

# El Paradigma Holográfico

Por Omar E. Vega \*

\* Este artículo inédito sobre el paradigma holográfico, lo estuvimos preparando con Sergio Meier para enviarlo a Muy Interesante, pero no les interesó. Ambos trabajamos en él. Sergio ayudó personalmente a corregir este artículo pues se trata de una explicación a su propia concepción cosmológica del mundo. La redacción es mía pero bajo su guía.

## 1. La naturaleza de la realidad

Una de las inquietudes trascendentales del hombre es conocer cual es la naturaleza de la realidad. Y si bien pareciera ser una pregunta rara en un mundo pleno de Internet, celular y hamburguesas, se trata de un problema filosófico inquietante que aún no tiene una solución satisfactoria.

Este artículo no pretende responder a todas las preguntas sin respuestas, sino solamente llamar la atención del lector ante el hecho que más allá de una realidad sólida y práctica en que circulamos existe un mundo desconocido, tan real como la vida cotidiana. Para darnos cuenta de ello, es necesario saber que la realidad no es tal. De que muchas de las cosas que aceptamos como reales lo son solo en nuestra imaginación, pues vemos el mundo a través de lentes de colores que distorsionan la verdad. Esos lentes son los paradigmas religiosos, empíricos y científicos que aprendimos desde niños y que nos hacen sentir seguros.

Percibimos el mundo de manera indirecta a través de nuestros sentidos. Pero estos nos engañan sistemáticamente. Por ejemplo, desde hace mucho tiempo ya se sabe que los colores sólo existen en nuestra mente y que no tienen una realidad física externa a nuestro propio cerebro. Un color no es más que la representación interna que construye nuestra mente ante un estímulo luminoso caracterizado por la longitud de onda de la luz. El color no existe allá afuera por sí mismo, sino que es “aplicado” a nuestra visión dentro de nuestra mente. En otros términos, lo que es para usted el color rojo puede que yo lo perciba como otro color. Y si no lo cree, basta que converse con una persona que sufra de daltonismo. Con los sonidos ocurre algo similar: yo no percibo la música o las palabras de igual forma en que usted lo hace, y lo mismo se puede extrapolar al resto de los sentidos.

Nuestros sentidos nos engañan, presentándonos un mundo con colores, sonidos y sabores que no existe fuera de nuestras mentes. De igual forma, nuestros modelos científicos tradicionales nos hacen creer que la realidad es de cierta manera, como si fueran lentes de colores que pintan nuestra visión del universo.

## 2. La realidad de los antiguos

Cuando nuestros ancestros viajaban por las praderas sin fronteras de la prehistoria profunda, se sentaban al abrigo de las hogueras a manufacturar modelos del mundo. Ahí, descansando del esfuerzo de la caza, conversaban buscando las respuestas a las mismas preguntas inquietantes que nos conmueven hoy en día: ¿Qué somos? ¿De donde venimos? ¿Hacia donde vamos?

Sus respuestas fueron simples, producto de su experiencia con la naturaleza. Vivían en una tierra llena de organismos vivos y de seres invisibles, ocultos en lo profundo de los bosques. Para ellos el

movimiento era sinónimo de vida y de magia. Vivían en un mundo holístico, donde todo estaba interrelacionado con todo y donde los dioses cuidaban de cada detalle.

Posteriormente, los filósofos de Jonia se propusieron la tarea de entender el mundo en forma metódica, usando para ello sólo el razonamiento y sin el auxilio de dioses que explicaran lo desconocido. Considerando que no tuvieron a su disposición la parafernalia tecnológica contemporánea, es admirable lo mucho que fueron capaces de hacer.

Ya en el siglo V a.C. el filósofo Demócrito desarrollaba su concepto de un mundo material compuesto de partículas mínimas denominadas **átomos**, cuyo nombre significa “indivisibles”. Los átomos de Demócrito eran eternos e indestructibles, y de sus interacciones y cambios de arquitectura surgía toda la realidad. Los átomos pertenecían a distintas categorías, cada uno con sus características únicas, que daban a las sustancias las propiedades observables en la naturaleza. También los cambios de estado del agua podían explicarse con relativa sencillez, como variaciones de densidad, siendo sólida cuando sus átomos estaban muy juntos, líquida cuando disponían de espacio para moverse y vapor cuando flotaban libremente.

De acuerdo a Demócrito, la realidad no era más que los cambios de estado sufridos por un enorme juego **Lego** de proporciones cósmicas. El materialismo filosófico había surgido. Pero Demócrito no solo propuso un modelo del mundo material, sino que llegó al extremo de proponer que existían átomos especializados en actividades del espíritu. Esa especulación podría parecer absurda si no supiéramos que las neuronas trabajan con pulsos electroquímicos que son, literalmente, partículas de conciencia

Al mismo tiempo que el concepto del átomo surgía, otros filósofos buscaban perfeccionar nuestro entendimiento del mundo, asegurándonos que todo tenía una base racional. Entre éstos, los matemáticos llevaron las cosas al extremo, al racionalizar la geometría con el método axiomático. Para ellos, todo el pensamiento geométrico podía deducirse por derivación de unas pocas verdades evidentes **a priori**, verdades que fueron llamadas axiomas. La obra maestra de la axiomática es sin duda “Los Elementos” del alejandrino Euclides, quien deriva los teoremas de la geometría elemental de un puñado de conceptos básicos denominados postulados, virtuales átomos de la verdad.

De acuerdo a los griegos, en particular siguiendo a Platón, el mundo real era una aproximación imperfecta del mundo abstracto de las ideas: un lugar donde estaban los prototipos eternos y perfectos de todo lo existente Y es precisamente ese concepto el que condujo al desarrollo de la ciencia moderna. Todavía hoy, cuando un científico desarrolla un modelo matemático del mundo real, tiene fe en que sus ecuaciones describen la realidad. Se trata de la misma fe platónica en el mundo de las ideas.

La síntesis del saber clásico es el modelo geocéntrico del universo creado por el alejandrino Claudio Ptolomeo. Para Ptolomeo, los planetas giraban haciendo rizos en su trayectoria en torno a la Tierra. Ese modelo permitió a los astrónomos calcular con precisión los desplazamientos planetarios.

En resumen, el universo de los filósofos griegos estaba basado en la fe platónica en las matemáticas y se le modelaba como un sistema compuesto de planetas que interactuaban entre sí a la manera de los engranajes de un mecanismo de relojería.

### 3. El universo moderno

Al terminar la Edad Media, en Europa se comenzó a recuperar el antiguo conocimiento y con esto renació el interés por entender el mundo de una manera racional. Se contaba entonces con nuevas herramientas que los antiguos desconocieron. En particular, el álgebra de origen árabe y los numerales hindúes, que permitieron a René Descartes la formulación de la Geometría Analítica, la cual no es otra cosa que la antigua geometría de Euclides escrita en términos algebraicos. Otras invenciones contemporáneas avanzaban en la misma ruta, como es el caso de los vectores, inventados por Simón Stevin, que permitieron entender las composiciones de fuerzas en mecánica. Todo ello fue sólo el preámbulo de un modelo de extraordinaria riqueza que todavía influencia nuestra manera de pensar la realidad: la Mecánica Newtoniana, cuyo nombre nos recuerda el trabajo de Sir Isaac Newton, quizás el más brillante científico del milenio pasado.

Con estas poderosas herramientas se llegó a entender el funcionamiento de la Química, los movimientos de los astros y la naturaleza de la energía. La conquista del cosmos, el desarrollo de la bomba atómica y toda la tecnología actual fueron las espectaculares consecuencias del modelo del mundo creado por Newton.

El éxito en la predicción de las trayectorias de las balas de cañón y de los planetas puso a las técnicas de Newton en el centro de la ciencia moderna y despertó el asombro de sus contemporáneos. Nació entonces la fe ciega de que la ciencia podría explicar toda la realidad, siendo el francés Pierre-Simón Laplace quien llevó las cosas al extremo. Él afirmó que el futuro estaba completamente determinado. Si se conocieran las condiciones iniciales, cada evento ulterior podía ser calculado. El universo era, para Laplace, un mundo determinista descrito por ecuaciones diferenciales. Todo el futuro estaba escrito y quien conociera las fórmulas podría predecir su cambio hasta el fin de los tiempos. El universo era un mecanismo de relojería al cual se le debía cuerda una vez y de ahí en adelante funcionaba por sí solo hasta que se le acabara la cuerda. Todo era predecible. Ya nada quedaba al azar ni oculto.

### 4. El reduccionismo

He aquí uno de los grandes mitos de la ciencia:

*“La naturaleza de las cosas complejas se reduce a la suma de cosas más simples o fundamentales.”*

Esta idea se llama “reduccionismo” y no ha sido hasta hace muy poco que se ha empezado a dudar de su veracidad, pues existen en la naturaleza algunos sistemas complejos que se niegan a ser llevados a sus partes fundamentales tan fácilmente. Entre ellos están los sistemas biológicos conocidos como seres vivos.

En términos técnicos, el reduccionismo nos dice que los sistemas son lineales, y que todos funcionan al modo de los mecanismos de relojería. Podemos ilustrarlo por la manera que un relojero determina como funcionan sus relojes, estudiando cada engranaje y cada piñón, sus torques y transmisiones, de tal forma que sumando sus efectos individuales comprende lo que hace la maquinaria entera. Basta mirar el plano de un reloj y mirar cada pieza para sumar sus efectos y saber como funcionará el sistema completo.

En efecto, hay en el universo una infinidad de sistemas que se comportan en forma lineal y que se adaptan fácilmente al reduccionismo. El método científico en sí mismo enseña a analizar las partes para entender el todo.

Sin embargo, existen fenómenos que se oponen fieramente al reduccionismo. De entre los más intrigantes son aquellos de la física de lo extremadamente pequeño. Cuando queremos comprender qué es un electrón, por ejemplo, nos damos cuenta que los fenómenos físicos pueden ser mucho más complejos de lo esperado y que las “partes elementales” de nuestro mundo de relojero parecieran tener propiedades mágicas.

Los fenómenos climáticos, entre otros, se rigen por matemáticas no lineales, que producen comportamientos denominados caóticos, que se niegan sistemáticamente a la aplicación del reduccionismo clásico y que están forzando a los científicos a estudiarlos con otro tipo de paradigmas y mentalidades más abiertas.

Finalmente, existe en el universo un sistema natural que es en extremo complejo y que nos oculta sus secretos porfiadamente. Se trata de un mecanismo no lineal en extremo, que nos se deja reducir a partes elementales. Es el objeto más complejo conocido en el universo y uno de sus productos es la conciencia. Se trata del cerebro humano.

## **5. La destrucción de los paradigmas**

A finales del siglo XIX algunos científicos estaban tan convencidos de las verdades descubiertas que pensaron que la ciencia estaba terminada. Sólo faltaba darle unos retoques a los detalles. Es más, algunos entusiastas hasta crearon religiones basadas en la ciencia, la más famosa de las cuales se conoce como el Positivismo.

Pero pocos años después del cambio de siglo toda la ciencia se vino abajo. Uno a uno cayeron los paradigmas. Hoy la visión científica es mucho más modesta, pues se perciben claramente las limitaciones humanas para comprender la grandeza del universo. Y sin embargo, todavía hay muchos que no se han enterado que la visión del mundo cambió.

Veamos algunos de los cambios de paradigma más importantes:

### *El fin del universo en una caja de zapatos*

Cuando Euclides definió su geometría clásica, uno de los axiomas básicos, el quinto postulado, declaraba que si dos líneas se alejaban de una tercera y sus ángulos internos sumaban menos que dos rectos, estas se cruzarían inevitablemente en algún lugar del espacio.

El quinto postulado se hizo famoso pues, a pesar de su engañosa sencillez, nadie lo pudo probar nunca. Es más, a principios del siglo XIX el matemático ruso Nikolai Lobachevsky demostró que existían geometrías en las cuales el quinto postulado de Euclides no funcionaba, geometrías que fueron conocidas como No-Euclideanas. Finalmente, Albert Einstein demostró en su Teoría de la Relatividad General que el espacio se curvaba al modo de una de esas exóticas geometrías.

El universo con forma de caja de zapatos había muerto.

### *El fin del tiempo único*

El mismo Einstein demostró en su famosa Teoría de la Relatividad Especial que el tiempo no era una entidad universal independiente de los sistemas, sino que parte integral de éstos. Es más, postuló que el tiempo variaba con la velocidad relativa de los objetos con respecto a los observadores.

La relatividad es realmente difícil de entender desde nuestra mente intuitiva. Sin embargo, baste decir aquí que la idea de que el tiempo y el espacio son independientes de los objetos es falsa.

### *El fin de las esferas mínimas*

Desde hacía siglos se discutía si la luz estaba compuesta de partículas o de ondas. La idea tradicional sostenía que se trataba de una o de otra, pero no de ambas a la vez. Sin embargo, la ciencia moderna dejó en evidencia que la luz se comporta como ondas en ciertas ocasiones y como partículas en otras. Para entender esa aparente paradoja surgió un nuevo paradigma científico conocido como Mecánica Cuántica. Veamos otros de los mitos que éste paradigma destruyó.

### *El fin del determinismo de Laplace: Dios juega a los dados con el universo*

Einstein fue uno de los fundadores de la Mecánica Cuántica al postular el efecto fotoeléctrico. Sin embargo se opuso rotundamente a las conclusiones a que llegaron los físicos que la estudiaron en detalle. Al hacerlo concluyeron que había fenómenos intrínsecamente indeterminados. Einstein dijo entonces su lapidaria sentencia: “Dios no juega a los dados con el universo”. Y, sin embargo, hasta ahora todo indica que Dios si lo hace y que se trata de un jugador empedernido.

### *El fin de la linealidad: la predicción del clima*

La idea de que el universo es un mecanismo relativamente simple es de larga data y quizás se hizo más marcada debido al sorprendente éxito de la física newtoniana. Un ejemplo es la profecía, de mediados del siglo XX, de que en las siguientes décadas el estado del tiempo se podría predecir y controlar. Todo lo que hacía falta era disponer de calculadoras muy rápidas que resolvieran las ecuaciones del clima.

Sin embargo, algo salió mal con esta predicción. Si bien las ecuaciones del clima (basadas en las ecuaciones Navier-Stokes del movimiento de fluido) fueron bien formuladas, éstas tenían una particularidad muy importante: no eran lineales. Edward Lorenz las comenzó a estudiar en una computadora en 1963 e hizo el importante descubrimiento de que un cambio ínfimo en las condiciones iniciales hacía que los cálculos divergieran poco a poco, hasta llegar a resultados completamente distintos. El pensamiento científico tradicional suponía que pequeños errores en las condiciones iniciales se anulaban con el tiempo, lo cual es cierto en los sistemas lineales, pero falso en las ecuaciones del clima. Lorenz había descubierto la **Teoría del Caos** y el por qué la predicción del clima a largo plazo será siempre un imposible.

La imaginería popular ilustra el caos con el siguiente ejemplo: basta que una mariposa aletee en Pekín para que años después se produzca un huracán en Miami.

El caos acabó definitivamente con el sueño de Laplace, pues nunca se conoceran las condiciones iniciales del universo con infinita precisión.

### *El fin de la mente del autómeta*

Hubo un tiempo en el cual la gente pensó que el advenimiento de los robots pensantes estaba cerca. Desde los años 60s se nos viene anunciando la llegada del cerebro electrónico, el pensamiento sintético y la inteligencia artificial. Y si bien han existido avances notables en campos como el juego de ajedrez y la corrección ortográfica, los resultados están muy lejos de ser los prometidos en un principio. Los programas de computadora son simplemente demasiado rígidos como para imitar la manera de pensar del hombre.

Quizás la desilusión se hubiera evitado estudiando con más cuidado el Teorema de Gödel y su equivalente el de Turing, ambos demostrados en los años 30s, y que nos daban luces de las limitaciones que tienen los algoritmos del tipo usado por las computadoras actuales.

## **6. Un mundo holográfico**

La invención de la holografía en 1947 por Dennis Gabor afectó profundamente la visión del mundo impuesta por el “reduccionismo”, pues los hologramas podían fraccionarse y cada una de sus partes todavía contenía información suficiente para reproducir la imagen completa. Se perdía resolución, por supuesto, pero el “todo” era claramente reconocible en función de una “parte”.

En la fotografía convencional se almacena un registro punto por punto de la intensidad y color de la luz. Si cortamos la fotografía con una tijera, la zona descartada se pierde para siempre y ya no la podemos recuperar del resto de la imagen. En un holograma, en cambio, lo que se graba no es sólo la intensidad sino que el patrón de interferencia de la luz incidente en cada punto de la imagen con respecto a un láser de referencia. Para hacerlo se usa un rayo de referencia que es combinado con la luz de la escena. Si ambos rayos provienen del mismo láser se crea una interferencia óptica debido a la superposición de ondas de luz. Ese patrón es almacenado en la placa holográfica.

Lo importante aquí es que la información que recibe el observador no está grabada en la placa en un punto único, sino que es toda la placa la cual registra los patrones de interferencias adecuados para reproducir la escena al ser iluminada por un láser, generando una imagen idéntica al original desde cualquier ángulo que se le mire. Ahora bien, si alguien decide cortar un holograma en trozos, cada uno de ellos seguirá reproduciendo la escena completa, sólo que a menor calidad.

## **7. Hologramas naturales**

Desde hace mucho tiempo se sabe que el cuerpo humano también maneja su información de manera distribuida. Cada una de las células porta toda la información genética de un hombre. De manera un tanto misteriosa, el cuerpo se repara continuamente, activando porciones del código genético en ciertas células y no en otras. El control de toda esta actividad es claramente distribuido en todo el organismo, sin existir una unidad central que lo regule. Sistemas como el inmunológico y el nervioso, entre otros, se regulan a la manera de un holograma.

## 8. Redes Neuronales

El estudio del cerebro condujo a la invención de las redes neuronales artificiales. El punto de partida fue la descripción de la neurona por el científico español Santiago Ramon y Cajal, aporte que le valió el Nobel de Medicina de 1906.

En 1943 Pitts y McCulloch desarrollaron un modelo del cerebro que consistía de una red de células interconectadas entre sí ejecutando operaciones lógicas, definiendo la memoria como un conjunto de ondas transientes en un circuito cerrado de neuronas. En 1949 Donald Hebb propuso que las redes neuronales podían aprender cambiando la conductividad de las conexiones entre las neuronas. Gracias a estos estudios, en 1951 Marvin Minsky desarrolló su red neuronal, con la ayuda de Burhus Skinner. Esta primera red neuronal artificial fue un circuito electrónico de 300 tubos al vacío, llamado “Sharc”.

Una de las características de las redes neuronales es que son tolerantes a fallas. Si se daña una parte de ellas, las otras seguirán funcionando con normalidad y gran parte de su funcionalidad será preservada. Esto es así pues, de la misma forma que con los hologramas, la información está distribuida en toda la red neuronal. Con un ejercicio de imaginación podemos comprender que la forma de viajar que tiene la información en una red neuronal es muy similar a la manera en como los patrones de interferencia intervienen en la formación de un holograma. En ambos casos la información no está localizada sino repartida a través de todo el sistema y se requiere de la concurrencia de todos sus elementos para obtener un resultado.

## 9. Mecánica Cuántica

A principios del siglo veinte la ciencia comenzó a darse cuenta que la realidad era mucho más compleja de lo que nunca pensó. La idea que la materia estaba hecha de partículas mínimas se hizo trizas y con ello el reduccionismo sufrió un duro golpe. Trágicamente, este vino del análisis de una partícula que se suponía sólida y mínima: el electrón.

El electrón tiene un comportamiento esquivo. En ocasiones se comporta como una onda y en otras como una partícula. Para entender que era realmente, los físicos se vieron obligados a desarrollar nuevos modelos matemáticos que introdujeron conceptos sorprendentes. Hoy se sabe que un electrón en su órbita se comporta como “una onda de probabilidad”. Vale decir, no se encuentra en una ubicación precisa dentro de la misma y sólo conocemos la probabilidad de que se encuentre en cierto lugar.

Ahora bien, en el mundo cuántico los electrones no son bolitas minúsculas que se desplazan por las órbitas atómicas, sino más bien nubes de probabilidad que ocupan una región del espacio. Si el lector tiene problemas en entender este concepto, no se preocupe, pues no es el único, ya que ha sido un quebradero de cabezas para los mejores físicos del mundo por casi un siglo.

Lo que importa para el tema en cuestión es que **los fenómenos cuánticos parecieran ser fenómenos distribuidos y no locales, que funcionan de manera similar a los hologramas y a las redes neuronales.** No es extraño entonces que los científicos estén tratando de construir

computadoras basadas en fenómenos cuánticos, con las cuales podrían un día imitar no sólo los fenómenos físicos sino que el funcionamiento del propio cerebro. Los computadores cuánticos funcionarían a velocidades inalcanzables por nuestras máquinas convencionales.

## **10. La hipótesis holográfica**

Todo este torbellino de ideas fue sintetizado por dos científicos notables. El primero fue el físico David Bohm, quien describió por primera vez el paradigma holográfico. Su pensamiento estaba en entera oposición al “reduccionismo” y la idea asociada de que el tiempo, el espacio y la materia son objetos independientes de su medición. Para Bohm, el mundo era complejo e interrelacionado: un objeto holístico al estilo de la metafísica de los místicos. Bohm, además, colaboró con el cirujano Karl Pribram en la elaboración de una teoría de la memoria humana, que la describe como una impresión holográfica. Finalmente Roger Penrose, afamado matemático inglés, en su libro “La Nueva Mente del Emperador” (1988) afirma que la consciencia humana depende de fenómenos cuánticos imposibles de imitar por las computadoras convencionales. Tales fenómenos cuánticos tienen un carácter definitivamente holográfico. De ser cierto, la búsqueda de la consciencia artificial que emprendieron los informáticos hace ya mucho tiempo, tendrá que esperar por el desarrollo de computadores cuánticos.

Finalmente, el desarrollo de la teoría de los agujeros negros, que con su apetito voraz son capaces de alterar la trama misma del espacio-tiempo, da pie a muchas teorías audaces de universos paralelos comunicados entre sí. Universos en racimos, que conviven en una continuidad espacio-temporal en un eterno presente. Todas las épocas serían contemporáneas en un presente infinito.

Tales ideas están presentes entre las mentes inquietas del mundo científico y también literario. Ya en 1941, en su antología “El jardín de senderos que se bifurcan”, Jorge Luis Borges publicó un cuento llamado “Tlön, Uqbar, Orbis Tertius”, en donde anuncia el descubrimiento de una enciclopedia que describiría un mundo con nuevas leyes físicas. Curiosamente, ese cuento fue la inspiración para la novela “La Segunda Enciclopedia de Tlön”, del escritor chileno Sergio Meier, quien llevó estos conceptos al extremo. En su novela, el autor nos sumerge en un mundo en apariencia extraño, donde las realidades son hologramas sintéticos de dimensiones cósmicas, Pudiera pensarse que se trata de una fantasía sin sustento alguno en la realidad, sin embargo Meier, versado en ciencia moderna, pudo llevar al arte una de las partes más bellas y desconocidas de la especulación científica moderna: el **paradigma holográfico**.

## **11. Conclusión: ¿El fin del reduccionismo?**

La existencia de sistemas distribuidos y no lineales, tales como las redes neurales naturales y artificiales, los fenómenos cuánticos y los hologramas, ha sido un gran problema para el dogma científico, ya que se trata de evidencia tangible de que el reduccionismo no se puede aplicar a todos los casos, pues hay sistemas que funcionan de manera distribuida y colaborativa, que no pueden ser estudiados sólo analizando sus partes por separado.

Mi opinión personal es que el reduccionismo no morirá, pero sí se desarrollará la consciencia de que para resolver ciertos problemas existe la necesidad de recurrir a un paradigma más avanzado. De la misma manera que la Mecánica de Newton sigue aplicándose en la vida diaria en el 99% de las ocasiones, y la Relatividad sólo se reserva para casos complejos y especiales, el reduccionismo seguirá siendo útil en la mayoría de los casos, pero aquellos sistemas más interesantes y complejos se deberán analizar usando el paradigma holográfico. Después de todo, el universo no es un reloj de cuerda sino más bien un inmenso holograma.