

Aproximación a lo normal en medicina desde la lógica borrosa

Octavio Martínez Betancur · Bogotá

Introducción

El dominio de lo normal ha sido principalmente médico, aunque todas las disciplinas en lo tocante a los seres humanos, específicamente la política y la sociología, han acuñado el término. Para Augusto Comte, todas las características de algo se definían en relación con el estado normal y cuando trasladó el concepto de normalidad a la esfera política, lo normal dejó de ser el estado corriente de equilibrio o de estado medio que tenía entre los griegos clásicos inspiradores del concepto, y pasó a ser el estado purificado al que debía aspirarse. Para Comte el progreso y el estado normal estaban estrechamente ligados (1).

Comte creó una tensión en la idea de lo normal: lo normal como promedio existente y lo normal como figura de perfección hacia la cual debería tender el progreso humano, tensión que se extiende en la historia al campo de la sociología de Emile Dürkheim y Francis Galton, y que se condensa en principios eugenésicos (1-3).

Aunque en el dominio de las ciencias sociales se ha equiparado lo normal con salud, ambos términos no son ni epistemológica ni clínicamente equivalentes y no son dimensiones comparables ni cualitativa ni cuantitativamente. A su vez, patológico es lo contrario de sano, no de normal, puesto que estado patológico no significa ausencia de normas, sino presencia de normas distintas. Son muchas las propuestas hechas para definir operativamente el concepto de salud, concepto al que se han ido sumando criterios físicos, psicológicos, sociales, ambientales y económicos, a pesar de los cuales, persiste el obstáculo de lo patológico en los sistemas y en las funciones orgánicas, que ancla al médico a la investigación de la enfermedad y frustra la elaboración de un óptimo modelo de salud (4, 5).

La equívoca interpretación de las comunidades médica y social de los aspectos de normalidad y salud, genera conceptos falaces que se manifiestan en prácticas muchas veces atentatorias y discriminatorias contra personas y grupos socioculturales. Al "criterio" personal de normal o anormal se suman juicios de valor condicionados por factores culturales, sociales e históricos, al equiparar lo normal como lo positivo y deseable y lo anormal como defectuoso, no deseable y susceptible de ser modificado. Se lleva la diferencia hasta la polarización de tales condiciones, desconociendo que no es posible, salvo en condiciones extremas, distinguir un umbral de separación nítidamente evidente entre normal y anormal, dada la gran heterogeneidad de personas y grupos socioculturales (6, 7).

Se miden fenómenos de la vida y funciones vitales y se fijan valores normativos como estándares respecto a la salud, olvidando que la salud no es algo que se muestre como tal en exámenes, mediciones y patrones convencionales arbitrarios, sino algo que justamente existe porque escapa a ellos (8, 9). Si bien la estadística biomédica ha establecido normas, se ha visto limitada en su utilidad clínica por la riqueza de la variabilidad individual respecto a cualquier variable que analice. No existe un criterio universal de normalidad aplicable a todos los individuos de todas las sociedades y culturas en cualquier tiempo histórico. En el mundo real, penetrado por conceptos que no tienen mojones exactamente delimitados, donde la información es incompleta e incierta, no cabe tratar de describir la variabilidad humana, aisladamente o en grupos, en términos estrictamente matemáticos, aplicándoles la idea de "constantes".

Cuando algo como el estado normal se torna complejo como para ser comprendido completamente, aparece la incertidumbre en su determinación (8). Desde una perspectiva binaria, los problemas de certidumbre se resuelven delimitando las fronteras entre normal/anormal, salud/enfermedad, con puntos de corte precisos, sin tener en cuenta variaciones sutiles, presuponiendo lo verdadero como totalmente verdadero. Para que la medicina coteje la salud-enfermedad, lo normal-anormal como un verdadero proceso de continuidad de estados, es necesario admitir una ontología gradual en la que entre el ser y el no-ser-en-absoluto, se dé una frontera difuminada, una zona en la que lo que está, sea y no-sea al mismo tiempo, a manera de un continuo de existencia. En palabras de Gaston Bachelard (10), "(...) ciertos objetos científicos pueden tener, cada uno, propiedades que se verifican en tipos de experiencias opuestas".

Para la comprensión de los procesos médicos como un continuo normal-anormal, salud-enfermedad, decididamente hay que optar por lógicas abiertas a la multigradualidad existencial, sin que el compromiso existencial de la "analítica" aristotélica se convierta en un "obstáculo epistemológico" (11, 12). Entre las múltiples lógicas (lógicas restringidas, extendidas y divergentes) que presionan por romper los esquemas bivalentes de la lógica clásica, la más radical en su propuesta de abandonar la formalización

Dr. Octavio Martínez Betancur: Profesor Asociado, Unidad de Hematología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C.

con miras a la precisión y a que la lógica transija con la gradualidad del continuo normal/anormal, salud/enfermedad, está la lógica borrosa, la única que posibilita la pluralidad ontológica negada por la lógica bivalente y el principio de contradicción (13).

El objetivo de este trabajo es enjuiciar, desde la perspectiva pluralista de la corrección lógica (14) y desde el estrecho vínculo entre ontología y lenguaje (15), la concepción de lo normal forjada por la teoría de la probabilidad a partir de la lógica bivalente, y proponer alternativamente una mirada de la normalidad desde la lógica borrosa.

Lógica aristotélica y paradigma gaussiano

A la vez que el pensamiento lógico y teleológico peripatético influyó en la escuela dogmática médica entre Hipócrates y Praxágoras, especialmente con Diocles de Caristo, la medicina determinó conceptos filosóficos tanto éticos como morales. Las ideas éticas aristotélicas del término medio y de los dos extremos viciosos del exceso y del defecto fueron tomadas originalmente de la medicina (16, 17). Aristóteles tiene que agradecer en su concepción del justo "medio" o "medianía" moral, al pensamiento fisiológico de la medicina helénica. De igual manera, la ética aristotélica es parte de una antropología de base fisiológica para la cual el estado ideal es el equilibrio y "medio" de cualidades, elementos o humores. Aristóteles declara la fecundidad de la filosofía al provocar en un médico práctico la necesidad de una actitud ética y pedagógica. Pero la verdad es que lo fecundo de esa relación provenía de la medicina, como ejemplo de ciencia que tiende a la acción (ciencia "poética") y que rehabilita en su evolución paralela a la ética (ciencia práctica) (18, 19).

La filosofía aristotélica nació metafísica. Si se deja a un lado el componente teológico, la metafísica se identifica con el estudio de los rasgos formales que presentan todas las cosas en general, por el solo hecho de ser. La metafísica deviene ontología cuando estudia las diferentes "categorías" en que se ordenan y articulan las clases de cosas que existen. Tales "categorías del ser" serán los tipos de predicados a partir de los cuales se clasifican y califican todas las cosas. Al clasificar los predicados, se clasifican las cosas de las que se predicaban esos predicados, de tal manera que se relacionan profundamente las categorías con la forma de las proposiciones, que son aquello de lo que se predica verdad o falsedad. Esta relación permite considerar la teoría de las categorías aristotélicas como teoría lógica del lenguaje y a la vez teoría del ser u ontología (20).

La cuarta categoría del ser, el ser como verdadero (y el no-ser como falso), es el estudio de la lógica, no como ciencia sino como instrumento. El silogismo "científico" o "demostrativo", además de la corrección formal de la deducción, considera también el valor de verdad de las premisas (y de las consecuencias). Para Aristóteles, la ciencia, además de la corrección del procedimiento formal, implica la verdad del contenido de las premisas (21). Toda

proposición significativa, si es verdadera, limita el objeto de estudio y veda la verdad de alguna otra cosa. En este sentido, los principios lógicos condicionan la existencia y se pone de manifiesto la unión entre ontología y la lógica aristotélicas (22).

Es a través del razonamiento silogístico que se extraen, por deducción, las verdades particulares de las premisas universales, verdaderas. Se han de encontrar los principios y premisas de la demostración más importantes, más básicos, que estén mejor fundamentados que los demás. Cada ciencia asumirá sus propios principios y premisas, como exclusivos de ella, pero hay algunos "axiomas", o proposiciones verdaderas intuitivas en virtud de las cuales se efectúa la demostración, que son comunes a todas las ciencias, sin excepción. Se trata de los principios que pueden calificarse de trascendentes, o sea, válidos para cualquier forma de pensar en cuanto tal, es decir, necesarios y autoevidentes (conocidos por sí mismos y por tanto, primeros). Constituyen las condiciones incondicionales de toda demostración y resultan obviamente indemostrables, porque cualquier forma de demostración los presupone (21, 23 - 26).

En su versión ontológica, tales principios propios de todas las ciencias sin excepción (21, 22, 27), son el "principio de contradicción" ("Es imposible que un mismo atributo pertenezca y no pertenezca simultáneamente a una misma cosa"; o también: "Es imposible que la misma cosa sea y no sea al mismo tiempo"), y los "principios de identidad y de exclusión de tercero", estrechamente vinculados con el de "contradicción" (toda cosa es ella misma, no es posible que haya término medio entre dos términos contradictorios). La formulación lógica alternativa del "principio de identidad" afirma que si una proposición es verdadera, es verdadera; la del de "contradicción" que ninguna proposición puede ser verdadera y falsa; y la del de "exclusión de tercero" que toda proposición debe ser verdadera o falsa. Es a través de la aplicación de esos principios de pensamiento, en sus dos vertientes, la ontológica y la lógica, que la cultura occidental asume posturas polares bivalentes, mutuamente excluyentes en su visión del mundo, como verdadero o falso, blanco o negro, bueno o malo, todo o nada, normal o anormal, "A o no A", negando la posibilidad de un continuo de relaciones de identidad entre situaciones extremas. Así pues, el ser, considerado ante todo como sustancia, es sujeto proposicional en la medida en que por él toda predicación, siempre binaria por naturaleza, sólo tiene sentido con relación a un sujeto cuya identidad excluya uno de los opuestos (28).

Algunos de los predecesores de Aristóteles atribuyen muchos fenómenos naturales al azar, pero él rechaza esta concepción. En opinión de Aristóteles, "todo conocimiento trata o de lo que es válido siempre o de lo que es válido en la mayor parte de los casos". Aristóteles cree que en la naturaleza algunas cosas no ocurren invariablemente, sino sólo la mayor parte de las veces e identifica lo accidental con las excepciones a lo que pasa la mayor parte de las

veces. No hay para él conocimiento de lo accidental y, aunque reconoce que hay fenómenos accidentales, aduce que no puede haber ciencia alguna para su estudio. La negativa de reconocer los sucesos fortuitos, parte de lo infructuoso que sería explicarlos causalmente, y admite que no todos los sucesos son capaces de ser comprendidos científicamente, porque no todo presenta el tipo de regularidad que requiere la ciencia. Al rechazar el azar y al categorizar la sustancia como un fluir del ser entre el acto y la potencia, idea de un continuo que hoy se llamaría un "conjunto denso cualquiera", Aristóteles se aleja del pensamiento probabilístico, el cual necesitó para su desarrollo la concepción filosófica de un mundo discontinuo, de la medición y de los juegos de azar.

Una de las principales razones de la caída de los principios aristotélicos es la aplicación científica de métodos cuantitativos al estudio de la naturaleza inanimada (29). Los escritos de Platón y Aristóteles celebran un planteamiento no metrológico de la realidad, casi anti-metrológico. No creían que los sentidos humanos fueran capaces de medir la naturaleza con exactitud. Dividían los datos en dos clases: aquello de lo que podemos estar muy seguros y aquello de lo que nunca podremos estar seguros. Aristóteles afirmó que el matemático mide las dimensiones sólo después de "eliminar todas las cualidades perceptibles, por ejemplo, el peso y la ligereza, la dureza y su contraria, y también el frío y otros contrarios perceptibles". Encontraba la descripción y el análisis más útiles en términos cualitativos que en términos cuantitativos. Aristóteles aceptaba los datos sensoriales, pero dudaba que las matemáticas tuvieran mucha utilidad para interpretar dichos datos. De 1275 a 1325, alguien construyó el primer reloj mecánico y el primer cañón de Europa, dos cosas que obligaron a los europeos a pensar en términos de tiempo y espacio cuantificados e ir más allá de una simple acumulación de datos sensoriales (30).

Los científicos formados en las disciplinas de la astronomía y la geodesia se vieron confrontados con el problema de cómo trabajar con mediciones discrepantes de un fenómeno, dado que se suponía constante. Surgió así una gran discusión sobre cómo acometer las discrepancias originadas por las mediciones. Si todas las mediciones arrojaban diferencias, ¿cuál de las mediciones era la correcta? ¿hasta qué magnitud podía considerarse una diferencia "ligera"? Si se llevaba a cabo una medición para la cual no se dispusiera de otras mediciones comparables, ¿qué probabilidad había de que estuviera equivocada en una magnitud pequeña o grande? La magnitud a que ascendía la desviación de la observación de la medida correcta (la diferencia entre dos observaciones) fue denominada error de la observación o error de medida. En 1632 Galileo había formulado algunas proposiciones sobre los errores de observación: 1) que los errores son inevitables, 2) que los pequeños errores son más probables que los grandes, 3) que los errores de medición son simétricos (igualmente inclina-

dos a la sobrestimación que a la infrastimación), y 4) que el valor verdadero de la constante observada se encuentra en la proximidad de la mayor concentración de mediciones (31).

Como toda estimación estaba sujeta a errores aleatorios de medición, en la primera mitad del siglo XVIII los científicos estaban muy interesados en dar con una "combinación" satisfactoria de las diferentes observaciones, y la mayoría consideraron la media aritmética como la representación más precisa del valor "verdadero" del que discrepaban las mediciones. Dado que nadie sabía cuál era la mejor y cuál la peor medida, la media resultaba una elección segura. La elección del promedio de varias observaciones fue concebida como una estimación razonable del valor exacto medido. En un ensayo escrito en 1756, Thomas Simpson trató de demostrar la ventaja de emplear en astronomía la media de varias observaciones en lugar de una observación simple. En él demostraba que las posibilidades de que la media fuera errónea en una cierta magnitud eran menores que las posibilidades de que una observación simple fuera errónea en igual grado (31).

En una memoria escrita en 1778, Pierre-Simon de Laplace, describió una curva de probabilidades para sumas o medias que terminaría convirtiéndose en la curva de errores de observaciones. Más tarde, en 1808, la curva normal de distribución de errores aleatorios, como se suele describir formalmente esta curva campaniforme, fue desarrollada de forma independiente por Robert Adrian, y un año más tarde por el famoso matemático, físico y astrónomo alemán Cari Friedrich Gauss. Gauss aplicó la curva normal como la ley que describía la probabilidad de errores en observaciones astronómicas en un estudio sobre los movimientos de los cuerpos celestes. La síntesis de los trabajos de Laplace-Gauss postulaba la idea de que cómo ciertos fenómenos, tales como los errores, se comportaban como sucesos aleatorios, éstos podrían ser descritos predeciblemente mediante distribuciones de probabilidad, particularmente mediante la distribución normal o con forma de campana. Por otra parte, no sólo las frecuencias de ciertos datos, como los errores aleatorios, siguen una distribución normal, sino que la distribución de la probabilidad de la suma o de la media de cualquiera de dichos datos también es aproximadamente normal. De este modo, la curva de distribución normal comenzó como una "teoría de los errores" en disciplinas en las que se creía que los errores de las mediciones o las fluctuaciones naturales se comportaban aleatoriamente. Posteriormente, el teorema central del límite llegó a ser considerado como una ley universal, la ley normal de los errores aleatorios, hasta que Karl Pearson demostró que tan sólo unas pocas muestras supuestamente normales resultaban seguir una distribución normal. Pearson aplicó una prueba estadística de bondad de ajuste (chi-cuadrado) para confirmar si la distribución de un conjunto de datos se ajustaba realmente a la distribución supuesta en la hipótesis de partida. Pearson examinó varios

conjuntos de datos que presumiblemente seguían una distribución normal y concluyó "que la curva normal no presenta una aptitud especial para describir errores o desviaciones como las que surgen en la práctica de la observación o en la naturaleza". De acuerdo con Pearson, la teoría de los errores, o de la distribución normal, no era una ley universal de la naturaleza (31, 32).

Previamente al descubrimiento de la campana de distribución como curva de probabilidad de los errores en las mediciones, su fórmula fue empleada por Abraham De Moivre con el propósito de estimar probabilidades discretas, particularmente las relacionadas con cálculos de laboratorio. De Moivre trabajaba sobre sucesos que tenían la misma probabilidad de suceder o no, similares al lanzamiento de una moneda, en el cual hay la misma probabilidad de que salga cara o de que no. De Moivre descubrió que se podía obtener una aproximación bastante buena de dichas probabilidades calculando las áreas bajo lo que hoy se considera la curva normal. De Moivre merece el reconocimiento de haber sido el primero en descubrir la fórmula de la curva normal, aunque la desarrolló como una forma de estimar probabilidades discretas y no como una forma de hacer frente a los errores en las mediciones (31).

En los siglos XVII y XVIII, a medida que la teoría de la probabilidad evolucionaba a partir de los juegos de azar e iba ganando impulso entre los matemáticos, el campo de la estadística fue avanzando en todo un frente de disciplinas aparentemente sin relación (33).

En medicina clínica el significado de normalidad somática se ha llevado al terreno de la estadística, asignándosele dos tipos de interpretación: la normalidad aislada o univariada y la normalidad correlacionada o multivariada. El significado de normalidad univariada se establece con la partición arbitraria de una serie de valores de una variable única, tal como peso, talla, edad, colesterol, etc., configurando un "rango de normalidad". El reto que se impone al clínico es escoger el mecanismo estadístico para la demarcación de las fronteras superior e inferior que delimiten dicho rango. A su vez, en la normalidad bivariada, los valores de una única variable son considerados como normales de acuerdo a cómo se relacionen con otra variable de interés, usualmente de desenlace (34).

La partición estadística usual de la zona llamada "rango de normalidad" depende de tres juicios arbitrarios acerca de proporciones, localización y simetría. Los juicios de localización y simetría vienen de la curva "normal" de Gauss. Esta curva acampanada regularmente se marca con una línea vertical cerca de cada extremo o "cola" de la distribución de valores, correspondiente a dos desviaciones estándar por debajo y por encima del valor promedio de la distribución. El 95% de los valores está contenido en la parte central por estas dos líneas, de tal manera que el 2.5% de la población está simétricamente distribuido por fuera de ellas. La suma de estos dos grupos de valores extremos, constituye la porción inusual o anormal de la distribución.

Podría leerse el enfoque gaussiano de normalidad, aseverando que lo que es normal para la población es normal para el individuo (34, 35).

Con el primer juicio, se decide que uno de cada 20 valores de una variable es de presentación infrecuente, por lo que cabe considerarlo como un valor "anormal", o sea, por fuera de la zona "normal". Con el segundo juicio, se decide que el 95% de valores de la zona de normalidad se localizan en la porción central de la distribución de la variable. Con el tercer juicio, se decide colocar el 95% en el centro exacto de la distribución, de tal manera que el 5% restante de los valores de la variable se divide simétricamente, con 2.5% de los valores a cada lado, en las "colas" de la distribución (32).

Aunque estos juicios son completamente arbitrarios, la estrategia es enteramente consistente con la teoría estadística y derivada de ella. La elección de las proporciones se basa en las "pruebas de significación estadística", que se fundamentan en la idea que el 5% de los eventos son suficientemente infrecuentes para ser llamados "significativamente inusuales", o bien, "anormales". Se demarca así el criterio de lo normal como la condición más habitual o que ocurre con más frecuencia en la población, y lo que ocurre infrecuentemente, como anormal (34, 36).

El emplear el enfoque gaussiano en la definición de la normalidad, conlleva limitaciones y problemas conceptuales. La realidad clínica es que la mayoría de variables biológicas somáticas no muestran simetría gaussiana. Por el contrario, las curvas de distribución de frecuencias para datos médicos son marcadamente sesgadas y la forma de los picos de las curvas, o muy altos o muy cortos, dista mucho de ser acampanada como la curva "normal". Cuando la distribución contiene tales aberraciones, no puede calcularse un "rango de normalidad" central del 95% con la estadística usada por una curva de Gauss puesto que arroja resultados distorsionados o carentes de sentido biológico, como serían por ejemplo, valores negativos de peso o talla, estableciéndose un conflicto entre el paradigma estadístico y la realidad biológica. Otra limitación de esta estrategia, es el límite arbitrario de anomalía de 5%, puesto que la prevalencia de todas las enfermedades sería la misma, 5%. Esto no es consistente con la frecuencia informada de diferentes enfermedades, a más que no hay una relación general entre el grado de rareza estadística y enfermedad clínica (34, 36).

Los críticos de la estrategia gaussiana han sugerido que se abandone la frase "rango de normalidad", por no tener un significado real, puesto que sus fronteras excluyen partes del espectro total de valores que puede encontrarse en personas saludables. Es decir, no por tener un valor de una variable biológica inusualmente alto o bajo, un individuo es anormal. Ningún criterio estadístico de normalidad puede dar cuenta por sí solo de la inmensa variabilidad biológica del ser humano. La referida distribución "normal" gaussiana debe escribirse en adelante con N mayúscula

para enfatizar que Normalidad no necesariamente implica normalidad. La normalidad no debe conjuntarse con probabilidad. Normalidad y probabilidad son conceptos destinados a efectuar pruebas estadísticas y a hacer inferencias sobre la población (37).

Las distribuciones de frecuencia de las mediciones con las que los clínicos trabajan habitualmente no tienen separaciones claras o dos picos que distingan los resultados normales de los anormales. Las razones son varias. Para muchas pruebas de laboratorio, no hay ni siquiera razones teóricas para creer que existan poblaciones diferentes, sana y enferma. La enfermedad se adquiere por grados, con una transición gradual de valores de laboratorio con grados crecientes o decrecientes de disfunción. En poblaciones no seleccionadas, los pacientes enfermos generalmente no sobresalen, porque hay muy pocos de ellos en relación con las personas normales y porque los valores de laboratorio para la población enferma se superponen a los de los normales. La curva de distribución para la población sana, incluye a la curva de distribución para la gente enferma. Por otra parte, si se mezclan una población normal y una anormal en proporciones equivalentes, la distribución resultante podría entonces mostrar dos picos de frecuencia. Aun así, sería imposible escoger un valor de la prueba que separe claramente a las personas anormales de las normales, puesto que no hay una clara línea divisoria entre lo normal y lo anormal (36).

La distribución bivalente del pensamiento dicotómico de la lógica clásica ha signado negativamente a la sociedad occidental. Este modelo de pensamiento sólo tiene dos extremos verificables: el mundo es blanco o negro. Se olvida que el mundo no es bivalente, que es gris. Cada cosa fluye hacia no cosa. No se puede trazar un límite exacto en el que un individuo es normal para pasar al estado anormal. Lo que existe es un solapamiento de estados sin fronteras exactas.

Incertidumbre lexicológica y lógica borrosa

La incertidumbre estocástica trata con la incertidumbre respecto a la ocurrencia de un determinado evento y es cuantificada por medio de probabilidades en combinación con otros métodos estocásticos. Un tipo distinto de incertidumbre subyace en el lenguaje humano, la llamada incertidumbre lexicológica. Este tipo de incertidumbre tiene que ver con la imprecisión que es inherente a la mayoría de las palabras usadas para evaluar conceptos y derivar conclusiones. Las palabras que usamos clasifican objetos como "categorías subjetivas", de tal manera que se evalúa el mundo real por el grado en que se satisfacen criterios subjetivos (38).

La gran mayoría de los diagnósticos médicos se hacen en términos no dimensionales y mediante descripciones verbales. La vaguedad lingüística aparece cuando se hace referencia al estado físico de una persona en términos de gradualidad de sus particularidades (39). En el lenguaje

corriente dicha gradualidad la construimos con el empleo de adverbios de intensidad o de atenuación para indicar el grado en el que una persona posee una propiedad: "enteramente", "un tanto", "bastante", "poco", "sumamente", etc. El otro tipo de frases es el de las construcciones comparativas, ya sea de inferioridad, superioridad o igualdad. El poder que tiene dicha vaguedad para el manejo de nuestra realidad se ponen de manifiesto con la suficiencia y la eficiencia que demuestran en los procesos de comunicación y decisión humanas, a pesar de que pareciera no contar con información útil. Expresiones habituales cargadas de vaguedad sobre el estado físico aparente de un individuo en la clínica médica son, por ejemplo, "el grado de enflaquecimiento de ese sujeto es marcado", "ese sujeto es obeso", "está con el peso adecuado". Cuando se recurre a ajustar dichas sentencias con valores absolutos, definitivos, se sacrifica información útil. Si se dice, por ejemplo, que tal sujeto pesa 80 kilogramos, no sabremos si en verdad, para tal sujeto, dicho peso lo hace flaco u obeso, liviano o sobrepesado y en qué magnitud. Así pues, cuando se pasa de un sistema de descripción que podría ser analógico a un sistema digital, se suprime algún valor semántico (40).

El establecimiento de puntos de corte para valores fronterizos de una expresión médica vaga o borrosa, es decir, tratar de remover la vaguedad de las sentencias médicas es continuar con los juicios bivalentes arbitrarios de los consensos estadísticos. Borrosidad significa multivalencia. Quiere decir, en palabras de Bart Kosko (41), que hay tres o más opciones, quizá un espectro infinito, y no sólo dos extremos. Lo que hace que las propiedades borrosas sean tales no es la borrosidad sino la gradualidad. Esa gradualidad es objetiva, hay grados de verdad que son otros tantos grados de existencia de hechos. El principio borroso afirma que todo es cuestión de grados.

La teoría de los conjuntos borrosos, como la introdujo en 1965 Lotfi Zadeh, tiene su raíz en la naturaleza social del entendimiento humano. Nuestras capacidades para entender "siguiendo el hilo" de la conversación o en contexto, se han desarrollado a través de la experiencia compartida y del proceso de enseñanza-aprendizaje, a través del mecanismo de hacer borroso el significado de los enunciados, de tal manera que sean entendibles, aceptables y operacionales para una multitud con diferentes puntos de vista mental, emocional y espiritual. Es como si los conceptos borrosos estuvieran impregnados con un significado virtual, producto de la convivencia, que da el espacio para extender, elaborar y negociar el significado central que lleva cada una de las palabras usadas para construir un concepto. El significado virtual actúa como un catalizador de la creatividad humana, activando y materializando el esfuerzo de las personas en la búsqueda por un entendimiento de su mundo. Si la aproximación a los conjuntos borrosos ha ofrecido opciones viables para evitar indecisiones y confrontaciones en la complejidad de grupos sociales cuando se trata de decidir y negociar, por qué no habría de ser útil en medicina

para dirimir conflictos de opinión entre normal-anormal, salud-enfermedad (42, 43).

De acuerdo con la teoría de los conjuntos borrosos, el significado de las palabras no puede ser definido con precisión, puesto que cada constructo en uso puede ser descrito por un conjunto de "grados de libertad", o sea, formas de entendimiento (interpretación y transformación de acciones) por los diferentes individuos o grupos. El significado de un constructo lingüístico relacionado con un conjunto borroso será más rico en la medida en que sean más diversos sus elementos. Si una persona A comunica algún concepto borroso a B y B lo mal entiende, o sea, no lo interpreta en la forma en que A espera que lo haga, esto no debe destruir el proceso de comunicación. Por el contrario, la forma de interpretación dada por B amplía el significado virtual del concepto, estimulando la creatividad de A. En vez de ser únicamente emisor y receptor de significados aportados por conceptos borrosos, A y B se convierten en coautores de significados (44).

En el mundo real, los conceptos no tienen fronteras exactamente definidas, dado que la información es a menudo incompleta e incierta. Puesto que la mente humana no puede manejar infinidad de ideas aisladas a la vez, tiende a relacionarlas y agruparlas en categorías con el fin de reducir la complejidad de la tarea de procesar información. Kosko (41) dice poéticamente que apilamos el mobiliario del universo en conjuntos difuminados. Agrupamos las cosas en conjuntos borrosos, jugamos con los grupos y buscamos conexiones. Aplicar la lógica borrosa es razonar con conjuntos borrosos. Así pues, pensamos con conjuntos borrosos y las palabras nombran conjuntos de cosas. Cuando las cosas pertenecen a los conjuntos en cierto grado, el conjunto es borroso. Es una cuestión de grado y por ende, hay conjuntos borrosos más borrosos que otros. Si las cosas pertenecen a un conjunto en cierto grado, también pertenecen a él como no cosas en cierto grado. Es decir, en dichos conjuntos borrosos, los elementos se encuentran caracterizados por su grado de pertenencia y no-pertenencia a los mismos. "A y no-A a la vez" vale en cierto grado. Cada elemento de un conjunto borroso, a la vez pertenece y no pertenece en cierto grado al mismo. Cuanto más se parece una cosa a su contraria, más borrosa es, y la mayor borrosidad se da cuando la cosa es igual a su opuesta: las personas entre dos aguas, el discreto balance entre normal y anormal, salud y enfermedad.

Que sea borrosa una propiedad significa que alguien puede poseerla, o carecer de ella, en una medida no total, o sea, que se dan grados de posesión de la misma. Alguien puede poseer una propiedad aunque sea sólo hasta cierto punto, o en cierta medida no completa. El grado de posesión de una propiedad por un sujeto, o el grado de pertenencia de un miembro a un conjunto, es el grado de verdad de la oración que afirma el hecho correspondiente. O sea, la verdad en lógica borrosa es concebida como fidelidad a la descripción, en grados. Por ejemplo, se da la equivalencia

entre "el paciente está muy enfermo" y "es muy cierto (=verdadero) que el paciente está enfermo". Consideraciones similares valen con respecto a las construcciones comparativas. Comparar dos sujetos, A y B, en lo concerniente al grado de posesión de una misma propiedad, no es sino comparar grados de verdad de las dos oraciones que prediquen tal propiedad de A y de B. Así, que el paciente A esté más enfermo que el paciente B, equivale a que es más verdad que A esté enfermo que el que B esté enfermo. A esta interpretación de grados de verdad, se la llama extraccionismo: a los grados de posesión o pertenencia corresponden sendos grados de verdad (45).

Siguiendo la teoría referencial de la verdad o verdad semántica, según la cual la verdad de una oración consiste en la existencia del hecho o estado de cosas por ella denotado o significado, el que una oración sea más verdadera que otra, entraña que el referente de la primera sea más existente que el de la segunda: hay grados de existencia. Para retomar los ejemplos anteriores, puesto que el valor de verdad de la oración "el paciente A está muy enfermo" es mayor que el de "el paciente B está enfermo", implica que el paciente A pertenece más que el paciente B al conjunto de los más enfermos. La pertenencia del paciente A al mencionado conjunto es más real que la pertenencia del paciente B al mismo conjunto (45).

Así pues, siempre que se den grados de ejemplificación de una propiedad, o grados de pertenencia de alguien a un conjunto, se dan también grados de existencia. Una ontología gradual es una que, entre el ser y el no-ser en absoluto, admite un margen, una zona en la que lo que está, es y no es. Se trata de una lógica extensional y divergente que no admite los principios de no-contradicción y tercero excluido (45).

Aunque se ha dicho que la borrosidad es probabilidad disfrazada y que lo que se hace con la borrosidad se puede hacer sin ella, es un hecho que la lógica borrosa ha permitido zanjar las diferencias entre las matemáticas y el mundo real. A la pregunta de cuál es la relación entre los valores de verdad borrosa y probabilidades, se ha de responder de manera que se aclaren dos aspectos: primero, cómo es que la teoría borrosa difiere de la teoría de la probabilidad matemática, y segundo, cómo difieren en interpretación y aplicación.

Semánticamente, la distinción entre lógica borrosa y teoría de la probabilidad tiene que ver con la diferencia entre las nociones de probabilidad y grado de membresía o pertenencia. Los enunciados de probabilidad están relacionados con la posibilidad de la ocurrencia de un evento. Con la borrosidad, por el contrario, lo que se quiere es tratar de modelar la magnitud a la cual ocurrió un evento. Por otra parte, un requerimiento mínimo de las probabilidades es que en total sumen uno, lo que en general no sucede con los grados de membresía. La distinción bivalente inclusión/exclusión manejada en la teoría clásica de conjuntos se convierte en una distinción polivalente en la que cabe la

posibilidad de muchos grados de pertenencia. La convención utilizada para denotar los grados de pertenencia es asignar el valor uno al grado de pertenencia más fuerte, el valor cero al grado de pertenencia más débil y valores reales en el interior del intervalo (0, 1) a grados de pertenencia intermedios, lo que permite que ciertas premisas sean parcialmente ciertas y también parcialmente falsas (41, 46). Los valores de verdad de la lógica clásica son reemplazados por valores borrosos de verdad, subconjuntos caracterizados como "verdadero, falso, no verdadero, muy verdadero, no muy verdadero, más o menos verdadero, bastante verdadero, no muy verdadero y no muy falso..." (13).

Todo conjunto borroso, conjunto de todos los elementos o proposiciones, no obstante su nombre, está bien definido y sus propiedades se cumplen como en otros conjuntos. Lo que sucede en los conjuntos borrosos es que sus elementos están multiplicados por legión de predicados vagos que ponderan o califican todos los elementos, o parte de ellos, que constituyen el conjunto borroso. Lo crucial es reconocer que la lógica borrosa es una lógica de la borrosidad, no una lógica que *per se* sea borrosa. Así como las leyes de la probabilidad no son aleatorias, las leyes de la borrosidad no son vagas. Los elementos de las variables se agrupan en conjuntos borrosos, a los que solamente pertenecen en cierto grado. Los conjuntos borrosos contienen subconjuntos borrosos que acotan y amplían en cierto grado cualidades del conjunto borroso. Los elementos constitutivos de los conjuntos y subconjuntos borrosos están calificados por predicados vagos que son los que definen el grado de pertenencia al conjunto o subconjunto borroso en cuestión (41).

La lógica borrosa es básicamente una lógica multivaluada que permite valores intermedios a ser definidos entre evaluaciones convencionales sí/no, verdadero/falso, blanco/negro, normal/anormal, sano/enfermo. Además provee un esquema representacional y un cálculo para fácil manipulación de conceptos vagos e inciertos, los cuales pueden simultáneamente pertenecer parcialmente a dos o más subgrupos con valores diferentes u opuestos. En lógica borrosa no hay límites. En lógica borrosa se parte del concepto de graduación de la verdad y lo único que se precisa es ampliarla con arreglo a las capacidades personales y materiales (47). La lógica borrosa no es un sistema que se imponga como si fuera la primigenia ontogénesis de la realidad suprema. Se trata únicamente de actos de distinción, de procesos de observación, de perspectivas particulares, por medio de los cuales puede hacerse más amable la relación con el mundo y sus ámbitos de sentidos (46).

Referencias

- Hacking I. El estado normal. En: Hacking I. La domesticación del azar. La erosión del determinismo y el nacimiento de las ciencias del caos. Barcelona. Gedisa 1995: 231-243.
- Thompson K. El desarrollo de la posición intelectual de Comte. En: Thompson K. Augusto Comte. México. Fondo de Cultura Económica 1995: 28-35.
- Dürkheim E. Reglas relativas a la distinción entre lo normal y lo patológico. En: Dürkheim E. Las reglas del método sociológico y otros escritos sobre filosofía de las ciencias sociales. Madrid. Alianza 1995: 102-131.
- Martí JL. Lo que entendemos por salud. En: Martí JL. El descubrimiento científico de la salud. Barcelona. Anthropos 1999: 9-37.
- Martí JL. La salud y su relación con la enfermedad. En: Martí JL. El descubrimiento científico de la salud. Barcelona. Anthropos 1999: 39-98.
- Goic A. La esquivia normalidad. En: Goic A. El Fin de la Medicina. Santiago de Chile. Mediterráneo 2000: 57-69.
- Hertzman C, Frank J, Evans RG. Heterogeneidades en el estado de salud y determinantes de salud de una población. En: Evans RG, Barer ML, Marmor TR. ¿Por qué alguna gente está sana y otra no? Madrid. Diaz de Santos 1996: 73-101.
- Gadamer HG. Filosofía y medicina práctica. En: Gadamer HG. El estado oculto de la salud. Barcelona. Gedisa 1996: 109-118.
- Gadamer HG. El estado oculto de la salud. En: Gadamer HG. El estado oculto de la salud. Barcelona. Gedisa 1996: 119-131.
- Bachelard G. La lógica no-aristotélica. En: Bachelard G. La filosofía del no. Buenos Aires. Amorrortu 1993: 88-111.
- Bachelard G. Psicoanálisis del conocimiento objetivo. En: Bachelard G. Epistemología. Barcelona. Anagrama 1971: 187-217.
- Bachelard G. Los obstáculos del conocimiento cuantitativo. En: Bachelard G. La formación del espíritu científico. México. Siglo XXI 1982: 248-280.
- Haack S. Lógica y lógicas. En: Haack S. Filosofía de las lógicas. Madrid. Cátedra. 2ª ed. 1991: 176-193.
- Haack S. Algunas cuestiones metafísicas y epistemológicas acerca de la lógica. En: Haack S. Filosofía de las lógicas. Madrid. Cátedra. 2ª ed. 1991: 246-267.
- Jaspers K. El lenguaje. En: Jaspers K. Lo trágico. El lenguaje. Málaga. Agora 1995: 107-189.
- Jaeger W. El desarrollo de la metafísica. En: Jaeger W. Aristóteles. México. Fondo de Cultura Económica 1997: 224-262.
- Barnes J. Ciencia. En: Barnes J. Aristóteles. Madrid. Cátedra. 2ª ed. 1993: 59-65.
- Lain P. Historia Universal de la Medicina. Barcelona. Masson Multimedia y XL Sistemas. 1998
- Lain P. El saber médico en la antigüedad clásica. En: Lain P. Historia de la medicina. Barcelona. Masson-Salvat 1994: 59-110.
- Cabanchik S. Un mundo, muchos mundos, ningún mundo. En: Cabanchik S. Introducción a la filosofía. Barcelona. Gedisa 2000: 93-123.
- Reale G. La fundación de la lógica. (Análisis del *Organon*). En: Reale G. Introducción a Aristóteles. Barcelona. Herder. 2ª ed. 1992: 135-157.
- Cohen M, Nagel E. Algunos problemas lógicos. En: Cohen M, Nagel E. Introducción a la lógica y al método científico. Buenos Aires. Amorrortu. 1993: 203 - 219.
- Antiseri D, Reale G. Aristóteles y el peripato. En: Antiseri D, Reale G. Historia del pensamiento filosófico y científico. Tomo primero. Barcelona. Herder. 2ª ed. 1991: 159-200.
- Magee B, Nausbaum M. Aristóteles. En: Magee B. Los grandes filósofos. Madrid. Cátedra. 2ª ed. 1995: 35-58.
- Reale G. La filosofía moral. (Análisis de la *Ética a Nicómaco*). En: Reale G. Introducción a Aristóteles. Barcelona. Herder. 2ª ed. 1992: 97-112.
- Ackrill JL. La filosofía de la ciencia. En: Ackrill JL. La filosofía de Aristóteles. Caracas. Monte Avila. 1984: 171-207.
- Ibarra C. Nociones preliminares de lógica. En: Ibarra C. Elementos fundamentales de lógica. México. Alhambra. 1996: 41-81.
- Meyer M. Las aporías de la ontología: de Aristóteles a Heidegger. En: Meyer M. Por una historia de la ontología. Barcelona. Idea Books. 2000: 37-56.
- Barnes J. Evidencia y teoría. En: Barnes J. Aristóteles. Madrid. Cátedra. 2ª ed. 1993: 116-121.
- Crosby AW. Pantometría: Introducción. En: Crosby AW. La medida de la realidad. Barcelona. Crítica 1998: 15-28.
- Bennett DJ. ¿Azar o necesidad? En: Bennett DJ. Aleatoriedad. Madrid. Alianza 2000: 68-86.
- Bennett DJ. Orden en el caos aparente. En: Bennett DJ. Aleatoriedad. Madrid. Alianza 2000: 87-103.
- Condorcet. Matemáticas y sociedad. México. Fondo de Cultura Económica 1990: 1-187.
- Feinstein AR. XXVII. The derangements of the "range of normal". *Clin Pharmacol Ther* 1974; **15**: 528 - 540.
- Elveback LR, Guillier CL, Keating FR. Health, Normality, and the Ghost of Gauss. *JAMA* 1970; **211**: 69 - 75.
- Fletcher RH, Fletcher SW, Wagner EH. Anormalidad. En: Fletcher RH,

- Fletcher SW, Wagner EH. Epidemiología clínica. Barcelona. *Consulta* 1989: 19-27.
37. **Altman DG, Bland JM.** The normal distribution. *Br Med J* 1995; **310**: 298.
38. **Von Altrock C.** Fuzzy Logic Primer. En: Von Altrock C. *Fuzzy Logic & Neurofuzzy Applications Explained*. New Jersey. *Prentice Hall* 1995: 3-27.
39. **Felkins L.** Understanding Vagueness, <http://www.magnolia.net/~leon/paradox/vagueness.html> (25/05/01).
40. **Goodman N.** Palabras, trabajos, mundos. En: Goodman N. *Maneras de hacer mundos*. Madrid. *Visor*. 1990: 17-43.
41. **Kosko B.** Pensamiento borroso. La nueva ciencia de la lógica borrosa. Barcelona. *Crítica* 1993: 1-301.
42. **Blair B.** Interview with Lotfi Zadeh. Creator of Fuzzy Logic, http://azer.com/aiweb/categories/magazine/24_folder/24_articles/24_fuzzylogic.html (25/05/01).
43. **Liberati J.** Sobre la lógica borrosa, <http://www.ngweb.com/latinofil/nrouno/liberati.html> (25/05/01).
44. **Dimitrov V.** Fuzzy logic in service to a better world: The social dimensions of fuzzy sets, <http://www.uws.edu.au/vip/dimitrov/fuzzy-socio.htm> (25/05/01).
45. **Vásconez M, Peña L.** ¿Qué es una ontología gradual? <http://www.eroj.org/lp/papers/gradual.htm> (25/05/01).
46. **Cisneros CA.** Pensamiento borroso y narrativas cotidianas, <http://www.uam.mx/difusion/revista/war2000/cisneros.html> (25/05/01).
47. **Hervás F.** La tentación de la lógica borrosa. En: Hervás F. *Procedimientos de inteligencia artificial en el estudio de las enfermedades infecciosas*. Madrid. *Díaz de Santos* 1999: 17-22.

FE DE ERRATA

Con relación al artículo:

MJ García. Fórmula para infusión controlada de soluciones. *Acta Med Colomb* 2001;26:252-255, se hacen las siguientes correcciones:

1) En el ejemplo 2, página 254, segunda columna, aparece la fórmula:

$$\text{Vel. Inf. Fmco} = \frac{\text{Vel. Inf. Fmco} \times \text{Masa} \times \text{K}}{\text{Vol} \times 60}$$

La fórmula debe decir:

$$\text{Vel. Inf. Fmco} = \frac{\text{Vel. Inf. SI} \times \text{Masa} \times \text{K}}{\text{Vol} \times 60}$$

2) En el ejemplo 3, página 255, segunda columna, aparece la fórmula:

$$\text{Vel. Inf. SI} = \frac{\text{Vel. Inf. SI} \times \text{Masa} \times \text{K}}{\text{Vol} \times 60}$$

La fórmula debe decir:

$$\text{Vel. Inf. Fmco} = \frac{\text{Vel. Inf. SI} \times \text{Masa} \times \text{K}}{\text{Vol} \times 60}$$