

马西南

# Robótica *Cuéntica*

Grupo Editorial  
**Kipus**

MARCO J. PEREDO SAAVEDRA

## CONTENIDO

<b>Prólogo.....</b>	<b>13</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>17</b>
<b>I. La Palabra emerge de las brumas.....</b>	<b>21</b>
<i>O la importancia de narrar desde un principio, con disquisiciones sobre el poder de la Palabra.</i>	
<b>II. Mucho más que solo Mecánica.....</b>	<b>55</b>
<i>Donde se muestra cómo emprender el camino que parece obvio, y cómo trascender sus limitaciones.</i>	
<b>III. Hacia el Control y la Neurociencia.....</b>	<b>89</b>
<i>Donde se reinicia la exploración hacia el objeto más complejo.</i>	
<b>IV. En el Reino de las Ideas.....</b>	<b>137</b>
<i>O disquisiciones desde las Moradas del Reino.</i>	
<b>V. Consciencia: no solo inteligencia.....</b>	<b>177</b>
<i>Donde doctamente se discute sobre soluciones sin problema.</i>	
<b>VI. La información... ¡también es Física!.....</b>	<b>207</b>
<i>Donde se discurre sobre los principios que sustentan el paso de la teoría a la práctica.</i>	
<b>VII. Computación Cuántica y más.....</b>	<b>245</b>
<i>O con sabor al antes lejano siglo XXI.</i>	
<b>VIII. Hacia el futuro: a manera de epílogo.....</b>	<b>287</b>
<i>O proyección final sobre aquella dimensión llamada “tiempo”.</i>	

## INTRODUCCIÓN

HACE ALGUNOS AÑOS, el Prof. Dr. Eduardo Bayro, un científico e investigador boliviano reconocido a nivel mundial en el área de la Robótica, presentó en instalaciones de la empresa cochabambina Jalasoft S.R.L. una conferencia titulada “Avances en Robótica: una perspectiva geométrica”.

Ante la fascinación del público que colmaba el salón del evento, la presentación programada para una hora y media se extendió a más de tres. Y, además del incomparable nivel técnico y la habilidad del expositor, quedaron claros también dos mensajes muy importantes para una época y un medio en los cuales, lamentablemente, la tolerancia hacia la mediocridad parece extenderse, convirtiéndose en una tendencia favorecida por grupos cada vez más numerosos. Veamos ambos mensajes:

*No hay forma de alcanzar logros importantes sin esfuerzo constante — Ad astra per aspera, según reza el antiguo dicho— y no tiene sentido pretender inexistentes atajos ni invertir energías en buscarlos.*

*Tampoco tiene sentido escudarse tras la falta de infraestructura tecnológica del país, para tratar de justificar nuestra ignorancia de la tecnología de punta a nivel mundial, ni nuestra carencia de logros en el quehacer técnico-científico.*

En efecto, para llegar a resultados concretos, por ejemplo en el campo actual de la Robótica, pueden bastar la dedicación plena y tesonera, y una sencilla computadora con acceso a Internet, que permita estudiar los resultados más avanzados en el ámbito mundial, arribando a planteamientos e inclusive implementaciones originales, a niveles competitivos, en base a educación metódica y trabajo *rigurosos, asiduos, e intensos.*

Aquí resulta pertinente algo que dijo el revolucionario soviético Vladimir Ilyich Ulyanov (Lenin): “La práctica sin teoría es ciega. La teoría sin práctica, estéril.”<sup>1</sup> Aparente, y sorprendentemente, ésa fue una afortunada paráfrasis de la enseñanza de Confucio que nos ha llegado registrada como “Aprender sin pensar es inútil; pensar sin aprender, peligroso.”

Conviene recordar también las palabras (alrededor de 1902) de Thomas Alva Edison, aquel inventor y empresario estadounidense que iluminó el mundo en las décadas de transición entre los siglos XIX y XX: “el genio es uno por ciento inspiración; noventa y nueve por ciento transpiración”: la chispa que el género humano reconoce como “genialidad” surge sobre todo del rigor y el tezón en tareas muy duras y muchas veces monótonas.

Fue aquella charla del Dr. Bayro la que inspiró este cuarto emprendimiento *cuéntico* en un intento por presentar tanto el material científico necesario para iniciar investigaciones formales en Robótica, como el estado de avance y las tendencias previstas en esa fascinante ciencia con promesas de un porvenir aún más extraordinario que el ofrecido por los logros que ya nos ha tocado vivir en el campo de la automatización electrónica.

Siguiendo el enfoque de las anteriores tres realizaciones *cuénticas*, ésta también usa un lenguaje sencillo y un estilo coloquial dirigido principalmente al público no especializado, sin subestimar jamás la inteligencia del lector, promoviendo una lectura crítica, y preservando el rigor científico de los principios que sustentan la exposición.

Se muestra en primer término una perspectiva histórica desde tiempos remotos, que quizá sorprenderá en la comprobación de la

---

1 Discurso ante el Congreso de la Liga de Jóvenes Comunistas Rusos, 1920.

existencia de antiguos logros complejos en cuanto a automatización de dispositivos mecánicos. Se avanza luego hasta las actuales realizaciones y la proyección hacia el futuro previsible.

A pesar de reiterados consejos en contra, no se ha evitado la tentación de incluir alguna cita o referencia a la colección de las anteriores historias *cuénticas*, especialmente cuando el tema en cuestión no está relacionado de manera directa con el núcleo de este libro, considerando que el lector no especializado puede beneficiarse más de una explicación que siga el mismo estilo de coloquio o de cuento, que de otra rigurosa o técnica. Sin embargo, las propias limitaciones del autor han hecho que en ocasiones haya sido imposible prescindir de alguna fórmula, aunque siempre se ha tratado de explicarla luego a detalle, para no desalentar al lector carente de entrenamiento técnico que, se espera con optimismo, constituirá un porcentaje importante. Por supuesto, los temas centrales están respaldados a través de una bibliografía establecida y reconocida a nivel mundial.

Para minimizar ambigüedades inevitables, se ha preferido repetir también la práctica de usar el idioma original en todas aquellas citas de encabezamiento en idiomas cuya escritura se basa en el abecedario latino. En estos casos, las traducciones al pie son libres.

Digo, por cuarta vez, que un solo lector ajeno al área tecnológico-científica que se sienta atraído por estas aventuras *cuénticas* como para culminar su lectura, justificará este nuevo esfuerzo por compartir mensajes propios de un ámbito que merece dedicación plena a las investigaciones más profundas.

Cochabamba, febrero de 2016.

## LA PALABRA EMERGE DE LAS BRUMAS

*“Begin at the beginning,” the King said, gravely...<sup>i</sup>*

Lewis Carroll - Alice's Adventures in Wonderland

*En el principio ya era el Verbo; y el Verbo  
era con Dios, y Dios era el Verbo.*

Juan 1:1.

ALLÁ EN LOS CIELOS HELÉNICOS, morada de los dioses gloriosos, es fama que solo a Hefesto (para los romanos, Vulcano) le fue permitido restituir su divino estado primigenio después de sufrir la expulsión del Reino y caer en la terrena Lemnos<sup>1</sup> cuyos nativos abrazaron su culto.

Por supuesto, los hechos registrados en las crónicas divinas no tienen data, de modo que no es arriesgado entender que el material de sus narraciones refleja el nacimiento de ciertas ideas en el seno de las antiguas sociedades cuando, cada vez más organizadas y estables frente a la urgencia de atender las necesidades básicas para la subsistencia, gozaban ya de la posibilidad de ejercitar el intelecto de manera más amplia. Discurremos sobre esta hipótesis para postular que el origen de los conceptos alrededor de los cuales gira este nuevo conjunto de aventuras *cuénticas* es tan antiguo como la humanidad misma.

En este sentido, resulta fascinante reflexionar respecto al por qué se permitió a ese dios singular revertir el destierro del que

---

<sup>i</sup> “Comienza por el principio,” dijo el Rey gravemente...

fue objeto: con certeza, la justificación no debió haberse basado en la consideración de la trivialidad que originó el castigo —la deformidad de sus pies habría ofendido a su madre, la diosa Hera— puesto que causas igualmente leves, incomprensibles e injustas a nuestros limitados ojos condujeron muchísimas veces a otros terribles dictámenes irrevocables. Su condición privilegiada entre la divina stirpe se debió más bien, probablemente, a sus excepcionales capacidades como constructor, como inventor, como *creador*.

En efecto, en su calidad de dios del fuego y la metalurgia, patrono de herreros, artesanos, y escultores, no solo estaba a cargo de forjar las armas, armaduras, y utensilios metálicos en general para los otros dioses, sino que fabricó también, entre innumerables artefactos, el cetro de Agamenón, la armadura de Aquiles, el cinturón de Afrodita, el casco y las sandalias aladas de Hermes, el arco y las flechas de Eros, el carro de Helios el dios del Sol (¡hazaña sin duda singular!), y hasta los rayos de Zeus. Pero... muchísimo más sorprendente aún que todo eso: Homero nos informa en la *Ilíada*<sup>2</sup> (alrededor del siglo VII u VIII a. C.) que, en su forja situada en el Monte Olimpo y debido a sus limitaciones físicas, Hefesto se vio obligado a construir para sí artilugios y seres metálicos dotados de movimiento: no solo complejas herramientas, sino más bien ayudantes capaces de aliviarle la carga impuesta por sus múltiples tareas. Resulta subyugante el enterarse de la amplia variedad de tales creaciones, desde simples pero obedientes ruedas móviles de oro macizo y trípodes autónomos — que se ve que son mucho más que meros soportes pasivos — cargados con las tareas menos intrincadas pero más pesadas y monótonas, hasta dos muy elaboradas asistentes de forma femenina, “doradas y [con] la apariencia de jovencitas vivientes. Hay inteligencia en sus corazones, y hay lenguaje en ellas y fuerza, y han aprendido a hacer las cosas de los dioses inmortales.”<sup>3</sup>

El lector concordará que, en nuestra época, y aun a riesgo de adelantarnos en mucho al vocabulario que será propio de estos relatos, no hay forma de resistir la tentación de encontrar ahí la descripción de una línea de montaje mecánica<sup>4</sup> muy completa, incluyendo desde autómatas<sup>5</sup> apenas capaces de acciones repetitivas sencillas y previamente definidas, hasta verdaderos *robots*<sup>6</sup> antropomorfos dotados de inteligencia, ¡y quizá más!...: ¿atisbos de consciencia<sup>7</sup>?

La fascinación de los mitos griegos por los seres creados artificialmente no termina ni remotamente ahí: el mismo Hefesto habría recibido de Zeus mismo el encargo de usar arcilla muy pura para crear a la primera mujer, Pandora, la de todos los dones, pero también la de la caja ominosa. La habilidad del divino artesano debió haberse puesto a prueba de manera muy especial en ese caso particular ajeno no solo al ámbito de la metalurgia, sino requiriendo además la animación de un ser presumiblemente humano desde todo punto de vista y —a diferencia de las colaboradoras en la fragua— fuera de cualquier posibilidad de detección de su origen “no natural”.

También, en el Libro X de sus *Metamorfosis*, el poeta romano Ovidio (43 a. C. - 17 d. C.) recoge la leyenda de Pigmalión, el rey escultor chipriota que, cansado de buscar infructuosamente una mujer perfecta, se dedicó a esculpir figuras femeninas cada vez más bellas y delicadas, terminando por enamorarse de su última creación tallada en marfil, la cúspide entre todas.

Afrodita, compadecida del padecimiento de Pigmalión, se le apareció en sueños anunciándole que sus súplicas por una compañera ideal habían sido escuchadas, y la estatua cobró vida bajo el nombre de Galatea: la que es blanca como la leche. Si bien todavía a través de intervención divina manifiesta, aquí estamos de alguna manera un paso más cerca del inventor o cuando menos del



artesano que, gracias a sus desvelos e incansable labor, logra un ser animado, concebido por imitación de una persona como modelo.

La leyenda del golem, propia del folklore judío, es afín a estas ideas de animación de la materia inerte hasta lograr la imitación de un hombre; imitación a la cual luego se da vida o se anima por algún método divino o mágico. La voz hebrea latinizada como *golem* designa algo informe o inacabado y, aunque la palabra aparentemente aparece escrita recién en el Talmud (en el período comprendido aproximadamente entre los años 200 y 500), probablemente la tradición oral hebrea es cuando menos contemporánea de los mitos griegos que antes hemos relatado. Hay que tener en cuenta también que el período de consolidación del Pentateuco comúnmente se data en una época similar a la de la eclosión intelectual que tuvo lugar en la antigua Grecia, es decir, alrededor del siglo V antes de la Era Cristiana. Entre paréntesis, la palabra *golem* se recoge inclusive en la Biblia: figura en Salmos 139:16, traducida en las versiones aceptadas en lenguas modernas a través, por ejemplo, de las palabras, *embrión* o *substancia imperfecta*<sup>8</sup>.

Pero, a pesar que las historias sobre el golem dieron lugar a expresiones artísticas cuya vena de inspiración particularmente prolífica continuó una tradición secular no solo hasta el siglo XX, sino que continúa vigente en la época actual (aunque restringida a literatura de gran éxito sobre todo entre el público juvenil)<sup>9</sup>, no seguiremos adentrándonos por este camino debido a que deseamos marcar desde un principio una clara diferencia entre aquellas ideas relacionadas con la posibilidad de generar seres animados (digamos “androides”) que en algún momento podrían confundirse con humanos, así sea defectuosos; y los conceptos relacionados con la temática de estos relatos *cuénticos*: la *construcción* de mecanismos claramente artificiales, que pueden imitar acciones o quizá inclusive

conductas nuestras, pero que ni siquiera por un momento podrían confundirse con personas, porque su naturaleza mecánica resulta evidente a golpe de vista.

Aprovechando las referencias tanto a seres artificiales como a humanos, es éste un buen momento para recordar lo que el científico francés Jacques Monod (1910–1976), Premio Nobel de Fisiología o Medicina para 1965, propone en su controvertido e influyente libro *El azar y la necesidad*<sup>10</sup> como criterio básico para distinguir seres vivos:

“Recalquemos aquí que las estructuras cristalinas y los seres vivos se encuentran relacionados [también] por la propiedad de reproducción invariante que los diferencia, [además,] de todos los otros objetos conocidos dentro del universo [...] Las estructuras cristalinas, sin embargo, representan una cantidad de información inferior en muchos órdenes de magnitud a aquella que se transmite de una generación a la siguiente [hasta] entre los seres vivos más simples que conocemos. Se debe enfatizar que este criterio puramente cuantitativo permite distinguir a los seres vivos de todos los otros objetos, incluidos los cristales.”<sup>11</sup>

Sin lugar a dudas, ése es hasta ahora un criterio perfecto para hacer la distinción propuesta. Pero nos preguntamos: al continuar aumentando la capacidad de transmitir información entre los sistemas<sup>12</sup> informáticos, ¿llegará algún momento – así sea en el futuro aún lejano – en que la propuesta de Monod comience a fallar y, si la usamos por sí sola, podamos cometer el error de clasificar como “viva” una estructura artificial inerte con la que por el momento no tendríamos duda alguna, tal como una computadora, por ejemplo? No está demás comenzar a reflexionar al respecto.

Vale la pena considerar también una cita adicional de Monod que hace a nuestro impulso por distinguir entre objetos naturales

\*...es evidente la contribución que está siendo dada con el lanzamiento de esta obra *cuéntica*. Desde ya, se debe resaltar que no está dirigida a un grupo especial de lectores, sino a todos aquellos que se deleitan con una lectura que contenga temas de actualidad tecnológica...\*

Dr. Francisco Triveño Vargas

\*...recordemos, por ejemplo, que el famoso inventor y arquitecto Dédalo [...] habría construido a Talos, una estatua de bronce dotada de movimiento. La estatua estaba destinada a proteger la isla de Creta, manteniendo a los intrusos lejos de la circunstancial amada de Zeus, la bella Europa...\*

*La palabra emerge de las brumas*

\*...De hecho, desde la segunda mitad del siglo XX, la Neurociencia creció grandemente en base a los avances en Biología Molecular, Electrofisiología, y Ciencias de Computación, de modo que se indaga científicamente, y cada vez a mayor profundidad, no solo en los mecanismos de formación de los circuitos neurales y sus estructuras anatómicas, sino sobre todo en la plena comprensión [...de...] la memoria, el aprendizaje, y las respuestas emocionales, desembocando en lo que denominamos *inteligencia* y, en última instancia, *consciencia*...\*

*Hacia el Control y la Neurociencia*

\*...con seguridad no habría alguien dispuesto a calificar de 'espiritual', digamos, una máquina de transmitir facsímiles, solo porque en ella se reciba un bello poema de gran espiritualidad. Pero, este argumento ¿seguirá siendo válido al momento de definir formalmente que determinada máquina es 'consciente' y, por lo tanto, autónoma e independiente de la volición, o cuando menos de la expresión, de su (quizá ya lejano) creador?...

*Hacia el futuro: a manera de epilogo*

ISBN: 978-99974-59-03-1



9 789997 145903 1