

# Etnomusicología y teorías de la complejidad: Situación y perspectivas

Carlos Reynoso

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

billyreyno@hotmail.com

## Abstract

Esta presentación se analizan diversos métodos y técnicas vinculados a las teorías de la complejidad y el caos y su impacto en la musicología en general (y la antropología de la música en particular). La premisa fundamental establece una concordancia entre “clases de universalidad” que atraviesan las formulaciones del trabajo científico, independientemente de la materialidad de los objetos disciplinarios. En particular se examinan recursos conceptuales y herramientas de trabajo relacionados con la geometría fractal, los sistemas complejos adaptativos, los algoritmos genéticos y la dinámica no lineal. Los mismos involucran principios de independencia de escala, distribución  $1/f$ , dimensión fractal, auto-organización que permiten comprender la problemática de la música en la cultura desde una óptica inusual.

---

## 0. Introducción

Las llamadas ciencias de la complejidad y el caos son en realidad un conjunto de algoritmos que se refieren a cuestiones difíciles de tratar o intratables en términos de la ciencia convencional, históricamente inclinada a modelos de simplicidad organizada. Los nuevos interrogantes tienen que ver con la auto-organización, la emergencia, la no-linealidad, la sensibilidad a las condiciones iniciales, el surgimiento de patrones. Entre todos esos campos hay (como lo intuía Gregory Bateson) profundas analogías entre fenómenos y procesos que antes se creían no relacionados: aprendizaje, evolución, procesamiento de información, cambio, inducción. De eso se tratará de aquí en más.

## 1. Geometría fractal

La configuración de los elementos en la música de diversas culturas se atiene indiscutiblemente a una pauta fractal. La distribución característica de los fractales es la llamada

$1/f$ . Las piezas de música de casi todas las sociedades ostentan esa distribución, que difiere de los patrones  $1/f^0$  propios de los fenómenos aleatorios y de la pauta  $1/f^2$  propia de los procesos estocásticos. La música que los pueblos hacen y aceptan no es aleatoria, ni indefinida. La figura 1 muestra las distribuciones propias de los procesos aleatorios, fractales y estocásticos, llamados en música ruido blanco, rosa y marrón respectivamente. Sólo la segunda suena como *música* en la cultura que fuere.

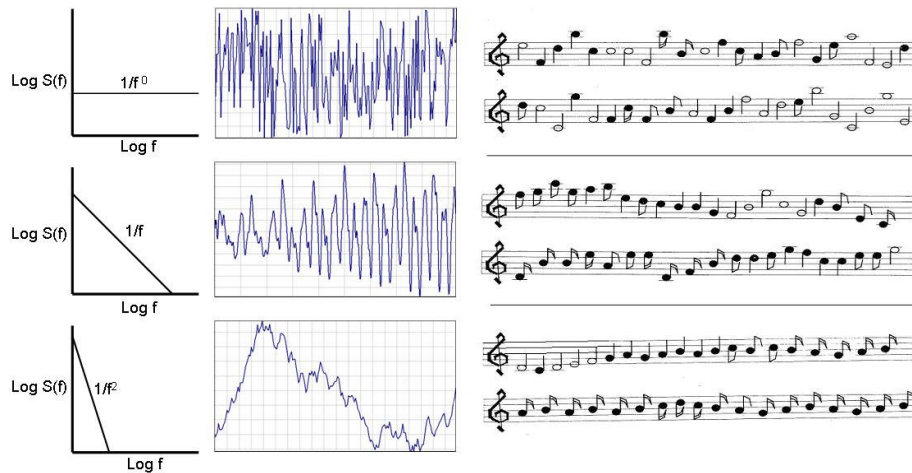


Figura 1

Es posible entonces medir la dimensión fractal de los diversos estilos; esa medición revela que algunas músicas son más fractales (o musicales) que otras. Lo mismo se aplica a diversas interpretaciones de una misma música. Un experimento importante en este terreno ha sido el del antropólogo Ron Eglash (1993), quien encontró que ciertos repertorios poseen una dimensión fractal característica: toda la música es fractal, pero el rap parece ser la menos fractal de todas.

Dimensión fractal	Fuente
<b>Rap</b>	
1.246	<i>Why is that</i> (Boogie Down Productions)
1.219	<i>Hold your own</i> (Kid Frost)
1.170	<i>Eric B for President</i> (Eric B)
1.274	<i>The Bridge</i> (M. C. Shan)
1.259	<i>Supersonic</i> (J. J. Fad)
1.186	<i>Queen of Royal Badness</i> (Queen Latifah)
1.158	<i>10% Dis</i> (M. C. Lyte)
<b>Reggae</b>	
1.454	<i>Many rivers to cross</i> (Jimmy Cliff)

1.286	<i>Trench Town Rock</i> (Bob Marley)
1.341	<i>Pressure Drop</i> (Jimmy Cliff)
1.329	<i>Rivers of Babylon</i> (Jimmy Cliff)
1.285	<i>You can get it</i> (Jimmy Cliff)
1.386	<i>Sing your own song</i> (Juddy Mowatt)
1.374	<i>Rock me</i> (Judy Mowatt)

La tabla muestra las dimensiones fractales de varias piezas de rap en contraste con otras de reggae; se sabe que un género intermedio, el raggamuffin, posee valores fractales intermedios. En general, una alta dimensión fractal correlaciona con una alta complejidad, aunque no abriré juicio estético al respecto. En condiciones muy controladas y a nivel del microdetalle, es posible que las dimensiones fractales características posean un valor diagnóstico sustancial.

## **2. Sistemas-L y gramáticas de patrones**

Los sistemas de Lindenmaier generan formas fractales en base a gramáticas recursivas diseñadas para modelar las reglas que rigen algo tan aparentemente distanciado de la música como podría serlo el crecimiento de las plantas. Desde hace tiempo se sabe que si se otorga a esas gramáticas una interpretación sonora en vez de una realización gráfica se genera un ruido que suena semejante a la música. Posiblemente existan correspondencias sinestésicas entre un campo de representación y otro: la música profusamente ornamentada, por ejemplo, sólo ocurre en sociedades que practican un arte visual abigarrado. Aunque la idea no se ha elaborado en profundidad, algunos especialistas como Gift Sirony y Przemyslaw Prusinkiewicz (1986) han sugerido analogías entre los sistemas-L que rigen los diseños artísticos y las gramáticas que generan la música en ciertas sociedades. Si a ello sumamos el hecho de que las gramáticas están obviamente relacionadas con las estructuras de las lenguas naturales y los lenguajes formales, es evidente que todo lo que se ha escrito sobre la tortuosa relación entre el lenguaje y la música (o entre la lingüística y la musicología), así como las interesantes pero inabordables cuestiones de la sinestesia, debe revisarse en profundidad.

### 3 . Sistemas dinámicos no lineales

Casi todos los fenómenos dinámicos de la naturaleza y de la cultura son de régimen no-lineal y en el rango caótico poseen sensibilidad extrema a las condiciones iniciales: un pequeño cambio o una mínima diferencia de redondeo induce conductas ulteriores divergentes. Por esto mismo es imposible realizar predicciones en el mediano y largo plazo. En torno de la dinámica no lineal se han desarrollado técnicas analíticas aptas para abordar fenómenos complejos, la música entre ellos. Una de esas técnicas son los gráficos de recurrencia, útiles para evaluar visualmente diferencias entre repertorios, los fenómenos no lineales en la emisión vocal, los fundamentos multivariados del timbre. Otros estudios han demostrado el carácter complejo de la percepción de componentes cuasi periódicos en ritmos auditivos como los que se dan en música, que son percibidos por el oyente con aparente facilidad a pesar de las grandes modulaciones temporales que se manifiestan en la performance (Large 1996). A este respecto, la combinación de conceptos de la psicología de la Gestalt y de las teorías de la complejidad, junto al modelado computacional de procesos cognitivos, se ha manifestado particularmente fecunda.

Los gráficos de recurrencia pueden revelar visualmente patrones de similitud y de diferencia que de otro modo permanecerían escondidos. La figura 2 muestra patrones característicos de la música (un canto Selknam registrado por Jorge Novati e Irma Ruiz), un ruido blanco, una traza estocástica y un fractal complejo (el atractor de Lorenz). Es evidente que la música se aproxima más a este fractal que a cualquier otro patrón.

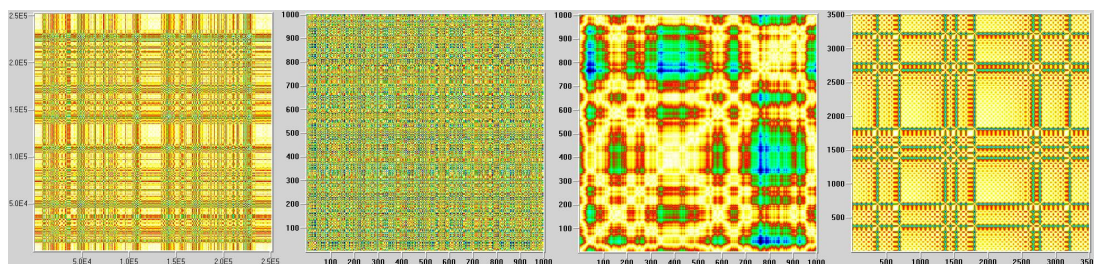


Figura 2 - Gráficos de recurrencia

Un interesante estudio de Margarita Mazo (1993), de la Universidad del Estado de Ohio, sobre los lamentos en Rusia brinda un acercamiento al tema que permite conjeturar que un abordaje desde la teoría del caos, y en particular los análisis de series temporales, podría arrojar luz sobre sus estructuras subyacentes. La descripción de las prácticas ligadas a los lamentos, considerados musicalmente, presenta datos sustanciales: los lamentos no tienen un comienzo y un fin definidos, toman la forma de una expresión personal o ritual y no son ensayados (p. 172). Algunas veces son ejecutados por los deudos en persona y otras por profesionales que simulan mediante artificios técnicos la misma manifestación de dolor. La autora ha comparado la producción vocal de los lamentos con las del habla y el canto, tomando en consideración las inhalaciones sonoras y las exhalaciones al final de las frases.

Su análisis permite demostrar que los lamentos se caracterizan por nasalización conspicua, alta tesitura (casi en el registro de falsete), armónicos superiores prominentes, inestabilidad de amplitud, musculación tensa, flujo de aire constreñido; todos estos rasgos contrastan fuertemente con los de las otras formas de expresión. Una fluctuación de intensidad con picos y pozos asimétricos es también característica. Esa distribución inusual de amplitud y su modulación continua sugiere una producción vocal intensa y sobreexcitada. También sugiere la inestabilidad de las condiciones fisiológicas que controlan la producción de voz. Muchos de los efectos vocales en el lamento, tales como el temblor vocal y los golpes glotales han sido observados en el habla patológica, pero no en el habla normal. Además hay un principio que se presenta con llamativa regularidad: “la inestabilidad del nivel de altura musical en los lamentos no puede ser aleatoria” (p. 206). Mazo concluye que los diversos aspectos de la lamentación no están controlados por un solo mecanismo. La vinculación de sus diversos dominios es intrincada y no lineal. Puede que la teoría del caos, dice, proporcione algunas respuestas. Por mi parte he analizado diversos

lamentos de Bielorrusia, Rumania, Albania y Nueva Guinea mediante la traza de recurrencia, mostrando que el patrón que se produce es manifiestamente no lineal y contrastante con el de otros estilos. Restaría un análisis sobre una muestra mayor de lamentos, elocuciones corrientes y canto para sacar conclusiones de cierto alcance.

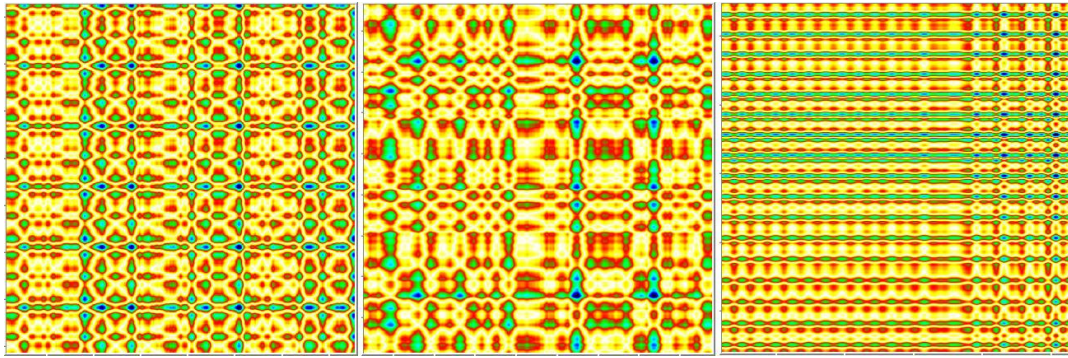


Figura 3 – Lamentos albanés y Bosavi *versus* canto lírico celta

Avanzando en ese sentido, la figura 3 contrasta dos lamentos (uno de Albania, otro de los Bosavi de Nueva Guinea) con un relajado canto celta. Los lamentos se parecen más entre sí de lo que se asemejan a otros géneros en sus mismas culturas. Es evidente que hay una signatura peculiar de los lamentos, que según se cree después de los estudios de Mazo y otros semejantes podría llegar a ser universal. El lector puede ensayar la misma idea a propósito de otros géneros: cantos infantiles, juegos vocales, baladas, canciones de cuna.

#### 4. Scaling

Trabajando a la escala adecuada, el estudioso puede encontrar que el problema que tiene entre manos pertenece a una determinada clase de universalidad para la cual se conocen diversas soluciones en otras disciplinas. La lógica que rige esas escalas es por lo común no lineal: una pequeña diferencia involucra una transición a una escala distinta. Este es el problema que encontraba Georg Herzog (1935; 1936), por ejemplo, en su tratamiento de las áreas musicales de Norteamérica: un ligero cambio de criterios descriptivos generaba mapas totalmente distintos. Esta característica, conocida como el “efecto de alas de

mariposa” es sintomática del caos determinista y desafía la intuición, típicamente ceñida (aún en las estrategias más densamente hermenéuticas) a los modelos de pensamiento lineales, proporcionales y simplistas propios del sentido común.

### 5. Redes de Erdős-Rényi

Tomando como punto de partida la teoría de grafos, en desarrollo desde el siglo XVIII, Erdős y Rényi (1959) impulsaron la teoría de redes a partir de la década de 1950 proponiendo una forma especial conocida como redes aleatorias, un poco impropias como modelos de la realidad pero al menos matemáticamente tratables. Aunque ni los músicos ni los matemáticos han elaborado seriamente el asunto, las redes (los grafos cíclicos, en rigor) son de aplicación inmediata en el análisis y la síntesis del ritmo. Ejemplo de ello son los estudios de Godfried Toussaint (2005), de la Universidad McGill en Montréal, sobre la geometría reticular del ritmo.

Sobre esta base me interesa mostrar una aplicación del modelado matemático del ritmo a través del concepto de Erdős de grafos homométricos: se dice que dos grafos son homométricos si tienen igual número de vértices y si la suma de sus perímetros y de sus diagonales son respectivamente iguales. ¿Para qué sirve saber si dos grafos son homométricos? Ahora se verá.

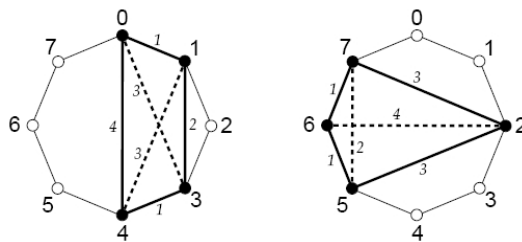


Figura 4 - Congas homométricas

La figura 4 muestra dos grafos que representan sendas formas de acentuar un ritmo de conga, o sea cinco acentos necesariamente irregulares sobre doce pulsos equidistantes. En

un ritmo dado sólo los acentos homométricos se manifiestan como variantes culturalmente aceptables de un mismo patrón rítmico. Esto es algo que ni los matemáticos ni los músicos sospechaban.

## **6. Redes independientes de escala**

Diversos procesos sociales ligados a la música (las cifras de popularidad de los géneros o los artistas en el mercado de consumo, tal vez la saliencia o frecuentación de los estilos en diversas culturas, los patrones de propagación o de epidemiología) constituyen fenómenos que, cuando se los trata en términos de redes, revelan distribuciones y estructuras complejas no aleatorias que son características de los sistemas que se auto-organizan. Las redes IE poseen propiedades distintas de las redes comúnmente tratadas en estadística; por empezar, su distribución no es normal, lo que hace que muchas herramientas estadísticas no paramétricas no sean adecuadas para su tratamiento. En una red IE no hay un caso promedio que sea el más abundante, ni es posible hacer un muestreo que represente proporcionalmente a las clases de cosas que hay en ellas.

Todo indica que la distribución de la música en la cultura es IE, lo que denota un alto grado de auto-organización. Esto obliga a replantear, por lo menos, mucho de lo que se cree saber sobre la relación entre las totalidades sociales y los individuos, y mucho de lo que se ha dicho (y aquí pienso en particular en las críticas a la cantométrica de Lomax) sobre los muestreos estadísticos proporcionales.

## **7. Modelos de percolación**

En su origen, la percolación concierne al movimiento y filtrado de fluidos de través de materiales porosos. Se ha encontrado que la dinámica de esta propagación es la misma en distintos medios físicos, biológicos e incluso sociales. La idea básica de la percolación es la existencia de una fuerte transición en la cual la conectividad global de un sistema apa-

rece (o desaparece) abruptamente cuando cierto parámetro de densidad alcanza un valor crítico. La transición de un polímero de gel a estado líquido, por ejemplo, responde al mismo modelo que la transición de una enfermedad contenida a una epidemia, o el cambio [*shifting*] de visibilidad regional a trans-regional de un estilo de música señalado por Marc Slobin (1992) en su estudio sobre las micromúsicas de Occidente. Los procesos complejos de difusión y epidemiología pueden ser abordados por estos modelos no lineales, particularmente efectivos para tratar redes IE frente a alternativas como las cadenas de Markov o los principios dominantes en la geografía musical clásica. Renaud Lambiotte y Marcel Ausloos (2005) han utilizado modelos de percolación para detectar patrones de comportamiento en redes complejas; su estrategia (demasiado especializada para tratarla aquí) ha servido de base al modelado cuantitativo de formación de gustos y opinión; este modelo ha servido a su vez a otros autores para comprender la emergencia del eclecticismo entre los aficionados a la música en oposición a las tendencias promovidas en el mercado.

## **8. Algoritmo genético y memética**

El padre del algoritmo genético, John Holland, lo propuso como un método de resolución de problemas con grandes espacios de búsqueda, tomando como modelo el mecanismo de la selección natural. El algoritmo es simple: definiendo un criterio de adecuación [*fitness*], se genera una población de soluciones al azar, cada uno de cuyos miembros posee un conjunto de propiedades, cada una de las cuales posee algún valor. Los miembros que mejor satisfagan el criterio de adecuación se “aparean”, produciendo descendencia cuyos valores son una combinación de los valores de sus ancestros. Los que más difieran del criterio se eliminan. Si se desea, se puede introducir mutaciones al azar para evitar que la población se estanque en torno a mínimos subóptimos. Al cabo de varios ciclos, la población convergerá hacia los valores deseados.

Dado que la gestación de géneros musicales nuevos puede entenderse como mutación de algún rasgo o como recombinación de dos o más géneros pre-existentes (tal como lo sugieren Constantin Brăiloiu, Kofi Agawu y otros), se ha propuesto utilizar estos algoritmos para modelar la composición, la generación de nuevas piezas mediante variación, la emergencia o especiación de nuevos géneros y el cambio musical. Estas visiones obligan a repensar el cambio, o mejor dicho, suministran una de las pocas herramientas existentes para interrogar procesos que todo el mundo cree comprender, pero que rara vez han sido indagados formalmente.

### **9. Criticalidad auto-organizada**

Constantin Brăiloiu se preguntaba en qué punto una variación de una pieza dejaba de serlo para convertirse en una pieza diferente. Es posible que el modelo de criticalidad de Per Bak, con su famosa metáfora de avalanchas en una pila de arena, pueda ser un modelo conveniente de esta forma de transiciones de fase; el modelo revela además una distribución  $1/f$  o de ley de potencia: los eventos de gran magnitud (la gestación de una obra maestra, un cambio de período en la historia) son los más infrecuentes. En antropología se ha aplicado el concepto a los cambios estilísticos en la cerámica y a las relaciones de contienda entre estilos coexistentes. En música se sabe que, en el mundo globalizado, la dinámica de la generación y extinción de estilos y modas mediáticas es un proceso de criticalidad.

### **10. Sincronización de osciladores**

La pregunta en cuestión es de qué forma las entidades autónomas que participan de un evento (musical, coreográfica o de otra índole) se coordinan globalmente sin renunciar del todo a su libertad individual. El último grito de la moda en teorías complejas, el modelo de la sincronización de Steven Strogatz (2004), se aplica directamente a este problema,

desarrollado en etnomusicología por Martin Clayton, Rebecca Sager y Udo Will (2004) bajo el nombre de entañamiento. El modelo tendría precedentes en los estudios de Charles Keil y Steven Feld sobre *groove* y discrepancia participativa, fenómenos que pueden elaborarse ahora en términos de una categorización menos impresionista. Las preguntas a las que responden estas indagaciones son muchas y preciosas: de qué manera surge la complejidad a partir de las interacciones simples, cómo se coordina cada agente con una totalidad, en qué sentido el todo es (como se percibe que es el caso en música) mucho más que la suma de las partes.

### **Conclusiones**

Si el lector desea sacar el jugo de inmediato a las perspectivas que acabamos de entrever, eso se puede llevar a cabo sencilla y gratuitamente. Con un programa de conversión de música grabada a formato binario (por ejemplo dMC AudioCDInput) se convierte una pieza de música en un archivo WAV. Se selecciona luego un fragmento de música del archivo con un editor como Audacity. Se toma ese fragmento con Visual Recurrence Analysis y se obtiene el gráfico de recurrencia correspondiente a la señal. Se captura ese gráfico en un archivo JPEG o BMP, se eskeletoniza con un editor fotográfico que deje solamente los bordes en blanco y negro, y se mide la dimensión fractal del dibujo con un programa como HarFA, SimuLab o Fractop. El ritmo se puede simular con Rhythmic Wheels y el grafo rítmico resultante se puede analizar con Pajek. Con estos recursos ya se tiene una base técnica formidable para examinar repertorios enteros y, por ejemplo, comparar la pérdida de fractalidad de los géneros a medida que se impone la globalización, examinar las características de estilos contrastantes, descubrir patrones visuales o cuantitativos característicos de un período, de un ritmo, de un artista, de una forma de canto o de lo que fuere. Se puede tomar una variable cantométrica mal definida (por ejemplo, aspereza vocal, amplitud o nasalidad) y darle ahora una definición fractal o espectral preci-

sa. Exceptuando el consumo eléctrico, la compra de la grabación original y el trabajo de elicitación en el campo, la inversión requerida para poner en marcha el procedimiento tiende a cero. Docenas de otras funciones analíticas y estadísticas de posible valor diagnóstico están al alcance de un botón virtual. Ninguna de estas operaciones rinde tributo a una estrategia teórica en particular.

Lo importante de estas observaciones es que todas ellas están sistemáticamente interrelacionadas en un entramado teórico y empírico de extraordinaria densidad. En geometría, en música o en dinámica de procesos, un fractal posee una distribución independiente de escala y la función que lo genera es recursiva. El gráfico de recurrencia de una pieza de música es fractal, lo mismo que la distribución de los fenómenos de criticalidad. Algunos viejos problemas se han cerrado por saberse intratables, pero otros nuevos espacios se han abierto en su lugar. Todo esto es un indicador no tanto de que ahora tenemos más respuestas, sino de que al fin podremos plantear algunas buenas preguntas y agregar una multitud de elementos de juicio que por una vez no son más de lo mismo.

Más allá de las gastadas expresiones de deseos de la interdisciplinariedad, en el estado de arte de las ciencias de la complejidad diversas disciplinas pueden interactuar para esclarecer un poco más la relación siempre oscura entre la música, la cognición y la cultura, superando el *impasse* de una interminable época posmoderna en la cual lo único que se ha perfeccionado es el inventario de lo que no se puede pensar, decir ni hacer.

### **Registros fonográficos:**

- Lamento albanés. Registro del Instituto de Cultura Popular de Tirana, sin fecha.
- Lamento funerario cantado por Gania y Famu. Registro de Steven Feld. Smithsonian Folkways SFW CD 40487, 2001.
- Canción irlandesa de Connemara. Registro de Josyane Bériou, 1978.

### **Referencias bibliográficas:**

- Clayton, Martin, Rebecca Sager y Udo Will. 2004. "In time with the music: The concept of entrainment and its significance for Ethnomusicology". *ESEM Counterpoint*, vol. 1.
- Eglash, Ron. 1993. "Inferring representation type from the fractal dimension of biological communication waveforms". *Journal of Social and Evolutionary structures*, 16(4).
- Erdős, Paul y A. Rényi. 1959. "On random graphs". *Publicationes Mathematicæ*, 6: 290-297.
- Herzog, Georg. 1935. "Plains ghost dance and Great Basin music". *American Anthropologist*, 37(3): 403-419.
- Herzog, Georg. 1936. "A comparison of Pueblo and Pima musical styles". *Journal of American Folklore*, 49: 283-417.
- Lambiotte, Renaud y Marcel Ausloos. 1995. "On the genre-fication of music: A percolation approach". 3<sup>rd</sup> International Conference NEXT-SigmaPhi.
- Large, Edward. 1996. "Nonlinear dynamics of rhythm perception in performed music". *ASA 131<sup>st</sup> Meeting*, Indianapolis, 14 de Mayo.
- Mazo, Margarita. 1994. "Lament Made Visible: A Study of Paramusical Elements in Russian Lament", en Bell Yung y Joseph Lam (compiladores), *Themes and Variations: Writings on Music in Honor of Rulan Chao Pian*, Columbus (Ohio), Editions Orphée.
- Prusinkiewicz, Przemysław. 1986. "Score generation with L-Systems". *International Computer Music Conference Proceedings*, pp. 455-457.
- Prusinkiewicz, Przemysław, K. Krithivasan y M. G. Vijayanarayana. 1989. "Application of L-Systems to algorithmic generation of South Indian folk art patterns and Karnatic music", en R. Narasimhan (compilador), *A perspective in computer science: Commemorative volume for Gift Siromoney*. Singapur, World Scientific, vol. 16.
- Reynoso, Carlos. 2006a. *Antropología de la Música: De los géneros tribales a la globalización. Vol. 1: Teorías de la simplicidad*. Buenos Aires, SB Ediciones.
- Reynoso, Carlos. 2006a. *Antropología de la Música: De los géneros tribales a la globalización. Vol. 2: Teorías de la complejidad*. Buenos Aires, SB Ediciones.
- Reynoso, Carlos. 2006c. *Caos y complejidad: Una exploración antropológica*. Buenos Aires, SB Ediciones.
- Slobin, Mark. 1992. "Micromusics of the West: A comparative approach". *Ethnomusicology*, 36(1): 1-87.
- Toussaint, Godfried. 2005. "The geometry of musical rhythm". Research report. School of Computer Science, McGill University.