

# COLEGIO REFOUS

Seminario de Matemáticas / Septiembre de 2019

## ENTRE GRAFOS Y COMPUTADORES: EL ROL DE LA INFORMACIÓN - EPÍLOGO

ANDRÉS VILLAVECES - UNIVERSIDAD NACIONAL - BOGOTÁ

Durante el Seminario construimos un **lenguaje** que nos permitió definir algunos conceptos y sobre todo ver la interacción entre *elementos* aparentemente tan dispares como exponencial y suma, logaritmo y codificación, compuertas lógicas y el NI, morfismo olvido y morfismo conexión. Culminamos el sábado pasado con los flipflops “ensamblados” en forma de desacelerador, y logramos describir la generación de una “retahila” de números naturales.

¡Quedaron muchas preguntas al aire!

He aquí algunas de esas preguntas, y algunos lugares donde pueden seguir su propio camino si la curiosidad está:

- **Compuertas cuánticas** - la idea más básica es reemplazar los BITS por los QUBITS (los bits cuánticos). Los bits representan la unidad de información (nuestro O/I - azul/rojo). El estado de un bit es el color de una flecha, azul o rojo. Los qubits *también* representan unidades de información pero (de acuerdo con las leyes de la física cuántica) sus **estados** pueden ser algo llamado “superposición coherente” de O/I. *En el momento de medir* el valor de un bit (revisar el color) su estado no cambia; por el contrario el *acto de medir* el valor de un qubit afecta de manera irreversible su estado. Los qubits serían entonces flechas “tapadas” que nosotros al tratar de averiguar su color podríamos afectar. Al “medir” (o revisar color) de una flecha obtenemos azul o rojo, pero cada flecha qubit en principio estaría dotada de una *probabilidad* de arrojar azul o de arrojar rojo al ser revisada. Capturar compuertas cuánticas requiere incorporar este comportamiento. La más famosa es llamada *compuerta de Pauli* y es la versión cuántica de NO. Pero hay muchas otras, con nombres curiosos como  $\sqrt{NO}$ , *SWAP*,  $\sqrt{SWAP}$ , etc. Aquí hay una lectura sobre este tema:

<https://towardsdatascience.com/demystifying-quantum-gates-one-qubit-at-a-time-54404ed80640>.

OJO: no hay (hasta ahora) *nada* escrito sobre computas cuánticas en el estilo, en el lenguaje de nuestro seminario, el estilo de Papy.

- **Máquinas que aprenden.** Esta fue la pregunta de dos de ustedes el sábado pasado. Máquinas que se programan no para que sigan una retahila de instrucciones sino para que aprendan a generar ellas mismas sus propios programas.

Nosotros en el seminario no alcanzamos a llegar a máquinas programables (pero estuvimos muy cerca; el desacelerador binario es el paso crucial). En los últimos treinta años ha surgido un paradigma contrario al de programar una máquina comunicándole mediante un lenguaje *qué queremos que esta haga* y basado más bien en hacer que la máquina ensaye muchas situaciones (algo que puede hacer un computador hoy: millones y millones de situaciones). A partir de cierta retroalimentación parcial que le damos a la máquina, esta asigna *pesos* a cada una de las respuestas. Por ejemplo, en un juego de GO, la máquina ensaya miles y miles de jugadas y según cuando pierde o cuando gana asigna peso a las jugadas. Este “peso” es asignado usando *estadística*.

Las tres nociones cruciales son:

- asignación (cada vez más) correcta de pesos, usando retroalimentación
- el programa tiene como OUTPUT otros programas - en lugar de tener un OUTPUT numérico usual el programa produce programas - a veces *explicar* estos programas generados por otros programas puede ser una tarea imposible para nosotros los seres humanos
- la información pasa de una *capa* a otra *capa* dentro de una red de de capas (red “neuronal”)
  - solo recientemente las máquinas han ido adquiriendo velocidad suficiente para cruzar varias de estas capas

Una buena conferencia que resume algo de esto último fue dada por Geoffrey Hinton y Yann LeCun al recibir el Premio Turing más reciente:

<https://www.youtube.com/watch?v=VsnQf7exv5I>.

Hay que saltar al minuto 10 para empezar por el punto interesante.

Una **película** que dramatiza de manera efectiva lo que ha pasado recientemente con este cambio de paradigma (llamado usualmente en inglés *machine learning* o más recientemente *deep learning*) es

**Alpha Go**, dirigida por Greg Kohs y estrenada en 2018. En esa película relatan cómo un equipo logró vencer al gran campeón coreano del juego de GO a través de un programa que genera el programa que juega. Es una película interesante (y en muchos sentidos inquietante).

Entender todo lo anterior requiere de nosotros (parafraseando a Papy) un nuevo **crystal de matemática contemporánea**: probabilidad (no necesariamente clásica), teoría de modelos (comparar estructuras mediante juegos lógicos).

Más que nunca está vigente este párrafo:

*El computador es un cristal de matemática moderna y de una pedagogía de su enseñanza por medio de flechas. En cada instante, el computador es un grafo de flechas azules y flechas rojas, como en otros libros de matemática moderna. Sus articulaciones (o vértices) están habitadas por conectivos lógicos que provienen en línea directa de Aristóteles y Sócrates. ¡Al mirar tu computador personal, veinticinco siglos - y tal vez cuarenta - de filosofía, lógica y matemática te contemplan!*

Georges Papy

---

De nuevo mil gracias a todos ustedes, alumnos de grado 11, por haber estado en esa aventura que fue el Seminario de Matemáticas. Y gracias también, muy especialmente, al equipo de profesores que hicieron posible vivir esto en el Colegio Refous en días pasados.

También (naturalmente) va un gesto de humilde gratitud hacia los dos grandes que ya siguieron su camino: Monsieur Roland Jeangros y Monsieur Georges Papy. Sin su trabajo gigantesco nada de esto habría sido posible.

Andrés Villaveces