  serían todos los datos que tiene el problema y  $f$  sería el concepto que quiero aprender.
- Problema: encontrar una hipótesis  $h$  tal que  $h = f$ , sobre los conjuntos del ejemplo de entrenamiento.
- Una hipótesis estará bien generalizada si puede predecir ejemplos que no se conocen.
- ¿Cómo elegir entre múltiples hipótesis consistentes?
  - o La hipótesis se dice consistente si satisface a todos los datos.
  - o **Navaja de Ockham:** elegir la hipótesis más simple consistentes con los datos. Cuando tengo que dar una explicación sobre lo que ha sucedido, la más probable es la más simple.
  - o Objetivo: Elegir la hipótesis más simple consistente con los datos; es un principio filosófico, una filosofía, que se usa en todos los algoritmos de aprendizaje. Es un principio que se utiliza para definir los algoritmos.
- Muchas veces se buscan hipótesis muy consistentes y simples a la vez. A veces las hipótesis muy consistentes son erróneas porque se adaptan a ejemplos que pueden obtener un error.



## Inteligencia Artificial

Irene Muñoz

Tipos de aprendizaje:

- Uno de los puntos clave para el aprendizaje es el tipo de realimentación disponible en el proceso:
  - o **Aprendizaje supervisado:** Aprender una función a partir de ejemplos de sus entradas y salidas. Se dispone de un profesor/supervisor que proporciona una salida deseable para cada entrada percibida, ya sea una clase o un valor a aproximar (clasificación vs regresión). Tengo un "maestro" que me dice que salida le corresponde a cada entrada.
    - Métodos basados en modelos: representan el conocimiento aprendido en algún lenguaje de representación (modelo o hipótesis). Tienen como objetivo obtener conocimiento y para ello extraen modelos para representar la información. Si a partir de los ejemplos se pueden obtener unas reglas (conocimiento) que determina un modelo.
    - Métodos basados en instancias: representan el conocimiento aprendido como un conjunto de prototipos descritos en el mismo lenguaje usado para representar la evidencia. Hay una gran cantidad de datos, no se intenta trasladar los datos a un modelo, si no que me quedo con los datos y analizo los propios ejemplos que ya existían para sacar una conclusión sobre los ejemplos. No se obtiene un conocimiento, se utilizan los propios ejemplos para obtener conclusiones y predecir futuros ejemplos. (Algoritmo KNN).
  - o **Aprendizaje no supervisado:** Aprender a partir de patrones de entradas para los que no se especifican los valores de sus salidas. No se dispone de una salida deseada cada entrada, sino que se busca agrupar/clasificar los datos en función de ciertas características (medida de distancia).  
No hay una clara retroalimentación para etiquetar una salida como buena o mala, sino que las salidas se van agrupando en "clusters" a partir del valor de entrada.
  - o **Refuerzo:** Se aprende (sin supervisor) a partir de la información obtenida al realizar procesos de ensayo-error en los que se obtienen "señales" de beneficio/coste.  
Ejemplo: si un taxista recibe pocas propinas al finalizar un día, significa que algo ha hecho mal y tiene que mejorar, el agente decide qué mejorar. Si haces una cosa que es buena, recibes una recompensa y sabes que vas por el buen camino.

## ~ Modelos inductivos sobre árboles de decisión ~

### Espacio de hipótesis: Aprendizaje inductivo Supervisado basado en modelos.

Las hipótesis se pueden expresar de diversas formas:

- Árboles de decisión.
- Reglas.
- Redes neuronales.
- Modelos bayesianos o probabilísticos.
- Etc.

Los árboles de decisión y las reglas son algunos de los modelos más usados en aprendizaje automático.

**Problema de aprendizaje realizable.**

Se dice que un problema de aprendizaje es realizable si el espacio de hipótesis contiene a la función verdadera.

Algoritmos más ampliamente utilizados:

- **Algoritmos basados en el "divide y vencerás" (splitting):** consisten en ir partiendo sucesivamente los datos en función del valor de un atributo seleccionado cada vez (aprendizaje de árboles de decisión). Se van realizando o buscando regiones particionadas.
- **Algoritmos basados en el "separa y vencerás" (covering):** consisten en encontrar condiciones de las reglas que cubran la mayor cantidad de ejemplos de una clase y la menor en el resto de la clase (aprendizaje de reglas). Se buscan regiones juntas.

Hipótesis consistente: Representa perfectamente a todos los datos de entrenamiento.

**Aprender árboles de decisión.**

La inducción de árboles de decisión es uno de los métodos más sencillos y con más éxito para construir algoritmos de aprendizaje.

**Árboles de decisión como herramienta de desarrollo:**

- Un árbol de decisión representa una función que toma como entrada un objeto o una situación descrita a través de un conjunto de atributos (en forma de vector) y devuelve una "decisión", el valor previsto de la salida dada la entrada. Los atributos de entradas y salida pueden ser discretos o continuos. Al trabajar con métodos estadísticos es capaz de tratar el ruido y además los clasificadores aprendidos son fácilmente interpretables.
- Atributos: discreto o continuos.
- Salida:
  - o **Discreta:** clasificación. Aprender una función de valores discretos (ejemplo: positivo y negativo).
  - o **Continua:** regresión. Aprender una función de valores continua (ejemplo: la altura).
- Cada nodo corresponde con un test sobre el valor de una de las propiedades, y las ramas que salen de cada nodo están equilibradas con los posibles valores de dicha propiedad.
- Cada nodo hoja representa el valor que ha de ser devuelto si dicho nodo hoja es alcanzado.

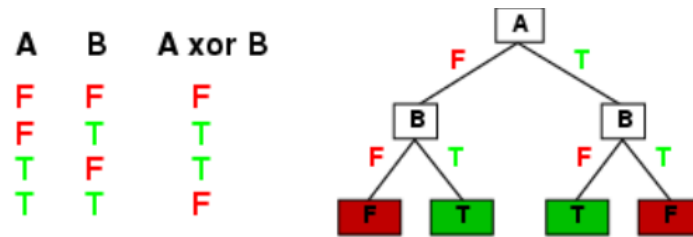
Ejemplos positivos y negativos:

- Los ejemplos positivos son aquellos en los que la meta esperar es verdadera ( $X_1, X_3, \dots$ ).
- Los ejemplos negativos son aquellos en los que es falsa ( $X_2, X_5, \dots$ ).
- El conjunto de ejemplos completo se denomina conjunto de entrenamiento.

### Expresividad de los árboles de decisión.

Los árboles de decisión pueden expresar cualquier función a partir de los atributos de entrada.

Por ejemplo, para funciones Booleanas, cada fila de la tabla de verdad se traslada a un camino del árbol:



De forma trivial, hay un árbol de decisión consistente para cualquier conjunto de entrenamiento con un camino asociado a cada ejemplo, pero seguramente no será bueno para generalizar nuevos ejemplos.

Es preferible encontrar árboles de decisión más compactos.

### Inducción de árboles de decisión:

Herramienta general para una primera inspección de los datos, una estructura en árbol basada en una partición sobre el espacio de estados, en función de las variables se va particionando el espacio.

Todos los árboles se pueden traducir a un conjunto de reglas, pero no al revés.

Múltiples formas de inferir el árbol:

- **Trivial:** se crea una ruta del árbol por cada instancia de entrenamiento. Una forma trivial de crear un árbol es generar ejemplos, capacidad de generalización nula, así que esta solución no es buena.
  - o Árboles excesivamente grandes.
  - o No funcionan bien con instancias nuevas.
- **Optimo:** el árbol más pequeño posible compatible con todas las instancias (navaja de Ockham). Representa mejor los datos.
  - o Inviabile computacionalmente.
- **Modelo final:** Pseudo-otimo (heurístico): selección del atributo en cada nivel del árbol en función de la calidad de la división que produce. Se basa en usar métodos de escalada, buscas en cada partición que el árbol sea lo más pequeño posible con una heurística.
  - o Los principales programas de generación de árboles utilizan procedimientos similares.

Elección de atributos.

- Idea: un buen atributo debería dividir el conjunto de ejemplos en subconjuntos que sean o "todos positivos" o "todos negativos".



DTL:

- Núcleo de árboles de decisión, es un esquema genérico que va reduciendo el conjunto de ejemplos hasta que es vacío y se usa "default", proceso recursivo en el que se elige el mejor atributo y se van eligiendo variables hasta que se acaban y se aplican las condiciones dadas.
- ¿Qué heurística me permite decidir que variables voy cogiendo?: Elegir el atributo que más separe entre las clases, entre 0 y 10 mejor que entre 1 y 9.

```

function DTL(examples, attributes, default) returns a decision tree
  if examples is empty then return default
  else if all examples have the same classification then return the classification
  else if attributes is empty then return MODE(examples)
  else
    best ← CHOOSE-ATTRIBUTE(attributes, examples)
    tree ← a new decision tree with root test best
    for each value vi of best do
      examplesi ← {elements of examples with best = vi}
      subtree ← DTL(examplesi, attributes − best, MODE(examples))
      add a branch to tree with label vi and subtree subtree
    return tree

```

1. No quedan ejemplos: valor por defecto calculado a partir de la mayoría en el nodo padre.
2. Todos los ejemplos son positivos o negativos.
3. No quedan atributos: voto de la mayoría de los ejemplos que quedan.
4. Quedan ejemplos positivos y negativos.

Elección de los atributos de test.

- Un atributo perfecto divide los ejemplos en conjuntos que contienen solo ejemplos positivos o negativos.
- Definir una medida de atributo "bastante adecuado" o "inadecuado".

$$I(P(v_1), \dots, P(v_n)) = \sum_{i=1} -P(v_i) \log_2 P(v_i)$$

- Para un conjunto de entrenamiento que contenga  $p$  ejemplos positivos y  $n$  ejemplos negativos.

$$I\left(\frac{p}{p+n}, \frac{n}{p+n}\right) = -\frac{p}{p+n} \log_2 \frac{p}{p+n} - \frac{n}{p+n} \log_2 \frac{n}{p+n}$$

- Intuición: Mide la ausencia de "homogeneidad" de la clasificación.
- Teoría de la información: cantidad media de información (en bits) necesaria para codificar la clasificación de un ejemplo.
- Ejemplos:

- $I([9+, 5-]) = -9/14 \times \log_2 9/14 - 5/14 \times \log_2 5/14 = 0,94$
- $I([k+, k-]) = 1$  (ausencia total de homogeneidad)
- $I([p+, 0]) = I([0, n-]) = 0$  (homogeneidad total)



## Inteligencia Artificial

Irene Muñoz

### Ganancia de información.

Entropía esperada después de usar un atributo A en el árbol:

$$\text{resto}(A) = \sum_{i=1}^v \frac{p_i + n_i}{p + n} I\left(\frac{p_i}{p_i + n_i}, \frac{n_i}{p_i + n_i}\right)$$

Ganancia de información esperada después de usar un atributo:

$$\text{Ganancia}(A) = I\left(\frac{p}{p + n}, \frac{n}{p + n}\right) - \text{resto}(A)$$

Se elige el atributo con mayor valor de G.

El criterio de ganancia tiene fuerte sesgo a favor de test con muchas salidas:

- Ratio de Ganancia:

$$RGanancia(A) = \frac{\text{Ganancia}(A)}{dINFO(A)}$$

Con

$$dINFO(A) = - \sum_{i=1}^v \frac{p_i + n_i}{p + n} \log_2\left(\frac{p_i + n_i}{p + n}\right)$$

Valoración de la calidad del algoritmo de aprendizaje.

- Un algoritmo de aprendizaje es bueno si produce hipótesis que hacen un buen trabajo al predecir clasificaciones de ejemplos que no ha sido observados.

Metodología:

- Recolectar un conjunto de ejemplos grande.
- Dividir el conjunto de ejemplos en dos conjuntos: el conjunto de entrenamiento y el conjunto de test.
- Aplicar el algoritmo de aprendizaje al conjunto de entrenamiento, generado la hipótesis h.
- Medir el porcentaje de ejemplos del conjunto de test que h clasifica correctamente.
- Repetir los pasos del 1 al 4 para conjuntos de entrenamiento seleccionados aleatoriamente para cada tamaño.

**Training test:** Sobre un conjunto grande de ejemplos se hacen dos particiones, una para crear la hipótesis (training) y el conjunto de datos restante se utiliza para probar la hipótesis (test). Una posible división sería 70% training 30% test.

Ruido y sobreajuste:

- **Ruido:** Se provoca cuando dos o más ejemplos tienen la misma descripción (en términos de atributos) pero diferentes clasificaciones, hace que la consistencia sea imposible.  
Ejemplo: se puede producir porque haya variables que falten o porque haya ejemplos en la toma de medidas.  
El ruido tiene una repercusión clara en la consistencia. No es bueno ajustarse al 100% de los datos porque la generalización en un futuro sería peor.
- **Sobreajuste:** Consiste en encontrar “regularidades” poco significativas en los datos. El problema es cuando la hipótesis se ajusta en exceso a los datos de entrenamiento. El sobreaprendizaje se produce cuando el conjunto training es del 100% de consistencia, pero el conjunto test es del 30%, la consistencia de los datos es muy buena pero la generalización es muy mala. Seguro que hay otra hipótesis que no se ajuste al 100% a los datos pero que generalice mucho mejor y en conjunto sea más eficiente.
  - o Se dice que una hipótesis  $h$  se sobreajusta al conjunto de entrenamiento si existe alguna otra hipótesis  $h'$  tal que el error de  $h$  es menor que el de  $h'$  sobre el conjunto de entrenamiento, pero es mayor sobre la distribución completa de ejemplos del problema (entrenamiento + test).

Valores perdidos:

- Es muy probable que haya datos que no tomen ningún valor. Una opción para resolver este problema es eliminar todos los datos que no tengan ningún valor, aunque en algunos problemas esta solución no me permitiría aprender y sacar una hipótesis, y otra opción sería asignar un valor probabilístico a los valores perdidos.
- Asignar el valor más común entre todos los ejemplos de entrenamiento pertenecientes al nodo.
- Asignar una probabilidad a cada uno de los posibles valores del atributo basada en la frecuencia observada en los ejemplos pertenecientes al nodo. Finalmente, distribuir de acuerdo a dicha probabilidad.

WEKA:

- Algoritmos clásicos como CART, ID3, C4.5 o CN2.
- También existen sistemas de inducción de reglas o árboles de inducción integrados en paquetes de minería de datos o aplicaciones estadísticas.
- WEKA es un conjunto de librerías JAVA para la extracción del conocimiento desde bases de datos.
- Fue desarrollado por la Universidad de Waikato bajo licencia GPL.
- WEKA contiene una gran cantidad de métodos y un entorno de experimentación para comparar el rendimiento de los algoritmos utilizando técnicas estadísticas.