REVISTA DA FUNDARTE
Ano 15 – Número 30 – Julho/Dezembro 2015

Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo

Edgardo Hugo Martinez[1]
Universidad Nacional del Litoral

Resumen: La integración en Xenakis, en gran medida, es consecuencia de ideas que surgen de un solo espíritu y no de varios. Xenakis maneja los lenguajes y técnicas tanto de la música como de la arquitectura y por su formación profesional, también los de las matemáticas. Esta singularidad le permite conocer, desde dentro, una serie de principios y procedimientos que pueden considerarse comunes. Así se producen, traslaciones de un campo al otro y viceversa. METÁSTASIS, es un ejemplo de ello. Las dos secciones exteriores de la obra, son uno de los primeros ejemplos históricos de composición con masas sonoras. Están resueltos, no a través de los procesos de la corriente compositiva contemporánea a la obra, sino a través de recursos tomados de la geometría completamente ajenos a la teoría musical. La sección central, por el contrario tiene puestos un pié en cada columna. Por un lado es una extensión de las teorías multiseriales, aprendidas de Messiaen, pero trabajadas con conceptos de permutación y combinatoria traídos desde las matemáticas. El presente trabajo investiga en detalle estos recursos.

Palabras-claves: Música; Xenakis; Metástasis.

Abstract: In the music of Xenakis, integration largely reflects the fact that ideas come from a single, rather than multiple spirits. Xenakis's understanding of the languages and techniques of music and architecture as well as his professional training in mathematics have lead him to discover principles and procedures that are analogous across the three disciplines. Following this, translations between domains provide a unique feature to some his compositions. This paper explores interdisciplinary connections in Metastasis. The two outer sections of the piece are one of the first historical examples of sound mass composition. They are not based on the contemporary compositional trend, but rather on resources taken from a geometry that is completely unrelated to music theory. The central section is different inasmuch as it is an extension of the multiserial theories that Xenaxis learned from Messiaen but modified according to the concepts of permutation and combination taken from mathematics.

Keywords: Music; Xenakis; Metastasis.

[1] Graduado como Profesor en la Universidad Nacional de Litoral y como Master en Música en la Brigham Young University, Estados Unidos.Es investigador y profesor titular en el Instituto Superior de Música, Universidad Nacional del Litoral (Santa Fe - Argentina), en las cátedras Texturas, Estructuras y Sistemas y en Composición con Medios Electroacústicos.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

Introducción

El objetivo de este estudio es realizar un análisis detallado de *Metástasis* (1953-54) de Iannis Xenakis e investigar las interacciones presentes entre música, matemáticas, geometría y serialismo.

Xenakis (1922 – 2001), es uno de los primeros y principales compositores en producir un quiebre radical con la corriente estilística-histórica de la música de posguerra. El hecho de que en gran medida haya sido autodidacta, probablemente hizo que no sintiera la fuerza gravitatoria de la tradición artística.

Su enfoque artístico es clásico - griego, por su acercamiento a Pitágoras en la fundamentación de todo a partir de los números. Proporciones y patrones numéricos son formas de ordenamiento de un material.

Olivier Messiaen, se refiere a él de la siguiente manera: *"…tienes la suerte de ser griego, de ser arquitecto y de haber estudiado matemáticas especiales. ¡Aprovéchalas! Utilízalas en tu música".*[2]

Xenakis toma elementos de las matemáticas y de la geometría, y mediante analogías los utiliza como recursos constructivos en música y en arquitectura. La interacción entre estas tres disciplinas es una constante de su obra.

En relación a *Metástasis*, tres ideas centrales definen la obra:

- la construcción de masas sonoras móviles, que en cierta manera reflejan su pensamiento *estocástico* del proceso compositivo: música indeterminada en sus detalles, pero dirigida a un final determinado.
- una concepción no lineal del tiempo acorde con las teorías de Albert Einstein,
- y las matemáticas: combinatoria, geometría y las medidas derivadas del *Modulor* ideado por Le Corbusier, un sistema de proporciones basados en medidas humanas, la serie de Fibonacci, y el número Phi (ø).[3]

[2] HARLEY, James, 2004. *Xenakis. His Life in Music,* pág 4. New York: Routledge. (Traducción propia).

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

La serie de Fibonacci tomada del *Modulor* (según Le Corbusier), está relacionada a dos procedimientos compositivos en esta obra: la distribución del espacio temporal, y la técnica de las *duraciones diferenciales* propia de Xenakis.

Las secciones con glissandos, en cambio, tienen que ver con *transformaciones geométricas del plano*.

Alrededor del año 1000 se desarrolla la escritura musical, en un sistema gráfico bidimensional. Este hecho influyó radicalmente en el lenguaje y en los procesos compositivos. Al desarrollarse un sistema de notación, forzosamente se eliminan las alturas no comprendidas dentro del mismo, acotando el repertorio del material sonoro. En los siglos posteriores, se experimentan procedimientos musicales que tienen analogías directas con procedimientos geométricos propios del plano. Si bien no se puede afirmar que haya habido una traslación directa desde la geometría a la música, esos procedimientos son una consecuencia lógica de utilizar un soporte gráfico como la partitura, afín a un plano en sus características. De esta manera, se establece una conexión entre el aspecto gráfico de la música (o una imagen) y su resultante sonora.

Los procesos geométricos a los que me refiero, son las *transformaciones geométricas básicas de una figura en el plano*, operaciones que permiten generar una nueva figura de una previamente dada. Las dos dimensiones del plano, por analogía pueden corresponderse en la partitura con las coordenadas de alturas y duraciones.

En geometría “Original” es la primera figura y “Homólogo” cada una de las transformaciones geométricas. En Música “Original” es la primera presentación de un tema o motivo e “Imitación” o “Repetición”, las posteriores elaboraciones del original.

[3] El *Modulor* se basa en las proporciones de *El Hombre de Vitruvio* de Leonardo Da Vinci, en la obra de Leone Battista Alberti (1404-1472), y en la búsqueda de proporciones matemáticas en el cuerpo humano.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

Varias transformaciones geométricas tienen similitudes muy estrechas con los obtenidos por procesos de transformación y repetición en música.

Las *transformaciones isométricas*, movimientos de una figura conservando dimensiones y ángulos, son aplicables a la música casi en su mayoría. Por ejemplo:

- Simetría central, a partir de un Centro de Simetría, corresponde al Retrógrado de la Inversión (**RI**).
- Simetría axial, a partir de un eje de simetría horizontal o vertical, corresponde a la Inversión (**I**) y al Retrógrado (**R**).
- Traslación, a partir de un vector de traslación, corresponde a una repetición en la misma altura o a una transposición en cuyo caso el **V.T.** es equivalente al intervalo de transposición.

Todos estos procesos son recursos primarios del contrapunto rescatados por el serialismo dodecafónico, procedimientos de la sección central de *Metástasis*.

No son sin embargo los únicos utilizados por el compositor.

Mycénes Alpha (1978) fue compuesta con el UPIC un dispositivo que transformaba gráficos introducidos en una tableta bidimensional, en estructuras sonoras.

El *paraboloide hiperbólico*, una figura geométrica tridimensional estudiada por la Geometría analítica, es otro elemento constructivo recurrente del compositor.

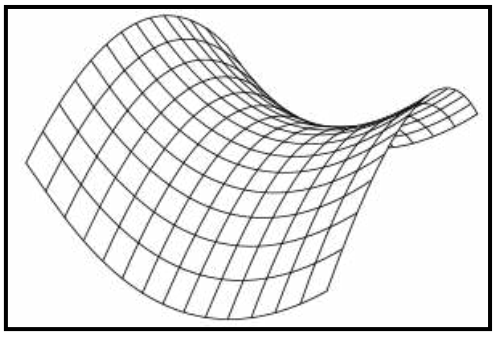


FIGURA Nº 1. PARABOLOIDE HIPERBÓLICO[4]

[4] Gráfico tomado de http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/972963

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

El *paraboloide hiperbólico*, genera las secciones de glissandos al principio y al final de *Metástasis*, pero también las superficies externas del *Pabellón Philips* (1958), el casco plástico de *Le Diatope* (1978), y las disposiciones de los cables que sostienen las luces en *Le Polytope de Montreal* (1967).

El título de la obra electroacústica, *Concrete PH* (1958), es una referencia a Paraboloides Hiperbólicos de Concreto, los bloques de cementos utilizados en la construcción del exterior del *Pabellón Philips*, donde se estrenó.

Estos vínculos, producto de analogías entre partituras y planos, permiten una interacción importante entre lo visual y lo sonoro, que recién comenzó a explorarse en forma continua en la segunda mitad del siglo XX y en gran medida a través de la informática.

Los procedimientos compositivos en Metástasis

Metástasis está compuesta para una orquesta de 61 ejecutantes: 12 instrumentos de viento (piccolo, flauta, 2 oboes, clarinete bajo, 3 cornos, 2 trompetas, 2 trombones), 3 percusionistas con 7 instrumentos (xilofón, triángulo, Wood-block, tambor, timbal, redoblante y bombo) y 46 instrumentistas de cuerdas (12-12-8-8-6)[5]. Fue estrenada en 1955 en el Festival Donaueschingen bajo la dirección de Hans Rosbaud.

Análisis[6]

Xenakis explica que esta obra está organizada en siete secciones que a su vez pueden agruparse en tres grandes partes de acuerdo al material que desarrollan: masas sonoras – serialismo – masas sonoras[7] La subdivisión en tres

[5] La partitura definitiva de esta obra tiene el título *Metastaseis*^{b}. La letra "b" indica una revisión en la que se modificó las cantidades de cuerdas. El original tenía una distribución 12-12-12-12-4.
[6] Este análisis está basado parcialmente, en un texto inédito de Xenakis contemporáneo a "La Crisis de la Música Serial", actualmente conservado en la Biblioteca Nacional de Francia, en los Archivos Xenakis. El texto lleva el Título "Metastassis. Analyse ou la contre-attaque de l'orchestre" y aparece reproducido totalmente en **Anne-Sylvie Barthelt-Calvet** "MÉTASTASSIS – Analyse. Un texte inédit de Iannis Xenakis sur Metastasis" Revue de Musicologie, 89/1 (2003). Páginas 129 a 187.
[7] El agrupamiento en tres partes es propio. La división en siete secciones de Xenakis.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

grandes secciones se fundamenta en los siguientes aspectos. *Metástasis*, utiliza tres tipos de texturas: glissandos, líneas estáticas, y puntos. Las dos primeras son masas sonoras en las que sobresalen los comportamientos globales. Los glissandos tienen movimientos audibles en sus contornos exteriores: ascendentes, descendentes, cruzados, divergentes y convergentes. Fueron originalmente bosquejados en papel milimetrado por el compositor, y luego trasladados a alturas. La textura de líneas estáticas, desde el compás 35, es una derivación de la técnica de clusters en uso desde principios del siglo XX. Solo hay variaciones tímbricas y de dinámicas. La inmovilidad de las alturas contrasta con la subsección anterior. Desde el compás 87, el cluster evoluciona a glissandos que convergen en un acorde, reflejando un cierre formal de esta primera parte. El diseño general muestra una expansión desde el unísono a un bloque de 46 alturas y una contracción a otro de solo cuatro notas.

La parte central (c. 105 a 309), difiere en varios aspectos.

"*La segunda sección es sorprendente a su manera, siendo completamente diferente del comienzo. Un sexteto de cuerdas comienza un pasaje Weberiano angular, que desde* ***Le Sacrifice*** *(1953), es el fragmento más estrictamente serial que Xenakis haya escrito*".[8]

El tratamiento serial está concentrado en alturas y duraciones. Varias formas de permutación de las series aparecen en este fragmento, en el que predomina un trabajo puntillista. Admite una subdivisión en dos partes relativamente contrastantes, peros seriales.

Después de finalizar la partitura de *Metástasis*, Xenakis escribe en 1956 *La crise de la musique sérielle*. "*Xenakis, puede haber estado pensando en este pasaje, al menos en parte, cuando formuló su crítica del serialismo…"*[9]

La tercera parte, a la manera de un arco formal, retoma las características del principio. Hay concordancia entre las secciones **a**/**b** y **f**/**g**. En ambas, masas de

[8] HARLEY, James. 2004. *Xenakis. His life in Music*. Routledge, New York, pág. 11. Traducción propia.
[9] Ibídem anterior

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

glissandos se mueven hacia sonidos estáticos, en el principio hacia un cluster y en el final, a un unísono prolongado sobre **Sol#** 3.

1º Parte 1-104			2º Parte 105-309					3º Parte 310-346	
			105-202				202-309		
a[10]			**b**		**c**	**d**	**e**	**f**	**g**
34 (comp.)	52	18	23	23	24	28	107	8	29

a desde el compás 1 al 104

b desde el compás 105 al 150

c desde el compás 151 al 174

d desde el compás 175 al 202

e desde el compás 203 al 309

f desde el compás 310 al 317

g desde el compás 318 al 346

1º PARTE (1 AL 104)

Sección **a** (1 al 104)

El uso de masas sonoras y glissandos identifica la 1º parte.

El comienzo es un desplazamiento constante de varias líneas rectas traducidas musicalmente como glissandos continuos. La contracción y expansión del espacio musical y la densidad de eventos en continuo movimiento son ilustraciones de la aplicación de las leyes estocásticas en Xenakis: nubes o masas sonoras, en las que no importan los eventos individuales, sino la resultante total. Los eventos individuales son indeterminados, pero no afectan la identificación sonora del todo.

[10] Corresponde a secciones y es el análisis de Xenakis. Las letras no representan nada más que una numeración para facilitar su análisis.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

Esta sección también es un ejemplo de la concepción *no lineal del tiempo* que Xenakis relaciona a las teorías de Albert Einstein. El tiempo es: "*...una fracción del estado de variación de la materia y la energía*."[11] El cambio en cualquiera de los dos, afecta su percepción. En *Metástasis* las variaciones de intensidad, registro, densidad textural, direccionalidad de los glissandos y otros procesos, son análogos a cambios de masa y energía. No representan un tiempo unidireccional.

La Sección **a**, tiene una subdivisión interna en tres subsecciones con diferentes eventos: glissandos, un cluster y nuevamente glissandos. Las tres secciones, de alguna forma utilizan cifras de la serie de Fibonacci. A su vez, la segunda subsección (52 compases), refleja una subdivisión que incluye la duración de la 1º subsección (34 compases) y la de la 3º (18 compases), con divisiones aún menores de acuerdo a la serie.[12]

<table>
<tr><td colspan="12">Sección a (1-104)</td></tr>
<tr><td>34 compases</td><td colspan="10">52 compases</td><td>18 compases</td></tr>
<tr><td></td><td>13</td><td>8</td><td>3</td><td>1</td><td>5</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>8</td><td>0,5</td><td>8,5</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="7">13+8+3+1+5+1+3=34
Duración de la 1º
Subsección</td><td colspan="4">1+8+0,5+8,5=18
Duración de la 3º
Subsección</td><td></td></tr>
</table>

En los primeros 34 compases, las cuerdas completas parten de un unísono sobre el Sol 3[13] y mediante glissandos de diferentes extensiones se abren hasta un cluster de 46 alturas diferentes (1 por cada instrumento de cuerda). Violines (I y II) y Violas realizan desplazamientos ascendentes hasta formar un cluster compacto de intervalos 1 (29 veces) y 2 (2 veces).[14] El acorde queda ubicado 6 semitonos arriba del Sol 3.

Violonchelos y Contrabajos descienden a un cluster de intervalos 1 (6 veces), 2 (6 veces) y 3 (1 vez). El acorde queda ubicado seis semitonos debajo del Sol 3. Es una distribución completamente simétrica del espacio textural.

[11] XENAKIS, Iannis. *Analyse ou la contre-attaque de l'orchestre*. Citado en **Anne-Sylvie Barthelt-Calvet.** 2003. *MÉTASTASSIS – Analyse. Un texte inédit de Iannis Xenakis sur Metastasis.* Revue de Musicologie, 89/1. Pág. 184.

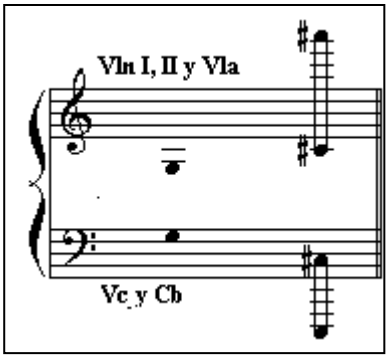
[12] Xenakis marca todas las articulaciones formales con una respiración (**,**) o con un cambio brusco de intensidades.

[13] Do 4 = Do central

[14] De aquí en más designamos los intervalos con números de acuerdo a la cantidad de semitonos: 1 = segunda menor, 2 = segunda mayor, 3 = tercera menor, etc.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

FIGURA Nº 2. CLUSTER
COMPÁS 35.



La segunda subsección comienza con la llegada al cluster antes mencionado (compás 35) que se mantiene hasta el final y en el que solo varían las dinámicas y los tipos de toques. Aquí se agregan los bronces.

La tercera subsección empieza con otro cluster cuya extensión va desde un Si 7 hasta un Mi 1. Solo hay un sonido repetido (Sol#3). Desde el Si 7 al Fa# 3 la distribución de alturas es compacta. Entre cada uno de los sonidos adyacentes hay intervalos 1, 2 y 3. La densidad es menor desde el Fa# 3 al Mi 1. El cluster evoluciona mediante glissandos hacia un acorde muy amplio, pero de solo cuatro sonidos (mi2, sol#3, re#6 y la7), finalizando la primera parte en un *fortissimo*.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

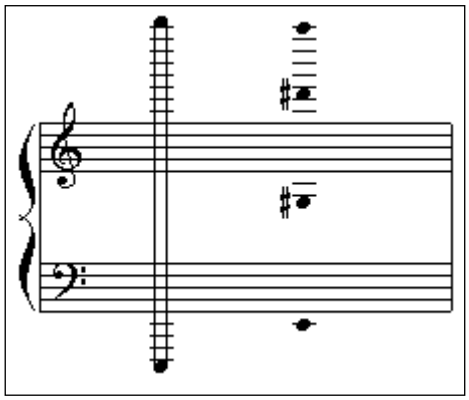


FIGURA Nº 3. CLUSTER COMPÁS 87

2º Parte (105 al 309)

El elemento unificador de la 2º parte es el uso de procedimientos seriales.

SECCIÓN **B** (105 AL 150 O 23 + 23)

Parte de una serie de cuatro sonidos:

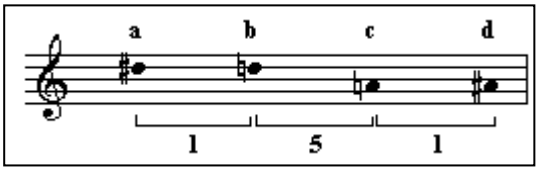


FIGURA Nº 4. SERIE A

Con estas cuatro notas, Xenakis realiza procedimientos de combinatoria numérica. El factorial de 4 es 24 (4! = 24). Las 24 variantes posibles de combinación son utilizadas como material precompositivo siguiendo un ordenamiento complejo. Xenakis las agrupa en tres grupos de 8 variantes. El siguiente es el primero de los grupos:

Grupo 1

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

	Columna 1			
Subg. 1	a	b	c	d
	a	b	d	c
Subg. 2	c	d	b	a
	c	d	a	b

	Columna 2			
Subg. 3	b	a	d	c
	b	a	c	d
Subg. 4	d	c	a	b
	d	c	b	a

Cada grupo tiene dos columnas con 4 variantes. Las columnas están divididas en dos subgrupos, cada subgrupo con 2 variantes. Los subgrupos están numerados del 1 al 12. En esta Sección de *Metástasis* aparecen utilizados rigurosamente desde el Nº 1 al Nº 12. El ordenamiento de las variaciones sobre los cuatro sonidos no es casual, tiene relaciones intrínsecas dentro de los subgrupos: por ej. , la segunda variante invierte los dos últimos elementos, ***abcd*** se transforma en ***abdc***. También las hay entre subgrupos de una misma columna: la primera variante del segundo subgrupo, es el retrógrado de la variante anterior. Finalmente, de una columna a la otra los elementos se retrogradan por pares.

Un par de series más completan el material precompositivo. La serie B de seis sonidos:

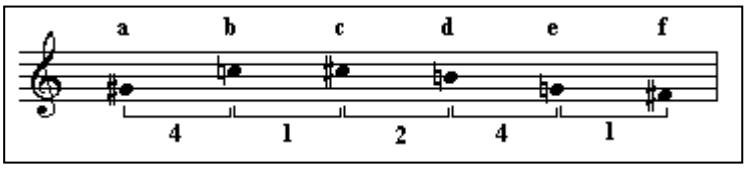


FIGURA Nº 5.SERIE B.

y la serie C, una combinación de las dos anteriores más la inclusión de las dos notas que completan el total cromático, es decir: A + B + mi y fa.

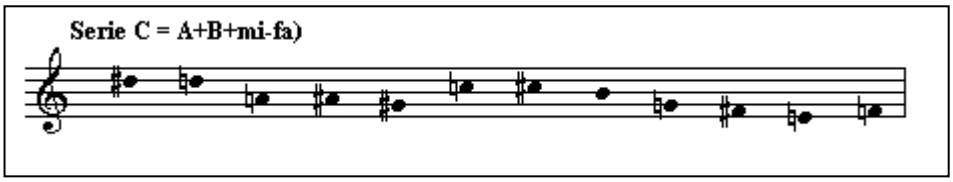
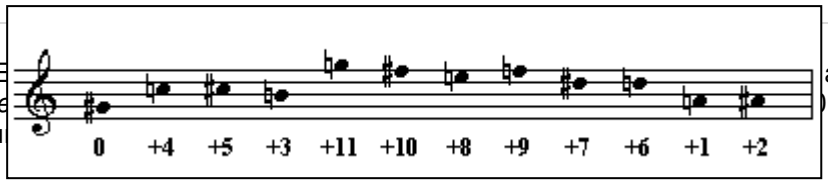


FIGURA Nº 6. SERIE C (A+B +MI-FA)

Cada variante de la serie A está transportada a otra altura siguiendo el orden de la serie C. La transposición comienza desde la Serie B (quinta nota) y sigue la secuencia: 0, +4, +5, +3, +11, +10, +8, +9, +7, +6, +11, +2; lo que nos da la serie



MARTINEZ, E áticas, geometría y serialismo. *Re*)15. Disponível em: <http://seer.fu

anterior, pero reproducida desde el Sol#:

Xenakis comienza esta sección utilizando la primera variante de cada subgrupo con las 12 transposiciones. Las primeras cuatro apariciones de la Serie A,

FIGURA Nº 7. VARIANTE DE LA SERIE A.

tienen las siguientes notas:

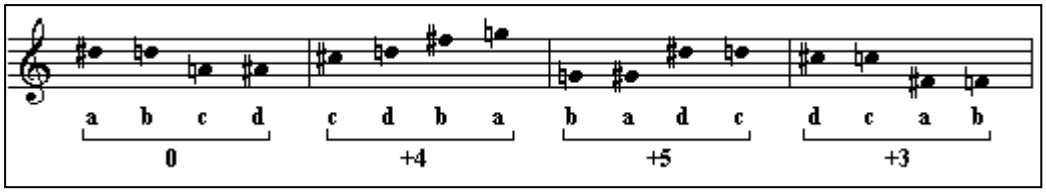


FIGURA Nº 8. TETRACORDOS INICIALES DE LAS PRIMERAS SERIES A.

Las duraciones están asociadas a intervalos de alturas, medidos en semitonos.

Hay cuatro ordenamientos en los que las duraciones están expresadas en cifras decimales equivalentes a fracciones de una negra. En estas cifras decimales aparece nuevamente la serie de Fibonacci. En la tabla siguiente, primero aparece el intervalo en semitonos[15] y luego la duración en fracciones de una negra:

1º serie: 1 (0,05); 2 (0,08); 3 (0,13); 4 (0,21); 5 (0,34); 6 (0,55).

2º serie: 1 (0,08); 2 (0,13); 3 (0,21); 4 (0,34); 5 (0,55); 6 (0,89).

3º serie: 1 (0,13); 2 (0,21); 3 (0,34); 4 (0,55); 5 (0,89); 6 (1,44).

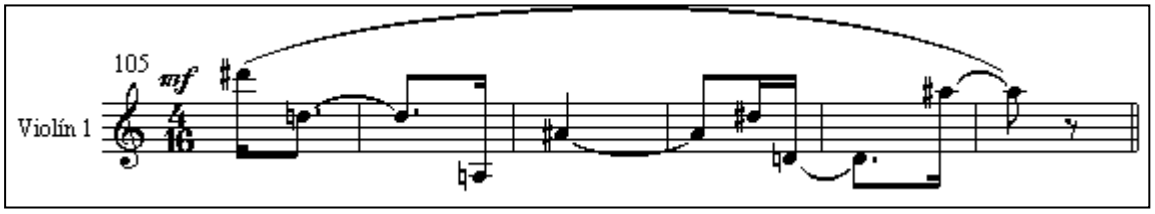
4º serie: 1 (0,21); 2 (0,34); 3 (0,55); 4 (0,89); 5 (1,44); 6 (2,33).

[15] Utiliza solamente los intervalos básicos (1 a 6), los considera equivalentes a los complementarios (7 a 11) y a los compuestos (mayores a 13).

FIGURA Nº 9. METÁSTASIS. COMPÁS 105. VIOLÍN.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

El siguiente fragmento, puede servir como ejemplo de los procedimientos previamente explicados.



Las alturas corresponden a la primera variante del subgrupo 1 (re#, re, la la#). Las duraciones asociadas corresponden a la 4º serie, antes expuesta. Xenakis realiza aproximaciones a la serie de Fibonacci, puesto que los valores expresados en la tabla son imposibles de reproducir. Las correspondencias son las siguientes:

Notas	Intervalo en semitonos	Duración en porcentaje de una negra	Cifra de la serie de Fibonacci más cercana
Re# - Re	1	0,25	0,21
Re – La	5	1,5	1,44
La – La#	1	0,25	0,21
Re – La#	4	1	0,89

Si bien, en el fragmento anterior se analizan las duraciones de un instrumento individual, el procedimiento de las *duraciones diferenciales*, atribuido Xenakis implica relaciones más complejas: presupone asociar intrínsecamente intervalos de alturas e intervalos de tiempo. La principal crítica de Xenakis al serialismo integral, es la forma arbitraria en que las variaciones de alturas se asocian a las variaciones de duraciones.

Para ello, Xenakis establece entre estos dos parámetros, un sistema escalar paralelo que siga un mismo tipo de progresión. Esta preocupación la desarrolla en sus años de estudio con Messiaen, quien en la posguerra realiza búsquedas similares y las utiliza en *Cuatro estudios de Ritmo* (1949) y en especial en la Nº 2 *Modos de Valores e Intensidades*. Messiaen utiliza tres modos con una progresión escalar de parámetros: duraciones más cortas a más largas, asociadas a alturas

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

agudas a más graves e intensidades desde las más suaves a las más fuertes, en todos los casos siguiendo un radio de incremento proporcional similar.

Xenakis da algunas claves sobre los procedimientos usados en esta sección. Parte de dos conceptos básicos:

- Duración propia del sonido: la distancia entre dos ataques consecutivos de sonidos de una voz o instrumento tomado individualmente.
- Duración diferencial del sonido: la distancia temporal entre dos ataques consecutivos de sonidos en un contexto polifónico, por lo que ambos ataques pueden ocurrir en diferentes voces o instrumentos. Esto es, el ritmo textural, la rítmica resultante de la interacción de todos los componentes de la textura.

En un contexto monofónico, duración propia y diferencial son iguales, no así en un contexto polifónico.

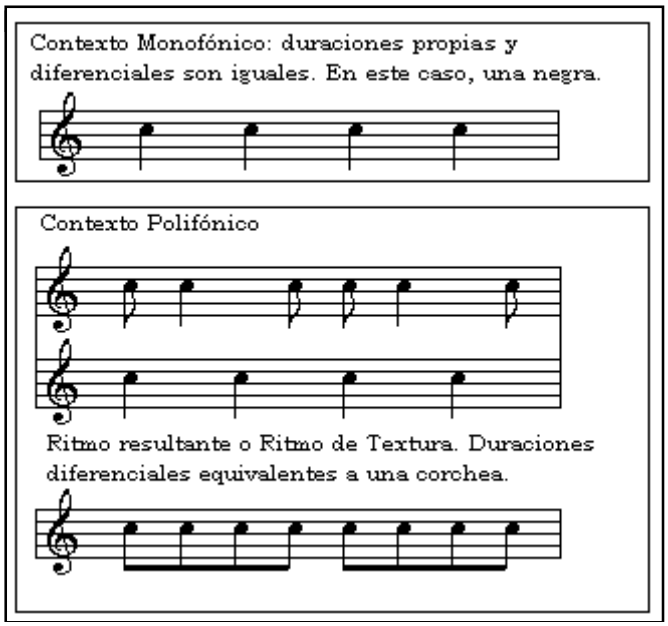


FIGURA Nº 10. RITMOS RESULTANTES.

Xenakis propone medir las duraciones en fracciones de negra, expresándolas en números decimales para facilitar adición y sustracción. Establece que:

- *"La progresión será geométrica. La progresión geométrica está en la naturaleza de la percepción de las frecuencias que siguen una ley logarítmica".*[16]
- *"La razón de la progresión de duración es el número phi (ø) de la sección dorada (= 0,618...). Así permite una constante sobre la proporción".*[17]

La 2º parte de *Metástasis* es una polimetría en la que se superponen tres compases diferentes con la siguiente indicación metronómica:

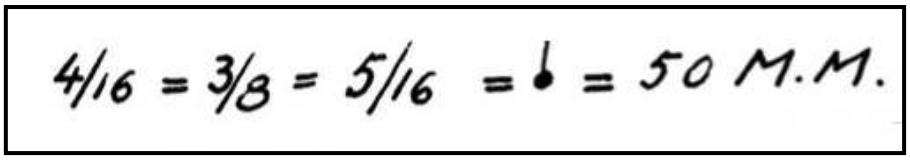


FIGURA Nº 11. INDICACIÓN METRONÓMICA, 2DA PARTE DE METÁSTASIS.

Es decir, cada compás tiene la misma duración, pero diferentes subdivisiones. Las diferencias entre las duraciones de los pulsos de los tres compases son también cifras de la serie.

- **0,05** = a la diferencia entre una semicorchea de 5/16 (0,20 del compás) y una semicorchea de 4/16 (0,25 del compás).
- **0,08** = a la diferencia entre una semicorchea del compás de 4/16 (0,25) y una corchea del compás 3/8 (0,33).
- **0,13** = a la diferencia entre una semicorchea del compás 5/16 (0,20 de una negra) y una corchea del compás 3/8 (0,33).

[16] XENAKIS, Iannis. *Analyse ou la contre-attaque de l'orchestre*. Citado en : BARTHELT-CALVET, Anne-Sylvie. 2003. *MÉTASTASSIS – Analyse. Un texte inédit de Iannis Xenakis sur Metastasis.* Revue de Musicologie, 89/1. Pág. 185.
[17] Ibid.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

Mediante este sistema Xenakis pretende que las duraciones propias de un sonido individual no tengan sentido en el contexto musical sino que sean las duraciones diferenciales entre sonidos las que realmente importen.

Finalmente: la Sección **b**, está claramente articulada en dos subsecciones (23 + 23), por silencios y por cambios en la instrumentación. En la primera, la instrumentación es para Violín I-1.2.3 y Violonchelo 1.2.3. En la segunda, la cantidad se duplica con la incorporación de Violonchelo 4.5.6. y Contrabajo 1.2.3.

Sección c (151 al 174)

El procedimiento es ahora la permutación serial. Utiliza para ello la serie de doce sonidos, A+B+fa-mi (Serie C), que aparece en la Sección anterior. La primera permutación es la Serie (S) que es la que toma como generatriz desde este momento:

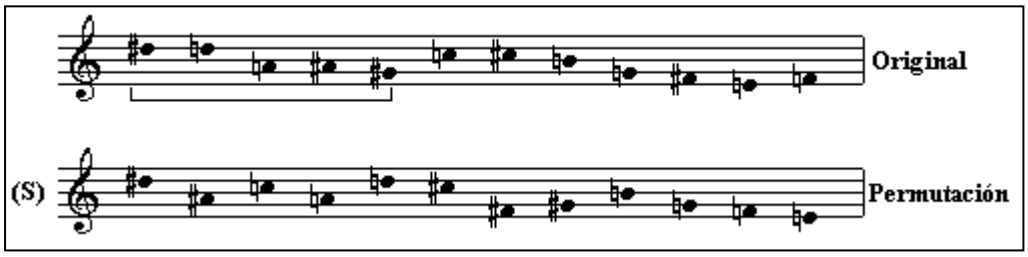


FIGURA Nº 12. PERMUTACIÓN SERIAL.

(S), se divide en dos subseries (SSa y SSb) que tienen en su estructura interválica interna, algunas particularidades en común. Salvo el intervalo central todos los otros son iguales, lo que hace que la segunda mitad prácticamente sea una transposición de la primera.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

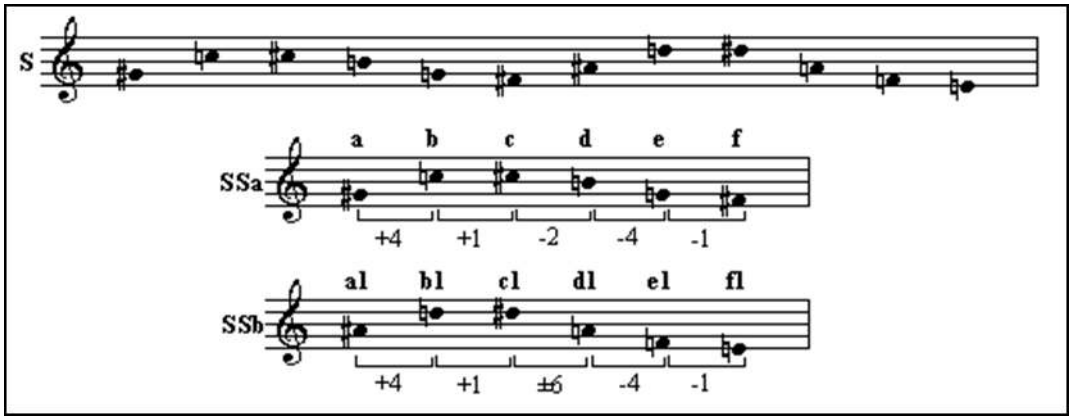


FIGURA Nº 13. DIVISIÓN EN SUBSERIES.

Cada subserie es simétrica en su concepción interválica: los dos intervalos positivos del comienzo aparecen como intervalos negativos al final, lo que resulta en una inversión de los tres primeros sonidos, en los segundos tres.

Sobre estos dos hexacordios Xenakis construye 17 permutaciones, que usa a lo largo de la Sección **c**.

SSa1 abc/def **SSb1** a1b1c1/d1e1f1

SSa2 acb/dfe **SSb2** a1c1b1/d1f1e1

Etc., hasta **SSa17** y **SSb17**.

La distribución de los sonidos de cada subserie no es lineal, ni vertical, es más bien oblicua. En el compás 150, la primera subserie **SSa1** (sol#, do, do#, si, sol, fa#), aparece distribuida en Violín I-1 (sol#, do#, sol), Violín II-1 (do), Violín I-2 (si) y Viola 1 (fa#). Las doce primeras subseries son transportadas de acuerdo a una **Permutación** de la Serie (S) de la Sección anterior. Las cinco siguientes, de acuerdo a las primeras cinco notas de la serie **Original**.

Las duraciones siguen el mismo patrón de la Subsección anterior: son geométricamente proporcionales a los intervalos que les siguen. De los cuatro ordenamientos de duraciones se utiliza el primero (0,05, 0,08, etc.).

La orquestación de este fragmento es uniforme: 12 instrumentos de cuerdas (Violín I-1.2.4, Violín II-1.2, Viola 1, Violonchelo 1.3, y Contrabajo 1.2.3.4).

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

<u>Sección d</u> (174 al 202)

Al igual que las dos Secciones anteriores es internamente uniforme en su orquestación pero con un incremento con respecto a la anterior. La orquesta de cuerdas está completa y aparecen los Timbales, el Redoblante y el Bombo. Es la primera vez en la obra, en que hay partes duplicadas.

La generación de series, es ahora por rotación. Xenakis parte de un círculo, similar al círculo de quintas, con doce puntos definidos y le asigna valores numéricos. En el sentido de las agujas del reloj, (serie positiva) los valores son 0, +1, +2, +3, +4, +5, +6, –5, –4, –3, –2, -1, +1, +2, etc. En el sentido contrario (serie negativa) son: 0, -1, -2, -3, -4, -5, -6, +5, +4, +3, +2, +1, -1, -2, etc. Corresponde a la progresión de quintas y su relación con una tónica central, una vez que llegamos al extremo opuesto las distancias disminuyen. Estas cifras le resultan funcionales al compositor porque coinciden con los intervalos básicos. El “0” aparece solo al principio, porque no produce una permutación. El procedimiento consiste en ir modificando los intervalos internos de la serie de acuerdo a la serie positiva o a la negativa.

El siguiente ejemplo toma la serie original y en sucesivas permutaciones modifica los intervalos entre los sonidos siguiendo la serie positiva.

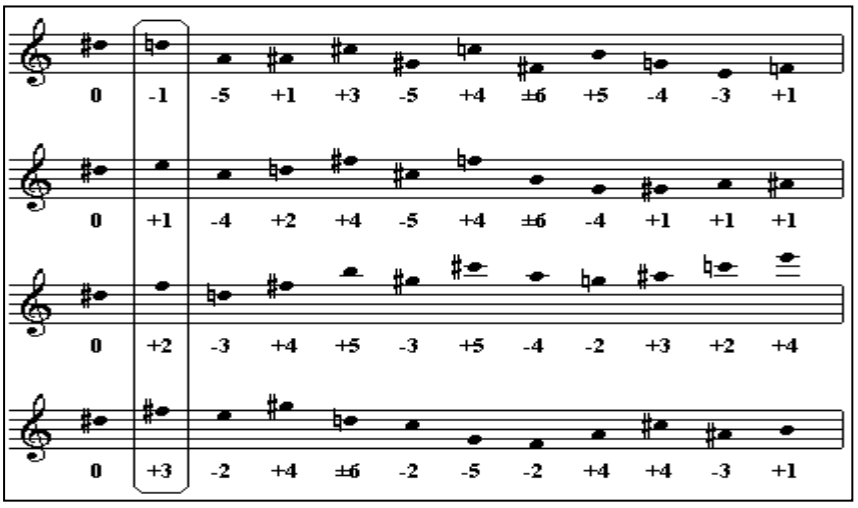


FIGURA Nº 14. SERIE ORIGINAL Y PERMUTACIONES.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

En algunos casos las cifras no siguen el orden estricto. De hacerlo repetirían sonidos ya presentes en la serie, por lo que se cambian por una cifra adyacente.

Mediante este procedimiento se generan dos grupos de siete series cada una: la primera generada por la rotación positiva y la segunda por la rotación negativa. Cada serie de un grupo es transportada de acuerdo a los intervalos de la primera serie del mismo grupo y del otro.

A continuación se reproduce el comienzo de esta sección en la fila de Violines II.

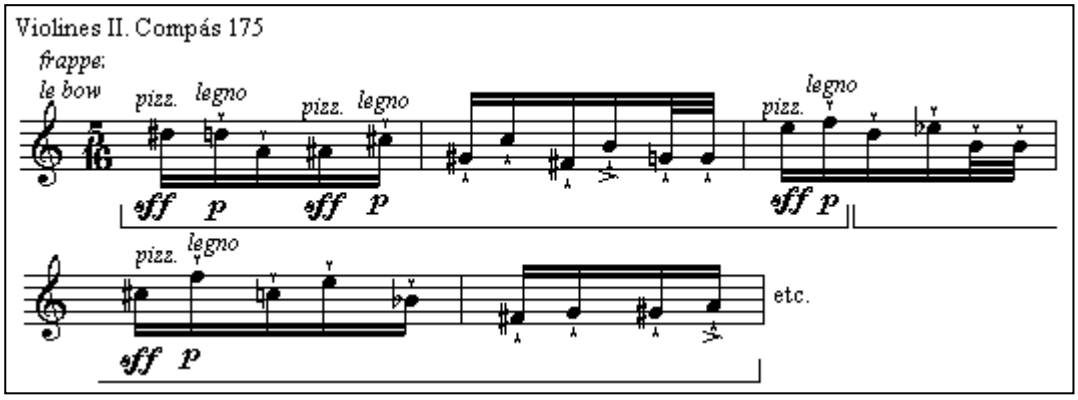


FIGURA Nº 15. METÁSTASIS. COMPÁS 175.

En el principio se expone la serie original completa. Desde el compás 177, la primera permutación aparece transportada un semitono descendente.

En estos compases se observan también, criterios de serialización en los modos de articulación y ataque del sonido, y en las intensidades.

En cuanto a las duraciones, Xenakis utiliza la Primera serie (desde 0,05), la Tercera (desde 0,13), duraciones regulares de 0,20 (como en el ejemplo anterior) y de 0,33 (en las violas).

Registros y timbres se asocian a cada grupo de permutaciones.

<u>Sección e</u> (202 al 308)

La generación de series es ahora a partir de intervalos y no de notas o de procedimientos con notas. Este es el principal contraste con la sección anterior junto

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

al cambio de metro, ahora uniforme en todos los instrumentos. Xenakis aplica "el principio de distribución económica de intervalos, de todos los intervalos en una serie".[18] El compositor propone dos reglas en la generación de series: a) utilizar todos los intervalos básicos (±1, ±2, ±3, ±4, ±5 y ±6) y b) no más de dos veces cada uno. La serie interválica tendrá forzosamente dos intervalos de cada uno, y será paninterválica si consideramos la segunda repetición de un intervalo como equivalente a su complementario (1=11, 2=10, 3=9, etc.).

Los seis intervalos utilizados se dividen en dos grupos:

- 1, 2 y 6.
- 3, 4 y 5.

El primer grupo es más disonante que el segundo. El otro, es más "tonal": tiene los intervalos utilizados en la conformación de los acordes mayores y menores.

El primer grupo se ordena como 216 y 612. El segundo, como 345 y 543. Con ellos el compositor crea una tabla combinatoria con 8 variaciones, en la que cada grupo (original y retrogradación) aparece dos veces.

A	345 612
B	345 216
C	543 612
D	543 216

E	216 345
F	612 543
G	216 543
H	612 345

Entre A-G, B-F, C-E y D-H la relación es original - retrógrado.

Sobre cada uno de estos grupos de seis intervalos, se elabora combinatorias, siguiendo el principio antes citado. Combina A (345 612) con otros ordenamientos de los seis intervalos. Realiza una tabla de series, que se constituye en el material precompositivo de esta Sección. La Tabla contiene 195 series, pero no todas son usadas.

La primera serie generada por este procedimiento es:

+3 +4 -5 +6 +1 +2 -1 -5 -4 +3 +2 +6

[18] Citado en BARTHELT-CALVET, Anne-Sylvie "*MÉTASTASSIS – Analyse. Un texte inédit de Iannis Xenakis sur Metastasis*" del mismo Xenakis en "Analyse ou la contre-attaque de l'orchestre".

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

A (parte fija) 1º permutación

En las sucesivas elaboraciones se mantiene la parte fija y se permuta la restante. Los dos aspectos son los que confieren a esta sección unidad y variedad a la vez. Xenakis selecciona dos grupos de series en las que según el mismo hay "igualdades notables"[19]: a) las series que tienen las mismas mitades pero ubicadas en forma diferente y b) las que tienen solo una mitad igual.

Por ejemplo:

a) +3 +4 -5 +6 +1 +2 -5 -4 +3 +2 -1 +6
-5 -4 +3 +2 -1 +6 +3 +4 -5 +6 +1 +2

b) +3 +4 -5 +6 +1 +2 -5 -4 +3 +2 -1 +6
+2 -1 +6 -5 -4 +3 +3 +4 -5 +6 +1 +2

El paso de una serie a otro es denominado por el compositor "modulación serial diastemática". El segundo grupo es especialmente útil en este sentido, porque permite una relación mas estrecha de una serie a otra.[20] La yuxtaposición de series en este fragmento, no es casual, sino producto de una transformación progresiva.

Desgraciadamente, no hay referencias directas del compositor de como traslada este procedimiento a la partitura. Las series, al igual que en las secciones anteriores, no están utilizadas en forma vertical, horizontal o de alguna forma evidente, en un pasaje que es extremadamente complejo.

3º Parte (310 al 346)

Paraboloides hiperbólicos con los glissandos de cuerdas.

Sección f (310 al 317)

[19] O "igualdades remarcables" ("égalités remarquables" en le original). Citado en **Anne-Sylvie Barthelt-Calvet** "MÉTASTASSIS – Analyse. Un texte inédit de Iannis Xenakis sur Metastasis" del mismo **Xenakis** en "Analyse ou la contre-attaque de l'orchestre *avant correction*".
[20] Recurso similar al de combinatoria hexacordal, utilizado por los compositores serialistas.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

Con relación a esta sección Xenakis dice: *"Si los glissandos son largos y suficientemente entrelazados, obtenemos espacios sonoros de evolución continua. Es posible producir superficies regladas, dibujando los glissandos como líneas rectas"*[21]. De esta manera un concepto geométrico es traducido en notación musical.

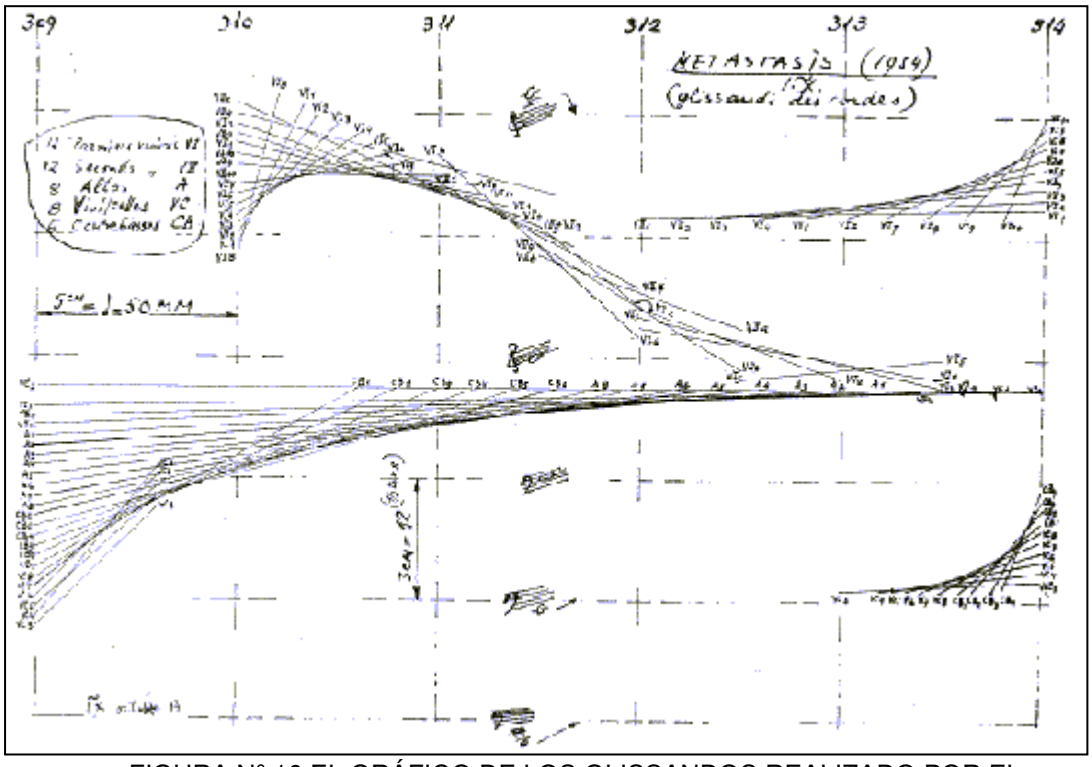


FIGURA Nº 16 EL GRÁFICO DE LOS GLISSANDOS REALIZADO POR EL COMPOSITORES[22]

Una mirada cuidadosa sobre el bosquejo refleja un dibujo multidimensional a la manera de superficies curvadas superpuestas que se tuercen sobre sí mismas y evolucionan hacia un punto (unísono), para luego dar lugar a otras que realizan el

[21] XENAKIS, Iannis: *Formalized Music: Thought and Mathematics in Composition*. Chapter I "Free Stochastic Music". Pendragon Revised Edition. Pendragon Press, 1992. Capítulo 1 "Free Stochastic Music"
[22] Gráfico tomado de XENAKIS, Iannis: *Musiques Formelles*, versión libre online del original (en francés), disponible en www.iannis-xenakis.org.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

proceso inverso. En palabras del compositor (y en términos geométricos), los gráficos son superficies regladas[23].

La mitad inferior del gráfico refleja lo que ocurre con Violas, Violonchelos, Contrabajos y Violines II-11.12. En el comienzo del compás 310, un cluster por semitonos (de Do# 2 a Do# 4)[24], es el punto de partida de múltiples glissandos hacia un Do# 4. Cada uno termina en un momento diferente. Los Violonchelos 3.4.5.6.7.8 no llegan al unísono. Se detienen en un Cluster de cinco sonidos entre Do# 3 y Fa 3. El compás 314, tiene un procedimiento inverso: Violonchelos 3.4.5.6.7.8 y Contrabajos parten en diferentes momentos de un unísono sobre Fa2 y llegan a otro cluster por semitonos (Fa# 2 a Re# 3).

El procedimiento es igual al que realizan Violines I y II (parte superior derecha en el gráfico). Violines I-6.7.8.9.10 y Violines II-1.2.3.4.5, desde un unísono sobre Fa# 5, que abordan en diferentes momentos, se abren en un cluster por semitonos (Sol 5 a Mi 6).

El fragmento restante (en el gráfico parte superior izquierda), tiene tres desplazamientos por glissandos:

- un cluster semitonal (Re 5 a La 5) hacia otro similar (Si 5 a Fa# 6), en Violines I-1.2.3.4.5.6.7.8,
- un cluster semitonal (Si 5 a Fa 6) a otro equivalente (Re# 5 a La 5), en Violines I-9.10 y Violines II-1.2.3.4.5, y
- un acorde de cuatro sonidos (Re# 5, Mi 5, La 5 y Do 6) moviéndose a otro (Re# 4, Sol 4, Sol# 4, Si 4).

Es particular en toda esta sección, los entrelazamientos que producen los glissandos. Algunos instrumentos tienen glissandos más cortos que otros y son cruzados por otros glissandos con recorridos más amplios, produciendo expansiones y contracciones del espacio muy dinámicas. El primer cluster descripto en el párrafo

[23] Superficies generadas por el movimiento de una recta que es la generatriz. El paraboloide hiperbólico es una superficie doblemente reglada.
[24] Con 24 alturas, 1 por cada instrumento y sin el Do 4.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

anterior es un ejemplo. Al finalizar los glissandos los instrumentos quedan espacialmente invertidos: el Violín I.8 que comienza con el sonido más grave del cluster termina como sonido más agudo.

El punto de partida del diseño exterior del Pabellón Philips (1958), fue la sección **f** de Metástasis. Como previamente se vio, esta sección está generada a partir de una superficie geométrica. Xenakis la describe como una "... *envolvente de tangentes."*[25] Los glissandos analógicamente son interpretados como tangentes. El gráfico corresponde a un paraboloide hiperbólico, una superficie multidimensional producto del desplazamiento de rectas. En el proceso de traslación al Pabellón, Xenakis afirma:

"*Es posible producir superficies regladas dibujando los glissandos como líneas rectas. Realicé este experimento con "Metástasis" (la obra fue estrenada en 1955 en Donaueschingen). Varios años después, cuando el arquitecto Le Corbusier, del cual era su colaborador, me pidió una sugerencia para el diseño de la arquitectura del Pabellón Philips en Bruselas, mi inspiración fue disparada por el experimento con "Metástasis". De esta manera, creo que en esta ocasión, música y arquitectura encontraron una conexión íntima*"[26]

<u>Sección g</u> (318 al 346)

Similar en contenido a la Sección anterior. Un cluster muy amplio en el compás 218 se mueve por glissandos, primero hacia diferentes clusters (compases 322, 326 y 330) y finalmente a un unísono sobre Sol# 3 (compases 334) que se mantiene hasta el final, concluyendo la obra en un triple piano. Internamente está dividida de acuerdo a la serie de Fibonacci en 8, 5, 3, y13 compases.

[25] XENAKIS, Iannis. *Analyse ou la contre-attaque de l'orchestre*. Citado en Anne-Sylvie Barthelt-Calvet . 2003. *MÉTASTASSIS – Analyse. Un texte inédit de Iannis Xenakis sur Metastasis.* Revue de Musicologie, 89/1.
[26] XENAKIS, Iannis. 1992. *Formalized Music: Thought and Mathematics in Composition*. Capítulo I "Free Stochastic Music". Hillsdale, New York. .Pendragon Revised Edition. Pendragon Press.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

Conclusión

Las confluencias entre música y matemáticas dependen de organizaciones mensurables en el tiempo y en el espacio. Comparten a un nivel abstracto, un nexo común: números y proporciones.

Los ejemplos de esta interacción, son contados hasta comienzos del siglo XX. No representan una tendencia estilística, ni un aspecto histórico constante. No es sino hasta el siglo XX, donde se hace más recurrente. Procedimientos matemáticos productos de teorías contemporáneas, se utilizan como elementos compositivos. Se plantea una ruptura con la memoria histórico – artística, pero también se acude a ella. Xenakis retoma las ideas de la Grecia Clásica: el universo está ordenado por números enteros y proporciones simples, como las que aparecen en intervalos musicales estudiados por Aristógenes y Pitágoras entre otros.

"*Los dos dogmas más fundamentales en la fuerza sincrética intelectual conocida como Pitagorismo son: 1) que los números son elementos constitutivos de la realidad; y 2) que los números y sus radios proveen la clave para explicar el orden de la naturaleza y el universo*"[27]

Xenakis, se apoya en las matemáticas abstractas. En este aspecto es un representante de la música del siglo XX, entendiendo que desde principios de siglo hay una tendencia a la abstracción en los procesos compositivos, tendencia que también se refleja en el resto de las disciplinas artísticas. Le permite establecer relaciones orgánicas entre la realización de un diseño y el de una composición musical: dibuja masas móviles y luego por analogía las convierte en partituras o viceversa. La idea central de Meta - Arte en Xenakis es partir de abstracciones matemáticas y traducirlas en cualquier lenguaje artístico.

[27] NOLAN, Catherine. 2002. *Music theory and mathematics* en The Cambridge History of Western Music Theory, pág. 273. Cambridge University Press, New York. (Traducción propia).

Los vínculos mas utilizados tienen que ver con conexiones establecidas en el enfoque de la forma, en asociaciones, en la traducción de fórmulas o patrones matemáticos aplicables a la música en analogías en el uso del espacio o del tiempo.

Metástasis introduce el concepto de sonoridades globales, en el que las masas sonoras de glissandos se perciben como un todo y no por sus elementos individuales. La sección central, por su complejidad, también se percibe como textura. Su enfoque en la construcción de entidades sonoras con movimiento lo lleva a una concepción estadística, a la que llama *música estocástica*. Entre otros recursos de las matemáticas, Xenakis utiliza teorías de probabilidad y estadística *(distribución de Poisson, proceso de Márkov)* y la teoría cinética de los gases. Considera apropiado su uso para manejar grandes "masas" o "nubes" de sonidos. Cada nota, es parte de un conjunto mayor, relacionándose entre sí en una manera muy elaborada, y con una estructura macroformal cuidadosamente planeada, definida y predecible.

Finalmente: la actual era digital, tiene una conexión casi directa con algunas ideas de la Grecia precristiana. La informática, produce soportes (grabaciones, archivos, registros, etc.) de todos los eventos actuales, incluyendo las manifestaciones artísticas. Cualquier objeto sonoro o visual, puede expresarse en datos binarios mediante conversiones analógicas-digitales y restauradas a su forma original por el proceso inverso. Así como los matemáticos y físicos explican el mundo natural mediante los números, el lenguaje binario convierte cualquier hecho a un lenguaje común: el numérico. Esto permite traspasos de un medio a otro que implican un código de traslación en el que siempre se toman decisiones arbitrarias. Una secuencia de números puede representar frecuencias, amplitudes, timbres, colores, etc.

Así Xenakis retoma la concepción Pitagórica: los números explican el universo, y posibilitan una correlación de identidad entre el mundo físico y el intelectual.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.

Referencias

BARTHELT-CALVET, Anne-Sylvie. 2003. *MÉTASTASSIS – Analyse. Un texte inédit de Iannis Xenakis sur Metastasis*". Revue de Musicologie, 89/1. Pág. 129-161.

COPE, David. 2001. *New Directions in Music*. 7th edition. Long Grove, Illinois. Waveland Press, Inc.

GUTIÉRREZ DE LA CONCEPCIÓN, Luisa y GUTIÉRREZ DE LA CONCEPCIÓN, Nieves. 2005. *Música y arquitectura: el caso de Xenakis y Le Corbusier*. Filomúsica. Revista mensual de publicación en Internet Número 71º - Diciembre. Disponible online en: <http://www.filomusica.com/filo71/xenakis.html>.

HARLEY, James. 2004. *Xenakis. His life in Music*. Routledge, New York.

LE CORBUSIER. 1948. *Le Modulor*. Barcelona, España. Editorial Poseidon, S.R.L. 3º Ed. 1980. Traducción del francés de Rosario Vera.

LE CORBUSIER. 1955. *Modulor II*. Barcelona, España. Editorial Poseidon, S.R.L. 3º Ed. 1980. Traducción del francés de Albert Junyent.

MARTINEZ, Edgardo. 2009. *Los vínculos entre música y arquitectura en Xenakis* en la Revista del Instituto Superior de Música, Nº12.

OJEDA, Beatriz. 2003. *El pabellón Phillips: Xenakis y Le Corbusier, música y arquitectura*. Revista del Centro Marina Waisman de Formación de Investigadores en Historia y Crítica de la Arquitectura, Nº 6 – Agosto de 2003. Pág. 36-41.

RUIZ ROJO, José Antonio. 2004. *Música y arquitectura. O, mejor dicho, música y otras arquitecturas*. Revista Ritmo Nº 767. Septiembre de 2004. Disponible online en: <http://www.revistasculturales.com/articulosLeer.php?cod=155&pag=1>.

SIMMS, Bryan. 1996. *Music of the Twentieth Century. Style and Structure*. New York. Simon & Schuster Macmillan.

SOLOMOS, Makis and Raczinski, Jean-Michel. 1999. *La Synthèse des arts à l'ere du multimedia. À propos du Diatope de Iannis Xenakis.* En *Le Mélange des Arts*. Études réunies par Jöelle Caullier. Ateliers 20/1999. Cahiers de la Maison de la Recherche. Universite de Charles-de-Gaulle.

XENAKIS, Iannis. 1971. *Musique, Architecture*. Tournai, Casterman.

XENAKIS, Iannis. 1992. *Formalized Music: Thought and Mathematics in Composition*. Hillsdale, New York. Pendragon Revised Edition. Pendragon Press.

XENAKIS, Iannis. 1954. *Analyse ou la contre-attaque de l'orchestre*. Trasncripto completamente en Anne-Sylvie Barthelt-Calvet . 2003. *MÉTASTASSIS – Analyse. Un texte inédit de Iannis Xenakis sur Metastasis.* Revue de Musicologie, 89/1. Pág. 162 a 187.

XENAKIS, Iannis. 1963. *Musiques Formelles*. Paris. La Revue Musicale. Double numéro special 253 et 254. Disponible on line en: http://www.inanis-xenakis.org.

MARTINEZ, Edgardo Hugo Metástasis de Xenakis: una triangulación entre matemáticas, geometría y serialismo. *Revista da Fundarte*, Montenegro, ano 15, n. 30, p. 85-112, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://seer.fundarte.rs.gov.br/index.php/RevistadaFundarte/index>.