

Aprender como una máquina: introduciendo la Inteligencia Artificial en la enseñanza secundaria

Learning Like a Machine: Introducing Artificial Intelligence Into Secondary Education

J. M. Calabuig, L. M. García Raffi, E. A. Sánchez Pérez
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
jmcalabu@mat.upv.es, lmgarcia@mat.upv.es, easancpe@mat.upv.es

Abstract

La inteligencia artificial está presente en el entorno habitual de todos los estudiantes de secundaria. Sin embargo, la población general —y los alumnos en particular— no conocen cómo funcionan estas técnicas algorítmicas, que muchas veces tienen mecanismos muy sencillos y que pueden explicarse a nivel elemental en las clases de matemáticas o de tecnología en los Institutos de Enseñanza Secundaria (IES). Posiblemente estos contenidos tardarán muchos años en formar parte de los currículos de estas asignaturas, pero se pueden introducir como parte de los contenidos de álgebra que se explican en matemáticas, o de los relacionados con los algoritmos, en las clases de informática. Sobre todo si se plantean en forma de juego, en los que pueden competir diferentes grupos de estudiantes, tal y como proponemos en este artículo. Así, presentamos un ejemplo muy simple de un algoritmo de aprendizaje por refuerzo (Machine Learning-Reinforcement Learning), que sintetiza en una actividad lúdica los elementos fundamentales que constituyen un algoritmo de inteligencia artificial.

Artificial intelligence is present in the usual environment of all high school students. However, the general population—and students in particular—do not know how these algorithmic techniques work, which often have very simple mechanisms and can be explained at an elementary level in mathematics or technology classes in the Secondary Education. Possibly these contents will take many years to form part of the curricula of these subjects, but they can be introduced as part of the algebra contents that are explained in mathematics, or those related to the algorithms, in the computer lectures. Especially if they are proposed in the form of a game, in which different groups of students can compete, as we propose in this article. Thus, we present a very simple example of an algorithm of teaching of reinforcement (Machine Learning-Reinforcement Learning), that synthesizes in a playful activity the fundamental elements that constitute an algorithm of artificial intelligence.

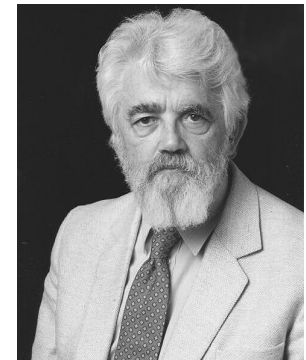
Palabras clave: Algebra, Inteligencia Artificial, Aprendizaje por refuerzo
Keywords: [Algebra](#), [Artificial Intelligence](#), [Reinforcement Learning](#)

1. Introducción

La Inteligencia Artificial se ha convertido en una de los elementos científico-técnicos más comunes a nuestro alrededor, en especial en el de los estudiantes de enseñanza secundaria. La mayor parte de los aparatos o entornos informáticos que nos rodean, que son muchos, incorporan algún algoritmo que tiene como objetivo la realización de tareas automáticas para la mejor adaptación de su funcionamiento, cambiando, de forma a veces un tanto cuestionable, su forma de actuar. Los teléfonos móviles, los portátiles, las redes sociales y otros muchos elementos de nuestro contexto cercano son capaces de aprender a partir de la información que van recogiendo durante su uso, de forma que nuestra particular forma de utilizarlos constituye una fuente de información que se emplea en el cambio de sus protocolos de respuesta.

Aunque es difícil dar una definición de lo que es la Inteligencia Artificial, dada la variedad de productos a los que se aplica esta etiqueta, podemos decir que es la utilización, por parte de un sistema, de los datos que recoge durante su uso real para aprender de ellos y adaptarse mejor a la especificidad de su contexto. Se trata pues de sistemas flexibles, que modifican sus respuestas en función de una optimización de su comportamiento. En palabras de John McCarthy, unos de los reconocidos padres de la Inteligencia Artificial, la Inteligencia Artificial es:

“The science and engineering of making intelligent machines that have the ability to achieve goals like humans do”



John McCarthy (1927-2011)

Es decir: “La ciencia y la ingeniería de hacer máquinas inteligentes que tienen la capacidad de lograr objetivos como los humanos”.

Su funcionamiento se basa en técnicas matemáticas muy variadas. Básicamente, se construyen entidades formales que incorporan procedimientos de retroalimentación, en muchos de ellos mediante el contraste de las respuestas que da el sistema con la realidad. Su implantación efectiva en teléfonos, ordenadores, páginas web u otros entornos es una cuestión tecnológica compleja, que requiere de conocimientos avanzados de programación e informática en general.

Sin embargo, entender los mecanismos básicos de su funcionamiento, como sistemas matemáticos, puede ser relativamente simple en un nivel elemental. Consideramos que, dada la proximidad de este tema a los estudiantes, puede ser interesante explicarlo como parte del contenido que se enseña, tanto en asignaturas de matemáticas como de tecnología. El objetivo de este trabajo es proporcionar una manera fácil y directa de enseñar mediante actividades prácticas los rudimentos de ciertas técnicas de Inteligencia Artificial, con el fin de permitir a los alumnos que integren este tema dentro del conjunto de las cosas cuyo comportamiento, esencialmente, entienden, y que además está relacionado con los contenidos de las asignaturas que estudian.

Aunque la aplicación de la Inteligencia Artificial en la educación se contempla desde que los ordenadores permitieron plantearse su uso generalizado en todos los aspectos de la vida (véase Gross, 1992), la enseñanza de cómo funcionan sus algoritmos en enseñanza secundaria no se ha considerado hasta hace relativamente poco tiempo (véase por ejemplo Calvo, 2020). No así en enseñanza universitaria, tema sobre el que encontramos numerosas referencias en la literatura científica (Cobos et al., 2020; Urretavizcaya y Onaindía, 2002). La intención de este trabajo es aportar una herramienta de aula para los profesores, que les permita, de forma sencilla y en forma de juego, introducir al menos la idea general de cómo funciona la Inteligencia Artificial,

presente en muchos ámbitos del entorno de los alumnos, desde los electrodomésticos hasta la programación del servicio de autobuses que los transporta, pasando por sus inseparables teléfonos móviles.

2. Aprendizaje Automático y Aprendizaje por Refuerzo

Un sistema de Inteligencia Artificial puede ser muy complejo. Sin embargo, hay ciertos rasgos elementales que comparten prácticamente todos los sistemas, como por ejemplo la alimentación dinámica con información de uso que permite cambiar los parámetros del algoritmo para que se adapte mejor, es decir, para que dé mejores respuestas a los problemas que tiene que resolver. Una de las ramas de la Inteligencia Artificial es lo que se conoce como **Aprendizaje Automático** (en inglés, *Machine Learning*). Esta rama específica permite la creación de sistemas capaces de aprender automáticamente. A su vez, dentro del Aprendizaje Automático existen tres tipos de aprendizaje (Figura 1):

- **Aprendizaje Supervisado** (en inglés, *Supervised Learning*): se proporciona al sistema una serie de preguntas (*características*) así como las respuestas (*etiquetas*) a estas preguntas de una serie de observaciones. A partir de estos datos el sistema tiene que ser capaz de predecir las respuestas de otras preguntas que no están en las observaciones dadas.
- **Aprendizaje No Supervisado** (en inglés, *Unsupervised Learning*): en este caso se proporcionan solamente las preguntas (*características*) y no hay una base de respuestas de observaciones con la que el sistema pueda comparar para hacer el aprendizaje.
- **Aprendizaje por Refuerzo** (en inglés, *Reinforcement Learning*): aquí el aprendizaje se realiza proporcionando unas recompensas (*en inglés, Rewards*) que el sistema debe maximizar.

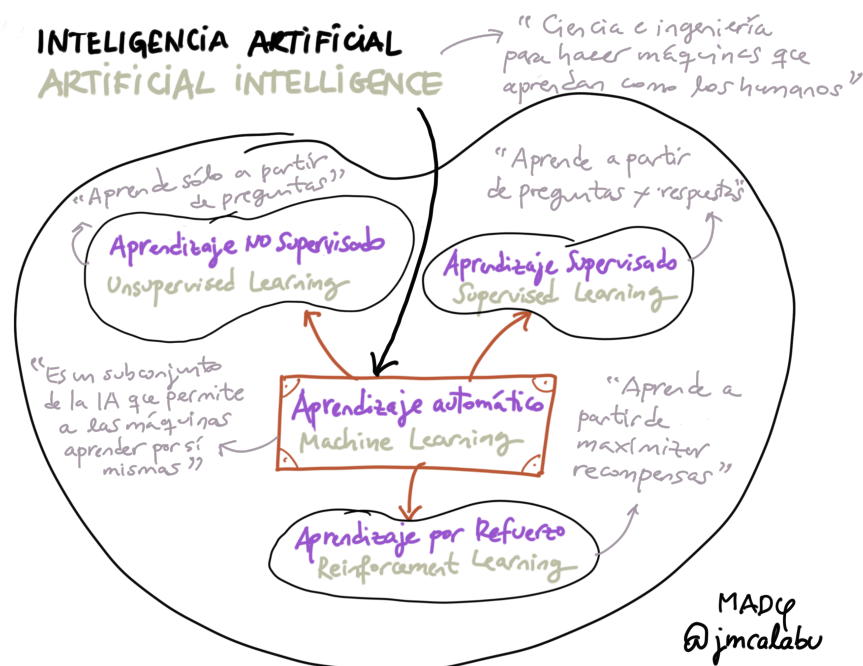


Figura 1 – Esquema Inteligencia Artificial (IA) y Aprendizaje Automático.

En nuestro caso, trabajaremos con este último tipo de aprendizaje: el Aprendizaje por Refuerzo (también llamado Aprendizaje Reforzado). En líneas generales este tipo de aprendizaje se podría presentar como (Figura 2):

Tenemos un **agente**, que es el responsable de realizar un determinado trabajo (puede ser una persona o grupo de personas, una máquina,...) y que está en un entorno desconocido. Este agente puede obtener unas **recompensas** al interactuar en un **entorno** que está formado por un conjunto, \mathcal{S} , de posibles **estados**. Más concretamente, el agente puede llevar a cabo una **acción** (dentro de un conjunto de acciones, \mathcal{A}) que le permite permanecer o cambiar de estado. Una vez ejecutada una acción el entorno devuelve una recompensa (dentro de un conjunto de recompensas, \mathcal{R}) como retroalimentación. El cómo el entorno reacciona a las acciones ejecutadas por el agente viene definido por cierto modelo que define la **función de recompensas** así como las **probabilidades de transición** entre estados.

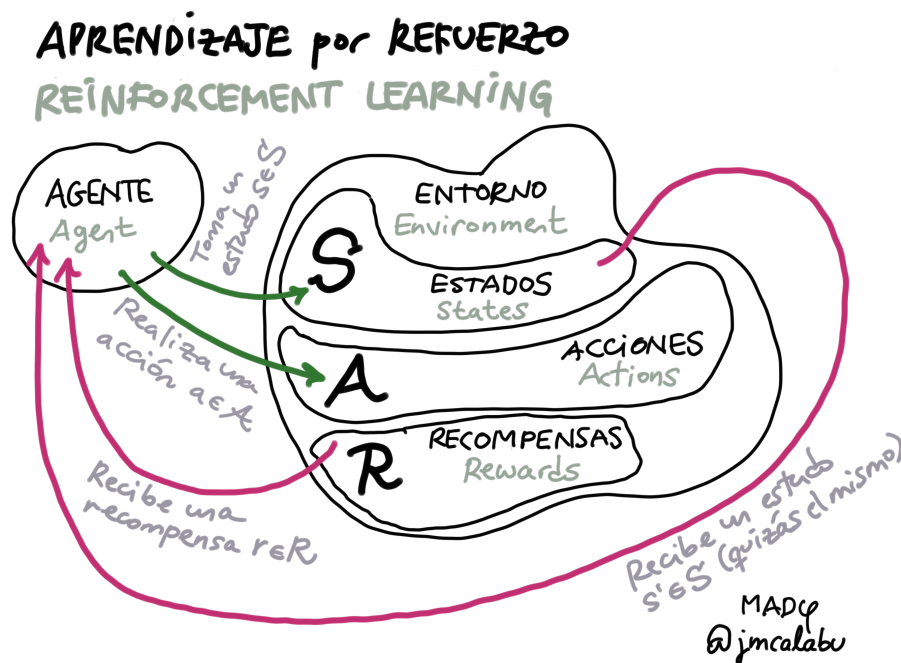


Figura 2 – Esquema Aprendizaje por Refuerzo.

En definitiva, en un sistema de Aprendizaje por Refuerzo hay que identificar los siguientes elementos:

- **Agente:** encargado de realizar las acciones,
- **Estados:** conjunto de estados posibles (\mathcal{S}) por los que transita el agente,
- **Acciones:** conjunto de acciones posibles que puede realizar el agente (\mathcal{A}),
- **Recompensas:** conjunto de posibles recompensas (\mathcal{R}) así como la función que las proporciona al agente, y
- **Función de cambio de estado.**

Veamos con un primer ejemplo cómo se identifican los distintos elementos en el esquema de un sistema de Aprendizaje por Refuerzo.

Ejemplo (El juego de los barquitos). *El conocido juego de los barquitos —también llamado Batalla naval o Hundir la flota—, que se hace con una cuadrícula de 10×10 , responde a un esquema de Aprendizaje de Refuerzo. Recordemos que en este juego el objetivo es encontrar una distribución de barcos de diferentes tamaños en dicha cuadrícula que se disponen en horizontal o vertical y de manera que dos barcos distintos no pueden tocarse. El número de barcos a descubrir es: 1 que ocupa 4 casillas, 2 que ocupan 3, 3 que ocupan 2 y 4 que ocupan una única casilla. Nuestro objetivo es enseñar a un robot a jugar.*

Los elementos de nuestro sistema serían:

- **Agente:** el robot,
- **Estados:** el conjunto de las 10×10 cuadros que hay en la hoja donde el robot anotaría las respuestas —en este caso en su memoria—,
- **Acciones:** conjunto formado por las parejas de coordenadas del tablero —que se suelen nombrar del 1 al 10, las filas y de la A a la J, las columnas— y que el robot puede ir seleccionando —irían desde A1 hasta J10—,
- **Recompensas:** hay 3 recompensas posibles: agua —si no hay porción de barco—, tocado —si hay un trozo de barco en la casilla seleccionada— y hundido —si, además de haber trozo de barco, éste es el último trozo de dicho barco—.
- **Función de cambio de estado.** En este caso siempre se cambia de estado pero la elección del nuevo estado depende de la recompensa obtenida al realizar la acción.

3. El juego del aprendizaje automático: cómo cruzar una pasarela sin barandillas en una noche sin luna

El juego se contextualiza de la siguiente forma:

En una noche oscura, un grupo de estudiantes pretende cruzar una pasarela sobre un arroyo que no tiene barandillas. Se trata de cruzar la pasarela tanteando. Deciden enviar a uno de ellos, que va provisto de un reloj inteligente y va registrando los pasos que va dando junto con su calificación de la situación una vez ha dado cada paso. Cuando cae, otro del grupo vuelve a empezar; pero este nuevo estudiante tiene almacenado en su reloj los datos del estudiante anterior de manera que puede utilizar la información aportada y a su vez aportando también su experiencia a la base datos. La pasarela se cruza con 7 pasos y gana el primero que llega al final de la pasarela.

3.1. El movimiento básico

En la terminología del Aprendizaje por Refuerzo el grupo de estudiantes es el **agente** (que está formado por los estudiantes). El conjunto de las **acciones** son los tres movimientos posibles: el estudiante puede avanzar hacia la izquierda (I), hacia el centro (C) o hacia la derecha (D).

El movimiento se hace de la siguiente manera: Cada vez que un estudiante empieza a cruzar la pasarela, se sitúa en el centro y empieza a avanzar (como hemos dicho lo puede hacer a la izquierda, al centro o a la derecha). Para ello tiene que decidir entre dos opciones que resultan de tirar un dado dos veces:

$$1 \text{ ó } 4 \mapsto \text{I} \quad 2 \text{ ó } 5 \mapsto \text{C} \quad 3 \text{ ó } 6 \mapsto \text{D}.$$

Si sale el mismo tipo de secuencia de números —por ejemplo (1, 1), (1, 4) o (4, 1) que corresponderían a avanzar hacia la izquierda— se repite la tirada (Figura 3).

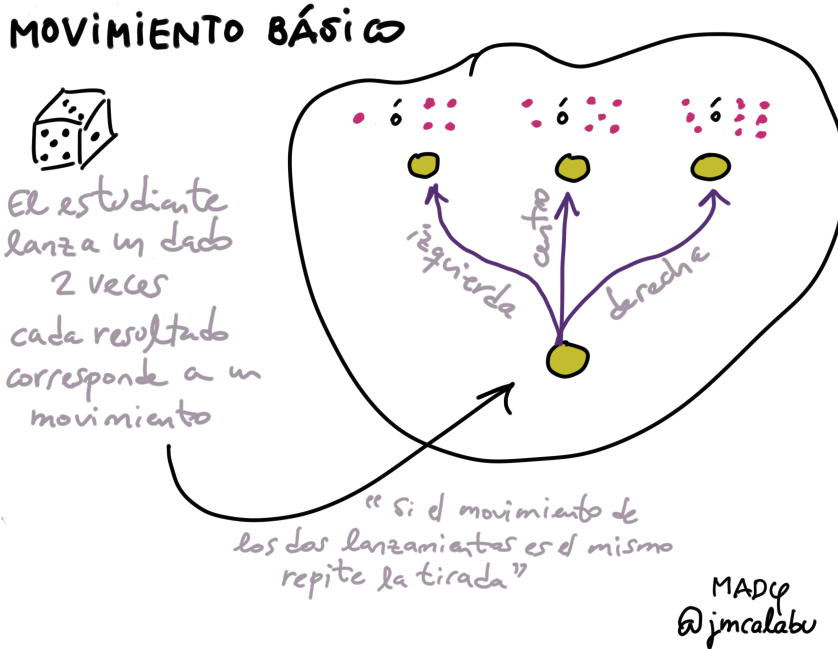


Figura 3 – Movimiento básico del juego.

Una vez tiene los dos posibles movimientos el estudiante mira su reloj que le da las probabilidades que tiene almacenadas de cada uno de los dos movimientos. Si el reloj no le da las probabilidades es que ese dato no existe en la base de datos y por lo tanto los dos movimientos tendrían la misma probabilidad (de 0.5). El estudiante se mueve y el reloj, usando su GPS, proporciona una calificación (esto es, una probabilidad) al nuevo estado según esta regla: si está en el centro del puente, le da una calificación de 1, y si está al lado derecho o al izquierdo, de 0.66. Si cae al agua, sale del juego, y la calificación sería de 0 (Figura 4).

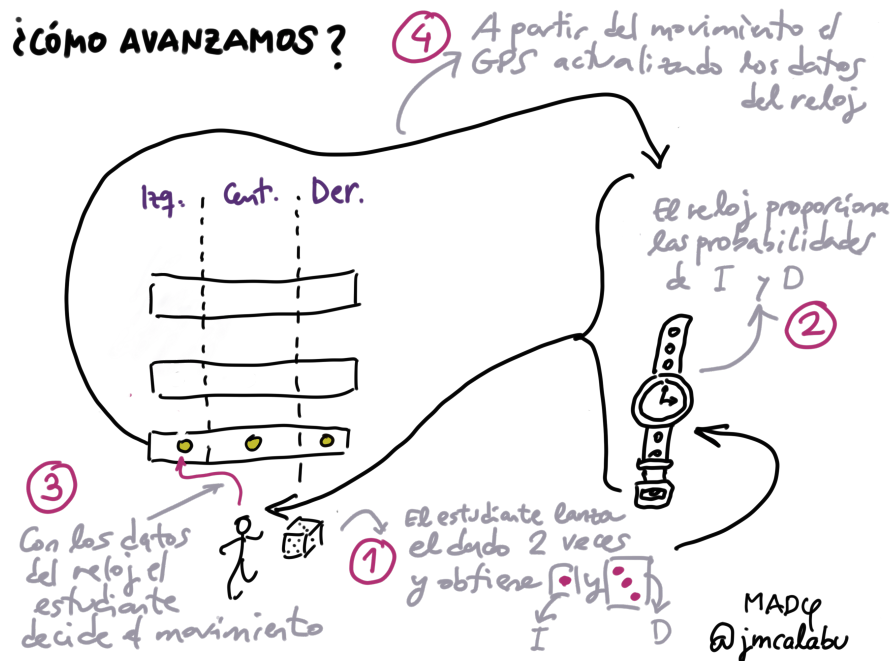


Figura 4 – Algoritmo de decisión del movimiento.

En otras palabras, la función de **recompensas** tendría cuatro valores posibles: 0 si el estudiante cae al agua, 0.5 cuando no hay datos en el reloj, 0.66 si el estudiante está en uno de los laterales (derecho o izquierdo) del puente y 1 si está en el centro del puente.

Finalmente, en cada uno de los 7 niveles de la pasarela los **estados** posibles se representan mediante una sucesión. Por ejemplo en el primer nivel (que sería el primer paso del estudiante) los posibles estados serían: I, C o D. En el segundo nivel serían II, IC, ID, CI, CC, CD, DI, DC, DD. Y así sucesivamente. Cada uno de estos estados tiene asociada una calificación que permite al estudiante ir tomando las decisiones de paso de un estado a otro.

3.2. Ejemplo

Como suele suceder con algunos algoritmos, es más fácil comprender cómo funcionan a partir de un ejemplo concreto. Empezamos el juego.

El primer estudiante.

Paso 1. El primer estudiante se sitúa en la casilla central de salida, y tira el dado. Sale primero un 1 y luego un 3, de forma que las opciones posibles son: avanzar a la izquierda o a la derecha. Como reloj no tiene información registrada las dos opciones tiene un valor 0.5, de manera que el estudiante elige, al azar, la primera opción y avanza a la izquierda (I). Una vez hecho esto, el reloj a través de su GPS, se da cuenta de que está en un lado de la pasarela, y le asigna a la posición la calificación de 0.66.

Paso 2. El dado da el valor 4 en primera tirada y 1 en la segunda. Como en los dos casos habría que avanzar a la izquierda, tira otra vez el dado, y da 2. Es decir, la primera opción es ir a la izquierda, y la segunda, ir al centro. El reloj no tiene tampoco datos con lo que el estudiante, de nuevo al azar, avanza a la izquierda. El resultado es que cae al agua, y tiene que salir del juego. El GPS actualiza entonces los datos del reloj asociando a II la calificación de 0.

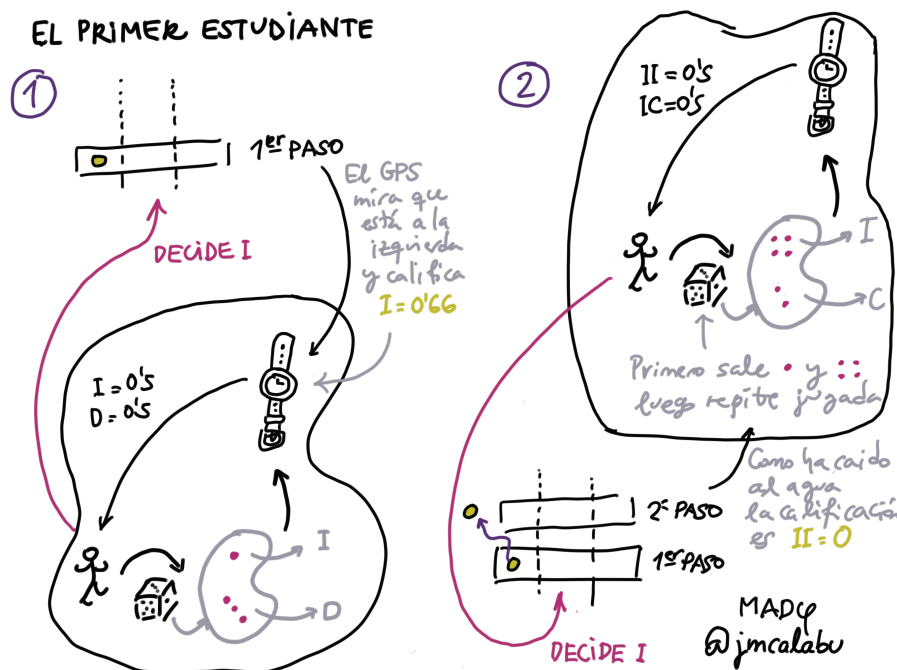


Figura 5 – Pasos del primer estudiante.

El segundo estudiante. En este momento todas las calificaciones que proporciona el reloj son iguales a 0.5 salvo las dos que ha proporcionado el GPS tras las elecciones del primer estudiante: $I = 0.66$ e $II = 0$.

Paso 1. El segundo estudiante empieza a cruzar la pasarela. Los dados dan las opciones C y D. Como ambas tienen la misma calificación el primer paso se elige al azar: el estudiante elige la opción C, avanza y entonces el GPS actualiza la calificación de dicha opción que pasa de ser 0.5 a 1. En definitiva ahora: $C = 1$.

Paso 2. El estudiante tira de nuevo el dado dos veces, dando las opciones I y D. Como las acciones CI y CD no han sido calificadas tienen el valor de 0.5 y el estudiante, al azar elige CI. Una vez dado el paso, el GPS detecta que el reloj está en un lateral de la pasarela (la izquierda en este caso) con lo que actualiza el valor de dicho camino: $CI = 0.66$.

Paso 3. Como antes, en este caso el dado, da los valores C y D. Eligiéndose al azar el camino CIC. El GPS detecta que el reloj está de nuevo en un lateral de la pasarela y califica entonces valor de este camino: $CIC = 0.66$.

Pasos 4, 5 y 6. Imaginemos que los tres siguientes caminos: son CICD (que es calificado como $CICD = 1$), CICDD (que es calificado como $CICDD = 0.66$) y finalmente CICDDD (que es calificado como $CICDDD = 0$). Este último camino provoca que el estudiante caiga al agua y finalice su participación en el juego (Figura 6).

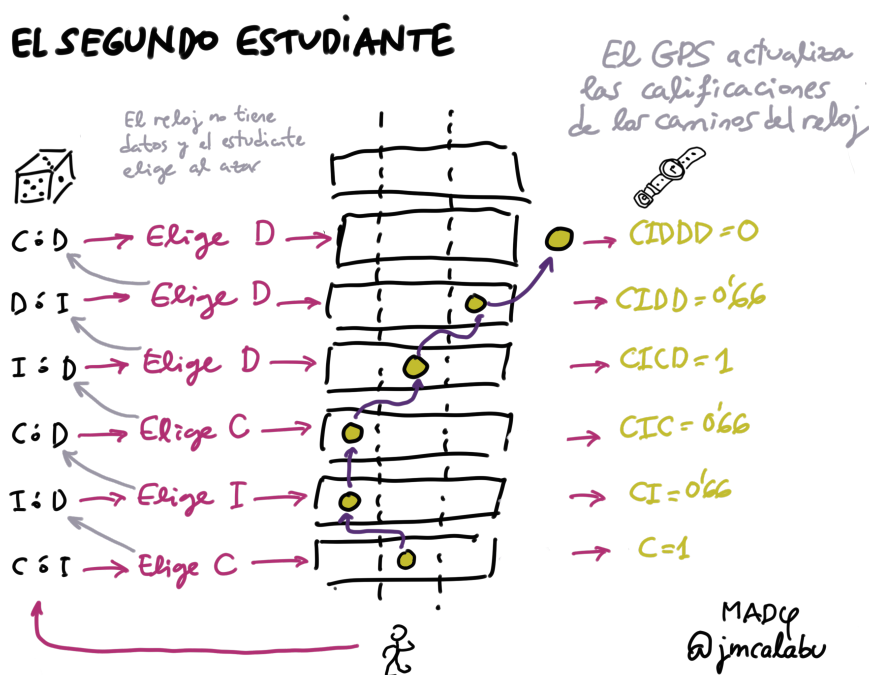


Figura 6 – Pasos del segundo estudiante.

El tercer estudiante. Nótese que, hasta este momento, no se ha podido utilizar las calificaciones almacenadas en los relojes. A partir de ahora, sin embargo, este estudiante utilizará esa información continuamente (Figura 7).

Paso 1. Cuando este tercer estudiante empieza a cruzar la pasarela en el primer paso el reloj ya tiene almacenadas dos de las calificaciones ($I = 0.66$, $C = 1$) siendo la tercera

$D = 0.5$. Al lanzar el dado obtiene I y C y como C tiene mayor calificación, avanza por el centro. Obsérvese que aquí el GPS no necesita actualizar la calificación de este camino porque ya está almacenado en el reloj.

Paso 2. En la segunda tirada obtiene I y D. La calificación de CI es conocida (es 0.66) mientras que de CD no se conoce (es decir su valor es 0.5). Como CI tiene mayor calificación se elige este camino (y no es necesario que el GPS almacene la calificación).

Paso 3. Igualmente, si en la siguiente tirada se obtiene I y C se tienen la opción CII que no tiene calificación (es entonces 0.5) y CIC que si la tiene. Al ser ésta última 0.66 se selecciona.

Paso 4. Se sigue avanzando al cuarto paso, y obtiene las opciones I y C, cuyos caminos asociados CICI y CICC que no están calificados; se elige, al azar, el primero CICI y el estudiante cae al agua. Y en consecuencia el GPS actualiza el valor de ese camino en el reloj: CICI = 0.

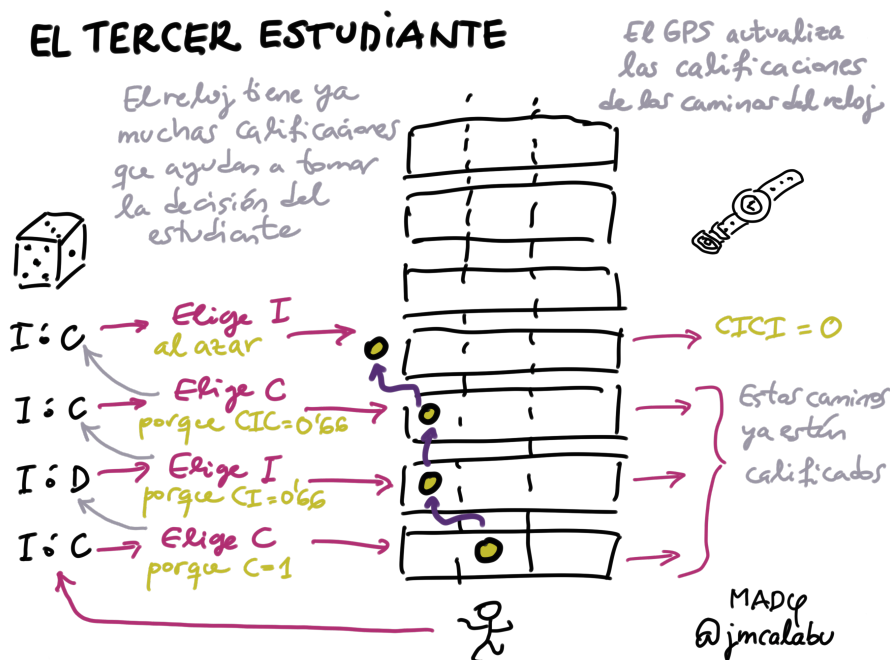


Figura 7 – Pasos del tercer estudiante.

En este sentido, volvemos a destacar aquí que, aunque el tercer estudiante ha caído al agua en el cuarto paso (mientras que el segundo había llegado hasta el sexto) éste ha utilizado la experiencia aprendida por el sistema en tres de sus pasos. Por otra parte el único resultado de experiencia aportado por este tercer estudiante ha sido la calificación nula del último camino (Figura 7).

Finalizamos esta sección proponiendo una versión, posiblemente más divertida. Se trata de usar el juego de manera que compitan dos equipos. En este caso, se supone que cada grupo ha saboteado previamente la pasarela que tiene que cruzar el otro grupo, haciendo tres agujeros en su recorrido, pero de forma que no puede haber ningún paso que tenga más de un agujero. De los dos equipos, gana el que cruza el puente el primero.

4. Comentarios finales sobre la aplicación en el aula

Aunque el juego es en sí bastante simple, al menos en su versión inicial, su ejecución en el aula puede resultar un poco confusa, al igual que sucede con muchas de las actividades de aula. El problema habitualmente es que los estudiantes entiendan globalmente el proceso, sin dejarse llevar por los pasos técnicos concretos que es necesario dar para avanzar en el juego.

Por eso, es necesario que, cada vez que se avanza en el proceso, el profesor recapitule y explique, en el contexto de la inteligencia artificial, qué papel juega el paso que se está ejecutando, y qué sentido tiene en el procedimiento global. Esto también pueden hacerlo los propios estudiantes. Para ello, se pueden destacar las bases conceptuales explicadas en la introducción, insistiendo en que todas ellas son relevantes para la construcción y uso de la inteligencia artificial.

El éxito en el aprendizaje, como siempre que se realiza una experiencia de este tipo, dependerá de la implicación de los estudiantes, con lo que es muy importante que la actividad mantenga su naturaleza lúdica y colaborativa.

Referencias

- 
Calvo J. (2020).
Hay que enseñar Inteligencia Artificial desde los primeros niveles educativos.
 Educación 3.0
<https://www.educaciontrespuntocero.com/entrevistas/ensenar-inteligencia-artificial-niveles-educativos/>
- 
Cobos M., R-Moreno M.D., Barrero D.F. (2020).
R2P2: Un simulador robótico para la enseñanza de Inteligencia Artificial.
 Actas de las Jenui 5, 285–92.
- 
Gross B. (1992).
La inteligencia artificial y su aplicación en la enseñanza.
 Comunicación, lenguaje y educación 4(13), 73–80.
- 
Weng L. (2018).
A (Long) Peek into Reinforcement Learning.
<https://lilianweng.github.io/lil-log/2018/02/19/a-long-peek-into-reinforcement-learning.html>
- 
Urretavizcaya M., Onaindía E. (2002).
Docencia Universitaria de Inteligencia Artificial.
 Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial 6(17), 23–32.