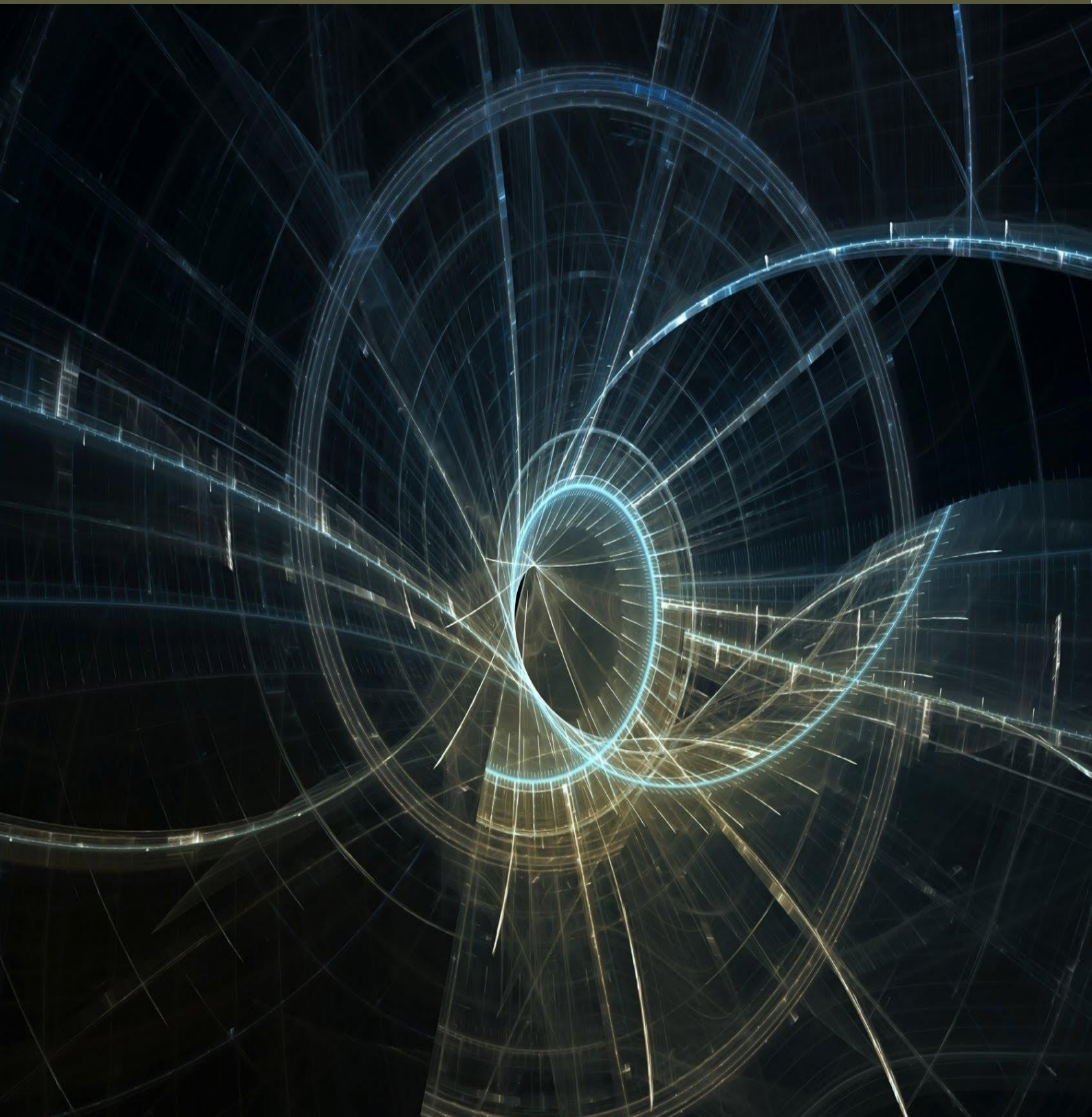




METACOGNITIVE SCAFFOLDING

WITH QUANTUM-LIKE MODELS

Índice

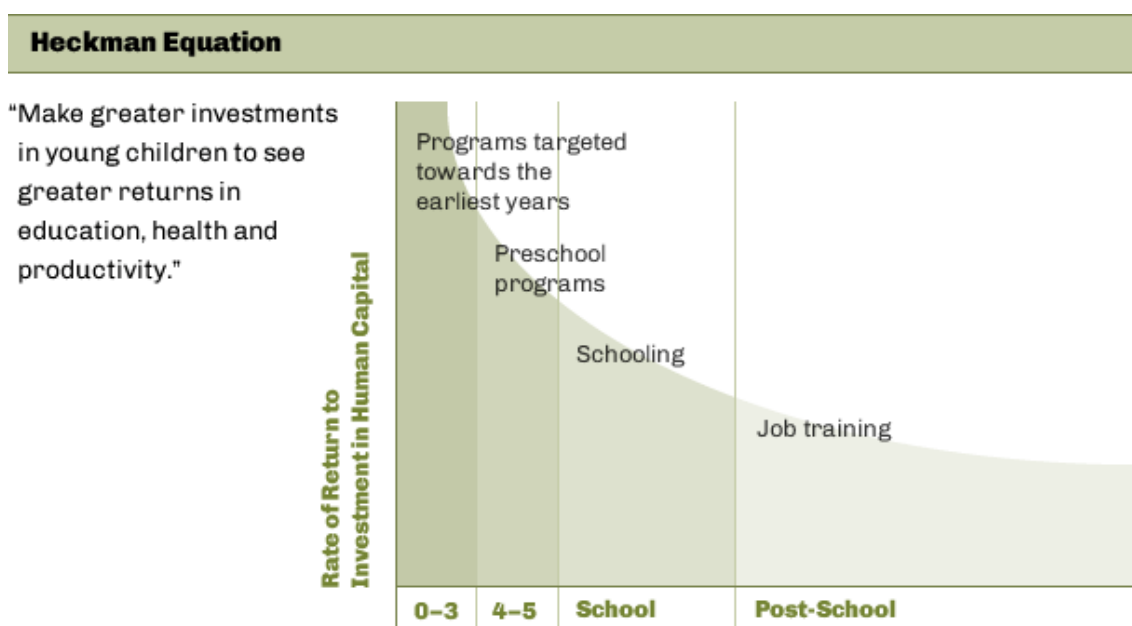
Introducción	2
Metacognición y andamiaje	6
El andamiaje metacognitivo y los problemas complejos	7
Software: Tipología de las sesiones / Asignaturas	8
Envío de ejercicios, niveles del temario y generación de datos sobre las respuestas	10
1a componente: El tiempo como una superposición de estados cuánticos	13
2a componente: La nota como falacia de igualdad, corregida con modelo cuántico	17
3a componente: El análisis cuántico revela importancia del orden en los ejercicios	22
Conclusión	26
Propuesta de investigación, equipo científico a contactar y método	27
Apéndice: Hybrid Cloud	31

Introducción

El premio Nobel James Heckman demostró analizando datos estadísticos en EEUU que los primeros años de la infancia son vitales para la formación de habilidades cognitivas como la empatía, la motivación o la autoestima. Su interacción con la inteligencia bruta que se comienza a formar en la etapa de Primaria permite la adquisición posterior de habilidades laborales, pero deja al mismo tiempo una huella tan profunda en las personas que llega a condicionar el desarrollo personal y profesional posterior.

Descubrió que una enorme proporción de las diferencias salariales en la etapa adulta provenían de la falta de desarrollo de habilidades no cognitivas en la infancia, al haber crecido en entornos familiares problemáticos o simplemente recibir una formación inadecuada e insuficiente en Primaria. Esto condicionó irreversiblemente su correcta empleabilidad futura y desarrollo humano a largo plazo.

Ya se tiene por tanto un conocimiento cierto sobre este hecho: los programas educativos que tienen por objetivo la reducción de la desigualdad y la provisión de igualdad de oportunidades deberían centrar sus recursos en la atención a los niños desfavorecidos en edad muy temprana. La ratio efectividad-coste de otras medidas supera con mucho a sus alternativas.



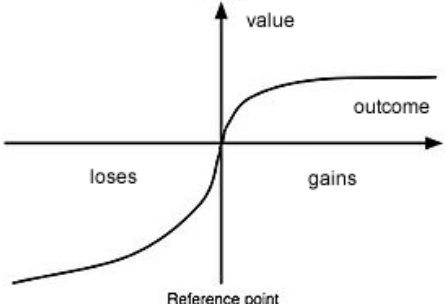
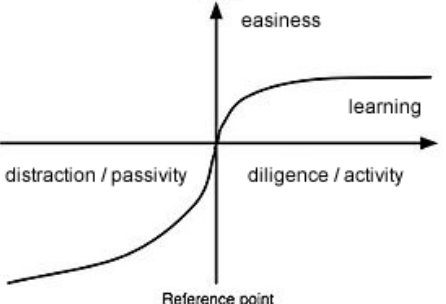
El también premio Nobel Daniel Kahneman demostró junto con Amos Tversky que los individuos suelen tomar decisiones en entornos de incertidumbre contradiciendo principios básicos de la probabilidad. Esto se debe a que en situaciones donde la información disponible es muy compleja, excesiva o insuficiente las actuaciones se terminan decidiendo mediante los llamados 'atajos heurísticos' porque ahorran recursos mentales.

Mediante este sistema es como se consiguen compensar errores puntuales con múltiples aciertos posteriores. Es decir, las decisiones se terminan contextualizando por economía en un marco establecido de prejuicios de apariencia racional, pero en no pocas ocasiones profundamente irracionales cuando se someten a análisis cuantitativos.

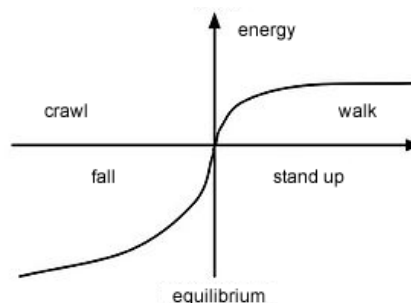
A la teoría que analiza la forma en que los individuos valoran las pérdidas y ganancias se llama ‘teoría prospectiva’. Describe cómo los procesos de decisión sobre la utilidad se producen en dos etapas, la evaluación y la edición. En la primera los resultados son analizados siguiendo un esquema heurístico centrado en un punto de referencia que ordena la apreciación *subjetiva* del beneficio. A partir de ese momento aparece una segunda etapa en la que las personas se comportan como si pudieran establecer valoraciones totalmente *objetivas* sobre la utilidad, que terminan decidiendo sobre los resultados potenciales y sus probabilidades.

Los datos empíricos conseguidos en las pruebas realizadas en los últimos años en varios centros educativos han permitido establecer dos conclusiones. La primera es demostrable, la segunda es solo una hipótesis pendiente de demostración:

1. El esquema heurístico descubierto por Kahneman y Tversky tiene un análogo en los procesos de aprendizaje según la siguiente tabla:

	Decisión	Aprendizaje
Facilidad	heurística	espontaneidad
Dificultad	evaluación	esfuerzo
Proceso heurístico		

2. El modelo heurístico podría marcar todo el aprendizaje posterior por ser el primer esquema complejo de conocimiento que los seres humanos consiguen por sí mismos, pues tiene su origen en el descubrimiento del equilibrio cuando se abandona el gateo por el caminar.



Sin entrar en sus demostraciones, se enuncian estos principios sobre el ‘punto de referencia’:

1. Cada alumno tiene establecido uno, por lo que respecta a sus facilidades cognitivas.
2. Cuanto más se acerca la didáctica a ese punto antes se consolidan los aprendizajes.
3. Se relaciona con perfiles de inteligencia y estos perfiles a su vez se pueden encontrar y agrupar gracias al proceso cognitivo del alumno.
4. Puede ser revelado mediante análisis metacognitivos.
5. Los modelos cuánticos encuentran patrones de probabilidad para revelarlo.
6. Cuando el alumno lo descubre aprende mejor por sí mismo, porque aprende también a acercarlo a las dificultades de forma autosuficiente para facilitarse la comprensión

En el proceso de aprendizaje, además de lo aprendido, se descubre el mismo hecho de aprender. Es decir, en el mismo hecho cognitivo se revelan aspectos metacognitivos relacionados con el conocimiento en cuanto objeto conocido. O, dicho de otra forma, la conciencia metacognitiva solo se encuentra analizando el mismo conocimiento.

Poseemos por tanto una comprensión implícita de nuestro conocimiento, aunque de forma imperfecta. Por decirlo de una forma sencilla, nadie se da cuenta que conoce hasta que no está conociendo algo. Pero ese conocimiento implícito es difícil de ser percibido por la facilidad que tiene para confundirse con lo conocido. Se comporta igual que un buen actor, desapareciendo ante el espectador para ser solo el personaje representado.

Por lo que respecta a la didáctica, el orden para descubrirlo es el siguiente:

1. Explicación del profesor.
2. Conceptualización del alumno.
3. Aprendizaje.
4. Conocimiento del aprendizaje.
5. Aprendizaje del aprendizaje.

Por lo tanto, el conocimiento que consigue el alumno no solo alcanza la explicación del profesor, sino que además tiene un movimiento espontáneo locutivo interno que abarca el mismo hecho de conocer. En este segundo nivel intelectual o metacognitivo se encuentra la llave maestra para que el profesor encuentre la didáctica (secuencia de ejercicios en el caso de matemáticas) más adecuada para el alumno, al mismo tiempo que el alumno encuentra también la estrategia intelectual más adecuada para acelerar su comprensión y aprendizaje posterior.

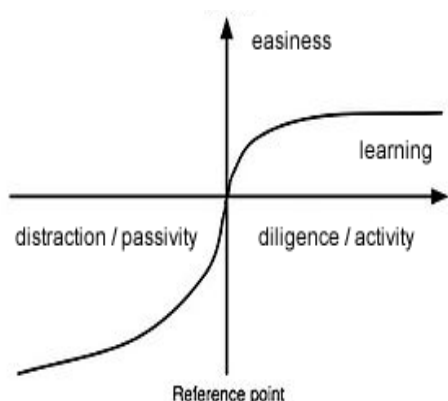
Cuando el alumno descubre que en el mismo entender y aprender las explicaciones, entiende y aprende su propio entender y aprender, automáticamente comienza a poner en marcha una nueva estrategia de mejora cognitiva autosuficiente, análoga a como ya hizo en su primer año de vida para dejar de gatear y dotarse de una movilidad autosuficiente.

Con estas explicaciones se evidencia que el conocimiento no es una mera recepción pasiva. Porque cuando el profesor consigue mostrar información para que los alumnos descubran y perfeccionen sus propios mecanismos intelectivos, consigue al mismo tiempo iniciar un proceso de aceleración del aprendizaje por el mismo descubrirse el alumno conociendo. Por lo tanto, la mejor colaboración que los estudiantes pueden hacer en clase no es tanto incorporar un esfuerzo intelectual a la explicación del profesor (evidentemente necesario), sino profundizar en la forma en que conocen y aprenden. Pues así es como cada uno de ellos puede optimizar su trabajo cada vez mejor, hasta acomodar el perfil de su inteligencia a la asignatura con independencia de las dificultades que vaya encontrando y el esfuerzo necesario para superarlas.

Entender es por lo tanto no solo la posesión de lo entendido, sino también un acto locutivo interno que manifiesta el mismo entender. Y como entender no es algo distinto del mismo acto de entender, cuando los alumnos aprenden pueden ser enseñados sin gran esfuerzo añadido sobre su mismo proceso de aprendizaje. Una vez se incluye la metacognición como algo habitual en el trabajo del aula, los problemas matemáticos (o los relacionados con cualquier otra asignatura) estrictamente metacognitivos son la evolución natural, pues quedan facilitados como el siguiente paso didáctico no forzado.

Es muy importante incidir en que los estudiantes tienen la capacidad para mejorar ellos solos su propio proceso intelectual, exactamente igual a como ellos solos aprendieron a caminar. Fue el mismo Aristóteles quien descubrió este hecho contra el inmovilismo de Parménides, reduciéndolo a un principio de no contradicción por negación del absurdo:

“Quien niega el movimiento lo afirma, pues pensar es moverse [por silogismos]”



Volviendo a Kahneman, la mejora del proceso de aprendizaje se produce dentro del mismo proceso de aprender, porque la facilidad/dificultad que encuentra el alumno guarda relación con un punto de referencia límite a partir del cual se vuelve más sencillo el nuevo conocimiento. Este ‘punto de referencia’ puede estandarizarse por los sesgos individuales propios de las capacidades intelectivas, según los perfiles de las inteligencias. Modificando a Kahneman y Tversky, aunque el proceso de aprendizaje es costoso en tiempo y esfuerzo, en su mayor parte se produce y avanza gracias a ‘atajos intelectivos’ que lo facilitan.

Así nos podemos encontrar niños con facilidad para unas asignaturas, pero dificultad para otras. Pues tienen mayor habilidad para establecer ‘atajos intelectivos’ solo bajo entornos cognitivos muy concretos. El objetivo de este nuevo enfoque pedagógico no es otro que facilitar una herramienta analítica poderosa para que el profesor pueda ayudarse en la didáctica y ayudar al alumno a encontrar un nivel de facilidad adecuado a su perfil de inteligencia, de forma que reduciendo su esfuerzo intelectual los alumnos puedan aprender con mayor facilidad al mismo tiempo que asimilan y consolidan mejor los nuevos conocimientos que adquieren. La experiencia demuestra que, en efecto, cuando un estudiante encuentra sus propios ‘atajos’ no solo aumenta su motivación, sino que se cataliza el aprendizaje con nuevas habilidades metacognitivas que consiguen además ellas mismas un nivel superior de aprendizaje más avanzado, porque se retroalimentan.

Volviendo a Heckman, siendo cierto estos descubrimientos aquí presentados y dada la importancia que tienen las habilidades cognitivas y no cognitivas en las edades más tempranas, los gobiernos tienen la imperiosa obligación de poner en práctica estos avances para que las personas encuentren en el futuro un desarrollo económico inclusivo, teniendo en cuenta sobre todo la nueva sociedad a la que nos estamos dirigiendo. Una en la que millones de puestos de trabajo serán sustituidos por procesos robotizados y sistemas de computación cognitiva.

¡Pasar a la acción no es una opción, es una urgencia!

Metacognición y andamiaje

Metacognición

El término metacognición fue acuñado por Flavell (1979) y suele definirse de forma simplificada como “el conocimiento sobre el conocimiento”, es decir un conocimiento que incluya no solo el propio proceso intelectual sino además una regulación cognitiva. El conocimiento metacognitivo es por lo tanto un conocimiento personal sobre la forma en que se produce el conocimiento, al mismo tiempo que un manejarse con las propias habilidades cognitivas para resolver estructuras analíticas complejas planificadas, monitorizadas, evaluadas y revisadas. Este doble nivel es necesario para resolver problemas complejos y deficientemente estructurados.

Andamiaje

Hace referencia al apoyo necesario que presta el profesor o los pares más capacitados para tutorizar a los alumnos mientras no son capaces de progresar de forma independiente en el proceso didáctico.

Ha cuatro tipos de andamiaje:

1. Conceptual: Para facilitar acceder a la complejidad de los problemas
2. Metacognitivo: Para adaptar el problema al perfil intelectual del alumno, al mismo tiempo que se guía en los procesos metacognitivos propios
3. Procesal: Sobre la forma de emplear los recursos y las herramientas
4. Estratégico: Guiando en la forma de aproximarse a los problemas

Si los alumnos no se involucran desde el principio en el desarrollo básico de la asignatura, mucho menos podrán ser introducidos después en actividades metacognitivas. Por lo tanto, todo lo relacionado con la metacognición y el andamiaje de las secuencias didácticas necesita evidentemente una actitud colaborativa mínima en el aula por los alumnos.

Existen pocas investigaciones sobre el andamiaje metacognitivo por lo que respecta a la resolución de problemas complejos desestructurados. Menos aún sobre la evolución del proceso de aprendizaje del alumno de su propio perfil intelectual por la resolución de ejercicios. Pero todos ellos han demostrado que cuando los profesores preparan estrategias pedagógicas que incluyen elementos metacognitivos, los resultados académicos son mejores en la medida que los alumnos consolidan habilidades relacionadas con la representación de la complejidad, el hallazgo de las soluciones, la justificación de los procedimientos y resultados y sobre todo la capacidad explicativa a otros alumnos mediante procesos didácticos creados por ellos para poder transferir sus habilidades a otros pares.

Otro aspecto importante sobre las didácticas metacognitivas es que ayudan al profesor a comprender mejor las necesidades conceptuales de los alumnos y sus perfiles intelectivos. Pues se establecen retroalimentaciones permanentes en la didáctica.

El andamiaje metacognitivo y los problemas complejos

La resolución de problemas complejos y mal estructurados no es un proceso lineal ni simple. De hecho es imposible por definición enseñar su solución bajo patrones modelizados y por eso la única herramienta válida es el aprendizaje de habilidades metacognitivas avanzadas, en la medida que capacitan para manejarse con la incertidumbre. Este aprendizaje es cíclico e iterativo, es decir se puede enseñar, monitorizar y evaluar.

Aunque no hay un consenso absoluto sobre la importancia y necesidad de que los alumnos terminen su etapa formativa siendo capaces de resolver este tipo de problemas complejos y mal estructurados, sí se produce al valorar que son grandes las dificultades para conseguirlo. Pues para tener éxito en ese empeño es necesaria una didáctica personalizada, en no pocas ocasiones de forma muy exhaustiva. La prueba de la cantidad de obstáculos que provocan el fracaso es la escasez de publicaciones científicas que hay sobre el andamiaje metacognitivo.

Por lo que respecta a los ejercicios, sus tipos varían en función de la estructuración, contextualización, complejidad y dominio específico. En el caso de los problemas con enunciado su complejidad además está en función de factores externos como el número de elementos, las funciones y variables del problema, la cantidad de interacciones entre esos elementos y la predictibilidad del comportamiento de esos elementos, funciones y variables.

Los problemas complejos requieren más operaciones cognitivas que los simples e imponen más carga cognitiva en el alumno para poder resolverlos. De hecho, la complejidad y la estructura se solapan. Por eso algunos problemas mal estructurados pueden ser bastante simples en su resolución. En cualquier caso, los problemas con diseño preparado se encuentran entre los más complejos y por eso requieren mayores habilidades metacognitivas.

Existe una variedad suficiente de problemas que requieren habilidades metacognitivas, así que se pueden llegar a personalizar a los diferentes perfiles intelectivos de los alumnos en cada parte del temario. Aquí se hace referencia sobre todo a la asignatura de matemáticas y más específicamente a los problemas de mayor complejidad y que requieren mayores habilidades metacognitivas. Entre ellos se han identificado 11 tipos:

1. Lógicos.
2. Algorítmicos.
3. Históricos.
4. Reglados.
5. Sobre decisiones.
6. Por anomalías.
7. De diagnóstico.
8. Estratégicos.
9. Con análisis de situación.
10. De diseño.
11. Con dilemas.

Conviene tener muy presente que no todos los alumnos desarrollan los mismos tipos de metacognición, por eso hay que diseñar problemas específicos para cada perfil de inteligencia. Pues hay que capacitar metacognitivamente en función de capacidades metacognitivas previas encontradas. Solo así es posible conducir el alumno hacia ese 'punto de referencia' que pone en marcha sus 'atajos intelectivos' propios y personales.

Software: Tipología de las sesiones / Asignaturas

Hay tres sesiones: Clase, Casa y Training que corresponden a los tres botones centrales

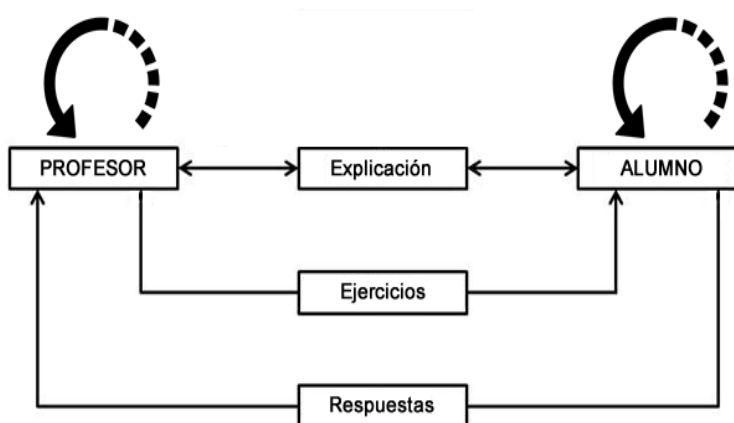


Después de seleccionar las sesiones se permite elegir entre la asignatura y el curso. De esta forma se entrega máxima flexibilidad al profesor por lo que respecta a su relación con cualquier clase en cualquier centro.

Finalmente viene la Secuencia didáctica: Hay 3 tipos, Primera, Segunda y Tercera.

- La **Primera** se produce inmediatamente después de la explicación de los conceptos y corresponde a un tipo de ejercicios con dificultad creciente, pero mecánicos.
- La **Segunda** se produce como un repaso final antes del examen. Esto permite entregar una *espiralidad* a la didáctica del sistema, pues este tipo de segunda secuencia didáctica puede hacerse al final de la unidad o en medio, según entienda el profesor.
- Los **Tercera** incluye los conceptos más complicados de la asignatura, incluyendo aquí los ejercicios y problemas con conceptos cruzados de mayor dificultad y sobre todo los problemas esencialmente metacognitivos.

El sistema se basa en entender la clase como una estructura emisor-receptor, donde el receptor es múltiple y cada parte que interviene en la comunicación (didáctica) son sujetos autoconscientes. Es decir, son capaces de valorar su aprendizaje y aprender de su propio proceso cognitivo. Por eso se pueden hacer análisis objetivos metacognitivos.





A cada sesión Clase corresponde una asignación de tiempo, por defecto de 50 minutos. Además, hay un indicador de color (rojo/verde) para reconocer si ya existe una sesión abierta para esa clase. Existe por supuesto la opción de incrementar el tiempo de las sesiones, algo especialmente útil si el profesor de matemáticas tiene que incorporar de forma no prevista la clase siguiente, por ausencia del profesor o simplemente por motivos didácticos.

La sesión Training está siempre abierta, cuando las otras sesiones están cerradas

La sesión Clase la abre el profesor y entonces se cierran automáticamente las otras dos, con independencia de que tengan ejercicios pendientes de resolver.

Cuando hay ejercicios enviados, el sistema deja abierta la Clase y una vez terminados pueden quedar por resolver los de Training. Aun así, en el caso de no haberse realizado todos los ejercicios, la sesión clase manda sobre las otras dos y quedan bloqueadas cuando el profesor la abre en el aula. Por supuesto, los ejercicios enviados a casa para cada alumno se suman a los ya pendientes por resolver de sesiones anteriores.

Envío de ejercicios, niveles del temario y generación de datos sobre las respuestas

Envío de ejercicios.

Siguiendo el esquema de comunicación antes mencionado, cada tipo (o serie de tipos) explicado por el profesor tiene que ser inmediatamente supervisado, para tener una medición exacta del grado de comprensión de la clase y cada alumno por las respuestas.

Con ese objeto el profesor lanza mediante el sistema una serie de tres ejercicios por cada tipo explicado. Es decir, si se han explicado durante 20 minutos una serie de cuatro tipos de ejercicios, cuando el profesor los lanza a cada alumno le aparecen 12.

A cada tipo le corresponde una bolsa de ejercicios con la misma dificultad, pero con variaciones numéricas. Es decir, un mismo tipo de ejercicio puede llegar a tener 50 variaciones. De esta forma existe una cantidad suficiente para que cada alumno consolide su aprendizaje, al mismo tiempo que en clase nadie puede copiarse (se falsarían los datos recibidos), pues a todos les aparece un ejercicio diferente. El sistema guarda en memoria los ejercicios enviados a cada alumno y solo se repiten cuando se ha agotado por completo la bolsa de ejercicios.

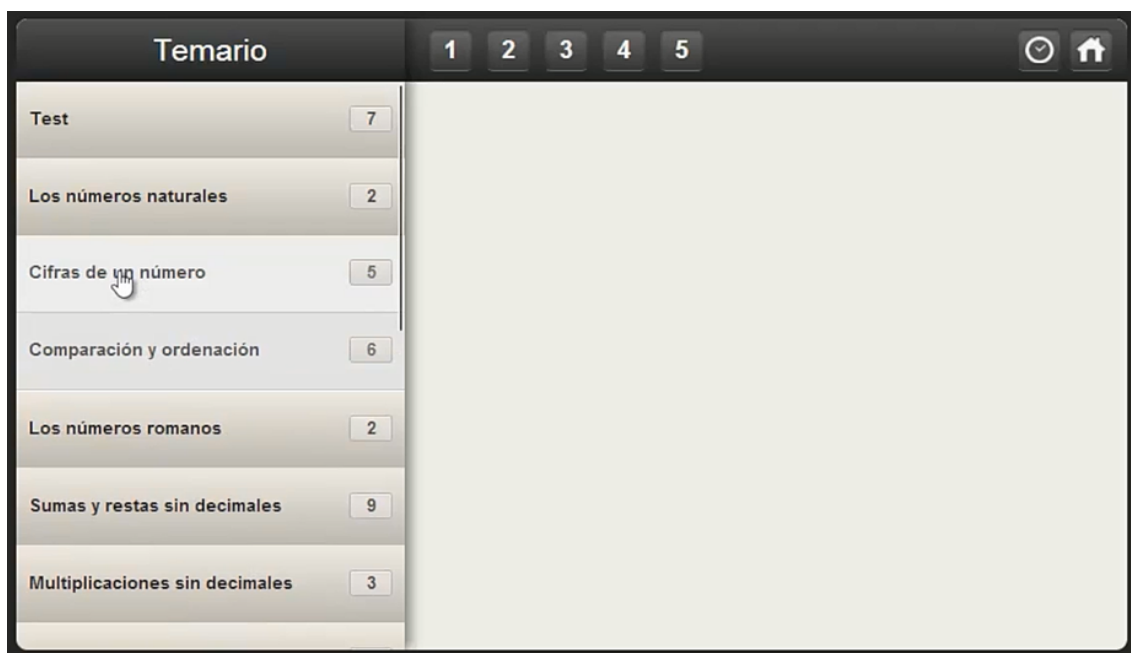
Al mismo tiempo, cada uno de los ejercicios permite tres intentos en su respuesta, con tres calificaciones bien diferenciadas: 10 (primer intento), 8 (segundo), 5 (tercero), 0 (cuarto y último). La diferencia de ponderación entre los dos primeros y dos segundos intentos se busca a propósito para dividir las estadísticas en dos grupos. Más adelante se explicará el motivo.

Una vez se han producido las respuestas, el sistema gestiona automáticamente el trabajo para casa, aunque permite al profesor incorporar más trabajo o quitarlo a su discreción. Se calcula un tiempo máximo de 30 minutos de trabajo para casa. Normalmente solo se suele enviar trabajo a 1/3 de la clase de promedio y con el objetivo de reforzar o terminar los ejercicios aquéllos alumnos que han demostrado más dificultades. El sistema agenda automáticamente tanto el trabajo en clase como el enviado a casa (calificaciones, tiempos y ejercicios) y el que hace libremente cada alumno. Y esto tanto a la agenda del profesor, como a la de cada alumno y un resumen a los padres o tutores.

Niveles del temario

El temario tiene una disposición estándar común, aunque a principio de curso el profesor puede quitar los elementos que considere oportuno. Se encuentra organizado en tres niveles, con el tercero en forma de tipología secuenciada. Así es como se permite incorporar cualquier tipo de ejercicio y todas las secuencias didácticas posibles según cada profesor crea más conveniente.

Recordemos que los ejercicios son enviados mediante la intervención del profesor en la sesión Clase, pero es el sistema quien los envía automáticamente a Casa o Training, en cascada después de la sesión Clase. Aun así, la colección completa de ejercicios siempre está disponible para los alumnos en Training.



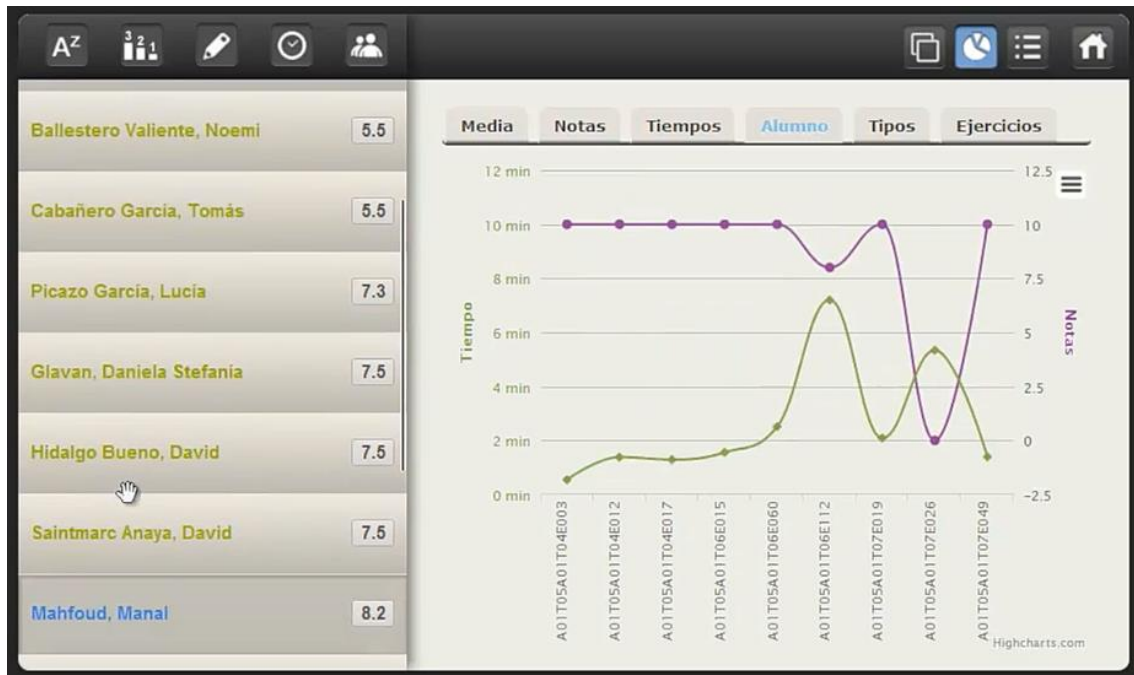
Generación de datos sobre las respuestas

Los ejercicios solo se presentan, en un formato lo más austero posible. Esto se hace para impedir la distracción al máximo pues se cuenta el tiempo de respuesta. Algo que es fundamental, como veremos enseguida.

El alumno debe resolver cada ejercicio en la libreta y solo poner la solución en el dispositivo. Este sistema potencia por optimización del proceso de respuesta el cálculo mental en los alumnos. Por lo que respecta al formato de respuesta, se puede permitir múltiple solución, tipo test o por selección de campos. Especialmente este último caso permite facilitar sobremanera el planteamiento de los problemas metacognitivos.

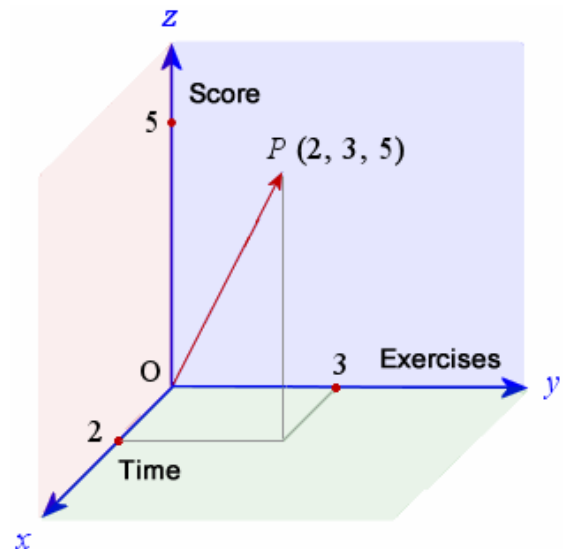


Los datos que se recogen actualmente son: Ejercicios resueltos, Nota y Tiempo



La respuesta como vector

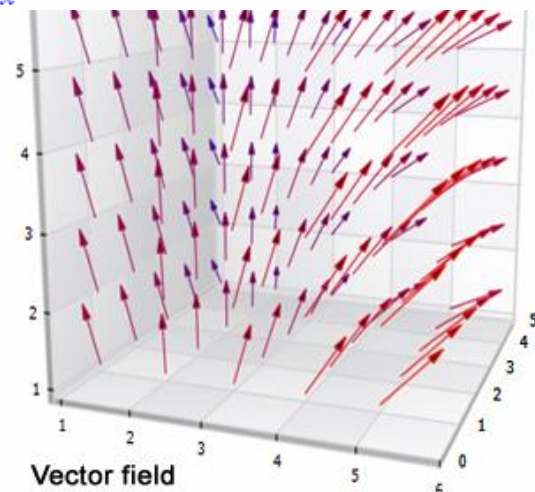
Quantitas lo que consigue es vectorizar la respuesta de cada alumno en 3D (tiempo, calificación y número de soluciones), en cada ejercicio de la secuencia didáctica que plantea el profesor. Al incluir el tiempo se pueden analizar simultáneamente las importantes secuencias de atención-distracción y actividad-pasividad. El estudio de estas dos secuencias es muy importante, pues permite todos los análisis posteriores.



El campo vectorial didáctico

En el esquema de comunicación profesor-alumno(s) antes mencionado, es el conjunto de vectores que resultan de la secuencia didáctica del profesor. Este campo se puede medir de tres maneras:

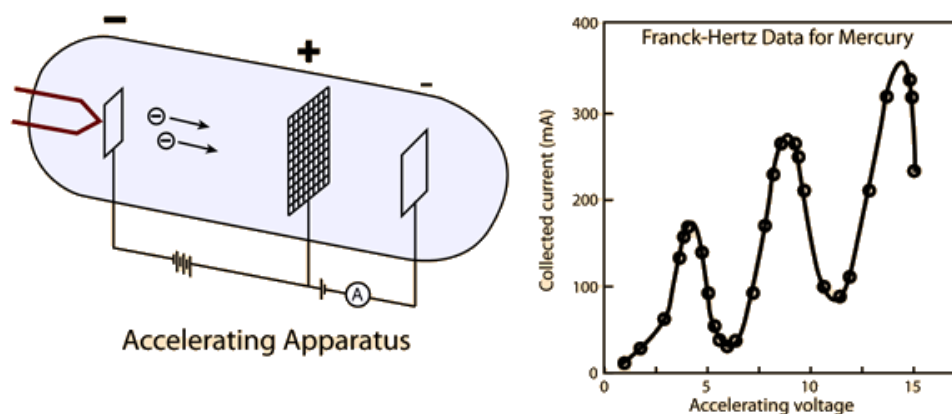
1. En todas las respuestas de un único alumno
2. En una única respuesta en todos los alumnos de la clase.
3. En todas las respuestas generadas por todos los alumnos



Primera componente: El tiempo como una superposición de estados cuánticos

Una vez se ha explicado cómo se reduce la calificación del conocimiento adquirido del alumno a un vector y la didáctica a un campo vectorial, se pasa a explicar la primera componente tiempo.

En 1913 Niels Bohr propuso su modelo atómico análogo al sistema planetario, con la excepcionalidad de las órbitas que debían estar cuantificadas. Era un postulado teórico, pero permitía explicar por qué los electrones no se precipitaban sobre el núcleo atómico. En 1914 Frank y Hertz demostraron esta cuantización de las órbitas encontrando los niveles de energía del átomo de mercurio.



La hipótesis cognitiva en Quantitas es análoga, pues presupone que los procesos de comprensión en los estudiantes se encuentran 'cuantificados en rangos' según perfiles de inteligencia. Esto se observa cuando se analizan las variaciones temporales sobre las respuestas a los ejercicios propuestos inmediatamente después de las explicaciones del profesor, en la medida que los alumnos encuentran el 'punto de referencia' que les facilita el aprendizaje.



En color verde el tiempo (eje izquierdo), en color lila la nota (eje derecho). La cantidad de ejercicios realizados en el eje inferior. Esta gráfica está representando un análisis vectorial 3D.

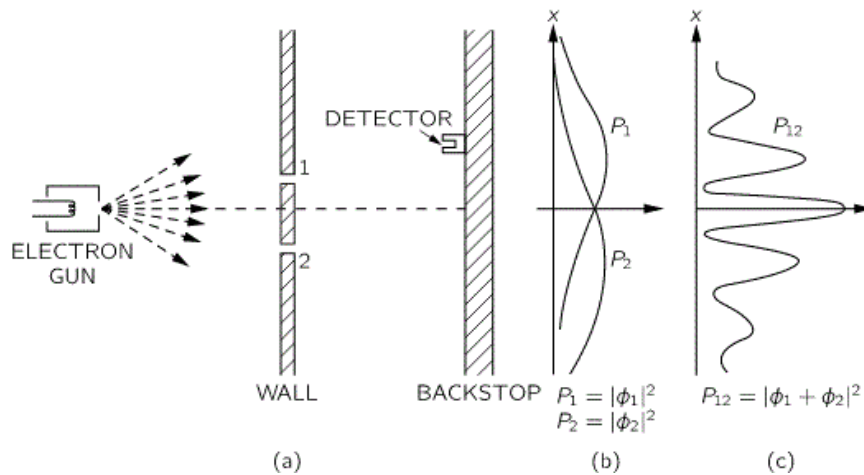
La prueba que se aporta es que cuando se enseña en clase esta vectorización metacognitiva de cada alumno, la nota mejora mucho y rápidamente. Porque el estudiante tiende (por seguir la misma analogía) a estabilizarse en un rango de atención próxima a su 'punto de referencia'.



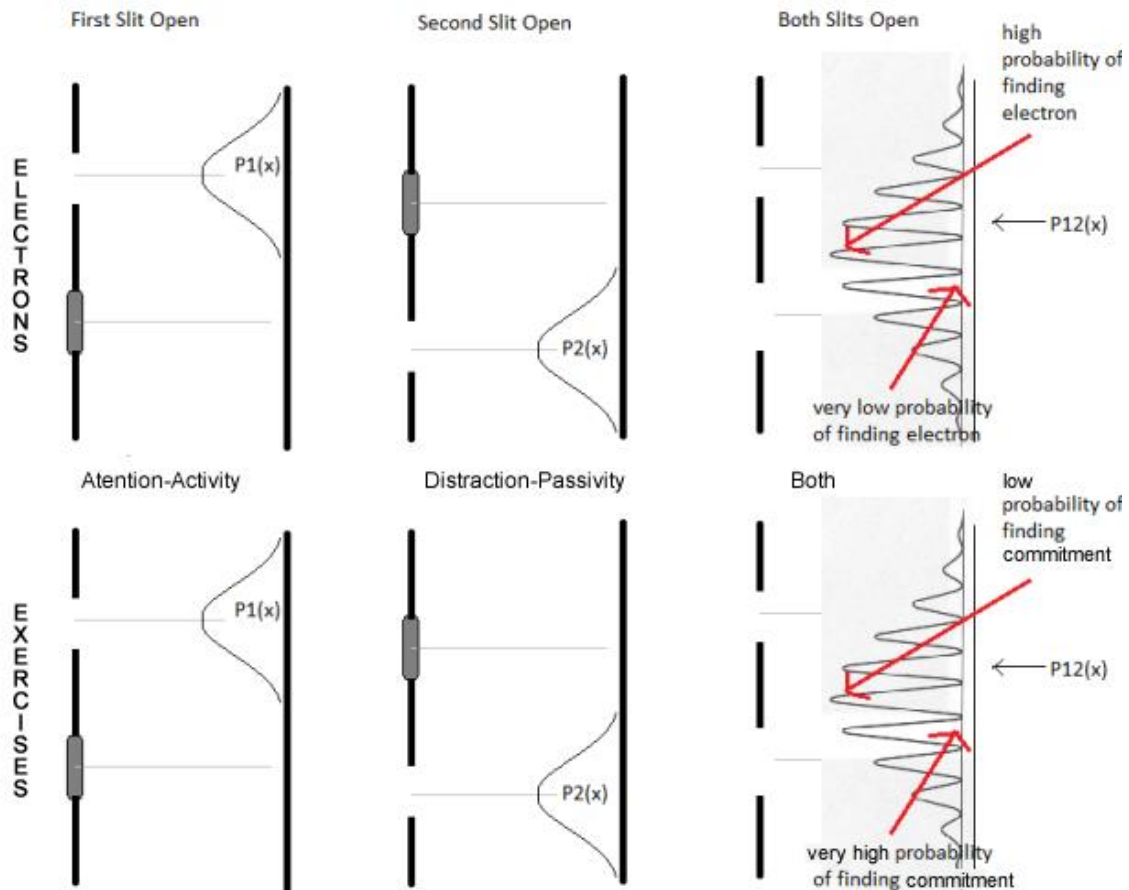
En las pruebas realizadas, al finalizar la clase los estudiantes se interesan por la calificación. Todos ven los resultados de todos y así pueden establecer valoraciones comparativas por ellos mismos. La visualización solo se usa para incidir en aspectos positivos del aprendizaje. De esta forma los alumnos asimilan muy bien el nuevo paradigma de análisis.

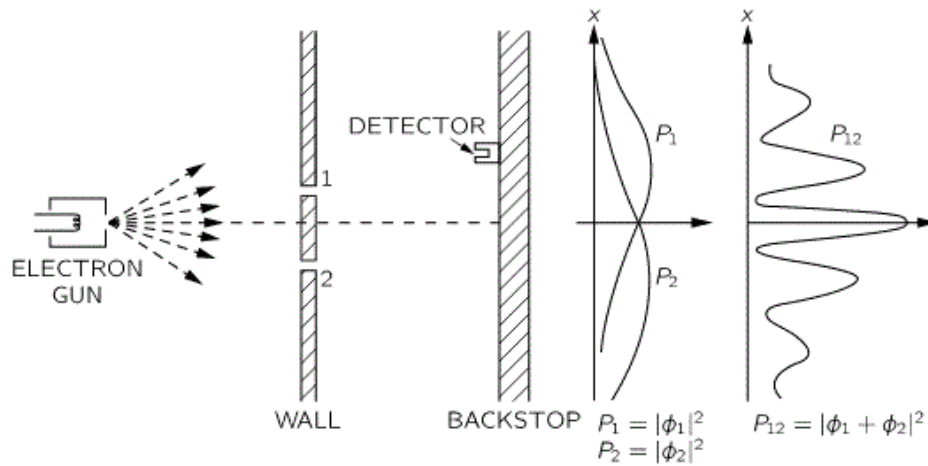


El proceso de ‘cuantización’ cognitiva se entiende como el resultado de la interferencia natural entre la atención-actividad y la distracción-pasividad durante las resoluciones de los ejercicios. Esto es lo que se observa cuando se analiza el tiempo de resolución, que cada alumno tiene unos ritmos propios de atención-distracción, actividad-pasividad y que cuando se procesan muchos alumnos con dato masivo parecen establecerse zonas comunes en cada tipo de ejercicio y en las series didácticas (cuantificadas).

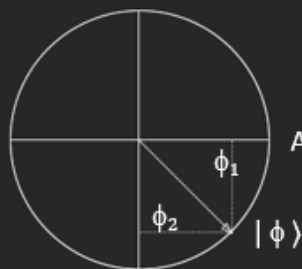


Siguiendo con la analogía física, las oscilaciones pueden estudiarse como un patrón de interferencia equivalente al experimento de doble rendija: la primera rendija sería la intensidad de atención-actividad y la segunda la intensidad de desatención-pasividad. Si entendemos ambas medidas en función del tiempo, sus oscilaciones se asimilaran a las de dos ondas.





Las probabilidades en el modelo cuántico de superposición de estados



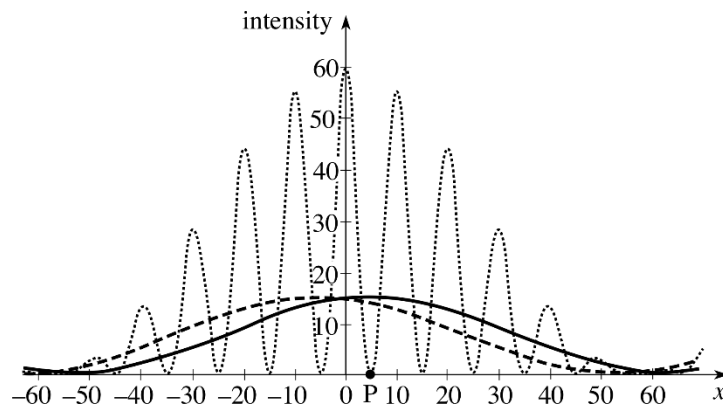
Atento/Activo = P_1

Distraído/Pasivo = P_2

$$\left. \begin{aligned} P_1(\text{Atento/Activo}) &= \|\phi_1\|^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{2} \\ P_2(\text{Distraído/Pasivo}) &= \|\phi_2\|^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{2} \end{aligned} \right\}$$

Se pueden determinar entonces las oscilaciones temporales como una interferencia cuántica de dos estados superpuestos.

Para acompañar a esta gráfica una representación visual, las clases se graban a un fotograma por segundo, de forma que se pueda visualizar en menos de 40 segundos una clase completa.



Al mismo tiempo y para tener otro receptor de movilidad corporal más, se introducen también las presiones táctiles sobre las tablets. De esta forma es como se pueden relacionar las oscilaciones mencionadas con parámetros de motricidad fina y amplia.

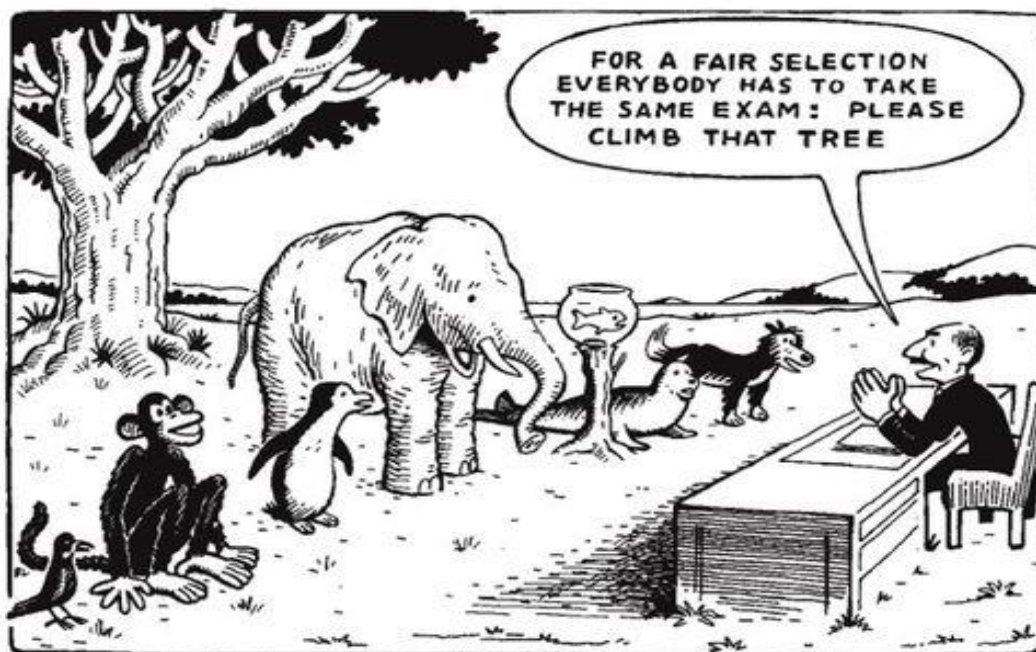
Esto se hace solo en las pruebas. Después los modelos matemáticos tienen que ser suficientemente precisos como para no necesitarlas.

Segundo componente: La nota como falacia de igualdad, corregida con un modelo cuántico

Cuando se califica la materia de una asignatura con un control, la nota puede aparecer como una falacia frente al esfuerzo necesario para estudiarlo. Así nos encontramos alumnos para los que conseguir una nota 5,5 ha requerido 20 horas de trabajo añadido en casa, pero hay otros que han conseguido una nota 8,5 atendiendo en clase y prácticamente sin trabajar en casa.

En este tipo de casos, la falacia se manifiesta de forma negativa, porque la calificación baja es con diferencia más meritoria que la alta aunque se puntúa peor. Es decir, en ningún momento se valora el esfuerzo necesario para conseguir un aprobado, sino la exactitud de las respuestas.

Gracias a la valoración anterior del tiempo y sobre todo a la precisión que se puede obtener en la medición de la atención-actividad y distracción-pasividad, es posible establecer patrones precisos de corrección que orienten al profesor en sus calificaciones de los controles. Esto no quiere decir que se deban reducir las calificaciones de los alumnos más brillantes, sino que las aparentemente peores o meramente aprobadas en no pocas ocasiones suponen un gran esfuerzo que el profesor debería premiar con objetividad, según entendiera más conveniente.



Intentando trasladar los descubrimientos de Daniel Kahneman (Thinking fast and slow, 2011) a la pedagogía en el aula se pasó de manera informal un test a varios grupos de profesores. Una de las preguntas tácticamente incorporada en medio del cuestionario era la siguiente:

En una clase estándar hay un ambiente de trabajo no excepcionalmente bueno. Se ha intentado plantear en varias reuniones directivas del centro una solución para mejorar la implicación de los estudiantes y subir así sus calificaciones. Sondearon la opinión de los profesores sobre el esfuerzo de los alumnos con la siguiente pregunta:

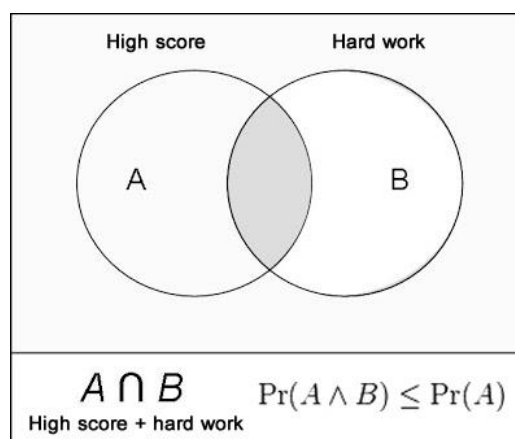
Qué es más probable:

1. *Un alumno con buenas calificaciones*
2. *Un alumno esforzado y con buenas calificaciones*

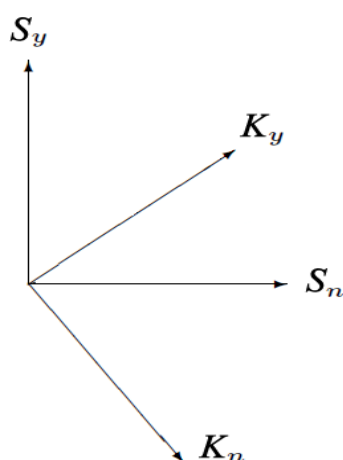
¿Cuál sería su respuesta?

No solo diferentes colectivos de profesores (incluyendo aquí a los de matemáticas) eligieron mayoritariamente la segunda opción, sino que además a no pocos les costó comprender la falacia que incorporaba en su respuesta el sesgo cognitivo relacionado con el esfuerzo. El esfuerzo impone una restricción al conjunto de alumnos con buenas calificaciones, luego es más probable la primera opción. De hecho, no pocos alumnos en algunas asignaturas sacan buenas notas con poco o ningún esfuerzo gracias a las especiales capacitaciones de su inteligencia. Además, en muchas ocasiones hay alumnos que consiguen buenas calificaciones porque han tenido la suerte de ser preguntados solo en las partes del temario que habían estudiado. También puede darse el caso de profesores que preparan pruebas especialmente sencillas para que todos los alumnos saquen buenas notas, por no mencionar aquéllos que califican alto porque sencillamente han conseguido hacer trampa en las preguntas más difíciles.

En lo que sí estuvieron todos de acuerdo es en que el esfuerzo no garantiza buena nota. Pero ante la pregunta de cómo calificaban ese esfuerzo, el conjunto de respuestas tenía el denominador común de la imprecisión y la incapacidad objetiva para puntuarlo en sus justos términos. La falacia está representada en el diagrama de la derecha.



A continuación, se va a plantear una posible solución mediante un modelo cuántico, gracias al análisis también cuántico que se ha hecho sobre la componente tiempo del vector 3D encontrado.



Bases, de las respuestas SI y NO

El modelo cuántico se basa en estas preguntas y respuestas, analizando la componente nota con respecto del esfuerzo como un vector espacial introducido para representar las respuestas:

S_y = Nota alta, SI

S_n = Nota alta, NO

K_y = Esfuerzo, SI

K_n = Esfuerzo, NO

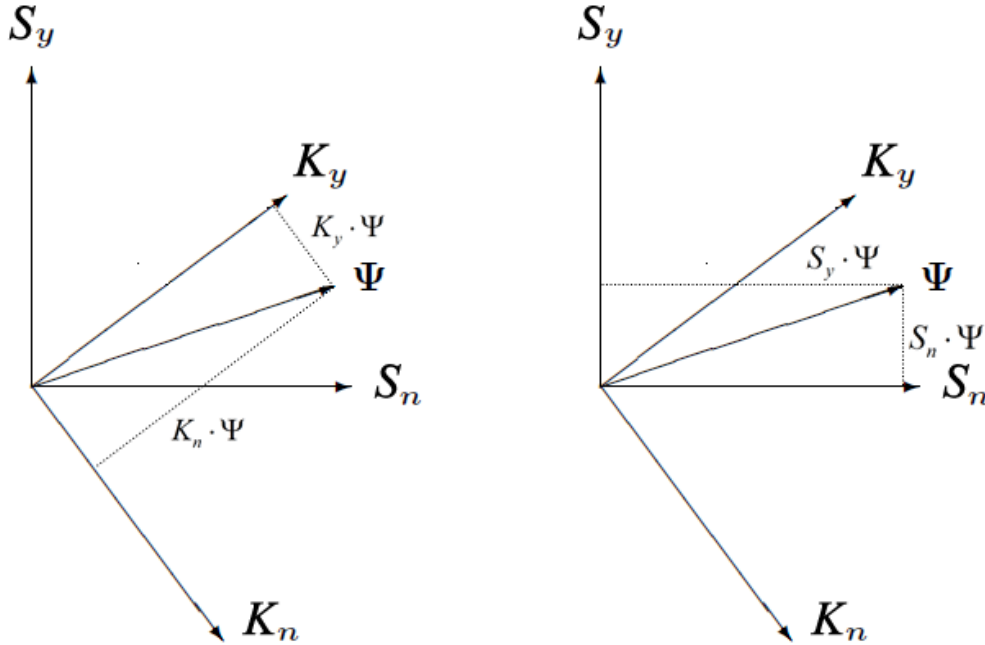
Los pares (S_y, S_n) y (K_y, K_n) representan respectivamente todas las posibles respuestas a las preguntas S y K, de forma que son una base del espacio vectorial que es de dimensión 2. Conviene observar que se emplea el mismo espacio vectorial para representar las respuestas a las preguntas S y K, pues ambas letras solo están indicando dos bases diferentes.

El espacio vectorial está equipado con un producto escalar, convirtiendo en un espacio de Hilbert para cualesquiera dos vectores $\vec{a}$ y $\vec{b}$. El producto escalar $\vec{a} \cdot \vec{b}$ es un número complejo y el orden de los vectores importa, es decir $\vec{a} \cdot \vec{b} \neq \vec{b} \cdot \vec{a}$.

Las bases son ortogonales y con norma unitaria, de forma que:

$$S_y \cdot S_n = K_y \cdot K_n = 0$$

$$S_y \cdot S_y = S_n \cdot S_n = K_y \cdot K_y = K_n \cdot K_n = 1$$



El estado del profesor con respecto a la pregunta realizada está representado con este espacio de Hilbert, mediante un vector normalizado que llamamos Ψ . Este vector puede ser descompuesto en cualquiera de las dos bases representadas:

$$\Psi = (K_y \cdot \Psi) K_y + (K_n \cdot \Psi) K_n = (S_y \cdot \Psi) S_y + (S_n \cdot \Psi) S_n$$

El estado mental Ψ recoge toda la información relevante necesaria para predecir el comportamiento del profesor, pues las predicciones de los modelos cuánticos son probabilísticas. Cuando se hace una pregunta X (con $X = S$ o K), la probabilidad de que el profesor responda i (con $i = y$ o n) viene representado por el módulo cuadrado del producto escalar entre el estado mental y el vector representando la respuesta:

$$\Pr(X_i) = |X_i \cdot \Psi|^2$$

Para computar la probabilidad de la respuesta "SI" a la cuestión K , se hace una proyección ortogonal de Ψ en K_y y se eleva al cuadrado el resultado

$$\Pr(K_y) = |K_y \cdot \Psi|^2$$

Cuanto más quede alineado Ψ con un vector de la base X_i , mayor será la probabilidad de que el profesor responda i cuando se hace la pregunta X .

Este postulado tiene que ver con la forma en que Ψ cambia con el tiempo:

1. Cuando el agente no responde a la pregunta entonces Ψ no cambia. Las creencias del profesor no están influenciadas en una forma u otra.
2. Pero cuando el agente responde K o S , su estado mental cambia.

Si su respuesta a la cuestión X es i , entonces su nuevo estado mental justo antes de entregar la respuesta es el siguiente:

$$\Psi \rightarrow \frac{X_i \cdot \Psi}{|X_i \cdot \Psi|} \cdot X_i$$

Como la fracción es un número complejo, esta ecuación superior significa que el estado mental después de una respuesta X_i es proporcional al vector representando esta respuesta, el X_i .

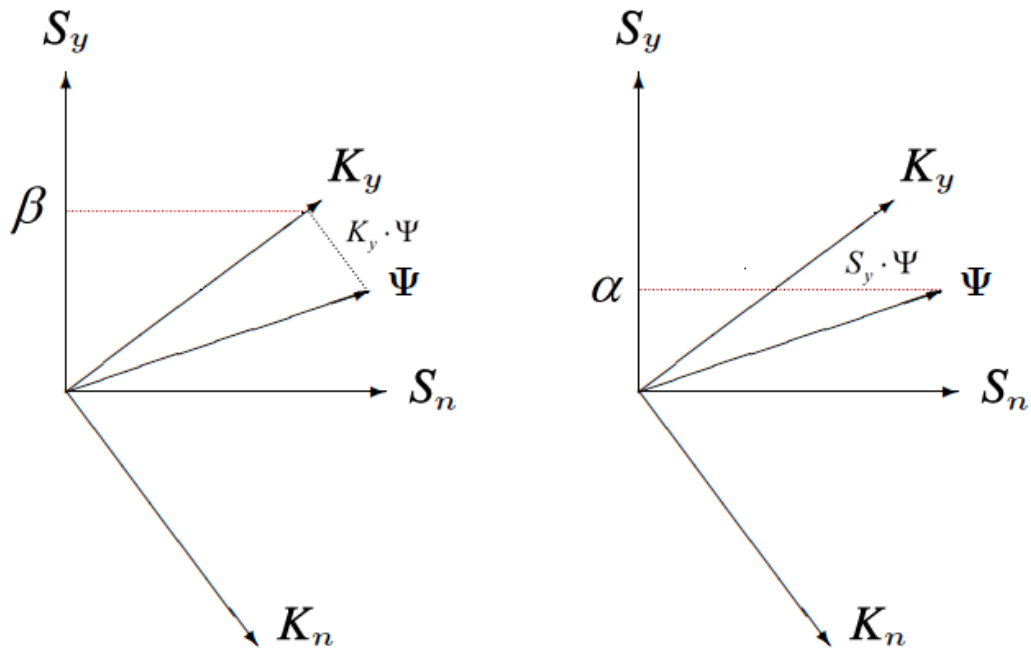
En el caso de un espacio de Hilbert esto quiere decir que después de responder “SI” a la cuestión K , entonces Ψ pasa a ser K_y o $-K_y$, con independencia del estado mental que hubiera antes de la pregunta. En otras palabras, después de lanzar una pregunta, el estado mental se elegirá a lo largo del vector de la base, representándose así sus respuestas.

Esto quiere decir sencillamente que un estado mental puede ser modificado con una simple palabra en la pregunta. En el caso que nos ocupa, si la pregunta se hubiera hecho cambiando la palabra “esfuerzo” por “zurdo” no habría habido ninguna duda sobre la distribución de la probabilidad. Pero lo que aquí se quiere hacer observar es que se no solo se produce la *falacia de la conjunción* en las evaluaciones didácticas, sino que además puede terminar afectando negativamente en la percepción del profesor sobre el trabajo de sus alumnos. Conviene insistir una vez más que no se está criticando la evidente necesidad del esfuerzo en el proceso de aprendizaje (sobre todo en los estados más superiores), sino cómo pueden aparecer falacias en las valoraciones didácticas.

En la teoría clásica se presupone que los estados mentales de los encuestados permanecen inamovibles antes y después de ser cuestionados, quedando este tipo de falacias como casos paradójicos o excepcionales. Lo que permiten los modelos cuánticos es normalizar esta excepcionalidad dentro de un modelo más amplio que la incluye.

Consideremos ahora la falacia de la conjunción definida sobre el esfuerzo para conseguir buenas notas, sobre este esquema cuántico que acabamos de desarrollar. Cuando un profesor considera la conjunción “esforzado y con buenas calificaciones”, la expresión es evaluada como una secuencia de proyecciones, que se corresponden a las respuestas con dos preguntas sucesivas y dicotómicas ‘SI-NO’, en nuestro caso sobre el juego de vectores $\{S, K\}$.

Pasamos a vectorizar la expresión “es más probable un alumno esforzado con buenas calificaciones que solo un alumno con buenas calificaciones”, para observar cómo este modelo cuántico incluye la falacia. Se hace la hipótesis de forma que se descomponga el estado mental sobre la palabra que da lugar al error en la apreciación de la probabilidad, “esfuerzo”.



La proyección del estado mental Ψ considerando solo los alumnos que sacan buena nota se produce desde $S_y \cdot \Psi$ y mide α . La probabilidad de este suceso es

$$\Pr(S) = |S_y \cdot \Psi|^2 = |\alpha|^2$$

Por otro lado, la proyección del estado mental Ψ considerando el esfuerzo y la buena nota conjuntamente, se produce desde $K_y \cdot \Psi$ y mide β . Su probabilidad es

$$\Pr(S \cap K) = |K_y \cdot \Psi|^2 = |\beta|^2$$

El modelo incluye la *falacia de la conjunción*: La probabilidad de encontrar estudiantes con buenas notas es menor que la de encontrar estudiantes con buenas notas y esforzados.

$$\Pr(S) < \Pr(S \cap K)$$

Tercera componente: El análisis cuántico revela la importancia del orden en los ejercicios

Hay abundante bibliografía sobre la influencia del orden en los tipos de ejercicios por lo que respecta tanto a la didáctica como a los propios controles para evaluar el conocimiento adquirido. Se suele decir que afecta más en la didáctica que en las evaluaciones, aunque siempre se incide en la dificultad para determinar el motivo que hay detrás de tales variaciones.

Es importante remarcar que existe una dificultad inherente en el estudio de la influencia del orden en la didáctica, producida por el estado de atención-distracción y actividad-pasividad de cada alumno, tanto en el momento de producirse las explicaciones como en el de resolverse los ejercicios propuestos por el profesor en clase. Como se ha visto, los modelos cuánticos permiten no presuponer ese estado y por lo tanto descubrirlo después como una variable más en la analítica de los ejercicios. Vamos a ver a continuación que, en esa misma línea, el orden aparece también como un elemento más no presupuesto cuando los resultados académicos se modelizan cuánticamente, pudiéndose resolver así la problemática sobre la influencia del orden en los resultados académicos.

Supongamos dos secuencias didácticas dicotómicas planteadas por el profesor, a las que llamamos A y B, que además pueden ser intercambiadas en el orden de la siguiente forma: Si A entonces B, si B entonces A. Después de la secuencia A se analizan las calificaciones obtenidas, a continuación se pasa a exponer la secuencia B y se analizan también las calificaciones.

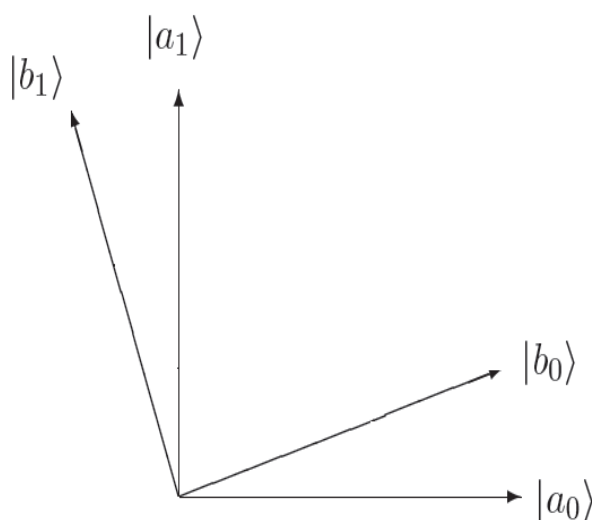
La pregunta es la siguiente: Siendo A la primera secuencia didáctica, ¿se obtienen mejores resultados académicos?

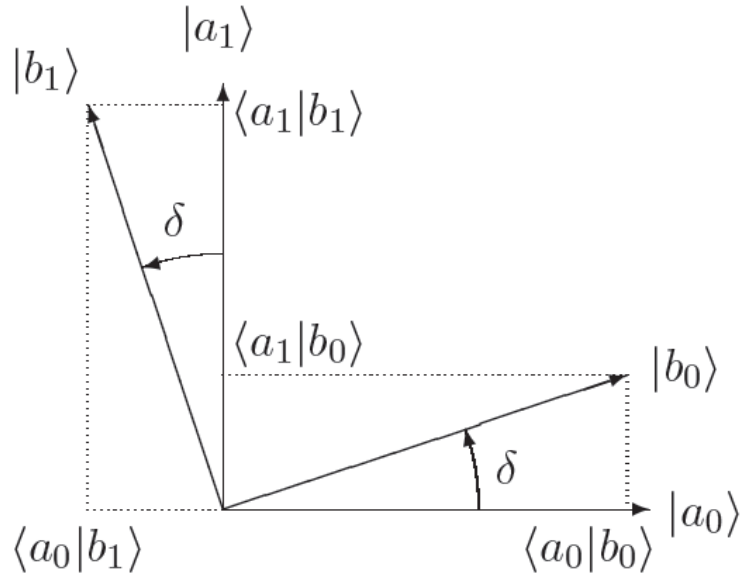
- Si la respuesta es afirmativa, se representa con el vector $|a_1\rangle$
- En caso contrario se representa con el vector $|a_0\rangle$

De forma similar se puede hacer la siguiente pregunta: Siendo B la primera secuencia didáctica, ¿se obtienen mejores resultados académicos?

- Si la respuesta es afirmativa, se representa con el vector $|b_1\rangle$
- En caso contrario se representa con el vector $|b_0\rangle$

Es importante observar que el éxito de la secuencia didáctica viene representado por un vector (o más exactamente por la proyección de dicho vector) y no por un plano o por un subespacio de dimensión mayor que 1. Pues como no hay otras posibles respuestas a las secuencias A y B (o B y A) que 0 y 1, el juego de vectores $(|a_0\rangle, |a_1\rangle)$ y $(|b_0\rangle, |b_1\rangle)$ forma una base del espacio vectorial de las posibles respuestas y por lo tanto el espacio vectorial es de dimensión 2. Además, el éxito o no de las series didácticas se produce en un mismo espacio vectorial, pero con dos bases diferentes.





La base vectorial $(|b_0\rangle, |b_1\rangle)$ puede ser descompuesta en la otra base vectorial $(|a_0\rangle, |a_1\rangle)$:

$$|b_0\rangle = \langle a_0, b_0 \rangle |a_0\rangle + \langle a_1, b_0 \rangle |a_1\rangle$$

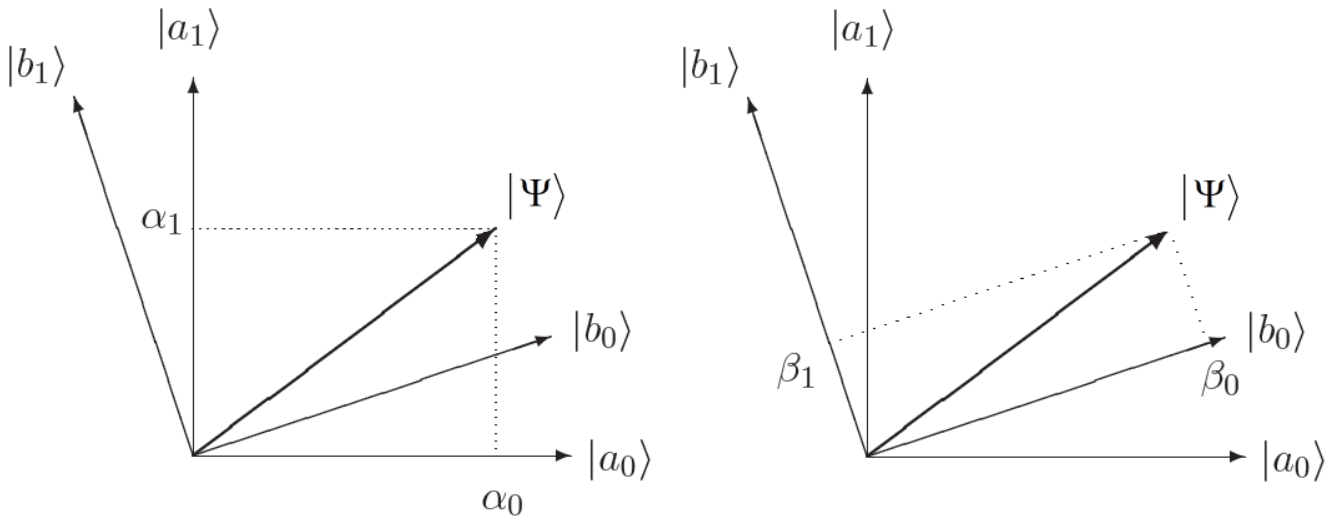
$$|b_1\rangle = \langle a_0, b_1 \rangle |a_0\rangle + \langle a_1, b_1 \rangle |a_1\rangle$$

Igualmente, la base vectorial $(|a_0\rangle, |a_1\rangle)$ se puede descomponer en $(|b_0\rangle, |b_1\rangle)$

$$|a_0\rangle = \langle b_0, a_0 \rangle |b_0\rangle + \langle b_1, a_0 \rangle |b_1\rangle$$

$$|a_1\rangle = \langle b_0, a_1 \rangle |b_0\rangle + \langle b_1, a_1 \rangle |b_1\rangle$$

Los productos escalares son iguales a $\cos \delta$ y $\sin \delta$.



El vector que representa el efecto producido en clase de la secuencia didáctica es $|\Psi\rangle$ y puede ser expresado igualmente en las dos bases ortonormales $(|a_0\rangle, |a_1\rangle)$ y $(|b_0\rangle, |b_1\rangle)$.

Las dos últimas representaciones vectoriales asumen el caso especial de un espacio de Hilbert con números reales, por eso se supone equipado con el producto escalar: para dos vectores $|x\rangle$ e $|y\rangle$ el producto escalar $\langle x|y\rangle$ es un número complejo y su conjugado es $\langle y|x\rangle$.

El espacio de Hilbert es sobre los números complejos y los vectores pueden ser multiplicados por cualquier número complejo.

Como las bases $(|a_0\rangle, |a_1\rangle)$ y $(|b_0\rangle, |b_1\rangle)$ son ortonormales:

$$\begin{aligned}\langle a_0, a_1 \rangle &= \langle b_0, b_1 \rangle = 0 \\ \langle a_0, a_0 \rangle &= \langle a_1, a_1 \rangle = \langle b_0, b_0 \rangle = \langle b_1, b_1 \rangle = 1\end{aligned}$$

Como ya se ha indicado, no se presupone el estado cognitivo del alumno sobre el que están trabajando las secuencias didácticas A y B. Eso es lo que representa el vector normalizado $|\Psi\rangle$ y de esta forma, igual que sucede en la mecánica cuántica, esta modelización permite recoger información predictiva sobre el aprendizaje conseguido por el orden de la secuencia didáctica.

$|\Psi\rangle$ puede ser representado en las bases $(|a_0\rangle, |a_1\rangle)$ como

$$|\Psi\rangle = \alpha_0 |a_0\rangle + \alpha_1 |a_1\rangle, \text{ con } (\alpha_0, \alpha_1) \in \mathbb{C}^2$$

$|\Psi\rangle$ también puede ser representado en las bases $(|b_0\rangle, |b_1\rangle)$ como

$$|\Psi\rangle = \beta_0 |b_0\rangle + \beta_1 |b_1\rangle, \text{ con } (\beta_0, \beta_1) \in \mathbb{C}^2$$

El estado cognitivo del alumno $|\Psi\rangle$ se determina de forma probabilística sobre el éxito de la secuencia didáctica y solo se cambia una vez se ha recogido la información después de realizar los ejercicios según las siguientes dos reglas:

1. La probabilidad de que una secuencia didáctica X ($X = A, B$) tenga éxito sobre el estado cognitivo de un alumno x_i ($i = 0, 1$) viene dada por el módulo cuadrado del producto escalar entre $|\Psi\rangle$ y $|x_i\rangle$:

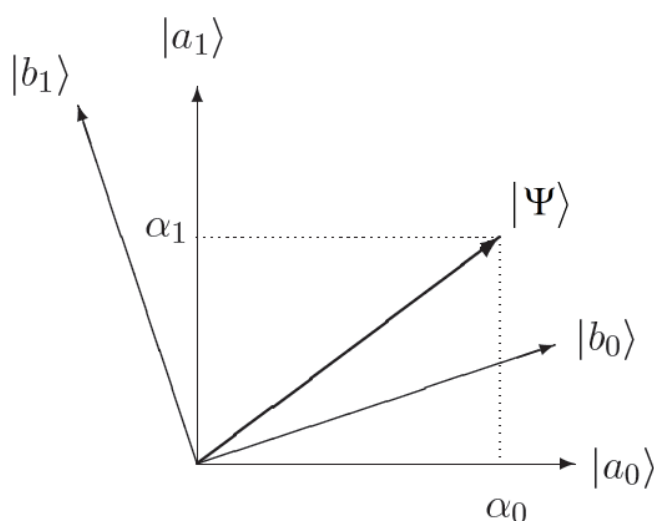
$$\Pr(x_i) = |\langle x_i | \Psi \rangle|^2.$$

2. El estado cognitivo del alumno en función del éxito x_i obtenido en la resolución de los ejercicios de la secuencia didáctica es la proyección normalizada de su estado cognitivo previo a la secuencia didáctica sobre el vector $|x_i\rangle$ según el éxito conseguido:

$$|\Psi\rangle \rightarrow \frac{\langle x_i | \Psi \rangle}{|\langle x_i | \Psi \rangle|} |x_i\rangle$$

Por ejemplo, si el estado cognitivo de un alumno es descrito por el vector $|\Psi\rangle = \alpha_0|a_0\rangle + \alpha_1|a_1\rangle$, la probabilidad de que tenga éxito 'i' la secuencia didáctica A viene determinado por $|\alpha_i|^2$ y el estado cognitivo después de responder los ejercicios de la secuencia didáctica es:

$$\frac{\alpha_i}{|\alpha_i|}|a_i\rangle$$



En esta gráfica la probabilidad se obtiene proyectando $|\Psi\rangle$ sobre la base vectorial que corresponde al éxito cognitivo, para tomar a continuación el cuadrado de esta longitud. Si el éxito se produce (o no) con la secuencia 'si A entonces B', el estado se proyecta sobre la base $(|a_0\rangle, |a_1\rangle)$. Si el éxito se produce (o no) con la secuencia 'si B entonces A', entonces el estado debe proyectarse sobre la base $(|b_0\rangle, |b_1\rangle)$.

Este tipo de modelización cuántica liga por tanto el aprendizaje del alumno con el éxito didáctico en función del orden de los ejercicios, considerando el estado cognitivo antes y después de resolverse la secuencia didáctica según probabilidades proyectadas en dos bases de referencia.

Conclusión

A pesar de que cada vez se dedican mayores esfuerzos, todavía falta comprender de qué forma el andamiaje metacognitivo afecta al comportamiento de los alumnos en la resolución de problemas complejos. Pero sobre todo hasta el momento presente no se ha podido concretar hasta qué punto una didáctica que incida en la reflexión del alumno sobre su propio conocimiento mejora los resultados de los ejercicios y en general el conjunto de su rendimiento académico. Esta es la tarea que se está desarrollando con Quantitas y los resultados hasta la fecha son muy prometedores.

Profundizando los trabajos de Kahneman, se ha descubierto que el mismo tipo de estructura subjetiva heurística que establece las valoraciones sobre el beneficio de las decisiones en función de un punto de referencia, es la que desarrolla las estrategias cognitivas para facilitar el conocimiento. Eso quiere decir que la aparente irracionalidad que contradice las leyes de probabilidad subyace también en las irregulares variaciones temporales que se observan en la resolución de los ejercicios, según se reducen con la praxis y la corrección de los fallos.

Se ha podido observar también que esta 'subjetividad' podría estar relacionada con los perfiles de la inteligencia categorizados por Howard Gardner, sobre todo analizando la relación de las variaciones temporales con las capacidades cinemático-motoras. No se ha podido establecer una conclusión científica todavía, porque se necesita dato masivo, modelizaciones matemáticas avanzadas y sistemas de computación cognitiva que aceleren los procesos de verificación y falsación de las hipótesis planteadas. Podría tener además una relación remota con los primeros descubrimientos motrices y lingüísticos de la infancia (a partir de los 9 meses hasta los 3 años), pero ese estudio queda fuera del alcance de este trabajo.

En clase se ha comprobado que esta subjetividad heurística puede ser mejorada rápidamente por los propios alumnos cuando se incluye en la didáctica información metacognitiva. Pues son ellos mismos quienes avanzan de forma autosuficiente en las estrategias, exactamente igual a como comenzaron a caminar o hablar por ellos mismos. Esta comparación es útil, porque la cinemática entrega mucha información sobre los ciclos que se observan en las secuencias de atención-distracción, actividad-pasividad.

En consecuencia, al analizar la irracionalidad en los procesos de aprendizaje desde los errores y la forma en que se producen y desaparecen, se puede observar cómo evoluciona cada alumno contra el trabajo del profesor al mismo tiempo que con esos datos prepara una heurística didáctica más afinada para adaptarse a las nuevas necesidades metacognitivas que aparecen.

Cuando toda esta información ha sido tematizada con objetividad, se ha podido observar también que las heurísticas profesor-alumno(s) se retroalimentan y el éxito de la didáctica crece con fuerza, sobre todo a largo plazo. Es decir, entre todos hacen un trabajo espontáneo muy fructífero por aproximar sus propios 'punto de referencia'. Es como si la didáctica quedara preñada de información metacognitiva útil para dinamizar el aprendizaje.

Esta nueva situación eleva automáticamente las conceptualizaciones y permite desarrollar habilidades metacognitivas superiores, facilitándose así la resolución de ejercicios desestructurados y sobre todo su adaptación a los diferentes perfiles de alumnos.

Finalmente, se ha encontrado que las modelizaciones cuánticas permiten analizar toda esta información porque sus principios permiten no presuponer estados mentales por lo que respecta al tiempo, las notas obtenidas y el orden y la cantidad de ejercicios resueltos.

Propuesta de investigación, equipo científico a contactar y método

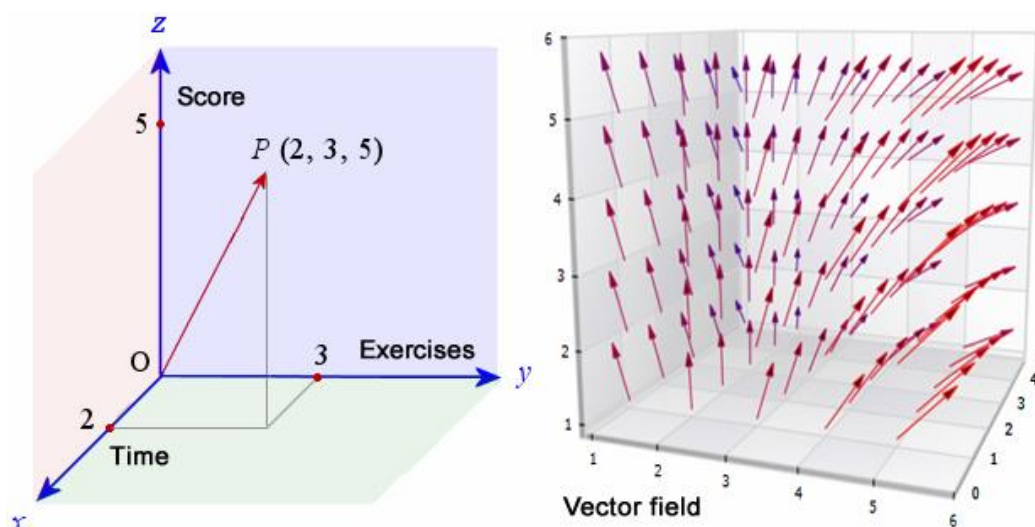
El objeto de la investigación consiste en construir un sistema de recomendación automático de secuencias didácticas para el profesor en función de los perfiles de alumnos detectados, recopilando los esfuerzos pedagógicos en todas las aulas. Se busca conseguir un sistema inteligente en tres niveles:

1. Predicción de notas y tiempos antes de comenzar las unidades del temario, descubriendo a qué alumnos les va a faltar nivel, a qué otros les va a sobrar y dónde se sitúa la media de toda la clase.
2. Predicción de la nota del control que se plantee a la finalización de cada tema.
3. Deducción del perfil de inteligencia de cada alumno, según los análisis de Gardner. Aquí serán necesarios más datos: movilidad corporal y capacidad en lectoescritura.

Todo esto construiría la primera herramienta capaz de aprender de los alumnos y los profesores, para acumulando experiencia convertirse en un profesor de profesores y alumno de alumnos.

Propuesta

Construir un motor predictivo para Quantitas sobre la idea matemática de 'campo vectorial', entendiendo el esquema de comunicación didáctica profesor-alumno(s) en la clase a imagen del campo magnético en un núcleo atómico, donde el profesor está en el centro y los alumnos se encuentran en 'orbitales de atención' en función de los perfiles de sus inteligencias.



Para determinar las componentes del vector, se tomará como base los modelos cuánticos explicados, con el objeto de valorar la temporalidad en la resolución de las actividades, corregir el 'esfuerzo' en función de la nota y establecer las secuencias didácticas y el orden más adecuado en los ejercicios para cada unidad del temario. Es especialmente importante la valoración temporal, entendida como una interferencia de dos ondas atención-distracción.

Usando *Watson Analytics* (IBM), diseñar una base de predicción sobre dos presuposiciones que se deben corroborar para cada unidad del temario:

1. Antes de cada unidad, el profesor carga en el sistema el paquete completo de ejercicios que desea explicar y el sistema hace una predicción sobre:
 - a. Mejor distribución de las secuencias didácticas (ordenada en ejercicios/días), incluyendo una espiralidad de primeras y segundas secuencias didácticas.
 - b. Previsión de notas y tiempos para cada ejercicio en cada alumno.
 - c. Cargas de trabajo para los alumnos, distribuyendo la clase en tres bloques:
 - i. Media de la clase, llevada automáticamente por el sistema.
 - ii. Alumnos que necesitan más tiempo. En qué ejercicios y trabajo añadido necesario para superar las dificultades.
 - iii. Alumnos a los que les sobra tiempo, porque se queda corto el temario. Planteamiento de ejercicios superiores y estrategias personalizadas.
 - d. Valoraciones metacognitivas sobre:
 - i. El 'punto de referencia' de cada alumno
 - ii. Evolución de la potencia de sus 'atajos cognitivos'
2. Al terminar la unidad, el profesor carga el control final y el sistema hace una predicción sobre las calificaciones y el tiempo necesario para resolverlo completo.

El sistema predictivo se construye para que pueda aprender por sí mismo:

1. En la primera predicción, el sistema puede corroborar su precisión por la introducción de los ejercicios de los alumnos, según avanzan las secuencias didácticas.
2. En la segunda predicción el sistema verifica por los resultados del control.

Se introducirá además una valoración cinemático-motora mediante la grabación a un fotograma por segundo de la movilidad de los alumnos en el aula, más la huella táctil sobre el tablet. El objetivo es determinar la motricidad amplia del cuerpo y fina de la mano para poder hacer una relación entre los procesos intelectivos y los cinemático-motores.

Se trata de un esquema de desarrollo circular, con las siguientes dos etapas de análisis.

Antes del control, durante la unidad:

1. Predicción sobre el tiempo para cada ejercicio-alumno, relacionado con la cinemática
2. Determinación del 'orbital de inteligencia'
3. Valoración previa del 'esfuerzo' necesario
4. Propuesta de secuencias didácticas y carga de trabajo, personalizadas
5. Establecimiento de un 'vector' hipotético para cada par ejercicio-alumno
6. Recepción en tiempo real de los resultados conseguidos en el aula.
7. Corroboración de las hipótesis, valoraciones y predicciones previas.
8. Corrección del modelo predictivo

Para el control:

1. Predicción sobre tiempo y nota para cada ejercicio-alumno, sobre los datos recibidos del trabajo de cada alumno antes del control
2. Recepción de los resultados del control.
3. Corroboración de la predicción.
4. Corrección del modelo predictivo.