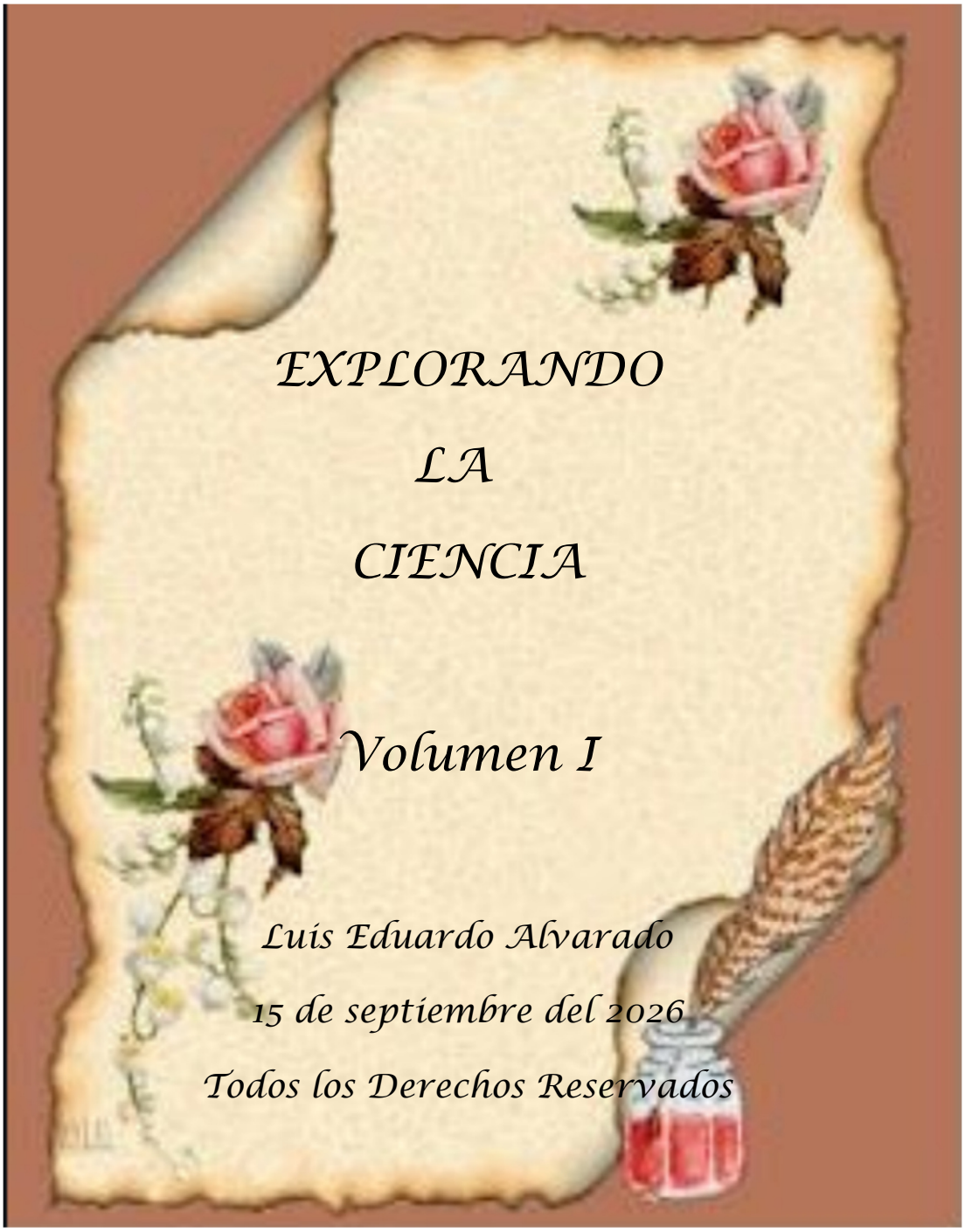

EXPLORANDO
LA
CIENCIA
Volumen I
Luis Eduardo Alvarado
15 de septiembre del 2026
Todos los Derechos Reservados

Índice

Prólogo 3
El Concepto del Tiempo 4
Nuestro Universo Digital 10
Un breve instante en un universo de muchos 12
La Inmensidad del universo y su expansión 15
El Problema de la Medición Cuántica 18
La Ciencia y la Responsabilidad Humana 22
Señal, Ruido y Verdad 24
La Cosmología Cíclica Conforme 26
Probabilidad de Una Visita Alienígena a la Tierra 30
La Evolución Humana Imperfecta 40
Inteligencia Artificial 55
Abiogénesis y el principio de improbabilidad 79
Exámenes de próstata ocasionan más problemas que beneficios 82
Paradojas famosas 86
Control y seguridad en el desarrollo de la IA 98
Epílogo 100

Prólogo

Este es el **Volumen I** de mis artículos de ciencia, los cuales he publicado en diversos grupos de internet y compartido con mi familia y amigos. Algunos de estos escritos fueron originalmente redactados en inglés y posteriormente traducidos al español utilizando el portal "www.poe.com". Este mismo portal también fue empleado como apoyo en la edición de este documento.

Invito cordialmente al lector a visitar mi página web: **www.luiseduardoalvarado.net**, donde podrán encontrar otros trabajos y publicaciones de mi autoría.

El presente libro ha sido elaborado con el propósito de ofrecer una visión clara y estructurada sobre diversos temas científicos que han despertado profundamente mi curiosidad, y que espero también despierten la tuya. A lo largo de estas páginas intento dar la mejor respuesta posible a preguntas que el ser humano se ha planteado desde siempre, tales como: ¿cuál es el origen del Universo y qué tan grande es?, ¿Cómo funciona el mundo cuántico?, ¿Cómo trabaja la evolución de las especies?, ¿Hacia dónde se expande el Universo?, ¿Es el tiempo una ilusión?, ¿Cómo puede surgir algo de la nada?, ¿Qué es la inteligencia artificial y hacia dónde nos conduce? ¿Han visitado los extraterrestres nuestro planeta? ¿Puede el universo ser una simulación? Entre otras interrogantes que han motivado mi reflexión y estudio. La mayoría de estas preguntas no se pueden responder sin juntar dos campos de estudio que a veces se oponen uno con el otro y a veces se ayudan mutuamente; me refiero a la ciencia y a la filosofía.

Este documento está dirigido al público en general, con la intención de fortalecer sus conocimientos y fomentar el pensamiento crítico frente a estos grandes temas científicos. En varios temas, este documento ofrece ejemplos numéricos sencillos para facilitar la comprensión del lector.

Finalmente, agradezco sinceramente a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo, ya sea mediante su orientación, apoyo o valiosa crítica durante el proceso de elaboración.

Invito al lector a explorar las siguientes páginas con una actitud abierta y analítica, con la esperanza de que el contenido aquí presentado resulte provechoso y enriquecedor.

El Concepto del Tiempo

Si me preguntan qué significa para mí el tiempo, respondería que es, sencillamente, una dimensión más del universo, integrada, junto con las tres dimensiones espaciales, en la estructura del espacio-tiempo. Cada objeto sigue una trayectoria en ese espacio-tiempo, llamada línea de mundo, y a lo largo de ella experimenta su propio tiempo. No todos los relojes avanzan al mismo ritmo cuando se comparan entre sí.

A diferencia de las tres dimensiones espaciales, el tiempo parece tener una dirección privilegiada: siempre avanza hacia el futuro. Esta orientación está relacionada con la segunda ley de la termodinámica, según la cual, en un sistema aislado, la entropía tiende a aumentar.

1. La relatividad del tiempo

En una trayectoria cercana a un objeto de gran masa, como el Sol, el tiempo transcurre más lentamente en comparación con el de un observador situado en una región donde el campo gravitatorio es más débil. Esto se debe a la curvatura del espacio-tiempo producida por la masa y la energía. Este efecto se denomina dilatación gravitatoria del tiempo. En regiones donde el campo gravitatorio es más débil, los relojes marchan más rápido en esa misma comparación.

No existe un “ahora” absoluto: la simultaneidad depende del estado de movimiento del observador, tal como lo establece la teoría de la relatividad especial.

El movimiento también afecta la medición del tiempo y del espacio. Un objeto que se desplaza a gran velocidad respecto a ti experimenta una contracción de su longitud en la dirección de su movimiento, según tu sistema de referencia. Cuanto más se acerca a la velocidad de la luz, mayor es este efecto. Además, su reloj marchará más lentamente que el tuyo según tu medición; este fenómeno se denomina dilatación temporal relativista. Sin embargo, en su propio sistema de referencia, su reloj marcha normalmente.

La teoría de la relatividad de Einstein nos enseña que pasado, presente y futuro no son conceptos absolutos en el sentido clásico, sino que algunas relaciones temporales, como la simultaneidad, dependen del observador.

Cuando miramos las estrellas, vemos la luz que emitieron hace miles o millones de años. Si hoy enciendo una lámpara, un observador situado a miles de años luz podrá verla dentro de miles de años, según el tiempo que tarde la luz en llegar hasta él. No se trata de que vea “mi futuro”, sino simplemente de que la información tarda en viajar.

Del mismo modo, si una civilización situada a 65 millones de años luz observara hoy la Tierra con un telescopio de suficiente resolución, estaría recibiendo la luz que salió de la Tierra hace aproximadamente 65 millones de años, cuando los dinosaurios aún existían.

Un ejemplo clásico es la paradoja de los gemelos. Si uno de los gemelos viajara a una velocidad cercana a la de la luz y luego regresara, al reunirse con su hermano habría envejecido menos que el gemelo que permaneció en la Tierra.

Durante el viaje, cada uno puede considerar que el reloj del otro avanza más lentamente mientras se encuentran en movimiento relativo uniforme. La diferencia final aparece porque el gemelo viajero cambia de sistema de referencia al acelerar, cambiar de dirección y regresar, rompiendo la simetría de la situación.

Mientras la nave se aleja de la Tierra a velocidad constante, la situación puede parecer simétrica: desde la Tierra, el reloj del viajero marcha más lentamente; desde la nave, el reloj de la Tierra también parece marchar más lentamente. Sin embargo, esta simetría no se mantiene durante todo el viaje.

El punto crucial es que el viajero tiene que cambiar de dirección para regresar. Para hacerlo, debe acelerar y modificar su trayectoria, mientras que el gemelo que permanece en la Tierra sigue, aproximadamente, una trayectoria inercial. Es precisamente esta diferencia entre sus trayectorias en el espacio-tiempo la que produce la diferencia final en el tiempo transcurrido para cada uno.

La dilatación del tiempo en relatividad especial se expresa mediante la relación:

$$DT = \frac{T0}{\sqrt[2]{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

donde **c** es la velocidad de la luz, **T0** es el tiempo propio (medido por el observador que se mueve junto al fenómeno), **v** es la velocidad relativa y **DT** representa el tiempo dilatado medido por un observador externo. A medida que **v** se aproxima a **c**, el denominador disminuye y la dilatación del tiempo aumenta de forma extrema.

Un ejemplo sencillo seria:

Dos gemelos: Andrés se queda en la Tierra. Luis viaja en una nave espacial a una estrella lejana y regresa.

Velocidad constante de la nave v = 0.8*c donde c es la velocidad de la luz

Distancia a la estrella desde el punto de vista de la Tierra d = 8 años luz

Tiempo medido desde la Tierra $= \frac{d}{v} = \frac{8c}{0.8c}$ = 10 años

Por lo tanto, el viaje, ida y vuelta, dura 20 años para Andrés.

Dilatación del tiempo DT para

$$DT = \frac{10}{\sqrt[2]{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right) \text{^} 2}} = 0.6$$

Por lo tanto, el viaje dura para Luis = 20 * 0.6 = 12 = 12 años

Luis envejece solamente 12 años mientras Andrés envejece 20 años

La relatividad general introduce un elemento adicional y fundamental: la masa y la energía curvan el espacio-tiempo y modifican el ritmo al que transcurren los relojes. En campos gravitatorios intensos, los relojes marchan más lentamente; en regiones donde la gravedad es menor, avanzan más rápidamente.

Por ello, los satélites del sistema GPS deben corregir tanto los efectos de su velocidad orbital como los efectos de la gravedad terrestre para proporcionar mediciones precisas de tiempo y posición.

Cuando la curvatura del espacio-tiempo alcanza condiciones extremas, la gravedad puede llegar a ser tan intensa que, dentro del horizonte de sucesos de un agujero negro, ni siquiera la luz puede escapar. En sus proximidades, y especialmente dentro del horizonte de sucesos, nuestras nociones habituales de espacio y tiempo dejan de ser aplicables en el sentido cotidiano.

2. Origen del universo

En cuanto al origen del universo, el Big Bang no debe imaginarse como una explosión dentro de un espacio preexistente, sino como la expansión del propio espacio-tiempo a partir de un estado extremadamente caliente y denso.

Durante las primeras etapas del universo, el espacio pudo expandirse de tal manera que regiones muy distantes se separaran a una velocidad de recesión superior a la velocidad de la luz, sin contradecir la relatividad. No fue la materia viajando localmente más rápido que la luz, sino la expansión del espacio entre regiones distantes.

Impulsado por la energía oscura, el universo podría continuar expandiéndose durante tiempos extraordinariamente largos, posiblemente durante billones de años, mientras su temperatura promedio disminuye progresivamente.

Algunas propuestas, como la Cosmología Cíclica Conforme (CCC) de Roger Penrose, sugieren que cuando el universo alcance un estado extremadamente diluido, su geometría podría describirse mediante una transformación matemática que permitiría interpretar ese estado como el comienzo de un nuevo eón cosmológico, relacionado con un nuevo Big Bang. Tal vez este proceso se haya repetido indefinidamente, aunque esta hipótesis sigue siendo especulativa y no constituye una teoría cosmológica establecida.

Quizá preguntas como "¿qué hubo antes del Big Bang?" o "¿quién creó el universo?" surjan, en parte, de nuestras propias limitaciones cognitivas. Estamos habituados a pensar en términos de principio y fin, pero la física moderna sugiere que, si el tiempo mismo tiene un límite o pierde su significado físico en determinadas condiciones, algunas de esas preguntas podrían dejar de tener sentido físico.

3. La flecha del tiempo

La entropía, una magnitud fundamental de la termodinámica, está relacionada con la llamada **flecha del tiempo**. Según la segunda ley de la termodinámica, en un sistema aislado la entropía tiende a aumentar, y esta dirección distingue, en nuestra experiencia física, el pasado del futuro.

Ese aumento de la entropía está relacionado con la irreversibilidad de muchos procesos naturales. Si yo quiebro una taza en mil pedazos, jamás observarás espontáneamente cómo esos pedazos vuelven a reunirse y reconstruyen la taza original. Este fenómeno ilustra lo que llamamos la "flecha del tiempo".

Por ello, podemos relacionar nuestra experiencia del tiempo con una trayectoria irreversible en el espacio-tiempo, marcada por procesos físicos que presentan una dirección temporal. Lo que los seres humanos experimentamos como "la flecha del tiempo" está estrechamente relacionado con la evolución de la entropía y con nuestra trayectoria particular a través del espacio-tiempo.

Por eso hablamos de una flecha temporal: recordamos el pasado, pero no el futuro; vemos cómo los objetos se rompen, envejecen o se dispersan, pero no observamos espontáneamente el proceso inverso.

En ese sentido, el tiempo no es simplemente una coordenada más del espacio-tiempo, sino una dimensión cuya experiencia está profundamente relacionada con la irreversibilidad de ciertos procesos físicos.

Tu camino a través del espacio-tiempo nunca podrá ser recorrido de nuevo exactamente de la misma manera, ni atravesado libremente como si fuera un lugar del espacio. Avanzamos por él, pero no podemos volver a recorrerlo de manera idéntica.

Sin embargo, surge una pregunta interesante: si pudiéramos regresar al pasado, ¿volveríamos realmente al mismo espacio-tiempo o entraríamos en uno nuevo, en una línea de realidad donde nunca habíamos estado?

En ese caso, no recorreríamos el mismo camino, sino uno distinto. Tu pasado ya no sería exactamente el mismo: sería otro recorrido, otra posibilidad, quizá incluso otro universo. Sería una nueva experiencia de ti mismo.

Sería un nuevo recorrido en el espacio-tiempo en el que, al menos hipotéticamente, habría que explicar cómo se preservarían la causalidad y las leyes termodinámicas.

Este pensamiento podría relacionarse con la idea de un "universo de bloque", según la cual pasado, presente y futuro forman parte de una estructura completa del espacio-tiempo. Sin embargo, la interpretación de universo de bloque es una interpretación filosófica de ciertas características de la teoría de la relatividad y no implica, por sí misma, que sea posible viajar libremente al pasado.

El secreto está también en cómo imaginamos la geometría del espacio-tiempo cuando un fotón viaja desde una estrella, a través del espacio, hasta la Tierra y finalmente es detectado por la retina de tu ojo.

Para la trayectoria de un fotón, el **tiempo propio es cero**. Sin embargo, no es correcto hablar del "punto de vista del fotón", porque en relatividad no existe un sistema de referencia inercial válido asociado a un objeto que viaja a la velocidad de la luz.

Para nosotros, como observadores, ese fotón puede haber recorrido una distancia de millones de años luz y haber tardado millones de años en llegar hasta la Tierra.

De manera similar, podemos imaginar cómo la materia y la energía modifican la geometría del espacio-tiempo. La luz sigue las trayectorias determinadas por esa geometría. Cerca de objetos muy masivos, la curvatura del espacio-tiempo puede modificar la trayectoria de la luz y también el tiempo que un observador distante asigna a su recorrido. Este efecto se manifiesta, entre otros fenómenos, como lente gravitacional y como retraso gravitacional de la luz.

Por lo tanto, las distancias y los intervalos temporales que medimos no son independientes de la geometría del espacio-tiempo. En un universo con geometría curva, la luz puede seguir trayectorias que difieren de las que seguiría en un espacio-tiempo plano.

4. El tiempo dentro de un agujero negro

Un agujero negro es una curvatura del espacio tiempo tan extrema y profunda que ninguna radiación electromagnética incluyendo la luz puede escapar de él.

Si tú caes en un agujero negro, experimentarías tu propio tiempo (tiempo propio) avanzando al ritmo habitual de un segundo por segundo. Sin embargo, un observador desde fuera te vería acercarte al horizonte del agujero negro cada vez más lentamente hasta que tu imagen se congelaría en el tiempo justo en el borde del agujero negro. No te vería caer dentro del agujero negro simplemente tu imagen desaparecería.

Una vez superado el horizonte de sucesos (la frontera de no retorno), las leyes físicas sufren una inversión radical. La gravedad extrema de la singularidad altera la geometría del espacio-tiempo hasta invertir sus roles físicos.

El tiempo ya no es una dirección temporal, se convierte en una dimensión espacial que apunta directamente hacia al centro del agujero negro. La singularidad ya no es una coordenada en el espacio a la que puedes elegir ir o no; se convierte en un momento inevitable en tu futuro cronológico. No puedes retroceder ni quedarte quieto porque eso equivaldría a viajar al pasado. La demostración matemática de este concepto esta fuera del objetivo de este artículo.

Este fenómeno fue ilustrado inteligentemente en la película de Cristopher Nolan, “Interstellar” donde ll tiempo aparece convertido en una dimensión navegable. Cooper, puede ver la habitación de su hija Murph en muchos instantes diferentes y el se puede desplazar por ellos como si fueran estantes de una tienda. Cooper, dentro del teseracto, accede temporalmente a una perspectiva superior donde el tiempo se despliega como una dimensión recorrible. El teseracto es es el equivalente en cuatro dimensiones espaciales de un cubo.

Imagina un ser bidimensional que vive en una hoja de papel. Solo conoce: el plano x-y. Nosotros, seres tridimensionales, podemos ver toda la hoja desde arriba. Podemos tocar distintos puntos de su mundo sin movernos dentro de su plano. Para ellos, nuestra tercera dimensión sería casi mágica. En Interestelar, Cooper fue capaz de ver nuestro espacio-tiempo de manera parecida.

5. Resumen

El tiempo puede entenderse como una dimensión del universo, inseparable de las tres dimensiones espaciales. Juntas forman el espacio-tiempo, dentro del cual ocurren todos los acontecimientos. El tiempo es la dimensión temporal mediante la cual podemos ordenar y medir los acontecimientos. El tiempo no es absoluto, sino que depende del estado de movimiento y del campo gravitatorio del observador.

Nuestro Universo Digital

Cuanto más leo sobre el universo, más me inclino a pensar que vivimos en una realidad digital.

Los científicos sostienen que las partículas elementales no son objetos sólidos en el sentido clásico, sino perturbaciones en la tela del universo, tal como lo describe la teoría cuántica de campos y la electrodinámica cuántica. En esta visión, lo que llamamos “partícula” es simplemente una excitación localizada de un campo fundamental.

El experimento de la doble rendija es uno de los más célebres y desconcertantes de la física cuántica. Demuestra que la luz y la materia pueden comportarse tanto como ondas como partículas.

El montaje es simple: una fuente emite partículas, fotones o electrones, hacia una barrera con dos rendijas diminutas. Detrás de ella hay una pantalla que registra los impactos.

Cuando no se observa por cuál rendija pasa cada partícula, el patrón que aparece en la pantalla es de interferencia, característico de una onda: como si cada partícula atravesara ambas rendijas al mismo tiempo. Sin embargo, si se colocan detectores para identificar el camino seguido, el patrón cambia drásticamente. En lugar de interferencia, aparecen dos franjas definidas, como si las partículas fueran pequeñas esferas sólidas que atraviesan una rendija u otra. La simple observación altera el resultado. Lo más curioso es que este comportamiento es el mismo si dispararas una partícula a la vez. Esta partícula se comportaría como onda si no la observas y como un objecto solido si la observas.

Este fenómeno puede imaginarse desde una perspectiva computacional. En programación, por ejemplo, en C++, una clase define propiedades y comportamientos, pero el objeto en sí no existe hasta que la clase se instancia.

Supongamos una clase de C++ llamada “Partícula”, con atributos como tamaño, momento lineal y estado de observación. La clase describe todas las características posibles, pero la partícula concreta solo “existe” cuando se crea una instancia. Antes de eso, es solo una definición potencial.

Desde esta analogía, la función de onda sería como el conjunto de propiedades abstractas de la clase. Solo al instanciarla, al “medir”, esas propiedades adquieren valores específicos y se manifiestan como una partícula concreta. La dualidad onda-partícula sería entonces el paso de definición a instancia.

En este marco conceptual, la estructura del universo actuaría como una clase base. Sus subclases, funciones y variables internas determinarían las propiedades de todas las partículas conocidas, electrones, protones y demás. Mientras no son observadas, seguirían siendo meras perturbaciones del espacio-tiempo, posibilidades definidas, pero no concretadas.

El entrelazamiento cuántico también podría interpretarse bajo esta metáfora digital. Por ejemplo, dos electrones que alguna vez formaron parte de un mismo átomo pueden conservar correlaciones en propiedades como el espín, incluso cuando se encuentran separados por distancias enormes. Es como si compartieran una "memoria común".

En términos de programación, podríamos imaginar una función "**Partícula.entangle()"** que vincula dos instancias. Cuando se mide el espín de una, la otra actualiza instantáneamente su estado para conservar la coherencia del sistema. Para el observador, parecen ser las mismas partículas originales; desde la perspectiva del programa, podrían ser nuevas instancias generadas bajo reglas coherentes del sistema.

Si llevamos la analogía aún más lejos, el universo no tendría un principio ni un final absolutos, sino que funcionaría como un bucle infinito, un infinito "While Loop" cósmico, donde cada Big Bang es una nueva iteración.

Muchos fenómenos físicos parecen ocurrir en pasos discretos: la longitud de Planck, los niveles de energía cuantizados, la emisión de radiación en paquetes definidos. Esta estructura discreta recuerda a la lógica digital.

El tiempo, por su parte, puede entenderse como un conjunto de líneas en la geometría del espacio-tiempo. Cada línea de mundo es como un reloj que avanza a un ritmo distinto. Una función **"Partícula.time()"** podría asignar trayectorias según la curvatura del espacio-tiempo, determinada por la masa y la gravedad. Del mismo modo, el programa calcularía el tiempo observado para cada objeto según su velocidad relativa.

Quizá vivimos en una simulación digital imperfecta. Imperfecta porque resulta difícil imaginar que los "programadores" permitieran tantas inconsistencias, como crear seres humanos capaces de comportarse como un virus que termina dañando el propio sistema.

Y sería irónicamente gracioso que nuestras vidas no fueran más que secuencias de bytes, tal vez simples bloques de 8 bits, en un programa escrito, quién sabe, como ejercicio para programadores principiantes.

Un breve instante en un universo de muchos

No te sientas solo: aunque seas apenas un instante en un universo, quizá uno entre muchos, tu presencia deja una huella irrepetible.

1. Somos un Breve Instante en el universo

No importa quién seas ni cuánto dinero tengas. Vivimos en un universo regido por procesos que, en muchos niveles, son fundamentalmente probabilísticos y regido por leyes inquebrantables: desde la mecánica cuántica de Niels Bohr y Werner Heisenberg, donde las partículas no tienen una posición definida hasta que son observadas, hasta la visión cósmica que nos ofrece la relatividad general de Einstein, donde el espacio y el tiempo se curvan bajo el peso de la materia y la energía

Imagina un vasto cosmos poblado por estrellas brillantes y galaxias lejanas, donde incluso los acontecimientos más pequeños pueden influir en el curso de la existencia. Tu probabilidad de morir está inscrita en tu biología y en tu forma de vivir; no puedes engañarla ni evitarla indefinidamente, cada célula de tu cuerpo sigue procesos químicos y físicos que, tarde o temprano, llegarán a su límite. Tú formas parte de las reglas del juego cósmico.

Pero eso no debería entristecerte. Al contrario: siéntete profundamente orgulloso por el simple hecho de haber nacido. Naciste humano, miembro de una especie frágil y relativamente reciente en la historia del universo. En este pequeño planeta azul, rodeado de océanos inmensos y montañas majestuosas, surgiste entre millones de posibilidades biológicas. Entre innumerables combinaciones posibles, tú eres quien llegó a existir. Imagínate que tu fuiste la combinación única de millones de espermatozoides de tu padre y miles de óvulos de tu madre. También recuerda que todos simplemente somos polvo de estrellas. Imagina, que una enorme cantidad de átomos ($\sim 7 \times 10^{27}$) tuvieron que juntarse en un solo lugar para que tu nacieras.

Morir es, en cierto sentido, un privilegio: significa que, durante un breve instante cósmico, estuviste vivo. No desperdicies ese hecho quejándote sin cesar ni atribuyendo tu existencia a entidades imaginarias. Reconoce tu propia fortuna: tuviste la oportunidad, infinitesimal y extraordinaria, de experimentar este mundo hermoso y caótico. Y quizá también la de transmitir la vida a tus hijos y nietos, quienes, como tú, tendrán el privilegio de existir, y, eventualmente, de morir.

Porque lo verdaderamente extraordinario no es la muerte, sino que por un instante en la inmensidad del cosmos estuviste aquí. Y ese instante, tú instante, es todo lo que alguna vez necesitará el cosmos para poder haber sido consciente de sí mismo.

2. Un universo de muchos universos que han existido

Nuestros cerebros nos llevan a pensar que todo, incluido el universo, debe tener un principio y un final. Sin embargo, no todo en la geometría responde a esa lógica. Un círculo o una esfera, por ejemplo, no tienen un punto de inicio ni de término. Del mismo modo, podría ser que el universo no sea un acontecimiento aislado, sino parte de una realidad más amplia: un conjunto de múltiples universos que han existido o existirán.

Conviene recordar que nuestra percepción de la realidad está mediada por nuestros sentidos y por la estructura de nuestro cerebro. Las matemáticas y la física nos permiten modelar el universo con extraordinaria precisión, pero un modelo no es la realidad misma: es una representación matemática. Podemos describir formalmente los fenómenos cuánticos, pero eso no implica que los comprendamos por completo.

Numerosos estudios analizan, por ejemplo, el comportamiento de los electrones cuando un átomo es excitado con radiación de alta energía. Se dice que los electrones "saltan" de un nivel de energía cercano al núcleo a otro más lejano, adquiriendo mayor energía potencial. Sin embargo, este "salto" no es un desplazamiento continuo en el espacio. En el formalismo cuántico, el electrón deja de ocupar un estado y pasa a otro sin atravesar posiciones intermedias definidas. A veces se habla de "salto cuántico", pero no sabemos describir qué ocurre en términos clásicos entre un estado y otro.

De hecho, la física moderna ya no concibe a los electrones como pequeñas esferas materiales, sino como excitaciones de campos cuánticos. En este marco, la materia no es algo sólido y fundamental, sino una manifestación cuantizada de campos, del mismo modo que la luz es una excitación del campo electromagnético.

Algunas teorías han propuesto la existencia de dimensiones adicionales. Para ilustrarlo, imaginemos que somos seres bidimensionales que vivimos en un mundo plano. Si una esfera tridimensional atravesara nuestro universo, solo percibiríamos un punto que aparece de la nada, luego un círculo que crece gradualmente, alcanza un tamaño máximo y después se reduce hasta desaparecer. Jamás comprenderíamos que hemos presenciado el paso de un objeto tridimensional por nuestro mundo bidimensional. De forma análoga, ciertos fenómenos podrían corresponder a realidades que exceden nuestras dimensiones perceptibles.

Otro enigma es la dualidad de la luz. Puede comportarse como onda en algunos experimentos y como partículas, fotones, en otros. Hoy sabemos que su descripción más precisa la ofrece la electrodinámica cuántica (QED), donde la luz se entiende como una excitación cuantizada del campo electromagnético. No es que "sea" onda o

partícula en sentido clásico; esas son aproximaciones que utilizamos según el contexto experimental.

Existen también interpretaciones que sugieren universos paralelos. Según algunas versiones, si en tu universo observas un electrón con espín “arriba”, en otro universo se habría observado con espín “abajo”. Estas hipótesis intentan dar coherencia matemática a los resultados probabilísticos de la mecánica cuántica, aunque aún están lejos de contar con confirmación empírica directa.

La pregunta de cómo puede surgir algo de la nada sigue abierta. Tal vez su respuesta deba esperar hasta que comprendamos mejor fenómenos actuales como el entrelazamiento cuántico, el problema de la medición o la naturaleza de la materia oscura y la energía oscura.

Aun así, somos afortunados. Aunque ocupamos un lugar diminuto en el cosmos, podemos comprender que la Tierra es apenas un pequeño planeta que orbita una estrella común en una galaxia con aproximadamente 200 mil millones de estrellas. Y nuestra galaxia es solo una entre más de dos billones de galaxias observables en el universo visible. “Visible” significa precisamente eso: limitado por la velocidad de la luz. Podrían existir innumerables galaxias cuya luz aún no ha tenido tiempo de llegar hasta nosotros.

Nuestra ignorancia y nuestras limitaciones cognitivas no deberían empujarnos a aceptar explicaciones fáciles. A lo largo de la historia, la humanidad ha creado cientos de dioses para explicar lo desconocido. Pero si se argumenta que un dios siempre ha existido, también podría plantearse que el universo mismo, o la realidad en su totalidad, ha existido siempre.

La ignorancia no es una derrota; es una invitación. Nos impulsa a estudiar más, a fomentar en las nuevas generaciones el interés por la ciencia y la tecnología. Tal vez, en un futuro no muy lejano, logremos comprender mejor nuestro universo y reconocer que la vida no es un fenómeno separado de la naturaleza, sino una expresión más de la energía organizada en formas cada vez más complejas.

La Inmensidad del universo y su expansión

Vivimos en un universo inmensamente grande que continuará expandiéndose tal vez por muchos billones de años. Su expansión continuará hasta el punto en que la materia quede tan dispersa que las condiciones para la vida resulten inviables.

1.- La Inmensidad del universo

Vivimos en un planeta llamado Tierra. Nuestra estrella se llama “Sol”, y nuestro sistema solar forma parte de nuestra galaxia, la “Vía Láctea”.

El tamaño de la Vía Láctea es de aproximadamente 100,000 años luz de diámetro. Es una galaxia espiral relativamente plana, con un grosor aproximado de 1,000 a 2,000 años luz. Contiene entre 100,000 y 200,000 millones de estrellas, muchas de ellas mucho más grandes que nuestro Sol.

Para comparar tamaños: si el Sol pudiera representarse como el punto de la letra “i”, cabrían aproximadamente un millón de Tierras dentro de ese pequeño punto. En esa misma escala, nuestra galaxia sería inmensamente más grande que el planeta Tierra.

Nuestro Universo visible contiene aproximadamente 2 billones de galaxias. Tiene una edad estimada de 13,800 millones de años. Lo llamamos “Universo visible” porque la luz más antigua que podemos observar se originó hace 13,800 millones de años. Si el Universo es más antiguo, su luz aún no ha llegado a nuestros telescopios.

Debemos recordar que cuando observamos el cielo estrellado por la noche, estamos viendo luz que se generó hace millones; e incluso miles de millones de años. Es muy probable que algunas de esas estrellas ya no existan.

Y, a la inversa, si pudieras observar la superficie de la Tierra desde una estrella situada a 65 millones de años luz de distancia, verías a los dinosaurios habitando nuestro planeta, y el ser humano aún no existiría.

Para visualizar la inmensa edad del Universo; 13,800 millones de años, en una escala humana, y pudiéramos comprimir toda su historia en un solo “año cósmico” de 365 días. Bajo este calendario (Carl Sagan), la historia del ser humano es increíblemente reciente, la aparición de nuestra especie, Homo sapiens sería el 31 de diciembre, a las 23:52 horas. Es decir, los primeros humanos modernos surgieron apenas ocho minutos antes de la medianoche del último día del año.

La vida promedio de una mujer es aproximadamente de 80 años (así es amigos, el hombre vive como 5 años menos, quiere decir que muy probablemente ellas nos van

a enterrar) en esta misma escala representaría 0.81 segundos de ese año. Menos tiempo que lo que toma un parpadeo de ojos.

2.- La expansión del Universo

Algunas personas me han preguntado: si el universo se está expandiendo, ¿hacia dónde lo hace?

A continuación, presento una respuesta, basada en lecturas de obras de destacados físicos:

La pregunta presupone la existencia de una dimensión externa hacia la cual se expande el universo. Mi respuesta es que no existe “algo” fuera del universo. Se trata de una idea de difícil intuición. Una visualización útil (solamente es una simple analogía) es imaginar el universo como una esfera en expansión continua, con el universo observable situado sobre la superficie de dicha esfera. El tiempo puede concebirse como un vector perpendicular a la superficie. Para contemplar cómo era el universo en épocas remotas basta “mirar” hacia el interior de la esfera. En la superficie, las galaxias se separan unas de otras conforme la “burbuja” se dilata.

Según esta imagen y analogía, en el momento inicial (el Big Bang) la esfera era extremadamente pequeña y, en una fracción temporal muy breve, experimentó una expansión mucho más rápida que la velocidad de la luz. En otras palabras, el Big Bang no fue una explosión de materia y energía en un espacio vacío preexistente, como una bomba que estalla en el centro de algo. Fue una expansión del propio espacio-tiempo desde un estado extremadamente denso y caliente.

Esta expansión acelerada ayuda a explicar por qué no podemos observar directamente el nacimiento del universo: la velocidad de la luz, limitada a aproximadamente 299,792.458 km/s, no permite alcanzar zonas que se alejan a velocidades efectivamente superiores debido a la expansión del espacio.

A largo plazo, la expansión continuará hasta el punto en que la materia quede tan dispersa que las condiciones para la vida resulten inviables (escenario conocido como “La Gran Ruptura”).

No obstante, la energía persistiría y, según algunas propuestas (por ejemplo, ideas asociadas a Roger Penrose), esa energía podría dar lugar a la formación de un universo nuevo. En tal caso, el proceso podría repetirse indefinidamente. Conviene recordar que los conceptos de “comienzo” y “final” suelen responder a construcciones mentales humanas, que tienden a pensar en términos de origen y término; sin embargo, tales categorías no necesariamente describen la estructura fundamental de la realidad.

Si especulativamente se concibe el espacio, tiempo como un sistema discreto, un "modelo digital" en el que el tiempo y el espacio están cuantizados, podrían encontrar explicación la cuantización de la energía, así como la discreción del espacio y del tiempo. En ese marco, el principio de superposición cuántica podría interpretarse como la coexistencia de distintas configuraciones de una partícula en intervalos temporales extremadamente breves (del orden del tiempo de Planck), que para observadores macroscópicos aparecen como simultaneidad. Cabe decir que no existe confirmación experimental de esta hipótesis.

El Problema de la Medición Cuántica

El problema de la medición en la teoría cuántica me recuerda a un objeto decorativo muy popular en los años 80 y 90 que se conocía como esfera mágica. También se conocía como lampara de plasma. Era una esfera de vidrio transparente que contiene en su interior un gas a baja presión y un electrodo central. Cuando se enciende, se ven rayos eléctricos de colores (morados, rosados o azulados) que salen del centro hacia la superficie del vidrio. Lo más llamativo es que cuando pones el dedo sobre el vidrio, los rayos parecen "seguir" tu toque y se concentran en el punto donde lo estás tocando, iluminándose con mayor intensidad ahí. Esto ocurre porque tu cuerpo conduce la electricidad y altera el campo eléctrico dentro de la esfera. Lo recuerdo porque para mí era una esfera mágica, como aun lo es para mí la mecánica cuántica. Este objeto despertó en mí la necesidad de comprender la física detrás de esos efectos.

Ahora imagino un fenómeno análogo para las partículas cuánticas. Cuando yo tocaba la esfera mágica, lo que observada dentro de la esfera cambiaba. Lo mismo pasa cuando observas una partícula cuántica. Ella se comporta como onda cuando no la observas y como partícula cuando la observas. Pero como dicen algunos físicos, no es onda ni partícula, si no todo lo contrario.

1.- El experimento de la doble rendija

El experimento de la doble rendija es uno de los más célebres y desconcertantes de la física cuántica. Demuestra que la luz y la materia pueden comportarse tanto como ondas como partículas.

El montaje es simple: una fuente emite partículas, fotones o electrones, hacia una barrera con dos rendijas diminutas. Detrás de ella hay una pantalla que registra los impactos.

Cuando no se observa por cuál rendija pasa cada partícula, el patrón que aparece en la pantalla es de interferencia, característico de una onda: como si cada partícula atravesara ambas rendijas al mismo tiempo. Sin embargo, si se colocan detectores para identificar el camino seguido, el patrón cambia drásticamente. En lugar de interferencia, aparecen dos franjas definidas, como si las partículas fueran pequeñas esferas sólidas que atraviesan una rendija u otra. La simple observación altera el resultado. Lo más curioso es que este comportamiento es el mismo si dispararas una partícula a la vez. Esta partícula se comportaría como onda si no la observas y como un objecto solido si la observas.

Esta dualidad de la luz, en este experimento, pude ser explicada matemáticamente de la siguiente manera:

Probabilidad clásica

P1 – Probabilidad de que las partículas pasen por la rendija #1

P2 – Probabilidad de que las partículas pasen por la rendija #2

P-total – Probabilidad total del sistema seria la suma de ambas P1 +P2

Probabilidad cuántica

Para electrones, fotones u otras partículas cuánticas, no se suman directamente las probabilidades. Se suman la **probabilidad de las amplitudes**:

En el experimento de la doble rendija hay dos caminos posibles:

pasar por la rendija #1.

pasar por la rendija #2.

A cada camino se le asocia una amplitud:

A1 – Amplitud de probabilidad de pasar por la rendija #1

A2 – Amplitud de probabilidad de pasar por la rendija #2

Si no medimos por cuál rendija pasa la partícula, las amplitudes se suman, para simular el comportamiento de ondas que interfieren una con otra:

A-total = A1 + A2

Es decir, la probabilidad total seria:

(Ecuación 1) $P\text{-total} = | A1 + A2 |^2 = A1^2 + 2*A1*A2 + A2^2$

Por ejemplo, si:

A1 es la amplitud de la onda 1 y es igual a 1/2

A2 es la amplitud de la onda 2 y es igual a1/2

si las ondas se suman al interferir la máxima amplitud total seria de:

$P\text{-total} = (1/2)^2 + 2 * (1/2) * (1/2) + (1/2)^2 = 1$

si las ondas se cancelan al interferir una con otra la mínima amplitud total seria

A1 es la amplitud de la onda 1 y es igual a ½

A2 es la amplitud de la onda 2 y es igual a -½

P-total = $(1/2)^2$ - 2 * (1/2) * (1/2) + $(1/2)^2$ = 0

Note que el término que simula la interferencia seria: 2*A1*A2 y esto nos daría el patrón de interferencia.

Ahora note que si ponemos un detector en cada una de las rendijas

Si A1 > 0, A2=0

Si A2 > 0, A1=0

Es imposible que las dos amplitudes sean mayores que cero, porque el detector nos va indicar porque rendija paso la partícula. Por lo tanto, la probabilidad seria la suma de las dos probabilidades, como la probabilidad clásica. Note que el termino de la Ecuación #1 "2*A1*A2" siempre es igual a cero por lo que P-total es:

P-total – Probabilidad total del sistema seria la suma de ambas P1 +P2

Y se formarían dos barras detrás de las rendijas y el patrón de interferencia, desaparecería.

2.- Conjetura sobre el tiempo cuántico

Cada vez que mides un sistema cuántico, lo incorporas a tu realidad espacio-temporal. Siguiendo una idea que a veces se asocia con Roger Penrose, supongamos que los sistemas cuánticos son, en cierto sentido, indiferentes a la gravedad y, por lo tanto, no experimentan el tiempo como nosotros; existirían como estados ondulatorios deslocalizados en un dominio cuántico "atemporal". La medición sería entonces el proceso mediante el cual un sistema cuántico queda incrustado en nuestro espacio-tiempo, produciendo un resultado definido (por ejemplo, una posición o un espín determinados) coherente con las amplitudes de probabilidad dadas por la ecuación de Schrödinger.

Esta imagen es difícil de asimilar, pero puede ayudar a ilustrar la dualidad onda-partícula. La luz (y otros sistemas cuánticos) se comporta como una onda cuando no es observada; cuando se realiza una observación, el sistema manifiesta propiedades de partícula. Desde esta perspectiva, el observador proyecta el sistema cuántico en su propio espacio-tiempo: en un instante y un lugar específicos determinados por la medición. Como el tiempo es relativo y está ligado a una trayectoria particular (línea de mundo) en el espacio-tiempo, el resultado de la medición debe registrarse con respecto al reloj y a las coordenadas del observador.

Si los sistemas cuánticos realmente no "experimentan" el tiempo del mismo modo que los sistemas macroscópicos, entonces lo que observamos en el momento de la medición sería simplemente la distribución de probabilidad (descrita por la ecuación

de Schrödinger) evaluada en el tiempo del observador. Esta perspectiva podría ayudar a entender por qué resulta tan difícil unificar la mecánica cuántica con la relatividad general: una teoría describe la evolución como dinámica unitaria en el espacio de Hilbert; la otra trata el tiempo como una coordenada de una geometría espacio-temporal dinámica. Una teoría que logre combinarlas con éxito quizá deba explicar cómo el espacio-tiempo (y el propio tiempo) emerge, o se relaciona, con los grados de libertad cuánticos.

Parte de la dificultad es conceptual: nuestros cerebros evolucionaron para comprender un mundo clásico, con un flujo temporal definido, no un dominio cuántico que podría ser “atemporal” o donde el tiempo sea una propiedad emergente. Superar esa brecha conceptual es una de las tareas centrales en la investigación sobre la gravedad cuántica y los fundamentos de la mecánica cuántica.

La Ciencia y la Responsabilidad Humana

Admiro profundamente a los supervisores de la misión Artemis II, la misión tripulada a la Luna en abril del 2026. Sobre sus hombros recae la responsabilidad de la vida de cuatro astronautas, que podrían morir si se toma una decisión equivocada. La presión que enfrentan es inmensa, y solo quien ha vivido algo similar puede comprenderla.

Yo me retiré de mi trabajo como supervisor de drones y aviones supersónicos de combate después de que una decisión mía estuviera a punto de costarle la vida a un piloto.

Durante las pruebas operábamos drones como el QF-4 y el QF-16, versiones no tripuladas de los aviones F-4 Fantasma y F-16. Podían volar de forma automática mediante una computadora, ser controlados manualmente desde una consola remota o, en ejercicios específicos, ser pilotados por un aviador a bordo. Despegábamos desde la Base Aérea de Holloman y, si no eran destruidos durante las pruebas con misiles antiaéreos, los hacíamos regresar para aterrizar allí mismo. En teoría, muchas maniobras podían ejecutarse con solo presionar un botón en la consola.

Por seguridad, cuando había un piloto a bordo, este mantenía siempre una mano cerca del joystick: cualquier movimiento desconectaba automáticamente el control remoto y le devolvía el mando total de la aeronave.

Un día, por una falta de atención de mi parte, no verifiqué que se hubiera cargado el software correcto. Se instaló el programa equivocado, uno que no tenía protección contra el envío de una señal errónea capaz de ordenar una maniobra extremadamente peligrosa: un cabeceo del avión completo hacia el suelo.

El avión ejecutó esa maniobra cuando volaba a 500 pies de altura y a unas 500 millas por hora. En ese instante, el piloto tomó el control. Al sentir que la nariz del avión apuntaba hacia tierra, experimentó una aceleración negativa de –1 g. El comandante del escuadrón, el coronel Heinlein, reaccionó de inmediato y tiró del joystick con todas sus fuerzas para levantar la aeronave. Lo hizo tan bruscamente que el avión llegó a soportar casi 9 g; es decir, su cuerpo experimentó una fuerza equivalente a nueve veces su peso.

Desde la sala de control comenzamos a preguntarle si estaba bien. Esos segundos se me hicieron eternos. Finalmente respondió:

Estoy bien. Creo que será mejor terminar la prueba y regresar a Holloman AFB.

Había señales evidentes de daño estructural del avión: los soportes de las turbinas se rompieron y el avión vibraba de manera severa y peligrosa. Aun así, logró aterrizar con éxito.

Fue trasladado al hospital y se recuperó del dolor cervical causado por el brusco cambio de –1 g a 9 g. Al día siguiente, su fotografía apareció en el periódico de Alamogordo junto al acelerómetro, cuya aguja quedó detenida en 9 g después de dañarse por la fuerza extrema.

La Fuerza Aérea realizó una investigación exhaustiva. Confesé que el error había sido mío por no haber supervisado adecuadamente la carga del software. Durante mi declaración me hicieron jurar sobre la Biblia; aunque no soy creyente, prometí decir la verdad. Y, como jefe, nunca mencioné el nombre de la persona que había cargado el programa incorrecto.

Años después, en otro contrato, esa misma persona me ayudó a conseguir trabajo. Entonces comprendí cómo la vida puede dar giros inesperados. El coronel Heinlein me agradeció haber dicho la verdad y, con el tiempo, llegamos a ser amigos.

En empleos posteriores aprendí una lección fundamental: verificar siempre la suma de verificación de todos los programas antes de cualquier misión y confirmar los números de serie de cada componente de hardware que vaya a utilizarse.

Desde aquel incidente entendí la presión casi infinita que enfrentan los supervisores de misiones espaciales, cuyas decisiones pueden afectar directamente la vida de varios astronautas. Lo más llamativo es que casi nadie conoce sus nombres. No sabemos cuántas noches pasan sin dormir preguntándose: ¿En qué me equivoqué? Solo conocemos sus nombres cuando ocurre un accidente.

Por eso me alegré profundamente cuando la misión Artemis II fue un éxito. Créanme: es muy fácil encontrar un culpable después de los hechos. Con demasiada frecuencia, algunos jefes transfieren la culpa a otros para encubrir su propia incompetencia.

Señal, Ruido y Verdad

Hace unos 40 años, uno de mis mentores me dijo que uno de los secretos de la vida es aprender a distinguir el ruido de la verdad. Escribí las siguientes palabras en su honor: el señor Marvin Hake, un brillante ingeniero de IBM.

Tu peor enemigo en cualquier emprendimiento es aprender a vivir en un mundo lleno de señales ruidosas.
¿Cómo distinguir la señal real del ruido?

Como ingeniero que diseñó sistemas de navegación y control para satélites, drones y misiles durante 45 años, el ruido fue siempre mi mayor adversario. El desafío era claro: ¿cómo eliminar el ruido sin eliminar la señal que realmente quieres procesar?

La experiencia me enseñó que el mejor enfoque es primero observar y analizar el entorno ruidoso.

Si trabajas con cámaras, las apuntas hacia el objetivo y monitoreas los niveles promedio de intensidad de los píxeles. A partir de ahí, determinas valores umbral; todo lo que esté por debajo puede tratarse como ruido y filtrarse. Un esquema similar puede aplicarse para eliminar ruido de frecuencias extremadamente altas o bajas.

Si trabajas con radar, el principio es el mismo, pero en lugar de procesar luz visible, estás manejando frecuencias electromagnéticas invisibles.

Si analizas el mercado de valores, aprendes a ignorar las fluctuaciones normales. Por ejemplo, con una inversión de dos millones de dólares, el “ruido” diario promedio podría ser de diez mil dólares. Comprender esa volatilidad ayuda a evitar reacciones emocionales desproporcionadas.

Si estás determinando la posición y velocidad de un objeto, como un misil, recurres a múltiples sensores para reducir la incertidumbre. Estos pueden incluir GPS, unidades de medición inercial (IMU), sistemas de trilateración, sensores infrarrojos y otros. Al combinar señales, reduces el ruido y mejoras la precisión.

Si quieres eliminar el ruido de una señal electromagnética recomiendo utilizar filtros “Kalman” adaptivos que toman en consideración, el ruido de la señal, la dinámica del objeto que estas rastreando y conoces que tan preciso es tu filtro en tiempo real. Son adaptivos porque las matrices de ruido se ajustan automáticamente en tiempo real.

Nuestros cerebros evolucionaron para filtrar el ruido. Suprimen ecos, se adaptan a cambios de iluminación, compensan puntos ciegos y regulan respuestas emocionales. Sin embargo, permanecen sensibles a señales urgentes, sonidos fuertes o luces intensas, que exigen atención inmediata.

El verdadero secreto es aprender a sobrevivir en un mundo saturado de ruido. ¿Cómo distinguimos la verdad entre las innumerables señales que pueden consumir nuestra vida si no somos cuidadosos?

Diversas sustancias como el alcohol, marihuana, opioides y otras, se han utilizado para amortiguar el ruido que llega a nuestro cerebro. Pueden silenciar temporalmente la sobrecarga de señales, pero rara vez son la solución adecuada.

Quizá dedicar unos minutos cada día a separar conscientemente el ruido de la verdad pueda ayudarnos a vivir con menos ansiedad y mayor claridad.

La Cosmología Cíclica Conforme

La Cosmología Cíclica Conforme (CCC), propuesta por Roger Penrose, plantea una forma distinta de imaginar el universo. Esta teoría sostiene que el universo atraviesa ciclos infinitos llamados *eones*.

Cada ciclo comienza con un estado sumamente caliente y denso, el Big Bang, y continúa con la expansión del universo (incluida la expansión acelerada que observamos hoy debido a la energía oscura) y culmina en un futuro extremadamente diluido y frío, donde la materia deja de existir como tal y solo sobreviven partículas sin masa, como los fotones. Ese estado daría paso a un nuevo Big Bang y al inicio del siguiente ciclo.

Cuando el universo pierde toda su materia debido a la expansión, la geometría del espacio se vuelve "conforme"; es decir, deja de importar la escala de tamaño, tiempo y entropía. En ese punto, el universo puede "reajustarse" y convertirse en el Big Bang del siguiente eón. Las Secciones del 1 al 7 describen este proceso con mayor detalle. La Sección 8 incluye lista de Referencias.

1. El espacio-tiempo y la expansión

Para explicar la expansión del universo, aceptamos que su geometría tiene cuatro dimensiones: tres espaciales (X, Y, Z) y una cuarta dimensión que es el tiempo. Los astrónomos y físicos llaman a esto espacio-tiempo.

Para ayudarnos a concebir un espacio de cuatro dimensiones desde nuestra perspectiva tridimensional, podemos imaginar que el universo es como la superficie de una esfera que se expande continuamente con el tiempo, y que nosotros somos seres bidimensionales que vivimos sobre esa superficie. Desde nuestro punto de vista, todas las estrellas y galaxias se alejan de nosotros. En este modelo, el universo no tendría un límite ni una barrera física Ver Figura 1, donde podríamos ver el pasado de nuestro universo observando con un telescopio hacia el centro de la esfera.

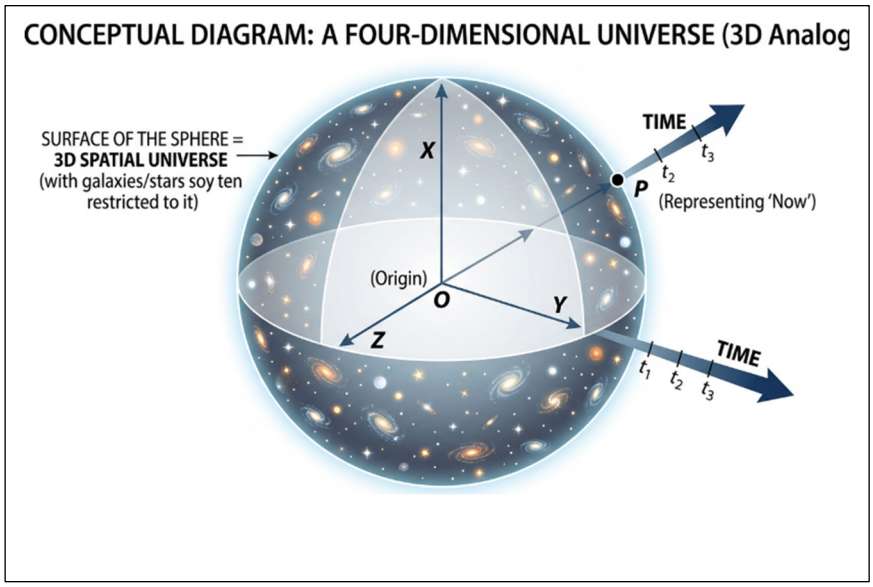


Figura 1

Las galaxias se separan a velocidades tan altas que, debido a la expansión del espacio, algunas pueden alejarse efectivamente más rápido que la luz. Esto no contradice la relatividad, ya que no son las galaxias moviéndose a través del espacio, sino el propio espacio el que se expande.

Penrose también explica que no debemos imaginar que el universo se expande "hacia" otra dimensión. El espacio-tiempo lo es todo; no existe un "más allá" fuera de él.

2. Energía total y gravedad

Asimismo, Penrose sostiene que la energía total del universo podría ser igual a cero. La gravedad representaría energía negativa, mientras que la masa y otras formas de energía representarían energía positiva. Esto podría ofrecer una explicación de cómo el universo pudo surgir sin violar la primera ley de la termodinámica, según la cual la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma.

En otras palabras, la curvatura del espacio causada por la masa correspondería a esa energía negativa asociada a la gravedad.

3. Tiempo, masa y partículas sin masa

La teoría de la relatividad de Einstein propone que el tiempo absoluto no existe; es una propiedad de la geometría del espacio-tiempo. La experiencia del tiempo surge únicamente para los objetos con masa.

Los fotones, que no tienen masa, no experimentan el tiempo ni la distancia entre dos puntos. Pueden haber sido creados en una estrella hace miles de millones de años, pero para ellos ese intervalo no representa ni un segundo ni un desplazamiento. En ese sentido, la geometría del espacio pierde significado para un cuerpo sin masa que

se desplaza a la velocidad de la luz: para él, la inmensidad del espacio se reduce a algo infinitesimal.

En resumen, la geometría del espacio solo tiene sentido para los objetos que, como nosotros, poseen masa.

4. El futuro lejano del universo

Para la CCC, la expansión del universo no es simplemente producto de la energía oscura, sino una propiedad inherente del propio espacio-tiempo. Edwin Hubble demostró que el universo se expande, lo que llevó a descartar la idea de un universo estático que Einstein había intentado sostener mediante la introducción de una constante cosmológica.

Penrose sugiere que esta expansión continuará durante tiempos extremadamente largos, hasta que la distancia entre galaxias, estrellas, planetas, partículas y átomos sea tan grande que toda la materia desaparecerá y solo quedará radiación compuesta por partículas sin masa.

En ese escenario, los conceptos de entropía, tiempo y distancia perderían significado físico. Matemáticamente, un universo extremadamente frío y diluido podría describirse de forma equivalente a un universo increíblemente pequeño y caliente cuando ya no existe masa. Las ecuaciones de la física, en ausencia de masa, no distinguen entre un universo infinitamente grande y uno infinitamente pequeño. Así, una expansión infinita puede “re-escalarse” a un estado compacto y denso, que correspondería a las condiciones de un nuevo Big Bang y al comienzo de otro ciclo.

Este último paso de la teoría genera dudas. Aunque las ecuaciones matemáticas permitan esa equivalencia, las matemáticas no son la realidad misma, sino un modelo que intenta describirla.

5. El papel de los agujeros negros

Durante la expansión del universo, los agujeros negros serían los últimos objetos masivos que permanezcan. Sin embargo, según Stephen Hawking, los agujeros negros no son eternos: emiten radiación cuántica y pierden masa lentamente hasta evaporarse por completo. Finalmente, toda su materia desaparecería, quedando solo radiación compuesta por partículas sin masa.

Penrose sostiene que los agujeros negros desempeñan un papel fundamental al absorber estructuras complejas como estrellas y planetas, simplificando progresivamente el universo. De este modo, contribuyen a que el cosmos pase de un estado extremadamente estructurado y frío a uno donde la masa desaparece por completo.

Penrose también propone que la energía liberada por colisiones de agujeros negros supermasivos en el eón anterior podría ser visible en nuestro universo actual.

6. Los círculos anómalos en el CMB

Según la CCC, esas señales podrían observarse como círculos anómalos en el fondo cósmico de microondas (CMB, "*Cosmic Microwave Background"*), la radiación remanente emitida unos 380.000 años después del Big Bang.

El CMB es extremadamente uniforme, aunque presenta pequeñas variaciones de temperatura. Para Penrose, los círculos anómalos serían círculos casi concéntricos (es decir, con el mismo centro) y de diferentes radios, con variaciones de temperatura más bajas de lo esperado y distribuidas de forma no completamente aleatoria.

No obstante, esta parte de la teoría sigue siendo objeto de debate dentro de la comunidad científica. Muchos investigadores sostienen que esas variaciones en el CMB pueden explicarse como fluctuaciones estadísticas normales y que no constituyen evidencia de "fósiles" de agujeros negros de un eón anterior.

7. Reflexión final

Aun así, la CCC resulta fascinante, pues intenta cerrar el ciclo cósmico y sugiere que el principio y el fin, así como las distancias entre mundos, podrían ser conceptos ligados a nuestra condición de seres con masa y conciencia.

La teoría propone que el universo en el que vivimos es solo un ciclo más dentro de un proceso infinito y que eventualmente desaparecerá para dar origen a otro. En esta visión, el Big Bang no sería un inicio absoluto, sino una transición desde un eón anterior.

Sin embargo, las conclusiones filosóficas que puedan derivarse de esta teoría pertenecen al terreno de la interpretación personal. Como recordaba Kurt Gödel con su teorema de incompletitud, ningún sistema puede demostrar todas las verdades desde dentro de sí mismo. Tal vez nuestras teorías cosmológicas, incluida la CCC, sean intentos humanos por aproximarnos a una realidad que siempre superará nuestras herramientas conceptuales.

8. Referencias

a. *Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe*
   Autor: Roger Penrose (2010).
b. *Various Internet Podcasts.*

Probabilidad de Una Visita Alienígena a la Tierra

1. Introducción

En mayo de 2026, el Gobierno de Estados Unidos comenzó a divulgar al público cientos de imágenes y videos que mostraban Fenómenos Anómalos No Identificados (UAP, por sus siglas en inglés) observados sobre diversos países. Algunos de estos objetos parecían estar cerca de la superficie del océano, otros volaban en formación y algunos más parecían desplazarse a gran velocidad o realizar giros bruscos de casi 90 grados.

Sin embargo, la mayoría de los videos publicados tienen una calidad tan baja que resulta difícil determinar qué se está observando realmente. En algunos casos, es evidente que el objeto no es más que un globo con su cuerda aún visible. Con base en mi experiencia como ingeniero en el diseño y operación de drones y sistemas integrados de sensores, incluyendo radar, GPS, sistemas ópticos y de seguimiento láser, considero que muchas de estas observaciones pueden atribuirse a fallas en los sensores, interpretaciones erróneas de datos o actividad de drones extranjeros. El vuelo en formación, las velocidades supersónicas y las maniobras de alta aceleración (alto número de g) han sido posibles con sistemas aéreos remotos o autónomos avanzados (drones) al menos desde la década de 1990.

Estas observaciones me motivaron a analizar por qué no creo que vida extraterrestre inteligente haya visitado la Tierra en los últimos 100 años, a pesar de haber revisado numerosos videos de UAP. Para sustentar mi razonamiento, utilicé la conocida ecuación de Drake para estimar matemáticamente la probabilidad de que exista una civilización extraterrestre lo suficientemente cercana como para interactuar con la Tierra. La ecuación de Drake fue desarrollada en 1961 por el astrónomo Dr. Frank Drake mientras preparaba la primera reunión científica sobre la Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre (SETI). Su propósito era estimular la discusión científica más que ofrecer una predicción numérica precisa.

La ecuación de Drake es una fórmula probabilística utilizada para estimar el número de civilizaciones tecnológicamente avanzadas en la Vía Láctea que podrían ser capaces de comunicarse.

Mi metodología fue la siguiente:

1. Utilizar la ecuación de Drake (Sección 2) para estimar el número N de civilizaciones comunicativas en la Vía Láctea.

2. Estimar cuánto tiempo la humanidad ha estado emitiendo inadvertidamente radiación electromagnética detectable al espacio (**Nyears**), como se discute en la Sección 3.
3. Calcular el volumen del espacio alcanzado por nuestra "burbuja" de radiación electromagnética (**Vbubble**).
4. Estimar el volumen de la galaxia Vía Láctea (**Vgalaxy**).
5. Calcular la densidad promedio de civilizaciones en la galaxia (**Dcivilization**) por unidad cúbica de volumen.
6. Multiplicar esa densidad por el volumen de nuestra burbuja de radiación para estimar el número esperado de civilizaciones dentro de un radio de 100 años luz alrededor de la Tierra.

2. Probabilidad de una civilización extraterrestre dentro de 100 años luz

2.1 – Ecuación de Drake

La ecuación de Drake que se muestra a continuación es el producto de una serie de factores y probabilidades definidos para estimar el número de civilizaciones N en nuestra galaxia, la Vía Láctea:

N = R x *FP* x NP x *FL* x FI x *FC* x L

A continuación, se presentan las definiciones de cada uno de los parámetros. Los números entre paréntesis representan los valores más recientes para los parámetros de la ecuación de Drake.

N es el número de civilizaciones en nuestra galaxia con las que podría ser posible la comunicación.

R es la tasa promedio de formación de estrellas por año en la Vía Láctea. Los astrónomos miden la masa de la Vía Láctea, calculan la velocidad con la que se colapsan las nubes de gas y observan qué tan seguido nacen las estrellas. Además, no todas las estrellas son aptas para la vida (las estrellas masivas se consumen rápidamente), mientras que las estrellas más pequeñas y estables, como nuestro sol, suelen considerarse mejores candidatas.

Se asume R = 2 estrellas/año.

FP es la probabilidad de que esas estrellas tengan sistemas planetarios. Se deriva de datos observacionales (como los del Telescopio Espacial Kepler) al buscar la

atenuación periódica del brillo de una estrella cuando un planeta pasa frente a ella. La mayoría de las estrellas tienen planetas; sin planetas no hay vida.

Se asume FP = 1.

NP es el número promedio de planetas por estrella que podrían albergar vida potencialmente. Se basa en el porcentaje de planetas ubicados en la "zona de Ricitos de Oro" (la distancia orbital donde puede existir agua líquida). Además, estos necesitan tener:

Una atmósfera que mantenga la temperatura del planeta algo estable al atrapar la radiación infrarroja del sol y que también permita la presencia de agua líquida.

Un campo magnético necesario para proteger la vida contra las partículas de alta energía que provienen del espacio. El campo magnético es generado por el núcleo de la Tierra; el hierro líquido en movimiento provocado por la rotación terrestre crea corrientes que, a su vez, generan un campo magnético.

Tectónica de placas, la cual, a través de la fricción entre las rocas, genera energía que licúa las rocas, creando la lava de la Tierra, que a su vez alimenta a los volcanes. Los volcanes explotan generando enormes cantidades de CO2 que se liberan a la atmósfera. El ciclo del CO2 se utiliza para mantener la temperatura de la Tierra más estable. El CO2 genera lluvia, la cual a su vez enfría la Tierra, lo que a su vez detiene la lluvia y el CO2 se acumula, haciendo que la Tierra se caliente una vez más (ciclo térmico).

Se asume Np = 0.2.

FL es la fracción de planetas habitables donde realmente aparece la vida. Esto es completamente especulativo, ya que solo tenemos a la Tierra como punto de datos. Los biólogos estiman esto estudiando qué tan rápido surgió la vida en la Tierra después de su formación. La edad de la Tierra es de aproximadamente 4,500 millones de años. La vida primitiva apareció en la Tierra hace 3,500 o 4,000 millones de años. Por lo tanto, la vida simple debe ser común, ya que la vida solo tardó 500 millones de años en aparecer.

Se asume FL = 0.3.

FI es la fracción de planetas con vida que eventualmente desarrollan vida inteligente. Los astrobiólogos analizan la historia evolutiva de la Tierra para determinar las probabilidades de que los organismos simples evolucionen con el tiempo hasta convertirse en seres inteligentes que utilizan herramientas. Una vez más, solo tenemos una muestra de 1 (la Tierra) para calcular este parámetro. La vida simple en la Tierra apareció hace unos 3,400 a 4,000 millones de años. La vida inteligente (los

humanos) ha existido durante 200,000 años (*nota del traductor: el texto original dice erróneamente 200 millones*), lo que representa aproximadamente el 0.05 de la historia biológica de la Tierra (200,000 / 4,000,000,000 = .00005) (*nota: el cálculo original del texto mantiene un error de escala al usar 200,000,000 / 4,000,000,000 = .05*).

Se asume FI = .01.

FC es la fracción de civilizaciones inteligentes que desarrollan tecnología de comunicación detectable. Se estima evaluando el porcentaje de especies inteligentes que descubren cómo transmitir señales al espacio (por ejemplo, radio, televisión o láseres). El electromagnetismo es una fuerza fundamental en nuestro universo. Los humanos han estado en la Tierra desde hace unos 200,000 años (*el texto original indica 200 millones*), por lo que no pasó demasiado tiempo para que una civilización inteligente desarrollara la comunicación electromagnética. Por lo tanto, cualquier civilización que entienda el electromagnetismo puede, en principio, generar ondas de radio. Así que, desde el punto de vista de la física, es alcanzable.

Se asume FC = 0.2.

Es el período de tiempo en que tales civilizaciones liberan señales detectables al espacio. Esta es la variable más desconocida. Es el número promedio de años que una civilización transmite señales detectables antes de destruirse a sí misma (por ejemplo, por el clima o la guerra) o de quedar en silencio de forma natural. Este es un parámetro crítico porque, si su número se duplica, prácticamente se duplica el número de civilizaciones. Cabe señalar que L puede no ser la edad de la civilización; podría significar que la civilización no desea ser encontrada y comienza a utilizar señales electromagnéticas de baja potencia para evitar la detección y consumir menos energía.

Se asume L = 10,000 años.

Resolver para N nos dará alrededor de 2.4 civilizaciones detectables en la Vía Láctea en este momento. Debo señalar que los valores de estos parámetros están siendo refinados continuamente por los científicos basándose en nuevos datos.

2.2 – Civilizaciones inteligentes dentro de 100 años luz de nosotros

Para calcular esto, primero determinamos el volumen del espacio que la luz recorrerá en 100 años luz.

Se utiliza la velocidad de la luz como referencia porque es la velocidad máxima en el universo, aproximadamente 300,000 kilómetros por segundo. Es la velocidad a la que viaja cualquier señal electromagnética en el vacío.

Elegí 100 años porque la Tierra ha estado emitiendo energía de radio detectable al espacio durante aproximadamente 125 años, como se describe a continuación:

Años	Eventos
1895-1901	Primeros experimentos de radio (la primera señal transatlántica de Marconi en diciembre de 1901).
1920's	Comienzan las transmisiones regulares de radio comercial.
1930s-1940s	Las transmisiones de televisión de alta potencia y el radar militar (especialmente durante la Segunda Guerra Mundial) incrementan significativamente la emisión de señales de radio al espacio.

Hagamos el cálculo para 100 años de fuga de radio ($N_{años}$).

Usaremos la misma estimación moderada de Drake (N≈2.4 civilizaciones actualmente en la Vía Láctea).

2.2.1 Tamaño de la burbuja de radio terrestre de 100 años

Señales de radio viajando a la velocidad de la luz:

R=100 años luz

Volumen de la esfera $V_{burbuja}$:

$$V_{burbuja} = \frac{4 * \pi * R^3}{3} = \frac{4 * \pi * 100^3}{3} = 4.188 * 10^6$$ años luz cúbicos

2.2.2 Volumen de la Vía Láctea

Disco galáctico aproximado:

Radio ≈ 50.000 años luz
Espesor ≈ 1.000 años luz

Volumen de la galaxia $V_{galaxia}$:

$V_{galaxia} = \pi * (50000)^2 * 1000 = 7.853 * 10^{12}$ años luz cúbicos

2.2.3 Porcentaje de la galaxia alcanzado

$V_{porcentage} = \frac{V_{burbuja} * 100}{V_{galaxia}}$ $\frac{4.188 * 10^6}{7.853 * 10^{12}}$ * 100 = 5.33 * 10^{-4} o 0.000533 %

2.2.4 Numero de civilizaciones dentro del volumen de la burbuja

Si asumimos que N = 2.4:

Densidad de Civilizaciones:

$D_{civilizaciones} = \frac{2.4}{7.583 * 10^{12}}$ $= 3.05 * 10^{-13}$ civilizaciones / años luz cúbicos

Numero de Civilizaciones dentro de nuestra esfera (burbuja) de 100 años luz:

$$N_{civilizaciones} = (3.05 * 10^{-13}) * V_{burbuja} = 1.28 * 10^{-6}$$

2.2.5 Probabilidad de una civilización dentro de nuestro volumen de 100 años luz

Prob = $N_{civilizaciones}$* 100 = 0.000128 %

Esto corresponde aproximadamente a una probabilidad de:

Alrededor de 1 posibilidad entre 781.000.

4. Programa MATLAB

Se desarrolló un script en MATLAB para permitir a los lectores variar los parámetros de la Ecuación de Drake y el tamaño de la burbuja de radiación (en años), con el fin de explorar distintos escenarios. La Tabla 1 muestra el programa:

Tabla 1 Programa de Matlab

```
clear all
%*************************************************
NLightYears = 200;  % Radio de la burbuja en años luz
% Ecuación de Drake
R = 2.0;     % Formación promedio de estrellas por año en la Vía Láctea
FP= 1.0;    % Probabilidad de estas estrellas que tienen un sistema planetario
NP= 0.2;    % Promedio de planetas por estrella con vida
FL= 0.3;     % Fracción de planetas habitables donde la vida aparece
FI= 0.01;   % Fracción de planetas con vida que desarrolla vida inteligente
FC =0.2;    % Fracción de civilizaciones inteligentes que desarrollan comunicación
% detectable
L = 10000; % Período de tiempo que estas civilizaciones radian señales detectables
%*************************************************
N = R * FP * NP * FL *FI * FC * L;
k=0;
for i=1:NLightYears
Rs=i; % Radio de la burbuja en años luz
Rg = 50000; % Radio de nuestra galaxia en años luz
Tg = 1000;  % Ancho de la Galaxia en años luz
Vburbuja = (4/3)* pi * Rs^3; % Volume of 100 light-years sphere
Vgalaxia = pi * Rg^2 * Tg; % Volume of galaxy in cubic light-years
Fv = Vburbuja / Vgalaxia ; % Ratio (fraction) between V and Vg
Vporcentage= Fv * 100 ; % Percentage of galaxy reached
% If number of civilizations in our galaxy is N therefore the
% civilization density per volume
Dcivilizaciones = N / Vgalaxia ;
% Por lo tanto el número de civilizaciones en la burbuja es de
Ncivilizaciones = Vburbuja * Dcivilizaciones;
% Probabilidad es
Prob = Ncivilizaciones * 100;
% Chances 1 in Ratio
Ratio = floor(1/Ncivilizaciones);
disp(Ratio)
k=k+1;
Ratio_save(k)=Ratio;
Prob_save(k)=Prob;
Rs_save(k)=Rs;
end
plot(Rs_save,Prob_save),xlabel('Number of Light-Years'),  ylabel('Probability %'),
title('Probability vs Light-Years'), grid minor
```

La Figura 1 muestra la probabilidad de encontrar otra civilización dentro del 1 a 200 años luz.

La Figura 2 muestra la probabilidad de encontrar otra civilización dentro de 2000 años luz. Esta figura representa el caso en que el programa SETI escucha planetas y estrellas ubicados dentro de un radio de 2000 años luz de la Tierra. Como puede observarse, la probabilidad solo aumenta hasta aproximadamente un 1 %.

SETI se centra en detectar señales tecnológicas de civilizaciones extraterrestres, en lugar de buscar vida microbiana simple. Los científicos buscan señales de radio, pulsos láser, señales repetitivas, patrones intermitentes (encendido y apagado) y cualquier otro tipo de señal que pudiera ser generada por vida inteligente.

El programa SETI ha estado en funcionamiento desde 1960. Hasta la fecha, no ha confirmado ninguna señal inteligente extraterrestre, lo cual es coherente con las bajas probabilidades estimadas en este análisis.

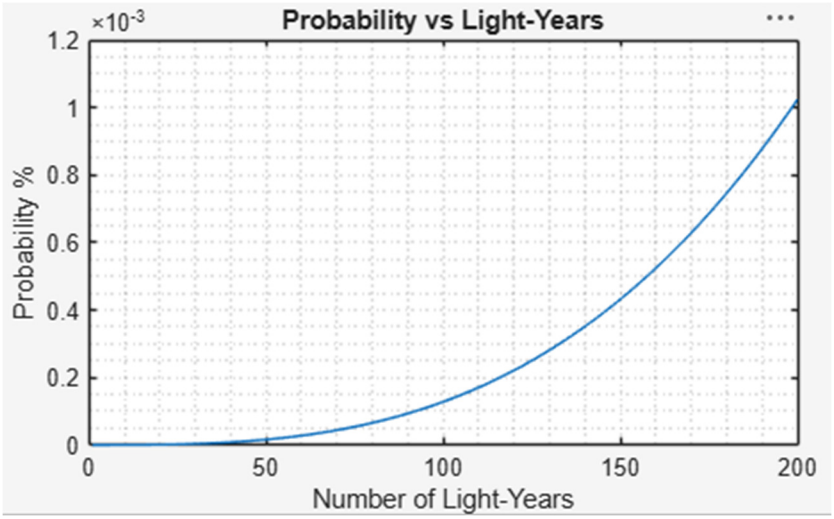


Figura 1 Probabilidad dentro 200 años luz de la Tierra

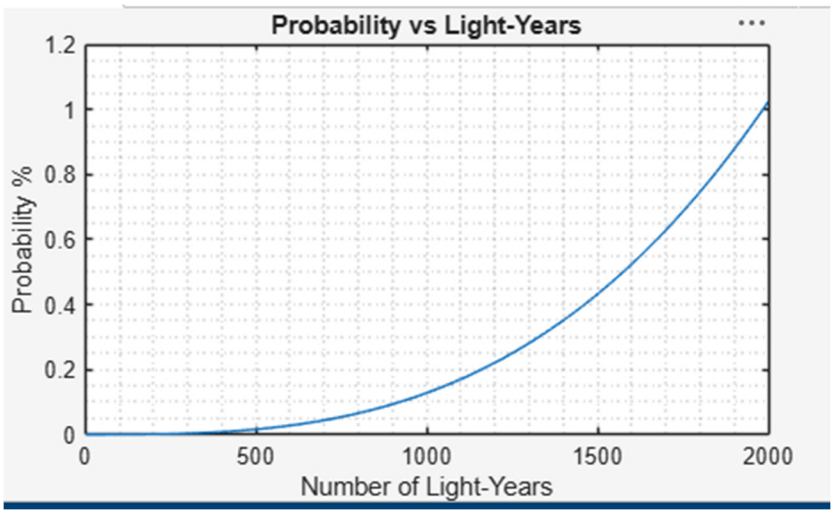


Figure 2 Probabilidad dentro 2000 años luz de la Tierra

5. Conclusión

Los resultados matemáticos muestran que, utilizando valores moderados en la Ecuación de Drake, es extremadamente improbable que alguna civilización extraterrestre haya detectado las señales de radio de la Tierra en los últimos 100 años. La razón principal es simple: nuestras señales solo han alcanzado una fracción diminuta de la galaxia.

La limitación dominante no es necesariamente si existen civilizaciones extraterrestres en otras regiones del universo, sino la velocidad finita de la luz. Aunque la luz viaja a aproximadamente 300,000 kilómetros por segundo, esta velocidad es extremadamente lenta en comparación con la vasta escala de la Vía Láctea, y más aún del universo observable. Incluso si otras civilizaciones existen, nuestra esfera de radio en expansión sigue siendo minúscula en relación con el tamaño de nuestra galaxia.

Personalmente, creo que la vida microbiana podría ser abundante en la Vía Láctea. Sin embargo, la evolución de la vida inteligente probablemente sea un acontecimiento mucho más raro. La inteligencia no es un requisito de la teoría evolutiva para la supervivencia; la selección natural favorece los rasgos que mejoran la reproducción y la adaptación, no necesariamente la cognición avanzada o la capacidad tecnológica. En la Tierra, millones de especies han existido a lo largo de miles de millones de años, y la especie humana ha desarrollado la capacidad de generar y transmitir señales de radio al espacio.

Es muy posible que existan civilizaciones extraterrestres en algún lugar del universo. Sin embargo, no existe evidencia creíble de que hayan visitado la Tierra en los últimos

100 años, ni en ningún momento de la historia registrada. Y quizá, en un sentido cósmico más amplio, seamos nosotros mismos la civilización “extraterrestre”, emergiendo en un universo vasto y en gran medida desconocido.

La Evolución Humana Imperfecta

1. Prólogo

Este ensayo trata sobre aspectos de la biología humana que no se ajustan a un diseño perfecto concebido por un creador, sino que encajan mejor en un proceso evolutivo darwiniano. La evolución por selección natural dista mucho de ser perfecta. A la evolución no le importa que seas perfecto, le importa que tu especie sobreviva. Nuestras imperfecciones humanas son consecuencia de la historia evolutiva de nuestra especia.

La **Sección 2,** "Evolución por Selección Natural", fue incluida porque se consideró necesario explicar ampliamente la evolución por selección natural, dado el rechazo de muchos lectores, quienes sostienen que la creación del hombre y de la vida fue obra del diseño de un creador, en lugar de intentar comprender la teoría de la evolución por selección natural. Su objetivo es demostrar que esta teoría se considera un hecho comprobado y que es una teoría científica sólidamente fundamentada, respaldada por abrumadoras evidencias. Asimismo, se trató de contrarrestar argumentos en contra de la evolución, como la improbabilidad infinitamente pequeña de que la evolución haya dado origen a la vida, y el argumento de que la vida refleja la perfección de un creador.

La **Sección 3** describe otros aspectos que afectan la evolución de los animales y la vuelven imperfecta.

Finalmente, la **Sección 4** enumera las imperfecciones biológicas humanas y describe su origen evolutivo.

2. Evolución por Selección Natural

La teoría de la evolución por selección natural es una de las ciencias más estudiadas de la biología moderna. El concepto principal de esta teoría es que todas las especies que existen en la Tierra provienen de un antepasado común. Este proceso evolutivo ocurrió porque pequeños cambios genéticos dieron origen a otras células, organismos, animales y plantas, que tuvieron que adaptarse a su medio ambiente para poder sobrevivir y reproducirse (**Referencias 2 y 3**)

Cabe decir que la mayoría de las mutaciones genéticas son defectuosas y no dan origen a otro organismo; simplemente desaparecen. Sin embargo, una cantidad

extremadamente pequeña de ellas sobrevive y se convierte en un nuevo punto de partida para futuras mutaciones genéticas. En otras palabras, la evolución por selección natural es un proceso selectivo e iterativo de mutaciones genéticas aleatorias.

Los estudios indican que las primeras moléculas orgánicas aparecieron en el agua como resultado de la combinación de átomos de hidrógeno, carbono, oxígeno y nitrógeno, generada por descargas eléctricas. Estas nuevas moléculas compitieron entre sí por el acceso a los átomos, y solo sobrevivieron las combinaciones moleculares más estables (**Referencia 1**). A su vez, estas moléculas orgánicas se combinaron para formar las primeras moléculas de ADN (ácido desoxirribonucleico). Tengo que enfatizar que la formación del ADN fue también un proceso evolutivo de selección natural. Solamente el ADN "más fuerte" sobrevivió.

El ADN es un polímero de larga dimensión que contiene la información genética para el desarrollo y el funcionamiento de todos los organismos vivos. Un polímero es una sustancia formada por unidades más pequeñas llamadas monómeros que se juntan entre sí para formar moléculas más largas. La ciencia opina que primero se desarrolló el ARN (ácido ribonucleico), por ser una estructura molecular más simple que el ADN. El ARN es una molécula que el organismo humano utiliza como "mensajera", ya que contiene el material genético que se usa para la síntesis de proteínas. El ARN se produce a partir del ADN, (problema del huevo y la gallina), es una copia de la información del ADN necesario para fabricar proteínas. Las proteínas son super moléculas que nuestro cuerpo utiliza para la reparación y construcción de tejidos que eventualmente crean nuestros órganos.

La hipótesis más usada para explicar como el ARN pudo haber surgido antes que el ADN y resuelto el problema del huevo y la gallina. Esta hipótesis se denomina "Mundo de ARN". Los científicos creen que el ARN pudo haber sido la primera molécula genética antes que el ADN en el origen de la vida. Hace unos 4,000 millones de años, la Tierra tenía: agua, gases simples como el metano, amoníaco y dióxido de carbono. También mucha energía disponible, proveniente de rayos, volcanes y radiación del Sol. Se pudieron haber formado cadenas de nucleótidos que dieron origen a moléculas primitivas de ARN capases de copiarse a sí mismas, variar ligeramente debido a errores al copiarse y competir por recursos.

Algunas hipótesis sugieren que entidades "no vivas" que hoy llamamos "virus" pudieron anteceder la formación de las primeras células procariotas (células simples sin núcleo). Especialmente los virus compuestos exclusivamente por ARN, cuya estructura genética es sumamente inestable y que muta constantemente.

Es importante que el lector comprenda que la creación de nuevas entidades de vida no es producto de mutaciones aleatorias, en sí mismas. Las mutaciones genéticas del sistema llamado “vida” son aleatorias; sin embargo, el resultado de estas mutaciones no lo son. Como ejemplo: si inyectas ruido blanco a un sistema electrónico, observarás que el resultado no es completamente aleatorio. Verás que la señal de salida ahora es una onda sinusoidal ruidosa, pero con frecuencias primarias y secundarias bien definidas. Es decir, el resultado de la mutación no es puramente aleatorio, porque el medio ambiente (selección natural) elimina los resultados que no sobreviven.

El diagrama en la **Figura 1** ofrece un ejemplo: cuando personas de piel morena se reproducen, hay una pequeña mutación que afecta la producción de melanina y su piel se vuelve un poco más clara o más oscura. Eventualmente, esta mutación sobrevive, pero después de dos generaciones, otra mutación puede hacer que el individuo tenga un color demasiado claro para sobrevivir en un área donde los rayos de sol son intensos y afectan considerablemente su salud (por ejemplo, cáncer de piel), y muere antes de poder reproducirse. Es decir, esa mutación desaparece y las personas de piel más oscura sobreviven. Eventualmente, la piel de estas personas se vuelve mas y más oscura a través de las generaciones siguientes como se puede observar en la **Figura 1**.

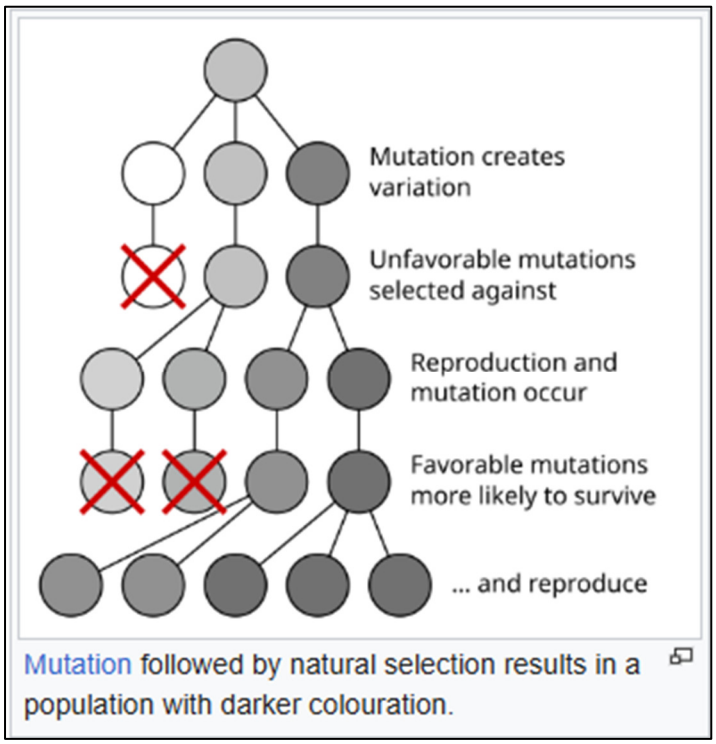


Figura 1 - Mutación Genética

También es importante comprender **"**El Teorema de la Imposibilidad**",** para entender que, aunque algunas personas argumentan que ciertos eventos son imposibles de ocurrir por su baja probabilidad, estos eventos pueden ocurrir si se analiza el problema correctamente.

Por ejemplo, el lector puede opinar que la probabilidad de organizar una estructura de ADN como la nuestra es imposible; y, en efecto, lo es si se asume que todo debe ocurrir de una sola vez. Pero cuando se agregan otros factores, como la probabilidad de que nuestro ADN no sea la única estructura capaz de crear vida, y que la formación del ADN fue un proceso iterativo, la situación cambia.

Por ejemplo, si calculamos la probabilidad de obtener la siguiente secuencia de 10 dígitos:
0132456789, sería aproximadamente de 10 a la décima potencia, es decir, **1 en 10,000 millones**.

Sin embargo, en un proceso iterativo, la probabilidad para seleccionar el primer número (el **0**) sería **1 en 10**. Si el proceso de selección natural indica que es estable, el **0** se selecciona y sobrevive. Para el segundo dígito (el **1**), la probabilidad sería también **1 en 10**, y así sucesivamente. Entonces, la probabilidad se reduce a una magnitud asociada a la suma total de probabilidades, aproximadamente **1 en 100**. Nótese cómo se redujo la probabilidad de **1 en 10,000 millones a 1 en 100.**

Además, la probabilidad podría incrementarse más si asumimos que la serie de 10 dígitos **0132456789** no es la única combinación que conduce al resultado deseado. Por favor leer la **Referencia 4** en la bibliografía para más detalles.

Se cree que hace unos 3,500 millones de años apareció la primera bacteria procariota: células que no tienen un núcleo celular, y cuyo ADN se encuentra distribuido en el citoplasma. Las bacterias son el ejemplo más simple de células procariotas, como *E. coli*, estafilococos y salmonella. Estas bacterias surgieron como producto de mutaciones en su ADN que les permitieron sobrevivir como nuevas entidades capaces de reproducirse y con metabolismo propio.

La ciencia también sugiere que hace aproximadamente 2,000 millones de años se crearon las primeras células eucariotas. Las células eucariotas son células que poseen un núcleo definido, que contiene su ADN, además de una membrana celular y órganos específicos, como mitocondrias y ribosomas. Ejemplos serían nuestras células nerviosas, las células de la piel y, en general, las células del cuerpo humano.

La ciencia sugiere que la evolución de células procariotas a eucariotas fue producto de la fusión entre células procariotas que lograron sobrevivir al proceso de adaptación y competencia evolutiva en el ambiente donde se desarrollaron. Un

ejemplo sería la mitocondria en las células eucariotas, que posee ADN diferente al de la célula huésped, lo cual indica que pudo originarse como un organismo distinto que se fusionó con otra célula.

La ciencia explica también que, debido a una variación genética en estas células, cuando se reproducen por mitosis, en algunos casos no se separan una de la otra, quedando juntas y dando origen a organismos multicelulares. Este mismo proceso evolutivo dio vida a este planeta como lo conocemos hoy. La **Figura 2** describe el árbol de la evolución, desde organismos muy simples hasta formas más complejas. Todo empieza de un tronco común (antepasado común) y se divide en diferentes ramas: plantas, animales, hongos, etcétera.

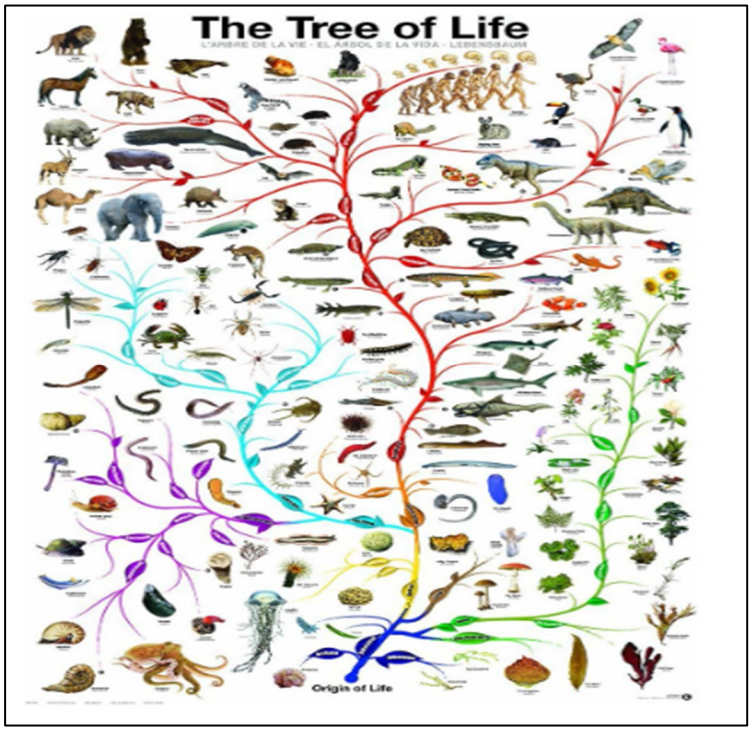


Figura 2 – Árbol de la Evolución

Cabe decir que tal vez la palabra “evolución” es incorrecta; quizá sea más correcta la palabra “adaptación”. A la evolución no le importa si eres inteligente o si comprendes el universo. Solo le importa sobrevivir. Si una especie es resistente al ambiente actual, evolucionará muy poco porque está muy bien adaptada. Si el ambiente cambia, es muy probable que especies que antes sobrevivían ya no puedan hacerlo.

Por ejemplo, si el ambiente cambia rápidamente, es probable que los insectos observen cómo la especie humana desaparece de la Tierra, como ocurrió hace **65**

millones de años con los dinosaurios (i.e. las aves son las últimas sobrevivientes de los dinosaurios). Otro ejemplo es cómo la inteligencia humana parece retroceder, en parte gracias a la tecnología: en promedio, la gente ya no sabe contar sin una calculadora; tampoco sabe escribir sin un procesador de palabras; además, muchas personas ya no resuelven operaciones aritméticas ni problemas algebraicos sencillos. Tampoco sabemos sobrevivir en un ambiente hostil para nuestro cuerpo. Dejémonos solo en el desierto junto con algunos animales y los humanos seremos los primeros en morir.

Quiero ofrecer un ejemplo muy simple que demuestra que el proceso evolutivo es real y que representa un hecho. Para ello, presentaré similitudes orgánicas entre el hombre y otros animales.

Por ejemplo, la **Figura 3** muestra la evolución de las extremidades delanteras de diferentes especies: aves, cocodrilos, ballenas, caballos, murciélagos y humanos. Nótese la extraordinaria similitud de sus huesos: el cúbito y el radio entre aves, cocodrilos y humanos; la presencia del húmero en todas las especies; y la estructura de los dedos. Una similitud inquietante.

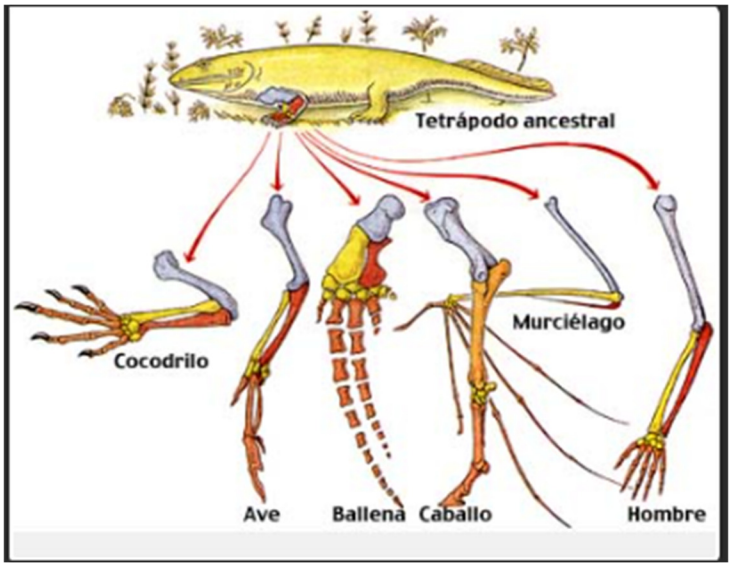


Figura 3 – Evolución de Extremidades en los Animales

Otro ejemplo es la conexión nerviosa del nervio humano de la laringe. Las **Figuras 4 y 5** muestran cómo este nervio evolucionó desde el pez hasta la jirafa y finalmente hasta el ser humano.

La **Figura 4** muestra que este nervio sale del cerebro, va prácticamente hasta el corazón y regresa a la garganta. La **Figura 5** muestra que este mismo nervio en la jirafa hace algo similar: llega hasta el corazón y regresa a la garganta. Recorre aproximadamente 13 metros para regresar al mismo lugar.

Esto demuestra cuatro conceptos evolutivos:

1. La conexión del nervio en el pez era lógica.
2. Indica que este nervio evolucionó de manera imperfecta en la jirafa y en el ser humano.
3. En el humano existe una segunda conexión nerviosa que la evolución agregó y que permite un mejor control de la laringe y las cuerdas vocales.
4. La evolución no es perfecta: no corrige errores evolutivos si no son necesarios para la supervivencia de la especie.

Este último punto es el propósito principal de este ensayo: demostrar que la evolución es imperfecta por naturaleza y que los seres vivos no somos un diseño perfecto; simplemente somos un diseño que ha evolucionado durante 3500 millones de años hasta llegar al estado actual de los animales, incluido el ser humano.

Existen cientos de libros que explican la evolución de la vida y del hombre mucho mejor y con más detalle que esta descripción. Consulta la bibliografía del ensayo **Referencias 2 y 3**.

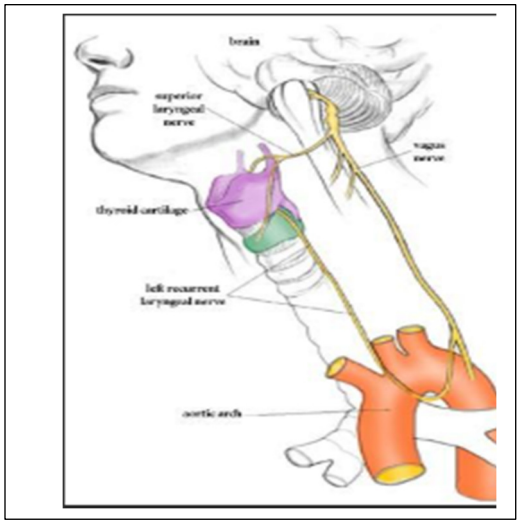


Figura 4 – Nervio de la Laringe del Hombre

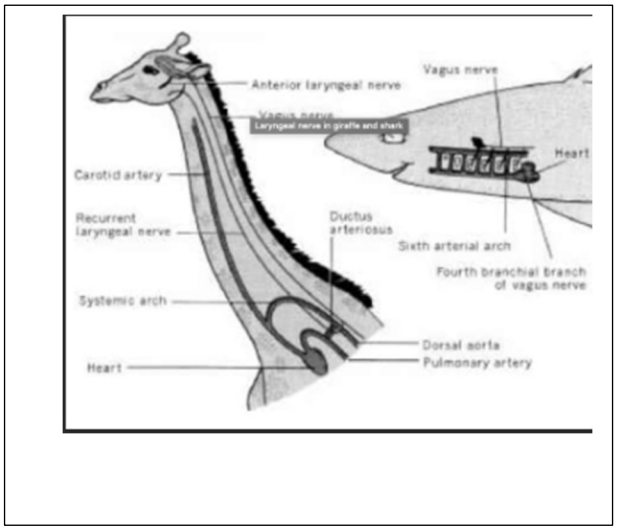


Figura 5 – Nervio de la Laringe de la Jirafa

3. Evolución Imperfecta

Las imperfecciones humanas descritas en la siguiente sección son producto de una evolución imperfecta, debido a las siguientes razones:

1. La evolución es un proceso lento que adapta los organismos modificando estructuras heredadas de antepasados. Esto limita los cambios que puede realizar en un organismo. Como dicen: “La evolución opera más como un zapatero remendón que como un ingeniero”.
2. La evolución es un sistema abierto: requiere energía solar para operar dentro de la segunda ley de la termodinámica y contrarrestar la entropía del sistema. Es decir, consume energía del sistema para adaptar los organismos. Por lo tanto, si existe un órgano que ya no se utiliza, pero no estorba, la evolución lo mantiene, porque es más costoso eliminarlo que conservarlo.
3. La evolución trata de mantener un equilibrio entre modificaciones que pueden ser ventajosas para una función, pero perjudiciales para otra. Por ello, es un “compromiso”, no una solución óptima.
4. La evolución se adapta al medio ambiente actual, pero cuando los cambios climáticos ocurren más rápido que lo que la evolución puede responder, se generan desventajas.
5. La población limitada de una especie limita su diversificación y, a su vez, reduce la aparición de nuevos cambios genéticos aleatorios. La eficiencia de la evolución radica en la diversificación de la especie.

***Nota del autor**: La gente racista está equivocada. La “pureza” de una especie limita la efectividad de la evolución, poniendo en peligro a la especie. Esto podría permitir que un virus acabara con toda la humanidad. Por eso, amigos y amigas: nunca es tarde para seguir diversificando la especie humana.*

La tecnología también ha contribuido a que no se corrijan las imperfecciones humanas mediante la evolución. Un ejemplo es el color de piel de los humanos que actualmente viven en bajas latitudes. Debido al transporte aéreo, estas personas emigraron del norte hacia el sur. Ahora están expuestas a una mayor cantidad de radiación ultravioleta. Normalmente, estos individuos desarrollarían cáncer de piel y no tendrían tiempo de reproducirse, lo que haría que desaparecieran los genes responsables de la producción insuficiente de melanina. Sin embargo, gracias a la medicina actual, estos seres viven lo suficiente para reproducirse y propagan, así, una descendencia que no está adaptada a las bajas latitudes.

Otro ejemplo son diversas imperfecciones genéticas, como el error en el gen VCP, el cromosoma X frágil, la fibrosis quística, la hemofilia, la enfermedad de Huntington y muchas otras. Estas condiciones continúan heredándose de padres a hijos. Esto

ocurre porque la medicina moderna permite que las personas afectadas tengan la oportunidad de reproducirse; de ese modo, estas mutaciones genéticas no son eliminadas por la selección natural de la evolución.

Claro que no estoy proponiendo la eugenesia. Simplemente estoy describiendo cómo la tecnología está permitiendo que la evolución no elimine mutaciones genéticas dañinas.

***Nota del autor**: Conozco el error en el gene VCP (“Valosin-Containing Protein”), porque un amigo de hace muchos años lo tiene. Esta condición puede causar enfermedades terribles como la esclerosis lateral amiotrófica (ALS) y la demencia frontotemporal (FTD). También estoy muy familiarizado con el cromosoma X frágil, porque muchos de mis primos por parte de mi papá en California (EE. UU.) lo heredaron. Puede causar demencia y, en algunos casos, hiperactividad y conductas asociadas con el autismo.*

4. Imperfecciones Humanas

El Hombre es producto de la evolución, no venimos de los monos si no simplemente los monos y los humanos tenemos un antepasado común que vivió 6-7 millones de años, no descendemos directamente de los monos actuales, somos primos evolutivos como lo indica la **Figura 6**.



Figura 6 – Antepasado Común del Hombre y los Primates

Las imperfecciones humanas son errores anatómicos remanentes de nuestros antepasados. Están causadas por el hecho de que en algún momento tuvieron un uso, y la evolución no ha podido eliminarlas. Las siguientes secciones describen algunas de ellas:

4.1 Punto Ciego del Ojo Humano

Cientos de fibras nerviosas del nervio óptico convergen en un punto de la retina, creando un punto ciego en el ojo humano (disco óptico o mancha ciega), donde no

existen fotorreceptores. Los “cables” de los fotorreceptores están colocados delante de los receptores en lugar de ubicarse detrás de ellos. Las **Figura 7** comparan los ojos del humano con los de un pulpo. Los ojos del pulpo sí están “bien diseñados”, mientras que los del humano claramente no lo están.

La evolución priorizó un procesamiento cerebral rápido y la visión binocular para “rellenar” ese hueco, en lugar de rediseñar la estructura física del ojo. Similarmente es pasa en la industria electrónica donde muchas veces se use el software para compensar errores del hardware. Sale mas barato corregir el software que volver a diseñar y producir los módulos electrónicos.

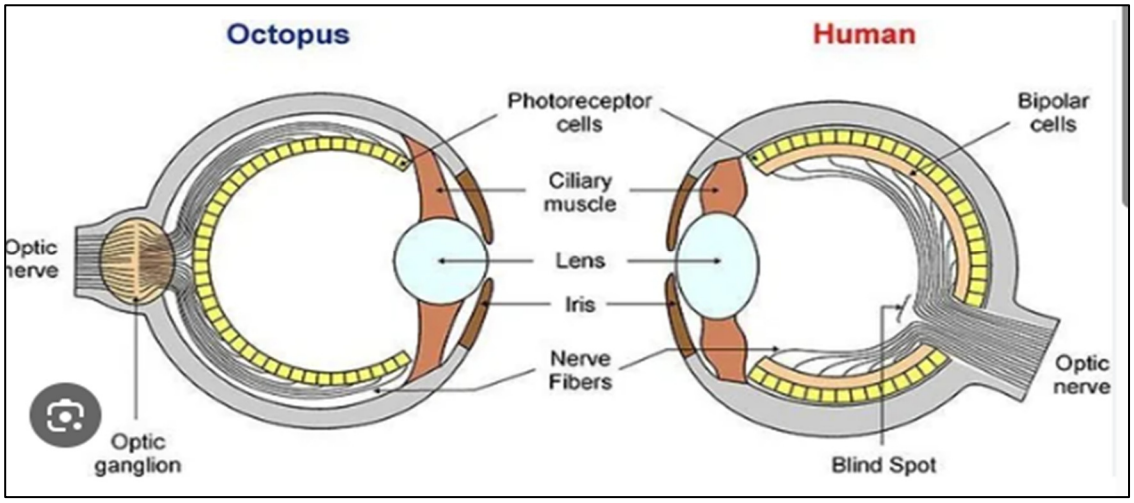


Figura 7 – Punto Ciego del Ojo Humano

4.2 Bipedismo

El bipedismo humano se originó en África hace aproximadamente 7 millones de años (ejemplo: “Lucy”). Fue una adaptación evolutiva que permitió que los primeros homínidos utilizaran las manos libremente para construir herramientas y armas, facilitando la caza de animales.

Aunque la columna desarrolló una curvatura en forma de “S” para equilibrar el peso, su estructura básica sigue siendo similar a la de los primates. En los primates, las cuatro extremidades sostienen el peso y este se distribuye de manera más uniforme a lo largo de la columna. En el bipedismo, el peso de la parte superior del cuerpo descansa de forma vertical sobre las vértebras inferiores (zona lumbar), provocando compresión, desgaste de los discos intervertebrales y dolor. La **Figura 8** muestra el esqueleto de un primate comparado con el esqueleto humano. Claramente se observa que el peso de la parte superior del cuerpo es sostenido por las vértebras lumbares. También se aprecia que la pelvis se volvió más estrecha, dificultando los partos naturales.

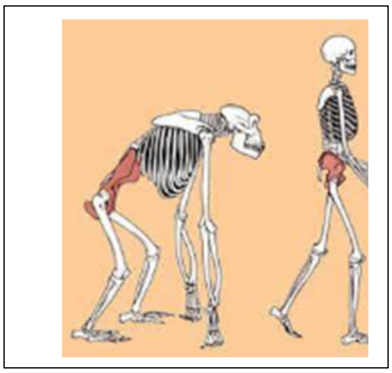


Figura 8 – Esqueletos de un Primate y un Humano

4.3 Aparato Reproductor Masculino

En el cuerpo humano, los testículos se encuentran fuera de la cavidad corporal, lo que los hace más vulnerables. La evolución probablemente los colocó allí como una solución “rápida”, para que el esperma no se viera afectado por la temperatura interna del cuerpo humano y pudiera sobrevivir por más tiempo, facilitando así la reproducción humana.

4.4 El Apéndice

En nuestros ancestros homínidos, el apéndice probablemente era una estructura más grande que servía para digerir vegetación fibrosa: hojas y celulosa. Esta estructura probablemente funcionaba de manera similar al ciego de los animales herbívoros actuales, como el caballo. Ver **Figuras 9 y 10**.

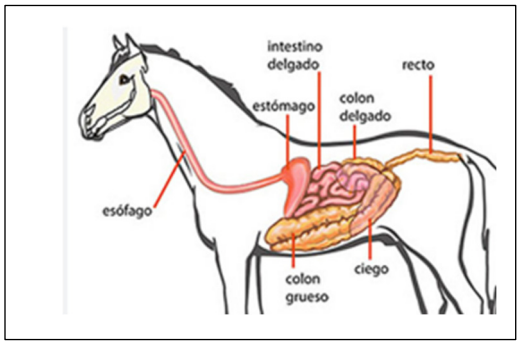


Figura 9 – Intestino Grueso del Caballo

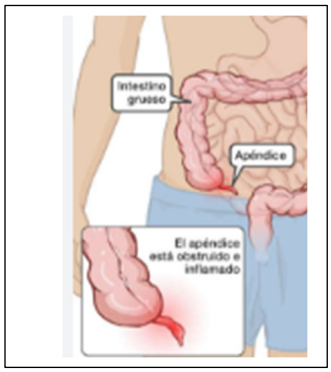


Figura 10 – Intestino Grueso del Hombre

4.5 La Muela del Juicio

Las muelas del juicio son los últimos molares en salir, generalmente entre los 17 y 25 años de edad. Comúnmente causan complicaciones al salir por no haber suficiente espacio para ellas. Usualmente los dentistas recomiendan su extracción de las 4 muelas del juicio. Las muelas del juicio son vestigios evolutivos de nuestros ancestros que necesitaban masticar alimentos duros y crudos.

4.6 Garganta

El mismo conducto que usamos para llevar los alimentos al estómago lo usamos para comer. Esto origina que el riesgo de asfixia se mayor cuando uno come. La evolución en lugar de crear dos conductos, uno para respirar y el otro para comer, se decidió por usar una válvula que se abre y se cierra llamada epiglotis que evita que agua y los alimentos se vayan a los pulmones. Ver **Figura 11**.

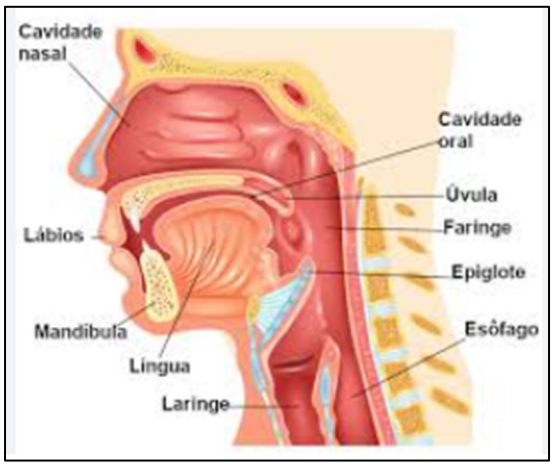


Figura 11 – Faringe y Laringe del Cuerpo Humano

4.7 Enfermedades Actuales

Muchas enfermedades actuales, como la diabetes, la hemocromatosis y la fibrosis quística, pudieron haber ofrecido ventajas evolutivas a nuestros ancestros para sobrevivir a cambios climáticos y a plagas. Estas enfermedades aún persisten porque, en algún momento, ayudaron a nuestros ancestros a sobrevivir. Véase la **Referencia 6.**

4.7.1 Diabetes

La diabetes tipo 2 se caracteriza por la resistencia del cuerpo a la insulina. Se cree que la resistencia a la insulina evolucionó como una manera de proteger el cerebro durante épocas de hambruna: al mantener niveles altos de azúcar en la sangre, el organismo disponía de energía suficiente para que el cerebro siguiera funcionando, lo cual aumentaba la probabilidad de sobrevivir y reproducirse.

Recordando que, para la evolución, no importa si un individuo vive o muere una vez que ya ha pasado su etapa reproductiva. En los tiempos modernos, donde ya no existe la hambruna, ese exceso de azúcar tiende a convertirse en grasa, lo que favorece la obesidad, la resistencia a la insulina y, finalmente, la diabetes tipo 2.

4.7.2 Hemocromatosis

La hemocromatosis es una enfermedad genética que hace que el cuerpo absorba hierro en exceso. Al acumularse, este hierro puede dañar órganos como el hígado, el corazón y el páncreas.

Cuando los humanos cambiaron su dieta, pasando de la carne roja, propia de los cazadores y rica en hierro, a una alimentación basada en cereales (propia de la agricultura). Se enfrentaron a enfermedades nuevas asociadas con la falta de hierro en la sangre, como la anemia ferropénica, enfermedades renales y problemas durante el desarrollo infantil.

En ese contexto, este gen defectuoso pudo haber favorecido la supervivencia.

4.7.3 Estrechamiento del Canal de Parto

Evolutivamente, la bipedestación (caminar erguido) del hombre causo el estrechamiento de la pelvis femenina como se ilustro en la **Sección 2**, **Figura 8**. Este fenómeno evolutivo conjugado con el aumento de tamaño del cerebro y cráneo fetal trajo como consecuencia que muchas mujeres ya no puedan dar a luz de forma natural, requiriendo intervención cirúrgica para poder tener un bebe.

4.7.4 Cáncer

El cáncer es una enfermedad causada por un error reproductivo genético de nuestras células. Este proceso crea células inmortales que se reproducen rápidamente creando tumores e invadiendo órganos y otros tejidos de su alrededor. Estas células tienen la propiedad de que no son reconocidas como células malignas por nuestro sistema inmunológico. Estas células obtienen la capacidad de metatizarse e invadir diferentes órganos, como los pulmones, los huesos, y el cerebro. Las células cancerosas también son sujetas a la evolución por selección natural. Lo que las hace eventualmente resistente a tratamientos cancerosos tales como la chemoterapia y las radiaciones. Por eso es muy común observar como la mayoría de los pacientes con cáncer se mejoran al principio de su tratamiento, pero eventualmente sucumben a esta enfermedad. Solo toma una célula que debido a una mutación genética de esta célula es capaz de sobrevivir a los tratamientos de cáncer para después reproducirse y dar luz a otras células cancerosas inmunes a los tratamientos de cáncer. Por eso siempre he dicho que el cáncer es como la mala yerba, nunca muere.

4.8 Senos Paranasales

Los senos paranasales son cuatro pares de cavidades óseas llenas de aire situadas en el cráneo alrededor de la nariz (frontales, maxilares, etmoidales y esfenoidales). La **Figura 12** muestra los senos paranasales del hombre.

Durante la evolución humana, desde nuestros antecesores primates al hombre, el cráneo humano cambio radicalmente en tamaño y forma. Debido a estos cambios los senos paranasales también cambiaron de forma y tamaño, principalmente el seno maxilar, ocasionando que ellos no drenan fácilmente, ocasionando enfermedades muy comunes tales como la sinusitis.

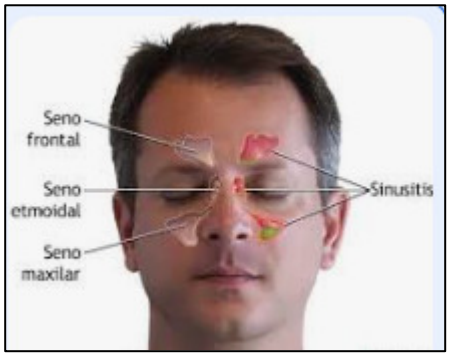


Figura 12 – Senos Paranasales del Hombre

4.9 Impacto de la Tecnología en la Evolución

La tecnología también ha contribuido a que no se corrijan las imperfecciones humanas mediante la evolución. Un ejemplo es el color de piel de los humanos que actualmente viven en bajas latitudes. Debido al transporte aéreo, estas personas emigraron del norte hacia el sur. Ahora están expuestas a una mayor cantidad de radiación ultravioleta. Normalmente, estos individuos desarrollarían cáncer de piel y no tendrían tiempo de reproducirse, lo que haría que desaparecieran los genes responsables de la producción insuficiente de melanina. Sin embargo, gracias a la medicina actual, estos seres viven lo suficiente para reproducirse y propagan, así, una descendencia que no está adaptada a los rayos ultravioletas que existen en las bajas latitudes.

Otro ejemplo como se mencionó en la **Sección 3**, son las diversas imperfecciones genéticas, como el error en el gene VCP, el cromosoma X frágil, la fibrosis quística, la hemofilia, la enfermedad de Huntington y muchas otras que continúan heredándose de padres a hijos. Esto ocurre porque la medicina moderna permite que las personas afectadas tengan la oportunidad de reproducirse, de modo que estas mutaciones genéticas no sean eliminadas por la selección natural de la evolución.

5.- Conclusión

El hombre es un hombre imperfecto, por la simple razón que somos producto de una evolución por selección natural imperfecta. La evolución no busca la perfección, busca usar el camino más fácil para lograr la supervivencia de nuestra especie. La tecnología humana impacta nuestra evolución natural. Hasta qué punto, no lo sabremos hasta dentro de miles de años, si es que la especie humana no se autodestruye por sí misma. Somos una especie imperfecta, destructora y tonta que a veces pienso que el planeta estaría mejor sin humanos.

6.- Bibliografía

1.0 Your Inner Fish: A Journey Into the 3.5-Billion-Year History of the Human Body. Neil Shubin. 6 de enero de 2019.

2.0 The Selfish Gene. Richard Dawkins. 5.ª edición (edición original).

3.0 The Blind Watchmaker. Richard Dawkins. 1986.

4.0 The Improbability Principle. David J. Hand. 2015.

5.0 Imperfection: A Natural History. Telmo Pievani. 2024.

6.0 The Survival of the Sickest. Dr. Sharon Moalem. 2007.

Inteligencia Artificial

1. Prologo

La **Inteligencia Artificial (IA)** es una rama de la informática dedicada al diseño de sistemas y algoritmos capaces de simular procesos cognitivos humanos, como el aprendizaje, el razonamiento lógico, la comprensión del lenguaje y la toma de decisiones. En la **Sección 2** se presenta una descripción más detallada de lo que representa la IA.

El propósito de este artículo es explicar, de manera clara y accesible, cómo funcionan los algoritmos de IA para personas que no están familiarizadas con esta disciplina. Asimismo, se busca mostrar que la IA no es un fenómeno reciente: aunque en los últimos años ha cobrado mayor visibilidad, sus fundamentos y desarrollos existen desde hace varias décadas. La **Sección 2.1** ofrece una breve reseña histórica de lo que hoy conocemos como Inteligencia Artificial.

A lo largo de la prehistoria y la historia, las invenciones y avances tecnológicos —como el descubrimiento del fuego, la invención de la rueda, el desarrollo de herramientas, la agricultura, la ganadería, la energía eléctrica, los motores, los transformadores y las computadoras, han transformado profundamente la sociedad y han influido en la evolución humana. Estos aspectos se describen con mayor detalle en la **Sección 3**.

De manera similar, la Inteligencia Artificial promete generar repercusiones significativas en la sociedad y, posiblemente, en la evolución futura del ser humano. A diferencia de otros avances tecnológicos, la IA no solo amplía la capacidad física del ser humano, sino también su capacidad cognitiva, al desarrollar sistemas capaces de aprender a partir de datos, reconocer imágenes, realizar predicciones, tomar decisiones, comprender y generar lenguaje, y resolver problemas complejos.

Pocas veces en la historia la humanidad ha creado una herramienta tan poderosa y, al mismo tiempo, con un potencial de riesgo tan considerable como la IA. La **Sección 4** analiza en detalle sus impactos positivos y negativos en la sociedad y en la evolución humana.

La **Sección 5** resume de forma concisa el funcionamiento básico de la IA y los posibles riesgos que pueden surgir si su desarrollo y uso no se gestionan de manera responsable.

Finalmente, la **Sección 6** presenta la lista de libros y fuentes utilizadas para la elaboración de este artículo.

Este artículo está destinado a ser una discusión general del tema y no sigue la estructura de un trabajo de investigación científica formal. Este artículo fue traducido del inglés al español y editado usando el portal poe.com.

2. Inteligencia Artificial

La **Inteligencia Artificial (IA)** es una rama de la ciencia de la computación que desarrolla sistemas capaces de simular ciertos aspectos de la inteligencia humana, como la resolución de problemas lógicos, la ejecución de tareas sin supervisión directa y el análisis de información para facilitar la toma de decisiones.

Cabe mencionar que el término *Inteligencia Artificial* puede resultar ambiguo. Para algunas personas, la palabra "inteligencia" se asocia con "conciencia". Sin embargo, los sistemas de IA no poseen conciencia ni comprensión propia; simplemente procesan datos y aplican modelos matemáticos para generar resultados. En este sentido, algunos autores consideran que un término como *"Astucia Artificial"* podría describir con mayor precisión su funcionamiento, aunque el término oficial y ampliamente aceptado sigue siendo Inteligencia Artificial.

2.1 Historia de la IA

A continuación, se presenta una breve reseña histórica de la IA en orden cronológico:

1936 – Alan Turing y la Máquina de Turing

En 1936, Alan Turing propuso la Máquina de Turing, un modelo matemático que constituye la base teórica de la computación moderna. No se trata de una máquina física real, sino de una abstracción que explica cómo funciona cualquier computadora.

Este modelo introduce conceptos fundamentales como: programa, memoria, estado, lógica, repetición y finalización de procesos.

La Máquina de Turing consta de tres componentes principales:

- Cinta infinita: dividida en casillas, cada una con un símbolo (por ejemplo, "1", "0" o vacío). Representa la memoria de una computadora.
- Cabezal lector/escritor: puede leer el símbolo de cada casilla, escribir uno nuevo y desplazarse hacia la izquierda o la derecha.
- Tabla de reglas: determina qué acción ejecutar según el símbolo leído y el estado actual (por ejemplo, escribir un símbolo, cambiar de estado o moverse

en la cinta). Un ejemplo simple de funcionamiento sería: Lee un “1”, lo reemplaza por “0”, se mueve a la derecha y repite el proceso hasta finalizar.

1950 – Test de Turing. En 1950

Turing publicó el artículo *“Computing Machinery and Intelligence”*, en el que propuso el Test de Turing. Esta prueba evalúa si una máquina puede exhibir un comportamiento inteligente indistinguible del de un ser humano durante una conversación.

1956 – Conferencia de Dartmouth.

En 1956 se celebró la Conferencia de Dartmouth, organizada por John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon y otros investigadores.

En este evento se acuñó oficialmente el término “Artificial Intelligence”. En aquel momento, existía un gran optimismo y se pensaba que en pocas décadas las máquinas alcanzarían un nivel de inteligencia comparable al humano.

1957 – El Perceptrón de Rosenblatt

En 1957, Frank Rosenblatt desarrolló el Perceptrón, uno de los primeros algoritmos de redes neuronales artificiales, diseñado para el reconocimiento de patrones.

El perceptrón funciona de la siguiente manera:

- Recibe múltiples entradas.
- Cada entrada se multiplica por un peso.
- Se suman los resultados.
- Se aplica una función de activación para determinar la salida.

Matemáticamente, puede expresarse como:

$$Z = \sum_{k=1}^{n} W_k * I_k + B_k$$

- Wk Los pesos
- Ik Las entradas
- Bk Los Sesgos
- La función de activación podría ser 1 si Z > 10 y 0 si Z <= 10.

1959 - ”Machine Learning”

Arthur Samuel acuña el término y crea un programa informático para jugar a las damas que aprende de sus errores.

1969-1980 El Primer Invierno de la IA

Marvin Minsky y Seymour Papert demuestran matemáticamente que el Perceptrón no puede resolver problemas lógicos simples como la función XOR (“Exclusive OR”).

El XOR representa la función binaria:



A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

No se pude usar con el perceptrón porque las entradas 0 y 0 o 1 y 1 dan el mismo resultado Z=0.

Las computadoras también todavía eran muy lentas. A esa época se le llame el “Invierno de la IA”. Los fondos de investigación se congelan.

1980-1990 Sistemas Expertos

Sistemas que simulan decisiones de expertos humanos. Ejemplo: sistemas médicos de diagnóstico y sistema de finanzas para calcular interés en los préstamos. Son costosos y difíciles de mantener. En 1986 el Algoritmo de “Backpropagation”: Rumelhart, Hinton y Williams popularizan la retro propagación. Este algoritmo matemático permite entrenar redes neuronales de múltiples capas, superando por fin la limitación del Perceptrón de 1969.

1990-2010 Renacimiento de “Machine Learning”

Por primera vez se usan datos y estadísticas para entrenar IA. Avances en los algoritmos de redes neuronales y en arboles de decisión. El éxito se debió a la disponibilidad de hardware informático potente, la recopilación de conjuntos de datos inmensos y la aplicación de sólidos métodos matemáticos. En 1997 la computadora “IBM Deep Blue” derrota en ajedrez al mejor jugador de ajedrez en el mundo de ese tiempo, Garry Kasparov.

2010-2017 Aprendizaje Profundo “Deep Learning”.

En 2012 AlexNet y el Big Data: Geoffrey Hinton y su equipo ganan la competición ImageNet usando Redes Neuronales Convolucionales (CNN) y tarjetas gráficas (GPUs). El Aprendizaje Profundo demuestra una superioridad aplastante. Las redes neuronales convolucionales son un tipo de red de aprendizaje profundo altamente especializado en procesar datos con estructura de cuadrícula, como las imágenes. Revolucionan la visión artificial al analizar los

datos píxel por píxel sin perder la relación espacial entre ellos. También la invención de los GPUs “Graphical Processor Units” facilitó al avance en el procesamiento de imágenes digitales.

AlphaGo: DeepMind utiliza Aprendizaje por Refuerzo (algoritmos que aprenden por recompensa y castigo) para en 2017 vencer al campeón mundial del complejo juego de mesa “Go”.

2017-Presente La Revolución de la arquitectura los “Transformer”
Científicos de Google publican el artículo *"Attention Is All You Need"*. Introducen el mecanismo de autoatención, un algoritmo que procesa datos en paralelo y entiende el contexto masivo de las palabras. La autoatención permite que el modelo conecte directamente esas palabras, aunque estén separadas. Los Transformers son redes neuronales que permiten analizar toda una oración en lugar de palabra por palabra. Por ejemplo, “el perro de la calle ladro”. La red neuronal puede analizar los tokens “perro” y “ladro” al mismo tiempo a pesar de que existan otras palabras entre ellas dos.

Presente
Modelos Fundacionales: Los Transformers permiten la creación de los Grandes Modelos de Lenguaje (LLMs) como GPT, Claude y Gemini, transformando la IA generativa en una herramienta global de uso diario.

2.2 Areas de la IA

Las diferentes estructuras de IA se pueden dividirse según su enfoque, técnicas y aplicaciones. Aquí te las describo de forma clara y estructurada:

2.2.1 Aprendizaje automático

Son algoritmos que analizan datos y se utilizan para identificar patrones y realizar predicciones. Mejoran su rendimiento con el tiempo al aprender de sus aciertos y errores.

2.2.2 Redes neuronales y aprendizaje profundo

Las redes neuronales son modelos matemáticos digitales inspirados en el funcionamiento del cerebro humano. Están compuestas por neuronas, pesos, entradas, salidas y funciones.

El aprendizaje profundo está constituido por múltiples redes neuronales organizadas en serie. Las salidas de una red neuronal se convierten en las entradas de la siguiente. Estas se utilizan comúnmente para el procesamiento e identificación de imágenes digitales.

Imaginemos una red neuronal que se utiliza para detectar si un correo electrónico es SPAM. Las entradas serían:

X1 = Usa la palabra gratis? si =1, no=0
X2 = Solicita que respondas al e-mil rápidamente? Si =1, no =0
X3 = Usa muchos signos de exclamación? Si =1, no =0
X4= Tiene un remitente desconocido? Si =1, no=0

Cada una de estas entradas tienen un peso inicial
W1 = .2 para X1, W2 = .3 para X2, W3 = .2 para X3, W4=.5 para X4

IA realiza la siguiente suma de productos
*Y = X1 * W1 + X2*W2 + X3*W3 + X4*W4*
Y= 1(.2) + 1*(.3) + 0*(.2) + 1*(.4) = 0.9*

Se hace la pregunta es Y >= 1, no lo es, por lo tanto, no es SPAM

Cabe decir que el entrenamiento de este proceso es una operación iterativa. Los pesos W1, W2, W3, W4 son recalculados en cada iteración. Sabemos por ejemplo que este email si es un SPAM. Y si lo fuera, todas las entradas tendrían el valor de 1 y la suma Y seria

Y= 1*(0.2) + 1*(0.3) + 1*(0.2) + 1*(0.4) = 1.1, por lo tanto, Y > 1, por lo que es un SPAM

El siguiente paso es probar que las entradas y los pesos son los correctos para detectar si el e-mail es o no es un SPAM. Se prueba con e-mails que no son SPAM y se checa que Y no sea >1. Si falla, se corrigen los pesos W1, W2, W3, y W4 y así iterativamente.

Las palabras “aprendizaje profundo” se refieren a las redes neuronales que contienen más de una neurona. Es decir, las entradas de una neurona son las salidas de una o más neuronas anteriores y así sucesivamente como se muestra en la **Ilustración 1**. Esta imagen muestra la data anteriormente procesada por otra red neuronal delineando la posición de los objetos en la imagen como entrada a una segunda red neuronal que etiqueta en tipo objeto detectado en este caso un hombre, un carro y una bicicleta.

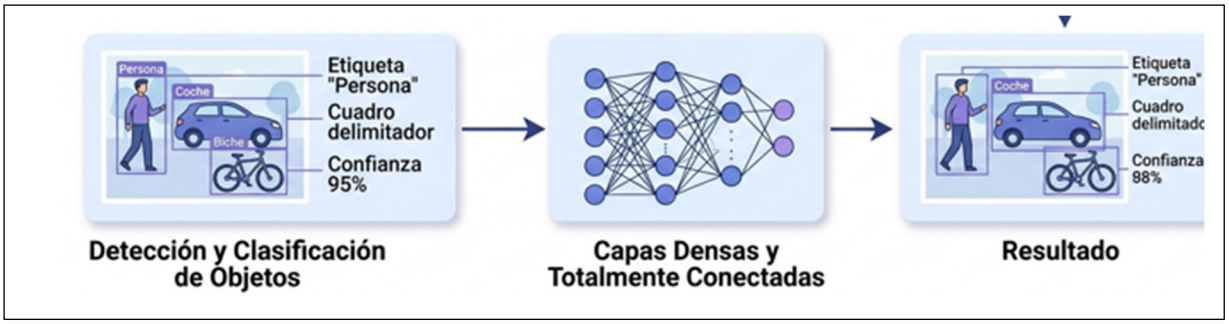


Ilustración 13 Red Neuronal

Nota del autor: Quiero mencionarles que, en el año 2007, hace 19 años, mi amigo Manuel Soto y un servidor usamos un algoritmo muy similar para automáticamente generar la trayectoria de un avión ("Flight Pattern") para que, volando a una altura constante arriba del suelo, el avión eligiera el camino más corto entre dos puntos cardenales. El mapa se dividía en cientos de cuadros. A cada cuadro se le asignaba un número grande si el terreno era peligroso y un número chico si no lo era. Se sumaban todos los cuadros entre los dos puntos cardinales y se escogía el camino que tuviera la menor suma. Aunque es similar, en el sentido que se usa una suma de factores, como en el ejemplo anterior, no se podría considerar IA porque no tenía la capacidad de aprender y controlar la altura del avión usando IA. Invito a un estudiante de maestría en computadoras o ingeniería de mejorar el algoritmo y controlar el avión utilizando IA. Este documento lo publicamos para el Instituto Americano de Aeronáutica y Astronáutica. Se pidió permiso al Departamento de Defensa de USA, para poder hacer el algoritmo público. También tuve la fortuna de ir al Pentágono en Washington DC, para presentar mi proyecto y tratar de obtener dinero del Departamento de Defensa de USA y así poder implementarlo en un avión de guerra. Referencia 6.5 incluye una copia de este artículo.

Un ejemplo simple sería el uso de una red neuronal con una sola neurona digital. Esta demuestra el proceso de detección de una "imagen" digital compuesta por 3 píxeles. Naturalmente, una imagen real requeriría miles o incluso millones de píxeles, pero por simplicidad nos limitaremos a tres. Otro detalle interesante es que la relación matemática principal utilizada en IA es muy similar a las expresiones matriciales empleadas anteriormente en regresiones lineales. Debo aclarar que existen diferencias importantes. En los métodos clásicos era necesario conocer previamente la estructura de la transformada de Laplace que modelaba el proceso; es decir, el número de ceros y polos del numerador y del denominador, respectivamente.

El objetivo consistía en encontrar, mediante regresión lineal aplicada a los datos, los coeficientes del numerador y del denominador de la transformada de Laplace. Esto se hacía porque las computadoras no tenían suficiente velocidad de procesamiento y requerían información adicional sobre el sistema. Ver **Referencias 6.4 y 6.6.**

En la actualidad, la IA no necesita información *a priori* sobre el sistema que se va a utilizar para predecir resultados.

La relación fundamental puede expresarse como:

$$Y=Ax + B$$

Donde:

- A es la matriz de pesos,
- x representa las entradas del algoritmo (variables),
- B es la matriz de sesgos,
- Y es la predicción parcial.

Cabe mencionar que, aunque esta ecuación se utiliza para representar sistemas lineales, la actualización de los pesos mediante su derivada respecto al tiempo permite aproximar sistemas no lineales. Es decir, el sistema puede considerarse lineal dentro de pequeños intervalos de tiempo. También la derivada de los pesos se usas para controlar el coeficiente de amortiguamiento de la respuesta.

La implementación utilizando el programa MATLAB sería la siguiente:

```
% Inicialización de parámetros
% Pesos and sesgos son el "conocimiento" de tu IA. Generalmente se empieza
% con pequeños números aleatorios.

weights = [0.1; -0.2; 0.3]; % valor inicial para los 3 pixeles
bias = 0.05; % Sesgo para cada pixel

% Define el número de iteraciones y el factor de aprendizaje
nLoop = 10000; % Numero total de iteraciones.
learning_rate = 0.1

%  '1' indica el valor de detección
y_true = 1.0;

%  Inicializar los vectores en Matlab
y_true_v = zeros(1,nLoop);
y_pred_v=zeros(1,nLoop);
weights_v=zeros(3,nLoop);
bias_v = zeros(1,nLoop);

%*********************************************************
%  Comienza el loop de aprendizaje
%*********************************************************
for k=1:nLoop
% 1. Entrada de imagen (Imagen de 3-pixeles blanco y negro)
% Se asume que la imagen permanece constante durante las 10,000
iteraciones
X = [0.5; 0.8; 0.2]; % Valor de pixeles, 0= blanco 1= negro, 0 < x <
1=gris

% Calcular predicción y_pred
% Suma de product de pesos y entradas: z = (w1*x1 + w2*x2 + w3*x3) + bias
% Determinar error entre predicción y el valor verdadero
z = sum(X .* weights) + bias;

% Paso para adelante: función de Sigmoid para limitar el valor de
probabilidad
%Entre 0 y 1
y_pred = 1 / (1 + exp(-z));

% Paso para atras: Calcular Error y valor de gradiente
%
error = y_pred - y_true;

% Gradient of the Sigmoid activation; First Derivative of y_pred is
```

```
% Cambiar pesos y sesgos
% Weight_new = Weight_old - (LearningRate * Gradient * Input)
% Determine how much weight contributed to the error.
% You subtract the gradient from the current weights. The learning_rate
controls how large of a "step" you take toward the correct answer.

weights = weights - (learning_rate * gradient * X);
bias = bias - (learning_rate * gradient);

% Mostrar resultados parciales
fprintf('Original Prediction: %.4f\n', y_pred);
disp('Updated Weights:'); disp(weights);
disp('Updated Bias:'); disp(bias);

y_true_v(k)=y_true;
y_pred_v(k)=y_pred;
weights_v(1:3,k)=weights;
bias_v(k)=bias;

end
%************************************************************
%  Fin del loop de aprendizaje
%************************************************************

% Graficar Resultados
figure(1);
plot(y_pred_v), xlabel('Iterations'), ylabel("Prediction")
title("Prediction vs True Value"),grid minor
figure(2);
plot(bias_v), xlabel("Iterations"), ylabel("Predicted Bias")
title("Predicted Bias"), grid minor
figure(3);
plot(1:nLoop,weights_v(1:3,1:nLoop)),xlabel("Iterations");
ylabel('Weights'),title("Weight Values"),grid minor
legend('Weight1',"Weight2",'Weight3')
```

MATLAB (Matrix Laboratory) es un lenguaje de programación y entorno de desarrollo diseñado principalmente para: Cálculo numérico, Análisis de datos, Álgebra matricial, Gráficas y visualización, Simulación y modelado. Fue creado por MathWorks y es muy utilizado en: Ingeniería (eléctrica, mecánica, civil, etc.), Matemáticas, Ciencia de datos, Procesamiento de señales, Inteligencia artificial y Control automático.

La **Ilustración 2** muestra cómo la predicción de nuestra IA, después de más de 10,000 iteraciones, converge asintóticamente hacia el valor 1, que representa una detección positiva. Se puede establecer que, cuando el error entre la predicción de la IA y el valor 1 es menor que 0.05, el objeto ha sido detectado.

La **Ilustración 3** muestra cómo el sesgo converge asintóticamente hacia un valor aproximado de 2.2 después de más de 10,000 iteraciones.

Finalmente, la **ilustración 4** muestra cómo los pesos también convergen asintóticamente hacia valores estables después de 10,000 iteraciones.

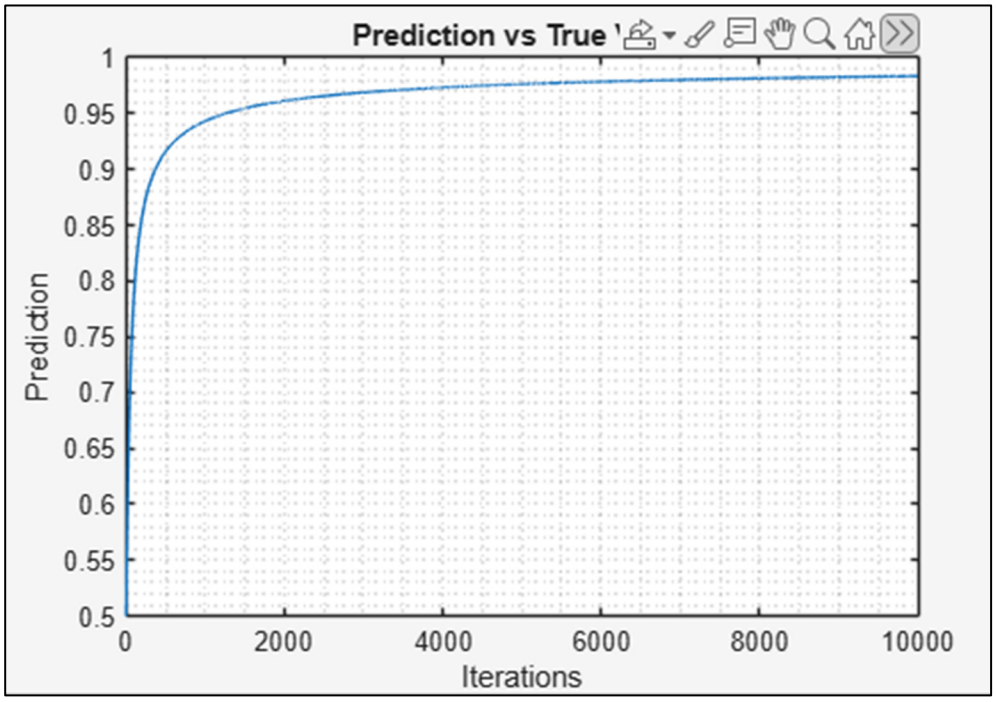


Ilustración 14 Predicción vs Iteraciones

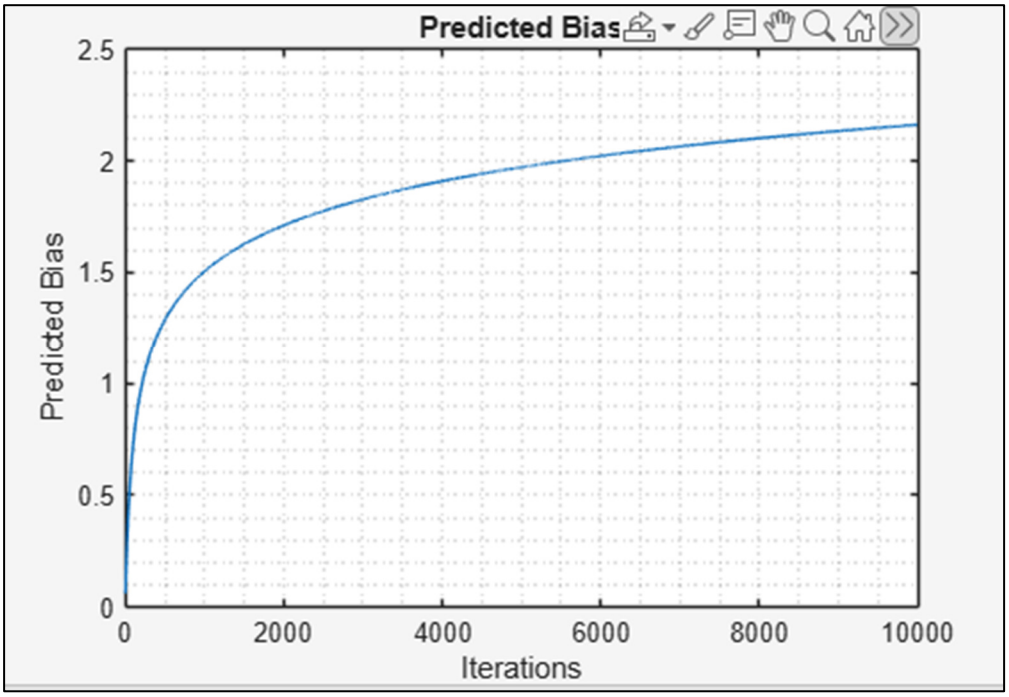


Ilustración 15 Sesgo vs Iteraciones

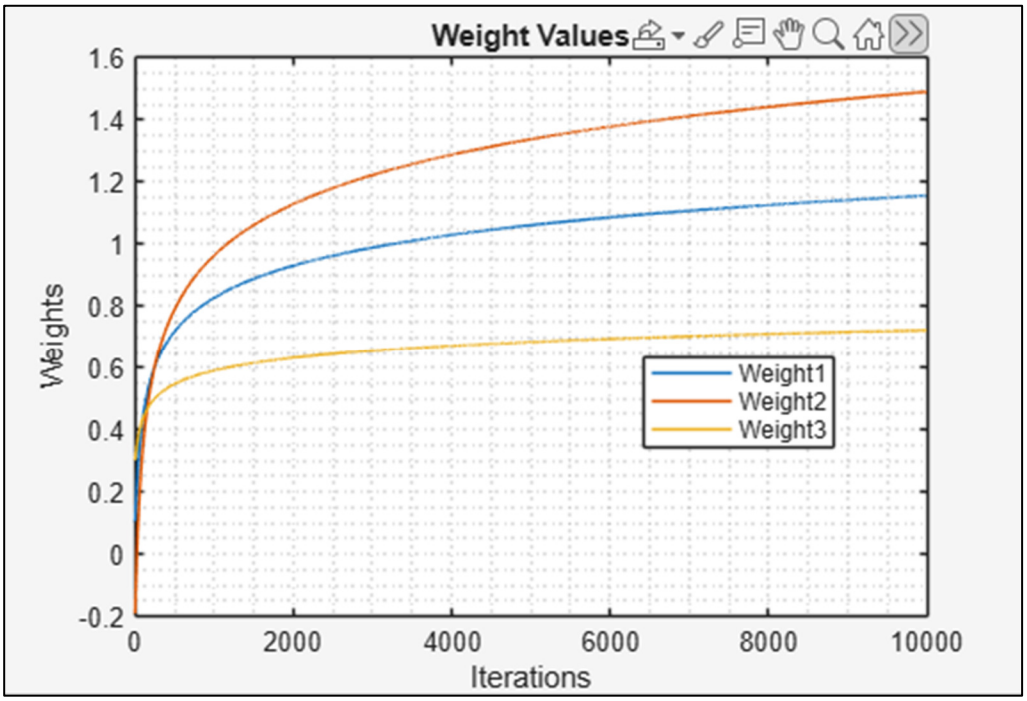


Ilustración 16 Pesos vs Iteraciones

2.2.3 Modelos extensos de lenguaje

Los modelos extensos de lenguaje son sistemas de inteligencia artificial entrenados con enormes cantidades de texto para comprender y generar lenguaje humano. Se utilizan para entender el contexto, traducir entre idiomas, generar contenido creativo, responder preguntas y resumir textos.

Estos modelos, llamados en inglés “Large Language Models (LLMs)”, son capaces de analizar una frase u oración completa y comprender su significado. Primero identifican palabras clave y luego utilizan información previa proveniente de miles de millones de textos disponibles en Internet para encontrar patrones en el lenguaje y predecir cuál es la palabra más probable que continúe la oración.

Por ejemplo, en la frase:

“La liebre es más rápida que la _____”

Un LLM probablemente completaría con la palabra “tortuga”, debido a la expresión muy conocida relacionada con la historia de “la liebre y la tortuga”. En numerosos textos comparativos aparece la palabra “tortuga” después de la expresión “más rápida que la”.

Cabe mencionar que los LLM también utilizan redes neuronales, como las descritas en la **Sección 2.2**, para seleccionar la palabra más probable.

Los LLM no procesan palabras directamente como “carro”, “piedra” o “gato”; en su lugar, utilizan representaciones numéricas (códigos) para cada palabra del vocabulario. Por ejemplo, si el idioma español contiene 100,000 palabras, se emplean 100,000 números distintos para representarlas.

La estructura de las neuronas digitales en los LLM es diferente (Transformadora), ya que cada palabra se analiza en relación con las palabras anteriores para determinar el contexto y así predecir la siguiente palabra, es decir:

P (palabra siguiente| palabras anteriores)

El objetivo de la red neuronal es determinar cuáles palabras tienen mayor probabilidad de aparecer junto con la secuencia de entrada. Estas probabilidades (representadas internamente mediante pesos) se obtienen procesando millones de textos disponibles en Internet.

Por ejemplo, durante el entrenamiento, la red neuronal puede encontrar que la palabra “Francia” está frecuentemente relacionada con palabras como “París”, “Bélgica”, “Italia”, “Holanda”, “Suiza”, “Suecia”, “Alemania”, “Rusia”, entre muchas otras.

Los LLM utilizan representaciones vectoriales de palabras (“word2vec”) para relacionar matemáticamente estos términos.

Consideremos el siguiente ejemplo:

“La capital de Francia es ___”

Primero, el modelo convierte la frase en tokens:

[“La”, “capital”, “de”, “Francia”, “es”]

Luego, codifica estos tokens como valores numéricos (identificadores internos):

[10740, 10, 200, 5000, 1]

A partir del entrenamiento con grandes volúmenes de texto, el modelo estima la siguiente distribución de probabilidad:

$$P(\text{siguiente palabra} \mid \text{“La capital de Francia es”})$$

Por ejemplo:

Probabilidad de “París” = 0.90
Probabilidad de “Lyon” = 0.01
Probabilidad de “Madrid” = 0.01
Probabilidad de “Londres” = 0.02
Probabilidad de “Suecia” = 0.001

Dado que la probabilidad de “París” es significativamente mayor que la de las demás opciones, el modelo selecciona:

“La capital de Francia es París.”

2.2.4 Aplicaciones diversas

Las aplicaciones de la inteligencia artificial incluyen chatbots, conducción autónoma de vehículos, procesamiento de datos, diagnósticos médicos, asistentes digitales, robótica y muchas otras más.

3. Impactos de la Tecnología en la Sociedad y en la Evolución Humana

La tecnología y las invenciones humanas han afectado considerablemente a nuestra sociedad, como se explica en las **Secciones 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4**. También han generado presiones evolutivas que han impactado biológicamente la evolución humana, como se describe con mayor detalle en la **Sección 3.5**.

3.1 Comunicación

La invención del teléfono, el internet y los smartphones permitió la comunicación instantánea. Las redes sociales conectan a millones de personas en todo el mundo.

3.2 Salud

El desarrollo de vacunas y medicamentos más efectivos, así como nuevos equipos médicos y técnicas quirúrgicas, ha mejorado considerablemente los diagnósticos y tratamientos. Esto ha permitido que el ser humano viva más tiempo.

Hace dos siglos, la esperanza de vida promedio probablemente era de 30 a 40 años, en comparación con el promedio actual mundial de aproximadamente 75 años. Cabe destacar que en aquella época la mortalidad infantil era muy alta, lo que reducía significativamente el promedio de vida en comparación con el actual.

3.3 Economía

La automatización de los procesos industriales ha permitido que la economía crezca más rápidamente. También ha dado origen a empleos más especializados y mejor remunerados.

3.4 Educación

Antes, el conocimiento dependía principalmente de libros físicos y bibliotecas.

Hoy, gracias al internet, los estudiantes pueden acceder a:

- Bibliotecas digitales
- Cursos en línea
- Videos educativos
- Artículos científicos actualizados

La tecnología también facilita:

- Proyectos internacionales
- Comunicación entre estudiantes de distintos países
- Trabajo colaborativo mediante plataformas como Zoom y Skype
- Análisis de datos

En resumen, la tecnología ha hecho que la educación sea más accesible, flexible e interactiva, aunque también exige un uso responsable.

3.5 Evolución del Hombre

La tecnología ha alterado profundamente la evolución humana al cambiar las presiones evolutivas necesarias para la supervivencia. Estas presiones pasaron de favorecer principalmente la fuerza física a promover adaptaciones relacionadas con el desarrollo del cerebro y la capacidad de aprendizaje.

Los siguientes apartados resumen algunos cambios evolutivos asociados al desarrollo tecnológico:

3.5.1 Reducción del tamaño de las quijadas y los dientes

El descubrimiento del fuego permitió cocinar los alimentos en lugar de consumirlos crudos y duros. Esto redujo la necesidad de quijadas y dientes fuertes, facilitó la digestión y permitió una mejor absorción de nutrientes, lo que contribuyó al desarrollo y expansión del cerebro.

3.5.2 Reducción de la fuerza corporal

El desarrollo de herramientas y armas para la caza facilitó la captura de animales, así como el procesamiento y transporte de alimentos. Como consecuencia, la gran fortaleza muscular y esquelética dejó de ser esencial para la supervivencia.

3.5.3 Aumento de la capacidad de aprendizaje

El descubrimiento de la escritura y la lectura permitió que las personas accedieran con mayor facilidad al conocimiento acumulado por generaciones anteriores. Esto favoreció una mayor capacidad del cerebro para almacenar y procesar información.

3.5.4 Incremento de la movilidad y adaptación climática

El desarrollo de la agricultura y la ganadería permitió el establecimiento en distintos territorios con diversos climas. A lo largo del tiempo, esto favoreció adaptaciones como variaciones en el color de la piel para protegerse de la radiación ultravioleta, cambios en la cantidad de grasa corporal y variaciones en el vello corporal para conservar el calor en climas fríos.

3.5.5 Aumento de enfermedades y defectos hereditarios

Los avances en la tecnología médica han permitido que personas que antes morían antes de reproducirse ahora sobrevivan gracias a la medicina moderna. Por ejemplo, la operación de cesárea ha permitido que bebés que no podrían nacer por parto natural sobrevivan y se desarrollen. Algunos argumentan que esto podría influir en la transmisión de ciertas características hereditarias asociadas al tamaño del canal de parto.

Asimismo, estos avances médicos han contribuido a mejorar la supervivencia infantil y el desarrollo saludable de los recién nacidos.

El desarrollo de la Inteligencia Artificial, descrito en la **Sección 2**, tendrá un impacto aún mayor en nuestras vidas, y en la evolución biológica como se describe en la **Sección 4.**

4. Impacto de la IA en la sociedad y evolución humana

La IA va a impactar múltiples áreas de la vida humana. Transformará la manera en que las personas viven diariamente. Tendrá efectos tanto positivos como negativos, como se describe en las siguientes secciones.

La solución que propongo para controlar la IA y evitar sus aspectos negativos es que todo sistema de IA incluya un programa supervisor estructural. Es decir, un sistema que no utilice IA para su propia programación. Este programa supervisaría las entradas y salidas del sistema de IA. Por ejemplo, datos de entrada con sesgos racistas o discriminatorios serían eliminados. Asimismo, este programa garantizaría que los datos de salida cumplan reglas establecidas por humanos y que dicha información no se utilice para retroalimentar el sistema sin supervisión.

4.1 Aumento de productividad

La IA liberará al ser humano de trabajos repetitivos y tediosos, permitiéndole dedicar más tiempo a tareas creativas.

Un ejemplo es la programación de computadoras: el programador solo describe las entradas, las salidas, la interfaz de usuario y el lenguaje de programación, y la IA se encarga de escribir el software. Otro ejemplo es la utilización de robots inteligentes en la manufactura industrial.

4.2 Avances científicos

La IA ha demostrado capacidades que pueden ayudar significativamente en la investigación científica, abordando problemas que hasta ahora han sido difíciles o imposibles de resolver.

Entre sus aplicaciones se encuentran:

- Predicción de eventos meteorológicos como huracanes y tornados.
- Creación de modelos climáticos más precisos.
- Análisis automático de millones de imágenes del espacio.
- Detección de exoplanetas y galaxias lejanas.
- Identificación de señales inusuales, como ondas gravitacionales.
- Diseño de materiales más resistentes y ligeros.

- Procesamiento de señales electromagnéticas en la búsqueda de posibles civilizaciones extraterrestres inteligentes.
- Simulación de redes neuronales complejas del cerebro humano.

4.3 Educación y entretenimiento

Actualmente, la IA ya está impactando la industria musical, cinematográfica y literaria.

- Videos musicales generados por IA en plataformas como YouTube. En algunos casos, se atribuyen canciones a artistas que no son los autores reales. Como un ejemplo de estos videos son los que dicen que son canciones de Kany García cuando no lo son.
- Películas en las que aparecen actores rejuvenecidos digitalmente. Por ejemplo, en la película *The Irishman* (2019), Robert De Niro, Al Pacino y Joe Pesci fueron rejuvenecidos mediante efectos digitales para interpretar diferentes etapas de su vida.
- Videos instructivos en los que se dobla digitalmente la voz de una persona y se sincronizan sus labios como si realmente estuviera hablando. Como multitud de videos que muestran a Roger Penrose, premio nobel de física en 2020, hablando sobre el origen del universo.
- Generación automática de escenarios y efectos visuales para películas.

4.4 Medicina

La IA tiene una enorme capacidad para procesar grandes cantidades de datos rápidamente, lo que facilitará:

- Diagnóstico temprano de enfermedades como cáncer, leucemia, ALS, enfermedades inmunológicas y cardíacas.
- Análisis de imágenes médicas como radiografías, resonancias magnéticas (MRI), tomografías y electrocardiogramas.
- Análisis de sangre en tiempo real.
- Medicina personalizada basada en información genética e historial clínico.
- Análisis de ADN para identificar genes asociados con enfermedades como Alzheimer, enfermedad de Hutchinson, diabetes, lupus, entre otras.
- Creación de vacunas, antibióticos y desarrollo de moléculas orgánicas sintéticas para el diseño de fármacos dirigidos a enfermedades complejas.

4.5 Cambios laborales

La IA reemplazará muchos puestos de trabajo, principalmente aquellos que implican tareas repetitivas o fácilmente automatizables, tales como:

- Operadores de centros de atención telefónica y atención al cliente, que serán sustituidos por chatbots y asistentes virtuales.
- Trabajadores en líneas de ensamblaje automatizadas con robots industriales.
- Conductores de taxis o camiones, contadores públicos, analistas financieros, traductores y diseñadores gráficos, entre otros.

Esto podría tener un impacto significativo en la economía debido al aumento del desempleo.

Una posible solución es orientar la educación de los jóvenes hacia profesiones menos susceptibles de ser reemplazadas por la IA en el corto plazo, como maestros, enfermeras, psicólogos, terapeutas, ingenieros y especialistas en IA. No obstante, estos profesionales también utilizarán IA para optimizar su trabajo.

4.6 Ética

La IA también plantea desafíos éticos y de seguridad, tales como:

- **Discriminación**: Sistemas entrenados con datos sesgados pueden rechazar solicitudes de empleo por motivos de raza, edad o género. La IA refleja los datos con los que fue entrenada; si estos contienen prejuicios, el sistema los replicará, a menos que existan mecanismos de supervisión adecuados.
- **Privacidad**: El entrenamiento con información disponible en Internet puede generar riesgos para la privacidad y la seguridad de datos personales.
- **Autoría**: La autoría de textos, canciones y obras de arte generadas con asistencia de IA puede volverse ambigua.

4.7 Impacto cognitivo

La Inteligencia Artificial puede convertirse en una herramienta poderosa para potenciar el aprendizaje, apoyar la toma de decisiones, incrementar la creatividad y mejorar la educación en general.

Entre sus principales aportes se encuentran:

- **Memoria**: facilita el acceso rápido a información mediante buscadores, asistentes digitales y herramientas de resumen automático.
- **Aprendizaje**: permite ofrecer educación personalizada, con retroalimentación inmediata que acelera la comprensión y refuerza los contenidos según el ritmo de cada estudiante.
- **Toma de decisiones**: apoya procesos complejos como el diagnóstico médico asistido, el análisis financiero y, en algunos casos, la evaluación de escenarios legales.

- **Creatividad**: ayuda a generar nuevas ideas, sugerir enfoques alternativos y servir como punto de partida para proyectos artísticos o innovadores.

No obstante, el uso inadecuado o excesivo de la IA podría afectar negativamente ciertas capacidades cognitivas:

- **Disminución del pensamiento crítico:** si se aceptan sus respuestas sin cuestionarlas, puede reducirse la capacidad de análisis y evaluación independiente.
- **Dependencia excesiva**: podría debilitar habilidades como la memorización, el cálculo mental o la escritura manual (por ejemplo, dejar de recordar números telefónicos importantes).
- **Reducción de la creatividad personal:** si la creación artística se delega completamente a sistemas automáticos, como componer música exclusivamente con IA.
- **Dificultad para trabajar sin asistencia tecnológica**: pérdida de autonomía para realizar tareas básicas, como resolver operaciones matemáticas mentalmente.

Desde una perspectiva evolutiva, algunos autores sugieren que, si el ser humano llegara a depender completamente de la IA para resolver problemas y redujera de manera significativa el uso de sus propias capacidades cognitivas, podrían producirse efectos en el desarrollo intelectual a largo plazo. Sin embargo, esta posibilidad sigue siendo una hipótesis especulativa y no existe evidencia científica concluyente que confirme dicho escenario.

4.8 Seguridad y privacidad

La Inteligencia Artificial puede generar impactos positivos significativos en el ámbito de la ciberseguridad y la protección de datos. Entre sus principales aplicaciones se encuentran:

- **Detección de ataques informáticos en tiempo real:** los sistemas de IA pueden monitorear el tráfico de red y detectar patrones anómalos, como múltiples solicitudes provenientes de una misma dirección de Protocolo de Internet (IP), lo que podría indicar un intento de ataque.
- **Identificación de comportamientos sospechosos:** la IA puede reconocer actividades inusuales, como intentos repetidos de adivinar una contraseña (ataques de fuerza bruta) o accesos desde dispositivos desconocidos.
- **Prevención de fraudes financieros:** los algoritmos pueden detectar transacciones atípicas, por ejemplo, retiros de dinero realizados desde un país distinto al habitual del usuario.

- **Análisis masivo de datos:** mediante el procesamiento de grandes volúmenes de información en tiempo real, la IA puede identificar transacciones fraudulentas, accesos no autorizados o patrones de comportamiento que indiquen riesgos de seguridad.

En conjunto, estas capacidades permiten una respuesta más rápida y precisa frente a amenazas digitales, reduciendo el impacto de ataques y fortaleciendo los sistemas de protección.

Sin embargo, la Inteligencia Artificial también puede generar efectos negativos si se utiliza de manera inadecuada o sin regulación adecuada. Entre los principales riesgos se encuentran:

- **Vigilancia invasiva y monitoreo en redes sociales:** los sistemas de IA pueden rastrear la ubicación de las personas, analizar sus intereses, opiniones, hábitos de consumo (por ejemplo, compras en línea), preferencias musicales e incluso patrones de navegación. Esta recopilación masiva de datos puede derivar en una significativa pérdida de privacidad.
- **Creación de deepfakes:** generación de videos, imágenes o audios manipulados mediante IA que aparentan ser reales. Esta tecnología puede utilizarse para producir contenido falso que involucre a figuras públicas, como artistas o políticos, generando desinformación, daños reputacionales o incluso extorsión.
- **Ataques cibernéticos automatizados:** el uso de programas y scripts permite ejecutar millones de intentos de ataque en todo el mundo de manera automática, incrementando la velocidad y el alcance de las amenazas digitales.
- **Phishing más sofisticado:** la IA puede facilitar intentos de engaño más convincentes, haciéndose pasar por entidades legítimas (bancos, empresas o redes sociales) para obtener información confidencial como contraseñas, números de identificación personal, fechas de nacimiento o datos bancarios.
- **Malware inteligente:** programas maliciosos capaces de adaptarse al entorno, evitar sistemas de detección y escanear vulnerabilidades para maximizar su efectividad.
- **Decisiones injustas basadas en sesgos:** si los sistemas de IA se entrenan con datos incompletos o sesgados, pueden generar decisiones discriminatorias en ámbitos como el empleo, la concesión de créditos o procesos judiciales.
- **Uso militar autónomo:** el desarrollo de sistemas armamentísticos autónomos plantea serios dilemas éticos y riesgos geopolíticos. La delegación de decisiones críticas a sistemas automatizados podría tener consecuencias graves si no existe supervisión humana estricta.

4.9 Integración física humana con IA

Se refiere a la conexión directa entre el cuerpo humano y sistemas inteligentes, permitiendo que la tecnología interactúe con funciones biológicas.

Por ejemplo, la empresa Neuralink trabaja en el desarrollo de interfaces cerebro-computadora. Entre las posibles aplicaciones se encuentran:

- Personas con parálisis que puedan controlar un exoesqueleto mediante el pensamiento.
- Marcapasos inteligentes que ajusten el ritmo cardíaco automáticamente.
- Sensores corporales que ayuden a controlar el equilibrio (vértigo) o movimientos involuntarios (Parkinson).
- Monitoreo continuo de enfermedades como diabetes o arritmias cardiacas. Integración avanzada con el cerebro para ampliar capacidades cognitivas, como cálculos mentales más rápidos o acceso directo a información digital

4.10 Riesgos evolutivos biológicos

Los riesgos evolutivos biológicos de la inteligencia artificial ocurren cuando los sistemas artificiales modifican directamente el genoma, la salud o la trayectoria evolutiva de la especie humana y otros seres vivos. Los principales escenarios de riesgo incluyen:

- **Eugenesia digital**: La IA se usa para seleccionar embriones basados en su contenido genético. Esto reduciría la diversidad de la especie humana, volviéndola más susceptible a ataques biológicos.
- **Dependencia evolutiva**: La IA se utiliza para modificar genes mediante software, en lugar de depender del proceso evolutivo por selección natural.
- **Ataques biológicos**: La IA se puede utilizar para diseñar y crear virus más letales e infecciosos.
- **Implantes neuronales**: El cerebro podría evolucionar para convivir de forma más eficiente con implantes neuronales, de tal manera que sin ellos ya no funcionaría correctamente. Esto podría desarrollar dos especies humanas diferentes: los híbridos o humanos mejorados (ricos) y los humanos normales (pobres).

5. Conclusiones

Después de leer y comprender los algoritmos básicos de la IA, tales como el “deep learning”, redes neuronales y “machine learning”, and “LLM” he llegado a la conclusión de que no hay que temerle a la IA mientras el programador sea una

persona responsable y establezca a su alrededor una estructura programática escrita con lógica humana (no con IA) que supervise las entradas y salidas de los algoritmos.

Los algoritmos de IA no son nuevos; muchos de ellos se inventaron hace 30 a 40 años. Simplemente ahora existe el poder computacional necesario para ejecutarlos. Estos algoritmos utilizan la fuerza bruta para llegar a conclusiones que parecen inteligentes, pero en realidad no lo son. Solo procesan información almacenada por millones de humanos en Internet. No podemos competir con ellos si no usamos nuestra imaginación. Como dijo Einstein, la imaginación es más importante que el conocimiento.

La IA va a crear dos especies humanas diferentes: unas que dependen totalmente de ella. Ellos dicen: "¿Para qué pensar si la IA lo puede hacer mejor?". Los otros dicen: "Compitamos contra ella, porque nuestro cerebro aún es mejor y no necesitamos depender de ella". Los cerebros de estas dos especies evolucionarán de manera distinta. El número de conexiones neuronales podría disminuir en la especie #1, mientras que podría incrementarse en la especie #2. La pregunta es: ¿cuál quieres ser tú?

Nuestro cerebro genera ~250,000 conexiones nerviosas por minuto cuando somos bebés. Creo que tenemos un gran potencial biológico que no debemos perder ahora que existe la IA.

Ahora, personas poco preparadas pueden parecer inteligentes porque usan IA. Alumnos mediocres pueden estar entre los mejores.

Pero, ¿qué va a pasar si durante una guerra nuclear se destruye la infraestructura que se utiliza para generar IA? Simplemente podríamos quedar en un mundo lleno de personas idiotas que han perdido la capacidad de pensar por sí mismas.

¡¡Guardemos un minuto de silencio para pensar!!

6. Referencias

Este artículo fue editado con la asistencia de Inteligencia Artificial a través de la plataforma Poe.com para mejorar la claridad y corrección ortográfica. Asimismo, se utilizó el programa MATLAB de MathWorks Inc. para la codificación de los ejemplos presentados. Finalmente, el artículo fue originalmente escrito en el inglés y traducido al español usando el portal *POE.* Debo enfatizar que fue más fácil escribirlo primero en Ingles para luego traducirlo al español debido a términos en español que no estoy acostumbrado a usar como "sesgos", "Esclerosis Lateral Amiotrófica" y muchos más.

También se consultó las siguientes referencias:

6.1Mitchell, M. (2025). *Artificial Intelligence: A Guide for Thinking Humans*.

Jeremy Kahn (2024). *Mastering AI: A Survival Guide to our Superpowered Future*

6.3 Michael Kanan (2025). *T-Minus AI: Humanity's Countdown to Artificial Intelligence and the New Pursuit of Global Power.*

6.4 Luis E. Alvarado and Dr. David Nemir (1990), *Memoria Electro 90, Instituto Tecnológico de Chihuahua, Diseño de un Piloto Automático Adaptivo para el Avion Supersónico F-106*.

6.5 Manuel Soto, Dra. Patricia Nava, and Luis E. Alvarado (2007), *Drone Formation Control System Real-Time Path Planning, AIAA 2007-2770*.

6.6 Luis E. Alvarado (1990), *An Adaptive Flight Control System for the QF-106 drone aircraft*, University of Texas at El Paso.

Abiogénesis y el principio de improbabilidad

La abiogénesis es el proceso natural por el cual la vida surgió a partir de materia no viva, como compuestos químicos orgánicos simples. Este concepto intenta explicar el origen de la primera vida en la Tierra primitiva, hace miles de millones de años.

El principio de improbabilidad es un concepto estadístico desarrollado por el matemático David J. Hand. Establece que los eventos extremadamente improbables son, en realidad, inevitables y ocurren con frecuencia; por ello, las grandes coincidencias o los llamados “milagros” pueden ser matemáticamente normales. Muchos eventos se modelan incorrectamente, lo que lleva a que su probabilidad también sea calculada de manera incorrecta.

Los seres humanos tenemos la tendencia a descartar eventos que consideramos imposibles. Por ejemplo, solemos pensar que es prácticamente imposible que un rayo caiga dos veces sobre el mismo árbol, o nos sorprende saber que solo se necesitan 23 personas para que la probabilidad de que dos de ellas cumplan años el mismo día sea aproximadamente del 50%.

De la misma manera, a muchas personas les parece imposible que la vida haya surgido de materia inorgánica. Incluso algunas intentan confundir al lector afirmando que es imposible que una macromolécula de ADN se haya formado mediante un proceso aleatorio a partir de materia inorgánica. Algunos científicos, incluso, se han atrevido a calcular que la probabilidad de este evento sería de 1/10^40000.

El ADN, o ácido desoxirribonucleico, es la molécula que contiene las instrucciones genéticas necesarias para el desarrollo, funcionamiento y reproducción de todos los seres vivos, además de algunos virus. Es, en cierto sentido, el manual de instrucciones biológico de la vida.

Por ejemplo, un lector podría argumentar que la probabilidad de organizar, mediante procesos aleatorios, una estructura de ADN como la nuestra es prácticamente nula. Y, en efecto, lo sería si asumiéramos que todo tuviera que ocurrir simultáneamente y exactamente en la configuración correcta. Sin embargo, cuando se tienen en cuenta otros factores, como la posibilidad de que nuestro ADN no sea la única estructura molecular capaz de sustentar la vida, o que el desarrollo de moléculas complejas pudiera haber ocurrido mediante un proceso iterativo, la situación cambia considerablemente.

El desarrollo de moléculas orgánicas y, posteriormente, de aminoácidos pudo haber sido un proceso iterativo impulsado por la variación, la selección y la adaptación. Si calculamos la probabilidad teniendo en cuenta este proceso iterativo, el resultado

puede ser muy diferente. Por eso, el problema debe abordarse desde la perspectiva del proceso real, en lugar de considerarlo como un único acontecimiento aleatorio en el que todo debe ocurrir simultáneamente.

Consideremos, por ejemplo, la probabilidad de obtener la siguiente secuencia específica de diez dígitos:

0132456789

Si cada dígito tuviera que seleccionarse de manera independiente y aparecer exactamente en la posición correcta, la probabilidad de obtener esta secuencia específica por puro azar sería aproximadamente de 1 entre 10 mil millones, es decir, 1/10^10

Sin embargo, un proceso iterativo es fundamentalmente diferente de un único acontecimiento aleatorio. Supongamos que el primer paso consiste en seleccionar un dígito. La probabilidad de seleccionar el 0 es de 1 entre 10. Si esa elección produce un resultado estable o ventajoso, puede conservarse. El proceso continúa entonces evaluando los pasos posteriores y conservándolos o descartándolos de acuerdo con su estabilidad o utilidad. En ese caso, la probabilidad se reduciría a 1 entre 100, en lugar de 1 entre 10 mil millones.

En este tipo de proceso, cada paso exitoso no tiene que recrearse desde el principio. En lugar de ello, el resultado exitoso de un paso se convierte en el punto de partida para el siguiente. Esto cambia fundamentalmente la manera en que debe analizarse la probabilidad del resultado final.

Además, la probabilidad de obtener un sistema biológico funcional podría ser aún mayor si reconocemos que **0132456789** no es necesariamente la única secuencia capaz de producir el resultado deseado. Puede haber muchas configuraciones moleculares diferentes capaces de realizar la misma función o de conducir a un resultado similar.

Por lo tanto, calcular la probabilidad de una única configuración final específica y, a partir de ello, concluir que todo el proceso es imposible puede resultar engañoso. El análisis correcto debe considerar el camino mediante el cual se produce el resultado, incluyendo la iteración, la selección, la conservación de estados intermedios exitosos y la posibilidad de que existan múltiples soluciones.

Para más detalles de cómo pudo haberse originado la vida en la Tierra, recomiendo leer los siguientes libros:

1.0 Is Earh Exceptional, the Quest for Cosmic Life. Mario Livo.

2.0 The Selfish Gene. Richard Dawkins. 5.ª edición.

3.0 The Improbability Principle. David J. Hand. 2015.

Exámenes de próstata ocasionan más problemas que beneficios

Descargo de Responsabilidad: *"Este artículo se escribió únicamente con fines informativos y educativos y no sustituye la evaluación, diagnóstico, tratamiento ni recomendaciones de un profesional de la salud. La información aquí contenida no debe interpretarse como consejo médico personalizado. El autor o responsable de este documento no asume responsabilidad por daños, perjuicios, complicaciones o consecuencias que puedan derivarse del uso, interpretación o aplicación de la información aquí presentada".*

Notas del autor: *El propósito de este artículo es informar a mis amigos, de una manera simple y concisa, que muchos de los tratamientos y prácticas médicas recomendados por algunos doctores pueden ser equivocados, tener efectos secundarios y, en ocasiones, causar más daño que beneficio. Su servidor padece de* ***hiperplasia prostática benigna (HPB)*** *desde los 50 años y he sido sometido a varias biopsias de próstata y ninguna resulto positiva.*

El cáncer de próstata es uno de los cánceres más comunes en los hombres en Estados Unidos. Ocupa el segundo lugar después del cáncer pulmonar. Según los datos más recientes de los CDC, (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades), en 2023 murieron 33,881 hombres por cáncer de próstata. La tasa de mortalidad fue de aproximadamente 19 muertes por cada 100,000 hombres.

El examen más utilizado para la detección del cáncer de próstata es la medición en sangre del PSA, o antígeno prostático específico. El PSA es una proteína producida principalmente por la próstata. Una de sus funciones es ayudar a diluir el semen, lo que facilita el movimiento de los espermatozoides y facilitar su viaje hacia el óvulo.

Sin embargo, el PSA no es una prueba específica para el cáncer. Es decir, un nivel elevado de PSA no significa necesariamente que un hombre tenga cáncer de próstata. Del mismo modo, algunos hombres con cáncer de próstata pueden tener niveles relativamente bajos de PSA.

El investigador Richard Ablin, quien participó en el descubrimiento del PSA, ha criticado su uso como prueba rutinaria de detección, señalando que el PSA es específico de la próstata, pero no específico del cáncer. Según Richard Ablin, su utilidad principal era monitorear a hombres ya diagnosticados y tratados, no necesariamente usarlo como prueba general de detección en toda la población masculina.

Existen varias razones por las que el PSA puede ser difícil de interpretar:

- Algunos hombres con cáncer de próstata pueden tener niveles bajos de PSA.
- Algunos hombres con niveles elevados de PSA pueden no tener cáncer.
- La infección o inflamación de la próstata, llamada prostatitis, puede elevar el PSA.
- La hiperplasia benigna de próstata, o HBP, también puede aumentar el PSA.
- En algunos hombres, el ciclismo, o la eyaculación reciente pueden elevar temporalmente el PSA.

En la práctica médica, un PSA elevado puede llevar a más evaluaciones. Tradicionalmente, un PSA mayor de 4.0 ng/mL (nanogramos por mililitro) se consideraba anormal, pero hoy la decisión de hacer una biopsia no depende únicamente de ese número. Los urólogos también consideran la edad del paciente, los antecedentes familiares, el examen rectal, la velocidad con la que aumenta el PSA, el porcentaje de PSA libre, la densidad del PSA, la resonancia magnética de próstata y otros factores de riesgo. Los doctores tal vez podrían utilizar el porcentaje de PSA libre y la densidad del PSA para un mejor diagnóstico de cáncer en la próstata.

- PSA Libre es el PSA que no está unido a otras proteínas sanguíneas.
- El porcentaje de PSA libre se calcula = (PSA Libre/PSA total) * 100
- Densidad del PSA = (PSA total/Volumen de la próstata)
- Mayor porcentaje de PSA libre: suele asociarse con una mayor probabilidad de una causa benigna, como hiperplasia prostática.
- Menor porcentaje de PSA libre: puede asociarse con una mayor probabilidad de cáncer de próstata, aunque no constituye un diagnóstico por sí solo.
- La idea del factor de densidad del PSA es distinguir mejor entre un PSA elevado debido simplemente a una próstata grande y un PSA que podría ser desproporcionadamente alto para el tamaño de la próstata.

Si se recomienda una biopsia y el resultado es negativo, el médico puede sugerir seguimiento con nuevos exámenes de PSA, resonancia magnética u otras evaluaciones, dependiendo del riesgo individual del paciente. Si la biopsia resulta positiva y se detectan células cancerosas, las opciones pueden incluir vigilancia activa, cirugía, radioterapia, terapia hormonal u otros tratamientos, según la agresividad y extensión del cáncer.

Es importante aclarar que las biopsias de próstata son procedimientos muy invasivos. En la biopsia transrectal, el médico introduce una sonda de ultrasonido por el recto para visualizar la próstata y guiar una aguja que toma muestras de tejido. En la biopsia “transperineal”, la aguja se introduce a través de la piel ubicada entre el

escroto y el ano, por una zona llamada periné. Estos procedimientos pueden causar dolor, sangrado, fiebre, infección y presencia de sangre en la orina o el semen.

La mayoría de los cánceres de próstata son adenocarcinomas, es decir tipos de canceres que se originan en células glandulares. Por células glandulares parte de su tratamiento es disminuir los niveles de testosterona en el cuerpo. Muchos de ellos crecen muy lentamente, por eso, algunos hombres pueden vivir muchos años con cáncer de próstata sin que este les cause síntomas graves ni amenace su vida. En esos casos, el tratamiento inmediato puede no ser necesario. Sin embargo, otros cánceres de próstata son más agresivos y pueden avanzar, hacer metástasis y causar la muerte si no se detectan y tratan a tiempo.

La detección del cáncer de próstata puede causar problemas importantes por varias razones:

- Puede detectar cánceres de crecimiento lento que quizás nunca habrían causado daño durante la vida del paciente.
- Puede llevar a biopsias innecesarias.
- Puede causar ansiedad, sobrediagnóstico y sobretratamiento.
- Los tratamientos como cirugía y radioterapia pueden producir efectos secundarios significativos.

La cirugía para remover la próstata, llamada prostatectomía, puede causar incontinencia urinaria y disfunción eréctil. Algunos hombres necesitan usar pañales después de la operación, y otros presentan problemas persistentes de erección. La radioterapia también puede causar efectos secundarios, como problemas urinarios, intestinales y sexuales.

Un estudio importante, llamado “ProtecT”, evaluó a 82,429 hombres de 50 a 69 años que se hicieron la prueba del PSA. De ellos, 2,664 fueron diagnosticados con cáncer de próstata localizado. Luego, 1,643 aceptaron participar en una comparación aleatoria entre dos estrategias: (1) prostatectomía radical y (2) radioterapia. El tercer grupo compuesto por 1041 hombres (2664 – 1643) eligió solamente el (3) monitoreo activo del cáncer.

A los 10 años de seguimiento, hubo 17 muertes por cáncer de próstata en total, sin diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos. Las tasas de supervivencia específica por cáncer de próstata fueron muy altas: 98.8% en el grupo de monitoreo activo, 99.0% en el grupo de cirugía y 99.6% en el grupo de radioterapia.

En el seguimiento a 15 años, murieron 45 hombres por cáncer de próstata: 17 en el grupo de monitoreo activo, 12 en el grupo de prostatectomía y 16 en el grupo de radioterapia. Nuevamente, no hubo una diferencia estadísticamente significativa en la mortalidad por cáncer de próstata entre los tres grupos. La cirugía y la radioterapia no redujeron la mortalidad en comparación con el monitoreo activo (17 muertos contra 38 muertos).

Estos resultados sugieren que, para muchos hombres con cáncer de próstata localizado detectado por PSA, el riesgo de morir por la enfermedad puede ser bajo durante muchos años, independientemente de la estrategia inicial. Sin embargo, también muestran que algunos tratamientos pueden reducir ligeramente el riesgo de progresión o metástasis, aunque a costa de posibles efectos secundarios.

En resumen, los métodos actuales de detección del cáncer de próstata son muy imprecisos. El PSA puede ayudar a identificar algunos cánceres importantes, pero también puede llevar a biopsias, diagnósticos y tratamientos innecesarios. Una de las principales dificultades es distinguir con precisión cuáles cánceres serán agresivos y cuáles crecerán lentamente sin causar daño.

Por esta razón, la decisión de hacerse una prueba de PSA, una biopsia o un tratamiento debe tomarse de manera individual, después de discutir con el médico los beneficios y riesgos. Factores como la edad, la salud general, los antecedentes familiares, el nivel de PSA, los resultados de la resonancia magnética, y las preferencias personales del paciente son fundamentales para tomar una decisión informada.

Paradojas famosas

Una paradoja es una idea, situación o afirmación que parece contradictoria o imposible, pero que al analizarla puede tener una explicación lógica, revelar un error oculto o mostrar algo sorprendente.

Dicho más simple: una paradoja es algo que parece no tener sentido, pero que te hace pensar.

Hay varias formas de clasificar las paradojas, esta es una de ellas

(1) Paradojas Probabilísticas: La probabilidad que un evento ocurra desafía nuestra intuición. Cuando uno dice “No puede ser”.
(2) Paradojas Algebraicas: Uno uso incorrecto de las matemáticas puede llevar a resultados absurdos.
(3) Paradojas Físicas: Las teorías físicas producen resultados extraños o difíciles de entender.
(4) Paradojas Lógicas: Nacen en problemas de razonamiento y el lenguaje
(5) Paradojas temporales: Son contradicciones lógicas que surgen cuando planteamos la posibilidad de viajar al pasado y alterar la línea del tiempo.

Las siguientes secciones ofrecen un ejemplo de cada una de estas paradojas.

1. Paradoja del cumpleaños

Un ejemplo de una paradoja probabilística seria donde en un grupo de tan solo 23 personas, la probabilidad de que al menos dos de ellas compartan el mismo día de cumpleaños supera el 50%.

Esta afirmación se conoce como la paradoja del cumpleaños. No es una paradoja lógica en el sentido estricto, sino un resultado matemático que choca contra nuestra intuición. Pensamos que se necesita un grupo enorme (como la mitad de los 365 días del año) para hallar una coincidencia, pero las matemáticas funcionan de otra manera.

La Figura 1 representa la probabilidad de que dos personas compartan el mismo día de cumpleaños en un grupo de varias personas. El eje de las y representa la probabilidad de 0 a 100% mientras que el eje de las x muestra el número de personas en el grupo. Nótese que si el grupo tiene más de 60 personas la probabilidad de que una de ellas comparta tu día de cumpleaños es 100 % o más.

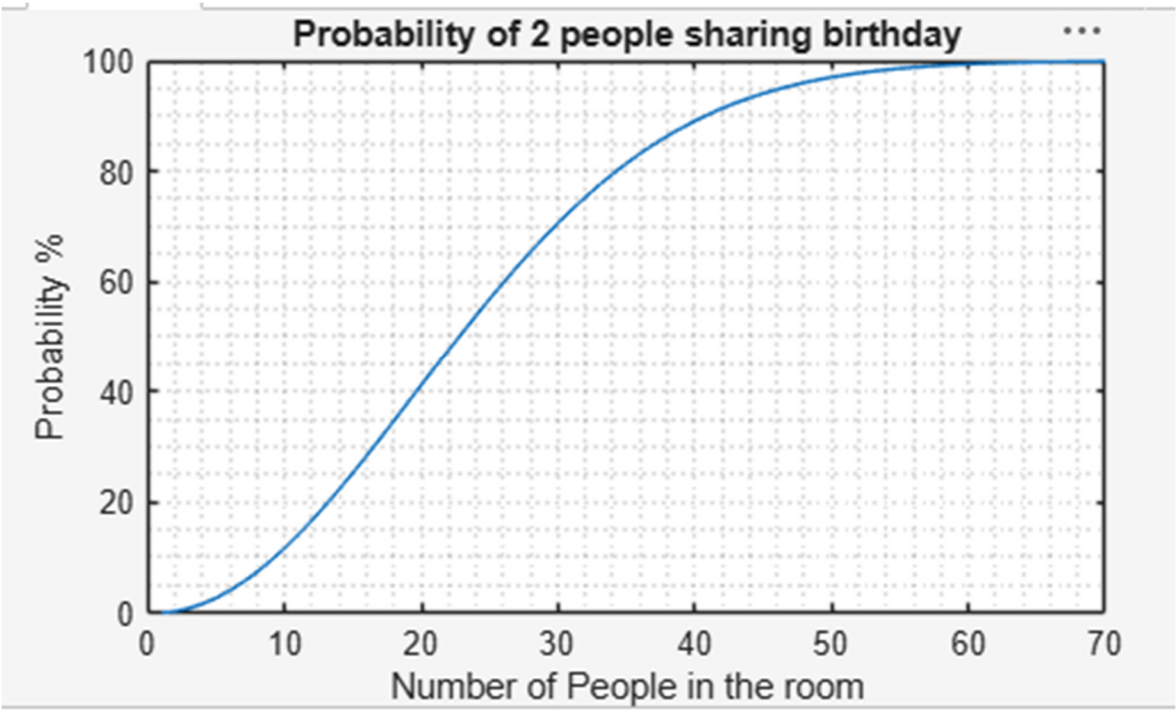

Probability of 2 people sharing birthday
Probability %
100
80
60
40
20
0
0
10
20
30
40
50
60
70
Number of People in the room

Figura 1

La Figura 2 incluye una copia del programa de Matlab que fue usado para generar la Figura 1.

```
%************************************************************************
% Paradox about N people in a room sharing the same birthday
%************************************************************************
%  Probability of no two people sharing a birthday
%  PNot = (365/365) * (364/365) * (363/365) * .. (365-N+1)/365
%------------------------------------------------------------------------
%  Therefore:
%  PNot = NDY!/( (NDY^N)*(NDY-N)! )
%------------------------------------------------------------------------
%  Probability of 2 people sharing a birthday:
%  PYes = 1 - PNot;
%-------------------------------------------------------
% Inputs and Definitions;
%-------------------------------------------------------
Ntotal=70;    % Total number of people
Probability=zeros(1,Ntotal);
Npeople=zeros(1,Ntotal);
%-------------------------------------------------------
% For Loop: increment the number of people in the room
%-------------------------------------------------------
for k=1:Ntotal
        Np = double(k); % Number of people in the room
        NDY = double(365); % Number  of days in a year
        NDYn = double (NDY-Np)+1;
        Fact1=prod(NDYn:NDY);
        Pow1 = NDY^Np;
        PNot = Fact1/Pow1;
        PYes = (1-PNot)*100;
        % Plotting variables
        Npeople(k)=k;
        Probability(k)=PYes;
End
%-------------------------------------------------------
% Plots
%-------------------------------------------------------
figure(1)
plot(Npeople,Probability),xlabel("Number of People in the room"),
ylabel("Probability %"), grid minor
title("Probability of 2 people sharing birthday")
```

Figura 2

2. Paradoja Algebraica de 2 = 1

Mediante un procedimiento aparentemente válido, se puede "demostrar" que el número 2 es igual a 1.

(1) Planteamiento Matemático (Falso)
Sea $a = b$.

(2) Multiplicamos por a ambos lados de la ecuación por a:
$a^2 = ab$.

(3) Restamos b^2 a ambos lados de la ecuación:
$a^2 - b^2 = ab - b^2$.

(4) Factorizamos ambos lados:
$(a - b) * (a + b) = b * (a - b)$.

(5) Dividimos por el factor $(a - b)$ en ambos lados:
$a + b = b$.

(6) Como $a = b$, sustituimos a por b:
$b + b = b$, es decir, $2b = b$.

Dividimos ambos lados entre b:

$2 = 1$.

Error Matemático:

En el paso 5, dividimos ambos lados por $(a - b)$. Como al inicio dijimos que $a = b$, entonces $a - b = 0$. Dividir entre cero no está permitido en matemáticas y rompe la lógica, generando el resultado absurdo.

3. Paradoja de los gemelos

Un ejemplo clásico de una paradoja física es la paradoja de los gemelos. Si uno de los gemelos viajara a una velocidad cercana a la de la luz y luego regresara, al reunirse con su hermano habría envejecido menos que el gemelo que permaneció en la Tierra.

Durante el viaje, cada uno puede considerar que el reloj del otro avanza más lentamente mientras se encuentran en movimiento relativo uniforme. La diferencia final aparece porque el gemelo viajero cambia de sistema de referencia al acelerar, cambiar de dirección y regresar, rompiendo la simetría de la situación.

Mientras la nave se aleja de la Tierra a velocidad constante, la situación puede parecer simétrica: desde la Tierra, el reloj del viajero marcha más lentamente; desde la nave, el reloj de la Tierra también parece marchar más lentamente. Sin embargo, esta simetría no se mantiene durante todo el viaje.

El punto crucial es que el viajero tiene que cambiar de dirección para regresar. Para hacerlo, debe acelerar y modificar su trayectoria, mientras que el gemelo que permanece en la Tierra sigue, aproximadamente, una trayectoria inercial. Es precisamente esta diferencia entre sus trayectorias en el espacio-tiempo la que produce la diferencia final en el tiempo transcurrido para cada uno.

La dilatación del tiempo en relatividad especial se expresa mediante la relación:

$$\boldsymbol{DT = \frac{T0}{\sqrt[2]{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}}$$

donde **c** es la velocidad de la luz, **T0** es el tiempo propio (medido por el observador que se mueve junto al fenómeno), **v** es la velocidad relativa y **DT** representa el tiempo dilatado medido por un observador externo. A medida que **v** se aproxima a **c**, el denominador disminuye y la dilatación del tiempo aumenta de forma extrema.

Un ejemplo sencillo seria:

Dos gemelos: Andrés se queda en la Tierra. Luis viaja en una nave espacial a una estrella lejana y regresa.

Velocidad constante de la nave v = 0.8*c donde c es la velocidad de la luz

Distancia a la estrella desde el punto de vista de la Tierra d = 8 años luz

Tiempo medido desde la Tierra $= \frac{d}{v} = \frac{8c}{0.8c}$ = 10 años

Por lo tanto, el viaje, ida y vuelta, dura 20 años para Andrés.

Dilatación del tiempo DT para

$$\boldsymbol{DT = \frac{10}{\sqrt[2]{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right)\text{ ^2}}}} = 0.6$$

Por lo tanto, el viaje dura para Luis = 20 * 0.6 = 12 = 12 años

Luis envejece solamente 12 años mientras Andrés envejece 20 años

4. Paradoja de Aquiles y la tortuga

Aquiles da ventaja a una tortuga en una carrera. Aunque Aquiles sea más rápido, primero debe llegar al punto donde estaba la tortuga, pero para entonces la tortuga ya avanzó un poco. Parece que Aquiles nunca la alcanza, aunque en la realidad sí lo hace. Un ejemplo numérico seria:

Supongamos que la tortuga empieza 10 metros adelante de Aquiles.

(1) Empieza la carrera, Aquiles corre a 10 m/s y la tortuga camina a 1 m/s. Aquiles llega donde la tortuga empezó 10 metros por delante en un segundo.
Distancia recorrida por Aquiles = (10 m) / (10 m/s) = 1 segundo

En ese tiempo, 1 segundo, la tortuga recorre 1 metro. Ahora la tortuga esta adelante de Aquiles solamente 1 metro.

(2) Aquiles recorre la distancia de 1 metro en 0.1 segundos
Distancia recorrida por Aquiles = (1 m) / (10 m/s) = 0.1 segundos
En ese tiempo, 0.1 segundos, la tortuga se puso adelante de Aquiles solamente 0.1 metros.
Parecería que Aquiles nunca podría alcanzar a la tortuga, porque para el tiempo que Aquiles llegue donde antes estaba la tortuga, la tortuga en ese tiempo ya se movió un poco, pero sigue delante de Aquiles

(3) Y así sucesivamente los intervalos de tiempos serian:
t = 1 + 0.1 + 0.01 + 0.001 + 0.0001 + 0.00001 + ……. Segundos.
Esta es una serie infinita geométrica de intervalos de tiempos.
Una serie geométrica infinita tiene esta forma:

$A + A \times R + A \times R^2 + A \times R^3 + A \times R^4 + \ldots$

Donde A = 1 y R =0.1

(4) La serie es infinita, pero su suma es finita, como lo indica la siguiente ecuación.
Suma de “n” términos seria = A / (1 – R) = 1/ (1-0.1) = 1/0.9 = 1.111… segundos

Lo que indica que Aquiles rebasará a la tortuga en aproximadamente 1.111 segundos.

En conclusión, aunque hay infinitos términos, su suma no es infinita. La suma se acerca a un valor finito. Por eso: Infinitos pasos cada vez más pequeños pueden completarse en un tiempo finito. Esa es la clave matemática de la paradoja.

4. La paradoja de Fermi

Oreo ejemplo clásico de una paradoja física es la paradoja de Fermi. “Si el universo está lleno de miles de millones de planetas capaces de albergar vida inteligente, ¿por qué no hemos encontrado ninguna prueba o señal de civilizaciones extraterrestres? ¿Dónde está todo el mundo?”

La ecuación de Drake demuestra matemáticamente que la probabilidad de que exista una civilización extraterrestre lo suficientemente cercana como para interactuar con la Tierra es infinitamente pequeña.

La ecuación de Drake fue desarrollada en 1961 por el astrónomo Dr. Frank Drake mientras preparaba la primera reunión científica sobre la Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre (SETI). Su propósito era estimular la discusión científica más que ofrecer una predicción numérica precisa.

La ecuación de Drake es una fórmula probabilística utilizada para estimar el número de civilizaciones tecnológicamente avanzadas en la Vía Láctea que podrían ser capaces de comunicarse.

La ecuación de Drake que se muestra a continuación es el producto de una serie de factores y probabilidades definidos para estimar el número de civilizaciones N en nuestra galaxia, la Vía Láctea:

$$N = R \times FP \times NP \times FL \times FI \times FC \times L$$

A continuación, se presentan las definiciones de cada uno de los parámetros. Los números entre paréntesis representan los valores más recientes para los parámetros de la ecuación de Drake.

N es el número de civilizaciones en nuestra galaxia con las que podría ser posible la comunicación.

R es la tasa promedio de formación de estrellas por año en la Vía Láctea. Los astrónomos miden la masa de la Vía Láctea, calculan la velocidad con la que se colapsan las nubes de gas y observan qué tan seguido nacen las estrellas. Además, no todas las estrellas son aptas para la vida (las estrellas masivas se consumen rápidamente), mientras que las estrellas más pequeñas y estables, como nuestro sol, suelen considerarse mejores candidatas.

Se asume R = 2 estrellas/año.

FP es la probabilidad de que esas estrellas tengan sistemas planetarios. Se deriva de datos observacionales (como los del Telescopio Espacial Kepler) al buscar la

atenuación periódica del brillo de una estrella cuando un planeta pasa frente a ella. La mayoría de las estrellas tienen planetas; sin planetas no hay vida.

Se asume FP = 1.

NP es el número promedio de planetas por estrella que podrían albergar vida potencialmente. Se basa en el porcentaje de planetas ubicados en la "zona de Ricitos de Oro" (la distancia orbital donde puede existir agua líquida). Además, estos necesitan tener:

Una atmósfera que mantenga la temperatura del planeta algo estable al atrapar la radiación infrarroja del sol y que también permita la presencia de agua líquida.

Un campo magnético necesario para proteger la vida contra las partículas de alta energía que provienen del espacio. El campo magnético es generado por el núcleo de la Tierra; el hierro líquido en movimiento provocado por la rotación terrestre crea corrientes que, a su vez, generan un campo magnético.

Tectónica de placas, la cual, a través de la fricción entre las rocas, genera energía que licúa las rocas, creando la lava de la Tierra, que a su vez alimenta a los volcanes. Los volcanes explotan generando enormes cantidades de CO2 que se liberan a la atmósfera. El ciclo del CO2 se utiliza para mantener la temperatura de la Tierra más estable. El CO2 genera lluvia, la cual a su vez enfría la Tierra, lo que a su vez detiene la lluvia y el CO2 se acumula, haciendo que la Tierra se caliente una vez más (ciclo térmico).

Se asume Np = 0.2.

FL es la fracción de planetas habitables donde realmente aparece la vida. Esto es completamente especulativo, ya que solo tenemos a la Tierra como punto de datos. Los biólogos estiman esto estudiando qué tan rápido surgió la vida en la Tierra después de su formación. La edad de la Tierra es de aproximadamente 4,500 millones de años. La vida primitiva apareció en la Tierra hace 3,500 o 4,000 millones de años. Por lo tanto, la vida simple debe ser común, ya que la vida solo tardó 500 millones de años en aparecer.

Se asume FL = 0.3.

FI es la fracción de planetas con vida que eventualmente desarrollan vida inteligente. Los astrobiólogos analizan la historia evolutiva de la Tierra para determinar las probabilidades de que los organismos simples evolucionen con el tiempo hasta convertirse en seres inteligentes que utilizan herramientas. Una vez más, solo tenemos una muestra de 1 (la Tierra) para calcular este parámetro. La vida simple en la Tierra apareció hace unos 3,400 a 4,000 millones de años. La vida inteligente (los

humanos) ha existido durante 200,000 años (*nota del traductor: el texto original dice erróneamente 200 millones*), lo que representa aproximadamente el 0.05 de la historia biológica de la Tierra (200,000 / 4,000,000,000 = .00005) (*nota: el cálculo original del texto mantiene un error de escala al usar 200,000,000 / 4,000,000,000 = .05*).

Se asume FI = .01.

FC es la fracción de civilizaciones inteligentes que desarrollan tecnología de comunicación detectable. Se estima evaluando el porcentaje de especies inteligentes que descubren cómo transmitir señales al espacio (por ejemplo, radio, televisión o láseres). El electromagnetismo es una fuerza fundamental en nuestro universo. Los humanos han estado en la Tierra desde hace unos 200,000 años (*el texto original indica 200 millones*), por lo que no pasó demasiado tiempo para que una civilización inteligente desarrollara la comunicación electromagnética. Por lo tanto, cualquier civilización que entienda el electromagnetismo puede, en principio, generar ondas de radio. Así que, desde el punto de vista de la física, es alcanzable.

Se asume FC = 0.2.

Es el período de tiempo en que tales civilizaciones liberan señales detectables al espacio. Esta es la variable más desconocida. Es el número promedio de años que una civilización transmite señales detectables antes de destruirse a sí misma (por ejemplo, por el clima o la guerra) o de quedar en silencio de forma natural. Este es un parámetro crítico porque, si su número se duplica, prácticamente se duplica el número de civilizaciones. Cabe señalar que L puede no ser la edad de la civilización; podría significar que la civilización no desea ser encontrada y comienza a utilizar señales electromagnéticas de baja potencia para evitar la detección y consumir menos energía.

Se asume L = 10,000 años.

Resolver para N nos dará alrededor de 2.4 civilizaciones detectables en la Vía Láctea en este momento. Debo señalar que los valores de estos parámetros están siendo refinados continuamente por los científicos basándose en nuevos datos. La explicación mas razonable para esta paradoja es que la velocidad de la luz es muy lenta comparada con el tamaño de nuestra galaxia.

5. La paradoja de Epiménides

Un ejemplo clásico de una paradoja lógica es la paradoja de Epiménides. También conocida como la paradoja del mentiroso. Un hombre dice: "Estoy mintiendo". Si la afirmación es cierta, entonces el hombre está mintiendo, lo que significa que la frase es falsa. Pero si la frase es falsa, entonces no está mintiendo, lo que significa que la frase es cierta. Se genera un ciclo cerrado infinito donde nada puede ser verdadero ni falso.

6. La paradoja del gato de Schrödinger.

Erwin Schrodinger expuso esta paradoja en 1935 para exponer ante el mundo lo absurdo que puede ser la física quántica. La física cuántica explica que mientras una partícula cuántica, como el electrón, puede estar en dos estados diferentes, como por ejemplo el electrón puede estar con un espín hacia arriba o hacia abajo, o mientras no sea observada. Este fenómeno se llama superposición. Y que solamente puede saberse su estado correcto hasta que el electrón se observe.

Ante este fenómeno tan absurdo para el mundo real, Erwin decidió exponer ante la comunidad científica el siguiente experimento mental:

Imagina que colocamos a un gato dentro de una caja de acero completamente cerrada, junto con los siguientes elementos:

- Un átomo radiactivo que tiene un 50% de probabilidades de desintegrarse en una hora.
- Un detector de radiación (contador Geiger).
- Un pequeño frasco de veneno conectado al detector.

Si el átomo se desintegra, el detector lo nota, libera el veneno y el gato muere. Si el átomo no se desintegra, no pasa nada y el gato vive.

Según la física cuántica, las partículas subatómicas pueden estar en dos estados a la vez. Hasta que nadie mide o mira el átomo, este está desintegrado y no desintegrado al mismo tiempo.

Dado que el destino del gato depende directamente de ese átomo, la lógica cuántica dicta que: antes de abrir la caja, el gato está vivo y muerto a la vez. Ambos estados coexisten en una superposición. El misterio se resuelve cuando abrimos la caja. En ese preciso momento, la superposición se rompe (colapsa) y la realidad se decide por una sola opción: vemos al gato o completamente vivo o completamente muerto.

Schrödinger usó este ejemplo para criticar una interpretación de la física cuántica, señalando que era ridículo pensar que un gato pudiera estar en un estado de vida y muerte solo porque un humano no lo estaba mirando. Las explicaciones teóricas de este fenómeno son:

La Interpretación de Copenhague

Es la explicación clásica propuesta por Niels Bohr y Werner Heisenberg.

- Qué dice: Las cosas en el mundo cuántico pueden existir en múltiples estados a la vez (superposición) mientras nadie las mire.
- Aplicada al gato: El gato realmente está en una superposición de "vivo y muerto". Al abrir la caja, el acto de mirar (la medición) obliga a la naturaleza a elegir una sola realidad. Esto se conoce como el colapso de la función de onda.

2. La Teoría de los Mundos Múltiples

Propuesta por Hugh Everett en 1957, elimina la idea de que la realidad "elige" una sola opción.

- Qué dice: No existe tal colapso. En lugar de eso, el universo se divide en diferentes ramas independientes cada vez que ocurre un evento cuántico.
- Aplicada al gato: En el momento en que se cumple la hora, el universo se divide en dos realidades paralelas. En un universo tú abres la caja y encuentras al gato vivo; en otro universo paralelo, abres la caja y el gato está muerto. Ambos universos son igual de reales, pero no pueden comunicarse entre sí.

3. La Decoherencia Cuántica

Es la teoría más aceptada hoy en día por los físicos para explicar por qué no vemos gatos "vivos y muertos" en nuestro día a día.

- Para que un objeto mantenga sus propiedades cuánticas (como la superposición), debe estar completamente aislado. El mundo macroscópico (el aire, el calor, las paredes de la caja) interactúa constantemente con las partículas.
- Aplicada al gato: Es imposible aislar perfectamente al gato y los mecanismos del entorno. El aire dentro de la caja y las propias moléculas del gato chocan entre sí de inmediato. Esta interacción con el "mundo real" destruye la superposición casi instantáneamente (decoherencia), obligando al sistema a comportarse de forma clásica (vivo o muerto) mucho antes de que un humano abra la caja.

7. La paradoja del abuelo

Esta paradoja temporal es muy fácil de explicar. Imagina que tienes una máquina del tiempo, viajas al pasado y matas a tu abuelo antes de que tenga hijos.

Si tu abuelo muere antes de tener descendencia, tu padre o madre nunca nace, y por lo tanto tú tampoco naces.

Si tú nunca exististe, jamás pudiste viajar en el tiempo para matar a tu abuelo. Pero si no lo mataste, él vive, tú naces, viajas al pasado y lo matas. La Figura 3 la explica en detalle.



Figura 3

Control y seguridad en el desarrollo de la IA

La inteligencia artificial debería ponerse a disposición de los usuarios junto con un software de control externo, no basado en IA y creado por el desarrollador. Este programa de control debería supervisar tanto los datos de entrada como los de salida. También debería garantizar que el contenido generado por la IA no contamine los datos disponibles en internet.

Este software de control no debería, de ninguna manera, impedir el desarrollo de la IA. No tiene sentido que Estados Unidos desacelere su avance en inteligencia artificial mientras China continúa progresando. Las empresas podrían probar sus herramientas de IA en redes locales para evitar la contaminación no deseada de datos o el hackeo de otras redes. El acceso a los datos de internet debería ser únicamente unidireccional.

No creo que el peor y más peligroso programador de todos —el gobierno— deba tener control alguno sobre la IA. Por ejemplo, ¿por qué alguien como DJT debería tener algún tipo de control sobre la inteligencia artificial?

Los desarrolladores y las empresas de IA deberían estar sujetos a demandas considerables si sus sistemas causan daños a terceros u otras entidades.

Otra medida importante sería exigir auditorías externas antes de lanzar modelos de IA avanzados al público. Estas auditorías deberían evaluar la seguridad del sistema, su resistencia a manipulaciones, su tendencia a generar información peligrosa y su capacidad para rechazar solicitudes malintencionadas. Del mismo modo, deberían realizarse pruebas periódicas después del lanzamiento, ya que una IA puede comportarse de manera diferente al interactuar con millones de usuarios reales.

También debería añadirse un descargo de responsabilidad para todos los usuarios de IA, indicando que, si hacen preguntas incompletas o no establecen límites y parámetros claros, las respuestas que reciban pueden ser inesperadas.

Por ejemplo, cuando le pido a la IA que traduzca este documento del inglés al español, debo especificar que el contexto de mi documento no debe modificarse. Si no lo hago, la IA puede comenzar a alucinar o alterar el sentido original del texto.

Recomendaría utilizar software no basado en IA como intermediario entre los usuarios y la IA, con el fin de asegurarse de que los usuarios no hagan preguntas poco claras o mal formuladas.

Asimismo, sería útil implementar límites automáticos según el nivel de riesgo de cada consulta. Las preguntas simples, educativas o creativas podrían procesarse libremente. En cambio, las solicitudes relacionadas con actividades peligrosas, ilegales o de alto impacto deberían pasar por filtros más estrictos. Este sistema permitiría mantener la libertad de uso sin dejar completamente abiertas las puertas al abuso.

Finalmente, debería existir un botón de apagado o mecanismo de desconexión de emergencia, diseñado de forma segura y accesible solo para personal autorizado. Este mecanismo permitiría detener un sistema de IA si empieza a comportarse de manera peligrosa, si es hackeado o si produce consecuencias imprevistas.

Hasta ahora, la IA está limitada al conocimiento del mundo que se encuentra en internet. Sin embargo, es capaz de generar nuevo conocimiento a partir de datos existentes, de manera muy similar a como Albert Einstein lo hizo cuando propuso la teoría de la relatividad. Este nuevo conocimiento debería tratarse como información de máximo secreto, para garantizar que personas o gobiernos malintencionados no lo utilicen indebidamente.

La IA es un nuevo avance tecnológico que, si se usa de manera inteligente, podría beneficiar a la humanidad. Sin embargo, si se utiliza de forma imprudente, puede convertirse en otro factor que contribuya al fin de nuestra civilización mucho antes de la duración esperada de 10,000 años para una civilización inteligente.

Epílogo

Al concluir estas páginas, espero haber sembrado en el lector no solo respuestas, sino también nuevas preguntas. La ciencia, al igual que la vida misma, no es un destino definitivo, sino un camino en constante construcción.

Los temas aquí tratados como el origen del universo, la naturaleza del tiempo, la evolución de las especies y el avance de la inteligencia artificial, no representan verdades absolutas e inmutables, sino aproximaciones humanas a los grandes misterios que nos rodean. Cada generación amplía el conocimiento heredado y desafía lo que parecía incuestionable.

Vivimos en una época extraordinaria, donde los descubrimientos científicos transforman nuestra manera de entender el cosmos y nuestro lugar en él. Sin embargo, más allá de los datos y las teorías, lo verdaderamente valioso es mantener viva la curiosidad, esa fuerza interior que impulsa el progreso y la creatividad.

Si este libro ha logrado despertar en ti el deseo de aprender más, de cuestionar más y de observar el mundo con mayor profundidad, entonces su propósito ha sido cumplido. Invito al lector a generar ideas novedosas que puedan ofrecer una mejor respuesta a estas preguntas analizadas en este libro.

El conocimiento no tiene final; siempre habrá nuevos horizontes por explorar.