

---

# Sugerencias para la enseñanza tomando en cuenta métodos de aprendizaje mecánico de la inteligencia artificial

Ileana Alpízar\*

---

*En este artículo se analizan algunos métodos de aprendizaje mecánico utilizados en el área de la Inteligencia Artificial, para hacer un planteamiento sobre el tipo de enseñanza en las aulas, tomando en cuenta los distintos métodos de aprendizaje que tienen los estudiantes.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) tiene como fin desarrollar una teoría de la inteligencia que tome en cuenta el comportamiento de entes inteligentes naturales para guiar la creación de entes artificiales, capaces de comportamiento inteligente. La llamada línea «dura» de la IA pretende reproducir todas las capacidades cognoscitivas del ser humano con una autonomía absoluta. La línea «suave» intenta reproducir alguna capacidad cognoscitiva, no todas. En ambos enfoques se reconoce que las capacidades humanas son la principal inspiración para la IA; los métodos de aprendizaje no son la excepción. En este artículo, sin embargo, se saca provecho de seguir la dirección contraria, pues se analizan algunos métodos de aprendizaje utilizados en la Inteligencia Artificial para luego replantear algunos métodos de enseñanza que se utilizan en las aulas, de donde luego se sugieren algunas ideas nuevas. Estas sugerencias se hacen tomando en cuenta que los grupos de estudiantes son heterogéneos de acuerdo a sus capacidades de aprendizaje y que, de acuerdo al tema por enseñar, el método de enseñanza debería variar.

Debido a la experiencia y al interés de la autora,

---

\* Licenciada en Computación de la Universidad de Costa Rica. Profesora de la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática en la U.C.R. Correo electrónico: ialpizar@cariari.ucr.ac.cr

el aprendizaje humano al que se refiere este artículo es principalmente el que realizan los estudiantes en aulas universitarias para aprender disciplinas relacionadas con matemática aplicada. Este tipo de aprendizaje humano es el que se relaciona con los métodos de aprendizaje mecánico que se tratan aquí.

## 2. APRENDIZAJE MECÁNICO

En el campo de la Inteligencia Artificial los sistemas basados en conocimiento (o sistemas expertos, como se les conocía anteriormente) son aquellos sistemas computacionales que, utilizando razonamiento neuronal (redes neuronales), razonamiento simbólico (cálculo de predicados, redes semánticas, marcos, etc.) o una combinación de ambos, resuelven tareas muy específicas en dominios de aplicación particulares. Estos sistemas usan una base de conocimiento que incluye, entre otras, una representación del conocimiento del dominio de aplicación del sistema. Esta base de conocimiento debe ir cambiando de acuerdo con la experiencia que el sistema acumule, para que se mejore la capacidad de razonamiento del sistema y para que el sistema refleje con más exactitud y precisión los objetos y relaciones de su dominio de aplicación. A este cambio en la base de conocimiento se le conoce como aprendizaje mecánico. Podría decirse que, en última instancia, el aprendizaje mecánico es, básicamente, aprendizaje para clasificar objetos y situaciones, y así determinar si forman parte o si afectan el dominio de aplicación del sistema. Ejemplos de objetos o situaciones que enfrenta un sistema basado en conocimiento son: un obstáculo para un robot, un trozo de lenguaje escrito o hablado, una serie de circunstancias que conforman cierto ambiente, etc. Por eso, para un sistema basado en conocimiento, el aprendizaje mecánico se puede definir como el cambio que se logra en la representación

computacional de la realidad a utilizar con el fin de mejorar tanto el desempeño del sistema como el reflejo que éste ofrece del mundo de los objetos y las relaciones entre ellos. [Genesereth], [De la Ossa].

Existen varios métodos para realizar aprendizaje mecánico; aquí se toman en cuenta dos: el aprendizaje basado en ejemplos (a partir de muchos ejemplos se obtiene la capacidad de decidir cuándo un caso es o no un ejemplo del concepto aprendido) y el aprendizaje basado en generalización (con un ejemplo y usando conocimiento sobre el dominio se induce una regla general, o sea, se construye una formulación general del concepto a aprender).

### *2.1 Aprendizaje mecánico basado en ejemplos (o basado en similitud)*

En este método al sistema se le presenta una serie de ejemplos, o sea, datos sobre esos ejemplos, que se presume son relevantes para el concepto en cuestión. Una vez que el sistema conoce, asimila o "aprende" los ejemplos que se le presentan, los utiliza como guía al momento de "razonar" para decidir si un nuevo caso constituye o no un ejemplo. La idea es que el sistema busque entre los ejemplos asimilados con anterioridad aquel que muestre mayor similitud con el caso que se le presenta para ser clasificado.

Nótese que la escogencia de los datos para caracterizar los ejemplos que se le presentan al sistema debe hacerse de una manera muy cuidadosa pues debe reflejar de manera clara el concepto que se aprende. Además, se espera que ese conjunto de datos se pueda ir refinando de acuerdo con los resultados que se van obteniendo.

Este tipo de aprendizaje contrasta con el inductivo, en el que el aprendizaje por ejemplos no requiere de un concepto que se construya a partir de los ejemplos.

### *2.2 Aprendizaje mecánico basado en generalización a partir de un ejemplo*

Este tipo de aprendizaje consiste en la formulación de una regla o concepto general a partir del análisis de un solo ejemplo. El proceso es así: luego de analizarse un único ejemplo en términos del conocimiento del dominio y del concepto, se construye

una explicación de cómo el ejemplo satisface la definición del concepto, se formula una definición general del concepto con base en las características del ejemplo identificadas por la explicación y se produce una justificación deductiva para la definición anterior.

De acuerdo con Mitchell [MITCHELL] el sistema que implementa este método de aprendizaje necesita lo siguiente:

- El concepto meta. Éste define el concepto que debe ser adquirido. Por ejemplo, si se desea que un sistema basado en conocimiento aprenda a reconocer pares de objetos (x, y) en donde "x" se puede apilar sobre "y" de manera segura, el concepto meta debe ser definido en términos de frágil, ligero, pesado, etc.
- El ejemplo de entrenamiento. Debe ser un ejemplo positivo del concepto meta. Por ejemplo (caja, mesa).
- La teoría del dominio. Incluye un conjunto de reglas y hechos que permiten explicar cómo ejemplos de entrenamiento son miembros del concepto meta.
- El criterio de operacionalidad. Define los términos en los cuales el concepto de salida, o concepto final debe ser expresado. La idea es que, al expresarse de nuevo el concepto meta en esos términos, lo hará operacional respecto a la tarea de reconocer eficientemente ejemplos del concepto. Si este criterio no se especificara, el concepto meta inicial estaría siempre correcto y no habría nada que el sistema necesitara aprender.

En esta lista es importante notar que, inicialmente, se requiere de una definición del concepto descrita en términos que son parte del dominio, pero que no son ni los que se utilizan para describir el ejemplo, ni son aquellos con los que se construirá la definición final del concepto.

## **3. APRENDIZAJE HUMANO**

De acuerdo con el enfoque que se aplique, el aprendizaje humano puede caracterizarse de distintas maneras: puede verse como una simple asociación que permite una reacción a partir de un estímulo (conductismo); como un proceso mental complejo

que, a partir de una percepción de la realidad que se «filtra» de acuerdo con la visión particular del mundo del individuo, produce una nueva «visión» global del mundo, la que encaja siempre dentro de un todo (la Gestalt); como el entrenamiento de una red de neuronas (conexionismo); etc. Nótese que, aunque aquí el aprendizaje se está tratando como un proceso propio de quien aprende, en realidad se hace necesario incluir muchas veces a la persona que enseña, de manera que el proceso se convierte en un proceso de enseñanza-aprendizaje (como ocurre con el aprendizaje mecánico, en el que no es posible separar los dos procesos). Sin embargo, dado el contexto de este artículo, y en lo que se refiere a procesos humanos, se tratarán en forma separada los procesos de aprendizaje de los de enseñanza.

En este artículo no se pretende abarcar toda la teoría relativa a aprendizaje humano, sino sólo aquella que se relacione con los métodos de aprendizaje mecánico que se discuten. Por eso es válido considerar aquí el aprendizaje humano *como un proceso para adquirir métodos de categorización o conceptos*. Al respecto, Bruner dice que las personas forman sus conceptos usando información sobre los atributos que definen la membresía en una categoría. [Benjafield].

En cuanto al método para lograr el aprendizaje, la psicología cognoscitiva define tradicionalmente dos tipos: el aprendizaje implícito, como aquel en el que el método consiste en que el individuo observa varios ejemplos de un determinado concepto sin que medie una explicación del concepto. La persona no llega a comprender el concepto de manera clara, pero es capaz de reconocer aquellos casos que lo cumplan. El otro tipo de aprendizaje explícito, que es aquel en el que antes de la observación de los ejemplos se tiene una explicación del concepto. [Benjafield]

En el *aprendizaje implícito* el conjunto de atributos recurrentes constituye el conjunto de características que define el concepto. Lo que ocurre en este tipo de aprendizaje es que la persona se enfrenta a una serie de casos que son ejemplo del concepto a aprender. Cuando se le presenta un nuevo caso, se supone que la persona recuerda los ejemplos de alguna manera y así decide si ese caso pertenece o no al concepto que se aprende. Se cree que lo que la persona realiza es

un proceso de abstracción al incluir los atributos recurrentes y excluir los no recurrentes. Este proceso parece ser inconsciente, lo cual es muchas veces positivo ya que el concepto se "automatiza", sin comprenderse, para ser aplicado inmediatamente. Esta automatización de conceptos asegura, y ha asegurado desde hace mucho, la supervivencia humana en muchas circunstancias. Por ejemplo, las personas evaden de manera automática tocar cualquier cosa que perciban como muy caliente, porque después de algunos ejemplos de quemaduras asociaron de forma automática el calor con las quemaduras.

Con el *aprendizaje explícito* se dice que es necesario que medie la conciencia de manera que se dé una comprensión consciente del concepto. Una ventaja de este tipo de aprendizaje, sobre el aprendizaje implícito, es que, una vez comprendido el concepto, es posible pensar en situaciones relacionadas con dicho concepto y aplicar variantes a su solución.

Si lo que interesa es que se den soluciones inmediatas, el aprendizaje implícito es más eficiente. Pero para el largo plazo parece ser que el conocimiento explícito es el más indicado.

La manera en la que el aprendizaje implícito trabaja, así como la manera en la que puede ser enriquecido con el aprendizaje explícito, puede aclararse más con el siguiente ejemplo: muchos niños le han dicho "perro" a la primera "vaca" que observan, por el simple hecho de que el único animal cuadrúpedo al que están acostumbrados a ver es el perro. Si otra persona le "explica" al niño que ese animal es diferente a un perro, porque tiene cuernos, es más grande, etc. (aprendizaje por explicación), el niño comprenderá, pero necesitará más ejemplos de vacas porque al primer toro, venado, o similar, le dirá "vaca". Si no se le explica, agregará este nuevo ejemplo a sus perros.

## **4. ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN LAS AULAS**

### *4.1 Métodos de aprendizaje*

Si se tiene la experiencia de dar clases, se puede notar que los métodos de aprendizaje que tienen los estudiantes no coinciden siempre con los métodos

que usualmente se describen en la psicología cognoscitiva (implícito y explícito).

Relacionado principalmente con la enseñanza de matemática aplicada, y siempre entendiendo el aprendizaje como un proceso para adquirir métodos de categorización o conceptos, se pueden agregar los siguientes métodos de aprendizaje observados en los estudiantes:

a) El estudiante observa una serie de ejemplos bien escogidos por el profesor. Luego de esto, el estudiante no sólo ha logrado adquirir la capacidad de reconocer casos que pertenecen al concepto (aprendizaje implícito), sino también ha podido construir correctamente una definición del concepto (aprendizaje inductivo). Para tratar de comprender cómo trabaja este método, puede pensarse en que los estudiantes que lo utilizan tienen de alguna manera cierta capacidad que les permite descubrir fácilmente las relaciones entre los datos que van observando. Esta capacidad podría deberse a que el estudiante está muy familiarizado con algunas estructuras básicas de conocimiento que de alguna manera ha aprendido e internalizado (acaso automatizado con aprendizaje implícito). Cuando analiza ejemplos lo que hace el estudiante es completar y, a veces, modificar la estructura que inconscientemente «activó».

Con este método los conceptos son, por lo general, adquiridos de manera muy rápida. Sin embargo, un problema grave que puede darse es que el estudiante maneje un esquema de estructuras muy rígido y trate de calzar siempre lo que percibe con alguna estructura interna. Es decir, adapta siempre las nuevas realidades a las conocidas.

Nótese que aquí no hay intervención del profesor para dar una explicación del concepto, por lo que no puede hablarse del método explícito. El mismo estudiante es quien induce el concepto a partir de ejemplos.

b) Un segundo método es aquel en el que el estudiante siempre necesita adquirir alguna estructura antes de que comience a observar ejemplos. No necesariamente necesita de una explicación del concepto, pero sí de alguna guía inicial que le dé un

contexto en donde ubicarse para que los ejemplos que observe tengan sentido. Por lo general, si esta estructura o guía no se tiene, los ejemplos no servirán de mucho. Nótese que el método explícito también debe ser utilizado por este tipo de estudiante.

Este método puede parecer muy ineficiente ya que al principio se hace lento. Sin embargo, tiene la ventaja sobre el anterior de que el estudiante siempre está abierto a nuevos conceptos por no tener estructuras implícitas en las que debe «organizar» el conocimiento que recibe.

c) La mayoría de los estudiantes, dependiendo del tipo de concepto que se aprende, utilizan una combinación de métodos entre el implícito, el explícito y los dos métodos descritos anteriormente.

#### *4.2 Métodos de enseñanza*

Cabe ahora presentar los métodos de enseñanza más comúnmente utilizados por los profesores, aparte de aquellos dirigidos a los métodos de aprendizaje implícito y explícito. Es importante mencionar aquí que una gran cantidad de profesores por lo general no toma en cuenta los métodos de aprendizaje de sus estudiantes para decidir cuál método de enseñanza utilizar.

a) Un método es aquel en el que el profesor decide mostrar a sus estudiantes una serie de casos que pertenecen a un concepto que desea enseñar sin presentarlo en forma explícita. El profesor espera que los estudiantes induzcan el concepto por ellos mismos. Si se realiza una prueba preguntando explícitamente por el concepto, la mayoría de los estudiantes no lo habrá asimilado. Únicamente los estudiantes que tienen el método de aprendizaje a), mencionado en la sección anterior, lo habrán asimilado. Sin embargo, si a los estudiantes se les presenta un caso nuevo, similar a varios de los presentados y que, además, es ejemplo del concepto, la mayoría lo reconocería. El profesor espera "aprendizaje inductivo", pero el estudiante realiza "aprendizaje por ejemplos", similar al método en IA.

b) Para este otro método, el profesor expone un problema, el cual resuelve con ayuda de los estudiantes, explicando tanto las características del problema como las de la solución. En estas

circunstancias el estudiante comienza a comprender el concepto, pero, por lo general, debido a que el ejemplo que siempre se escoge al inicio es uno relativamente simple, el concepto no queda suficientemente explicado. Luego el profesor esperará que el estudiante resuelva cualquier tipo de problema. Aquí se estarían "mezclando", de alguna manera, los dos métodos de aprendizaje mecánico. Es importante la explicación del ejemplo, pero no es suficiente.

## **5. ¿CÓMO ENRIQUECER EL APRENDIZAJE HUMANO A PARTIR DEL APRENDIZAJE MECÁNICO?**

La formalidad es una característica indispensable al definir procesos para sistemas computacionales. Esto significa que debe cumplirse una serie de reglas definidas previamente, lo que asegura el éxito.

En particular, los métodos de aprendizaje mecánico tienen una serie de reglas que definen los algoritmos a seguir, el tipo de ejemplos a presentar, la manera de construir la explicación inicial del concepto, la manera de construir la generalización del concepto (o explicación final). Los sistemas que implementan estos métodos requieren de una secuencia lógica y predeterminada de los casos que examinan para asimilarlos e incorporarlos a sus estructuras internas. Así como el ingeniero no puede hacer el techo antes de haber construido las bases de su edificio, el sistema computacional no puede asimilar casos fuera de secuencia.

La relación entre enseñanza y aprendizaje en los métodos mecánicos es total y no siempre es posible independizar uno del otro. Lo que ocurre en las aulas es muchas veces muy distinto. El profesor suele no tomar en cuenta los métodos de aprendizaje de sus estudiantes, y los estudiantes no tienen muy claro el método de enseñanza que utiliza el profesor.

Esta relación enseñanza aprendizaje en los métodos mecánicos, es un aporte indiscutible que debe ofrecer la IA a la enseñanza en las aulas. Por eso el profesor debe conocer de antemano cuál es la manera de aprender de sus estudiantes para ordenar y adaptar adecuadamente la instrucción y lograr que el proceso de enseñanza aprendizaje sea lo más efectivo posible. Si en el aula, como es usual, se usan

varios métodos de aprendizaje, habrá que utilizar varios métodos de enseñanza para un mismo tema.

Como se mencionó anteriormente, la Inteligencia Artificial se inspira principalmente en las capacidades y métodos humanos para tratar de producir en forma artificial comportamiento inteligente. ¿Por qué no permitir que los métodos humanos se inspiren un poco en la inteligencia artificial?

## **6. SUGERENCIAS FINALES**

Una vez identificados los métodos de aprendizaje y de enseñanza, es importante decidir si el método de aprendizaje del estudiante es el adecuado para determinado tema. Recuérdese que el implícito, por ejemplo, no deja una definición clara y consciente del concepto. No todo tema querrá dejarse sin definición clara a menos que sea tan sólo la aplicación de cierto conocimiento.

Con el método implícito la idea es no pretender y, por tanto, no forzar, a que el estudiante induzca un concepto. Se supone que con este tipo de aprendizaje el estudiante asimilará el concepto de una manera inconsciente y lo aplicará siempre de manera muy rápida.

¿En qué tipo de tema tiene sentido este aprendizaje inconsciente? Responder esta pregunta no es simple. ¿Qué tipo de conocimiento querrá un profesor que sólo quede como una receta automática? Se puede pensar que el conocimiento que se puede adquirir con este tipo de aprendizaje es el de más bajo nivel, aquel que no necesita ser analizado ni cuestionado. Pero decidir qué tipo de conocimiento no debe ser cuestionado es una labor de mucho cuidado, la cual siempre tendrá consecuencias muy importantes en el desempeño del estudiante.

Si el conocimiento a transmitir merece ser analizado o cuestionado por el estudiante (aprendizaje consciente), se puede proceder de dos maneras:

- ofrecer al estudiante un primer contacto con la disciplina a través de múltiples ejemplos (aprendizaje inconsciente). Luego debe darse una explicación del concepto.

- comenzar con el aprendizaje por explicación (explícito), para luego ofrecer al estudiante muchos ejemplos de éste. En este caso es interesante analizar en qué momento aprende el concepto el estudiante. Es probable que no sea cuando se le da la explicación. ¿Cómo se asimilaría el concepto? ¿Sería implícitamente, explícitamente o de ambas formas?

Según la experiencia de la autora en la enseñanza de la matemática aplicada, son pocos los estudiantes que logran una comprensión clara del concepto. Puede darse una explicación muy detallada del concepto, y pueda que en ese momento el estudiante crea que lo comprende, pero muy pocos serán los que luego puedan explicar el concepto, mientras que, quizá la mayoría, sí lo puedan aplicar eficientemente en aquellos casos que logren identificar dentro del concepto.

Es necesario el aprendizaje implícito. Pero si se espera que los estudiantes vayan más allá de una simple aplicación mecánica de soluciones, el aprendizaje consciente se hace necesario.

## 7. CONCLUSIONES

Dentro del contexto que se asume en este artículo, la capacidad de categorizar es la habilidad más importante que se adquiere cuando se aprende. Si el aprendizaje es humano o mecánico, sea implícito o explícito, sea por ejemplos o por explicación, la labor que en última instancia se aprende es la de categorizar.

Es imprescindible que cada estudiante reconozca cuál es su método de aprendizaje y pueda comunicarlo de manera que el profesor lo tome en cuenta al momento de presentar sus temas en clase. Obviamente el profesor debe ser capaz de adecuar sus métodos de enseñanza para que su población completa de estudiantes se beneficie.

Hay mucho trabajo por hacer en cuanto a aprendizaje mecánico. Quizá el dedicar mucho tiempo a analizar a los seres humanos en sus métodos para

lograr mejores sistemas basados en conocimiento, traiga no solo beneficio para la IA, sino también paradójicamente, para la enseñanza-aprendizaje de los humanos.

Aparte de los distintos métodos de aprendizaje, parece importante trabajar con un aspecto que no se toca en este artículo; este es el de tomar en cuenta los distintos tipos de inteligencia. Por ejemplo, si el estudiante tiene desarrollada mayormente su inteligencia intuitiva el profesor debería escoger métodos de enseñanza que exploten ese tipo de inteligencia y no deberían estar dirigidos a inteligencias analíticas. Queda este tema para un análisis posterior.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bareiss, E. *et al.* (1990). *Machine Learning (vol III)*. "Protos: An Exemplar- Based Learning Apprentice". California: Morgan Kauffmann Publishers, Inc.
- Benjafield, J. (1992). *Cognition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Best, J. (1992). *Cognitive Psychology*. Illinois: West Publishing Co.
- De la Ossa, A. *Inteligencia Artificial* (Comunicación oral. Escuela de Computación e Informática, U.C.R. 1996)
- Genesereth, M. & N. Nilsson *Logical Foundations of Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann Publishers; ISBN: 09-346133-11, agosto 1987.
- Mitchell, M. *et al.* (1988). *Readings in Cognitive Science. A Perspective from Psychology and Artificial Intelligence*. (Collins, A., Smith E.). "Explanation - Based Generalization: A Unifying View". California: Morgan Kauffmann Publishers, Inc.