Una introducción a la antropología matemática

An introduction to mathematical anthropology

MIGUEL I. FERNÁNDEZ LIZANA[1]
Consultor independiente
mi.fernandez.lizana@gmail.com

Recibido: 23 de junio de 2021
Aceptado: 21 de octubre de 2021

Resumen
Una revisión acuciosa y sistemática de la literatura permite evidenciar que diversos antropólogos han reconocido y empleado las eficaces propiedades de los *modelos matemáticos*. El diálogo antropológico-matemático surgió a fines del siglo XIX, pero fue a partir del decenio de 1960 cuando algunos artículos, conferencias y libros comenzaron a utilizar la denominación de *antropología matemática*. Actualmente, entre los propios antropólogos existe un desconocimiento generalizado sobre los modelos matemáticos y, más aún, sobre la antropología matemática. Considerando aquel contradictorio escenario, el objetivo de este ensayo es introducir la antropología matemática en el circuito académico hispanohablante. Para lograr esto, inicialmente se explica el concepto modelo matemático y sus particularidades, asimismo, se presentan ejemplos de disímiles modelos usados en antropología. Posteriormente, la antropología matemática es definida, son presentados sus orígenes, sus fundamentos conceptuales y operativos son caracterizados -destacando especialmente los *sistemas de ideas culturales* y la *etnografía*- y se sugieren libros y revistas científicas asociadas con esta especialidad. Finalmente, se profundiza sobre cuatro ventajas que los modelos matemáticos han proporcionado y pueden seguir proporcionando a la antropología. Se concluye proponiendo que, al igual que otras disciplinas científicas, la antropología puede ser pensada y practicada como una ciencia empírica de orientación matemática.
Palabras clave: antropología matemática, modelos matemáticos, sistemas de ideas culturales, etnografía.

Abstract
A thorough and systematic review of the literature shows that several anthropologists have recognized and used the effective properties of *mathematical models.* The anthropological-mathematical dialogue emerged at the end of the 19th century, but it was from the 1960s onwards that some articles, conferences and books began to use the term *mathematical anthropology.* Currently, among anthropologists themselves, there is a general lack of knowledge about mathematical models and, even more so, about mathematical anthropology. Considering that contradictory scenario, the objective of this essay is to introduce mathematical anthropology into the Spanish-speaking academic circuit. To achieve this objective, the concept of mathematical model and its particularities are initially explained, and examples of different models used in anthropology are presented. Subsequently, mathematical anthropology is defined, its origins are presented, its conceptual and operational foundations are characterized -with special emphasis on *cultural idea systems* and *ethnography*- and some books and scientific journals associated with this specialty are suggested. Finally, four advantages that mathematical models have provided and can continue to provide to anthropology are discussed. It concludes

1 Licenciado y magíster en Antropología por la Universidad Católica de Temuco, Chile. Especializado en análisis cuantitativo de datos. Ha trabajado en diversos proyectos de investigación con financiamiento gubernamental en temas asociados con discursividad científica y alteridad, historia de las ciencias antropológicas en Chile, etc. Actualmente se desempeña como consultor independiente en metodología de la investigación y análisis de datos. El autor de este ensayo agradece especialmente al profesor e investigador Mg. Wladimir Martínez Cañoles, del Departamento de Antropología de la UC Temuco, por los comentarios y sugerencias que hiciera para este ensayo.

by proposing that, like other scientific disciplines, anthropology can be thought of and practiced as a mathematically oriented empirical science.
Keywords: mathematical anthropology, mathematical models, cultural idea systems, ethnography.

1. Introducción

Las matemáticas son empleadas en diversas disciplinas científicas y con fines variados. Permiten describir, explicar, simular y predecir fenómenos determinados. También son utilizadas para construir o respaldar teorías y para resolver problemas socialmente relevantes (Shier y Wallenius, 1999). El uso de las matemáticas y, más específicamente, el empleo de modelos matemáticos (en adelante MMs[2]), está ampliamente extendido en las ciencias naturales y las ingenierías (Velten, 2008). En las ciencias sociales los MMs también son utilizados, por ejemplo, en disciplinas como la sociología (Bonacich y Lu, 2012), la psicología (Batchelder, Colonius, Dzhafarov y Myung, 2017) y la ciencia política (Gill, 2006).

En el particular caso de la antropología, una revisión acuciosa y sistemática de su literatura nos permite evidenciar que son múltiples los antropólogos que, estando situados en distintas épocas, países y universidades, han sabido reconocer y/o emplear las eficaces propiedades y ventajas que ofrecen los MMs (Lévi-Strauss, 1954; Buchler y Selby, 1968; Boyd, 1969; Hoffmann, 1969; Liu, 1970, 1983; Kay, 1971; Richard y Jaulin, 1971; Selby, 1972; Burton, 1973; Ballonoff, 1974a, 1974b, 1976; White, 1974; Lorrain, 1975; Seidman y Foster, 1978; El Guindi y Read, 1979; Hage, 1979; Kronenfeld, 1981; Tjon Sie Fat, 1990; De Meur, 1986, 1996; Seymour-Smith, 1986; Selz-Laurière, 1988; McElreath y Boyd, 2007; Read, 1974, 1996, 2019).

Además, dicha literatura nos permite comprobar que son variados los temas estudiados desde la antropología en los que han sido de ayuda los MMs. En esta lista, nos podemos encontrar -entre otros- con algunos temas clásicos de la disciplina, como mitología, leyendas y creencias (Hage y Harary, 1983b), parentesco y matrimonio (Tjon Sie Fat, 1990), estructuras cognitivo-culturales (Read, 2011), redes sociales (White y Johansen, 2004), toma de decisiones (Barth, 1959), evolución cultural (Boyd y Richerson, 1985), etc.

Asimismo, las relaciones entre la antropología y las matemáticas han sido expuestas en la propia literatura matemática, dado que algunos matemáticos han escrito sobre dichas relaciones, considerando perspectivas históricas (Rauff, 2016), epistemológico-teóricas (Lavoie, 2012), metodológicas (Kemeny, Snell y Thompson, 1974 [1956]) e, incluso, de divulgación científica (Fresán, 2012).

La antropología matemática (en adelante AM) desde sus inicios se ha dado a la tarea de ampliar y mejorar el conocimiento de las diversas sociedades y culturas, sirviéndose para estos fines del diálogo entre la teoría antropológica y el lenguaje matemático (Read, 2019).

Sin embargo, la AM no es la “simple” aplicación de las matemáticas a la antropología: ésta no se reduce al cálculo y resolución de toda clase de problemas aritméticos autoimpuestos. La AM es una “especialidad híbrida” (Dogan, 2015) que tiene su propio campo de acción, su propia historia y tradición académica, sus propios fundamentos teórico-metodológicos, sus propias publicaciones científicas, sus propios referentes

2 Usaremos la expresión “MMs” para referirnos a “modelos matemáticos” (en plural). Para evitar confusiones, toda vez que aparezca la expresión “MM” (sin la “s” final), nos estaremos refiriendo a “modelo matemático” (en singular).

(o *héroes culturales*), etc. (Leaf, 2009). Lamentablemente, y más allá de todos los serios esfuerzos realizados y los logros científicos alcanzados a lo largo de los años, la AM sigue siendo desconocida por la mayoría de los antropólogos a nivel mundial (Reynoso, 2011), debido a que éstos "no suelen estar muy familiarizados con las técnicas matemáticas ni demasiado convencidos de los beneficios de dichas técnicas" (Kronenfeld, 1981, pp. 121-122).

Incluso podríamos plantear, con bastante seguridad, que la AM es una incógnita absoluta para muchas escuelas de antropología, particularmente las hispanohablantes. Prueba de ello se ve reflejado en un ejercicio simple: al escribir en *Google Académico* "AM", los resultados que nos arroja dicha búsqueda son casi nulos.

El objetivo de este ensayo es introducir la AM en el circuito académico hispanohablante. Para lograr esto, inicialmente se explica el concepto MM y sus particularidades, asimismo, se presentan ejemplos de disímiles modelos usados en antropología. Posteriormente, la AM es definida, son presentados sus orígenes, sus fundamentos conceptuales y operativos son caracterizados -destacando especialmente los "sistemas de ideas culturales" y la etnografía- y se sugieren libros y revistas científicas asociadas con esta especialidad. Finalmente, se profundiza sobre cuatro ventajas que los MMs han proporcionado y pueden seguir proporcionando a la antropología. Se concluye proponiendo que, al igual que otras disciplinas científicas, la antropología puede ser pensada y practicada como una ciencia empírica de orientación matemática.

En este ensayo se da por hecho que la AM ostenta una rica y fructífera tradición intelectual que debe ser *reivindicada* y reconocida.

Por otro lado, debemos indicar que este ensayo ha sido escrito procurando ser lo más accesible y comprensible posible, esto, pensando en aquellos lectores que no poseen formación técnica en matemáticas.

2. Sobre MMs y ejemplos de MMs en AM

Ante la pregunta sobre qué es, precisamente, un MM, podemos proporcionar dos definiciones: una formal y otra operativa (Velten, 2008). *Formalmente*, un MM es una tripleta (S, P, E), donde S es un sistema, P es una pregunta relacionada con S y E es un conjunto de enunciados matemáticos $E = \{\Sigma_1, \Sigma_2, \ldots, \Sigma_n\}$ que son utilizados para responder P. Un "sistema" es una *entidad* o una *colección de entidades* interrelacionadas cuyas propiedades son representadas y analizadas matemáticamente. Es importante notar que la definición formal proporcionada no se limita a los sistemas físicos, porque las entidades representadas por los MMs pueden ser fenómenos, procesos o ideas (Hage, y Harary, 1983b), como los propios sistemas de ideas culturales estudiados en antropología (Leaf, 2009; Read, 2013a; Leaf y Read, 2012, 2021). *Operativamente*, un MM es una representación abstracta y simplificada de una parte de la realidad, y elaborada con propósitos particulares, p. ej.: para describir, explicar, simular y/o predecir fenómenos. Es importante recalcar que los MMs *no son la realidad*, son *representaciones* de ésta o, en una línea más *bungeana*, los MMs constituyen representaciones de las ideas que tenemos de la realidad (Bunge, 1973). En cualquier caso, la realidad y los MMs pertenecen a naturalezas diferenciadas (Velten, 2008).

Los MMs constituyen un tipo particular de modelo científico y, como todo modelo científico, acatan un supuesto ontológico primordial: la realidad es compleja (Bunge, 1973). Este señalamiento nos lleva a considerar dos operaciones epistemológico-metodológicas: (a) para estudiar y entender la realidad, es necesario simplificarla en un grado razonable, por lo tanto, los MMs son más simples que la realidad, y (b) dado que los MMs implican simplificar la realidad, es necesario que ésta sea despojada de elementos superfluos, para ello se identifican y separan las propiedades verdaderamente substanciales de aquellas que no lo son.

Comparados con otros tipos de modelos científicos, los MMs ofrecen algunas ventajas concretas (Shier y Wallenius, 1999), entre las que destacan: (a) dado que el lenguaje matemático es formal, preciso, conciso y está ampliamente respaldado en términos académicos, los MMs son idóneos para representar sistemas y establecer afirmaciones, (b) debido a la universalidad de las matemáticas, los MMs facilitan la comunicación entre científicos de diversas disciplinas y de cualquier parte del mundo, (c) la exactitud y rapidez de los cálculos asociados con los MMs pueden lograrse mediante el empleo de *software* especializado, (d) en términos cognoscitivos, los MMs implican la *expansión del conocimiento*, p. ej.: prediciendo un conjunto de patrones de comportamiento considerando pocas condiciones iniciales, y (e) en términos teóricos, los MMs permiten explorar, probar, validar y/o construir teorías (Bunge, 1973; Read, 1974; Liao, 2007; Jaccard y Jacoby, 2020).

Una potencial confusión que debe ser evitada, guarda relación con la falsa dicotomía entre lo "cuantitativo" y lo "cualitativo". Los propósitos de los MMs no son reducibles a la simple obtención de conocimiento "numérico-cuantitativo". Los MMs son efectivos porque, a fin de cuentas, nos permiten generar sólidos conocimientos *cualitativos* de la realidad (Kline, 1985). Concebir abstracciones matemáticas de los fenómenos estudiados no es el "objetivo último" de las ciencias empíricas. Lo verdaderamente relevante es lo que dichas abstracciones matemáticas nos *dicen* acerca de la realidad, es decir, el conocimiento que nos proporcionan sobre relaciones, regularidades, patrones, estructuras, sistemas, etc.

Sintetizando las eficaces propiedades de los MMs, hace más de 50 años los antropólogos Ira Buchler y Henry Selby (1968, p. 151) plantearon que los MMs

> nos permiten derivar consecuencias, que no siempre son inmediatamente obvias, a partir de resúmenes teóricos o abstracciones de «hechos observados». [L]os métodos de la matemática moderna son particularmente útiles para permitirnos discernir relaciones entre estructuras aparentemente no relacionadas, para predecir relaciones y propiedades previamente desconocidas, y para aclarar problemas teóricos que a menudo se han manejado de manera arbitraria.

Usualmente, los MMs son clasificados como (a) deterministas o estocásticos: dependiendo de si la aleatoriedad es o no significativa; (b) estáticos o dinámicos: dependiendo de si la variable tiempo (t) desempeña o no un rol relevante; y (c) discretos o continuos: dependiendo de si los cambios en las variables son abruptos o graduales (Shier y Wallenius, 1999). Otras clasificaciones enfatizan en si los modelos son lineales o no lineales, en si son usados para simular sistemas o no, etc. (Velten, 2008). Estas diferencias han sido expuestas en la propia literatura antropológica (McEwen, 1963; Buchler y Selby, 1968; Hoffmann, 1969; Kay, 1971; Read, 1974, 1996; White, 1974; El Guindi y Read, 1979; Hage y Harary, 1983; Seymour-Smith, 1986; Selz-Laurière, 1988; De Meur, 1996).

Asimismo, es importante resaltar que los MMs obedecen a diversas áreas de las matemáticas. Esto implica que, dependiendo de los temas de investigación tratados, pueden ser utilizadas unas u otras áreas, considerando la idoneidad de éstas en relación con dichos temas. Por ejemplo, el cambio social puede ser modelado mediante ecuaciones diferenciales (Bonacich y Lu, 2012), porque aquel fenómeno implica razones de cambio o derivadas (Liao, 2007).

En el caso de la antropología, los MMs utilizados han respondido a disímiles áreas de las matemáticas. Esta diversidad matemática se ha hecho patente en heterogéneas investigaciones antropológicas (Kay, 1971; White, 1974; De Meur, 1986, 1996 [1991]). No obstante, existe una especie de "sospecha" que recae sobre la AM, porque ésta a veces es injustificadamente reducida al álgebra abstracta[3] aplicada a los estudios de parentesco (Ballonoff, 2018). Ciertamente, es innegable que el álgebra abstracta y, particularmente, la teoría de grupos[4], ha cumplido un papel distinguido a lo largo de la historia de la AM (Read, 2019). De hecho, el álgebra abstracta llegó a ser tan importante para la AM, que en el libro *Explorations in Mathematical Anthropology,* Paul Kay (1971) auguraba que en el futuro los antropólogos emplearían más el álgebra abstracta que la estadística. Pero tal como se observa en el cuadro 1, en realidad son variadas las áreas y especialidades de las matemáticas empleadas en diversas líneas de investigación en antropología.

CUADRO 1: Ejemplos de áreas y especialidades de las matemáticas empleadas en diversas líneas de investigación en antropología

Áreas/especialidades de las matemáticas	**Líneas de investigación en antropología**
Teoría de grupos	Estructuras cognitivo-culturales (Read, 2011, 2013a; Hage, y Harary, 1983b)
Teoría de grafos	
Teoría de grafos	Mitología, leyendas y creencias (Hage, y Harary, 1983a, 1983b)
Teoría de conjuntos	Parentesco, matrimonio y cambios demográficos (Boyd, 1969; Liu, 1970, 1983; Lorrain, 1975; Ballonoff, 1976, 1983, 2019; Read, 1984; Foster y Seidman, 1989; Tjon Sie Fat, 1990; Lawvere, 1999; Hamberger, Houseman y White, 2011)
Teoría de grupos	
Teoría de grafos	
Teoría de categorías	
Números de Stirling de segundo tipo	
Teoría de grafos	Redes sociales (Hage, 1979; Hage y Harary, 1983b, 1991, 1996; Zachary, 1977; White y Johansen, 2004; Borgatti, Everett y Johnson, 2018)
Álgebra matricial	
Teoría de juegos	Toma de decisiones (Barth, 1959, Buchler y McKinlay, 1969)
Programación lineal	
Álgebra lineal	Evolución cultural (Boyd y Richerson, 1985; McElreath y Boyd, 2007)
Cálculo diferencial e integral	
Ecuaciones diferenciales	

Fuente: Elaboración propia con base en la literatura especializada.

Considerando la información presentada en el cuadro 1, es importante esclarecer

3 En matemáticas existe una amplia rama llamada álgebra. El álgebra abstracta es una especialidad del álgebra que estudia diversas estructuras algebraicas: grupos, anillos, campos, etc. (Fraleigh y Brand, 2021). A veces, las denominaciones "álgebra moderna" y "álgebra superior" son usadas como sinónimo de álgebra abstracta.

4 Enmarcada en el álgebra abstracta, la teoría de grupos se encarga de estudiar ciertas estructuras algebraicas llamadas "grupos". Matemáticamente, un grupo es un conjunto no vacío G dotado de una ley de composición interna (Fraleigh y Brand, 2021).

que en AM no se usan modelos estadísticos convencionales (Fernández, 2016). Los MMs y los modelos estadísticos comparten algunas características. Podríamos sostener que un modelo estadístico es un tipo especial de MM (Velten, 2008). Pero sería ambiguo considerar que ambos son exactamente lo mismo, dadas sus diferencias conceptuales y operativas (Liao, 2007). En ciencias sociales los modelos estadísticos son mucho más utilizados que los MMs (Salgado, 2009). Pero en AM el uso de modelos estadísticos ha sido ostensiblemente menor en comparación con los MMs (Read, 2019). En AM se suele diferenciar la estadística convencional[5] típicamente usada en ciencias sociales, de la formalización matemática propia de la AM (Buchler y Selby, 1968; El Guindi y Read, 1979). De hecho, algunos antropólogos matemáticos deliberadamente han omitido el uso de la estadística convencional (Ballonoff, 1983), porque critican el hecho de que determinadas distribuciones de probabilidad y funciones de densidad de la mecánica estadística (termodinámica) hayan sido extrapoladas a la antropología, sin considerar que existen otros supuestos matemáticos que epistemológicamente, teóricamente y metodológicamente se adecuan de mejor forma al estudio científico de la cultura (Ballonoff, 2000, 2018, 2019). Cada cultura es única porque posee sus propias particularidades, y las conclusiones fundadas a partir de tamaños muestrales "adecuados" son irrelevantes para la AM (Ballonoff, 1983). Considerando aquello, en AM no se les da (mucha) importancia a las pruebas de significación estadística (Kay, 1971). Sin embargo, esto no implica que la estadística no sea empleada en AM (Ballonoff, 1974a; White, 1974), aunque los "métodos estadísticos" usados son considerablemente distintos de los métodos estadísticos convencionales (Ballonoff, 2019).

Antes de finalizar este apartado, es ineludible mencionar dos ideas que, a veces, son ampliamente ignoradas. Los MMs no pueden sustentar argumentos deficientes, falaces o ilógicos, tampoco pueden "arreglar" datos de mala calidad (Gill, 2006; Bonacich y Lu, 2012; Batchelder, Colonius, Dzhafarov y Myung, 2017). Asimismo, los MMs deben ser usados críticamente y nunca abusar de ellos (Jorion y De Meur, 1980), porque éstos están al servicio de los objetivos cognoscitivos del antropólogo y, si un MM no se ajusta a dichos objetivos, debe ser descartado (Velten, 2008).

3. Definición, orígenes, fundamentos conceptuales/operativos, libros y revistas científicas asociadas con la AM

Antes de entrar de lleno en este apartado, es necesario esclarecer potenciales asociaciones erradas que pueden provocar confusiones. La AM no es sinónimo de "etnomatemáticas", "antropología de las matemáticas" o "antropología de los números" (Eglash, Bennett, O'Donnell, Jennings y Cintorino, 2006). Tampoco es sinónimo de "teoría antropológica de didáctica de las matemáticas" o "antropología de la educación matemática". Estas son especialidades -antropológicas y didácticas- que tienen otros objetos y finalidades, distintos a los de la AM.

Ahora bien, con base en lo esbozado por Dwight Read (2019), podemos definir a la AM como la *expresión formal* de ideas, conceptos y modelos desarrollados en la antropología a partir de datos empíricos y con el fin de ampliar y mejorar el conocimiento de las

5 Generalmente la estadística es considerada una rama de las matemáticas. Sin embargo, existe otra perspectiva que "reniega" de dicha consideración. No obstante, es importante notar que muchos de los conceptos y operaciones matemáticas son regularmente utilizados en estadística. De hecho, son varias las áreas de las matemáticas que han sustentado y suscitado el desarrollo de la estadística, p. ej.: álgebra lineal, cálculo diferencial e integral, probabilidades, combinatoria, etc. Por tanto, disociar a la estadística de las matemáticas sería un grave error. Considerando esto, la distinción que aquí se hace entre "estadística convencional" y "formalización matemática" es hecha sólo con fines analíticos y aclaratorios, sopesando el desarrollo histórico de la AM.

diversas sociedades y culturas. Con "expresión formal" nos referimos, precisamente, a expresiones en lenguajes formales, constituyéndose las matemáticas en el lenguaje formal usado por antonomasia en AM.

Sin embargo, de entrada es importante aclarar que para la AM las matemáticas no son un *fin*, son -más bien- un *medio* para conocer la diversidad sociocultural. Considerando este aforismo, Kronenfeld (1981, p. 121) sostiene que la AM "no [busca] simplemente crear enunciados formales de [sus] problemas sustantivos, sino utilizar esos enunciados formales para lograr una nueva comprensión de esos problemas". Es decir, el objetivo de la AM no es elaborar MMs sólo por el entusiasmo docto que ello conlleva (Hage y Harary, 1983a). Aquello podría ser de interés para un matemático puro, pero no para un antropólogo matemático.

Desde la perspectiva de los estudios sociales de la ciencia, la AM puede ser conceptualizada como una "especialidad híbrida" (Dogan, 2015), porque emplaza su práctica en la intersección de diversas disciplinas: antropología, lógica, matemáticas, computación, etc. Las especialidades híbridas no se reducen a diálogos interdisciplinarios circunstanciales, sino a prácticas científicas estables. Tal es el caso de la AM (Leaf, 2009).

Dadas las delimitaciones de este ensayo, presentar la "historia completa" de la AM es imposible. Sin embargo, sucintamente podemos mencionar que el diálogo entre la antropología y las matemáticas surgió a fines del siglo XIX, cuando el físico y matemático escocés Alexander Macfarlane (1883) publicó su artículo *Analysis of relationships of consanguinity and affinity*, en el *Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland.* Macfarlane desarrolló en términos explícitamente algebraicos un modelo formal del sistema de parentesco inglés. 66 años después, Claude Lévi-Strauss (1969 [1949]) publicó su libro *Les structures élémentaires de la parenté.* El también francés André Weil, un reconocido matemático e integrante del grupo *Nicolas Bourbaki*[6] (Lavoie, 2012), preparó y escribió, a pedido de Lévi-Strauss, un apéndice para dicho libro, al que tituló *Acerca del estudio algebraico de ciertos tipos de leyes de matrimonio (Sistema Murngin).* En su escrito, Weil señala "de qué modo leyes de matrimonio de un cierto tipo pueden someterse al cálculo algebraico y cómo el álgebra y la teoría de los grupos de sustituciones pueden facilitar el estudio y la clasificación de esas leyes" (Weil, 1969 [1949], p. 278). Según múltiples autores, la aparición de aquel apéndice puede ser considerado el "origen" de lo que después se conocería como "AM" (Boyd, 1969; Liu, 1970, 1983; El Guindi y Read, 1979; Jorion y De Meur, 1980; Selz-Laurière, 1988; Tjon Sie Fat, 1990; De Meur, 1986, 1996 [1991]; Fresán, 2012; Lavoie, 2012; Rauff, 2016; Read, 2011, 2019). Sin embargo, fue recién a partir del decenio de 1960 cuando algunos artículos, conferencias y libros comenzaron a utilizar la denominación de "AM" (Seymour-Smith, 1986). El surgimiento de la *actual* AM implicó que los antropólogos matemáticos diversificaran sus objetos de estudio y recurrieran a diversas áreas y especialidades de las matemáticas (White, 1974). Así, distintos autores comenzaron a desarrollar sus propios MMs en el contexto de disímiles investigaciones (véase el cuadro 1). De esta forma, la AM dejó de ser asociada sólo con el álgebra abstracta y, particularmente, con la teoría de grupos aplicada a los estudios de parentesco (Kay, 1971). No obstante, cabe destacar que, aunque en AM coexisten varios enfoques o *tratamientos matemáticos,* éstos "son complementarios, no conflictivos" (Ballonoff, 2005, p. 847).

6 *Nicolas Bourbaki* es el nombre que un grupo de reconocidos matemáticos franceses adoptó en 1935. Ellos se dieron a la tarea de revisar los fundamentos de las matemáticas con el fin de hacer de ésta una disciplina mucho más rigurosa de lo que era a principios del siglo XX (Fresan, 2012). Entre otros aportes, *Bourbaki* introdujo las reconocidas categorías de "inyección", "sobreyección" y "biyección" usadas en el contexto de las funciones matemáticas.

Llegados a este punto, haremos algunas concisas precisiones sobre los fundamentos conceptuales y operativos de la AM. Aunque debemos aclarar que esto se hace principalmente -pero no exclusivamente- con base en el trabajo intelectual de dos autores: el filósofo y antropólogo Murray Leaf y el matemático y antropólogo Dwight Read. Se consideran los aportes de dichos autores porque, a pesar de no ser considerados los "padres" de la AM, han contribuido a precisar sus fundamentos.

(a) Fundamentos conceptuales: El contenido matemático de la AM es guiado por el concepto *sistemas de ideas culturales* (o "sistemas de información cultural") (en adelante SIC) (Leaf, 2009). Desde este enfoque, las culturas son entendidas como *sistemas* de ideas compartidas que son transmitidas de una generación a otra mediante endoculturación, es decir, a través de procesos de aprendizaje. Las ideas que componen estos sistemas poseen definiciones culturalmente estandarizadas y proporcionan el marco de referencia a través del cual se formula el pensamiento y se articula el comportamiento humano (Leaf y Read, 2012, 2021).

Una importante característica de los SIC, es que son *generativos.* Pocas ideas centrales actúan como premisas de las que se pueden generar un número muy grande -normalmente indefinido- de nuevas ideas, mediante combinaciones y permutaciones recursivas.

Los SIC son sistemas *formales*, como los sistemas lógico-matemáticos o los lenguajes informáticos (Leaf, 2009). Por lo tanto, no debería sorprendernos que los MMs sean particularmente adecuados para representar SIC (De Meur, 1996 [1991]; Read, 2013a).

En este sentido, la AM elabora MMs para representar y analizar el razonamiento matemático, la coherencia y la lógica generativa que subyace a estos sistemas (Read, 2011).

Los SIC son de dos tipos: los sistemas de ideas sociales (o "sistemas de información social") y los sistemas de ideas técnicas (o "sistemas de información técnica").

Los *sistemas de ideas sociales* definen y delimitan las relaciones y/o posiciones sociales que las personas tienen o pueden tener. Ejemplos comunes de sistemas de ideas sociales son los sistemas de parentesco y matrimonio, las jerarquías administrativas, las estructuras de mando militar, las transacciones económicas (p. ej.: la relación entre un comprador y un vendedor), etc.

Por otro lado, los *sistemas de ideas técnicas* definen cuerpos de conocimientos y sus interrelaciones. Existen cuantiosísimos ejemplos de sistemas de ideas técnicas. Para mencionar sólo algunos, podríamos señalar las teorías científicas, los saberes tradicionales para tratar las enfermedades, las formas de cocinar en una determinada cultura, los conocimientos sobre la alfarería y el tejido, etc.

Sintetizando los vínculos entre los SIC sociales y técnicas, Leaf (2009, p. 134) plantea el siguiente ejemplo: "Los sistemas de información social proporcionan las ideas necesarias para que las personas se pongan de acuerdo sobre quién hará [un] trabajo [determinado]. Los sistemas de ideas técnicas definen cómo hacer [ese trabajo]". Es decir, los SIC fungen como las bases sobre las que los grupos humanos forman organizaciones y toman acuerdos y decisiones.

(b) Fundamentos operativos: Para estudiar los SIC, éstos deben ser "recolectados" y analizados de forma precisa y *limpia* (Leaf y Read, 2012). Esto necesariamente implica que la mirada antropológica debe estar desligada del etnocentrismo y sociocentrismo. La observación requiere un disciplinamiento estricto pero moderado: esto es especialmente complejo cuando lo que se está "observando" son las ideas, sus interrelaciones y sus usos. Sin embargo, entender el pensamiento y comportamiento humano implica considerar los puntos de vista de las personas, evitando siempre imponer opiniones propias y preconcebidas, surgidas del falible sentido común.

Así, en AM el énfasis en cuanto a la recogida de datos está puesto en la etnografía, y no en los típicos métodos cuantitativos de investigación que recurrentemente son utilizados en las ciencias sociales, como la encuesta. Asimismo, debe aclararse que, aunque en AM se usen MMs, esto no la convierte en una especialidad "positivista". Absurdamente, son muchos los cientistas sociales que, ante el más mínimo indicio de formalización, acusan a sus contendientes de "positivistas". Pero los antropólogos matemáticos rechazan esa etiqueta, porque consideran que "el positivismo no es ciencia" (Leaf y Read, 2021, p. 4) debido, entre otros factores, a su carácter dogmático (Leaf, 2009) y a sus errados supuestos estadístico-matemáticos sobre el funcionamiento de las sociedades y las culturas (Ballonoff, 2000).

Un ejemplo conciso de cómo opera la AM en términos generales, lo encontramos en El Guindi y Read (1979, p. 763), quienes, en relación con la representación algebraica de la estructura del ritual de boda zapoteca (en México), escriben lo siguiente: "Primero presentaremos un relato etnográfico de ciertos eventos de un ritual y un análisis estructural que revela las unidades básicas y las relaciones entre ellas; luego replantearemos el argumento estructural en forma matemática, estableciendo así el carácter inherentemente matemático de la lógica que subyace a la realización del ritual". Considerando esta cita, podemos sostener que, inicialmente, las investigaciones en AM no necesariamente difieren de aquellas investigaciones antropológicas de orientación "no matemática". Una de las grandes diferencias radica que en AM los datos etnográficos recolectados son, posteriormente, modelados matemáticamente (Leaf y Read, 2021).

En términos generales -e independientemente de cualquier ciencia particular- el *modelado matemático* es un proceso cuyo fin es obtener *respuestas* -conocimientos y orientaciones prácticas- sobre *sistemas* (Velten, 2008). También puede ser entendido como un ejercicio "traductológico", en el que problemas del "mundo real" son traducidos a problemas del "mundo matemático" y, desde ahí, son resueltos usando diversas áreas/especialidades de las matemáticas (Shier y Wallenius, 1999).

En el particular caso de la AM, el modelado matemático de datos etnográficos podemos entenderlo mediante lo que Douglas White (1974) denomina "descomposición etnográfica", es decir, el proceso en el que los SIC son simplificados a sus expresiones esenciales. La *descomposición* especifica las propiedades estructurales o de ordenación, centrándose en los principios exactos por los cuales los elementos se combinan y ordenan para constituir los SIC.

Debido a la importancia que tiene la etnografía, los MMs desarrollados en AM deben tener validez etnográfica (Read, 2013a), esto implica, por ejemplo, que en el modelado matemático no se le deben asignar categorías europeizantes a pueblos no europeos (Tjon Sie Fat, 1990). Asimismo, los MMs no deben imponerles a los datos etnográficos "ni una rigidez abusiva ni una esquematización burda" (Courrège, 1965, p. 249).

Es importante esclarecer que, en el modelado matemático de datos etnográficos, no necesariamente se trabaja con números, porque las matemáticas no se reducen al cálculo aritmético (Kline, 1985). Son muchas las áreas de las matemáticas donde los números no cumplen ningún rol: el álgebra abstracta es un claro ejemplo (en el punto c del apartado 4, esto se hace evidente) (Fraleigh y Brand, 2021). Los números están reservados, principalmente, para la aritmética y la teoría de números. Obviamente, en AM es ineludible trabajar con números en algunos casos (esto queda patente en el punto *d* del apartado 4). Pero las matemáticas "no numéricas" son, precisamente, las más utilizadas en AM (Read, 2019).

Evidentemente, el modelado matemático de datos etnográficos involucra varias etapas. Pero dada la delimitación de este ensayo, aquel proceso no puede ser explicado detalladamente aquí. La producción científica de la AM está diseminada en múltiples textos y, lamentablemente no existe, ni siquiera en inglés, un manual que enseñe "paso a paso" cómo modelar matemáticamente datos etnográficos, que incluya ejemplos relacionados con variados temas de investigación y en los que se usen distintas áreas/especialidades de las matemáticas. En esa línea, el único texto disponible es el capítulo de un *handbook* escrito por White (1974), aunque, a pesar de ser un excelente texto, no es lo suficientemente detallado. Sin embargo, se pueden consultar algunos libros específicos. Sobre MMs en estudios de parentesco, matrimonio y cambios demográficos, véanse los libros de Kemeny, Snell y Thompson (1974 [1956]), White (1963), Ballonoff (1976), Liu (1983) y Leaf y Read (2021). Sobre MMs en análisis de redes (sociales y de otros tipos), véanse los libros de Hage y Harary (1983b, 1991, 1996), White y Johansen (2004) y Borgatti, Everett y Johnson (2018), etc. Otros libros que deben ser considerados, dada su vasta importancia epistémica e histórica, son los de Kay (1971), Richard y Jaulin (1971), Ballonoff (1974a, 1974b), Lorrain (1975) y De Meur (1986).

Más allá de los libros, debemos destacar que actualmente existe una sola revista científica abocada específicamente a la AM: *Mathematical Anthropology and Cultural Theory* (fundada en 2003). Sin embargo, existen otras cinco revistas fuertemente vinculadas con la AM: *Journal of Mathematical Sociology* (1971), *Social Networks* (1979), *Structure and Dynamics: eJournal of Anthropological and Related Sciences* (2005), *Social Evolution & History* (2002) y *Алгебра родства*[7] (2013). Otras revistas en las que a veces se publican artículos de AM -o artículos que pueden ser cómodamente situados en esta especialidad- son: *American Anthropologist* (1888), *Current Anthropology* (1955), *L'Homme* (1961), *Ethnology* (1962), *Journal of Mathematical Psychology* (1964), *Mathematical Social Sciences* (1980), *Social Science Computer Review* (1983) y *Field Methods*[8] (1989). Asimismo, cabe destacar que existió una importante revista llamada *Journal of Quantitative Anthropology*, fundada en 1989 y desaparecida en 1996. Ésta publicó seis volúmenes. Actualmente, los artículos publicados en dicha revista se encuentran desperdigados en múltiples páginas electrónicas, pero mediante una búsqueda sistemática, éstos pueden ser encontrados con relativa facilidad.

4. Cuatro ventajas de los MMs en antropología

En este apartado ahondaremos en cuatro ventajas que los MMs han proporcionado y pueden seguir proporcionando a la antropología. Estas ventajas son expuestas considerando las especificidades de la antropología. Cabe aclarar que estas ventajas deben ser comprendidas en términos relacionales, porque están asociadas.

(a) La matemática es un lenguaje y los conceptos antropológicos y datos etnográficos pueden ser expresados mediante MMs: Anteriormente hemos señalado que el lenguaje matemático es formal, preciso, conciso y está ampliamente respaldado en términos académicos. Considerando dichas particularidades, los MMs son idóneos para representar y expresar conceptos antropológicos y datos etnográficos, y hacer análisis de éstos. Un claro ejemplo de esto lo podemos encontrar en el vínculo existente entre el análisis de redes sociales (Borgatti, Everett y Johnson, 2018) y la teoría de grafos (Harary, 1969).

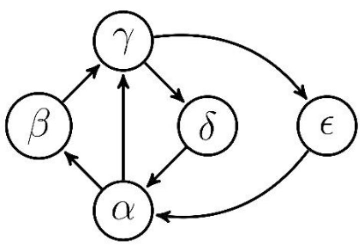
Como es sabido, el concepto "red social" fue acuñado e introducido en 1954 por el

7 Revista rusa, cuyo nombre se traduce -literalmente- como "Álgebra del parentesco".
8 Antiguamente esta revista se llamaba *Cultural Anthropology Methods*.

antropólogo John A. Barnes de la *Manchester School*[9] (Reynoso, 2011). En su artículo *Class and Committees in a Norwegian Island Parish*, Barnes (1954, p. 43) plantea lo siguiente: "Me parece conveniente hablar de un campo social […] como una red. La imagen que tengo es la de un conjunto de puntos, algunos de los cuales están unidos por líneas". Barnes, al igual que otros antropólogos de la "vieja escuela", se formó académicamente en matemáticas, esto se ve claramente reflejado al interpretar esta cita.

Por su parte, un grafo es un conjunto de vértices vinculados mediante aristas. *Formalmente*, un grafo G=(V,A) está compuesto por un conjunto de vértices V y un conjunto de aristas A, donde V≠Ø y A es un conjunto de pares de elementos de V. Un grafo es el objeto matemático ideal para representar el concepto red social y dotarlo de contenido etnográfico (Hage y Harary, 1996). En el cuadro 2 se muestran tres distintas representaciones de un grafo dirigido como ejemplo de -potencial- red social. Si reemplazamos las letras griegas del ejemplo por los nombres de cinco personas, perfectamente podemos concebir una red social.

Cuadro 2. Representaciones de un grafo dirigido como ejemplo de -potencial- red social

<table>
<tr><td colspan="2">Conjuntos: $\boldsymbol{V} = \{\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon\}$ $\boldsymbol{A} = \{(\alpha,\beta), (\alpha,\gamma), (\beta,\gamma), (\gamma,\delta), (\gamma,\varepsilon), (\delta,\alpha), (\varepsilon,\alpha)\}$</td></tr>
<tr><td>Grafo</td><td>Matriz</td></tr>
<tr><td>
</td><td>$$\boldsymbol{A} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$</td></tr>
</table>

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, e independientemente del ejemplo presentado en el cuadro 2, es importante aclarar que en AM las aplicaciones de los grafos no se reducen sólo al análisis de redes sociales. Como lo han demostrado Per Hage y Frank Harary (1983b, 1991, 1996), la teoría de grafos es aplicable a prácticamente cualquier fenómeno de interés antropológico-etnográfico. Estos autores han demostrado cómo los grafos les permitieron modelar matemáticamente diversos SIC (sociales y técnicas), como las técnicas de navegación de los *Puluwatese,* el intercambio de regalos entre los *Orokaiva,* los sistemas de liderazgo de los *Big Man* melanesios, las estrategias de recolección de piñones de los *Shoshone*, el simbolismo culinario de los *Arapesh*, la predicción del tiempo en Micronesia con base en la forma en que los cangrejos cavan agujeros en la arena, etc.

Cuando los conceptos antropológicos son expresados mediante MMs, pueden ser explorados y aclarados problemas que surgen en la teoría antropológica (White, 1974). Cuando los datos etnográficos son expresados mediante MMs, es plausible realizar rigurosas descripciones, explicaciones y predicciones. Asimismo, es posible hacer comparaciones entre diversos contextos socioculturales (Tjon Sie Fat, 1990).

(b) Los MMs preservan y explotan la riqueza de los datos etnográficos: Según Hage y Harary (1983a), en AM se utilizan MMs porque hay ventajas etnográficas para

9 Departamento de Antropología Social de la Universidad de Manchester, Inglaterra.

hacerlo. Los MMs -p ej.: los algebraicos y los grafos- preservan y explotan la riqueza de los datos etnográficos (Zachary, 1977; El Guindi y Read, 1979).

Es importante recordar que "las observaciones cualitativas se prestan sin dificultad particular a la modelización [matemática]" (De Meur, 1996 [1991], p. 467). En este sentido, Read (2011), argumenta que, a pesar de estar escrituralmente objetivados en textos, los relatos etnográficos son, al mismo tiempo, estructuras algebraicas abstractas, porque los datos presentes en dichos relatos pueden ser expresados algebraicamente sin desaprovechar o prescindir de sus significados. Así, los MMs *preservan* la riqueza de los datos etnográficos. Comprensiblemente, estas afirmaciones podrían desconcertar a los antropólogos *no iniciados* en matemáticas, porque "a menudo se desconfía de las técnicas matemáticas en la etnografía y se las juzga ingenuas" (Cargal, 1978, p. 157). Sin embargo, para comprender esto es necesario dar un contundente *salto epistemológico*, porque "las matemáticas […] son una herramienta que penetra en reinos de la imaginación que están irremediablemente más allá de la experiencia de una mente sin herramientas" (Hoffmann, 1969, p. 41).

Asimismo, y para *explotar* la riqueza de los datos etnográficos, los MMs permiten emanciparnos de las "coacciones" del lenguaje natural y, particularmente, de la concretitud (Reynoso, 2011; Bunge, 1973), en el entendido de que los datos etnográficos se pueden tornar intrascendentes si no somos capaces de *hacer* algo con ellos y ver más allá de ellos. Es decir, debemos proponer abstracciones lógicas, creativas y generales que rebasen lo propiamente empírico porque, como plantea Mario Bunge (1973, p. 93), "la conquista conceptual de la realidad empieza, paradójicamente, por idealizar la realidad".

(c) Los MMs permiten explorar el razonamiento matemático que subyace a los SIC, su coherencia y su lógica generativa: Los MMs expresan y satisfacen las implicaciones estructurales de los conceptos que forman parte de los SIC de un grupo humano. Un ejemplo de esto lo podemos avizorar al plantear un sencillo ejercicio. En Read (2013a) podemos encontrar un tradicional y conocido proverbio árabe que reza *"el enemigo de mi enemigo es mi amigo"*. Si manipulamos las dos categorías básicas de este proverbio {amigo, enemigo}, podemos obtener otras tres posibles *reglas culturales* (véase el cuadro 3). La estructura definida puede representarse como una tripleta ordenada < S, o, Σ >, donde S es un conjunto de elementos, ° es una operación binaria definida sobre los elementos de S, y Σ es el conjunto de ecuaciones satisfechas por o para los elementos de S (Read, 2011).

Cuadro 3. Razonamiento matematico, coherencia y lógica generativa de un sistema de idea social: el caso de un proverbio árabe

Sistema conceptual	**Estructura algebraica**
Categorías: Amigo, enemigo	**Conjunto de símbolos:** $S = \{A, E\}$
Reglas culturales	**Operación binaria (concatenación de símbolos):** $\circ$
El amigo de mi amigo es mi amigo	$A \circ A = A$
El enemigo de mi amigo es mi enemigo	$E \circ A = E$
El amigo de mi enemigo es mi enemigo	$A \circ E = E$
El enemigo de mi enemigo es mi amigo	$E \circ E = A$

Fuente: Elaboración propia con base en Read (2013a).

Sobre el ejemplo presentado en el cuadro 3, es necesario hacer tres precisiones: (a)

Ciertamente, este tipo de ejemplos no deben ser mal interpretados, porque la AM no busca "matematizar por matematizar" de forma arbitraria los saberes culturales (Kronenfeld, 1981). Más bien, este tipo de ejemplos nos permite constatar que el razonamiento matemático es inherente a la base lógica de los SIC (Read, 2013b). Considerando esto, "cada vez está más claro que los trabajos serios sobre […] los sistemas socioculturales deben realizarse en un marco matemático" (Chit Hlaing, 2011, p. 254).

(b) Este ejemplo hace factible confirmar el vínculo existente entre la AM y la antropología cognitiva, bajo el enfoque de la representación matemática de constructos culturales o estructuras cognitivo-culturales (Read, 2011).

(c) Finalmente -y tal como lo advertimos anteriormente- este ejemplo nos permite evidenciar que en AM los datos etnográficos no necesariamente son codificados numéricamente, porque las matemáticas constituyen una disciplina mental que va mucho más allá de las operaciones aritméticas elementales (Kline, 1985). De hecho, De Meur (1996 [1991], p. 466) considera que "la aplicación de las matemáticas al estudio antropológico de los hechos sociales y culturales consiste no tanto en la cuantificación de los datos como en su ordenación lógica". Para este ejemplo no fue necesario ni cuantificar ni hacer operaciones aritméticas. Este fue un ejercicio en álgebra abstracta, porque la operación binaria propuesta nos permitió *abstraer* conceptos del álgebra tradicional (Fraleigh y Brand, 2021). Este tipo de formalizaciones son propias de una vertiente particular de la AM en la que esta especialidad matemática es relevante (Weil, 1969 [1949]; Courrège, 1965; Boyd, 1969; Liu, P-h, 1970, 1983; Richard y Jaulin, 1971; Lorrain, 1975; De Meur, 1986; Hamberger, 2010; Fresán, 2012; Rauff, 2016).

(d) Los MMs ayudan a formular teorías antropológicas: Las matemáticas *exigen* razonar abstractamente, ordenadamente, lógicamente y creativamente (Kline, 1985). La ambigüedad, la incoherencia, la pseudociencia y la anticiencia no tienen cabida en el modelado matemático (Shier y Wallenius, 1999; Velten, 2008), esto es favorable para el real progreso de la teorización antropológica. Desde un particular marco epistémico, el modelado matemático constituye un *enfoque* tendiente a construir teorías (Jaccard y Jacoby, 2020). Desde este enfoque, Read (1974) sostiene que el gran potencial de los MMs bien construidos reside en que éstos contribuyen a formular teorías antropológicas, porque exigen a los antropólogos ser explícitos y precisos sobre las suposiciones de sus análisis (Seymour-Smith, 1986). Para comprender -a grandes rasgos- cómo los MMs pueden ayudar a formular teorías antropológicas, proporcionaremos un ejemplo práctico asociado con el parentesco, el matrimonio y los cambios demográficos.

La descendencia de cada matrimonio incluye a sus hijos biológicos, pero también puede incluir a sus hijos adoptados (Ballonoff, 2019). La adopción es una institución social en la que algunas personas intencionadamente asumen una responsabilidad de parentesco con respecto a otras personas, generalmente (pero no necesariamente) niños (Leinaweaver, 2018). Esta institución ha variado histórica y culturalmente, viéndose esto reflejado en sus variados propósitos, por ejemplo, en la India algunas personas adoptan a sus futuros herederos espirituales, y en Japón la adopción de adultos es un fenómeno recurrente entre algunos empresarios que desean tener descendientes que estén capacitados para manejar sus negocios.

Ahora bien, hay una rama de las matemáticas llamada combinatoria[10], que estudia las formas de enumerar los elementos de un conjunto o las maneras de agrupar los elementos de un conjunto (Grimaldi, 2004). Concretamente, en combinatoria existen los

10 Al igual que la teoría de grafos y *las* álgebras usadas en AM, la combinatoria se enmarca en las "matemáticas discretas" (Grimaldi, 2004).

"números de Stirling[11] de segundo tipo" (en adelante NSST). Éstos sirven para conocer de cuántas formas se puede hacer una partición. *Formalmente*, si tenemos un conjunto de n elementos que deseamos particionar en k subconjuntos, siendo k<n, el número total de particiones posibles estará dado por la siguiente expresión: $S(n,k) = \frac{1}{k!}\sum_{i=0}^{k}(-1)^i \binom{k}{i}(k-i)^n$. Matemáticamente, los NSST están estrechamente vinculados con las funciones[12] sobreyectivas, es decir, aquellas funciones en las que cada elemento de un conjunto B (*codominio*) está relacionado con al menos un elemento de un conjunto A (*dominio*). Las relaciones entre padres e hijos pueden ser comprendidas como una función sobreyectiva. Entendiendo esto podemos aplicar los NSST, porque éstos permiten hacer pronósticos sin asumir que padres e hijos están biológicamente relacionados (Ballonoff, 2019).

Analizando datos etnográficos, los antropólogos matemáticos descubrieron que el uso de los NSST posibilita interpretar el pasado y hacer predicciones sobre futuros cambios demográficos, considerando variaciones culturales del parentesco (Ballonoff, 2018), es decir, disímiles SIC de tipo social (Leaf, 2009). Cabe destacar que esta analítica difiere de la estadística convencional usada en la demografía (Ballonoff, 2019).

Gracias a los NSST, a las funciones sobreyectivas y a las álgebras del parentesco, surgió la "teoría cultural matemática" (Ballonoff, 1976, 1983, 2000, 2018, 2019). Desde esta teoría, la antropología es pensada como una "ciencia dura" porque -entre otras tareas- ésta puede, hace y debe hacer predicciones comprobables.

5. Conclusiones: la antropología como una ciencia empírica de orientación matemática

El objetivo de este ensayo fue introducir la AM en el circuito académico hispanohablante, de forma accesible y comprensible. En primer lugar, se explicó el concepto MM y sus particularidades, asimismo, se presentaron ejemplos de disímiles modelos usados en diversas líneas de investigación en antropología. En segundo lugar, se definió la AM, fueron presentados los orígenes de ésta, sus fundamentos conceptuales y operativos fueron caracterizados -destacando especialmente los SIC (sociales y técnicas) y la etnografía- y se sugirieron libros y revistas científicas asociadas con esta especialidad. En tercer lugar, se profundizó sobre cuatro ventajas que los MMs han proporcionado y pueden seguir proporcionando a la antropología. Dichas ventajas son: (a) que los conceptos antropológicos y datos etnográficos pueden ser expresados mediante MMs; (b) que los MMs preservan y explotan la riqueza de los datos etnográficos; (c) que los MMs permiten explorar el razonamiento matemático que subyace a los SIC, su coherencia y su lógica generativa; y (d) que los MMs ayudan a formular teorías antropológicas.

Considerando todos los elementos expuestos en este ensayo, aquí se propone que, al igual que otras disciplinas científicas, la antropología también puede ser pensada y practicada como una ciencia empírica de orientación matemática. Si estudiamos -por ejemplo- el caso de la física, podemos constatar que, debido a su estrecha relación con las matemáticas, aquella disciplina ha podido, por un lado, realizar notables descubrimientos del universo y, por otro, formular predicciones acertadas sobre el funcionamiento del mundo físico (Farmelo, 2019). No obstante, y a diferencia de la física, la antropología ostenta objetos de estudio considerablemente más complejos que los de dicha ciencia natural. Sin embargo, las matemáticas tienen en la física un impacto similar al que

11 Llamados así por James Stirling, matemático escocés del siglo XVIII.
12 El concepto *función* es esencial en matemáticas (Jaccard y Jacoby, 2020). Cualquier libro de introducción a las matemáticas incluye capítulos sobre funciones.

tienen en la antropología (Ballonoff, 2018). Desde la AM se han construido MMs que permiten abstraer la realidad sociocultural mediante formalizaciones etnográficamente respaldadas, pero que sobrepasan lo netamente empírico. A su vez, dichos MMs han estado teóricamente fundamentados y han resultado ser matemáticamente válidos en términos de descripción, explicación, generalización, extrapolación y predicción.

Ahora bien, que la antropología sea pensada y practicada como una ciencia empírica de orientación matemática, necesariamente implica establecer algunos lineamientos elementales. Aquí se proponen cuatro directrices generales:

(a) Los antropólogos deben comprender el sentido -o los *significados*- que tienen las matemáticas en las investigaciones científicas reales.

(b) Se deben reconocer las históricas relaciones entre las matemáticas y la antropología.

(c) Preferentemente, el potencial analítico y creativo del pensamiento lógico-matemático debe ser transmitido a los estudiantes de antropología, en cursos universitarios de pregrado, en especializaciones de posgrado, etc.

(d) Mediante el uso de MMs, se debe potenciar el encuentro que las matemáticas tienen con la realidad, particularmente, con el conocimiento sobre la diversidad sociocultural, esto, en el marco de un ejercicio genuinamente antropológico en términos epistemológicos, teóricos y metodológicos.

Finalmente, sólo resta decir que se espera que este ensayo motive a los antropólogos del circuito académico hispanohablante a que, por lo menos, modifiquen su visión sobre las propiedades y ventajas de las matemáticas (en general) y de los MMs (en particular). Idealmente, se espera que sirva para que ahonden en la AM y en sus potencialidades, pensando siempre en la ampliación y el mejoramiento de los conocimientos sobre la diversidad social y cultural.

Referencias

Ballonoff, P. (ed.). (1974a). *Genealogical Mathematics: Proceedings of the Mathematical Social Sciences Board Conference on Genealogical Mathematics.* Paris: Mouton.

Ballonoff, P. (ed.). (1974b). *Mathematical Models of Social and Cognitive Structures: Contributions to the Mathematical Development of Anthropology.* Urbana, IL: University of Illinois Press.

Ballonoff, P. (1976). *Mathematical Foundations of Social Anthropology.* The Hague: Mouton.

Ballonoff, P. (1983). Theory of Lineage Organizations. *American Anthropologist, 85*(1), 70-91.

Ballonoff, P. (2000). Notes Toward a Mathematical Theory of Culture. *MACT: Mathematical Anthropology and Cultural Theory, 1*(1), 1-20.

Ballonoff, P. (2005). Correspondence Among Mathematical Treatments Of Culture Theory. *Cybernetics and Systems: An International Journal, 36*(8), 847-859.

Ballonoff, P. (2018). Progress of Mathematical Cultural Theory. *MACT: Mathematical Anthropology and Cultural Theory* [letter], 1-18.

Ballonoff, P. (2019). Inheritance is a Surjection: Description and Consequence. *Proceedings, 46*(1), 1-15.

Barnes, J. (1954). Class and Committees in a Norwegian Island Parish. *Human Relations, 7*, 39-58.

Barth, F. (1959). Segmentary Opposition and the Theory of Games: A Study of Pathan Organization. *Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland, 89*(1), 5-21.

Batchelder, W., Colonius, H., Dzhafarov, E., & Myung, J. (eds.). (2017). *New Handbook* *of Mathematical Psychology. Volume 1, Foundations and Methodology.* Cambridge: Cambridge University Press.

Bonacich, P., & Lu, P. (2012). *Introduction to Mathematical Sociology.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Borgatti, S., Everett, M., & Johnson, J. (2018). *Analyzing Social Networks*, 2nd Edition. Thousand Oaks, CA: SAGE.

Boyd, J. (1969). The Algebra of Group Kinship. *Journal of Mathematical Psychology*, 6, 139-167.

Boyd, R., & Richerson, P. (1985). *Culture and the Evolutionary Process.* Chicago, IL: University of Chicago Press.

Buchler, I., & Selby, H. (1968). Mathematical Models of Marriage Systems. En *Kinship and Social Organization. An Introduction to Theory and Method* (pp. 151-164). New York, NY: The Macmillan Company.

Buchler, I., & McKinlay, M. (1969). Decision Processes in Culture: A Linear Programming Analysis. En Buchler, I., & Nutini, H (eds.), *Game Theory in the Behavioral Sciences* (pp. 191-212). Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.

Bunge, M. (1973). *Method, Model and Matter.* Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

Burton, M. (1973). Mathematical Anthropology. *Annual Review of Anthropology,* 2, 189-199.

Cargal, J. (1978). An Analysis of the Marriage Structure of the Murngin Tribe of Australia. *Behavioral Sciences, 23*(3), 157-168.

Chit Hlaing, F. K. L. (2011). Kinship Theory and Cognitive Theory in Anthropology. En D, Kronenfeld., G, Bennardo., V, de Munck., & M, Fischer (eds.), *A Companion to Cognitive Anthropology* (pp. 254-269). Malden, MA: Wiley-Blackwell.

Courrège, P. (1965). Un modèle mathématique des structures élémentaires de parenté. *L'Homme, 5*(3-4). 248-290.

De Meur, G. (ed.). (1986). *New Trends in Mathematical Anthropology.* London: Routledge & Kegan Paul.

De Meur, G. (1996 [1991]). Matemática y antropología. En P, Bonte., & M, Izard (eds.), *Diccionario Akal de Etnología y Antropología* (pp. 466-467). Madrid: Akal.

Dogan, M. (2015 [2001]). Specialization and Recombination of Specialties in the Social Sciences. En J. D. Wright (ed.), *International Encyclopedia of Social and Behavioral Sciences, 2nd Edition. Volume 23* (pp. 225-228). Waltham, MA: Elsevier.

Eglash, R., Bennett, A., O'Donnell, C., Jennings, S., & Cintorino, M. (2006). Culturally Situated Design Tools: Ethnocomputing from Field Site to Classroom. *American Anthropologist, 108*(2), 347-362.

El Guindi, F., & Read, D. (1979). Mathematics in Structural Theory. *Current Anthropology, 20*(4), 761-790.

Farmelo, G. (2019). *The Universe Speaks in Numbers: How Modern Maths Reveals Nature's Deepest Secrets.* New York, NY: Basic Books.

Fernández, M. (2016). Caracterización del rol de la Estadística en la construcción histórica de los métodos cuantitativos de investigación en Antropología Sociocultural. En J, Gibert (coord.), *Metodología y Epistemología en las Ciencias Sociales.* Simposio llevado a cabo en el 9º Congreso Chileno de Sociología, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

Foster, B., & Seidman, S. (1989). A Formal Unification of Anthropological Kinship and Social Network Methods. En L, Freeman., D, White., & K, Romney (eds.), *Research Methods in Social Network Analysis* (pp. 41-59). Fairfax, VA: George Mason University Press.

Fraleigh, J., & Brand, N. (2021). *A First Course in Abstract Algebra, 8th Edition. Hoboken,* NJ: Pearson.

Fresán, J. (2012). *Jusqu'à ce que l'algèbre nous sépare: la théorie des groupes et ses applications* (Collection Le Monde est mathématique, 31). Paris: RBA.

Gill, J. (2006). *Essential Mathematics for Political and Social Research.* Cambridge: Cambridge University Press.

Grimaldi, R. (2004 [1985]). *Discrete and Combinatorial Mathematics. An Applied Introduction, 5th Edition.* Boston, MA: Pearson.

Hage, P. (1979). Graph Theory as a Structural Model in Cultural Anthropology. *Annual Review of Anthropology, 8*(1), 115-136.

Hage, P., & Harary F. (1983a). Arapesh Sexual Symbolism, Primitive Thought and Boolean Groups. *L'Homme, 23*(2), 57-77.

Hage, P., & Harary, F. (1983b). *Structural Models in Anthropology.* Cambridge: Cambridge University Press.

Hage, P., & Harary, F. (1991). *Exchange in Oceania: A Graph Theoretic Analysis*. Oxford: Clarendon Press.

Hage, P., & Harary, F. (1996). *Island Networks: Communication, Kinship, and Classification Structures in Oceania.* Cambridge: Cambridge University Press.

Hamberger, K. (2010). Espaces de la parenté. *L'Homme,* (195-196), 451-468.

Hamberger, K., Houseman, M., & White, D. (2011). Kinship Network Analysis. En J, Scott., & P, Carrington (eds.), *The Sage Handbook of Social Network Analysis* (pp. 533-549). London: SAGE.

Harary, F. (1969). *Graph Theory*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Hoffmann, H. (1969). Mathematical Anthropology. *Biennial Review of Anthropology,* 6, 41-79.

Jaccard, J., & Jacoby, J. (2020 [2009]). *Theory Construction and Model-Building Skills. A Practical Guide for Social Scientists, 2nd Edition.* New York, NY: Guilford Press.

Jorion, P., & De Meur, G. (1980). La Question murngin, un artefact de la littérature anthropologique. *L'Homme, 20*(2), 39-70.

Kay, P. (ed.). (1971). *Explorations in Mathematical Anthropology.* Cambridge, MA: The MIT Press.

Kemeny, J., Snell, L., & Thompson, G. (1974 [1956]). *Introduction to Finite Mathematics, 3rd Edition.* Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.

Kline, M. (1985). *Mathematics and the Search for Knowledge.* New York, NY: Oxford University Press.

Kronenfeld, D. (1981). Mathematical Social-Cultural Anthropology. *American Anthropologist, 83*(1), 121-142.

Lavoie, P. (2012). Claude Lévi-Strauss et les mathématiques. *Bulletin de l'Association Mathématique du Québec, 52*(2), 37-61.

Lawvere, F. (1999). Kinship and Mathematical Categories. En R, Jackendoff, P, Bloom., & K, Wynn (eds.), *Language, Logic, and Concepts: Essays in Memory of John Macnamara* (pp. 411-425). Cambridge, MA: The MIT Press.

Leaf, M. (2009). *Human Organizations and Social Theory. Pragmatism, Pluralism, and Adaptation.* Urbana & Chicago, IL: University of Illinois Press.

Leaf, M., & Read, D. (2012). *Human Thought and Social Organization: Anthropology on a New Plane.* Lanham, MD: Rowman & Littlefield.

Leaf, M., & Read, D. (2021). *Introduction to the Science of Kinship.* Lanham, MD: Rowman & Littlefield.

Leinaweaver, J. (2018). Adoption. En F, Stein., S, Lazar., M, Candea., H, Diemberger., J, Robbins., A, Sánchez., & R, Stasch (eds.), *The Cambridge Encyclopedia of Anthropology* (pp. 1-16). https://www.anthroencyclopedia.com/printpdf/372

Lévi-Strauss, C. (1954). *Introduction: The Mathematics of Man. International Social Science Bulletin, 6*(3), 581-590.

Lévi-Strauss, C. (1969 [1949]). *Las estructuras elementales del parentesco.* Barcelona: Páidos.

Liao, T. (2007). Series Editor's Introduction. En C, Brown, *Differential Equations. A Modeling Approach* (pp. VII-IX). Thousand Oaks, CA: SAGE.

Liu, P-h. (1970). *Murngin: A Mathematical Solution.* Taipei: Institute of Ethnology, Academia Sinica.

Liu, P-h. (1983). *Foundations of Kinship Mathematics*. Taipei: Institute of Ethnology, Academia Sinica.

Lorrain, F. (1975). *Réseaux sociaux et classifications sociales. Essai sur l'algèbre et la géométrie des structures sociales.* Paris: Hermann.

Macfarlane, A. (1883). Analysis of Relationships of Consanguinity and Affinity. *Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland,* 12, 46-63.

McEwen, W. (1963). Forms and Problems of Validation in Social Anthropology. *Current Anthropology, 4*(2), 155-183.

McElreath, R., & Boyd, R. (2007). *Mathematical Models of Social Evolution: A Guide for the Perplexed.* Chicago, IL: University of Chicago Press.

Rauff, J. (2016). The Algebra of Marriage: An Episode in Applied Group Theory. *BSHM Bulletin: Journal of the British Society for the History of Mathematics, 31*(3), 230-244.

Read, D. (1974). Some Comments on the Use of Mathematical Models in Anthropology. *American Antiquity, 39*(1), 3-15.

Read, D. (1984). An Algebraic Account of the American Kinship Terminology. *Current Anthropology, 25*(4), 417-449.

Read, D. (1996). Mathematical Models. En D, Levinson., & M, Ember (eds.), *Encyclopedia of Cultural Anthropology* (pp. 752-757). New York, NY: Henry Holt.

Read, D. (2011). Mathematical Representation of Cultural Constructs. En D, Kronenfeld., G, Bennardo., V, de Munck., & M, Fischer (eds.), *A Companion to Cognitive Anthropology* (pp. 227-253). Malden, MA: Wiley-Blackwell.

Read, D. (2013a). Modeling Cultural Idea Systems: The Relationship Between Theory Models and Data Models. *Perspectives on Science, 21*(2), 157-174.

Read, D. (2013b). The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in Anthropology. En AAAS (coord.), *American Association for the Advancement of Science Annual Meeting.* Boston, MA.

Read, D. (2019). Mathematical Anthropology. En J, Jackson, Jr. (ed.), *Oxford Bibliographies (Subject: Anthropology)* (pp. 1-16). Oxford: Oxford University Press.

Reynoso, C. (2011). *Redes sociales y complejidad: Modelos interdisciplinarios en la gestión sostenible de la sociedad y la cultura.* Buenos Aires: Sb.

Richard, P., & Jaulin, R. (comps.). (1971). *Anthropologie et calcul*. Paris: Union Générale d'éditions.

Salgado, M. (2009). Construyendo explicaciones: El uso de modelos en sociología. *Persona y Sociedad, 30*(3), 29-60.

Seidman, S., & Foster, B. (1978). *A Note on the Potential for Genuine Cross-Fertilization between Anthropology and Mathematics. Social Networks, 1*(1), 65-72.

Selby, H. (1972). A Relatively New Specialty. *Science, 175*(4023), 741-742.

Selz-Laurière, M. (1988). Les mathématiques en ethnologie. *L'Homme, 28*(108), 147-155.

Seymour-Smith, C. (1986). Mathematical Models in Sociocultural Anthropology. En *Macmillan Dictionary of Anthropology* (pp. 183-184). London: Macmillan Press.

Shier, D. R., & Wallenius, K. T. (eds.). (1999). *Applied Mathematical Modeling. A Multidisciplinary Approach.* Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC.

Tjon Sie Fat, F. (1990). *Representing Kinship: Simple Models of Elementary Structures.* PhD Thesis, Faculty of Social Sciences, Leiden University, Leiden, Netherlands.

Velten, K. (2008). *Mathematical Modeling and Simulation. Introduction for Scientists and Engineers.* Mörlenbach: Wiley-VCH.

Weil, A. (1969 [1949]). Acerca del estudio algebraico de ciertos tipos de leyes de matrimonio (Sistema Murngin). En C, Lévi-Strauss, *Las estructuras elementales del parentesco* (pp. 278-286). Barcelona: Páidos.

White, D. (1974). Mathematical Anthropology. En J, Honigmann (ed.), *Handbook of Social and Cultural Anthropology* (pp. 369-446). Chicago, IL: Rand McNally College Publishing Company.

White, D., & Johansen, U. (2004). *Network Analysis and Ethnographic Problems: Process Models of a Turkish Nomad Clan.* Oxford: Lexington Press.

White, H. (1963). *An Anatomy of Kinship: Mathematical Models for Structures of Cumulated Roles.* Englewood Cliffs, N.J: Prentice- Hall.

Zachary, W. (1977). An Information Flow Model for Conflict and Fission in Small Groups. *Journal of Anthropological Research, 33*(4), 452-473.