

---

# La Probabilidad y la Complejidad: Un enfoque Epistemológico

## Probability and Complexity: An Epistemological Approach

---

**Miguel Salinas Molina**

<https://orcid.org/0000-0002-5188-7962>

[masepistemologia@gmail.com](mailto:masepistemologia@gmail.com)

Universidad Nacional Mayor de San Marcos,  
Facultad de Matemáticas. Lima, Perú

RECIBIDO: 07/08/2022 - ACEPTADO: 28/08/2022 - PUBLICADO: 20/09/2022

---

*La previsibilidad; ¿El aleteo de una mariposa en Brasil provoca un tornado en Texas?*

Edward N. Lorenz<sup>1</sup>, Conferencia en Texas en 1972

### RESUMEN

El presente documento elucida sobre el significado de probabilidad y su relación con la de complejidad; creemos que los significados de los conceptos mencionados son muy significativos. Ahora bien, los conceptos de probabilidad y de complejidad requieren de análisis y de reflexión, en el sentido para proponer significados que marquen las limitaciones conceptuales con otros conceptos tales como los de riesgo y accidente.

**Palabras clave:** Riesgo; Accidente; Probabilidad y Complejidad.

### ABSTRACT

This paper elucidates the meaning of risk in relation to probability and its relationship with Complexity; we believe that the meanings of the concepts mentioned are significant. However, the concepts of probability and complexity require Analysis and reflection, in order to propose meanings that mark the mark the conceptual limitations with other concepts such of those of risk and accidents.

**Keywords:** Risk; Accident; Probability and Complexity.

---

<sup>1</sup> Edward Lorenz, (1917-2008), matemático y meteorólogo estadounidense, pionero en estudio de la teoría del caos, la cita corresponde al título de una conferencia en 1972.

## I. INTRODUCCIÓN

Entendemos por riesgo a la posibilidad de que ocurra algo infortunado, no deseado, como un peligro que puede suceder, si ocurre se dice que es un accidente. Nuestra definición excluye del sentido la sobre exposición para que ocurra lo no deseado, en consideración a que sería negligente procurar el daño, sabiendo que puede ocurrir y no hacer nada para evitarlo.

El riesgo supone la posibilidad de ocurrencia de un suceso, producido accidentalmente, el suceso es imprevisto y afecta negativamente la naturaleza o funcionalidades, tiene por característica la eventualidad, es decir, desconocemos las condiciones para que ocurra el accidente, de tal manera que a pesar de establecer reglas de conducta y de calidad de los objetos que nos rodean, siempre es posible la presencia del accidente.

El significado de accidente, ha sido desde hace mucho tiempo la preocupación de ilustres pensadores, así, en Aristóteles<sup>2</sup>, distingue entre sustancia y accidente, estableciendo la importancia del primero sobre el segundo, indicando que lo primero siempre está presente y por lo tanto es generalizable, mientras que lo accidental se encuentra en la particularidad, ejemplo: “caballo blanco”, las sustancia es “caballo” y el accidente es el color “blanco”.

Para orientar nuestra reflexión, iniciamos con la formulación del problema epistemológico: no es posible un mundo sin accidentes, solo podemos reducirlos, así incluimos como hipótesis de trabajo, la dificultad de evitar los accidentes, dado que, a pesar de inventariar los riesgos y determinar los posibles accidentes, eliminando posibles causas que podrían producirlos, no lograremos excluir completamente los accidentes.

En el diccionario filosófico de la universidad de Stanford<sup>3</sup>, Sven Ove Hansson<sup>4</sup> define el riesgo como un término que tiene varios usos y significados, así sostiene que es un evento (1er caso) o causa del evento no deseado (2do caso), ambos usos corresponden a un sentido cualitativo, pero también sostiene que hay un sentido cuantitativo cuando refiere al riesgo como probabilidad (3er caso) o al valor de expectativa estadística del evento no deseado

(4to caso); menciona un quinto caso cuando refiere “el hecho de que se tome una decisión en condiciones de probabilidades conocidas (‘decisión bajo riesgo’ en lugar de ‘decisión bajo incertidumbre’)” (Hansson, 2013:2), en esta parte unifica los conceptos de objetiva y subjetiva de la probabilidad, en el sentido, que la primera refiere a un significado informal, como un estado de los asuntos que puede o no ocurrir, mientras en la segunda se objetiviza la definición del tipo que denominamos estadística.

Ian Hacking<sup>5</sup>, en su libro sobre el Surgimiento de la Probabilidad, sostiene que desde la antigüedad se ha utilizado la palabra probabilidad en el sentido de afirmar algo como posible. Desde 1660 surge el concepto de probabilidad como dualidad entre creencia y ser un número que depende de la frecuencia de su ocurrencia. Afirma que el concepto de probabilidad en el renacimiento (siglos XV y XVI) refiere a una opinión que no se sustenta en su evidencia, si no en la opinión que proporciona alguna autoridad en la materia que se habla. Luego al transcurrir el tiempo, la probabilidad se relacionaría con la evidencia, adquiriendo importancia la inducción como una forma de aumentar nuestro conocimiento. Siguiendo este sentido, Hacking incluye en su reflexión el signo, como evidencia más o menos probable, de forma que a finales del renacimiento el concepto de probabilidad está listo a surgir, así menciona: “La nueva evidencia interna y el conocimiento intencional de la frecuencia van de la mano en una envoltura que tiene una palabra: ‘signo’. El espacio en el cual el concepto de probabilidad debía surgir está ahora, completo” (Hacking, 2005: 67).

La evidencia que expone un signo, está sustentada en su presencia física, como para ejemplificar lo mencionado, por ejemplo: si vemos a una persona decaída y le tomamos la temperatura y nos dice que tiene fiebre, inmediatamente sospechamos de que tiene una enfermedad, y así los signos que presentan nos indican la evidencia de lo que sostenemos como probable.

## II. CAUSALIDAD

Cuando analizamos la ocurrencia de un accidente y determinamos la razón de su presencia, asumimos un concepto de causalidad, entendiendo como aquella que produce lo no deseado. La causalidad presupone la idea de la regularidad de la naturaleza, y por ser así, lo inmediatamente sucedido es

2 Aristóteles, (384 a.C. – 322 a.C.), filósofo, lógico de la Antigua Grecia.

3 Diccionario filosófico en la web, del centro del estudio del lenguaje e información, dirigido por el profesor Edward Zalta.

4 Sven Ove Hansson, director y profesor de filosofía en el departamento de Filosofía e Historia de la Tecnología en Royal Institute of Technology en Estocolmo, Suecia. Licenciado en Medicina y Doctor en Filosofía en Uppsala en 1999. Obtiene un segundo doctorado en filosofía en 1999 en la universidad de Lund.

5 Ian Hacking, filósofo canadiense, especializado en filosofía de la ciencias, profesor de la universidad de Toronto y presidente del ilustre Colegio de Francia, licenciado en matemáticas y física de la universidad de Columbia Británica, y en ciencias de la moral en la universidad de Cambridge, en esta última obtiene una maestría y doctorado.

causa de lo seguidamente anterior ocurrido. La idea de la regularidad de la naturaleza no es reciente, solemos atribuir al ilustre pensador Arquímedes<sup>6</sup> la frase “Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo”, estableciendo el formalismo de la ley de las palancas, tema estudiado en la estática de la física, es decir el determinar leyes que se dan en la física. No es nuestro propósito ahondar las razones por las que se pierde la maravilla de la reflexión mecanicista de los pensadores griegos denominados pre socráticos, pero será hasta siglos posteriores, en la que ilustres científicos y filósofos contribuirán con el hacer ciencia, así tenemos como ejemplo a Galileo<sup>7</sup> en el siglo XVI, propone un concepto nuevo de cómo es físicamente la Luna basada en la observación de un telescopio, o en Newton<sup>8</sup> en el siglo XVII, que formulará las leyes de la teoría de la mecánica de partículas.

Solemos percibir el mundo como una gran máquina, que todo está relacionado como si fueran engranajes que unos mueven a otros, esta idealización mecánica está implícita en la idea de la regularidad de la naturaleza, condición necesaria de la definición de la causalidad, aunque entendemos que hay otras formas en que se define la causalidad, en nuestro caso resaltamos la causa eficiente, como aquella causa de “algo”, que si está presente hace que ocurra el “algo”, si no está presente entonces no ocurre.

David Hume<sup>9</sup>, siglo XVII, pensador inglés, sostiene desde la perspectiva del empirismo (la experiencia es la fuente principal de la razón) que hay dos clases de condicionales: la necesaria (de razón) cuyo ejemplo sería: “si llueve se desprenderá gotas de agua de las nubes”, y las físicas (de hecho), tal como: “todos los días en las mañanas sale el sol”, y en relación a esto define dos tipos de verdades: el de la razón y el de hecho. De manera que el conocimiento que se sostiene en verdades de hecho, son adquiridas por la experiencia, es en esta parte del pensamiento

6 Arquímedes de Siracusa, (287 a.C.-212 a.C.), inventor, astrónomo y matemático griego, conocido por sus avances en la física, el principio de la palanca.

7 Galileo Galilei, (1564-1642), astrónomo, filósofo, matemático y físico italiano. Su trabajo se considera una ruptura de las teorías de la física aristotélica. Construye un telescopio y observa los cráteres de la Luna y afirma que no tiene una superficie plana.

8 Isaac Newton, (1642-1727), matemático, físico, alquimista inglés. Su aporte en la teoría del cálculo nos acompaña hasta nuestro tiempo, formula los principios de la física de partículas, son diversos sus trabajos tales como: óptica, mecánica de fluidos entre otros.

9 David Hume (1711-1776), filósofo, economista, sociólogo escocés. Pensador empirista (considera que la experiencia es la base del raciocinio, se le considera en cierto sentido un escéptico al poner en duda la causalidad, pero hay pensadores que no dan crédito a esta calificación. En contraste al Realismo filosófico (que la realidad se muestra como es), a inicios de la modernidad se abren dos corrientes del pensamiento el Racionalismo (con la razón podemos llegar a capturar la realidad) y el Empirismo (con la experiencia podemos llegar a capturar la realidad). Desde el Empirismo, Hume pone en duda que la experiencia es la que nos lleva a conocer la realidad, afirmando que lo que está presente es la costumbre.

de Hume que resaltamos y la tomamos parte nuestro propósito: el escepticismo de la regularidad de la naturaleza para priorizar la experiencia y por lo tanto la costumbre como conocimiento de hecho. Hume lo expresa de la siguiente forma:

El sol saldrá mañana no es proposición menos inteligible y no implica mayor contradicción que la aserción saldrá mañana. Por ende, en vano intentaríamos demostrar su falsedad. Si fuese demostrativamente falsa implicaría una contradicción y nunca podría ser concebida por la mente como distinta (Hume, 1992:37)

En cuanto a la probabilidad, Hume considera que es una creencia confirmada en la imaginación, así sostiene: “Cuando gran número de experimentos en determinado momento concurren en un mismo hecho, lo fortalecen y confirman en la imaginación, engendran el sentimiento que llamamos creencia y dan a su objeto preferencia sobre el objeto contrario” (Hume, 2003: 7).

Resaltamos la reflexión de Hume, porque su escepticismo nos acompaña hasta nuestros tiempos, en el sentido del rechazo a la reflexión generalizadora desde las experiencias particulares, específicamente critica la validez de las inferencias inductivas, que basan la observancia en la regularidad de los hechos particulares para concluir reglas generales, es decir, sostiene que la razón no liga los antecedentes con la consecuencia, más bien resulta que es la experiencia la que determina la relación.

La reflexión de Hume tiene un contenido escéptico, y lo expresa explícitamente, así menciona “Si somos filósofos tendremos que serlo únicamente sobre la base de principios escépticos” (Hume, 1984, 692).

Es conveniente resaltar que si el pensamiento de Hume se hubiera impuesto, no sería posible defender la experiencia científica en un laboratorio, porque lo que se obtiene en ella, siempre es un resultado particular, que solo ocurre en el laboratorio, entonces ¿cómo es que generalizamos? Fue Manuel Kant<sup>10</sup> (siglo XVIII) el que resuelve el problema propuesto por Hume, al que admiraba, así Kant manifestó “me despertó de mi sueño dogmático”.

10 Manuel Kant, (1724-1804), filósofo prusiano, precursor del idealismo alemán, conocidos por sus textos: *Crítica de la razón Pura*, *Crítica de la Razón Práctica*, *Crítica del Juicio*, entre otros. Contribuye a unificar en cierto sentido la línea de pensamiento racional con el empirismo. El problema de los externos, es que lo que se concluye racionalmente debe ser igual para todos, por lo tanto el peligro de imponer o convertirse en una intransigencia lo que se concluya racionalmente; en el otro lado, la orientación empirista, sostiene que la experiencia contribuye en nuestras conclusiones, de manera que si cada uno tiene diferentes experiencias, entonces cabe el escepticismo, cada uno puede tener su propia conclusión.

Kant crítica la reflexión dada por Hume, así se manifiesta:

Si Hume hubiese tenido presente nuestro problema en su universalidad, jamás se le habría ocurrido semejante afirmación, que elimina toda filosofía pura. En efecto, hubiera visto que, según su propio razonamiento, tampoco sería posible la matemática (Kant, 2006: 54)

Kant establece la relación entre el racionalismo y el empirismo, y por lo tanto, la importancia de la inducción para la ampliación del conocimiento. No es el propósito de este documento profundizar sobre la reflexión de Kant, pero si dejar constancia sobre el escepticismo de Hume.

Será recién en el siglo XVII en que consolidamos la idea de que la inducción es una forma de inferencia amplificadora del conocimiento, así tenemos, como ejemplo de la confirmación de esta idea lo expuesto por dos ilustres lógicos: el inglés Stuart Mill<sup>11</sup>, basando las experiencias particulares, formula cuatro métodos para ampliar el conocimiento, sosteniendo lo siguiente: "La expresión Leyes de la Naturaleza no significa más que las uniformidades que existen en los fenómenos naturales o, en otras palabras, los resultados de la inducción cuando son requeridas a su más simple expresión (Mill, 1959:151), y el norte americano Charles S. Peirce<sup>12</sup>, casi simultáneamente sostiene que la inducción se mezcla con la deducción y la abducción, en el sentido de que primero aparece la abducción (ideas no muy seguras), luego mediante la verificación de casos particulares (con la inducción) comprobamos la regularidad propuesto en la abducción y posteriormente realizamos la generalización en una regla, expresada en la deducción (ideas seguras y demostradas), esto lo explica en su documento de 1878: Deducción, Inducción e Hipótesis.

Con fines de seguir avanzando, y cerrar parcialmente este tema, afirmamos que una inducción es una forma de inferir, de manera no segura, mientras que la deducción es una conclusión segura dado

11 John Stuart Mill, (1806-1873), filósofo, historiador y economista inglés, publicó diversos libros, participo en diversas ramas de la filosofía: lógica, psicología, política, entre otros. Remitimos a su libro *A System of Logic, Ratiocinative and Inductive*, en la que formula cinco principios del razonamiento inductivo conocidos como los métodos de Mill.

12 Charles Sanders Peirce, (1839-1914), filósofo, lógico y científico estadounidense, le debemos su reflexiones sobre lógica, semiótica entre muchos otros temas. Su obra aún no termina por ser estudiada (tiene más de 80,000 páginas de manuscritos), cuando se organizaron sus documentos en orden cronológico se visualizó la riqueza y profundidad de sus pensamientos, no fue considerado, en su tiempo, un ilustre pensador, su redescubrimiento es reciente y hoy existen en el mundo diversos centros de investigación de su obra.

que su resultando se encuentra incluido en las premisas. La inducción nos permite ampliar nuestro conocimiento.

### III. PROBABILIDAD

Sostenemos como primera aproximación de un concepto de probabilidad siguiendo dos sentidos del significado, el primero se refiere a la posibilidad de que suceda algo, y la segunda a la posibilidad de la demostración de una proposición. El primer sentido de la definición se orienta a la ocurrencia como hecho, mientras la segunda se orienta a una demostración racional. La definiciones satisfacen dos orientaciones filosóficas: el empirismo (la experiencia nutre a la razón) y el racionalismo (la reflexión nutre a la razón).

El significado de probabilidad tiene una larga historia, desde la antigüedad utilizada como posibilidad, como sentido de autoridad, pero no verdadero, llegando a la actualidad como un concepto matemático que se representa con un número que indica el porcentaje de aceptación o de ocurrencia de lo que consideramos posible. Probabilidad es una palabra que predica una proposición, es decir, dice algo de la proposición (su posibilidad de ocurrencia), es un número decimal que es mayor e igual a cero y menor igual a uno (los extremos indican cero para la total imposibilidad y uno para la total posibilidad).

En la presente reflexión no tratamos aspectos sobre las métricas o formulas del cálculo de probabilidades, con la finalidad de ignorar aspectos de fórmulas y más bien nos centraremos en las diversas interpretaciones con la finalidad de contribuir en esclarecer el concepto y la razón de su uso en determinar el riesgo y la posibilidad de mitigarla.

Desde la antigüedad nosotros nos hemos expresado sobre determinadas situaciones como hechos que pueden ocurrir, así hemos empezamos en relación a lo accidental, recién en el siglo XV, hemos empezado a dar forma al concepto de probabilidad como métrica, es decir, como valor que representa la posibilidad de ocurrencia (o de no ocurrencia), fue así que brillantes matemáticos se interesaron en medir las posibilidades de ganar dinero en los juegos de azar, especialmente en aquellos que se utilizan los dados.

En la antigua Grecia no se trató la probabilidad como métrica, esta situación resulta significativa dado que existió una comunidad de ilustres pensadores que tenía como objetivo el entendimiento de la naturaleza, entre una de las razones que explican

la dificultad para establecer un concepto numérico de la probabilidad fue el complicado sistema numérico que hacía difícil la realización de las operaciones de suma o multiplicación. También influyó el convencimiento de que lo divino se relacionaba con el azar y este no era racionalmente sostenible. Tal es el caso de los pitagóricos<sup>13</sup>, quienes conocían de la existencia del número raíz cuadrada de dos, consideraron que no debía divulgar porque no formaba parte del cuerpo teórico de la incipiente aritmética, contradiciéndola, dado que es un número que no se puede expresar en relación a dos números enteros (número racional) y por eso se denomina número irracional.

Resulta pertinente mencionar lo expresado por Ian Hacking, sostiene que la idea de la probabilidad, tal como la tenemos, surge como una transformación del concepto de opinión, en el sentido de que expresa posibilidad, esto fue posible, gracias a la formulación escéptica sobre la causalidad, según hemos mencionado en la propuesta de Hume, de forma tal que el conocimiento, que se sostenía sobre la base de una teoría de causalidad, se derrumbaba, de forma que permite trasladar el concepto de la causalidad al de la opinión, así menciona:

La probabilidad surgió de la transformación renacentista de la opinión. Esto bastó para el problema analítico acerca de la inducción. El problema escéptico sólo podía surgir cuando la causación se hubiese movido del conocimiento a la opinión (Hacking, 2005: 225)

En el siglo XIV, se publican diversos pero no muchos documentos que tratan sobre la posibilidad de ganar un juego de azar, así mencionamos al libro "De Ludo Aleae" del italiano Geroldamo Cardano<sup>14</sup>. Este documento resulta emblemático en la historia de las probabilidades, porque muestra por primera vez ciertos problemas de juegos de azar y la forma de ganar en relación a cantidad de eventos, estableciendo el concepto del evento igualmente probable. Galileo Galilei, en el siglo XV, publica un documento que resuelve la pregunta de un amigo, que le pide que compare dos posibilidades de obtener mediante dos dados la suma de 9 o de

10, resolviendo el problema indicando que era más probable por la segunda opción<sup>15</sup>.

Siguiendo con Hacking (2006), menciona los trabajos publicados por magníficos matemáticos franceses: Blaise Pascal<sup>16</sup> y Pierre de Fermat<sup>17</sup> (siglo XV). Entre los diversos documentos, se menciona sobre el desarrollo y los primeros fundamentos del cálculo de probabilidades. En Italia, James Bernoulli<sup>18</sup> y Daniel Bernoulli<sup>19</sup> (miembros de la ilustre familia de matemáticos Bernoulli) publican documentos que tratan de problemas de probabilidades, ya no solo sobre juegos de azar, también sobre problemas más generales, referidos a las estadísticas del estado. En el siglo XVI, Thomas Bayes<sup>20</sup>, formula un concepto de probabilidad basada en un condicional, es decir la posibilidad de un evento si ocurre otro que también tiene naturaleza probable, es una definición condicionada de la probabilidad.

Es común encontrar en la literatura especializada sobre filosofía de las probabilidades, la clasificación de las diversas orientaciones. Nos basamos en lo expuesto por Donald Gillies (2006), que denomina teorías filosóficas de las probabilidades, y la razón de que lo tomamos en cuenta, es por su sentido histórico en que ubica un debate filosófico.

La primera orientación del significado de la probabilidad, denominada clásica, se concluirá en el siglo XVIII. El francés Pierre Simón Laplace<sup>21</sup> en su obra "Theorie Analytique des Probabilites", formalizará el concepto de probabilidad, indicando que es un número que establece una proporción, entre el número de eventos favorables divididos por el número de eventos totales, así menciona.

15 Problema de los puntos, o problema del juego interrumpido, es presentado por Pascal, en una carta a Fermat, fechada el 29 de julio de 1654. El problema consiste en repartir las ganancias de un juego, cuando estas no han terminado. Se considera que el problema clarifica la temática de las probabilidades y el cálculo asociado para resolver el problema.

16 Blaise Pascal, (1623-1662), matemático, físico filósofo y escritor francés.

17 Pierre de Fermat, (1601-1665), jurista y matemático francés, cofundador de la teoría de las probabilidades con Blaise Pascal.

18 James Bernoulli o Jacob Bernoulli, (1654 - 1705), matemático y científico suizo, su trabajo *Ars Conjectandi*, un trabajo sobre teoría de la probabilidad, documento publicado en 1713, ocho años después de su muerte.

19 Daniel Bernoulli, (1700-1782), médico, matemático y físico holandés-suizo, conocido por sus trabajos de termodinámica, en teoría de los gases. En 1777 propuso la forma semicircular de la función de probabilidad, para explicar los errores en la medición de los cálculos de astronomía.

20 Thomas Bayes, (1702-1761), reverendo presbiteriano, matemático británico, su obra más conocida es el conocido teorema de Bayes, que trata sobre la probabilidad de eventos condicionados.

21 Pierre Simón Laplace, (1749-1827), astrónomo, físico matemático francés, sus contribuciones en matemáticas son significativa. Sentó las bases para una teoría matemática de las probabilidades, formuló el método de los mínimos cuadrados, criterio fundamental para la teoría de errores.

13 Pitagóricos, era un movimiento filosófico y religioso, fundado en el siglo V a.C. por Pitágoras, fue constituida por astrónomos, músicos, matemáticos, consideraron que todo era en esencia números.

14 Geroldamo Cardano, (1501-1576), médico, matemático y astrologo italiano, escribió su libro sobre juegos de azar, *Liber de ludo aleae*, escrito en 1564 y publicado en 1663, constituyendo un tratado sobre probabilidad y con ciertas ideas sobre el calcular.

La teoría del azar consiste en reducir todos los acontecimientos del mismo tipo a un cierto número de casos igualmente posibles... Esta noción de probabilidad supone que, si se hace crecer en la misma proporción el número de casos favorables y el de todos los casos posibles, la probabilidad se mantiene idéntica (De Laplace, 1985: 25)

Se inaugura el estudio de las estadísticas, al proponer las inferencias sobre poblaciones, de manera que con Laplace se culmina una etapa de la interpretación de la probabilidad. Consideramos que debemos a Laplace el estudio sobre las diferencias de los mínimos cuadrados, concepto clave para llegar a la formalización de la función normal de probabilidad, luego Johan Carl Gauss<sup>22</sup> estudia la distribución de los errores de las observaciones siguiendo la orientación de Laplace, llegando a formular la distribución normal de la probabilidad, concepto importante para los estudios estadísticos.

La segunda orientación de significado de la probabilidad se denomina frecuencial y se centra en la idea de obtener un número que represente la probabilidad de un caso, este se calcula dividiendo el número de situaciones que son el caso entre el número total de observaciones, con la variante de que si vamos aumentando el número de la población, el número calculado muestra una tendencia, hasta quedar en un valor fijo, por más que aumentemos la población este muestra el mismo valor. De manera que a partir de cierto número de casos, la proporción de los casos posibles entre la totalidad no varía. El matemático y científico Nicolás Sadi Carnot<sup>23</sup>, en el siglo XIX, será el primero en sostener la probabilidad en este sentido. El estudio del concepto de frecuencia en la probabilidad será seriamente retomado este tema a inicios del Siglo XX, por los estudiosos del círculo de Berlín<sup>24</sup> y del círculo de Viena<sup>25</sup>, conformado por científicos y filósofos de la ciencia, así tenemos los documentos

22 Carl Friedrich Gauss, (1777-1855), matemático, físico y astrónomo alemán, contribuyó en diversos campos, es uno de los matemáticos más influyentes en la historia. La función de probabilidad normal, que es una función emblemática en la teoría de las probabilidades lleva su nombre.

23 Nicolás Leonard Sadi Carnot, (1796-1832), ingeniero francés, se le conoce como el fundador de la termodinámica.

24 Círculo de Berlín, grupo de filósofos y científicos alemanes que adoptó ideas paralelas a las promovidas por el círculo de Viena, entre sus miembros son: Hans Reichenbach, Otto von Mises, Carl Hempel.

25 Círculo de Viena, fue un organismo de discusiones científicas filosóficas, funcionó en la ciudad de Viena, Austria, en el año 1922 y dejó de funcionar en 1936. Entre sus miembros figuran Morits Schlick, Rudolf Carnap, Otto Neurath, Hans Reichenbach

de Hans Reichenbach<sup>26</sup> y von Mises<sup>27</sup>. El estudio de la probabilidad será considerado dentro de un conjunto de casos (totalidad), siempre que este sea lo suficientemente grande como para asignar con seguridad un número de probabilidad. Es este el sentido de la probabilidad, que se introduce en el estudio filosófico de las ciencias, específicamente de las ciencias físicas.

La tercera orientación de significado de la probabilidad se denomina lógica, se centra en la idea de que la teoría de la probabilidad es una estructura lógica matemática, la encontramos expresada a mediados del siglo XX, refiere a la interpretación de la probabilidad como un enlace necesario entre una noción primitiva y su evidencia. Noción primitiva refiere a un evento y su evidencia refiere a la posibilidad de ocurrencia. El inglés John Maynard Keynes<sup>28</sup> representa esta línea de reflexión, y el foco de desarrollo de estas ideas se centra en la universidad de Cambridge en Londres, y participan de esta línea de trabajo los ilustres lógicos y pensadores Bertrand Russell<sup>29</sup>, G.E Moore<sup>30</sup>, incluyendo al joven Wittgenstein<sup>31</sup>. Resaltamos el hecho de que en el debate de los fundamentos de las matemáticas<sup>32</sup>, ocurrida a inicios del siglo XX, la corriente filosófica que sostenía que las matemáticas son lógicas (logicistas), sus representantes se encontraban en la universidad de Cambridge, por lo tanto, si las probabilidades son matemáticas, entonces la relación con la lógica era evidente. Es posible sostener una definición de las probabilidades mediante la teoría de conjuntos, y esta tiene

26 Hans Reichenbach, (1891-1953), físico y lógico matemático, uno de los más importantes filósofos de la ciencias del siglo XX. Se considera que es un notable representante del círculo de Berlín, que agrupaba importantes filósofos de la ciencia.

27 Richard von Mises, (1883-1953), físico austrohúngaro trabajó en mecánica de sólidos, aerodinámica, estadística y teoría de probabilidades.

28 John Maynard Keynes, (1883-1946), economista británico, publicó su Tratado sobre probabilidad en 1920, contribuyendo en sus bases matemáticas y filosóficas de la probabilidad.

29 Bertrand Russell, (1872-1970), filósofo, matemático, lógico y escritos británico, conocido por su influencia en la filosofía analítica.

30 George Edward Moore, (1873-1958), filósofo británico, uno de los fundadores de la filosofía analítica, compañero de Russell en la universidad de Cambridge.

31 Ludwig Wittgenstein, (1889-1951), filósofo, matemático, lingüista y lógico austriaco, nacionalizado británico. En vida solo publicó el *Tractatus logico-philosophicus*. Fue discípulo de Russell en Cambridge.

32 Se conoce como la crisis de los fundamentos de las matemáticas, esta se produce a inicios del siglo XX, se presentan tres orientaciones filosóficas para entender filosóficamente las matemáticas, la primera la logicista, que sostiene que las matemáticas son lógicas (representantes Frege y Russell), la segunda la formalista, que sostiene que las matemáticas son reglas formales, no se basan en la intuición (representante Hilbert) y la tercera orientación la intuicionista, que considera que las matemáticas son demostrables por criterios constructivos, niega el infinito y el principio del tercio excluido de la lógica (representante Brouwer).

relación con la lógica de primer orden, por lo tanto, como lógica.

Una cuarta orientación de significado de la probabilidad, es el de la interpretación subjetiva, a la que consideramos muy ilustrativa en cuanto a su contribución al debate filosófico de la probabilidad y de la ciencia, se refiere como el grado de nuestras creencias, sobre certezas, en el sentido que se asigna un número a lo que creemos que ocurrirá en relación opuesta a que no ocurra. Esta forma de interpretar la probabilidad, sostiene la crítica a la interpretación del tipo frecuencial, al considerarla insuficiente, en el sentido de que la probabilidad frecuencial requiere de un gran número de casos para construir la métrica de posibilidad, siendo esta una generalización y por lo tanto no puede aplicarse a observaciones particulares. Los representantes de esta línea de interpretación son Bruno de Finetti<sup>33</sup> en Italia (1931) que considera que una afirmación objetiva es verdadera o falsa, más no probable. Frank Ramsey<sup>34</sup> en Inglaterra (1931), también llega a similar interpretación, en la misma fecha, en forma independiente.

Una última orientación del significado, es el que considera que la probabilidad es una propensión, en el sentido que acepta la crítica que se hace a la interpretación de probabilidad frecuencial desde la interpretación subjetiva. Manifiesta que la probabilidad no es subjetiva, tiene relevancia y sentido en la experiencia particular. Un representante de esta línea de interpretación es el filósofo austriaco norteamericano Karl Popper<sup>35</sup> (1957) quien abandona la interpretación frecuencial para sostener que la probabilidad es real, que depende de la disposición o propensión de la instalación experimental, a medida que los experimentos se repiten, el valor de la probabilidad se justifica. Cabe destacar que Popper sostiene que una teoría científica no se puede demostrar, solo puede confirmarse, mediante experimentos particulares, porque para demostrar, habría que evaluar todos los casos que abarca la teoría: presente, pasado y futuro (esto es imposible de hacer). Afirma que sí se puede falsar la teoría, es decir encontrar un caso que la invalide, siguiendo este sentido, Popper no cree en la inducción, como generalizadora del conocimiento.

33 Bruno de Finetti, (1906-1985), estadístico y actuario italiano, publicó muchos artículos y adquirió reputación entre los probabilistas.

34 Frank Plumpton Ramsey, (1903-1930), matemático y filósofo inglés, sus trabajos se encuentran en el programa logicista de Russell, fue muy amigo de Keynes. Sus trabajos recién fueron conocidos en los años 50, cuando Bruno Finetti publicó en el mismo desarrollo proporcionado por Bruno de Finetti.

35 Karl Popper, (1902-1994), filósofo austriaco, convirtiéndose en ciudadano británico, importante pensador del siglo XX, conocido por su propuesta sobre la demarcación de las teorías científicas, separando a las que denominó pseudo científicas, basado en el concepto de la demarcación.

Cabe mencionar lo mencionado por Rudolf Carnap<sup>36</sup>, ilustre filósofo alemán norteamericano del círculo de Viena, sostiene que la probabilidad presenta el grado de certidumbre de las hipótesis, confirmando una concepción semántica de la probabilidad al afirmar que es un grado de confirmación. Lo mencionamos con el propósito de sostener la vigencia de la inducción como inferencia generalizadora, y por lo tanto amplificativa de nuestro conocimiento, como respaldo ante el ataque dado por Popper que niega en cierto sentido la inducción, Carnap considera que las teorías son verificables y su probabilidad es el grado de certeza de ocurrencia.

Así resumimos las diferentes líneas de interpretación de la probabilidad: la primera, como clásica que define a la probabilidad como una proporción numérica de eventos equiprobables (como porcentaje); la segunda, como frecuencia, donde la probabilidad es el número que se obtiene después de realizar una gran cantidad de eventos; la tercera define a la probabilidad como una definición lógica; la cuarta define a la probabilidad como un número que mide nuestra creencia subjetiva y la quinta define a la probabilidad como una propensión real y particular. Todas las orientaciones interpretativas de la probabilidad comparten el mismo aparato matemático para hacer cálculos de este tipo, resaltando que el debate presentado se centra alrededor de la interpretación del caso para una experiencia particular y sobre el significado e importancia sobre la inferencia inductiva.

Sostenemos que cada forma de interpretación de la probabilidad tiene relevancia según el caso que estamos tratando, así por ejemplo cuando deseamos saber sobre las posibilidades de obtener la suma 7 con dos dados, un enfoque clásico es más que suficiente; pero si deseamos determinar la pérdida de la calidad de la producción de focos en una cadena productiva en secuencia de una fábrica, un enfoque frecuencial es necesario. Si deseamos establecer la posibilidad del clima para el día siguiente, posiblemente una interpretación del tipo subjetivo resulta relevante. Si deseamos que un programa de computadora nos muestre indicadores para automatizar las decisiones en relación a frecuencias de probabilidad, un enfoque lógico puede ser beneficioso. Como habíamos indicado, no rechazamos plenamente ninguna de las afirmaciones, les damos relevancia según el caso. Nos enriquecemos del debate filosófico en estos temas para elucidar el concepto de probabilidad.

36 Rudolf Carnap, (1891-1970), filósofo alemán, defensor del positivismo lógico, dedicado al estudio filosófico de las ciencias, consideraba que era posible la verificación de las teorías.

Asumimos que la probabilidad es parte del universo de la lógica<sup>37</sup> y su formulación matemática la hace interesante y aplicable a situaciones de la realidad, específicamente es una forma como se expresa cuantitativamente la lógica, así resaltamos lo mencionado por el ilustre científico y pensador Charles Sanders Peirce en su artículo “La Doctrina de las Posibilidades Azarosa”:

La teoría de las probabilidades es simplemente la ciencia de la lógica tratada cuantitativamente... El problema general de las probabilidades es el de determinar, a partir de un estado dado de hechos, la probabilidad numérica de un hecho posible. Esto es lo mismo que indagar que valor tienen los hechos dados, considerados como evidencia para probar el hecho posible. Así que el problema de las probabilidades es simplemente el problema general de la lógica. (Peirce, 2012:191)

Referimos a la lógica, en el sentido que es la ciencia formal que trata de las proposiciones, y su relación con la probabilidad, en cuanto que, las deducciones son expresiones que relacionan antecedentes y consecuentes, siendo la probabilidad la que trata las consecuencias, así concordamos con lo expresado por Peirce en su artículo “La Probabilidad de la Inducción”, indicando:

... llamaban antecedente al hecho expresado por una premisa y a lo que se sigue de ella su consecuente; mientras que al principio conductor de que todo (o casi todo) antecedente tal es seguido por tal consecuente lo denominaban consecuencia. Usando este lenguaje, podemos decir que la probabilidad pertenece exclusivamente a las consecuencias” (Peirce, 2012:202).

Finalmente expresamos que las diversas tendencias sobre el significado de la probabilidad, contribuyen a la formalización teórica de la probabilidad, teniendo como base el cálculo que fueran axiomatizado por el matemático ruso Andrei Kolmogorov<sup>38</sup> (1933), en el sentido de establecer un conjunto de proposiciones básicas (axiomas) que

definen matemáticamente las leyes<sup>39</sup> de las probabilidades y al mismo tiempo, por ser una axiomática, establece un mecanismo deductivo para los teoremas de la disciplina mencionada, haciendo de ella un sólido cuerpo teórico que ayuda a mejorar nuestras capacidades formales para el entendimiento de las ciencias.

#### IV. COMPLEJIDAD

Existen diversas teorías que tratan sobre la complejidad, no tenemos una definición precisa de este concepto, en todo caso, el uso cotidiano de la palabra refiere a la dificultad de hacer o de comprender algo, se asocia también al hecho de estar constituido por diversas partes que aumenta la complicación por la cantidad de interrelaciones, a más partes más complejo.

Nos resulta pertinente lo mencionado por el filósofo Ferrater Mora<sup>40</sup> en su Diccionario de Filosofía, indica que el cardenal y filósofo alemán Nicolás de Cusa<sup>41</sup> (siglo XVI) relaciona la complejidad con la explicación, así explica:

Mientras la explicatio es un desenvolvimiento, la implicatio es un en-volvimiento. Esto quiere decir que en la complicatio (o complicación) una realidad se halla en otra, en tanto que en la explicatio (explicación o desenvolvimiento) la realidad complicada se expresa o manifiesta. (Ferrater Mora, 2004: 589-560)

Esta distinción no fue única ya que filósofos anteriores trataron estos temas en relación a Dios, en el sentido que él todo lo sabe y al hombre se le oculta las cosas. Hasta aquí nos resulta suficiente resaltar el tema de la complejidad en sentido contrario al de explicación, y siendo nuestro propósito de establecer una definición de complejidad, seguimos la idea de que en las teorías de la complejidad buscan explicar lo que aparentemente resulta inexplicable con formas tradicionales de explicarlas.

Cuando decimos que un evento es aleatorio, estamos refiriéndonos a la posibilidad de su ocurrencia y desconocemos su probabilidad, puede ocurrir, por lo tanto, debería tener una probabilidad, pero

37 Entendemos por Lógica, al estudio de los símbolos, en la que dividimos a los símbolos en términos, proposiciones y argumentos. Esta clasificación la obtenemos de Peirce de su artículo Sobre una nueva Lista de categorías (2012:80)

38 Andrei Nikolayevich Kolmogorov, (1903-1987), matemático ruso, hizo importantes descubrimientos en topología, axiomatización de la teoría de la probabilidad, teoría de conjuntos, estudio de turbulencia, complejidad algorítmica. Contribuyó a consolidar las matemáticas en su país.

39 En el capítulo sobre probabilidades en el compendio preparado por Aleksandrov, Kolmogorov y otros (1994), se presenta una explicación didáctica de los axiomas de Kolmogorov, y la derivación a los teoremas de la disciplina.

40 José Ferrater Mora, (1912-1991), filósofo y ensayista español. Se licenció en filosofía en Barcelona, enseñó en diversas universidades de Francia, Chile, Cuba y Estados Unidos. Conocido por su diccionario filosófico.

41 Nicolás de Cusa, (1401-1464), su nombre era Nicolaus Krebs, fue conocido como tal por su ciudad de nacimiento. Teólogo y filósofo, fue obispo y cardenal de la ciudad de Bresanona.

esta no es conocida. La historia de la ciencia nos muestra que en diversos temas de nuestro conocimiento, no sabíamos cómo medir ciertos temas y luego hemos aprendido hacerlo, por ejemplo, el descubrimiento del termómetro y el concepto de temperatura, dejamos de expresar la fiebre de una persona en términos referenciales para pasar a hablar en función de grados centígrados según la lectura de un termómetro. Este tipo de logros científicos o técnicos, nos lleva a pensar sobre lo que sabemos cómo posibilidad pero desconocemos su probabilidad, intuimos la opción de incorporarse en nuestro conocimiento, pero, como que aún no llega el tiempo para incorporarlo, producto de nuestra ignorancia, pero en la medida que avanzamos en nuestro conocimiento, incorporamos nuevos elementos teóricos y vamos asignando probabilidades a lo que era solo aleatorio.

Si un evento tiene una probabilidad, entonces tenemos un valor numérico que indica su posibilidad de ocurrencia, hay veces que se dice aleatorio, en el sentido de que puede ocurrir o no. El uso del término aleatorio confunde, nosotros lo diferenciamos al de probabilidad, por eso, definimos como aleatorio a un evento con probabilidad constante y desconocido. El matemático argentino Gregory Chaitin<sup>42</sup> (1987), define la aleatoriedad en relación a la computabilidad, asigna el paso desde el desconocimiento para luego llegar al de conocer, es decir de la aleatoriedad hacia la probabilidad, por ejemplo: sea el caso que no conocemos nada en un tema para poder hacer un programa de computadora (desconocemos en términos del saber científico y tecnológico) y en la medida que avanzamos en la investigación y comprensión del problema se logra formular y hacer un programa (se define como computable el problema que puede ser comprendido). Entonces el que podamos automatizar nuevos procesos de nuestras actividades, tiene un componente aleatorio, dado que no sabemos si es computable, una vez conocido y superado nuestro desconocimiento, formulamos su probabilidad de automatización e implementación dependiendo del tema, lugar, etc.

Las teorías científicas son descriptivas, explican temas según lo tratado, ahora bien, los filósofos de las ciencias no se han puesto de acuerdo sobre las características principales de una teoría científica, así hoy, continua el debate. Hay quienes consideran que una teoría debe predecir, pero hay discipli-

nas del conocimiento humano, que solo describen, como ejemplo: la sociología, la historia entre otros. El filósofo de la ciencia Popper, considera que la sociología y la historia son pseudo ciencias, porque no predicen, asumiendo que cada caso de estudio en estas disciplinas es único e irrepetible, mientras que en las ciencias exactas es posible repetir cada evento de estudio y por lo tanto predecir lo que ocurrirá, como se da en la astronomía, predecimos la llegada de ciertos cometas.

Sostenemos que las ciencias sociales e históricas contienen en común diversos aspectos con otras disciplinas del conocimiento, como ocurre con la biología en cuanto al estudio del comportamiento de las comunidades de diversos animales y la medicina en el estudio de comunidades de los microorganismos. Concluimos que la capacidad explicativa es la principal característica de una teoría científica, dejando entrever una capacidad predictiva, que solo será posible aumentarla mediante la utilización de nuestra maquinaria formal (matemáticas, lógica, modelos, computabilidad etc.). Es en este aspecto donde las teorías de la complejidad hacen suyo esta problemática.

Otro aspecto que tomamos en cuenta son los contextos que ocurren para obtener una teoría científica, así exponemos lo expuesto por el filósofo del círculo de Berlín, Hans Reichenbach (inicios del siglo XX) que indica que las teorías científicas deben ser consideradas, independientemente del contexto en que se producen, excluyendo aspectos de naturaleza psicológica del científico (internas) y las sociales e históricas (externas), de manera que una teoría adquiere como una personalidad, independiente de los aspectos internos y externos. La propuesta se enmarca en la tesis de la reconstrucción racional, en el sentido que el proceso de investigación es realizado cada día y siguiendo determinados pasos secuenciales y la formulación de la teoría se efectúa en la mente, de manera que lo último puede ser presentado como primero, inclusive independiente de otros aspectos. Sabemos que en una teoría axiomatizada, los axiomas (son las proposiciones que deducen la teoría) son condiciones iniciales para determinar los teoremas, pero cuando construimos una teoría, de repente los teoremas aparecen antes. Como ejemplo, el teorema de Pitágoras<sup>43</sup>, corresponde a 500 años antes de Cristo (Pitágoras vive en esas fechas) y Euclides<sup>44</sup>

42 Gregory Chaitin, (1947-), matemático argentino nacionalizado estadounidense. Estudio en la universidad de Buenos Aires, trabajo para el centro de investigación Thomas J. Watson de IBM, ahora trabaja en la Universidad de Sao Paulo en Brasil.

43 Pitágoras de Samos, (580 a.C.-495 a.C.), filósofo y matemático griego, considerado el matemático puro. Formulo principios que influyo en Platón y Aristóteles.

44 Euclides, (324 a.C.-265 a.C.), matemático y geómetra griego. Se le conoce como el padre de la geometría, conocido por su libro de Elementos, obra científica que resumen las matemáticas de su época.

define los axiomas de la geometría en 300 años antes de Cristo. Euclides es posterior a Pitágoras y el teorema ya estaba planteado cuando Euclides brillantemente axiomatiza la geometría que lleva su nombre.

En contraste a la idea de la reconstrucción racional, el físico y filósofo norteamericano Thomas Kuhn<sup>45</sup> en 1962 publica su libro "La Estructura de las Revoluciones Científicas", expresando la importancia de otros aspectos en la formulación de una teoría, tales como las desechadas por la reconstrucción racional, precisando la importancia de la comunidad científica y las creencias racionales y demostradas que tiene cada científico, precisando el término paradigma; luego sería criticado porque en su texto se encuentra más de 20 definiciones diferentes de paradigma, poco después, Kuhn cambiaría la palabra paradigma por matriz interdisciplinaria. Lo interesante de su propuesta, es el haber explicado la presencia de los componentes internos y externos en la investigación de un científico, luego disciplinas como el de la educación, sociología, e historia, entre otras, tomarán como propias las propuestas de Kuhn.

Se dice que una teoría científica es una reducción de la realidad, en la medida que explica solo parte de ella, con la finalidad de lograr su objetivo explicatorio, para este fin requiere eliminar aspectos no relevantes, excluyéndolos en la exposición de la teoría. En determinados campos de la investigación, sucede con cierta frecuencia, que consideramos aspectos como no necesarios y los ignoramos, pero ocurre lo contrario en las disciplinas complejas, muchas veces, lo no necesario resulta relevante. Esta característica de la variación de la relevancia explica la existencia de eventos que en un momento son no previsible y luego cambiar, de esta forma nos obliga a cambiar nuestras formas de estudiar y formular teorías. Ponemos un ejemplo emblemático de esta forma de encarar el avance de la teorización, la formulación del tiempo atmosférico, que nos ha llevado a establecer teorías que ayudan a predecir en cierta medida el clima; la importancia esta en la capacidad explicativa, monitoreando el comportamiento del clima para determinar con cierto grado de posibilidad lo que podría ocurrir. Esta forma de mirar el evento de estudio nos da la primera característica necesaria para el estudio de la complejidad, no ignorar ninguna variable o relación de la investigación, estas deben ser monitoreadas dentro de la teorización. Para este fin hemos avanzado en diversos aspectos matemáticos y computacionales, que

45 Thomas Kuhn, (1922-1996), físico y filósofo estadounidense, conocido por la utilización del término de paradigma.

permiten trabajar con mayor cantidad de variables y relaciones que en otros tiempos resultaron imposibles de realizar.

Otro aspecto para las teorías de la complejidad, es el concepto de emergencia, que se entiende al hecho de derivar una teoría diferente y con otras leyes desde un objeto de estudio con una teoría y leyes propias. En otros términos, si hemos formalizado un concepto o procedimiento (una teoría y su aplicabilidad en un determinado campo), de esa realidad de estudio surgirá algo nuevo y diferente, y será posible definir una nueva teoría. Un ejemplo que ilustra lo sostenido, son las teorías sobre el funcionamiento del cerebro humano (neurología) y sabemos que del cerebro surgen los pensamientos, en este caso, formulamos la teoría sobre las leyes del pensamiento (lógica), o la psicología sobre los pensamientos, en estos casos las leyes de las teorías emergente tienen autonomía de las leyes de las teorías de origen.

Hemos incorporado formalismos matemáticos para operar en cierto grado la emergencia, como ocurre con las funciones matemáticas, que al ser graficadas en la computadora tiene una forma, pero en la medida que graficamos intervalos más pequeños, la forma de la gráfica varía sustancialmente en relación a la forma original. Estas funciones matemáticas son estudiadas en el campo de los fractales y la función emblemática que suele tomarse para explicar estos casos es la presentada por el matemático polaco Benoit Mandelbrot<sup>46</sup>, estudioso de las funciones fractales y de los fenómenos denominados del caos<sup>47</sup>.

Los estudiosos de la complejidad priorizan la idea de las partes, esta es conocida como emergencia estructural, en el sentido que lo complejo está constituida por diversas partes, cada una tiene su funcionalidad, y en conjunto producen otra unidad. Esta idea tiene relación con el concepto de sistema, propuesta por el biólogo austriaco von Bertalanffy<sup>48</sup>, en 1950, publica el concepto de sistema. Hoy contamos con diversos métodos formales que tratan sobre los sistemas, que implican comunicación, procesos y algoritmos. Un ejemplo que ilustra la emergencia estructural es la teorización que tiene la medicina sobre el cuerpo humano, todo como un

46 Benoit Mandelbrot, (1924-2010), matemático polaco, trabajo en el centro de investigaciones Thomas B Watson de IBM, enseñó en diversas universidades, publicó en 1982 su documento *Fractal Geometry of Nature*.

47 Teorías del Caos, es la denominación a la rama de las matemáticas que trata ciertos tipos de sistemas dinámicos, sensibles a pequeñas variaciones.

48 Ludwig von Bertalanffy, (1901-1972), biólogo y filósofo austriaco, reconocido por su teoría de sistemas, en 1969 publica su libro *Teoría general de Sistemas*.

sistema y a su vez partes como sistemas: sistema circulatorio, sistema respiratorio, entre otros.

Finalmente otra característica a considerar, es la priorización en la observación de los casos particulares sobre las generalidades, esto se debe a nuestra facultad simplificativa, solemos precisar una teoría como generalización de hechos particulares, muchas veces nuestra generalización excluyen aspectos particulares. Esta forma de ver las cosas tiene su origen en la Grecia antigua, así encontramos en Heráclito<sup>49</sup> (500 a.C) quien afirmaba que el movimiento y el cambio eran las únicas realidades, mientras que Parménides<sup>50</sup> (500 a.C) sostenía que el movimiento es imposible y que el todo estaba constituida por una sustancia inmóvil. Este debate continua a lo largo del tiempo imponiéndose en cierta forma (primer round) el pensamiento de Parménides, al punto de ser considerado el primero en introducir el pensamiento racional. Pero desde nuestra perspectiva, y siguiendo el concepto que tratamos sobre la complejidad, cada evento particular es diferente uno de los otros, y si tomamos en cuenta esta idea, notamos que al estudiar los fenómenos complejos, cada particularidad es un caso de estudio diferente y por supuesto también común a otros casos. El ejemplo que ilustra esta idea es al observar un bosque de árboles de algarrobo (presente en nuestra costa norte del país), vemos que cada árbol es diferente uno del otro, pero todos refieren al árbol de algarrobo, si hay que cuidarlos hay que hacerlos con cada uno, así cuidamos a todos.

Para finalizar, resumimos las características para una teoría de lo complejo, primero: no ignorar los detalles pequeños, evitar caer en la reducción de la teoría (no debe excluirse completamente las variables y sus relaciones), segundo: considerar que puede surgir una teoría nueva del objeto en estudio (emergencia), tercero: considerar que una teoría está construido por partes y por ser de naturaleza ser conceptual es como un sistema y constituido por subsistemas, y cuarto: priorizar lo particular sobre la generalidad, sin descuidar las generalidades.

## V. CONCLUSIONES

Entendemos por riesgo a la posibilidad de ocurrencia de un evento no deseado, considerando que tiene origen accidental (no generalizable), este último

49 Heráclito de Éfeso (535 a.C.-484 a.C.), filósofo griego, su obra es escasa, el fundamento de su pensamiento está en el cambio incesante, todo se transforma en un proceso de continua nacimiento y destrucciones que nada se escapa.

50 Parménides de Elea, (530 a.C.-515 a.C.), filósofo griego, escribió solo un poema, niega la existencia de la nada, considera que lo que verdaderamente existe es homogénea, inmóvil y perfecto.

es un evento aleatorio, que resulta ser sin probabilidad (por ser aleatorio) o en su defecto, se asigna una que resulta ser nuestro grado de creencia de que ocurra. No es cualquier creencia, es una justificada y racional.

Las probabilidades son estudiadas en una rama de las matemáticas, que se independiza en la disciplina de las estadísticas. Pero la significación de la probabilidad, desde un punto de vista filosófico es diversa y hasta cierto punto, afirmamos que resulta ser un número que indica nuestro grado de creencia, entendiendo que son creencias sustentadas y demostradas con rigor científico. La probabilidad es lógica de las consecuencias.

Las teorías de la complejidad enriquecen la posibilidad de la reducción de los accidentes, así en el concepto de priorizar la individualidad del caso, exige la revisión específica de los riesgos en el caso particular y tomar las acciones correspondientes que mitiguen el riesgo.

Al revisar los casos, y considerando el concepto de emergencia, en posible obtener otra formalización teórica que explique temas nuevos derivados de los casos de estudio y que corresponda a otras leyes.

Existen impedimentos, no necesariamente matemáticos-rationales que justifican asumir el riesgo, como ocurre, al comparar la solución contra aspectos del tipo económico o legal. Hay que tomar en cuenta que en toda teorización, esta depende, de los que participan de una creencia, que en cierto sentido podemos llamar paradigma o matriz interdisciplinaria.

Existe una supuesta confrontación racional, en el sentido que si hemos evaluado los riesgos, y determinado las causas que producirían un siniestro, entonces los accidentes no se producirían. Pero esto no es lógico, en el sentido que toda teoría formal contiene el concepto de incompletitud, por tanto siempre habrá un accidente, y si creemos que podemos construir una teoría sin accidentes esta será incoherente. Este párrafo exige una revisión más exhaustiva, que se encuentra en relación a las propiedades teorías lógicas, pero para nuestro caso, lo expuesto es suficiente para establecer la relación entre aleatoriedad y probabilidad con el de riesgo.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- [1] Aleksandrov A.D., Kolmogorov A.N. Lurentiev M.A. y Otros. (1994). *La Matemática: Su Contenido, Métodos y Significado*. (Abad Rius Eduardo trad.). España: Madrid. Alianza Editorial.

- [2] Bennet, Deborah. (2000). *Aleatoriedad*. (Gonzales Fernando, Marcilla Fierro trad.). España: Madrid. Alianza Editorial.
- [3] Cohen I.B. (2005). *El Triunfo de los Números*. (Piñero Dulcinia trad.). España: Madrid. Alianza Editorial.
- [4] Chaitin, Gregory. (1987). *Information, Randomness and Incompleteness*. USA: NY. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- [5] De Laplace Pierre-Simon. (1985). *Ensayo Filosófico sobre las probabilidades*. (Castrillo Pilar trad.). Madrid: España. Alianza Editorial.
- [6] Donald Gillies. (2006). *Philosophical Theories of Probability*. England: London. Taylor & Francis Group.
- [7] Dubucs Jacques-Paul. (1993). *Philosophy of Probability*. Springer Science Business Media, B.V. (Vol 56). France: Paris. University of Paris – Sorbonne and C.N.R.S.
- [8] Ferrater Mora. (2004). *Diccionario de Filosofía*. España: Barcelona. Editorial Ariel.
- [9] García Álvarez, Miguel. (2008). *Introducción a la Teoría de la Probabilidad*. México, D.F. Fondo de Cultura Económica.
- [10] Hacking Ian. (2005). *El Surgimiento de la Probabilidad*. (Álvarez José Trad.). España: Barcelona. Gedisa S.A.
- [11] \_\_\_\_\_ (2006). *La Domesticación del Azar*. (Bixio Alberto Trad.). España: Barcelona. Gedisa S.A.
- [12] Hansson, Sven Ove. (2013). *Risk*. <http://plato.stanford.edu/entries/risk>. (2013, 15 de Octubre)
- [13] Hume, David. (1992). *Investigaciones sobre el Entendimiento*. (Holguin M. trad.). Colombia: Bogotá. Editorial Norma.
- [14] \_\_\_\_\_ (1984). *Tratado de la Naturaleza Humana*. Argentina: Buenos Aires. Editorial Orbis.
- [15] \_\_\_\_\_ (2003). *Investigación sobre el Conocimiento Humano*. (Club Joseph trad.). España: Madrid. Mestas Ediciones.
- [16] Kant, Immanuel. (2006). *Crítica de la Razón Pura*. (Rivas Pedro trad.). México, D.F. Taurus.
- [17] Kuhn Thomas. (2010). *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. (Solís Carlos trad.). México, D.F. Fondo de Cultura Económica.
- [18] Mloddinov, Leonard. (2010). *El Andar del Borracho*. (Mendizábal Susana trad.). España: Barcelona. Crítica.
- [19] Mosterín Jesús, Torretti Roberto. (2002). *Diccionario de lógica y filosofía de la ciencia*. Madrid: España. Alianza Editorial.
- [20] Mill, Stuart. (1959). *A System of Logic, Rationative and Inductive, being a connected of the Principles of Evidence and the Methods of Scientific Investigation*. London: Longmans.
- [21] \_\_\_\_\_ (1998). *La Naturaleza*. (Mellizo Carlos trad.). España: Madrid. Alianza Editorial.
- [22] Ortega Jorge. (2007). *Brevés Notas sobre Complejidad*. México: D.F. Facultad Matemáticas UNAM.
- [23] Pliego Martin, Mateos Gregory, Morales Aparicio y otros. (2002). *1ras Jornadas de Historia de la Estadística y de la Probabilidad*. España: Madrid. A.H.E.P.E.
- [24] Peirce C.S. (1878). *Deducción, inducción e hipótesis*. (1a ed.). (Ruiz J.M. Trad.). Buenos Aires, Argentina: Editorial Aguilar Argentina S.A.
- [25] \_\_\_\_\_ (1987). *Obra logico-semiotica*. (R. Alcalde y M Prelooker Trad.). España: Madrid. Taurus Ediciones.
- [26] \_\_\_\_\_ (2012). *Obra filosófica reunida. Tomo I (1867-1893)*. (Houser Nothan, Kloesel edit.). México: D.F. Fondo de Cultura Económica.

**Fuentes de financiamiento:**

Propia.

**Conflictos de interés:**

El autor declara no tener conflictos de interés.

**Contribución del Autor**

Preparación, creación y / o presentación del trabajo publicado, específicamente, la redacción.