EL SUEÑO DE FRANKENSTEIN.

Autómatas, computabilidad y lenguajes formales.

MA. Roxana Reyes Rivas.

Se ha definido a la lógica como "la disciplina que trata de la forma del razonamiento correcto". Y esto en general es cierto. Desde el *Organon* y *Sobre la interpretación* de Aristóteles, la lógica se ha constituido en un conjunto de métodos para elucidar la corrección de los razonamientos.

En otras palabras, ya desde la lógica de la época clásica, esta disciplina ha encontrado métodos para obtener resultados mediante un número finito de pasos en un proceso más o menos mecánico. Digo más o menos porque sin duda los problemas del lenguaje natural en algunas ocasiones derramaron oscuridad sobre el trabajo aristotélico.

Sin embargo, el estagirita, posiblemente comprendiendo este problema, introduce el uso de variables; a mí se me figura un primero atisbo de formalización en el oficio de la lógica. Por supuesto, las obras aristotélicas, si bien son lo más sistemático y completo que conservamos de nuestra herencia helénica en materia de lógica, no son el único aporte de Grecia al desarrollo de dicha disciplina. Cabría mencionar el trabajo de los estoicos y megáricos, de los cuales sólo nos han llegado noticias de sus desarrollos en la lógica de proposiciones.

Con esta introducción quiero proponer dos frentes de discusión que privarán en este trabajo: el primero es que el aprendizaje de la lógica afina la capacidad de razonamiento, incluido en ello el aprendizaje matemático; el segundo, el espíritu de la lógica de establecer métodos de computabilidad.

Ambas propuestas, como se verá, están relacionadas y por tanto no trataré ninguna de las dos por separado. Más bien deseo que a lo largo de la exposición se vislumbre dicha conexión. A su vez, todos estos desarrollos serán rematados con el señalamiento de la enseñanza de la lógica como un derrotero significativo para poder implementar satisfactoriamente, y con un sentido más integral, la introducción generalizada de la informática en nuestro país.

I

Primero que todo: ¿qué entendemos por computabilidad? Podemos definir tal concepto como la propiedad de una operación de ser acarreada mecánicamente mediante un número finito de pasos. Voy a dejar por ahora a la intuición la comprensión de términos como "operación" y "mecánicamente", pues los dos puntos de discusión que propongo se sustentan mucho en la tesis de que la noción de computabilidad puede ser usada en forma más amplia que como lo es, aparentemente, dentro de la lógica contemporánea. A su debido tiempo, retomaremos lo arriba explicitado y se comprenderá por qué lo califico de aparente.

Ahora bien, la lógica más elemental nos enseña las características formales fundamentales del discurso racional. Nos ejercita a distinguir las partes del razonamiento y las relaciones entre éstas. Asimismo nos permite elucidar el proceso inverso, a saber, el establecimiento erróneo y sutil de relaciones entre dichas partes en lo que técnicamente llamamos falacias. Sin duda, este aprendizaje normalmente se lleva a cabo sin prestar atención al contenido o referencia de los ejemplos a los que se ha echado mano en el proceso de enseñanza.

Ejemplo de esto es la silogística aristotélica y se puede afirmar que las diferentes formas del silogismo son un intento de encontrar una manera mecánica de distinguir y realizar algunos razonamientos tal como son considerados en la lógica de primer orden. No obstante, Aristóteles muchas veces se encuentra enredado en las imprecisiones del lenguaje ordinario. Si bien es cierto, como ya apunté, que dicho autor introduce variables en su trabajo, esto sólo parcialmente alivia las dificultades con que éste se topa.

No voy a entrar en detalle aquí sobre dichas dificultades ya que son irrelevantes para lo que me propongo en este momento. A aquellos que estén interesados los remito a las fascinantes y tortuosas polémicas de la Edad Media. En todo caso, el punto que quiero resaltar es el "afán de computabilidad" implícito ya en la obra aristotélica.

El trabajo del álgebra de Boole, como álgebra de la lógica, es una muestra muy convincente del afán de computabilidad que yo menciono con respecto a la lógica aristotélica. El álgebra booleana, sobre todo como se encuentra planteada en el *Análisis matemático de la lógica* (1847), es un planteamiento serio bastante exitoso sobre las virtudes formales de la lógica aristotélica.

Permítaseme explicarme. Boole da un tratamiento puramente matemático a la teoría de las oraciones de Aristóteles. Hace coincidir algunas de las operaciones matemáticas, tratadas de una forma especial, con las formas de la oración tal y como las expone Aristóteles en el cuadrado de las oposiciones. Su uso del 0 y del 1, sobre todo como valores de verdad, nos permite establecer un examen automático de la validez de las oraciones.

También quiero destacar que Boole enfatiza el hecho de que su álgebra no tiene un contenido fijo: puede ser igual un desarrollo sobre proposiciones de la matemática o sobre proposiciones de otro tipo. Esto es, se ha elaborado un cálculo cuyos resultados dependen únicamente de las reglas de combinación de sus símbolos, sin importar de qué interpretación hayan sido provistos dichos símbolos.

Pero no cabe duda de que el más fascinante resultado del álgebra booleana ha sido la inmensa utilidad de ésta en el manejo de circuitos electrónicos. En el manejo de dichos circuitos, se reproducen las expresiones algebraicas tal como se especifican en el álgebra booleana. Esto es, las máquinas computadoras hoy en día operan con el álgebra de Boole.

Es decir, la mecanización de la lógica se hace inminente y posible gracias al trabajo de Boole. Ya muy cercanas cronológicamente a las publicaciones booleanas encontramos la implementación de máquinas lógicas, como por ejemplo la máquina de Jevons (1869).

Pero no solo en este aspecto ha sido el desarrollo de la lógica importante para comprender la noción de computabilidad y sus posibilidades. Pasaremos a ver ahora una segunda vertiente de la lógica con la cual el desarrollo de la informática se encuentra en eterna deuda.

II

Bien, he explicado a grandes rasgos cómo Boole implementa un cálculo de ecuaciones al que reduce la lógica tradicional. Sin embargo, otro planteamiento del desarrollo simbólico de la lógica es primeramente planteado por H. McColl en 1877. Este será un cálculo sentencial de implicaciones, el cual será desarrollado de una manera más completa por Gottlob Frege (*Begriffsschrift*, 1879), entre otras cosas.

Se sabe hasta la saciedad que todo el desarrollo del cálculo lógico, llevado a cabo por Frege. estaba orientado a la demostración de que la aritmética es una parte de la lógica y que, por ende, todas las ramas de la matemática que sean reductibles a la aritmética también estarán basadas, en última instancia, en la lógica. A pesar de que dichas intenciones no encontraron éxito, el desarrollo del cálculo lógico efectuado por Frege continúa siendo un hito en el desenvolvimiento de la lógica como una disciplina por derecho propio.

A partir de los logros de Frege, la lógica contemporánea ha dado pasos agigantados en muchas direcciones. La dirección que aquí me interesa destacar, sin embargo, se refiere a los trabajos en matemática, los cuales son de suma importancia para la teoría de la computabilidad tal y como se entiende hoy en día. La obra de Frege, aunada con los fascinantes resultados de un coetáneo de éste, a saber, Georg Cantor, en cuanto a la teoría de conjuntos, abren camino hacia el desarrollo de la teoría de funciones computables.

La sugerencia de la equivalencia de las diferentes formas de computabilidad, sea ésta entendida como computable mediante una máquina como la descrita por Allan Turing (1937), o un ábaco infinito, o recursión u otras formas que se pueda mencionar, es uno de los resultados más importantes que la lógica ha proporcionado en la explicación de las limitaciones y posibilidades de lo computable. Esta sugerencia es conocida como la Tesis de Church (1936).

Posteriormente ha sido de gran utilidad dentro de la computación el trabajo de Kurt Gödel en cuanto a la codificación de expresiones. Dicha tarea es llevada a cabo mediante la aplicación de funciones recursivas. Es decir, se puede construir una función recursiva que nos permita codificar expresiones, encontrar el lugar de dichas expresiones en un listado y cada una de las partes que componen dichas expresiones.

Ahora bien, dije al principio que la noción de computabilidad era más amplia de lo que pareciera de primera entrada. Mucha veces se puede pensar que "mecánicamente" se entiende como susceptible de ser acarreado por una máquina, pero dicho término en realidad envuelve el hecho de que existe un algoritmo que puede ser aplicado al igual por seres humanos o máquinas debidamente diseñadas para emular dicho procedimiento. Este procedimiento, el algoritmo, describe los pasos a efectuar para obtener un resultado determinado. A esta ejecución de pasos y obtención de resultados es a lo que llamo "operación".

Así pues, me parece que queda suficientemente explicada la importancia de la lógica para la teoría de la computación. El instrumental que ha brindado la lógica para hacer posible el sueño seductor de construir un autómata eficiente no puede ser soslayado si queremos tener verdadero dominio de esta nueva magia en la cual se han cifrado tantas expectativas de desarrollo en el futuro de nuestro país.

Conclusiones.

He explicado someramente cómo se ha beneficiado la teoría detrás de la construcción efectiva de computadores a partir del avance de la lógica contemporánea desde Boole y Frege en adelante. He expuesto muy escuetamente el punto de partida del álgebra de la lógica. También he hecho referencia a la interesante obra fregeana, la cual ha permitido a la lógica un brillo sin precedentes y una fuerza demostrativa fundamental para el avance de la teoría de la computabilidad y el desentrañamiento de algunas características de la matemática en general.

Se ha tratado algunas veces de ver como dos vertientes contrapuestas a la obra booleana y a la de Frege, sin embargo es posible ver que dentro de la lógica de la implicación fregeana se puede dar cuenta de la silogística aristotélica mediante el cálculo de primer orden. Pero, éste no es un rasgo que me interese enfatizar en este momento.

Sí me interesa en cambio mencionar que lo arriba expuesto es un fuerte soporte a la idea que expuse al principio de este trabajo cuando mencioné el afán de computabilidad que aparece como gérmen de la lógica desde la antigüedad. Esto sin duda remata también la propuesta de que los rudimentos de la lógica deben ser enseñados no sólo por el pulimento en la capacidad de razonamiento en las personas, sino porque permitirán que algunos de aquellos puedan algún día avanzar hacia regiones más nucleares de la informática.

No pretendo sin duda que todo aquel que digite una computadora deba tener estudios avanzados en lógica teórica. Sí pretendo que la introducción generalizada de la informática en nuestro país no sea un transplante pasivo de tecnología, sino que aquí se crean las condiciones para la creatividad en dicho campo, a la par que se mejoran los hábitos de razonamiento de nuestros estudiantes. Cómo implementar dicha inquietud es algo que mis pocos conocimientos pedagógicos no pueden proponer. Paso en esto la palabra a los profesionales.