

UN RECORRIDO DE LO CERTERO A LO PROBABLE POR LOS CAMINOS DE LA CIENCIA Y DE NUESTRA ACCIÓN CIUDADANA

Nelly Amatista León Gómez, UPEL, Instituto Pedagógico de Maturín

*Durante mucho tiempo predominó una visión netamente determinista del mundo según la cual el universo se comportaba como una máquina cuyos engranajes calzaban a la perfección, lo que llevaba a negar la posibilidad a fenómenos fortuitos al considerar el azar como una manifestación de ignorancia. Poincaré cuestionó esta argumentación y diferenció los fenómenos fortuitos, de los cuales la probabilidad informa sobre las posibilidades de ocurrencia y los no fortuitos, de los que no puede decirse nada hasta tanto no se lleguen a conocer las leyes que los gobiernan. Así, para Poincaré la noción de azar no se debe tanto a la ignorancia sino más bien a la falta de soporte empírico. Sus observaciones lo llevaron a señalar la existencia de sistemas inestables, noción que fue retomada hacia principios del siglo XX generando una crisis en los cimientos de la física que alcanzó a la mecánica, cuyo soporte estaba fuertemente enraizado en las leyes de Newton. Del determinismo laplaciano se pasó a considerar que los fenómenos naturales gozan de múltiple determinación donde prevalece el principio de interdependencia entre las partes y el todo y entre las partes entre sí, siendo el azar una expresión de las mismas y la probabilidad una formulación matemática del azar. Al romperse la visión determinista imperante, nuevas categorías como incertidumbre, caos, desorden y complejidad comienzan a emerger, y lo certero dio paso a lo probable y a lo incierto. Ahora las premisas de la ciencia estipulan que si las premisas son ciertas y el razonamiento es correcto, la conclusión sólo es probable. Igualmente se acepta que la aleatoriedad existe como una característica inherente a los fenómenos, lo que le da relevancia al estudio de la probabilidad en sus diversas connotaciones, entre ellas: la probabilidad matemática y la probabilidad como grado de credibilidad. En este trabajo exploramos las categorías mencionadas en un intento de destacar el papel del azar y la probabilidad en la interpretación de la complejidad de los fenómenos, donde reina la incertidumbre con la cual debemos convivir y saber actuar con propiedad, por lo que convenimos con Edgar Morin en ubicarla como una de los saberes fundamentales de la educación presente y futura. **Palabras Clave:** Educación Estadística; Historia de la Matemática; Pensamiento Probabilística.*

INTRODUCCIÓN

El enigma sobre el origen del universo y la aparición del hombre sobre la tierra ha estado presente en los seres humanos desde los tiempos más remotos. El hombre siempre ha buscado explicación tanto para los fenómenos que ocurren en su entorno como para aquellos vinculados con

el principio de la vida y la constitución del mundo. Esta búsqueda de conocimientos ha estado signada por las concepciones filosóficas y científicas que se han considerado válidas en cada momento histórico. Así vemos que durante el largo período entre los siglos XVI y XIX prevaleció el paradigma determinista orientado hacia las leyes deductivas, de

causa, de reversibilidad, de determinismo, donde lo inesperado, lo incierto, lo aleatorio no tiene cabida. No obstante, como veremos en el desarrollo del tema, ya desde principios del siglo XIX, a partir de ciertos descubrimientos en el campo de la física inicialmente y posteriormente en el ámbito social, esta concepción comenzó a cambiar por otra donde, “nada es simple, el orden se oculta tras el desorden, lo aleatorio está siempre en acción, lo imprevisible debe ser comprendido.” (Balandier, 1999, p. 9)

Revisar este proceso de cambio paradigmático es fundamental en el desarrollo del tema central de este trabajo donde trataré de contextualizar las situaciones que han evidenciado la presencia irrefutable de lo aleatorio en el funcionamiento del universo y de la vida toda, para luego pasar a referir las diversas concepciones que se manejan sobre azar, cuáles son las leyes que lo rigen, el papel ha cumplido la probabilidad dentro de las matemáticas que se aplican a los nuevos modelos que explican el funcionamiento del universo y su concepción como guía de la vida, cómo la incertidumbre está presente en nuestras vidas y cómo debemos prepararnos para convivir con ella. Finalmente se abordará el papel de la educación en la formación de individuos aptos para desenvolverse exitosamente en el mundo complejo e incierto que le corresponde vivir en los tiempos actuales.

CONTEXTUALIZACIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO

Comencemos por decir que se supone que en el principio de todo fue el caos o

estado amorfo que precedió no se sabe cómo ni por cuánto tiempo a la organización del cosmos que conocemos actualmente (Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, 2001), la cual tuvo su detonante en el Big Bang, teoría que señala que la materia estaba algo así como encapsulada y una gran explosión se produjo simultáneamente, no en punto específico sino en todas partes a la vez, provocando que las partículas se separaran, se alejaran unas de otras, comenzándose la expansión del universo y originándose con el correr del tiempo diversas formas de vida desde las más simples hasta las más complejas, entre ellas la especie humana.

Esta explicación sobre el origen y la evolución del universo es relativamente reciente y aun en nuestros días no es aceptada por todos. Por mucho tiempo las explicaciones sobre la conformación del universo y sobre la aparición del hombre sobre la tierra fueron de naturaleza mitológica y teológica. Por ejemplo, muchos de los fenómenos que ocurrían se tomaban como respuestas de los dioses a las acciones de los humanos; las tormentas, los terremotos y cualquier otra catástrofe eran consecuencia de la ira de los dioses; a su vez, éstos eran invocados para subsanar las calamidades como la sequía y en virtual de lo cual se hacían sacrificios en honor a las deidades. Por supuesto, tales explicaciones no satisfacían todas las interrogantes que se planteaban al respecto y ha correspondido a la Filosofía, desde su nacimiento, la tarea de buscar respuestas a las preguntas claves de la vida: ¿Quiénes somos?, ¿De dónde venimos y hacia donde vamos?, ¿Cómo se formó el universo?, ¿Existe Dios o “algo” que rige los

destinos del mundo? y muchas, muchas otras que han ido surgiendo a medida que se reflexiona más profundamente sobre estos temas. (Gaarder, 2002)

Con el transcurrir de los tiempos diversas corrientes filosóficas dieron respuestas alternas a estas interrogantes y cada vez encontraban más preguntas sobre las que no tenían respuestas inmediatas; pero lo que sí parecía estar claro es que existía cierta regularidad en muchos fenómenos de la naturaleza: la salida del sol, el movimiento de los planetas, el comportamiento de las mareas, el clima. La observancia de esta regularidad llevó a filósofos y científicos a preguntarse si el universo estaba sometido a leyes y en tal caso cuáles eran esas leyes. Surgieron entonces cuestiones como si estaría todo predeterminado, incluso lo referido al hombre, o por el contrario, habría situaciones que ocurrían por azar y en consecuencia no podían estar sometidas a tales leyes. Esto nos lleva entonces a adentrarnos un poco en la concepción determinista del universo.

DETERMINISMO CLÁSICO

Señala Capra, en su libro *El Punto Crucial* (1996a), que hasta el siglo XV d.C. la naturaleza de la ciencia se basaba en la razón y en la fe, su objetivo era, no predecir o controlar los fenómenos y las cosas, sino simplemente comprenderlos y conocer la importancia de éstos para la vida.

Para el siglo XVI, esta visión medieval del mundo basada en la filosofía aristotélica y en la teología cristiana giró hacia una

concepción mecanicista del universo. Esto fue propiciado por los avances en astronomía, física y matemática que condujeron a las teorías de Copérnico, Galileo, Descartes y Newton (Capra, 1996 b).

Copérnico (1473-1543) formuló la primera teoría heliocéntrica donde explica que no es el sol el que gira alrededor de la tierra sino al contrario; el sol está en el centro del universo y orbitándolo se encuentran los planetas en este orden: Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno. Esta teoría creó una gran revolución en su tiempo provocando una remoción en los cimientos de la ciencia.

Galileo (1564-1642) redujo la ciencia al estudio de aquellos fenómenos que pudieran ser medidos y cuantificados, excluyendo lo accesorio de lo fundamental de cada suceso, siendo esto último lo que se basaba en las leyes conocidas; así, de alguna manera excluía lo cualitativo del contexto científico. Era tanta la fe de Galileo en lo mensurable que llegó a expresar que “Las Matemáticas son el alfabeto con que Dios ha escrito el universo”

Descartes (1596-1650) creó el método analítico que consiste en descomponer el todo en sus partes y estudiarlas por separado para tener un conocimiento de ese todo. Este método analítico imperó durante muchísimo tiempo en el proceso de producción científica derivándose de allí la comprensión de los fenómenos tanto naturales como culturales de una manera fragmentada. Descartes creó, además, el sistema de coordenadas cartesianas que abrió

la senda que llevaría a la creación del cálculo infinitesimal dando un gran impulso al desarrollo de la Matemática. Es clave señalar que dio una explicación unificada de múltiples fenómenos en Física, Química y Biología, sentando las bases del determinismo clásico.

Así, Galileo y Descartes fomentaron una visión del mundo como una máquina cuyo funcionamiento podía ser estudiado a través de la matemática mediante fórmulas precisas. Entre los siglos XVII y XVIII, Newton (1642-1727) terminó de consolidar esta visión mecanicista, la cual tuvo plena vigencia hasta principios del siglo XX.

Simultánea e independientemente, Leibniz y Newton crearon el cálculo infinitesimal, proveyendo al infinito de una definición matemática precisa y promoviendo de esta manera un avance significativo en la comprensión matemática de muchos fenómenos naturales. En el siglo XVIII, Newton estudió el movimiento de los cuerpos sólidos y estableció una serie de ecuaciones conocidas como las Leyes Newtonianas del Movimiento. Las utilizó para estudiar el movimiento de los cuerpos celestes, llegando a conocer las características fundamentales del sistema solar.

Señala Capra (1996 b) que para la época, los fenómenos eran descritos de manera precisa por ecuaciones diferenciales lineales, reversibles en el tiempo es decir, donde presente y futuro eran una misma cosa. De tal manera que tiempo y espacio eran absolutos y la naturaleza perfectamente

predecible al estar regida por estas leyes universales.

Posteriormente, hacia la segunda mitad del siglo XVIII, Laplace (1749-1827) redefinió las ecuaciones de Newton y logró desentrañar el comportamiento de los planetas, satélites, cometas y de algunos fenómenos relacionados con la gravedad como las mareas. Esto llevó a que los primeros años del siglo XIX se caracterizaran por una euforia propiciada por la multiplicidad de posibilidades derivadas de las leyes de Newton para explicar el comportamiento del universo, afianzándose aun más la visión mecanicista del mismo, según la cual se podía determinar su estado en cualquier momento si se conocían las leyes respectivas y los datos y condiciones para la aplicación de las fórmulas y a la vez se era capaz de realizar los cálculos respectivos (Ubiquémonos en un tiempo donde el desarrollo matemático era limitado y no se disponía de computadoras).

Decía Laplace (1974), que al observar el universo en un momento determinado, éste debía considerarse como una consecuencia del estado anterior y a su vez como causa de lo que ocurriría después. Es ampliamente conocida su afirmación en cuanto a que, si existiera

.una inteligencia superior que pudiera comprender todas las fuerzas que animan la naturaleza y su respectiva situación, junto con la de los seres que la componen – una inteligencia suficientemente vasta para someter estos datos al análisis - ; esta incluiría en la misma fórmula los movimientos de los grades

cuerpos del universo y de los átomos más ligeros; nada sería incierto para ella y tanto el futuro como el pasado estarían ante sí” (P. 12)

En tiempos actuales, con los avances de la cibernética, podríamos considerar altamente probable esa “inteligencia superior”, llamada por algunos, entre ellos Prigogini (1997), “el diablo de Laplace”; sin embargo contrario a esto, ha sido precisamente con el trabajo realizado por computadoras que se ha llegado a develar con claridad la complejidad del universo y de los fenómenos que en él ocurren, mostrando la imposibilidad de reducir su funcionamiento a simples ecuaciones lineales.

Las consideraciones de Laplace son la máxima expresión de la concepción determinista del mundo; entendiendo por determinismo la orientación filosófica-científica que afirma la condicionalidad causal y universal de todos los fenómenos. Así, conociendo la causa se puede determinar con absoluta certeza el efecto que ésta producirá, descartando la posible intervención del azar y la existencia del libre albedrío.

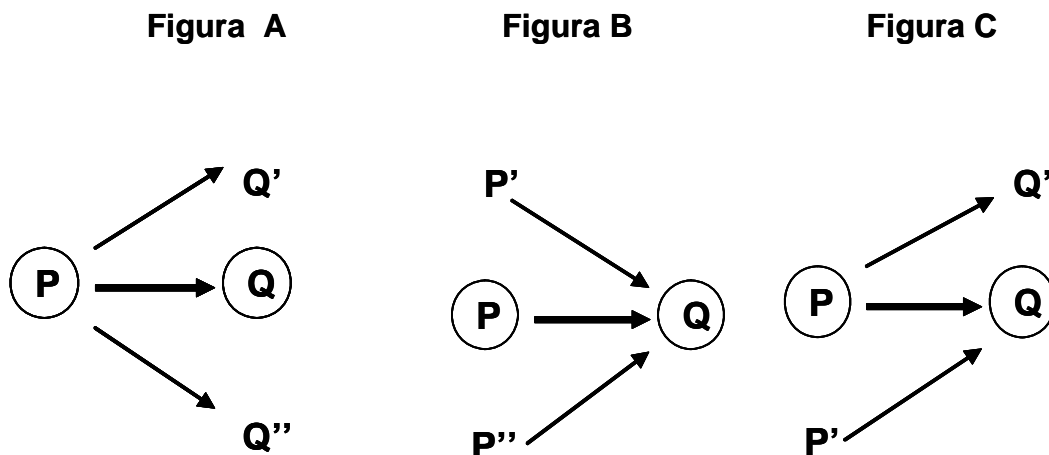
Al respecto Kojève (citado por Palacios 1998) señala que:

La idea del determinismo clásico revestía generalmente la forma del principio llamado “principio de causalidad”: en el mundo físico nada es fortuito, todo allí es previsible; todo fenómeno tiene una causa que le precede necesariamente, de manera que conociendo la causa se conoce igualmente el efecto; nada se pierde, nada se crea, la causa se conserva en el efecto (S/P)

Este modelo, vigente durante muchísimo tiempo, orientó el proceso de producción de conocimientos hacia la determinación de relaciones causales expresadas lógicamente y matemáticamente mediante una proposición de la forma $P \rightarrow Q$, donde P es el antecedente o causa y Q es el consecuente o efecto; de tal forma que, si esta proposición se acepta como cierta y ante la ocurrencia de P, no queda más que esperar que ocurra Q; cualquier otra cosa aparte de P que pueda suceder se considera como ruido y debe eliminarse o controlarse.

Hoy aceptamos que las cosas no son tan simples y que en la búsqueda de relaciones causales, tal como atañe a la ciencia, debemos considerar otras posibilidades como las que presentamos a continuación siguiendo la esquematización de Behar (2007).

:



La Figura A refleja que Q es precedida por P, pero que sin embargo puede ocurrir P sin que ocurra Q; la Figura B muestra que P siempre precede a Q, pero que Q puede ocurrir sin que ocurra P y, la Figura C indica que aun cuando P está relacionado con Q, Q puede ocurrir sin que suceda P y P no necesariamente deriva en Q.

Estos diagramas muestran en parte la complejidad de la relación causal que aumenta ante la presencia de factores aleatorios o de ruido y de las interacciones de múltiples causas posibles que hacen difícil encontrar patrones de naturaleza determinista que sirvan para explicarlos matemáticamente.

Pero llegar a esto no ha sido fácil. El modelo newtoniano determinista permaneció vigente e intocable durante largo tiempo, y el hecho de que sus leyes tuvieran validez para el estudio de fenómenos físicos a nivel macro hizo pensar que ésta se extendía al mundo de los átomos y a otros campos como el de la Química y la Biología. El mundo se concibió entonces como una máquina cuyos

engranajes estaban perfectamente acoplados y cuyo comportamiento estaba sujeto a leyes de cumplimiento inexorable, muchas de ellas quizás aun desconocidas para el hombre. El determinismo se constituyó en el paradigma científico durante siglos, la falta de previsibilidad no se debía a la no aplicabilidad de las leyes sino a la falta de datos o a la ignorancia respecto al fenómeno, que se tomaba como explicación para lo azaroso y lo fortuito. En este sentido es famosa la sentencia de Einstein: “Dios no juega a los dados” con la que no deja duda sobre su apego al determinismo.

POINCARÉ Y SU VISUALIZACIÓN DEL AZAR

Cabe destacar en este momento que Poincaré (1854-1912) de entrada define el azar como la medida de nuestra ignorancia: El mismo señaló que “Los fenómenos fortuitos son, por definición, aquellos cuyas leyes ignoramos” (Poincaré, 1974, p. 69); pero luego, él mismo sostiene que esta definición no es completamente satisfactoria: “Es preciso, pues, que el azar sea algo más que el nombre que damos a

nuestra ignorancia y que entre los fenómenos de los cuales ignoramos las causas distingamos los fenómenos fortuitos, sobre los cuales el cálculo de probabilidades nos informará provisionalmente, y los que no son fortuitos, sobre los cuales no podemos decir nada hasta que no hayamos determinado las leyes que los rigen” (P. 69).

Hacia finales del siglo XIX, plantó una sombra de duda sobre la vigencia universal de las leyes de Newton al preguntarse si el sistema solar sería estable para siempre y al dejar ver que sistemas formados aun por un reducido número de elementos podría evolucionar de manera impredecible, convirtiéndose en el primero en visualizar la posibilidad del caos así como sus características principales. (Briggs y Peat, 1989). Esto queda claro al tratar de caracterizar el azar a través de un ejemplo sobre el equilibrio inestable cuando señala que:

Una causa pequeñísima que se nos escapa, determina un efecto considerable, que no podemos dejar de ver, y entonces afirmamos que éste es debido al azar. Si conociésemos exactamente las leyes de la naturaleza y la situación del universo en el instante inicial, podríamos predecir la situación de ese mismo universo en un instante posterior.

Aun cuando las leyes naturales no tuviesen secretos para nosotros, solo podríamos conocer la situación inicial aproximadamente. Si esto nos permitiera prever la situación posterior con la misma aproximación, no necesitaríamos más, diríamos que el fenómeno ha sido previsto, que está regido por leyes; pero no siempre es así, puede suceder que pequeñas diferencias en las condiciones

iniciales engendren grandes diferencias en los fenómenos finales; un pequeño error en las primeras produciría un error enorme en los últimos. La predicción resulta imposible, y tenemos un fenómeno fortuito. (Poincaré, 1974, p. 70)

Como ejemplificación de esta connotación del azar, toma el caso de un cono que se sostiene sobre su vértice. Se espera que al soltarlo éste se caiga, pero no se sabe de que lado lo hará, pensamos entonces que esto ocurre por azar. Señala que si el cono fuera perfectamente simétrico, si su eje fuera perfectamente vertical, si no actuara ninguna otra fuerza aparte de la gravedad, el cono no se caería; pero, la más mínima desviación de la simetría haría que se caiga, igualmente un imperceptible soplo de brisa, igualmente haría caer el cono. Estamos ante una situación donde pequeñas diferencias en las causas producen grandes efectos.

En otra caracterización del azar introduce la idea de la complejidad de los sistemas físicos y naturales. En una situación donde las causas son, aunque pequeñas, complejas y numerosas, los resultados llegan a ser terribles e imposibles de predecir con exactitud, se le considera entonces como un fenómeno aleatorio. (Op. Cit., p. 73). Como ejemplificación para esta otra connotación de eventos fortuitos, señala el caso de barajar un mazo de cartas; en un principio podemos saber la ubicación de una carta cualquiera, después de barajarlas unas pocas veces todavía podemos decir con bastante precisión el lugar que ocupa la carta en el mazo, sobre todo si se trata de personas

experimentadas en el asunto; sin embargo, al repetir el proceso un gran número de veces, se llega a tal nivel de complejidad que es prácticamente imposible atinar sobre la posición de la carta.

Decimos entonces que este es un fenómeno regido por el azar.

En esencia, lo que hizo Poincare fue destacar la existencia de fenómenos que no es que fueran completamente aleatorios, sino que no se regían por las leyes de naturaleza lineal conocidas hasta entonces y puso de manifiesto la inestabilidad de ciertos sistemas. No obstante, sus observaciones no fueron tomadas muy en cuenta, debido quizás a la autoridad de Isaac Newton y a lo que significaba para el mundo científico el posible derrumbe de leyes cuya validez no admitía duda.

DE LO DETERMINÍSTICO A LO PROBABILÍSTICO Y LO ESTADÍSTICO

No obstante los planteamientos de Poincaré, fueron algunos sucesos y descubrimientos ocurridos hacia finales del siglo XIX y principios del siglo XX, los que echaron por tierra la validez universal de las leyes de Newton y del paradigma determinista de las ciencias. Entre estos, Martínez (2000) destaca los siguientes: la creación del electromagnetismo por Faraday y Maxwell; la reformulación de la segunda ley de la termodinámica, introduciendo la idea de procesos irreversibles y la llamada “flecha del tiempo”, que van del orden al desorden y la introducción por Clausius del concepto de entropía que expresa numéricamente el estado de la evolución de

los sistemas físicos y, ante la imposibilidad de explicar mediante las leyes de la física clásica el aumento de la entropía, Boltzmann introdujo el concepto de probabilidad para describir el comportamiento de un sistema mecánico complejo en términos estadísticos.

Posteriormente, en las primeras décadas del siglo XX, Einstein propuso su teoría de la relatividad que introducía la noción espacio-tiempo y Max Plank la mecánica cuántica que planteó que las leyes de la física atómica son leyes estadísticas según las cuales la probabilidad de que ocurra cierto fenómeno a nivel atómico no está determinado por cada uno de los componentes del sistema, sino por la dinámica del sistema como un todo. Afirmar Prigogine (1997, p.81) que “cuando encaramos sistema inestables, debemos formular las leyes de la dinámica en el nivel estadístico” y que “los objetos fundamentales de la física ya no son trayectorias o funciones de ondas sino probabilidades” (p. 81). Esto significa que la descripción en términos de trayectorias individuales pierde valor y se suplanta por una estrictamente estadística en términos de promedios modelada mediante una función de probabilidad. Igualmente señala que las “leyes del caos” asociadas a descripciones regulares y predictivas de los sistemas caóticos igualmente se encuentran en el nivel estadístico. (p. 40).

Esta visión transforma de plano la forma de describir la naturaleza; la formulación tradicional contraponía leyes atemporales a la consideración de situaciones desde una perspectiva fenomenológica donde la noción de tiempo

cobra relevancia. Se insiste, entonces, en que los sistemas ya no son lineales sino que tienen un comportamiento dinámico que induce al caos. El caos es, por lo tanto, una consecuencia de la inestabilidad de los sistemas, siendo inestable un sistema en el cual una pequeña perturbación inicial se acrecienta rápidamente en el tiempo (Prigoginy, 1999), coincidiendo esto con los argumentos de Poincaré, al tratar de caracterizar fenómenos de naturaleza fortuita.

Habiendo argumentado ya que el azar es algo más que la manifestación de nuestra ignorancia y asomado su papel y por lo tanto el de la probabilidad en los cambios conceptuales ocurridos en el campo de la física, podemos preguntarnos ¿Qué es realmente el azar?, ¿Se puede dar una definición precisa de él?. Hemos señalado que el azar está presente en los acontecimientos que no siguen ninguna ley, pero ¿Él mismo estará sometido a leyes? Y en tal caso ¿Cuáles son esas leyes?. A continuación pasaremos a abordar estas inquietudes.

EL AZAR Y SUS LEYES: LA TEORÍA DE LA PROBABILIDAD

La comprensión del azar es algo que ha preocupado al hombre desde tiempos remotos. En principio se le ha utilizado para explicar fenómenos desconocidos asociados a fuerzas sobrenaturales, a la suerte, a la mala suerte. Comúnmente se vincula el azar a los hechos que ocurren de manera no deliberada, indeterminada o imprevista, lo que no puede explicarse (Batanero y Serrano, 1996; León, 1998). Se ha dicho

también que el azar es de alguna manera lo que lleva a lo posible a hacerse realidad.

Se le ha vinculado también a aquellos fenómenos cuyas causas desconocemos; es decir, se le ha tomado como expresión de nuestra ignorancia. Bajo esta concepción cabría preguntarse si es que entonces el azar es subjetivo; es decir, si lo que es aleatorio para uno, dado que no conoce las causas, no lo es para otro quien si las conoce. Por ejemplo, en tiempos remotos, cuando no se conocía la regularidad en la aparición del cometa Halley, ¿Podría decirse que esto ocurría de manera fortuita?. La respuesta a esta pregunta es claramente negativa.

Ya hemos visto que se ha tomado el azar como esa condición de un acontecimiento que siendo determinado por ciertas leyes presenta la característica de que diferencias pequeñas en las causas originan grandes diferencias en los efectos o también la de acontecimientos en los que aparecen múltiples causas que de manera individual producen pequeños efectos pero que en conjunto imprimen tal complejidad al proceso que hace insospechables los efectos que se pueden originar. Pero, ¿Qué significa “diferencias pequeñas”, o “cuando las causas son complejas”, ¿tienen estos conceptos igual significado para todos?. Esto plantea nuevamente una inquietud sobre la objetividad o no del azar.

Poincare (1974) argumenta al respecto, por una parte, que lo de muy pequeño es relativo, pero no a las personas sino al estado del mundo en un momento determinado, por lo que se mantiene un sentido de objetividad; y en cuanto a la

complejidad, argumenta que ésta no afecta la noción de objetividad porque todos los hombres tienen más o menos los mismos sentidos para percibir la esencia de las cosas en sus mínimos detalles y cuando ya no pueden hacerlo usan similares instrumentos de medición cuyo poder también es limitado. (pp 79-80).

Ahora bien, si se le puede asignar cierta objetividad al azar, es factible suponer la existencia de leyes que lo rigen. En efecto, la matematización del azar está expresada en la teoría de la probabilidad, cuyo estudio se vio estimulado en el siglo XVII por el planteamiento de problemas interesantes en el contexto de los juegos de azar. Es generalmente aceptado que la teoría matemática de la probabilidad fue iniciada por Blaise Pascal (1623-1662) y Pierre Fermat (1601-1665) al tratar de resolver los problemas planteados por el Caballero de Mere. (Degroot, 1998). Además de ellos, muchos de los grandes matemáticos dedicaron parte de sus esfuerzos intelectuales al desarrollo de la teoría matemática de la probabilidad. Laplace hizo importantes aportes en su *Theorie Analytique des Probabilites*, publicado en 1812, donde planteó los principios y aplicaciones de la llamada “geometría del azar”. Hilbert planteó la necesidad de unificar la física y la probabilidad. Kolmogorov hizo importantes aportes en la modelización del azar y en la formalización de modelos para la entropía vinculada a los sistemas caóticos. Laplace, Legendre y Gauss fundaron la teoría de errores que no es más que una aplicación de la probabilidad al problema de las variaciones entre medidas repetidas de la misma variable. Maxwell,

basándose en la distribución de probabilidad de las velocidades de las moléculas, dedujo las leyes de los gases; y Max Planck, en 1900, presentó la teoría cuántica en términos de probabilidades. (Wadsworth y Bryan, 1979).

A pesar de ser Laplace uno de los principales propulsores del determinismo clásico, se considera que ha sido el matemático que ha hecho el mayor aporte individual al desarrollo de la teoría de la probabilidad, destacando la definición clásica o laplaciana de probabilidad. Para él, la probabilidad se relaciona en parte con nuestra ignorancia y en parte con nuestro conocimiento. Es decir, conocemos todas las causas posibles en una situación dada, pero desconocemos cuál de ellas ocurrirá; por lo que, en esencia, el cálculo de la probabilidad permite asignar un grado de “creencia racional” a los acontecimientos cuyas causas desconocemos y que por tanto atribuimos al azar (Laplace, 1974). Para él “Es una verdad cierta que, cuando no está en nuestras manos el determinar lo que es verdad, debemos seguir lo que es más probable” (p. 47)

Para Laplace, la teoría de la probabilidad no es otra cosa que el sentido común expresado en números y a la vez reconoce que los problemas más importantes de la vida, en su mayoría constituyen solamente problemas de probabilidades

Al explicar su definición de probabilidad, Laplace parte de considerar que “la teoría del azar consiste en reducir todos los acontecimientos de la misma índole a un cierto número de casos

igualmente posibles; es decir, tales que estemos igualmente inseguros de su acaecimiento, y en determinar el número de casos favorables a un acontecimiento cuya probabilidad se indaga” (p. 13). Bajo estas premisas define la probabilidad como el cociente entre el número de casos favorables y el número de casos posibles.

Según esta definición cuando todos los casos son favorables, la probabilidad toma el valor de la unidad, en cuyo caso, pareciera que probabilidad se transforma en certeza. No obstante sigue habiendo una delicada línea de separación entre ambas nociones. La última sólo se logra a partir de una demostración rigurosa mientras que la primera aun deja la posibilidad de aunque sea un mínimo e imperceptible error.

La definición de Laplace tiene una limitante en lo referido a la suposición de simetría, la cual es fácil advertir en los juegos de azar, pero no en la mayor cantidad de situaciones prácticas, por ejemplo la probabilidad de que llueva un día determinado. La estadística viene entonces a ofrecer una vía para el cálculo de probabilidades. Gracias a la acumulación de grandes cantidades de datos y fundamentados en el principio de regularidad estadística se ha podido analizar y calcular probabilidades de eventos que escapan de la equiprobabilidad. Al disponer de estas series de datos es posible establecer correlaciones y estudiar las tendencias que llevan a estimar la probabilidad de ocurrencia de un suceso. Claro está que el conocimiento que se deriva de este proceso es un conocimiento probable pues depende

de los datos en que se ha sustentado el estudio.

¿Quiere decir esto que a un mismo suceso se le pueden asignar diferentes probabilidades?. La respuesta es si y no. Si, en caso que se hagan las asignaciones de probabilidades con base en series reducidas de datos; pero, en la medida que la cantidad de éstos se incrementa, la regularidad estadística dará cuenta de la asignación de una probabilidad cada vez más mejor, aunque sin embargo nunca llegará a la certeza. Vale señalar lo dicho por Voltaire: “El que ha oído una misma cosa relatada por 12.000 testigos oculares tiene sólo 12.000 posibilidades, lo que equivale a una fuerte probabilidad, la cual dista mucho de la certeza”.

El principio manejado en el párrafo anterior, corresponde a la primera gran ley del azar conocida como la Ley de los Grandes Números, referida al comportamiento promedio y de la cual se deriva la definición frecuencialista de la probabilidad.

Otra gran ley del azar se centra en la variabilidad de los fenómenos y tiene su formulación matemática en el Teorema del Límite Central para el caso de variaciones pequeñas y en el Teorema de los Grandes Desvíos cuando hay grandes fluctuaciones.

Existen otras leyes del azar vinculadas a la nueva física. Una, que ya hemos mencionado, expresa el comportamiento de los sistemas dinámicos en su tendencia hacia la complejidad y el desorden. Otra, está reflejada en el principio

de incertidumbre establecido por Heisenberg, según el cual toda observación perturba el objeto observado .

No es mi intención adentrarme en estas teorías físicas (mi conocimiento sobre ellas es bastante limitado), lo que quiero es reflejar el papel del azar y de su formulación matemática - la probabilidad - en la forma de acercarse a la comprensión de los fenómenos de la naturaleza. Como señala Prigogine (1983), estamos ante una nueva racionalidad que ya no identifica la ciencia con certeza y el azar con ignorancia. Ahora aceptamos que el universo, la naturaleza, el ser humano son tan complejos que el conocimiento que podemos tener de ellos sólo es probable y esta aseveración se deriva de una de las dos concepciones de probabilidad que pasamos a considerar.

DOS INTERPRETACIONES DE LA PROBABILIDAD

En palabras de Bertrand Russell (1983) hay dos conceptos que de acuerdo con el uso que se les da pueden ser denominados Probabilidad, pero que en esencia son bastante diferentes, siendo éstos la probabilidad matemática y el grado de credibilidad en relación a un suceso.

Al hablar de la probabilidad matemática nos estamos refiriendo a algo que puede ser objeto de cuantificación a través de un número, que de acuerdo a los axiomas de la teoría de probabilidad, puede estar entre 0 y 1, ambos inclusive, aun cuando estos dos valores extremos, como ya lo expresáramos pudieran vincularse con situaciones de certeza de la no ocurrencia o

de la ocurrencia de un determinado evento, respectivamente. Señala Russell (1983), que esta forma de interpretación de la probabilidad es del tipo asociado al uso de la Estadística y se encuentra en aplicaciones a la Física, la Biología o las Ciencias Sociales, y también en los razonamientos inductivos.

La teoría asociada a esta concepción de la probabilidad, como ya lo hemos señalado, ha sido desarrollada por grandes matemáticos; sus fundamentos se encuentran en el cálculo, el análisis, la teoría de la medida; se le vincula a funciones proposicionales que tienen sentido en el nivel estadístico, más no es aplicable a proposiciones aisladas y situaciones particulares.

En estos últimos casos impera la segunda concepción de probabilidad que tiene que ver con el grado de credibilidad que, en efecto aplica a proposiciones individuales, para las cuales no es pertinente “calcular” una probabilidad como la dada por el cociente entre el número de casos favorables y el número de casos posibles; sino que más bien conviene “asignar” una probabilidad como medida de creencia, no necesariamente numérica, sobre la base de nuestra expectación en cuanto a alguna de las alternativas que pueden darse en un fenómeno que nos interesa o nos ocupa.

Viene al caso la máxima del Obispo Buttler quien afirma que “la probabilidad es la guía para la vida”. En esta sentencia, la probabilidad no tiene una connotación matemática, sino más bien refleja la posición que se suele tomar cuando no se está seguro de lo que va a suceder, que es lo usual en

nuestra vida cotidiana; pero, en estos casos se deben manejar diversas hipótesis y elegir entre ellas la que sea más probable. Se sugiere entonces tomar en cuenta la probabilidad, como grado de credibilidad, al adoptar una decisión.

Que la probabilidad como guía para la vida no es de naturaleza matemática es sustentado por Russell (1983, p. 348), cuando señala que:

La probabilidad como guía para la vida no es del tipo matemático, no solo porque no es relativa a datos arbitrarios sino a todos los datos atinentes a la cuestión, sino también porque debe tomar en cuenta algo que está totalmente fuera del ámbito de la probabilidad matemática y que podríamos llamar <carácter intrínsecamente dudoso>. Esto es lo importante cuando se dice que todo nuestro conocimiento sólo es sólo es probable

La última afirmación de esta cita que, como ya hemos señalado, ha quedado al descubierto a raíz de los avances de la ciencia, especialmente de la física, expresa una doctrina que viene de la antigüedad según la cual todo conocimiento humano es dudoso en mayor o menor grado. Ya hemos visto a lo largo de la historia caer teorías que se creían ciertas contra todo pronóstico.

Esto no debe llevarnos a pensar que todo conocimiento es dudoso per se; más bien podríamos decir que todo conocimiento tiene inherentemente asociado algún grado de duda y consiguientemente algún grado de credibilidad, derivado de la fiabilidad de los

datos que lo sustentan, y en consecuencia, para algún tipo de conocimiento este grado de credibilidad será mayor o menor que para otros, siendo posible en algunos casos asignar el grado de credibilidad a partir del valor numérico de la probabilidad matemática y en otros no.

Señala Keynes (1974) que el conocimiento probable es aquel en el que podemos creer de manera racional: “pues no es racional que creamos que lo probable es verdadero; solamente es racional tener una creencia probable en ello o creerlo con preferencia a creencias alternativas (p. 47).

Esta afirmación es válida no sólo en cuanto al conocimiento científico, sino también para el conocimiento del que disponemos en la toma de decisiones en circunstancias de nuestra vida cotidiana. Cuando manejamos varias hipótesis, la situación no es simplemente una dicotomía: una de las hipótesis es verdadera o más probable y las otras son falsas o menos probables; sino que además intervienen otros factores como la preferencia de una hipótesis sobre las otras, sobre todo cuando la diferencia entre sus grados de credibilidad es poco significativa, o cuando una de las hipótesis menos probables es más conveniente en términos de los beneficios que puede aportar.

En todo caso, la probabilidad de las hipótesis, expresada bien sea en forma matemática o como nivel de credibilidad, es una de las cosas que se debe determinar y tener en cuenta en el momento de actuar. (Keynes, 1974, p. 47).

AZAR Y PROBABILIDAD EN EL COMPORTAMIENTO DEL HOMBRE

Habiendo dedicado buena parte de este escrito a la confrontación de las nociones de determinismo y azar en el mundo físico y natural y las interpretaciones del azar y la probabilidad, para finalizar resaltaré el papel que estos dos últimos juegan en la vida del ser humano.

En nuestra vida diaria aceptamos muchas cosas como ciertas sólo porque siempre han sido de esa manera; por ejemplo no dudamos de que el sol saldrá todos las mañanas por el este, desde que nacimos esto siempre ha ocurrido así y entonces nos vemos tentados a asegurar con certeza que el día de mañana esto va a volver a suceder de la misma manera. Pero, esta certeza lo que realmente representa es una alta probabilidad derivada de las condiciones actuales del sistema solar y no tenemos evidencia actual que pueda llegar a cambiar. Aquí cabe citar un pensamiento de Howwe: “Una razonable probabilidad es la única certeza”, en este caso expresada la probabilidad en términos de grados de credibilidad.

Como señala Martínez (1999, p 123), las opiniones expresadas en forma matemática pueden tener un mayor grado de certeza, pero en general, lo que nos muestra la ciencia “es una verdad de probabilidad (estadística) y no una verdad apodíctica (demostrativa)”.

Realmente no pareciera haber duda en cuanto a la presencia del azar en el desenvolvimiento cotidiano del individuo y

de la sociedad y de la necesidad de tomar decisiones en términos de probabilidad: llegar a tiempo a la reunión, que llueva en un momento determinado, ganarnos un premio en la lotería, obtener una buena calificación en una prueba, que el niño que va a nacer sea varón; en fin en múltiples y variadas situaciones. Pues bien, en cada una de ellas debemos manejar diversas hipótesis y escoger la más probable.

Pensar probabilísticamente es una forma de enfrentar la incertidumbre y aprender a convivir con ella. Aunque lógico, para algunos no pareciera ser tan evidente que, permaneciendo todo igual, es preferible tomar las acciones que se presentan menos riesgosas y de cuyos resultados tenemos un conocimiento más amplio.

No obstante, algunas situaciones de la vida regular parecieran escapar completamente de nuestras previsiones, mientras que en otras nuestras decisiones afectan visiblemente los resultados y tenemos la posibilidad de actuar de acuerdo al libre albedrío. Pero al ejercer el libre albedrío, lo que tenemos que pensar es que no estamos solos, sino que vivimos en una sociedad donde el respeto por el otro es fundamental.

A MANERA DE CONCLUSIÓN

Los argumentos esbozados teniendo como tela de fondo las leyes de la física se hacen patentes cuando trasladamos el escenario hacia lo social. El comportamiento del hombre y el funcionamiento de la sociedad en que se desenvuelve escapan de todo intento de

explicarlos de manera determinista. En el mundo de los seres humanos reinan la incertidumbre y la variabilidad de los fenómenos. No quiere decir esto tampoco que debemos cambiar la noción de un todo predeterminado para irnos al lado opuesto de una situación donde solamente reina el caos. Por el contrario lo que se plantea es la necesidad de reconocer la presencia de lo aleatorio y la factibilidad de, en cierta medida, actuar sobre ello para saber desenvolvernó en medio de lo incierto y en esto cumple un papel fundamental la educación que reciben los individuos.

El dominio del paradigma determinista por tanto siglos, ha tenido influencia decisiva en los modelos educativos que han prevalecido a nivel general y aun tienen vigencia. Los individuos han sido formados para vivir en un mundo certero, por eso no aprenden a actuar en situaciones de incertidumbre. Esto debe cambiar radicalmente; ya Morin (2000) en “Los siete saberes necesarios a la educación del futuro” ha propuesto la enseñanza para enfrentar las incertidumbres en los siguientes términos:

Se tendría que enseñar principios de estrategias que permitan afrontar los riesgos, lo inesperado, lo incierto y modificar su desarrollo en virtud de las informaciones adquiridas en el camino. Es necesario aprender a navegar en un océano de incertidumbres a través de archipiélagos de certezas. (p. 20)

Y en tal sentido sugiere a los que tienen a su cargo la toma de decisiones en materia educativa “que estén a la vanguardia con la incertidumbre de nuestros tiempos”,

con lo que está llamando a que se emprendan cambios en los sistemas educativos que lleven a la formación de los ciudadanos para actuar con propiedad en su contexto social, cultural y ecológico. Y en la Introducción al Pensamiento Complejo (Morin, 1994) a esto lo llama “ecología de la acción” incitando a los individuos a “tener cuenta de su propia complejidad, es decir riesgo, azar, iniciativa, decisión, inesperado, conciencia de desviaciones y de incertidumbre”.

Ante este panorama que se le presenta al ciudadano de nuestros tiempos cobra vigor la sentencia del Obispo Buttler. “La probabilidad es una guía para la vida”; es decir debemos tenerla presente en nuestra cotidianidad, considerando las diversas opciones que se nos presentan en nuestro diario accionar, sopesando dos aspectos que pueden llegar a ser contrapuestos: grado de credibilidad y grado de bienestar, o en otras palabras: lo probable versus lo ético. Como indica Keynes (1983, p. 59): “La importancia de la probabilidad solo puede derivarse del juicio de que sea racional y de que seamos guiados por ella en la acción”; pero al aceptar esta guía reflexionemos sobre las palabras de Leibniz : “...necesitamos el arte de pensar y el de valorar las probabilidades, además del conocimiento de los bienes y de los males, para aplicar apropiadamente el arte de las consecuencias” y sigamos las sugerencias de Zemelman (1995, p. 7) “Atreverse a usar la cabeza, sin apegos ritualistas a ningún canon de certidumbre, en el ejercicio mismo de la responsabilidad intelectual....”