



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Programa de Maestría y Doctorado en Música

Facultad de Música

Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología

Instituto de Investigaciones Antropológicas

***La sonificación de datos medioambientales como herramienta de creación musical  
y como vínculo entre artes y ciencias***

TESIS QUE, PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
DOCTORA EN MÚSICA (composición)

PRESENTA

NONIS PRADO MERCADO

TUTOR PRINCIPAL

Dr. Gabriel Pareyón Morales (CUCSH-UDG & CENIDIM-INBA)

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dra. Gabriela Ortiz Torres (UNAM)

Dr. Javier Álvarez Fuentes (†)

Dr. Jean-Marc Chomaz  
(École polytechnique de Paris)

CIUDAD DE MÉXICO, ENERO, 2024



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Declaro conocer el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, plasmado en la Legislación Universitaria. Con base en las definiciones de integridad y honestidad ahí especificadas, aseguro mediante mi firma al calce que el presente trabajo es original y enteramente de mi autoría. Todas las citas de obras elaboradas por otros autores, o sus referencias, aparecen aquí debida y adecuadamente señaladas, así como acreditadas mediante las convenciones editoriales correspondientes.*

## Agradecimientos

Primeramente, me gustaría agradecer a Gabriel Pareyón, tutor y amigo, quien ha tenido la paciencia de guiar mi proceso de investigación por segunda ocasión consecutiva, siempre al pie del cañón, siempre con observaciones agudas, siempre generoso. Gracias, además, por las experiencias, por las enseñanzas de vida, por el cariño, por la confianza y por tu amistad.

A Adriana Flores-Díaz por su enorme e indispensable ayuda para escribir esta tesis, por ser siempre tan cálida, por creer en este proyecto y por estar siempre al pendiente. A Gaby Ortiz por aceptarme en su clase de orquestación y por su asesoría para la composición de *Triptico fluvial*; a Ricardo Gallardo por la extensiva revisión de *Une minute avant l'éclipse totale*. A Javier Álvarez (QEPD), por ser una de las primeras figuras en la música contemporánea que me inspiró. A Ana Lara, por su amistad, su amabilidad y por sus tenaces observaciones musicales. A Jean-Marc Chomaz por la invitación y el apoyo brindado para haber podido realizar mi estancia académica en *l'École polytechnique*.

A Mayra Colmenares por proponer la colaboración, por compartir conmigo todo el material cromatográfico, por orientarme en materia edáfica y por haberme ofrecido un plan B para trabajar cuando el tiempo se detuvo.

A Alternare: Eligio García, Bryam Beltrán, Gerardo Segundo, Guadalupe Del Río e Ysmael Venegas por su valiosísimo apoyo y orientación para comprender cómo se hace el monitoreo de aguas, por permitirme acompañarlos a hacer monitoreo en el río San Juan y por generosamente compartir conmigo su base de datos.

Gracias a mi compañera infalible desde hace 8 años. Por darme un respiro en la fatiga, por sacarme una sonrisa en el agobio, por los buenos días, las buenas tardes y las buenas noches siempre, por acompañarme en las malas y en las buenas. Gracias, Cendra.

Gracias a mi mamá por siempre darme ánimos, por su ayuda que viene en mil formas y contenedores, desde un abrazo hasta un arroz con leche, y por estar orgullosa de mí. Gracias a mi papá por seguir apoyándome a su manera y como puede. A mi hermana Lilián por asesorarme siempre que se lo he pedido.

A Andrea Rocha, por haber vivido conmigo tan de cerca todo este proceso. Por tus amamachos, por tu apoyo moral y físico, por tu compañía, por ayudarme a que todo fuera más llevadero. Gracias por haber estado.

Gracias a todas mis amigas y amigos, a aquellas que han estado desde antes del inicio y a las que se fueron incorporando en el camino. A quienes me han leído, orientado, corregido, ayudado, hospedado, aconsejado, abrazado, reconfortado...gracias Andrea, Maby, Alma, Lupe,

David, Diego, Sorrenti, Adriana, Gabriel, Emmanuel. Sin ustedes este sendero habría sido intransitable.

A Vincent Touzet y a Luz del Carmen Aguilar, quienes estrenaron mi pieza *La hermana Agua*. A Diego Morábito por sus incansables y amables respuestas cada vez que tuve dudas. A Luis Mora, por asesorarme siempre con la mejor disposición. A Benjamin Guille y a Pierre Bourdon, por su amable e indispensable ayuda en el trabajo dentro del *Laboratoire d'Hydrodynamique*.

A Mónica Sandoval y a Jasmín Ocampo por su incansable e interminable trabajo para que estos proyectos y sus sustentantes salgamos a flote. A la UNAM por auspiciar un espacio tan importante para la reflexión, el diálogo, el intercambio, la formación, la investigación y la creación.

Gracias a todas las personas que de cerca o de lejos acompañaron este largo y arduo proceso.

# ÍNDICE

## Introducción

1. Marco teórico y conceptual
  - 1.1. La importancia del trabajo transdisciplinar
    - 1.1.1. Modelo integral de investigación-creación
    - 1.1.2. Las artes como medio para socializar el conocimiento
    - 1.1.3. La importancia social de la música
  - 1.2. Hacia una ética medioambiental
    - 1.2.1. El medio ambiente en el pasado
    - 1.2.2. El medio ambiente en el presente
    - 1.2.3. ¿Medio ambiente en el futuro?
    - 1.2.4. Sobre el concepto de *valor*
  - 1.3. Estado del arte
  - 1.4. Conceptos clave
  
2. Las tierras que habitamos
  - 2.1. Características principales del suelo
  - 2.2. Los suelos en México
    - 2.2.1. Nuestra relación con el suelo: usos y abusos
    - 2.2.2. Reserva de la biósfera Sierra de Manantlán
  - 2.3. *Cromatofonía*. Interpretación y sonificación de datos
    - 2.3.1. Cromatografía de suelo
      - 2.3.1.1. Zona central
      - 2.3.1.2. Zona interna
      - 2.3.1.3. Zonas intermedia y externa
  - 2.4. Conclusiones
  
3. Agua: fuente de vida
  - 3.1. Composición del agua
    - 3.1.1. Potencial de Hidrógeno
    - 3.1.2. Dureza
    - 3.1.3. Alcalinidad
    - 3.1.4. Oxígeno disuelto

- 3.1.5. Saturación de Oxígeno
  - 3.1.6. Turbidez
  - 3.2. El agua en México
    - 3.2.1. Disponibilidad y localización
    - 3.2.2. Distribución: inequidad y resiliencia
    - 3.2.3. Contaminación y (sobre)población
    - 3.2.4. Explotación y sequías
  - 3.3. *Tríptico fluvial*. Interpretación y sonificación de datos
    - 3.3.1. El río San Juan Zitácuaro
  - 3.4. *La hermana Agua*
  - 3.5. Conclusiones
- 
- 4. De la desaparición del agua a la desaparición de la luz: el río y el eclipse como analogías de una posible catástrofe
    - 4.1. Preámbulo académico: el trabajo en l'École polytechnique
    - 4.2. ¿Qué es un eclipse?
      - 4.2.1. Características y tipos de eclipses
      - 4.2.2. *Les ombres volantes*
      - 4.2.3. Los eclipses en México
    - 4.3. *Une minute avant l'éclipse totale*
    - 4.4. Conclusiones

Conclusiones generales

Bibliografía

Apéndices

## Introducción

Cuando fui aceptada en el Programa de Maestría y Doctorado en Música de la UNAM en 2019, mi proyecto inicial estaba encaminado a estudiar la ecfrasis entre la pintura y la música, utilizando los murales que adornan el interior de la Capilla Mayor del actual Museo Cabañas en Guadalajara, Jalisco, creados por José Clemente Orozco entre 1937 y 1939.<sup>1</sup> Un semestre después, mi tutor me invitó a dar un giro radical a mi investigación y emprender un proyecto que abordaba un asunto que, ya desde aquel entonces, se anunciaba como un inminente problema de alta prioridad social y medioambiental: la escasez del agua en México. Al ser muy de mi interés y preocupación los asuntos medioambientales, acepté gustosamente desarrollar este trabajo, entendiendo lo que esa decisión implicaba, pero sin dimensionar el gran reto que su ejecución conllevaría.

En aquel momento mi conciencia acerca de todas las problemáticas en torno a la disponibilidad y distribución del agua en México era prácticamente nula y no advertía ni remotamente todo lo que devendría tan sólo dos años más tarde a nivel nacional. Sin saberlo, me embarqué en un proyecto que se tornaría en un asunto extremadamente pertinente por razones medioambientales; un proyecto de creación-investigación que en ese entonces se vislumbraba como pionero porque no encontraba eco en trabajos con características similares desarrollados en México. Ante esta carencia de pares, la investigación que aquí presento se gestó casi en su totalidad por cuenta propia, con la guía siempre de mis tutores y de todas las personas que me encontré en el camino, quienes generosamente han compartido sus conocimientos y experiencias conmigo.

Inicialmente, la meta principal era desarrollar un proyecto que vinculara ciencias y artes a través de la composición de un ciclo de piezas inspiradas en dos cuencas hidrológicas de México. No obstante, el objetivo de trabajar solamente con agua fue expandiéndose hacia otras áreas de forma imprevista.

La metodología para llevar a cabo dicho objetivo consistió en establecer analogías entre parámetros físicos y químicos del agua y parámetros musicales, para posteriormente realizar el proceso de sonificación de datos (o intersemiosis<sup>2</sup>) y de composición.

---

<sup>1</sup> Museo Cabañas: <https://museocabanas.jalisco.gob.mx/es/historia> (consultado el 24 de agosto de 2022).

<sup>2</sup> Pareyón (2011: 100) define la intersemiosis como “la operación o ‘acción’ de un signo o sistema de signos correspondientes a una categoría, bajo influencia, transformación o transducción a otra categoría de signos.”

Desafortunadamente, mi investigación arrancó junto con la pandemia por COVID-19, por lo que las primeras y principales actividades destinadas a la obtención de datos sobre la calidad de agua se vieron truncadas. Las bases estaban sentadas y la ruta a seguir estaba trazada, sólo faltaba que se abrieran los caminos –figurativos– y que los medios estuvieran habilitados.

Ante la incertidumbre inicial sobre el devenir del virus que paralizó a todo el planeta y las restricciones sanitarias, me vi en la necesidad de desarrollar un plan B y comenzar por ahí. Para mi suerte, dicho plan era una opción que ya se encontraba en la lista de espera como un posible apéndice de mi trabajo doctoral, ya que no se vinculaba con el agua. La alternativa fue trabajar con calidad de suelos en lugar de trabajar con calidad de aguas.

Esta posibilidad se presentaba gracias a la relación con la licenciada Mayra Colmenares, quien es especialista en manejo de suelos agrícolas de siembra de caña de azúcar en la región suroeste del estado de Jalisco. Producto de dicho trabajo, la Lic. Colmenares cuenta con una cuantiosa colección de cromatogramas de suelo, a los cuales pude tener acceso para comenzar a explorar las posibilidades intersemióticas que éstos me ofrecían.

De esta manera, una investigación que comenzó como un proyecto focalizado hacia un objeto de estudio muy específico, empezó a expandir sus afluentes hacia lugares inesperados y geográficamente lejanos, como el trabajo en torno a los eclipses desarrollado en el Laboratorio de hidrodinámica (LadHyX, por sus siglas en francés) de l'École polytechnique en Francia. Pese a la aparente distancia física y conceptual entre un río y un eclipse, a lo largo de este escrito podrán las lectoras constatar que los vínculos entre el uno y el otro son más estrechos de lo que parecen.

El presente proyecto es un ejemplo de cómo una investigación en música puede verse enriquecida por la transdisciplina al transformar datos duros provenientes de las ciencias naturales en un resultado artístico. De la misma manera, el campo de las ciencias puede beneficiarse de las artes expandiendo sus metodologías tradicionales de estudio y generación de conocimiento, y obtener así información relevante que sería inasequible por otras vías constreñidas a los márgenes disciplinarios.

La tesis está dividida en 4 capítulos. El primero de ellos presenta el marco teórico y conceptual dentro del cual se desarrolló toda la investigación, abordando como temas centrales los vínculos entre ciencias y artes, creación e investigación, arte y naturaleza, y humanidad y medio ambiente. El segundo capítulo presenta la investigación realizada en torno a la calidad y usos del suelo en México, así como la obra resultante de dicho proceso. El tercer capítulo cubre todo lo relativo al agua, desde las problemáticas de su distribución, contaminación y escasez en México, hasta la descripción de los parámetros físicos y químicos de ésta utilizados en el proceso de sonificación y composición. Finalmente, en el cuarto capítulo se expone el trabajo realizado

dentro del programa de ciencias y artes en l'École polytechnique, en colaboración con el Dr. Jean-Marc Chomaz y los alumnos del laboratorio de hidrodinámica de dicha institución. En este proyecto se analizó un fenómeno conocido como *franjas de sombra*, el cual tiene lugar unos minutos antes de que la Luna obstruya por completo la luz del Sol durante un eclipse total.

No resta más que invitar a las lectoras a sumergirse en las páginas de este escrito y a profundizar en las reflexiones que aquí se presentan, para juntas poder construir un mejor panorama artístico y ambiental para nuestra sociedad.



## Capítulo 1

### Marco teórico y conceptual

*We are faced not with two separate crises,  
one environmental and the other social,  
but rather with one complex crisis  
which is both social and environmental.*

Jorge Mario Bergoglio<sup>3</sup>

La inminente crisis ambiental que se vive hoy en día a nivel global está alcanzando magnitudes que ponen en alto riesgo a toda la vida en el planeta. La deforestación de selvas y bosques, el derretimiento de glaciares, la extinción de flora y fauna, la sequía y contaminación de cuencas hidrológicas, la sobreexplotación del suelo, todas efecto de las acciones humanas, están llevando a los ecosistemas a su límite de sustentabilidad.

Hoy día múltiples organizaciones y asociaciones se encuentran emprendiendo iniciativas a diestra y siniestra en un intento desesperado por revertir lo irreversible. El gobierno mismo – en un acto hipócrita y contradictorio– pone en marcha programas y acciones destinadas a frenar el daño ecosistémico, desde instancias como CONACYT,<sup>4</sup> CONAGUA,<sup>5</sup> e incluso Secretaría de Cultura.<sup>6</sup>

Pero el tema de las problemáticas ambientales no es solamente de carácter ecológico, sino eminentemente social y cultural. Los recursos ambientales<sup>7</sup> no son en sí el problema, sino el querer situarlos como periferia del antropocentrismo. Al coleccionar estos bienes desproporcionadamente en pro del consumismo, de la urbanización —supuesta modernización y progreso— y del capitalismo en su conjunto, se ha marginado e ignorado profundamente la cultura biosocial que ellos rigen y su capacidad de regeneración. “El modelo capitalista, inserto dentro de los Gobiernos, se promueve a través del discurso de desarrollo y modernidad”.<sup>8</sup>

---

<sup>3</sup> 2015: 104.

<sup>4</sup> García: <https://conacyt.mx/que-son-los-pronaces/> (consultado el 27 de septiembre de 2022).

<sup>5</sup> En el portal del Gobierno de la Ciudad de México (<https://gobierno.cdmx.gob.mx/noticias/mas-de-25-mil-mujeres-cosechan-agua-de-lluvia/>) pueden consultarse diversas iniciativas gubernamentales para el cuidado del agua.

<sup>6</sup> Gobierno de México. *Ecos sonoros. Red de creación:* <https://www.cultura.gob.mx/gobmx/convocatorias/detalle/3476/ecos-sonoros-red-de-creacion> (consultado el 27 de septiembre de 2022).

<sup>7</sup> Cf. Mather y Chapman 2014: 1.

<sup>8</sup> Ayala *et. al.* 2017: 62.

Aunado a esto, la estratificación sociocultural y la priorización de un modelo de razonamiento científico desarrollado por los europeos e impuesto a los pueblos originarios de México a partir de la colonización, han llevado a ignorar perspectivas alternas para la obtención e interpretación de datos en estudios científicos y culturales. Con respecto al estudio del agua, Ávila García dice que:

...a pesar de la riqueza de relaciones y procesos existentes, el estudio del agua se ha abordado de manera fragmentada por campos disciplinarios y temáticos. Cuestión que si bien ha permitido avanzar en la generación de conocimiento fundamental, no ha sido así en la comprensión de las articulaciones existentes.<sup>9</sup>

Los pueblos indígenas y sus saberes ancestrales habrían aportado valores simbólicos, técnicos y culturales con que pudiéramos tratar de maneras plurales e informadas, no sólo los cursos del agua, sino los ciclos ecosistémicos en general. Pero el colonialismo, como proyecto del capital, ha negado hasta ahora la posibilidad de esa interpretación y otras que no convengan a las mayores inercias del poder económico.

Violentar entonces esta relación, mediante la sobreexplotación y contaminación de los recursos hídricos al considerar la naturaleza como un reservorio ilimitado de materias explotables al servicio de la producción y consumo de mercancías, nos coloca en una situación de crisis sistémica al borde de un colapso socio-hídrico.<sup>10</sup>

Hasta ahora el abastecimiento que hemos buscado en el medio ambiente había permitido un modelo de vida cómodo para ciertos sectores privilegiados, un modelo de vida ocupado y absorto en la construcción de un presente comodino y abusivo que ignora nuestra dañina huella histórica y que no prevé el futuro. En otras palabras, existe un sector muy específico conformado por “algunos humanos con poder económico y político capaces de deshacer y rehacer biomas enteros para su supervivencia”,<sup>11</sup> que son los que se han encargado de construir ese modelo de vida al cual algunos estudiosos denominan *capitaloceno*.<sup>12</sup>

Pero esa ficción consumista está llegando a su fin, pues el presente al que nos hemos conducido se está quedando ya sin recursos en áreas cada vez más extensas. ¿Nos dirigimos acaso hacia un abismo carente de vida? ¿Es el fin de los ecosistemas el fin del capital? ¿Es el fin del capital el fin de las civilizaciones?

---

<sup>9</sup> 1996: 32.

<sup>10</sup> Martínez y Murillo 2016: 2.

<sup>11</sup> Serratos 2020: 16.

<sup>12</sup> Cf. Moore 2016 y Serratos 2019.

A lo largo de este capítulo se abordan diversos conceptos y posturas que buscan plasmar un estado de la cuestión acerca de nuestro posicionamiento como humanos dentro de un gran y complejo sistema llamado Tierra.

### **1.1 La importancia del trabajo transdisciplinar**

En la introducción a esta investigación se aborda someramente la discriminación que suele hacerse entre los estudios científicos y los estudios artísticos –ciencias vs. humanidades– al analizar algún objeto, sujeto o fenómeno, y cómo esto ha limitado la obtención e interpretación de información valiosa. El no trascender las metodologías científicas habituales implica no reconocer “la limitación que ofrece la perspectiva tradicional para abordar problemas complejos, como son los socioambientales”.<sup>13</sup>

Esta distinción encuentra correspondencia con la dicotomía entre subjetividad y objetividad, o emoción y razón, división que también tiene resonancia en la dualidad masculino-femenino. En realidad, gran parte de las leyes morales, políticas y económicas que rigen a las civilizaciones occidentales están basadas en constructos dualistas separatistas que buscan demostrar una supuesta superioridad y ejercer dominio sobre aquellos seres considerados inferiores. Dichas dicotomías, más allá del poderío que han impuesto, lo que han logrado es una profunda fragmentación a nivel global: del conocimiento, de los grupos sociales, de la relación humano-medio ambiente...una fragmentación del ser mismo.

El conocimiento científico ha primado por sobre todo en nuestras actividades: el campesino, a pesar de tener también sus propias epistemologías y ontologías, vale menos que el erudito porque sus labores y saberes provienen de algo manual –terrenal–, mientras que el erudito nutre su espíritu a partir de la *episteme*, menospreciando la conexión que el primero tiene con la Tierra. La *doxa* y la *téchne* se invalidan por no sustentarse en una metodología científica.

La comunicación científica y sus aplicaciones tecnológicas se han asentado en la base de lo que denominamos cultura contemporánea. Sus funciones no han pasado inadvertidas y las investigaciones sobre las proyecciones de la actividad científica se han multiplicado en todos los ámbitos de la vida social. Paralelamente, se ha generalizado una caracterización de la sociedad que destaca su creciente dependencia del conocimiento científico y tecnológico.<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> Ávila *op. cit.*: 36,

<sup>14</sup> Arnold *et. al.*, 2011.

Las artes, dado que su producción implica un tipo de procesos y razonamientos que no fueron ni son considerados como científicos, y su objetivo primordial muchas veces no es la producción de conocimiento sino de obra, históricamente han sido relegadas al ámbito secundario de la *téchne*. Si bien durante el Romanticismo surge la figura del compositor, ligada a la del *genio* como un ser iluminado, los procedimientos y los métodos del arte jamás fueron considerados dentro de las metodologías científicas. No suele hablarse de metodologías para componer o para tocar un instrumento, sino de técnicas, como si el desarrollo de una técnica no implicara un conocimiento previo.

Si en el Renacimiento había vasos comunicantes entre el arte y las ciencias naturales es porque el hombre creía que era posible, a través de la observación y la experiencia, racionalizar y comprender la naturaleza. Con el siglo XX ese optimismo terminó por disolverse, si es que no se venía resquebrajando desde hace tiempo.<sup>15</sup>

De la misma manera, el aspirar preminentemente al intelecto nulifica el valor de las emociones, pues éstas nublan la razón. Las vanguardias musicales de la postguerra trajeron consigo una alta complejidad que buscaba enfocarse en procesos creativos gestados desde un pensamiento altamente racional y escasamente emocional, desafanándose de la recepción e interpretación de la obra. Si la música interpelaba o no a la audiencia ya no era importante; la música se hacía para saciar una curiosidad y una necesidad personal, no ajenas.

Esta alta sistematización y racionalización del pensamiento creativo implicó una ruptura no sólo con el público, sino con la persona misma, al reducir la intuición y los afectos al mínimo. Se fortalecen los vínculos con la ciencia y la tecnología, pero el sentido de comunidad se fractura. Todo forma parte de una reacción y de las consecuencias de la guerra; se vive en una sociedad fracturada y llena de nuevos problemas sociales, políticos y económicos que obligan a nuevas formas de pensar.

En la actualidad, la complejidad de los problemas sociales y ambientales a los que nos enfrentamos también nos está obligando a expandir los campos disciplinarios y sus haceres tradicionales. Hemos emprendido una búsqueda por adoptar una comprensión menos segregacionista del mundo que contemple a la humanidad como parte de la vida planetaria y no al centro de ésta. Dentro de esta nueva concepción del mundo el vínculo entre ciencias y artes como reflejo de la dualidad razón-emoción se reconoce, se retroalimenta y se fortalece, pues éstas se reconocen como complementos de igual valor.

---

<sup>15</sup> Carreño 2014: 54.

Desarrollar proyectos de investigación-creación que articulen ciencias, artes y naturaleza resulta una vía adecuada para fomentar ese vínculo y para reparar el tejido social tan fuertemente dañado desde hace siglos en México. Mientras que las ciencias sirven para obtener información cuantificable útil para desarrollar tecnologías que ayuden a preservar los bienes naturales, las artes sirven a la humanidad como medio de expresión, sensibilización y concientización. Si las artes se valen de las ciencias y viceversa para crear una visión más holística de nuestro presente, la posibilidad de aspirar a vivir en un sistema autopoiético que encuentre un equilibrio entre antropocentrismo y biocentrismo se vuelve realista.

### **1.1.1 Modelo integral de investigación-creación**

El campo de la investigación artística, investigación en artes, o investigación-creación (entre muchos otros apelativos) es “relativamente reciente, con particular auge en Canadá desde finales del siglo XX”.<sup>16</sup> Algunas de las universidades que han ganado más terreno en la materia son la Universidad de Concordia, la Universidad de Alberta, la Universidad de Queen, la Universidad de Quebec y la Universidad de Montreal, entre otras.

En Europa, “este discurso ha proliferado desde finales de los años noventa, a partir de la puesta en marcha del plan Bolonia o proceso de reordenamiento del Espacio Europeo de Educación Superior”.<sup>17</sup>

Aunque como práctica investigativa la investigación-creación (i-c) existe ya desde el siglo pasado, no es hasta principios de éste que se reconoce como práctica académica.<sup>18</sup> A este respecto Nathalie S. Loveless dice que:

[La] investigación-creación es el término más difundido en Canadá para hablar acerca de investigación basada en artes.<sup>19</sup> Los precursores terminológicos de la investigación-creación (como investigación basada en la práctica, investigación guiada por la práctica e investigación artística) tienen su origen en cerca de 30 años de discusión internacional principalmente en Europa del norte y occidental, y Australia.<sup>20</sup>

Según López-Cano y San Cristóbal el doctorado en escritura creativa de la University of Wollongong y la University of Technology en Australia, fue uno de los primeros programas de doctorado en investigación artística en inaugurarse, en el año de 1984. “En Europa en cambio,

---

<sup>16</sup> Carreño *op. cit.*: 53.

<sup>17</sup> López-Cano y San Cristóbal 2014: 26.

<sup>18</sup> Cf. Chapman 2012: 6.

<sup>19</sup> *Arts based research*.

<sup>20</sup> 2015: 52.

las primeras iniciativas surgen en 1990 de la mano de publicaciones como *Research in Art and Design* [...] y de la fundación en 1997 de un programa académico en investigación artística en la Kuvataideakatemia de Helsinki, Finlandia”.<sup>21</sup>

En música (quizás artes en general) las formas más tradicionales de investigación ejercidas históricamente han sido “la investigación sobre la práctica artística y la investigación para la práctica artística”.<sup>22</sup> La primera se caracteriza principalmente por estudiar o analizar la obra artística y a sus creadoras desde diversos aspectos contextuales, generando como producto un trabajo cimentado sobre la palabra. La segunda “produce conocimiento o herramientas para el desarrollo de la actividad musical en el más amplio sentido. [...] son recursos teóricos y tecnológicos para la creación, interpretación, escucha y estudio de la música”.<sup>23</sup>

Qué define o constituye a una i-c es algo que aún no se tiene claro; sin embargo, al hacer una revisión de la literatura es posible detectar algunos elementos que tienden a iterarse.

El sitio del Consejo de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades (SSHRC por sus siglas en inglés), perteneciente al gobierno de Canadá, define la investigación-creación como:

Un enfoque de investigación que combina prácticas artísticas y de investigación, y promueve el desarrollo de conocimiento e innovación a través de expresiones artísticas, investigaciones académicas y experimentación. El proceso creativo se sitúa dentro la actividad investigativa y produce trabajo críticamente informado en una variedad de medios (formas de arte). La investigación-creación no puede limitarse a la interpretación o análisis de la obra de un creador, trabajos convencionales de desarrollo tecnológico, o trabajo que se enfoque en la creación curricular.<sup>24</sup>

El Fondo de Investigación Quebequense en Sociedad y Cultura (FRQSC por sus siglas en francés) la define como:

[El conjunto de] todos los procesos y enfoques de investigación que promueven la creación y tienen como objetivo producir nuevos conocimientos estéticos, teóricos, metodológicos, epistemológicos o técnicos. Todos estos enfoques deben implicar, de forma variable (según las prácticas y temporalidades propias de cada proyecto):

1) actividades creativas o artísticas (concepción, experimentación, tecnología, prototipo, etc.);

---

<sup>21</sup> *Op. cit.*: 29.

<sup>22</sup> López-Cano 2012.

<sup>23</sup> *Ibid.*

<sup>24</sup> <https://www.sshrc-crsh.gc.ca/funding-financement/programs-programmes/definitions-eng.aspx> - a22

(consultado el 4 de octubre de 2022). Traducción propia.



Además, según el FRQSC la investigación-creación debe fundarse en el ejercicio de una práctica creativa o artística sostenida y en la transmisión, presentación y difusión de los experimentos realizados o de los resultados obtenidos.

*Hexagrama*, red de investigación-creación en artes, culturas y tecnologías que conjunta a miembros de 9 instituciones y centros educativos en Canadá, dice lo siguiente:

La investigación-creación es una tendencia de investigación que se está desarrollando en el entorno académico canadiense, la cual vincula las disciplinas interpretativas (humanidades y ciencias sociales) con las creativas (arte y diseño). Esto implica la creación de conocimiento sobre y a través del material creativo y las prácticas performativas.<sup>27</sup>

En América Latina hay varios países que han comenzado a problematizar sobre este tema desde hace poco más de una década: “la investigación artística o investigación-creación posee diversos grados de desarrollo en Latinoamérica. Si bien aún no existe una escena profesional y autónoma de esta actividad, es posible detectar una paulatina construcción de infraestructura estable para su desarrollo”.<sup>28</sup>

Hoy en día diversas universidades en Centro y Sudamérica aceptan el modelo de i-c como una modalidad de trabajo o de titulación, o al menos cuentan con algún programa orientado a abordar este tema. Entre ellas se pueden mencionar la Pontificia Universidad Javeriana, la Universidad de los Andes o la Universidad de Nariño, en Colombia; la Universidad de Zulia, en Venezuela; la Pontificia Universidad Católica de Chile; la Pontificia Universidad Católica del Perú; la Universidad de Costa Rica; la Universidad de Buenos Aires, en Argentina; o la Universidad de las Artes, en Ecuador. En México los únicos centros educativos que me fue posible rastrear que gestionen actividades recurrentes enfocadas a la i-c, son la Universidad Autónoma de Nuevo León, que cuenta con un programa de investigación artística en modalidad de apoyo económico para el desarrollo de proyectos,<sup>29</sup> y la Universidad Veracruzana, que cuenta con un Seminario Permanente de Investigación Artística.<sup>30</sup>

La concepción de la i-c que se tiene en el hemisferio sur del continente no cambia sustancialmente de aquella de Norteamérica. El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) del Gobierno de Colombia plantea que una i-c es un modelo de investigación que articula la práctica creativa con métodos de investigación tradicional, en el cual:

---

<sup>27</sup> <https://hexagram.ca/en/what-is-research-creation/> (consultado el 3 de octubre de 2022). Traducción propia.

<sup>28</sup> López-Cano 2020: 139.

<sup>29</sup> <https://ceiida.uanl.mx/programadeinvestigacionartisticapracticasmétodosyteorias2/> (consultado el 7 de octubre de 2022).

<sup>30</sup> <https://investigacionspia.wordpress.com/> consultado el 9 de octubre de 2022.

la experimentación constante juega un rol importante en la consecución del producto final, el cual se caracteriza por manejar un lenguaje plástico (como la música, la escultura, la danza, el audiovisual, entre otros) que en innumerables casos, además de ser original e inédito (es decir de nuevo conocimiento), ha movido las fronteras del conocimiento de estas disciplinas.<sup>31</sup>

Por su parte, la Universidad de los Andes define la investigación/creación como “el proceso sistemático mediante el cual se desarrolla, se valida y se evalúa nuevo conocimiento”, y se distingue de la investigación tradicional por valerse de estrategias alternativas como la experiencia, la intuición, la creatividad y la innovación, entre otros.<sup>32</sup>

Con respecto a lo que en este contexto puede ser considerado como generación de conocimiento o generación de “nuevo” conocimiento,<sup>33</sup> diversas fuentes, tanto en América como en Europa, validan como tal la producción de obra artística y los procesos teóricos y técnicos a través de los cuales ésta fue realizada. “Así como la investigación, los procesos de creación artística también pueden generar nuevo conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación transferible al sector social, cultural y productivo (especialmente al de las industrias creativas y culturales)”.<sup>34</sup>

La Universidad de los Andes define *nuevo conocimiento* como “un producto que no existía y que contribuye al crecimiento (avance) de la disciplina dentro de la cual existe”, considerando que:

Contrario a la producción bibliográfica y otros productos de investigación científica, la creación se puede entender como la generación de objetos y/o experiencias, formas de lectura y relectura que otorgan conocimiento de los contextos estéticos, socioculturales y políticos tanto históricos como contemporáneos (*Ibid.*).

Por su parte, la Pontificia Universidad Javeriana, a través del sitio *Pesquisa Javeriana*,<sup>35</sup> declara que:

La investigación tradicional se caracteriza por la necesidad de medir, cuantificar y verificar los avances, así como por la capacidad de lograr publicaciones cimentadas sobre la palabra o los

---

<sup>31</sup> <https://minciencias.gov.co/investigacion-creacion/casos-ic> (consultado el 29 de septiembre de 2022).

<sup>32</sup> <https://investigacioncreacion.uniandes.edu.co/es/investigacion-y-creacion-:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20es%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20nuevo%20conocimiento>. (consultado el 1 de octubre de 2022).

<sup>33</sup> A mi parecer, dentro de este contexto esta manera de enunciar la generación de conocimiento es tautológica, pues todo el conocimiento que se genera, derivado de un proceso de investigación o experimentación, es nuevo.

<sup>34</sup> Minciencias, *ibid.*

<sup>35</sup> <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/el-arte-de-la-investigacion-creacion/> (consultado el 4 de octubre de 2022).

números. Por esta razón, la investigación en artes ha tenido un desarrollo lento, aun cuando desde los diferentes saberes artísticos se da una constante generación de nuevo conocimiento.

En lo que respecta a las características principales de la i-c, Nicolas Reeves, físico, arquitecto y miembro co-investigador de *Hexagrama*,<sup>36</sup> señala que para él la investigación-creación tiene tres características principales aunque no obligatorias: fundarse en la interdisciplina, poder transmitir los conocimientos generados durante el proceso y hacer uso de tecnologías digitales.<sup>37</sup> Esta última idea es secundada por Chapman y Sawchuk<sup>38</sup> quienes argumentan que “en una sociedad inundada de redes sociales, pueden ser necesarias nuevas modalidades de presentar una investigación para alcanzar audiencias más amplias”.

La propuesta del Minciencias considera que una i-c tiene tres características:

- 1) parte de una *incertidumbre* (lo que tradicionalmente se denominaría como una hipótesis) y su definición;
- 2) durante el desarrollo del proyecto se da un proceso de experimentación que se enriquece con las prácticas artísticas;
- 3) los resultados son obras capaces de contener nuevo conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación.

Como puede leerse, la definición de la investigación-creación no es rigurosa ni uniforme, en especial cuando nos movemos de un contexto cultural a otro. No obstante, con base en las fuentes anteriormente expuestas podría sintetizarse que lo esencial de una investigación artística es que:

Sus objetivos principales son:

- Reconocer los procesos creativos como una forma de investigación igual de válida que las metodologías científicas.
- Reconocer la producción de obras artísticas como nuevo conocimiento, igual de válido que aquel derivado de una investigación científica.

Sus principales características son:

- Que parte de y se sustenta en la praxis artística, sea creativa o performativa.
- Que promueve la generación de conocimiento.

---

<sup>36</sup> <https://hexagram.ca/en/>

<sup>37</sup> Conversación mantenida con él durante el verano de 2022 en la *École polytechnique de Paris*.

<sup>38</sup> 2022: 7.

- Que, a diferencia de la investigación científica tradicional, su formato de salida no se cierne únicamente al texto (aunque muy a menudo va acompañado de uno), sino que permite obras en una multiplicidad de formatos, incluido el performance.
- Que el objeto de estudio suele ser al mismo tiempo la metodología.

Este apartado no pretende ofrecer un análisis exhaustivo del estado de la cuestión acerca de la investigación-creación, ya que eso excede los objetivos de esta investigación. La intención principal es la de dibujar un panorama general de las diferentes concepciones de la i-c, con el propósito de encontrar la arista dentro de la cual el presente trabajo pueda insertarse, desde su metodología y desde sus resultados.

A mi parecer, aunque en países como Canadá o España aún no se tenga un consenso claro de lo que constituye a la i-c, el haber tenido tantos debates, discusiones, foros, bibliografía, encuentros, congresos, festivales y, en fin, todo aquello que López-Cano y San Cristóbal<sup>39</sup> denominan *escenas artístico-académicas*<sup>40</sup> en torno a la investigación-creación, ya es terreno ganado. En instituciones como la UNAM, en tanto existan programas de posgrado en carreras como interpretación o composición, a título personal considero que es necesario permitir otro tipo de trabajos que no primen la difusión y presentación del conocimiento obtenido en formato de tesis, como principal producto y resultado de la investigación. Si se continúa con el modelo de investigación científica, se corre el riesgo de dirigir todos los trabajos académicos en música hacia una corriente musicológica y, al igual que con la separación entre ciencias y artes, perder información cualitativa importante, así como diversidad en la producción artístico-académica.

En aras de lograr avances significativos sobre la i-c, es necesario darle continuidad a las diversas escenas artístico-académicas que se han gestado en Latinoamérica y que, por falta de recursos humanos y económicos, se han quedado en meros intentos por lograr algo.

Vinculado a esto, es igualmente necesario reflexionar acerca de ciertas relaciones intrínsecas que a simple vista parecieran inexistentes, pero que en realidad definen gran parte del devenir de la investigación en artes. “Los recortes de 2010 a la financiación de las universidades en humanidades, ciencias sociales, y bellas artes en Gran Bretaña son sólo un indicador de hacia dónde pueden conducir dichas sensibilidades que menosprecian la

---

<sup>39</sup> 2020: 89.

<sup>40</sup> Espacio físico y simbólico en el que interactúan personas, infraestructuras, reglas explícitas e implícitas, producción artística y académica y compromisos artísticos y laborales.

investigación experimental o crítica”;<sup>41</sup> esto es, que en el fondo todo pareciera estar regido, una vez más, por el capitalismo.

Las ciencias son indispensables para el desarrollo de las grandes industrias del capital (incluido el gobierno), por lo que su financiamiento es irrenunciable. La física, la química, las ciencias ambientales, la estadística, las matemáticas, etcétera, son los medios a través de los cuales se desarrollan, evalúan y contabilizan alimentos, cosméticos, armas, herramientas, pesticidas y todo tipo de productos que determinan el curso de la vida actual.

Para estos gigantes del capitalismo, las artes sólo son valiosas cuando funcionan como medios masivos consumibles, capaces de aportar las mismas cantidades de bienes económicos que la producción de una cerveza o de un celular. En este sentido, las escenas músico-académicas no tienen un panorama muy alentador por delante; sin embargo, en tanto no se quite la vara del renglón y siga habiendo iniciativas para continuar por este sendero, la investigación-creación en Latinoamérica podrá aspirar a una institucionalización que contribuya a su crecimiento y validación.

### **1.1.2 Las artes como medio para socializar el conocimiento**

Como parte de la validación de los procesos creativos y del arte mismo como una forma de conocimiento y de investigación por el cual pugnan las entusiastas de la investigación-creación, es necesario reconocer, entender y aprovechar la capacidad de difusión que tienen las artes, pues éstas pueden servir como un medio idóneo para la divulgación científica, asumiendo siempre, empero, el índice de subjetividad que tiene el arte.

Dado que la subjetividad es un componente central en la cultura y, muy en específico, en la cultura musical, podemos advertir como una dificultad mayor para la sociedad occidental el haber querido desterrarla por completo de la ciencia. No obstante, frente a la marginación sociocultural que se vive en México, resulta pertinente el desarrollo de programas y proyectos que encaren dichas problemáticas vinculando ciencia y arte, para que la información obtenida, al ser reinterpretada en un lenguaje subjetivo y simbólicamente eficaz –la música–, tenga un margen de difusión hacia públicos externos al ámbito científico.

En el presente proyecto, por ejemplo, a través de la música se pretende difundir la producción artística vinculada a materias medioambientales con la intención de sensibilizar y generar conciencia en un auditorio idealizado pero realista, sobre las problemáticas actuales de la degradación ambiental. Con la ayuda de los medios digitales es posible alcanzar un auditorio

---

<sup>41</sup> Chapman & Sawchuk *op. cit.*: 8.

más amplio en un sentido geográfico, pero también etario. El arte es un medio que no discrimina, y si bien las diferentes propuestas estilísticas y conceptuales pueden generar un sentido de identidad con unas personas y con otras no, si la producción artística se fomenta existirá una mayor diversidad de estilos y, con ello, mayores posibilidades de llegar a la sensibilidad de la gente.

Ejemplos de las artes como medio de difusión abundan. Como un caso cercano podemos citar la intervención geo-estética de Luis Carrera-Maul en el Museo Universitario de Ciencias y Artes (MUCA),<sup>42</sup> en donde el artista crea un paisaje a base de desechos cerámicos y charolas de unicel de las cuales germinan plantas, como metáfora de la alteración de los suelos con fines industriales. La intervención invita a la audiencia a cuestionarse sobre las prácticas no sustentables del manejo del suelo, la producción y sedimentación de los materiales sintéticos, la huella geológica que ello deja en el planeta y, al mismo tiempo, la sobre la capacidad de la naturaleza para propagarse en condiciones adversas.

Además de la instalación geo-estética, se presentarán 12 entrevistas que comentan la obra desde diversas disciplinas, un coloquio sobre el concepto y los proyectos de la geo-estética, y un taller sobre botánica constructiva.<sup>43</sup>

El conocimiento que se puede difundir a través de las artes puede ser de cualquier índole y puede ser adaptado para cualquier público. La capacidad y la plasticidad del arte son infinitas, convirtiéndose en un medio idóneo para transmitir información y sensibilizar al mismo tiempo. La forma en que la pintura, la danza o la música comunican no tiene igual, llega a lugares en la conciencia que ningún otro medio puede y de manera única: puede ser lúdica, puede ser conmovedora, puede ser fría y calculadora, o puede ser de una crudeza brutal. Las interpretaciones y las formas podrán ser muy variadas, pero su eficacia como medio para socializar el conocimiento será siempre certera.

Ésta es, pues, la forma en que la música, reconociendo a ésta como algo más que sólo sonido, puede hacer una contribución a las ciencias, buscando nuevas formas de comunicar algo desde espacios diferentes, como puede ser un museo o una instalación en la calle. Cantar, danzar, tañer un tambor, manifestarse a favor de una causa desde alguna forma de arte es una parte importante de lo que constituye a una cultura. Dicho de otra forma, usar las artes para expresar una postura, independientemente de cómo se perciba ésta, es una pieza del rompecabezas que conforma la cultura de cada pueblo.

---

<sup>42</sup> Vigente del 30 de julio al 29 de octubre de 2022.

<sup>43</sup> <https://muca.unam.mx/stratum.html> (consultado el 17 de octubre de 2022).

### **1.1.3 La importancia social de la música**

De la misma manera en que aplicar una visión científica resulta benéfico para el estudio y comprensión de un fenómeno, un objeto o un proceso, analizar las cosas desde una perspectiva cultural también lo es, pues es desde ella desde donde se construye el sentido de identidad y pertenencia de los individuos y grupos sociales. Es necesario, pues, recobrar una visión cultural para reinsertar nuestro sentido de pertenencia en un entorno que contemple la biodiversidad y los ecosistemas como parte de nuestra identidad.

De ahí la importancia de considerar a las artes dentro de las agendas políticas nacionales y no desterrarlas de los programas sociales ni de los subsidios económicos. En tanto representación y expresión cultural de un pueblo, las artes funcionan como generadoras de pertenencia y, por ende, como reparadoras del tejido social.

Los sones jarochos o huastecos, por ejemplo, son símbolos de identidad reconocidos a nivel nacional e internacional. Se vinculan a un pueblo, a su historia, a su gente, a su gastronomía, a sus lugares; desde sus letras son capaces de retratar ampliamente la cultura regional, generando sentido de pertenencia y de comunidad.

El reciente auge en ciertos géneros urbanos como el rap, el reggaetón o el hip-hop, usados en ámbitos feministas para denunciar las injusticias en contra de las mujeres, es otro ejemplo.

El surgimiento mismo de todos estos géneros (rap, hip-hop-, blues, ritmos afrolatinos) es una prueba irrefutable de la importancia social de la música, pues nacen como una forma de protesta ante la esclavitud y las condiciones de inequidad en que vivían las comunidades afroamericanas. Podría decirse, incluso, que surgen antes como movimientos sociales que como movimientos musicales, aunque siempre de la mano de la música.

Asimismo, en las etapas formativas del ser humano la música sirve para desarrollar capacidades psicomotrices, creativas, auditivas, sensoriales y sociales. Desde temprana edad la música se presenta como una herramienta que nos ayuda a formar lazos y entablar relaciones con otras personas. La música y la danza están presentes de forma intrínseca en el ser humano y es importante no inhibirlas, pues el hacerlo puede sesgar las habilidades cognitivas, afectivas y sociales.

Una sociedad es un conjunto de individuos que se relacionan entre sí de acuerdo a ciertas normas de convivencia y organización. La base para el correcto funcionamiento de una sociedad se encuentra en las cualidades de sus integrantes y su capacidad para cohabitar con los demás. Por ello es importante fomentar la conciencia social y la empatía, para poder así generar lazos de hermandad y aspirar a vivir en comunidades armoniosas. La música, como mecanismo

articulador, puede contribuir fuertemente a dichos fines si se promueve en todos los sectores sociales, tanto a nivel de escucha como de ejecución.

## 1.2 Hacia una ética medioambiental

En concordancia con la literatura general y el estado de la cuestión sobre temáticas medioambientales, impera una multiplicación de los estudios técnicos, tecnológicos y político-administrativos.<sup>44</sup> Cabe, pues, formular la siguiente cuestión: si las problemáticas medioambientales son sobre todo de carácter social y cultural, ¿por qué ocurre una hiperabundancia de recursos y fuentes con un enfoque casi exclusivamente técnico-administrativo y político?

Suponiendo que la mayor parte de las investigaciones técnico-tecnológicas acerca de dichas problemáticas fuera funcional y políticamente correcta, vale formular una pregunta secundaria derivada de lo anterior: ¿cómo será posible implementar soluciones de carácter técnico-tecnológico, en tanto no cambie una cultura del abuso ambiental, indudablemente relacionada con una concepción antropocéntrica y utilitarista del mundo?

Resulta evidente que gran parte de los problemas ambientales que enfrentamos actualmente son derivados del capitalismo y recaen en las empresas transnacionales, pero otra gran parte es derivada de una cultura consumista que como sociedad no hemos sabido erradicar. La mercadotecnia ha insertado en nuestra mente un modelo de vida lujoso y excesivo como el ideal al cual aspirar, y así sucumbimos a la tentación de la comodidad. Anhelamos tener los últimos desarrollos tecnológicos, un auto, ropa de marca, comida enlatada, todo tipo de víveres “a la vuelta de tu vida” y cualquier *gadget* que nos ahorre trabajo con el fin de producir más. Es un círculo vicioso dentro del cual hemos quedado captivas: la oferta y demanda.

En algún momento de la historia quisimos más de lo que había; para ello, fue necesario producir más; para ello, fue necesaria mayor fuerza laboral; para ello, fue necesario volvernos máquinas de trabajo; y, para ello, es necesario invertir todo nuestro tiempo en producir.

Globalización-capitalismo-sobrepoblación-consumismo, los 4 jinetes del apocalipsis. Inmersas en la vorágine mercantil urge encontrar (re)medios para frenar el deterioro medioambiental.

---

<sup>44</sup> cf. Perló Cohen & Zamora Saenz 2019; Oswald Spring 2011; Barkin 2006; Toledo 2002; Revista Tecnología y ciencias del agua (<http://revistatyca.org.mx/>); publicaciones del Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental (<https://agua.org.mx/>); Publicaciones de la CONAGUA (<https://www.gob.mx/conagua/documentos/boletin-somos-conagua>); publicaciones del SINA (<http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php?publicaciones=1>).

Volver las miradas a los modos de vida tradicionales puede ser una solución que lograría no sólo dejar de participar de la globalización, sino que también impulsaría las economías locales, reestructuraría una sociedad más igualitaria y nos haría revalorar al medio ambiente, fomentando cuidados para éste. Incentivar mercados de productores locales, dinámicas de trueque, huertos caseros, técnicas sustentables de siembra, captación de aguas pluviales y, sobre todo, erradicar la cultura de los excesos, son prácticas que podemos aprender y retomar de las culturas originarias de México.

### **1.2.1 El medio ambiente en el pasado**

Como se ha podido leer en los párrafos anteriores, la presente investigación tiene un carácter profundamente social y se vincula directamente con la ética y la moral, en tanto herramientas axiológicas que nos ayudan a establecer las normas que rigen nuestro comportamiento social e individual, así como el valor que le otorgamos a las cosas. No obstante, la definición de lo que consideramos valioso es histórica y contextual, cambia y se redefine en cada época con base en nuestras creencias y conocimientos.

En la antigüedad [y aún en la actualidad, aunque en menor grado], las civilizaciones prehispánicas poseían una cosmovisión en la cual los fenómenos meteorológicos y algunos cuerpos de la naturaleza, como cerros o ríos, eran concebidos como seres vivos. Éstos, junto con animales y plantas, eran considerados, además, como manifestaciones o moradas de deidades, por lo que se les confería un valor espiritual que superaba con creces al valor económico que les otorgamos actualmente.

Morales señala que “existe un buen número de testimonios que hacen patente que entre diversos grupos mesoamericanos a las plantas y animales se les considera seres ‘vivos’, con ‘corazón’, capaces de ‘hablar’, dotados de una ‘conciencia’ y susceptibles de manifestar lo sagrado”, por lo que atentar en algún sentido contra la naturaleza era impensable, pues representaba una falta a las deidades mismas.<sup>45</sup>

Las cuencas hidrológicas, los acuíferos y las reservas de agua son ejemplos de esos cuerpos a los que se les consideraba manifestaciones de deidades: “en muchas regiones de México y América Latina, existen diversos cuerpos de agua que son considerados sagrados, o bien son sitios ligados a la identidad regional. Ejemplo de ello son los humedales de Bolivia, que son reconocidos como patrimonio nacional”.<sup>46</sup>

---

<sup>45</sup> 2010: 72.

<sup>46</sup> Flores-Díaz 2018.

Y fue precisamente esa valoración lo que permitió un orden vital fructífero tanto para los hombres y mujeres como para el medio ambiente; una cosmovisión en la que “todos los elementos que componen el espacio que habita el hombre forman una red de relaciones naturales [...] dentro de la cual es posible la existencia”.<sup>47</sup>

Los pueblos indígenas han moldeado su cosmovisión, integrando elementos de la religión católica –impuesta hace más de 500 años–, así como prácticas tecnológicas y capitalistas, pero sin abandonar del todo sus prácticas y creencias ancestrales:

Es claro que los pueblos indígenas se han transformado y modificado en el proceso histórico de la formación social de lo que denominamos nación mexicana, por lo que sus estructuras culturales, económicas, políticas, religiosas y sociales se han reelaborado y continúan modificándose al interactuar con los procesos de globalización económica y mundialización de las tecnologías de comunicación.<sup>48</sup>

Lamentablemente, con la llegada de los españoles y el proceso de conquista, se eliminaron no sólo gran parte de las culturas prehispánicas, sino también su cosmovisión sobre el mundo y sus usos, costumbres y tradiciones. Se desvaneció un valor sagrado que permitía la regeneración natural del ciclo del agua, de las plantas o de la tierra para dar paso a un valor económico y mercantil.

Es necesario, pues, aceptar que necesitamos consumir esos bienes, pero sin dejar de lado su consideración moral:

En este contexto, más allá de impulsar cambios político-institucionales y mejoras tecnológicas, se requiere un nuevo enfoque ético, basado en principios de sostenibilidad, equidad y no-violencia. Nos encontramos, pues, ante la necesidad de promover una “Nueva Cultura del Agua” que recupere, desde la modernidad, la vieja sabiduría de las culturas ancestrales basadas en la prudencia y en el respeto a la naturaleza.<sup>49</sup>

Por otro lado, no obstante, si se lograra contemplar como un asunto de primer o segundo orden modificar la cultura biosocial que se tiene del medio ambiente, la pregunta que surge es: considerando que el mundo actual es radicalmente diferente de aquel en el que vivían los pueblos originarios, ¿qué cultura medioambiental es la que se debe inculcar a la sociedad?

Evidentemente, antes de aspirar a desarrollar una ética medioambiental, es necesario reevaluar las condiciones actuales de orden ecológico y social. La abundancia y los recursos

---

<sup>47</sup> Morales *op. cit.*: 73.

<sup>48</sup> SEMARNAT 2016: 1.

<sup>49</sup> Arrojo 2010: 4.

disponibles no son los mismos que hace 700 años y tampoco lo es el tamaño de las sociedades. No obstante, hay un número considerable de prácticas que pueden reinstaurarse, para las cuales lo único que hace falta es adaptarlas a los espacios y dinámicas contemporáneas.

Un ejemplo de ellas es la captación de agua pluvial. “En México y Mesoamérica, diversas culturas prehispánicas implementaron la captación de lluvia para uso agrícola y consumo humano, mediante canales y zanjas aprovechando el agua rodada, ya sea de manera subterránea o a cielo abierto en patios, casas, en el campo, jagüeyes, bordos, entre otros”.<sup>50</sup> “En la península de Yucatán, durante la época prehispánica, los Mayas y los Toltecas aprovecharon los cenotes y las cuevas de formación natural, como medio de captar y almacenar el agua de lluvia”,<sup>51</sup> así como los *chultunes* o cisternas mayas.

Otro ejemplo, aunque influenciado ya por las especies importadas durante la conquista, podemos encontrarlo en las plantaciones rústicas o de sombra del café en la zona sur del país, las cuales conservan los árboles y arbustos endémicos de la región, permitiendo la regeneración natural del suelo y favoreciendo, al mismo tiempo, la vida silvestre de algunos animales:

Los cafetales rústicos que diferentes etnias mantienen en el sur y sureste del país se basan en la preservación de una cubierta de árboles nativos y cultivados. Estos sistemas sirven como refugio a una elevada diversidad de artrópodos, aves, pequeños mamíferos y otros vertebrados. Al mantener la cubierta vegetal se preservan muchos de los procesos ecosistémicos responsables de mantener los suelos, la fertilidad, la humedad, etc. La mayoría de las prácticas agrícolas tecnificadas dependen de la remoción total de la vegetación nativa. La consecuente desaparición de los procesos ecosistémicos naturales hace necesaria la sustitución de los mismos por insumos tales como fertilizantes o herbicidas que a la larga tienen efectos negativos.<sup>52</sup>

El asunto en cuestión, como podrá intuirse, no se trata de reinstaurar por completo la vida y la cosmovisión de las civilizaciones precolombinas, pues eso sería tan fútil como lo es copiar los modelos educativos europeos. Importar esquemas de vida a contextos completamente diferentes sin reconocer los fallos y las virtudes que tenemos como sociedad, ha resultado en una exacerbada marginación sociocultural de un sector que no ha podido o no ha querido integrarse a una realidad que no es la suya.

---

<sup>50</sup> Cortés-Alcaraz *et. al.*: 2021.

<sup>51</sup> Parada-Molina y Cervantes 2017: 154.

<sup>52</sup> PAOT, [https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas\\_2000/informe\\_2000/01\\_Poblacion/1.3\\_Esfera/data\\_esfera/practicas.htm](https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/01_Poblacion/1.3_Esfera/data_esfera/practicas.htm) (consultado el 10 de octubre de 2022).

Lo que hace falta es estudiar a las civilizaciones originarias de México desde un enfoque ecologista y determinar cuáles de sus prácticas sustentables pueden ser adaptadas a la vida contemporánea, para promover un *modus vivendi* que esté en armonía con el medio ambiente. Tomar del pasado lo que sirva para mejorar el presente.

### 1.2.2 El medio ambiente en el presente

*“This is a last chance decade for both biodiversity and climate: up to one million species are threatened by extinction and many ecosystems are at risk of collapse”.*<sup>53</sup> Pese a que actualmente existe un considerable número de iniciativas que buscan poco a poco cambiar nuestra visión del entorno natural que nos rodea y nuestra relación con él, es necesario acelerar la efectucción de estas acciones. “El cambio ambiental que afecta al mundo está ocurriendo a una velocidad muchísimo más rápida de lo que antes se pensaba, haciendo imperativo que los gobiernos actúen ahora para revertir el daño que se le ha hecho al planeta”.<sup>54</sup>

Los programas de la ONU y de los gobiernos federales siguen contemplando estrategias para cumplir sus metas a largo plazo, pero las estadísticas actuales apuntan a un futuro desolador en un lapso mucho más corto. En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, un programa pensado para atacar los principales problemas sociales, de salud y ambientales. Desafortunadamente, aunque “actualmente, se está progresando en muchos lugares, [...] en general, las medidas encaminadas a lograr los Objetivos todavía no avanzan a la velocidad ni en la escala necesarias”.<sup>55</sup>

Los reportes de los diferentes objetivos de la Agenda 2030 vinculados al medio ambiente indican que los niveles de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) continúan escalando y, con ello, incendios, sequías, huracanes, inundaciones, etcétera. El Acuerdo de París, un tratado internacional cuyo objetivo es limitar el calentamiento global a no más de 2°C para el 2030, requeriría que las emisiones globales de GEI se redujeran en un 45% del 2010 al 2030. De 2000 a 2018 dichas emisiones se redujeron tan sólo en un 6.5% para países desarrollados e incrementaron en un 43.2% para países en desarrollo de 2000 a 2013.<sup>56</sup>

---

<sup>53</sup> UN: <https://wesr.unep.org/article/biodiversity-and-nature-loss> (consultado el 10 de octubre de 2022).

<sup>54</sup> *Ibid.*

<sup>55</sup> UN: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/#:~:text=Actualmente%2C%20se%20est%C3%A1%20progresando%20en,alcanzar%20los%20Objetivos%20para%202030>. (consultado el 10 de octubre de 2022).

<sup>56</sup> Para información detallada sobre este tema se puede consultar el AR6 Synthesis Report Climate Change 2023 del IPCC en <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>.

En lo que concierne al agua, los pronósticos de aquí al 2030 tampoco son muy alentadores, a menos que se tomen acciones contundentes a la brevedad posible. Pese a que de 2000 a 2017 ha habido una mejoría en la accesibilidad al agua potable y a servicios sanitarios, aún hay un gran número de personas que no cuentan con facilidades sanitarias básicas – lavamanos y retrete–, especialmente en algunas regiones de África y Asia. Adicionalmente, si el estrés hídrico continúa incrementando, la escasez de agua podría ocasionar la migración de cerca de 700 millones de personas para 2030.

El presente está en el límite del quiebre, el futuro es incierto. Aún es posible definir favorablemente el curso de los años venideros si se llevan a cabo rigurosamente las acciones necesarias para comenzar a aminorar los índices de contaminación, calentamiento, sobrepoblación, sequías y explotación de los recursos medioambientales. Trabajar en el presente para aspirar a un mejor futuro, o quizás, simplemente, a un futuro.

### **1.2.3 ¿Medio ambiente en el futuro?**

Es difícil predecir cómo será la vida planetaria dentro de 50, 20 o, incluso, 10 años. Sin ir tan lejos, con una rápida revisión al pronóstico del clima es posible constatar cómo éste puede variar en el lapso de tan sólo unas horas. Si bien en nuestros días los desarrollos técnico-tecnológicos nos permiten hacer una lectura mucho más precisa de los fenómenos meteorológicos, los cambios climáticos a los que se ve sometido el planeta, derivados del calentamiento global, hacen que el margen de variabilidad sea cada vez mayor.

En 2017 se auguraba que el 2030 podría ser “el año de la catástrofe del agua en México”, según los cálculos de disponibilidad y consumo per cápita hechos por la CONAGUA.<sup>57</sup> El 12 de julio de 2022 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el “Acuerdo de inicio de emergencia por ocurrencia de sequía severa, extrema o excepcional en cuencas para el año 2022”;<sup>58</sup> esto es, que el pronóstico falló y el “año de la catástrofe” se adelantó por 8 años.

La pandemia planetaria por COVID-19 fue otro ejemplo de la impredecibilidad de nuestro futuro. Cuando se declaró “como emergencia sanitaria por causa de fuerza mayor, a la epidemia de enfermedad generada por el virus SARS-Cov2”,<sup>59</sup> el 11 de marzo de 2020 por la Organización Mundial de la Salud y el 31 de marzo de 2020 por el Consejo de Salubridad General en México,

---

<sup>57</sup> Naum & González 2017.

<sup>58</sup> [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5657697&fecha=12/07/2022 - gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5657697&fecha=12/07/2022 - gsc.tab=0) (consultado el 14 de octubre de 2022).

<sup>59</sup> <https://www.gob.mx/cjef/documentos/se-declara-como-emergencia-sanitaria-la-epidemia-generada-por-covid-19?idiom=es> (consultado el 16 de octubre de 2020).

los pronósticos iniciales preveían sólo unas semanas de cuarentena, después otras más, después meses. Finalmente, después de continuar aplazando reiteradamente el regreso a las actividades presenciales, lo mejor fue establecer la permanencia en casa hasta como el régimen de vida normal, hasta nuevo aviso.

Eso prueba que muchas veces lo único que podemos hacer para visualizar nuestro devenir, pese a los análisis estadísticos basados en evidencia científica, es especular. Lamentablemente, esas especulaciones no son nada alentadoras.

En el sitio México ante el cambio climático, filial del Sistema Nacional de Cambio Climático, se lee:

Los efectos del cambio climático ya son tangibles en el territorio nacional. En los últimos 50 años, las temperaturas promedio en el país han aumentado aproximadamente 0.85°C por arriba de la normal climatológica [y] se espera que entre 2015 y 2039 el promedio de la temperatura anual en el país haya aumentado 1.5°C y 2°C en el norte del territorio.

Estas cifras son corroboradas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), el cual realiza reportes de manera periódica, en los cuales se muestran los resultados de las evaluaciones llevadas a cabo. En su Sexto Informe de Evaluación (IE6 o AR6 por sus siglas en inglés) el IPCC presenta 5 escenarios futuros posibles con emisiones variables de gases de efecto invernadero (GEI), yendo de muy extremas a muy bajas. En todas se alcanza el temido incremento de 2°C en la temperatura global si continuamos con nuestras prácticas de vida como hasta ahora.

Conocido como *punto de quiebre*, dicho incremento traerá como consecuencia una concentración de gases tan alta que el planeta no alcanzará a enfriarse con la velocidad suficiente, produciéndose así un aumento en el nivel del mar en más del 70% de las costas de la Tierra, lo cual se traduce en un mayor número de inundaciones costeras, erosión de las playas, salinización de los suministros de agua y otros impactos en los seres humanos y los sistemas ecológicos.

Y las expectativas para los demás elementos del ecosistema terrestre son similares. Con respecto a la degradación del suelo la FAO dice que “la erosión acelerada del suelo puede tener consecuencias desastrosas para todos. Si no actuamos ahora, más del 90% de los suelos de la Tierra podrían degradarse para 2050”.<sup>60</sup> Con respecto a las sequías en el planeta “se estima que

---

<sup>60</sup> 2019.

para el año 2050 las sequías podrán afectar a más de las tres cuartas partes de la población mundial, y 216 millones de personas podrían verse obligadas a emigrar”.<sup>61</sup>

Todo indica con alta certeza que, si no hacemos una modificación urgente en nuestro régimen de vida hacia prácticas más sustentables y un consumo más moderado de bienes, nos encaminamos hacia un mundo que, eventualmente, será inhabitable.

#### **1.2.4 Sobre el concepto de valor**

El cambio climático, la extinción de las especies, las pandemias, la escasez de recursos, la pobreza, la desnutrición, la contaminación... todos estos y otros problemas derivados de nuestras acciones nos han hecho mirar sobre nuestro hombro para contemplar el camino que hemos recorrido, y, sobre todo, para analizar cómo lo hemos hecho y qué daños hemos dejado a nuestro paso.

Es evidente que el supuesto desarrollo de la humanidad se ha gestado a costa del desgaste de los recursos ambientales y de la supremacía antropocentrista, y si bien es cierto que el antropocentrismo es la “condición ontológica del ser humano [por lo que] no podemos entender el mundo y la vida que alberga desde otra perspectiva que no sea la humana”,<sup>62</sup> sí se puede poner en práctica un “*antropocentrismo moderado*, es decir, [uno en el que] además de poner atención en los valores humanos también se atiende el *valor propio* de las especies naturales para dejar de valorarlas instrumentalmente sólo como materia prima o económicamente”.<sup>63</sup> Practicar una ética que otorgue valor “a todo aquello que contribuya a la vida: aire, rocas, tierra, agua, etcétera, y que conforme a los ecosistemas particulares, así como al gran ecosistema de la Tierra”.<sup>64</sup>

No se trata, pues, de dejar de pensar desde nuestra condición ontológica, *i.e.*, antropocéntricamente, sino dejar de actuar desde un antropocentrismo egoísta y utilitarista. Desde esta óptica, surge el cuestionamiento del valor como concepto y del valor que le asignamos a las cosas, pero antes de ahondar en este tema, es necesario considerar un factor elemental que a menudo se ignora en la toma de decisiones políticas, estéticas, económicas y demás: la interrelación que tenemos todos los seres que habitamos un ecosistema.

El agua, el suelo, el aire, los insectos, las plantas, el sol, todos los elementos que conforman un ecosistema nos benefician de unas maneras obvias, pero también nos beneficia de manera indirecta, pues todos están interconectados y nuestro ciclo de vida depende del de los otros. Si se evita la escasez y la sobreutilización de agua tendremos más áreas verdes y, por ende, mejor calidad de aire; si tenemos mejor calidad del aire disminuirá el efecto invernadero

---

<sup>61</sup> Vähänen 2022.

<sup>62</sup> Kwiatkowska 2012: 48.

<sup>63</sup> Salazar & Láriz 2017: 108.

<sup>64</sup> Sagols 2017: 34.

y, por ende el calentamiento global; si el agua tiene la temperatura adecuada se evita la falta de oxigenación o la oxigenación excesiva de ésta, lo cual genera ecosistemas acuáticos saludables, de los cuales nos beneficiamos, principalmente, en términos alimentarios; si disminuimos el crecimiento demográfico se reducirá la demanda alimenticia y, por ende la degradación del suelo por prácticas agrícolas; si se reducen los índices de producción agrícola el suelo tendrá mayores oportunidades de regenerarse de manera natural y, por ende, tendremos alimentos de mejor calidad...y así un sinfín de fenómenos que dependen unos de otros. Por ello, debemos propiciar una simbiosis de cooperación que permita que el ciclo de la vida terrestre siga vivo y equilibrado.

Aldo Leopold en su *Ética de la tierra* habla de una “ética que se ocupe de la relación del hombre con la tierra y con los animales y plantas que crecen en ella”,<sup>65</sup> algo que muchas autoras han llamado *ecocentrismo*, el cual se basa en la idea de que la “reflexión ética sobre el problema ambiental debe abandonar la perspectiva antropocentrista [...] y ampliar sus límites de manera que se incluya a los ecosistemas”.<sup>66</sup>

Si entendemos a la humanidad como parte de un sistema que funciona adecuadamente cuando todas sus partes se encuentran en estado óptimo y cooperan y se integran para lograr un fin común (el de la vida en el planeta), entonces el ecocentrismo es un planteamiento que también nos incluye, pero no nos coloca en el centro de la vida, sino dentro de ella, como parte de ella, por lo que ejercerlo puede ser más adecuado en términos de sustentabilidad ecológica al considerar el bienestar de todos los seres que vivimos en este planeta.

Es pertinente, ahora, retomar la concepción que se tiene acerca del *valor* en las civilizaciones actuales de occidente. ¿Qué es valioso hoy en día? ¿Valioso para quién? ¿Valioso en términos de qué? ¿Con qué tara medimos el valor? ¿Qué tipo de valor o valores le asignamos los recursos ambientales? Para responder estas preguntas será útil hacer una revisión de las principales teorías y estudios que se han hecho sobre los valores, es decir, la axiología.

La primera traba que se presenta al realizar esta tarea es que el concepto de valor carece de una definición precisa e invariable, y que, más bien, se define en función de contextos espacio-temporales. Como bien señala Pérez “los valores tienen una dimensión dinámica puesto que sus dos puntos de partida (sujeto y objeto) no son estables ni homogéneos. El valor depende de las condiciones históricas, sociales, físicas o estructurales en que se produzca”.<sup>67</sup>

Aunado a esto, a través de los estudios axiológicos es constatable que para tratar de definir los valores se han planteado múltiples perspectivas, pero casi siempre aparecen en forma de dualidades igual de imprecisas que el concepto mismo de valor, como el bien y el mal, lo moral

---

<sup>65</sup> 1989: 202. Traducción propia.

<sup>66</sup> Peralta 2014: 29.

<sup>67</sup> 2008: 101.

y lo inmoral, la subjetividad y la objetividad, lo emocional y lo racional, lo real y lo ideal, lo universal y lo relativo o lo individual y lo colectivo.

Esta lógica dicotómica se corresponde con la ruptura entre las sociedades urbanas y el medio ambiente. Las decisiones políticas se toman bajo la justificación de aportar un bien a la sociedad, pero es un bien que, normalmente, conviene en términos económicos sólo a un sector, ignora los daños al medio ambiente y no considera a las minorías marginadas.

La construcción del Tren Maya es un ejemplo de ello. Su construcción ha causado daños, muchos de ellos quizás irreparables, en 5 estados a nivel social, ecológico y político. En términos económicos se benefician solamente las empresas que participan de su construcción y el gobierno, tanto desde la fase de su construcción como a posteriori, a través de la Secretaría de Turismo.<sup>68</sup> Lamentablemente, como es bien sabido, en nuestro país los recursos económicos que ingresan al gobierno terminan como fondos para el enriquecimiento individual de las cabecillas políticas.

En términos sociales, la construcción del tren ha causado conflictos sociales por tenencia de tierras, pues 53% de su trazo pasa sobre terrenos ejidales.

En términos ambientales implica un gran riesgo para la fauna y la flora, pues el sureste de la República Mexicana es una zona rica en biodiversidad biológica y es hábitat de una gran cantidad de especies animales y vegetales, muchas de ellas en alguna categoría de riesgo. Igualmente, las vías y estaciones del Tren Maya afectan en algún grado a un par de decenas de áreas naturales protegidas federales, estatales y municipales.

Según el sitio del Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA),<sup>69</sup> de donde toda esta información ha sido obtenida, estos son algunos de los principales daños que ha implicado la construcción del Tren Maya:

- Deforestación de 2,500 hectáreas de selvas húmedas y secas.
- Conflictos sociales por tenencia de la tierra (53% del trazo del Tren Maya se encuentra sobre terrenos ejidales).
- Generación de ruido que puede afectar particularmente la orientación de los murciélagos.
- Desabasto de agua en la zona de Calakmul.
- Presión a la zona arqueológica de Calakmul por incremento de visitantes de 40 mil (actualmente) a 3 millones (esperado).
- Las comunidades de Calakmul no tienen servicios de recolección de residuos, por lo que hay riesgo de crisis por la acumulación de éstos.

---

<sup>68</sup> Para información detallada sobre las estadísticas y el impacto ambiental de la construcción del Tren Maya puede consultarse la Manifestación de Impacto Ambiental del Tren Maya de la SEMARNAT.

<sup>69</sup> <https://www.cemda.org.mx/tren-maya/> (consultado el 17 de octubre de 2022).

- Pérdida de hábitat, fragmentación, atropellamiento y bloqueos de paso de fauna.

Adicional a las pérdidas acaecidas y a las que faltan, aún no se ha contemplado el impacto de esta mega obra a largo plazo. Como ocurrió con los molinos de viento; lo que comenzó como una obra aparentemente inocua, ahora tiene repercusiones ambientales al no saber cómo disponer de las enormes aspas de fibra de vidrio que ya no son funcionales y no son reciclables. Desconocemos si la oxidación de las vías generará filtración hacia los acuíferos de la región, si las vibraciones producidas por el paso de los vagones afectarán de otras maneras a la fauna, si los campesinos que han sido desplazados podrán reiniciar sus plantaciones, si la gentrificación de la zona conducirá, eventualmente, a una mayor deforestación de la que hasta ahora ha tenido lugar.

A la hora de hacer el balance final, pareciera que las desventajas son mayores que las ventajas que presume el gobierno. “El Tren Maya es un proyecto para mejorar la calidad de vida de las personas, cuidar el ambiente y detonar el desarrollo sustentable” reza el sitio oficial de gobierno del Tren Maya.<sup>70</sup> Promesas de beneficios económicos, sociales, ambientales y culturales, pero si leemos entre líneas el “desarrollo” que persigue este proyecto sigue la línea del capitalismo y el consumismo. “Un nuevo futuro para el sureste”; seguro, un futuro que, una vez más, al igual que al inicio de la modernidad, se encamina a la urbanización masiva, al crecimiento demográfico, a la sobreexplotación de suelos, a matar y entubar ríos, a desecar lagos y cuencas hidrológicas, a la insuficiencia de agua por sobrepoblación, a la marginación de las comunidades indígenas, a la explotación del capital humano en pro de la productividad económica.

Es triste ver que la contraparte de estos megaproyectos no son obras igual de grandes en proyección e inversión, encaminadas a lograr beneficios significativos para todo el ecosistema (plantas y animales incluidos), sino iniciativas únicamente para reparar los daños hechos al medio ambiente y a las comunidades marginadas a causa de dichos proyectos.

Es momento de invertir esfuerzos y el tan anhelado bien económico en subsanar el daño hecho y reinstaurar el valor moral, histórico y cultural que ha sido arrebatado de todo lo que quedó fuera de las dinámicas capitalistas, para aspirar a modelos más holísticos como *El buen vivir*, el cual:

nace como una propuesta de alternativas a la crisis civilizatoria que ha traído el fracaso del modo de vida del capital, fundado en contextos sociales puramente occidentales, y en la búsqueda del desarrollo entendido como la acumulación y crecimiento económico lineal y a costa de cualquier

---

<sup>70</sup> <https://www.trenmaya.gob.mx/> (consultado el 14 de octubre de 2022).

contexto, afectando sobre todo a los llamados países subdesarrollados y a sus pueblos originarios.<sup>71</sup>

Este tipo de modelos o filosofías de vida replantean la importancia central del capital económico y ponen, en contraposición, de realce otro tipo de valores y elementos, y buscan:

La satisfacción de las necesidades, la consecución de una calidad de vida y muerte digna, el amar y ser amado, el florecimiento saludable de todos y todas, en paz y armonía con la naturaleza y la prolongación indefinida de las culturas humanas. El Buen Vivir supone tener tiempo libre para la contemplación y la emancipación, y que las libertades, oportunidades, capacidades y potencialidades reales de los individuos se amplíen y florezcan de modo que permitan lograr simultáneamente aquello que la sociedad, los territorios, las diversas identidades colectivas y cada uno -visto como un ser humano universal y particular a la vez- valora como objetivo de vida deseable (tanto material como subjetivamente y sin producir ningún tipo de dominación a un otro).<sup>72</sup>

Es imperativo, pues, resignificar el concepto de valor para poder transformar las dinámicas capitalistas en las que estamos inmersas y asignar la importancia adecuada a todos los seres y elementos que conforman el ecosistema en el que vivimos, para que la simbiosis planetaria se preserve.

### **1.3 Estado del arte**

Si bien el tema de la naturaleza es uno que ha interpelado a las artistas en diferentes disciplinas desde hace siglos, los estudios exhaustivos como el que aquí se propone no son abundantes. De igual manera, existe una variedad significativa de proyectos que vinculan ciencias y artes, comenzando prácticamente por cualquiera que emplee la tecnología digital, pero cuando estos proyectos provienen del campo de las artes el contacto con las ciencias muchas veces se limita a las ciencias de la computación y, cuando provienen de las ciencias, el abordaje de las artes suele ser muy elemental.

En México existen diversos ejemplos de proyectos que han surgido del interés por involucrar las ciencias ambientales en la creación artística. Uno de ellos es la Red Ecología Acústica México (REA), conformada por artistas, investigadoras y científicas interesadas en promover “el estudio, producción, difusión y divulgación de las actividades relacionadas con la

---

<sup>71</sup> Secretaría de Bienestar 2019: <https://www.gob.mx/bienestar/es/articulos/el-buen-vivir-comunalidad-y-bienestar?idiom=es> (consultado el 10 de octubre de 2023).

<sup>72</sup> Ministerio de Educación, Gobierno del Ecuador: <https://educacion.gob.ec/que-es-el-buen-vivir/> (consultado el 10 de octubre de 2023).

ecología y el sonido”.<sup>73</sup> Actualmente la REA cuenta con 10 líneas de investigación que se vinculan con el sonido desde diferentes disciplinas, como la arqueología, la antropología, la sociología o la biología.

Una de sus integrantes es la artista transdisciplinar mexicana Tania Rubio, quien ha enfocado su labor de investigación y de creación en la comunicación de los animales a través del sonido y al estudio de los paisajes sonoros en diversos lugares del mundo. La pieza *Windows of Listening* (2019) es un ejemplo de una investigación que busca responder a 5 preguntas planteadas desde la perspectiva de una artista sonora. Según la artista,<sup>74</sup> esta pieza está basada en estudios de bioacústica y grabación de campo, y pertenece a una serie de obras que crean un diálogo entre grabación de campo natural y composición musical, en las cuales busca un enfoque interdisciplinario entre las perspectivas artística y científica para escuchar el fenómeno acústico natural.

Otro ejemplo del vínculo entre las artes sonoras y el medio ambiente lo encontramos con el artista hidrocálido Gilberto Esparza, quien “investiga la tecnología como posibilidad para plantear preguntas y soluciones a los impactos de la huella humana sobre la vida en la tierra [sic], a partir de una reivindicación de la inteligencia inherente a la vida y replanteando la relación de las sociedades humanas con el entorno natural”.<sup>75</sup> En el sitio web de Esparza es posible conocer los diversos proyectos que ha desarrollado a lo largo de su carrera artística. De entre ellos podemos mencionar *BioSoNot*,<sup>76</sup> un dispositivo que *sonifica* ciertos parámetros del agua que indican su nivel de contaminación. *BioSoNot* está formado por módulos de celdas de combustible microbianas que funcionan como sensores que miden la actividad bio-eléctrica de las bacterias, mientras que otro tipo de sensores arrojan información sobre el pH, el Oxígeno disuelto o la conductividad. Toda la información arrojada es traducida a sonido empleando diversos medios.

Otro ejemplo más fue la exposición *Nonsite: el Pedregal revisitado*,<sup>77</sup> de Perla Krauze, en la cual, mediante la disposición de diversos elementos naturales extraídos de la zona del Pedregal en la Ciudad de México, se busca evidenciar la riqueza cultural y ecológica de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), y concientizar sobre su cuidado y preservación. Esta instalación fue resultado del trabajo en equipo por parte de la autora con vulcanólogos, geólogos y botánicos. Es pertinente señalar que, dentro de los más de 60 años de existencia del MUCA, un

---

<sup>73</sup> Información obtenida de la página web de la REA: <https://rea-mx.org/>, (consultado el 28 de noviembre de 2022).

<sup>74</sup> <https://taniarubio.com/en/obras/windows-of-listening/>, (consultado el 29 de noviembre de 2022).

<sup>75</sup> Esparza <https://gilbertoesparza.net/bio/>, (consultado el 28 de noviembre de 2022).

<sup>76</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=pDvqnnBTjD0&t=5s>, (consultado el 28 de noviembre de 2022).

<sup>77</sup> <https://muca.unam.mx/nonsite.html>, (consultado el 30 de noviembre de 2022).

espacio dedicado a las ciencias y el arte, se tiene registro de no más de tres exposiciones que vinculen a las ciencias o al medio ambiente con el arte.

En el año 2021 la Secretaría de Cultura del Gobierno de México emitió la primera edición de la convocatoria “Ecos sonoros”, cuyo objetivo fue el de impulsar proyectos que vincularan arte y naturaleza, desde la experimentación sonora.<sup>78</sup> En el 2022, como continuación de esta iniciativa, se publicó la convocatoria “Ecos de agua”, la cual buscó poner al centro de los proyectos de investigación-creación al agua. Como parte del jurado que evaluó y dictaminó los proyectos ambos años, puedo dar fe de que hubo una gran diversidad en las propuestas y que el nivel de profundización científica variaba mucho de una a otra, pues si bien la mayoría de ellas consistían en la creación de paisajes sonoros, algunas planteaban una investigación científica más exhaustiva.

Lamentablemente, hoy en día no es posible conocer el resultado de los proyectos seleccionados de la primera convocatoria, pues no existe un repositorio donde puedan consultarse, ni hay registro fotográfico o de video de la muestra llevada a cabo en mayo del presente año. Este suele ser un problema recurrente en el arte, la falta de seguimiento o de difusión a los proyectos. Cuando trabajos como el que aquí se presenta no se difunden lo suficiente, no alcanzan a cumplir en su totalidad el objetivo de sensibilizar o concientizar a la comunidad.

La convocatoria “Ecos de agua” contempló dos categorías principales para las aplicaciones: investigación y producción artística. Más allá de considerarla un acierto o un desacierto, esta iniciativa ya muestra un reflejo del interés cada vez mayor entre la comunidad artística por llevar a cabo procesos investigativos profundos y sistematizados que generen como producto algo más que un texto, es decir, proyectos de investigación-creación.

La variedad y calidad de los 30 proyectos ganadores<sup>79</sup> fue muy satisfactoria y este es un excelente ejemplo para proyectar el estado del arte a nivel nacional, pues los trabajos provinieron de diferentes estados de la República Mexicana. Como ejemplo citaré el trabajo de Eurídice Navarro Villagómez quien presentó una bitácora expandida multiformato en la cual se emplean “varias metodologías del arte híbrido con el propósito de divulgar el estado actual de cuatro humedales de México amenazados por actividades humanas (Laguna de San Gregorio Atlapulco; Xochimilco; María Eugenia y La Kist en Chiapas; Laguna de Nichupté, en Quintana

---

<sup>78</sup> <https://www.cultura.gob.mx/gobmx/convocatorias/detalle/3319/ecos-sonoros> (consultado el 30 de noviembre de 2022).

<sup>79</sup> Los proyectos ganadores de la segunda edición pueden ser consultados en <https://ecosonoros.cenart.gob.mx/>.

Roo)”. Para este proyecto, titulado *Humedal. Aguactivismo sonoro*,<sup>80</sup> la artista realizó levantamiento y análisis de muestras de suelo y de agua de los diversos humedales, así como registro fotográfico, recolección de objetos diversos, grabación del paisaje sonoro, entrevistas y un profundo trabajo investigativo de carácter social y medioambiental.

En cuanto a la investigación, desde el campo de la música existen pocos ejemplos para citar. Uno de ellos es la investigación titulada *El sonido de la vida vegetal. Sonificación de genes MADS-box involucrados en el ciclo de vida de Arabidopsis thaliana*,<sup>81</sup> presentada como proyecto final de la maestría en tecnología musical de la bióloga Aketzalli Rueda Flores, en el cual la autora utilizó información bioquímica, biomolecular y del desarrollo de una planta para realizar una sonificación. Para llevar a cabo dicho proceso, Rueda asignó valores numéricos a diversos parámetros involucrados en el desarrollo de la planta, para posteriormente convertir dichos valores en ondas senoidales simples. Según la autora, “su representación sonora señala las interacciones entre los diversos elementos que componen a las estructuras del sistema genético (cromosomas, genes y proteínas) que dictan el desarrollo” (Rueda 2019: 75), lo cual quiere decir que más allá de buscar un parámetro sonoro que funcione como analogía para cada parámetro bioquímico, lo que se está representando en sonido en un sistema complejo de interacciones entre diversos elementos. La única analogía manejada es la de fenotipo/software, en la cual ambos funcionan como sistemas compiladores de información.

Existen en el terreno de la música múltiples ejemplos de obras inspiradas o vinculadas a diferentes elementos del medio ambiente, como paisajes, ríos o montañas, mas el sustento teórico en estas es menos riguroso y exhaustivo que en el proyecto que aquí propongo. Enlistarlas, además de ser una labor titánica y con una alta posibilidad de cometer alguna omisión importante por la vastedad de ejemplos, no me parece pertinente para trazar una cartografía de proyectos de investigación-creación que vinculen las artes con el medio ambiente.

#### **1.4 Conceptos clave**

Este proyecto se sustenta en dos conceptos principales que conducen el proceso de creación: sonificación y analogía. De éstos se desprenden algunos otros conceptos aledaños o paralelos

---

<sup>80</sup> <https://www.instagram.com/aguactivismosonoro/> (consultado el 11 de octubre de 2023).

<sup>81</sup> La tesis puede ser consultada en Tesiunam:

[https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/18D3SXH5A61RJ3NTC25URVP1MEBYFPRR294IEPV9LF2XPIXYC7-](https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/18D3SXH5A61RJ3NTC25URVP1MEBYFPRR294IEPV9LF2XPIXYC7-28033?func=find-)

[28033?func=find-](https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/18D3SXH5A61RJ3NTC25URVP1MEBYFPRR294IEPV9LF2XPIXYC7-28033?func=find-)

[b&local\\_base=TES01&request=aketzalli+rueda&find\\_code=WRD&adjacent=N&filter\\_code\\_2=WYR&filter\\_request\\_2=&filter\\_code\\_3=WYR&filter\\_request\\_3=](https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/18D3SXH5A61RJ3NTC25URVP1MEBYFPRR294IEPV9LF2XPIXYC7-28033?func=find-b&local_base=TES01&request=aketzalli+rueda&find_code=WRD&adjacent=N&filter_code_2=WYR&filter_request_2=&filter_code_3=WYR&filter_request_3=)

[\(consultado el 30 de noviembre de 2022\).](https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/18D3SXH5A61RJ3NTC25URVP1MEBYFPRR294IEPV9LF2XPIXYC7-28033?func=find-b&local_base=TES01&request=aketzalli+rueda&find_code=WRD&adjacent=N&filter_code_2=WYR&filter_request_2=&filter_code_3=WYR&filter_request_3=)

que, en ocasiones, pueden ser empleados como sinónimos. A continuación se detalla sobre todos ellos.

El concepto de sonificación es aquí empleado para designar el proceso mediante el cual determinada información proveniente de un campo teórico es convertida o transformada a sonidos. Esta transformación puede ser llevada a cabo mediante un sinnúmero de formas y el resultado sonoro puede ser igualmente variado.

Según Kramer *et. al.* (1999) la sonificación es “la transformación de relaciones de datos en relaciones percibidas en una señal acústica con el fin de facilitar la comunicación o la interpretación.” Esta definición es aplicable para el proceso seguido en este trabajo, en el sentido en que la música generada a partir de datos no contiene la información que esos datos nos ofrecen, sino una representación de ella. Este tipo de datos no pueden ser intercambiados o traducidos a sonidos, pues lo que comunican unos y otros es ontológicamente diferente, por lo que aquello que se representa son las relaciones que un parámetro establece con otros parámetros dentro de un sistema.

Walker y Nees (2011: 9) consideran que la sonificación involucra elementos provenientes tanto de la ciencia, impulsados por la teoría, como del diseño, que no siempre es científico. Este punto se vuelve relevante para establecer una diferencia entre el proceso de *ecfrasis* y de sonificación.

La *ecfrasis* es un concepto que data del siglo II a.C. (González y Artigas 2009: 11) y que en sus orígenes fue usado como recurso retórico, pero que a partir de la Antigüedad tardía se empleó para referirse a la “práctica literaria de representar verbalmente esculturas o pinturas” (Artigas *op. cit.*: 55). Posteriormente, este término ha sido expandido hacia otros campos artísticos, abriendo la posibilidad a múltiples intercambios intersemióticos; es decir, hacer en un medio una representación de algo (un texto, una imagen, un sonido) que originalmente fue creado en otro medio.<sup>82</sup> La principal diferencia entre el proceso de *ecfrasis* y el de sonificación radica en que la representación que hace la *ecfrasis* parte de otra forma de representación artística y es plenamente subjetiva y descriptiva, mientras que la sonificación parte de datos y realiza una representación sonora que no necesariamente será descriptiva, que puede proyectar una imagen sonora que no se corresponda con el imaginario social y que tiene un menor grado de subjetividad.

De esto se desprende un tercer concepto vinculado a la sonificación, que es, precisamente el de *intersemiosis*. Como se mencionó en la introducción de este trabajo, Pareyón (2011: 100),

---

<sup>82</sup> Cfr. Bruhn 2001.

siguiendo a Peirce, comienza definiendo la semiosis como “el proceso o procesos de los signos en acción, asumiendo que ‘un signo media entre el signo interpretante y su objeto’”; por tanto, la intersemiosis es “la operación o ‘acción’ de un signo o sistema de signos correspondientes a una categoría, bajo influencia, transformación o transducción a otra categoría de signos.”

Por otra parte, en cuanto al concepto de analogía se puede decir que una analogía es una relación entre dos o más elementos, basada en la razón numérica o algún tipo de proporción entre éstos. La analogía es el método mediante el cual efectúo las sonificaciones en este proyecto, por lo que constantemente a lo largo de este escrito se habla de analogar los parámetros físicos o químicos con parámetros musicales. En dicho procedimiento busqué que los datos que sonifiqué establecieran una relación numérica o proporcional con algún parámetro musical.

Pese a que estos conceptos aparecen en uno u otro momento dependiendo de la etapa o la obra en cuestión, los pilares más robustos sobre los que se sustentan todos los procesos creativos son la sonificación y la analogación. Este breve glosario de términos no pretende ser exhaustivo, pues raramente el término ecrasis o intersemiosis es utilizado. La intención es meramente complementar la terminología empleada en este estudio a fin de evitar posibles confusiones o dudas acerca de las metodologías compositivas.



### Las tierras que habitamos

Entre muchas otras cosas, sabemos que vivimos en un planeta al que hemos llamado Tierra; sabemos que tiene una atmósfera que se compone principalmente de nitrógeno, oxígeno y argón; sabemos que más de dos terceras partes de su superficie están cubiertas de agua; que está dividida en continentes, países, estados, ciudades, regiones, etcétera; que los asentamientos humanos suelen ser urbanos o rurales. Observamos y medimos el crecimiento demográfico de éstos, somos conscientes de la expansión de las ciudades, las vemos crecer a lo ancho y a lo alto, y sabemos, grosso modo, de las transformaciones medioambientales que se hacen para poder construir una ciudad. Pero pocas veces reflexionamos acerca del suelo sobre el cual se erigen los centros urbanos e ignoramos la importancia de éste.

El suelo es el principal soporte de la vida en el planeta, funciona como filtro para las aguas subterráneas, es el reservorio de carbono orgánico más importante del planeta, ayuda a mitigar el cambio climático, alberga la cuarta parte de la biodiversidad de nuestro planeta, proporciona los nutrientes esenciales para la vida vegetal y animal, y, junto con el agua, es la base de la alimentación humana. El suelo es tan importante como el agua para la vida humana. Lamentablemente estos datos son poco conocidos, tanto para el pueblo como para los gobernantes, a causa de “la escasez de estudios edafológicos [...], la dificultad de la comprensión de los conocimientos edafológicos generados; [...] y [...] la poca cantidad de profesionistas en el área”,<sup>83</sup> lo cual genera como principal consecuencia la degradación de suelos.

La edafología es la subdisciplina de las ciencias naturales que estudia el suelo y todos los aspectos relacionados a éste, desde su formación y composición, hasta sus relaciones con plantas, animales y humanos. Al rededor del mundo existen múltiples variedades de suelos que, dependiendo de sus características y su composición mineralógica, pueden ser más útiles para unas actividades que para otras.

La agricultura es una de las principales actividades a las que se destinan los suelos en el mundo, ocupando casi una tercera parte de éstos.<sup>84</sup> Pero no todos los suelos que se destinan a la agricultura son ideales para ello; en México, por ejemplo, el suelo predominante es el Leptosol,

---

<sup>83</sup> Bautista 2010: 95.

<sup>84</sup> INEGI 2018.

el cual “tiene serias restricciones para los cultivos por escasa profundidad efectiva y por la baja capacidad de almacenamiento de agua para las plantas”,<sup>85</sup> por lo que “cerca de dos terceras partes del territorio nacional no son fácilmente explotables para fines agrícolas”.<sup>86</sup> Aunado a esto, dado que el clima predominante en el país es el árido y semiárido, para volver estos suelos productivos en términos agrícolas, es necesario trasladar grandes cantidades de agua a través de sistemas complejos y mineralizar las tierras con métodos altamente industrializados e invasivos.

A lo largo de este capítulo se presenta información vinculada al suelo, producto de la investigación realizada para sonificar datos edafológicos. En la primera sección se describen las principales características del suelo, para posteriormente abordar los suelos en México, las relaciones socioambientales que tenemos con éstos y las principales actividades a las que se destinan los suelos en el país. Finalmente, se habla del proceso llevado a cabo para sonificar la información obtenida de una muestra de suelo de la región sureste de Jalisco, analizada por medio de cromatografía.

## **2.1 Características principales del suelo**

El suelo puede ser concebido de diferentes maneras dependiendo la disciplina o los fines para los que se estudie; sin embargo, de manera general puede entenderse como un “cuerpo natural no consolidado que recubre la mayoría de la superficie continental de la corteza terrestre, compuesto por partículas minerales y orgánicas, agua, aire y organismos vivos, que presenta un arreglo de horizontes o estratos y es capaz de soportar a la cubierta vegetal”.<sup>87</sup> “Se le considera un recurso natural no renovable, con funciones diversas de tipo ecosistémico, ambiental, económico, social y cultural”.<sup>88</sup>

El suelo es el producto final de la influencia del tiempo combinado con el clima, la topografía, los organismos (flora y fauna) y los materiales parentales (rocas y minerales originarios),<sup>89</sup> siendo éstos 5 factores los principales determinantes de sus características físicas. “Más recientemente, y de forma acertada, se ha sugerido agregar la acción del hombre como factor de formación del suelo”.<sup>90</sup>

---

<sup>85</sup> Bautista 2010.

<sup>86</sup> INECC 87-88.

<sup>87</sup> SEMARNAT 2002: 86.

<sup>88</sup> Bautista 2010: 109.

<sup>89</sup> <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/> (consultado el 7 de abril de 2020).

<sup>90</sup> Navarro & Navarro 2013: 28.

Dado lo anterior, resulta obvio que la variedad de suelos en el mundo sea sumamente amplia, pues no sólo los minerales parentales pueden ser muy diversos, sino también los demás factores climatológicos que intervienen en su formación. Algunos tipos de suelos son leptosoles, regosoles, calcisoles, feozems (o phaeozems), vertisoles, luvisoles, kastañozems o solonchaks. En México los suelos predominantes son leptosoles, regosoles, calcisoles, feozems y vertisoles.<sup>91</sup>

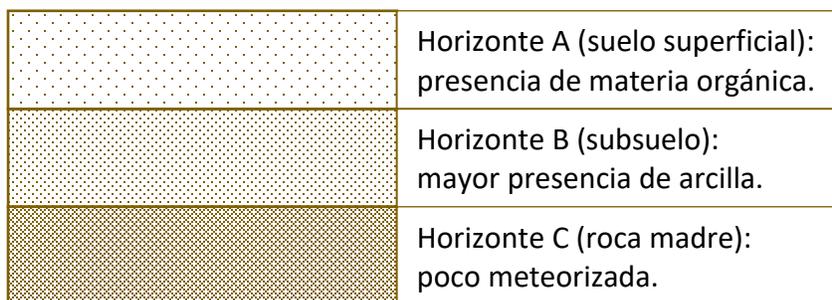


Fig. 2: esquema típico del perfil del suelo.<sup>92</sup>

Típicamente, mas no siempre, el suelo presenta un arreglo de 3 horizontes o estratos principales: A, B y C, los cuales pueden dividirse hasta en 7 subhorizontes.<sup>93</sup> En ese sentido merece la pena considerar la definición de suelo que da la agroquímica, la cual dice que el suelo puede definirse “como un sistema disperso constituido por tres fases: sólida, líquida y gaseosa, que constituye el soporte mecánico y, en parte, el sustento de las plantas”.<sup>94</sup> Dichas fases se componen por los siguientes elementos:

Fase sólida	Fase líquida	Fase gaseosa
-Materia mineral -Materia orgánica	Agua	Aire o atmósfera del suelo

Tabla 1: componentes de las tres fases del suelo.

<sup>91</sup> SEMARNAT 2002: 85.

<sup>92</sup> Fuente: Navarro & Navarro 2003: 21.

<sup>93</sup> Cf. Navarro & Navarro 2013: 38–40.

<sup>94</sup> Navarro & Navarro 201: 28.

La materia mineral está constituida primordialmente por roca madre, que es el material geológico inalterado que da origen a cada suelo, y por minerales parentales, que son los minerales que se desprenden de la roca madre por efecto de la erosión, principalmente.<sup>95</sup>

De manera general existen dos tipos principales de roca, las ígneas intrusivas y las ígneas extrusivas:

Las rocas ígneas (del latín *ignis*, fuego) también nombradas magmáticas, son todas aquellas que se han formado por solidificación de un material rocoso, caliente y móvil denominado *magma*; este proceso, llamado cristalización, resulta del enfriamiento de los minerales y del entrelazamiento de sus partículas. [...] Cuando la solidificación del magma se produce en el seno de la litósfera [es decir, debajo de la corteza terrestre], la roca resultante se denomina **plutónica o intrusiva**; si el enfriamiento se produce, al menos en parte, en la superficie o a escasa profundidad, la roca resultante se denomina **volcánica o extrusiva**.<sup>96</sup>

En cuanto a los minerales parentales, existe una gran variedad, pues de manera adicional a la erosión de la roca madre, los fenómenos naturales y las condiciones climatológicas propician el desplazamiento de partículas del suelo hacia otras latitudes, dando origen así a una cuantiosa variedad de éstos. Algunos de los principales, presentes en ambos tipos de rocas, son el cuarzo, los feldespatos y los anfíboles, también llamados hornblenda.

El suelo tiene una enorme importancia a nivel ecológico, social y cultural, pues sirve como hábitat de organismos, como archivo geológico y arqueológico, como fuente de materiales, como filtro purificador de agua y, por supuesto, como base para la producción de alimentos, entre otras cosas. La principal amenaza a la que se enfrenta es la degradación ocasionada por el cambio de usos de éste.

La degradación del suelo “es el deterioro o la pérdida total de la capacidad productiva del suelo a corto y largo plazo [e] implica una reducción de la capacidad del suelo de producir bienes económicos y llevar a cabo funciones ambientales de regulación”.<sup>97</sup> Existen causas naturales y causas antropomórficas para la degradación del suelo, siendo las segundas las de mayor impacto.

---

<sup>95</sup> Algunos especialistas aseguran que la constitución de los suelos responde a algunos otros elementos además de los aquí mencionados, por ejemplo, la mezcla de diferentes suelos producida por el desplazamiento de partículas de un lugar a otro a través de deposiciones eólicas o de transporte acuoso de materiales, la recepción de polvo cósmico e incluso de partículas procedentes de meteoritos. Para más información se puede visitar el sitio <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2014/08/06/144749>. (consultado el 10 de febrero de 2021).

<sup>96</sup> Servicio Geológico Mexicano: <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-igneas.html> (consultado el 01 de abril de 2020).

<sup>97</sup> Bautista *op. cit.*: 113.

De entre ellas, las más habituales son el sobrepastoreo, la deforestación, las malas prácticas agrícolas y el desarrollo urbano e industrial.

El adecuado funcionamiento del suelo se determina con base en la medición de diversos elementos de éste, como su profundidad, sus minerales predominantes, el nivel de humedad, la presencia de materia orgánica o los nutrientes con los que cuenta. No obstante, la primera consideración de la que se debe partir siempre es el uso que se le va a dar a ese suelo, pues un suelo puede ser completamente hostil para la producción agrícola, pero altamente apto para el desarrollo de vida silvestre. Algunas de las actividades principales para las que se usan los suelos, además de la agricultura, son la ganadería, la silvicultura, la construcción residencial e industrial o el desarrollo de infraestructuras carreteras.

## **2.2 Los suelos en México**

México cuenta con una gran variedad de suelos, 25 de las 32 unidades reconocidas por la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB por sus siglas en inglés) (. Los principales tipos de suelo en el territorio nacional son los leptosoles, regosoles, calcisoles, feozems y vertisoles.<sup>98</sup> De ellos, los leptosoles, los regosoles y los calcisoles, los cuales cubren cerca del 60% de la superficie, son suelos jóvenes (con poca profundidad y baja presencia de materia orgánica) y poco fértiles.

Los principales problemas a los que se enfrenta el suelo en México son la explotación agrícola con prácticas no sustentables, el sobrepastoreo, la deforestación y la erosión eólica e hídrica. “De acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación en el 2014 [...] poco más de 28% del territorio [nacional] fue transformado en terrenos agropecuarios, áreas urbanas y otros usos del suelo antrópicos”.<sup>99</sup> El principal uso del suelo en México es el agropecuario (26%), por lo que puede verse un alarmante incremento en una práctica para la cual los suelos, de manera natural, no son ideales.

La conservación del suelo “no ha estado dentro de las principales prioridades en las políticas públicas como un recurso patrimonial ni ambiental, debido, en gran medida, a que no es un bien directamente consumible y también a la suposición errada de que el suelo puede renovarse en un lapso breve de tiempo”.<sup>100</sup> Por ello, actualmente no existen regulaciones gubernamentales para su conservación y uso, y su distribución o auto adjudicación genera problemas sociales y políticos que se expondrán a continuación.

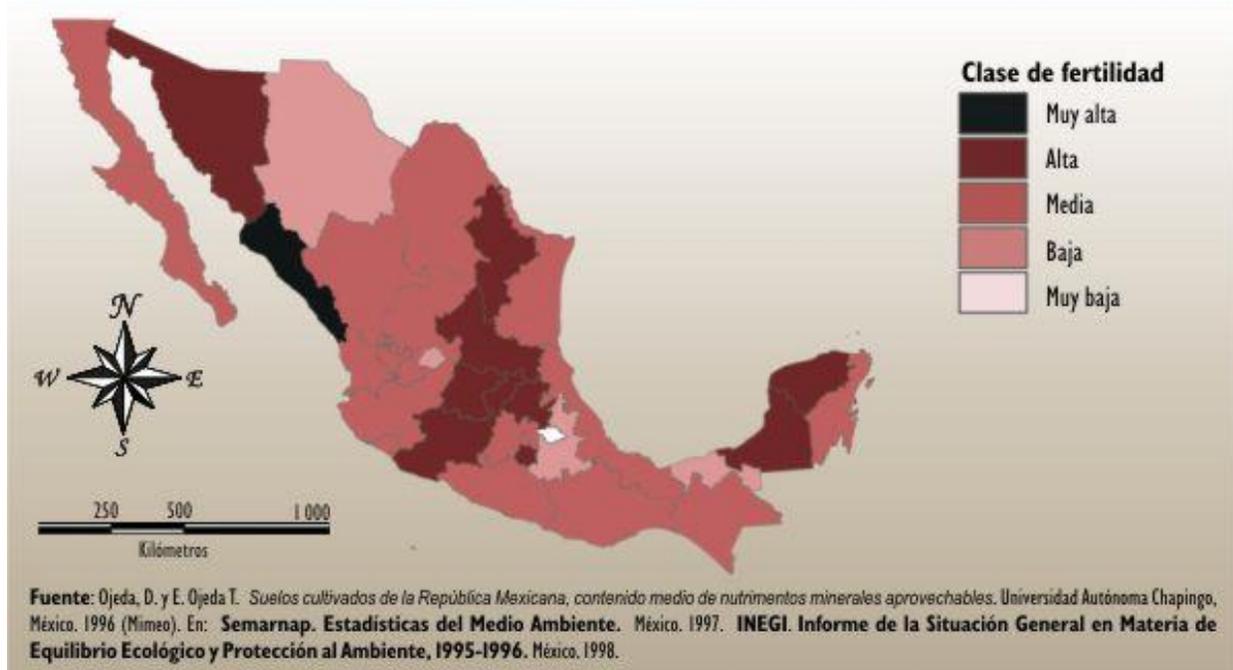
---

<sup>98</sup> SEMARNAT 2002: 85.

<sup>99</sup> SEMARNAT 2019 : 99.

<sup>100</sup> SEMARNAT *op. cit.* : 175.

Mapa 3.I. Fertilidad de suelos agrícolas por entidad federativa, 1996.



Mapa 1: fertilidad de los suelos en México.

### 2.2.1 Nuestra relación con el suelo: usos y abusos

Dado que el suelo es el recubrimiento principal de la superficie continental y el soporte principal sobre el que se desarrolla casi toda la vida en la Tierra, como ya se ha mencionado anteriormente éste puede ser utilizado de diversas maneras por la humanidad, dependiendo sus características. “Los usos humanos más espacialmente y/o económicamente importantes de la tierra a nivel mundial incluyen el cultivo en diversas formas, el pastoreo de ganado, asentamiento y construcción, reservas y áreas protegidas, y extracción de madera”.<sup>101</sup>

Pero el suelo no solo es un componente medioambiental, el suelo es, sobre todo, un agente político y las actividades que se desarrollen en este son determinadas conforme a fines económicos que convengan a los gobiernos y a las grandes industrias. Desde la época de la colonia, la construcción de centros urbanos y el desarrollo mercantil han traído consigo el desplazamiento de los pueblos originarios, primero en beneficio de la iglesia, y después de los latifundistas. Esta situación ha continuado a lo largo desde entonces, agrandando la brecha entre lo urbano y lo rural y empeorando cada vez más nuestra relación con el suelo.

Junto con los pueblos originarios, los saberes tradicionales de la regeneración del suelo también fueron desplazados, siendo sustituidos por el desarrollo de procesos agroquímicos de

<sup>101</sup> Merlo 2018: 21.

iniciativa capitalista, para potenciar la producción de la industria alimentaria, llegando a los límites de la sobreexplotación edafológica.

Según la FAO en América central las tierras cultivadas cubren aproximadamente una quinta parte o más de la superficie total, representando así uno de los principales usos del suelo, mientras que en otras regiones como África septentrional las tierras cultivadas ocupan menos de una décima parte de la superficie.<sup>102</sup>

Este panorama empeora al considerar que junto con la sobreexplotación del suelo viene la sobreexplotación del agua, dejando en total desventaja a unos países para el enriquecimiento de otros. La adquisición de tierras y la mano de obra baratas en los países en desarrollo beneficia enormemente en términos de producción y comercio a las grandes potencias económicas a nivel mundial: “en general, se prevé que las extracciones de agua en los países de altos ingresos disminuirán un 17 %. por el contrario, se estima que en los países de bajos ingresos y con déficit de alimentos aumentarán un 10 %”.<sup>103</sup>

Pero esta no es la única problemática que aqueja al suelo. El acelerado crecimiento de las ciudades extermina las capacidades de uso y regeneración de las tierras y entra en conflicto directo con los usos agrícolas de éste. “Los países que están experimentando el crecimiento de población más rápido son los que tienen menor abundancia de recursos de tierras y aguas”.<sup>104</sup>

Se puede observar, pues, cómo las actividades antropogénicas son las responsables de la escasez de tierras y aguas propicias para el desarrollo sustentable del medio ambiente. Pero esto en realidad responde a un problema mayor: la sobrepoblación humana. El aumento exponencial en la tasa de natalidad demanda un mayor número de bienes para sustentar a esa población, por lo que podemos decir que el crecimiento demográfico es proporcional al desgaste ecosistémico.

Esta situación, no obstante, no es irreversible. Sustituir las prácticas consumistas por un consumo consciente y moderado, junto con un adecuado control de la natalidad, puede ayudar a mitigar el daño. Para ello es indispensable desarrollar nuevos modelos mercantiles, económicos y laborales, alternativos al capitalismo, que partan de un profundo análisis de las condiciones planetarias actuales y busquen paulatinamente reestablecer el equilibrio ecosistémico.

Así mismo, es imperativo que los campos de estudio expandan sus metodologías disciplinares y comiencen a mirar de manera diferente para contemplar el conocimiento heurístico como una fuente valiosa de aprendizaje y una perspectiva viable para hacer ciencia.

La etnopedología, “disciplina de reciente exploración y en creciente desarrollo a nivel mundial”, puede ser definida como “el estudio del conocimiento ‘tradicional’ sobre los suelos; es

---

<sup>102</sup> 2011: 24.

<sup>103</sup> FAO 2012: 113.

<sup>104</sup> *Ibid.*

decir, el conocimiento del suelo no generado desde la ‘ciencia oficial’”.<sup>105</sup> Esta disciplina, sucesora de la etnoedafología, se diferencia de ésta porque estudia no sólo los conocimientos tradicionales sobre el suelo, sino las relaciones sociales y culturales que los grupos étnicos establecen con él. “Destaca la importancia de incluir a los campesinos en esta construcción por su conocimiento sobre su propio entorno ecológico y su realidad social, económica y cultural. Esto fortalece los lazos entre científicos y agricultores, favoreciendo la posterior puesta en marcha de los planes de desarrollo”.<sup>106</sup>

Esto no es más que un mero ejemplo de cómo es posible hermanar las ciencias con el conocimiento tradicional y de que ambos son igualmente valiosos, cada uno con sus virtudes y beneficios aplicables a diversas problemáticas y necesidades. Si no cambiamos perentoriamente la manera en que nos relacionamos con el entorno natural y, sobre todo, la concepción utilitarista de éste, acabaremos por agotar los recursos ecosistémicos conduciendo nuestra existencia en un ejercicio contrario al de la autopoiesis, la auto aniquilación.

### **2.2.2 Reserva de la biósfera Sierra de Manantlán**

Ubicada al occidente del País, en los estados de Jalisco y de Colima, se encuentra la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, un área montañosa que forma parte de la Sierra Madre del Sur. En esta región predomina el clima húmedo-templado y el suelo de tipo feozem, el cual suele ser fértil y rico en materia orgánica, aunque proclive a la erosión. La roca madre predominante es la ígnea intrusiva.

La Sierra de Manantlán se extiende a lo largo de los municipios de Autlán de Navarro, Tuxcacuesco, Tolimán, Cuautitlán de García Barragán, El Grullo, Zapotitlán de Vadillo y Casimiro Castillo en el estado de Jalisco, y Minatitlán, Comala y Villa de Álvarez en Colima, sumando un total de 139,577.12 ha.<sup>107</sup> La porción de interés para este estudio es la comprendida dentro del municipio de Autlán de Navarro, Jalisco, pues fue de ahí de donde se tomó la muestra de suelo para la sonificación de datos.

La Sierra de Manantlán es una importante reserva ecológica para el país y, más aún, para la región. A lo largo de su territorio cuenta con 13 tipos diferentes de cubierta vegetal y alberga cerca del 25% de las especies de mamíferos a nivel nacional, 36% de las especies de aves y 5% de reptiles y anfibios.<sup>108</sup> Además, “es también un área de gran importancia para la protección de las

---

<sup>105</sup> Taddei 2017: 247, 248.

<sup>106</sup> *Op. cit.*: 251.

<sup>107</sup> CONANP 2022.

<sup>108</sup> SEMARNAT 2018.

cuencas hidrológicas. Es abasto de agua para importantes zonas agropecuarias tales como El Grullo, Casimiro Castillo, Autlán, Minatitlán, Comala entre otras”.<sup>109</sup>

La población total de las comunidades agrarias y poblados vecinos a la Reserva es de aproximadamente 30,393 personas distribuidas en 79 localidades.<sup>110</sup> Sus principales fuentes de ingreso son los aserraderos, la industria azucarera, la plantación de maíz y frijol, y, en menor medida, la ganadería, la recolección de plantas silvestres, la fabricación de carbón y la venta de artesanías.

Las reservas ecológicas tienen una gran relevancia, no sólo en términos edafológicos, sino biológicos en general, al ser un repositorio natural de plantas y animales. Estas áreas protegidas funcionan como hábitat de especies endémicas y amenazadas, por lo que su preservación debe ser de alta prioridad para los estudios medioambientales.

---

<sup>109</sup>

IMADES:

<http://www.imades.col.gob.mx/index.php/imades/contenido/MTA2OTk=#:~:text=La%20Sierra%20Manantl%C3%A1n%20es%20tambi%C3%A9n,%2C%20Minatitl%C3%A1n%2C%20Comala%20entre%20otras.> (consultado el 24 de abril de 2020).

<sup>110</sup> Instituto Nacional de Ecología 2000: 61.

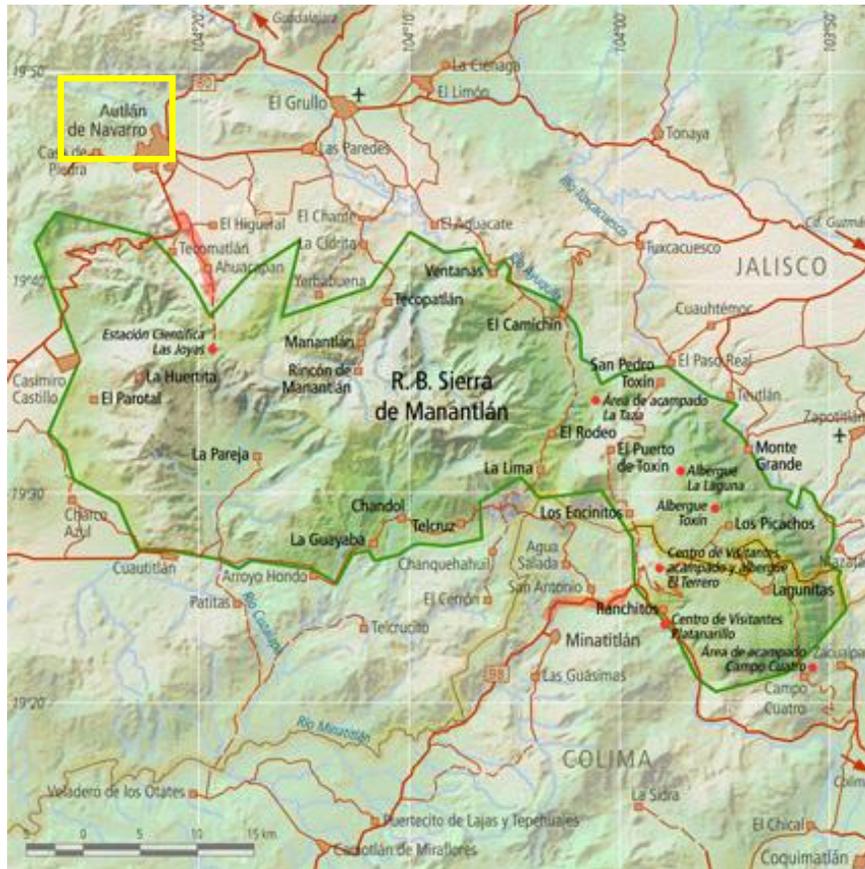


Fig. 3: Localización de la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán.<sup>111</sup>

### 2.3 Cromatofonía. Interpretación y sonificación de datos

Como se mencionó en el primer capítulo de este escrito, uno de los conceptos centrales en este proyecto, que más que como concepto se presenta como proceso, es el de analogía. Una analogía es una relación entre dos o más elementos, basada en la razón numérica o algún tipo de proporción entre éstos.

Así, la primera premisa que establecí para realizar la sonificación de datos fue usar analogías entre parámetros físicos o químicos y parámetros musicales, con el fin de evitar una traducción enteramente subjetiva, pero sin dejar de lado la sensibilidad y funcionalidad musical. Esta premisa fue válida para todas las etapas de composición de este proyecto.

El siguiente paso fue comenzar a estudiar la definición y características principales de los suelos para poder determinar qué datos serían sonificados. En esta primera aproximación a la

<sup>111</sup> Fuente: CONANP, Sierra de Manantlán (<https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=59&reg=6>).

edafología me di cuenta de que la información numérica era fácil de utilizar, dado que diversos parámetros musicales son medidos con valores numéricos, como la frecuencia, la amplitud, la duración o la fase. No obstante, en repetidas ocasiones las cifras que se manejan para describir o medir características de los suelos son muy disímiles al rango empleado para medir parámetros musicales, por lo que hubo que adaptar algunos valores y descartar otros. Esta situación se explica a detalle más adelante.

Es igualmente importante señalar que, reconociendo mis limitantes para comprender el lenguaje científico no divulgativo y considerando que este es un proyecto en artes y no en ciencias, tomé los parámetros esenciales que sirven para comprender qué es el suelo y los trabajé hasta cierto grado de detalle. Los minerales, por ejemplo, son un componente muy importante del suelo y su estudio es vastísimo, por lo que profundizar en su composición y morfología excedía los objetivos y tiempos de esta investigación.

Una vez que hube entendido suficientemente qué es el suelo, comencé a investigar sobre la cromatografía. Para ello trabajé con la Lic. Mayra Colmenares, quien me explicó el proceso llevado a cabo para realizar un análisis cromatográfico y me asesoró en la elaboración de un cromatograma.

Para esta primera pieza decidí trabajar con el software de programación Pure Data (PD), dado que me permitía, justamente, de manera muy clara insertar valores numéricos para obtener sonidos y controlar parámetros de éste. Siendo la primera vez que utilizaba este programa, tomé el curso *Audio digital con Pure Data* ofrecido por la UNAM en la plataforma Coursera. El curso, impartido por el Dr. Jorge David García y por el Dr. Hernani Villaseñor, me ofreció las herramientas básicas para poder desarrollar una pieza sencilla, mas no simple. Todos estos temas se abordan ampliamente en el siguiente apartado.

Una vez seleccionados los datos que usaría y habiendo establecido las analogías que parecían ser adecuadas, la metodología inicial fue a base de prueba y error. Ir descubriendo sobre la marcha que ciertos timbres no funcionaban con el resto del ensamble, que la amplitud necesitaba modificaciones porque las frecuencias eran imperceptibles, que determinado parámetro podía ser utilizado como número de armónicos, o como frecuencias portadoras o modificadoras, que la síntesis por amplitud modulada funcionaba mejor que la síntesis por frecuencia modulada, etcétera. Probar los objetos disponibles en PD hasta encontrar algo que me satisficiera técnica y estéticamente.

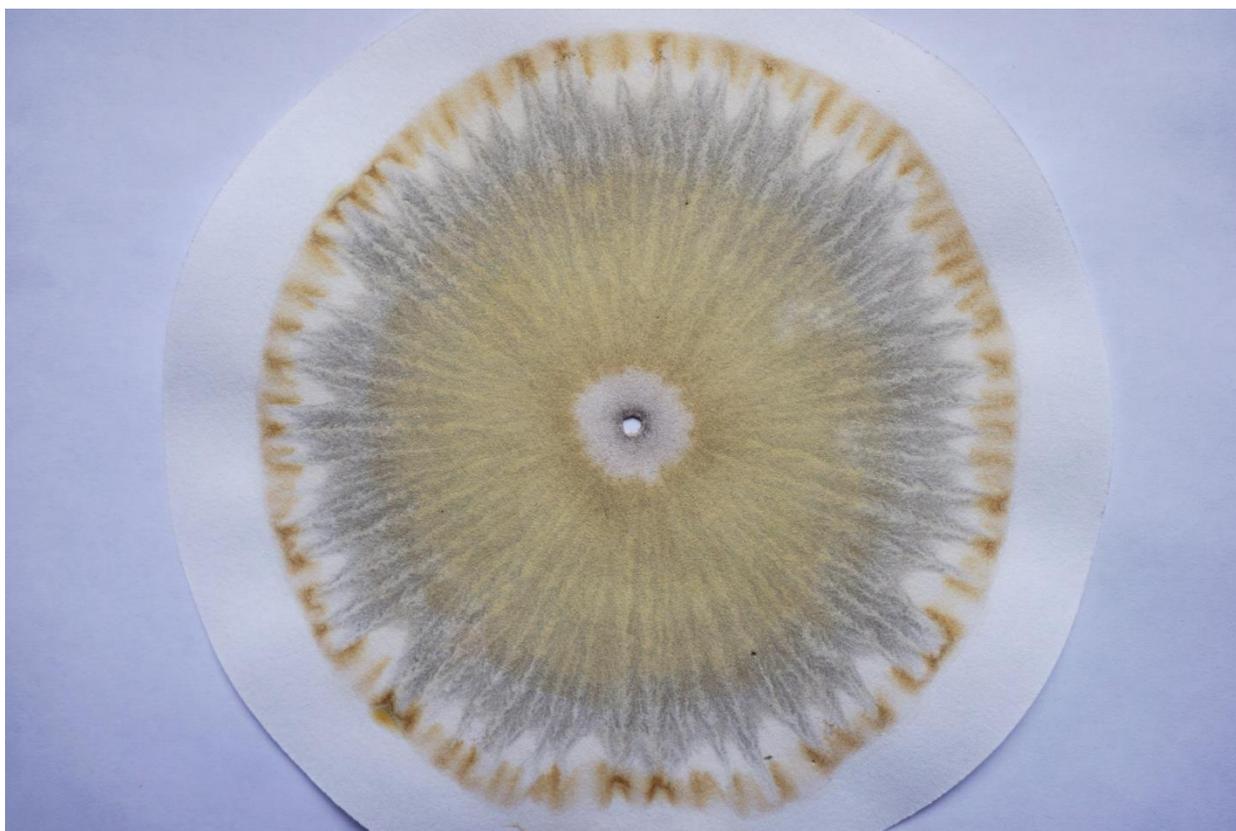


Fig. 4: cromatograma realizado bajo la asesoría de la Lic. Mayra Colmenares.

Finalmente decidí que la sonificación partiría del centro del cromatograma hacia las orillas, en congruencia con el proceso de absorción del papel filtro, es decir, comenzando por la zona central, posteriormente la zona interna, después la zona intermedia y finalmente la zona externa.<sup>112</sup> La pieza resultante de este trabajo se titula *Cromatofonía*, y su proceso de creación se describe a continuación.

### **2.3.1 Cromatografía de suelo**

La cromatografía es un método de análisis cualitativo cuyo objetivo es separar los componentes de una muestra. Existen diferentes tipos de análisis cromatográficos que siguen diferentes procesos y que se adecúan a diferentes tipos de muestras. Para este proyecto se trabajó con cromatografía plana en papel, cuyo procedimiento, a grandes rasgos, consiste en diluir una muestra de suelo seca y finamente pulverizada en una solución de hidróxido de sodio (sosa

---

<sup>112</sup> Véase fig. 6 de este apartado.

cáustica) la cual será absorbida por un filtro de papel previamente sensibilizado con una solución de nitrato de plata, formando así un patrón circular que queda “impreso” en el filtro; es decir, el proceso es similar al de revelado de una fotografía.<sup>113</sup>



Fig. 5: cromatograma de suelo de bosque mesófilo.

Por acción de la sosa cáustica, los componentes de la muestra se separan, revelando círculos de diferentes colores y formas en el papel filtro. Cada uno de estos círculos o zonas permiten saber en qué condiciones está el suelo: si está oxigenado o no, si hay microbiología, si está muy compactado o si está *sobremineralizado*, entre otras cosas.

En un cromatograma de un suelo saludable se pueden diferenciar claramente 4 zonas que se integran de manera orgánica:

---

<sup>113</sup> Para más información se pueden consultar Restrepo y Pinheiro, *Cromatografía: imágenes de vida y destrucción del suelo*, Feriva 2011; y Bracamontes *et. al.*, *Manual de indicadores biológicos de la salud del suelo*, UAM 2018.

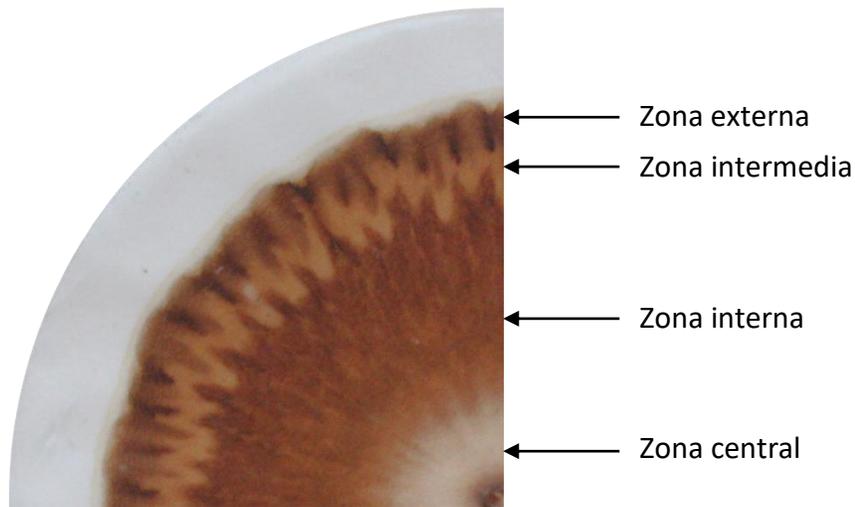


Fig. 6: zonas del cromatograma.

**Zona central:** También llamada zona de aireación u oxigenación, nos indica, como su nombre lo dice, si el suelo está bien oxigenado. Un suelo que no presenta esta zona suele ser un suelo compacto y sin estructura, con exposición directa al sol, al que se le han aplicado venenos y que ha sido arado con maquinaria pesada.

**Zona interna:** También llamada zona mineral, aquí se concentra la mayoría de las reacciones de los minerales del suelo con el nitrato de plata.

**Zona intermedia:** También llamada zona proteica o de la materia orgánica, indica la presencia o ausencia de materia orgánica en el suelo (flora y fauna).

**Zona externa:** También llamada zona enzimática o nutricional, indica la abundancia y variedad de nutrientes disponibles para interactuar con el cultivo.<sup>114</sup>

---

<sup>114</sup> En este caso se habla de cultivo porque, tanto la cromatografía de suelo aquí trabajada como la referida en las fuentes, pertenece a suelos agrícolas.

Dado que cada suelo posee características diferentes, tanto por sus propiedades originales como por el tratamiento del hombre, de los animales, del clima y de otros factores meteorológicos, la variedad de patrones que puede revelarse en un cromatograma es tan amplia como la cantidad de suelos existentes en el mundo.



Fig. 7: variedad de patrones cromatográficos correspondientes a diversos suelos.

La siguiente tabla muestra una clasificación de suelos propuesta por la Lic. Colmenares, en donde el 1 es considerado como un suelo sano y el número 4 un suelo muy degradado: <sup>115</sup>

Clasificación de suelos	
Categoría	Descripción
1	Sano
2	Buena calidad
3	Mala calidad
4	Degradado

Tabla 2: clasificación de suelos.

<sup>115</sup> La propuesta original de clasificación tiene la numeración invertida: suelo sano – 4 y suelo degradado – 1.

	<p><b>Tipo de suelo:</b> bosque mesófilo de montaña</p>
	<p><b>Región:</b> Reserva de la Biósfera de Manantlán, Jalisco</p>
	<p><b>Clasificación:</b> 1 (sano)</p>

	<p><b>Tipo de suelo:</b> agrícola (caña de azúcar)</p>
	<p><b>Región:</b> Autlán de Navarro, Jalisco</p>
	<p><b>Clasificación:</b> 2 (buena calidad)</p>

	<p><b>Tipo de suelo:</b> agrícola (caña de azúcar)</p>
	<p><b>Región:</b> Atlán de Navarro, Jalisco</p>
	<p><b>Clasificación:</b> 3 (mala calidad)</p>

	<p><b>Tipo de suelo:</b> agrícola (caña de azúcar)</p>
	<p><b>Región:</b> Atlán de Navarro, Jalisco</p>
	<p><b>Clasificación:</b> 4 (degradado)</p>

Como puede observarse, las diferencias entre un suelo virgen de montaña y uno que ha sido arado, explotado, intoxicado con pesticidas y mineralizado de manera artificial son inmensas, aun cuando éste sea de buena calidad. Al momento de evaluar un cromatograma para determinar la calidad o el estado de un suelo, es importante tener en consideración el uso que se le ha dado a éste, pues si el modelo de referencia es el suelo de un bosque mesófilo de montaña, jamás se obtendrá una interpretación certera.

### 2.3.1.1 Zona central

La zona central, también llamada zona de aireación u oxigenación, corresponde a la fase gaseosa del suelo e indica si éste está bien oxigenado. Un suelo que no presenta esta zona suele ser un suelo compacto, sin estructura y con exposición directa al sol, al que se le han aplicado venenos y ha sido arado con maquinaria pesada.

La fase gaseosa del suelo está constituida por lo que se conoce como atmósfera o aire del suelo y es un gas cualitativamente parecido al aire atmosférico, pero con proporciones diferentes. Los principales componentes del aire del suelo son el nitrógeno (llamado inorgánico), el oxígeno, el dióxido de carbono y el vapor de agua, siendo el CO<sub>2</sub> el de mayor diferencia en comparación con el aire atmosférico, pues el suelo puede llegar a contener hasta diez veces más CO<sub>2</sub> que la atmósfera:

COMPOSICIÓN MEDIA DEL SUELO		
Componente	Aire del suelo	Aire atmosférico
Oxígeno	10 – 20%	21%
Nitrógeno	78.5 – 80%	78%
Dióxido de carbono	0.2 – 3.5%	0.03%
Vapor de agua	En saturación	Variable

Tabla 3: composición media del suelo.<sup>116</sup>

El proceso de oxigenación está estrechamente relacionado con el correcto crecimiento de las plantas; tanto el oxígeno como el nitrógeno y el dióxido de carbono fungen como nutrientes que son absorbidos por las plantas a través de sus raíces. La fuente principal de obtención de estos nutrientes es por medio de los microorganismos que habitan en el suelo, ya sea por fijación

<sup>116</sup> Fuente: <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL4FaseGas.htm> consultado el 14 de abril de 2020.

biológica<sup>117</sup> o por procesos microbiológicos. Cabe mencionar que el nitrógeno también entra al suelo a través de la atmósfera terrestre, pero en porcentaje mínimo. El nitrógeno atmosférico (llamado orgánico o molecular) se presenta en forma de dinitrógeno ( $N_2$ ), es decir, dos átomos de nitrógeno unidos por un enlace triple en el que los átomos comparten 3 pares de electrones.

Para comenzar a trabajar esta zona, los datos con los que contaba eran los siguientes:

- Los cuatro elementos que componen la atmósfera del suelo (N, O,  $CO_2$  y vapor de agua)
- La función que estos elementos tienen en el suelo (nutrientes)
- Su fuente principal de obtención (microorganismos)
- El hecho de que estos gases circulan por los poros del suelo
- Las diferentes formas químicas en las que se presenta el nitrógeno en la atmósfera del suelo.

Para asignar una sonoridad a cada elemento químico del suelo tomé la frecuencia de Larmor de cada uno de ellos como punto de partida y realicé ligeras modificaciones para que éstas estuvieran dentro del rango humano de escucha (20 Hz a 20,000 Hz). A dicha frecuencia sonora, correspondiente a cada elemento, le denominé *frecuencia base*.

De manera resumida, la frecuencia de Larmor (también llamada precesión de Larmor) es el número de veces que el eje de un electrón, un núcleo atómico o un átomo que ha sido inclinado por efecto de una fuerza magnética externa a éste, gira por segundo. La frecuencia de Larmor está expresada en radianes. Un radián es un ángulo dentro de una circunferencia cuyo arco tiene la misma longitud que el radio de dicha circunferencia:

---

<sup>117</sup> Conjunto de reacciones gracias a las cuales los organismos vivos integran el nitrógeno molecular en sus estructuras como componente de diversos compuestos. [...] La mayor parte del nitrógeno presente en los suelos minerales se encuentra, por tanto, formando parte de la materia orgánica que en el suelo se deposita a la muerte de los citados microorganismos y de las plantas que de ellos se benefician (Navarro & Navarro 2003, 183).

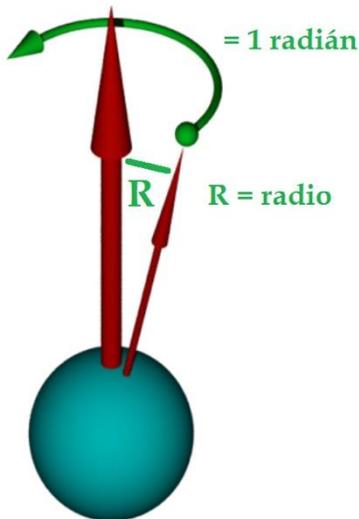


Fig. 8: visualización de la precesión de Larmor.

Para determinar la frecuencia de Larmor de los elementos con los que trabajé me basé en artículo del Dr. Pareyón *Music as a Carbon Language: A Mathematical Analogy and its Interpretation in Biomusicology*,<sup>118</sup> en el cual el autor ofrece una tabla donde dichas frecuencias han sido convertidas de radianes a mega Hertz. Así, tenemos que el nitrógeno tiene una frecuencia de 3.076 Hz, el oxígeno de 5.771 Hz, y el carbono de 10.705 Hz. En este caso, dado que todas estas frecuencias quedan por debajo del umbral de escucha humano, las elevé a potencias de dos y repetí la operación, en algunos casos, hasta que superaran los 20 Hz.

Nitrógeno	$3.076 \times 2 \times 2 \times 2 = 24.608$
Oxígeno	$5.771 \times 2 \times 2 = 23.084$
Carbono	$10.705 \times 2 = 21.41$
Hidrógeno	42.576

Tabla 4: conversión de la frecuencia base de cada elemento a una frecuencia audible para el humano.

Habiendo definido la sonoridad de cada elemento y compuesto, lo siguiente fue establecer la estructura general de esta sección. En la impresión cromatográfica la zona central mide 1.8 centímetros, lo cual traduje como 1.8 minutos, es decir 1:48 minutos o 108 segundos, los cuales dividí, en concordancia con el número de elementos en esta zona, en nueve secciones

<sup>118</sup> Disponible en <https://musmat.org/wp-content/uploads/2016/12/04-pareyon-v10.pdf>.

de 12 segundos. En cada una de ellas se van agregando, suprimiendo o sustituyendo elementos con respecto a la sección anterior, respetando dos premisas: conservar al menos dos elementos de la sección anterior y de tratar de buscar un equilibrio, hasta donde sea posible, entre los elementos que componen cada sección, es decir, que no haya exceso de compuestos nitrogenados u oxigenados, a excepción del último grupo que está conformado por todos los elementos. El orden en el que se van modificando las combinaciones de elementos y compuestos químicos en cada sección fue aleatorio, y perseguía el objetivo de probar diferentes combinaciones tímbricas entre todos éstos.

		ELEMENTOS								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
SECCIONES	①	N <sub>2</sub> <sup>-</sup>	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>					
	②	N <sub>2</sub> <sup>-</sup>		H <sub>2</sub> O		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO		
	③			H <sub>2</sub> O		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	
	④				CO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	N <sub>2</sub> O
	⑤	N <sub>2</sub> <sup>-</sup>			CO <sub>2</sub>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO		N <sub>2</sub> O
	⑥	N <sub>2</sub> <sup>-</sup>	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>		CO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO		
	⑦	N <sub>2</sub> <sup>-</sup>	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO		
	⑧		O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	N <sub>2</sub> O
	⑨	N <sub>2</sub> <sup>-</sup>	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	N <sub>2</sub> O

Tabla 5: conformación de las 9 secciones de la zona central.

Con la intención de reproducir las notas o frecuencias de cada elemento con la mayor precisión posible, opté por generar los sonidos de manera digital empleando el software *Pure Data* (PD). Aquí, para automatizar el proceso de adición, supresión o sustitución de elementos anteriormente descrito, creé un *patch* que contiene 9 botones que activan y desactivan los elementos.

En cuanto a la parte instrumental, decidí utilizar sólo un par de instrumentos con registro grave pertenecientes a la familia de maderas, pues la intención general para la sonoridad de esta zona es algo muy tenue y airoso que sensorialmente remitiera a algo subterráneo, a procesos largos, meticulosos y perceptibles sólo con detallada atención.

Utilizando una tabla de conversión de frecuencias a notas musicales, tomé la frecuencia base de cada elemento simple, no compuestos, y busqué su equivalencia dentro de un sistema microtonal de cuartos de tono para asignar a los instrumentos determinadas notas que pertenecen a elementos contenidos en las fórmulas que suenan durante cada sección; es decir, que en la sección 1 los instrumentos pueden tocar las notas correspondientes al H, O, N y C porque hay compuestos que contienen esos elementos, pero en la sección 2 y 3 no hay compuestos que tengan C, por lo que la nota correspondiente a este elemento no se tocará.

A lo largo de esta sección los instrumentos juegan con las frecuencias dadas, variando simplemente las articulaciones y las dinámicas.

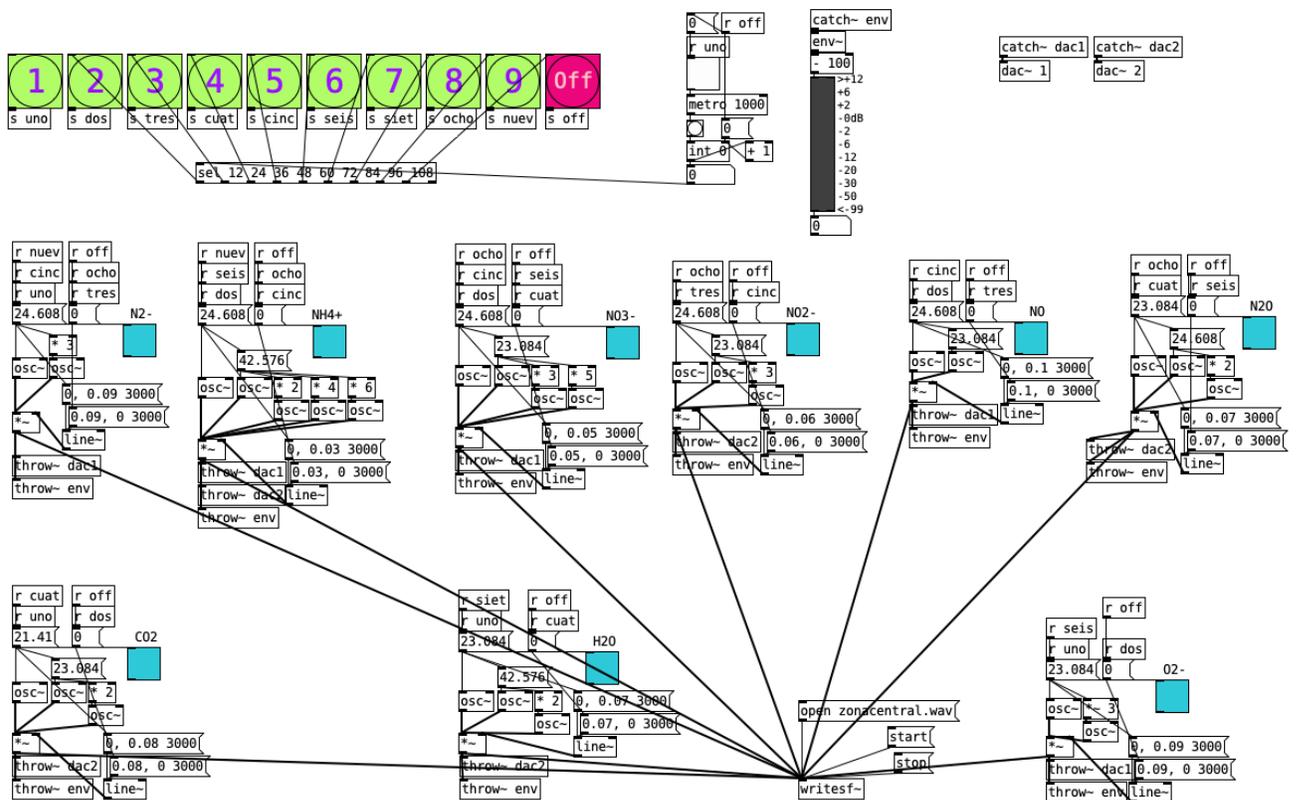


Fig. 9: patch creado en Pd para la parte electrónica de la zona central.

### 2.3.1.2 Zona interna

La segunda zona del cromatograma es la zona mineral y corresponde a la fase sólida del suelo. Esta sección es donde los minerales reaccionan más con la sosa cáustica y el nitrato de plata. Una buena mineralización está relacionada con la aireación y el contenido de materia orgánica en el

suelo, pues la generación e integración de los nutrientes y minerales en el suelo dependen de las reacciones microbiológicas de ella. No obstante, las coloraciones que se revelen en la zona interna de un cromatograma, relacionadas a una buena mineralización, también dependen de los materiales parentales de cada suelo (minerales y roca madre), es decir, que un suelo, independientemente de que sea sano o degradado, presentará una gama de colores diferente si se trata de un feozem, de un regosol o de un litosol.

El tipo de suelo predominante en la zona de Autlán de la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán (RBSM) es el feozem, en el cual, dado que es rico en materia orgánica, suelen predominar las tonalidades marrones. En este tipo de suelos la roca madre suele ser ígnea intrusiva ácida e intermedia, principalmente.

Las rocas ígneas ácidas o félsicas están conformadas por cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa sódica, presentan un color claro (gris claro, blanco, rosado claro, amarillo claro) y se caracterizan por tener un contenido de sílice [ $\text{SiO}_2$ ] mayor al 63%. Las rocas ígneas intermedias están compuestas por anfíboles y plagioclasas que poseen un contenido intermedio de Calcio y Sodio, presentan un color medio entre claro y oscuro (gris claro a verdoso) y su contenido de sílice oscila entre el 52% al 63%.<sup>119</sup>

El cuarzo es un mineral compuesto de óxido de Silicio (comúnmente llamado sílice) y su fórmula química es  $\text{SiO}_2$ . Los feldespatos comprenden un número extenso de minerales formados por silicatos de Aluminio combinados en sus tres formas: potásicos u ortoclasa [ $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ], sódicos o albita [ $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ] y cálcicos o anortita [ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ]; en este caso se utilizará la variedad ortoclasa, ya que el feldespato potásico es el que se encuentra en la roca madre.<sup>120</sup> Las plagioclasas son un grupo de feldespatos con una composición química variable que va desde la anortita hasta la albita; en este caso, dado que las rocas ácidas están conformadas por plagioclasas sódicas y las rocas intermedias por plagioclasas con un contenido intermedio de Calcio y Sodio, se utilizará la variedad andesina [ $(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_4\text{O}_8$ ], cuya composición química se encuentra entre ambos extremos. Los anfíboles o hornblenda<sup>121</sup> son otro grupo muy heterogéneo de minerales pertenecientes a la clase de los silicatos y su unidad estructural fundamental es el tetraedro de Silicio y Oxígeno [ $\text{SiO}_4$ ]. Su composición puede contener Hierro o Magnesio, variando así su fórmula química; en este caso, al no poderse determinar cuál de estas

---

<sup>119</sup> <https://geologiaweb.com/rocas-igneas/> (consultado el 1 de abril de 2020).

<sup>120</sup> <http://webmineral.com/data/Orthoclase.shtml-.XueToWozaRv> (consultado el 14 de junio de 2020).

<sup>121</sup> El Diccionario de la lengua española reconoce la entrada hornblenda y no hornblenda; sin embargo, todas las fuentes especializadas en mineralogía utilizan el término hornblenda.

variedades es la que se encuentra en el suelo a trabajar, se optó por utilizar la que contiene hierro  $[\text{Ca}_2[\text{Fe}^{2+}_4(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})]\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2]$ , llamada ferrohornblenda.

En resumen, si se extraen los elementos esenciales de cada grupo, se pueden considerar minerales parentales básicos para este tipo de suelos el cuarzo, la ortoclasa, la andesina y el ferrohornblenda. Cada uno de estos minerales tiene una clasificación dentro del sistema cristalino, dependiendo de las características morfológicas de su estructura (ejes cristalográficos, los ángulos que se forman entre dos de estos ejes y las longitudes de los ejes). En la tabla 6 se muestran los siete sistemas cristalinos existentes con una breve descripción de sus características básicas y ejemplos de los principales tipos de poliedros de cada sistema.<sup>122</sup>

El cuarzo pertenece al sistema trigonal según algunos especialistas y al hexagonal según otros, que consideran al sistema trigonal como un derivado del hexagonal. El sistema trigonal tiene un eje ternario de simetría, es decir, un eje entre las esquinas opuestas del cristal que produce tres repeticiones de un motivo (una cada  $120^\circ$  de giro), cuenta con tres ejes cristalográficos, dos con las mismas medidas y uno diferente ( $a = b \neq c$ ) y dos ángulos iguales a  $90^\circ$ , y uno igual a  $120^\circ$  ( $\alpha = \beta = 90^\circ \gamma = 120^\circ$ ). En el sistema hexagonal hay cuatro ejes de referencia, tres horizontales de igual longitud que se cortan a  $120^\circ$  y uno vertical perpendicular a éstos ( $a_1 = a_2 = a_3 \neq c$ ). En la figura 8 se puede apreciar la relación entre el sistema hexagonal y el sistema trigonal.

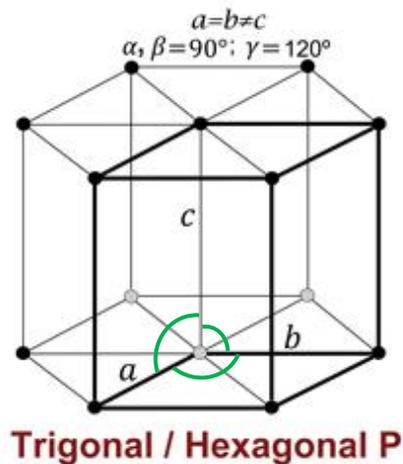


Fig. 10: representación gráfica de las características del sistema cristalino trigonal/hexagonal.

<sup>122</sup> Fuente: <https://kaiajoyasuruguay.blogspot.com/2018/07/reconocer-minerales-por-el-sistema.html> (consultado el 4 de mayo de 2020).

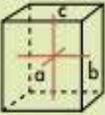
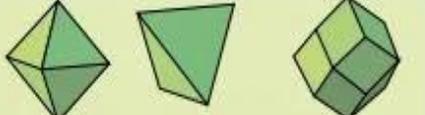
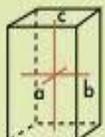
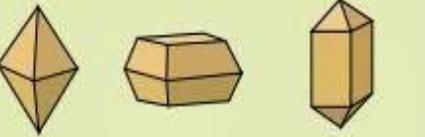
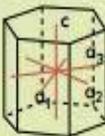
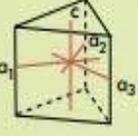
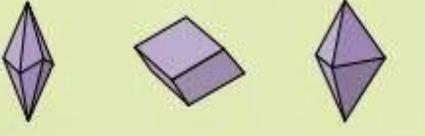
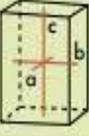
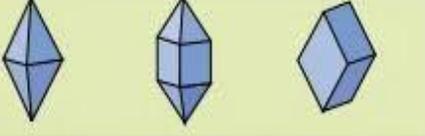
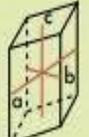
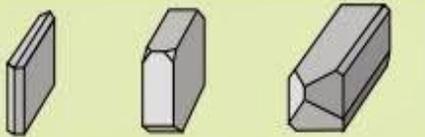
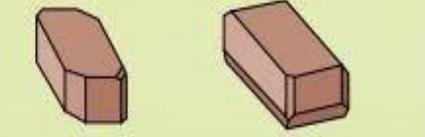
ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN A LOS SIETE SISTEMAS CRISTALINOS	POLIEDROS PRINCIPALES
 <p><b>Sistema cristalino cúbico:</b> 3 ejes de igual longitud que se cruzan en ángulo recto.</p> $a = b = c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
 <p><b>Sistema cristalino tetragonal:</b> 2 ejes de igual longitud y un tercero más largo o más corto. Todos se cortan en ángulo recto.</p> $a = b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
 <p><b>Sistema cristalino hexagonal:</b> 3 ejes de igual longitud, situados en un mismo plano y que se cortan en ángulos de <math>120^\circ</math>. El cuarto eje es más largo o más corto y es perpendicular a este plano.</p> $a_1 = a_2 = a_3 \neq c; \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	
 <p><b>Sistema cristalino trigonal o romboédrico:</b> 3 ejes de igual longitud, situados en un mismo plano y que se cortan en ángulos de <math>120^\circ</math>. El cuarto eje es más largo o más corto y es perpendicular a este plano.</p> $a_1 = a_2 = a_3 \neq c; \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	
 <p><b>Sistema cristalino rómbico:</b> 3 ejes de distinta longitud que se cortan en ángulo recto.</p> $a \neq b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
 <p><b>Sistema cristalino monoclinico:</b> 3 ejes de distinta longitud, 2 de ellos se cortan en ángulo recto, el ángulo del tercero con estos dos puede ser cualquiera, pero siempre distinto de <math>90^\circ</math>.</p> $a \neq b \neq c; \alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$	
 <p><b>Sistema cristalino triclinico:</b> 3 ejes de distinta longitud que se cortan en ángulos distintos de <math>90^\circ</math>.</p> $a \neq b \neq c; \alpha \neq \beta \neq 90^\circ, \gamma \neq 90^\circ$	

Tabla 6: descripción de los siete sistemas cristalinos.

La ortoclasa y el ferrohornblenda pertenecen al sistema cristalino monoclinico, el cual consta de tres ejes desiguales ( $a \neq b \neq c$ ), dos de ellos en un plano horizontal y uno vertical, dos ángulos iguales a  $90^\circ$  y uno diferente de  $90^\circ$  ( $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$ ):

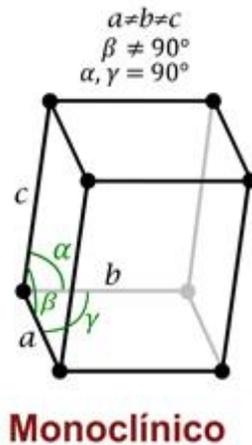


Fig. 11: representación gráfica de las características del sistema cristalino monoclinico.

La andesina pertenece al sistema cristalino triclinico, el cual se compone por tres ejes de diferente longitud ( $a \neq b \neq c$ ), dos horizontales y uno vertical, y tres ángulos diferentes entre ellos y diferentes a  $90^\circ$  ( $\alpha \neq \beta \neq \gamma$ ):

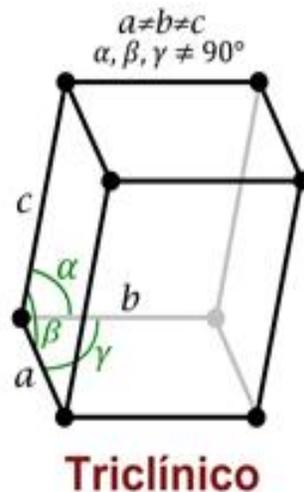


Fig. 12: representación gráfica de las características del sistema cristalino triclinico.

Para sonificar esta sección, el primer paso fue asignar la frecuencia base a los elementos químicos de los minerales de la misma manera en que lo hice en la zona central: tomando la frecuencia Larmor convertida en Hertz y generar ondas simples a partir de ellas. Esto arrojó las siguientes frecuencias:

Elemento	Frecuencia base
Silicio	33.832 Hz
Sodio	22.524 Hz
Calcio	22.920 Hz
Aluminio	22.186 Hz
Potasio	31.776 Hz
Hierro	22.057 Hz
Magnesio	20.848 Hz

Tabla 7: frecuencias de los elementos añadidos en la zona interna. Adaptación hecha a partir de Pareyón 2016, 35.

Dado que los elementos químicos en la zona central se presentan en forma gaseosa como constituyentes de la atmósfera del suelo y en esta zona se presentan en forma sólida, decidí establecer una diferencia entre la sonoridad de unos y de otros. Para ello, lo primero que hice fue probar ondas triangulares, cuadrangulares y diente de sierra con cada compuesto, pero algunas presentaban cualidades tímbricas “ásperas” o “duras” que generaban un quiebre en la sonoridad, tanto con la zona anterior como con la que buscaba crear para esta zona, así que decidí conservar la onda senoidal, pero modificándola con modulación de amplitud y modulación de frecuencia.

Para la síntesis por frecuencia modulada se requieren tres elementos: la frecuencia portadora (FP), la frecuencia moduladora (FM) y el índice de modulación (IM); sin embargo, ninguno de los minerales presentes en este suelo tiene compuestos de tres elementos/frecuencias, por lo que tuve que realizar operaciones matemáticas para ajustarme a ello. En el caso del cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) asigné la frecuencia del Silicio como FP, la frecuencia del Oxígeno como FM y la multiplicación de ésta por 2 como IM. En el caso de la plagioclasa  $[(\text{NaCa})(\text{AlSi})_3\text{O}_8]$  primero multipliqué la frecuencia del Sodio y del Calcio y el resultado lo asigné como FP; después multipliqué la frecuencia del Aluminio y del Silicio, y el resultado lo multipliqué por 3 y lo asigné

como FM; finalmente multipliqué la frecuencia del Oxígeno por 8 y lo asigné como IM. Para el feldespató seguí un proceso similar al de la plagioclasa con ligeras modificaciones.

Después de haber probado este procedimiento con los tres minerales noté que: a) no todos los resultados sonoros tenían características tímbricas distinguibles de la zona anterior, b) algunos eran imperceptibles entre la masa sonora de esta sección (se incrementan los instrumentos acústicos), y c) no eran suficientemente variados para sostenerse durante una sección de 3:12 minutos, ya que ahora sólo cuento con tres sonidos electrónicos en comparación con los nueve que conformaban la zona anterior, razones por las cuales opté por probar con modulación de amplitud.

Para la síntesis por amplitud modulada se necesitan dos frecuencias base, la portadora y la moduladora, así que nuevamente tuve que realizar operaciones para ajustarme a este parámetro. El caso del cuarzo [SiO<sub>2</sub>] es el único en el que no tuve que hacer ningún ajuste, pues su fórmula tiene dos componentes: el Silicio como frecuencia portadora y el Oxígeno<sub>2</sub> como frecuencia moduladora. Para añadir mayor variedad tímbrica a las frecuencias simples, coloqué un objeto *Hslider* en el patch de PD, el cual me permite incrementar o reducir gradualmente la modulación de la amplitud dentro de un rango que va desde 0 a 46.168 Hz (frecuencia del

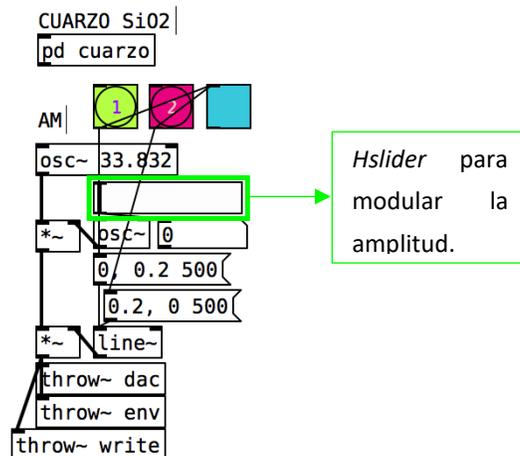


Fig. 13: patch creado para hacer la síntesis por amplitud modulada del cuarzo.

Oxígeno<sub>2</sub>).

Para la ortoclasa, cuya fórmula contiene cuatro elementos  $[KAlSi_3O_8]$ , primero multipliqué la frecuencia del Potasio por la del Aluminio, luego la del Silicio por 3 y después multipliqué ambos resultados para obtener la FP. Finalmente, multipliqué la frecuencia del Oxígeno por 8 y utilicé el resultado como valor máximo para modular la amplitud haciendo uso de un *Hslider*.

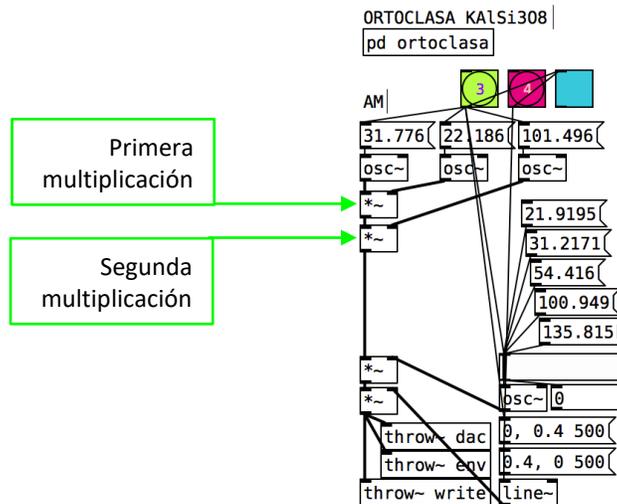


Fig. 14: patch creado para hacer la síntesis por amplitud modulada de la ortoclasa.

Para la andesina  $[(NaCa)(AlSi)_4O_8]$  primero multipliqué el Sodio por el Calcio, después multipliqué el Aluminio por el Silicio y el resultado por 4, después multipliqué estos dos resultados para obtener la FP y finalmente multipliqué el Oxígeno por 8 para obtener la FM.

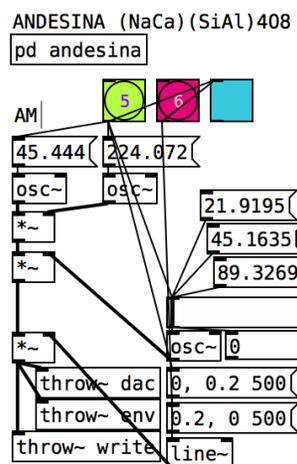


Fig. 15: patch creado para hacer la síntesis por amplitud modulada de la andesina.

Para el ferrohornblenda seguí un procedimiento similar con la única diferencia de que en esta ocasión tuve que sumar los resultados de las multiplicaciones iniciales, ya que cuando intenté multiplicarlas obtuve como resultado frecuencias muy altas, casi imperceptibles para el oído humano.

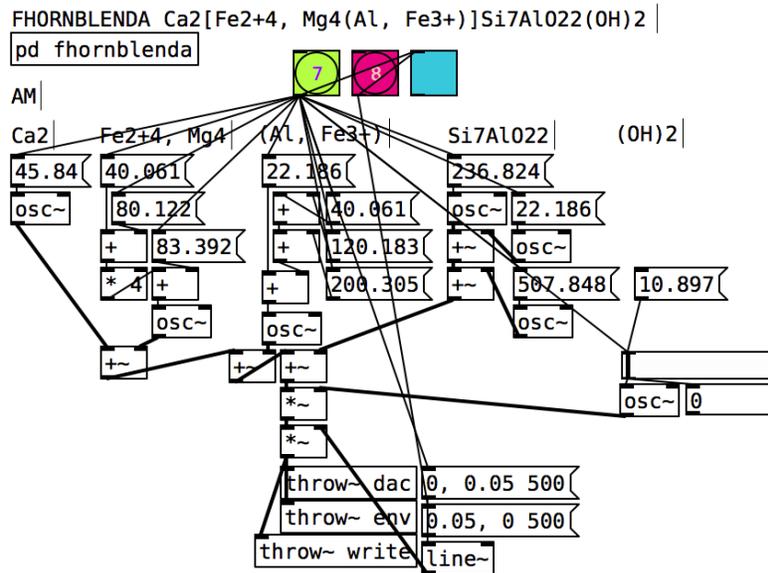


Fig. 16: patch creado para hacer la síntesis por amplitud modulada del ferrohornblenda.

En cuanto a la parte instrumental, mientras que para la zona central, correspondiente a la fase gaseosa, decidí emplear alientos, para ésta decidí usar cuerdas y percusiones. El primer paso fue investigar las principales características morfológicas de cada cristal y seleccionar las más funcionales para su traducción a parámetros musicales. Para ello, por consejo de la Dra. Mayumy Cabrera,<sup>123</sup> accedí al sitio web *Mineralogy Database*,<sup>124</sup> de donde pude obtener valores numéricos precisos para utilizarlos en la construcción de formas de onda o de células rítmico-melódicas.

Una vez obtenida esa información, había que determinar cómo utilizarla, para lo cual formulé el siguiente planteamiento: considerando que estas características hablan de la forma física de los cristales ¿cómo puedo dibujar una forma sonora en el espacio acústico? Esto es,

<sup>123</sup> Ingeniera Geóloga por la Facultad de Ingeniería de la UNAM, Maestra en Ciencias (Geología Marina) y Doctora en Ciencias (Recursos submarinos) por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Actualmente es Técnica Académica Titular C TC en el área de Sedimentología y Estratigrafía del Departamento de Geología.

<sup>124</sup> <http://www.webmineral.com/>(consultado el 13 de junio de 2020).

pensando en las características físicas, espacio-temporales, del sonido sin restringirme a la escritura musical.<sup>125</sup> Después de numerosas pruebas para la analogación de datos, estas fueron las características que resultaron más funcionales en términos musicales:

Número de caras: dado que las caras son las que delimitan el espacio y la forma en que los minerales cristalizan, en cierto sentido funcionan como un contenedor, como límites del crecimiento del cristal. Si el espectador se colocara al centro del cristal, mirando hacia afuera después de las caras ya no hay más mineral. Por ello, decidí emplear este parámetro como número de bocinas a utilizar para la espacialización de la pieza, cada cara es una bocina que lanza el sonido hacia el interior del cristal, delimitando el espacio en el que el sonido-cristal se desenvuelve.

Número de ejes: después de probar esta cifra (3 o 4) con diferentes propiedades del sonido, decidí establecerla como número de voces en la parte acústica (instrumental) para cada mineral, pues el número de ejes guarda estrecha relación con el número de caras.

Tipo de ángulos: considerando que un ángulo es una porción de un plano delimitada por dos términos visuales, pensar en un ángulo sonoro como una porción del plano auditivo delimitada por dos términos acústicos parece acertado. Bajo esta lógica, la analogía que asigné a este parámetro es un filtro de frecuencias.<sup>126</sup>

Longitud de los ejes: las longitudes que aquí se manejan son expresadas en nanómetros y fueron tomadas de la misma base de datos que los anteriores. Decidí emplear estas medidas para desarrollar un sistema que genere patrones rítmicos para cada mineral, el cual consiste en lo siguiente: como la medida de tiempo que estoy empleando es el segundo, es decir, 60 bpm o cuarto igual a 60 ( $\downarrow = 60$ ) en términos musicales, comencé por dividir la longitud de cada eje entre 4. La parte entera del resultado corresponde a cuartos ( $\downarrow$ ) y la parte decimal corresponde a subdivisiones musicales:<sup>127</sup>

---

<sup>125</sup> La idea de mapear alturas de escalas musicales en la órbita del cubo aparece desarrollada primeramente en Estrada y Gil (1984). Sin embargo en este caso son los ángulos y no la órbita cristalina lo que recibe mayor atención.

<sup>126</sup> Este es un proceso que no pude llevar a cabo, dado que la composición de esta pieza se dio durante la cuarentena por COVID-19 y yo no contaba con los medios técnicos para realizarlo en casa. De igual manera es importante señalar que, por razones desconocidas pero que coincidieron con el proceso de composición de *Cromatofonía*, durante el trabajo con esta pieza desarrollé una tinnitus severa, por lo que no regresé a trabajar en los parámetros que quedaron pendientes.

<sup>127</sup> El decimal .1 se omitió por que el resultado musical es tan breve que es prácticamente imperceptible.

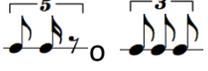
.2	
.3	
.4	
.5	
.6	
.7	
.8	
.9	

Tabla 8: figuras rítmicas correspondientes a la porción decimal de cada cifra.

Adicionalmente, cada sistema cristalino permite subdivisiones binarias o ternarias de las figuras, dependiendo del tipo de ejes en cada sistema. Así, el sistema cristalino trigonal o hexagonal, que posee un eje de simetría ternario o senario, admite divisiones ternarias; el sistema cristalino monoclinico, que tiene un eje de simetría binario, admite divisiones binarias; y el sistema cristalino triclinico, que no posee ninguna simetría, admite cualquier tipo de división rítmica. La tabla 9 busca esclarecer la aplicación de este sistema en los minerales.

Finalmente, en cuanto a la estructura musical general de esta sección decidí conservar parte de los procedimientos efectuados en la sección anterior para dar continuidad estructural, porque el cromatograma, al igual que la música, así funciona. Un cromatograma no es una aglomeración de zonas circulares añadidas por separado y desvinculadas unas de otras, sino una representación visual de las partes de un sistema vivo. Una partitura equivaldría a esa representación visual y la música es el sistema vivo, porque existe sólo un instante en el tiempo y en nuestra escucha.

La duración total de esta zona es de 192 segundos (3:12 minutos), que van desde el minuto 1:48 hasta el 5:00. Tomando en consideración la premisa de concatenar o relacionar las diferentes zonas para dar cohesión a la pieza, busqué subdividir esta zona en subsecciones con una duración cercana a las de la zona anterior, por lo que la dividí en 16 subsecciones de 12 segundos cada una.

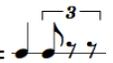
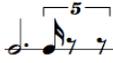
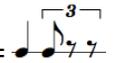
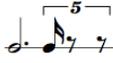
Mineral	Sistema	Subdivisiones rítmicas	Longitud original de los ejes	Longitud de los ejes dividida entre 4	Equivalencia rítmica
Cuarzo	Trigonal/ hexagonal	Ternarias	$a_{1,2,3} = 4.91$ $c = 5.405$	$a_{1,2,3} = 1.2$ $c = 1.3$	$a =$  $c =$ 
Ortoclasa	Monoclínico	Binarias	$a = 8.62$ $b = 12.99$ $c = 7.19$	$a = 2$ $b = 3.2$ $c = 1.7$	$a =$  $b =$  $c =$ 
Ferrohornblenda	Monoclínico	Binarias	$a = 9.96$ $b = 18.19$ $c = 5.32$	$a = 2.4$ $b = 4.5$ $c = 5.3$	$a =$  $b =$  $c =$ 
Andesina	Triclínico	Libres	$a = 8.15$ $b = 12.9$ $c = 9.16$	$a = 2$ $b = 3.2$ $c = 2.2$	$a =$  $b =$  $c =$ 

Tabla 9: sistema de equivalencias rítmicas para las longitudes de los ejes de los minerales.

Cabe aquí hacer la aclaración de que las principales razones por las cuales decidí no emplear ciertos parámetros de los cristales para su sonificación, tanto en la parte electrónica como en la parte acústica, fueron dos: la primera es que algunas de éstas son muy disímiles entre ellas, como el peso molecular (60.08 gm del cuarzo vs 947.32 gm del ferrohornblenda), dificultando encontrar un mismo parámetro para todas las medidas, y otras son muy similares, como la dureza (todos oscilan entre 6 y 7) o el lustre (los 4 son vítreos), ofreciendo poca o nula variedad tímbrica entre ellos. La segunda razón es que existen demasiados parámetros para la clasificación de los minerales, algunos de ellos muy técnicos y comprensibles sólo para expertos en el tema, otros de una naturaleza muy distinta al sonido y difíciles de analogar, y todos como

conjunto resultan un grupo muy grande y complejo, cuya entera sonificación implica una labor que sobrepasa los límites temporales y los intereses de este proyecto.

### **2.3.1.3 Zonas intermedia y externa**

La zona intermedia o proteica corresponde al tercer anillo del cromatograma y es en ésta donde se revela la fracción más antigua y estable de la materia orgánica en el suelo. Un anillo con coloraciones café claro o doradas, claramente distinguible en cuanto a su grosor y que se integra gradualmente, tanto con la zona anterior como con la zona posterior del cromatograma, es indicador de un suelo con buen contenido de materia orgánica y buena actividad e integración de ésta. “Los suelos minerales con mayor contenido de materia orgánica son normalmente los suelos de paraderas vírgenes. Los suelos de bosques y aquellos de climas cálidos tienen una menor cantidad de materia orgánica”,<sup>128</sup> mientras que un suelo agrícola bien aireado suele tener tan solo 10% o menos de materia orgánica.<sup>129</sup>

La materia orgánica del suelo está conformada por residuos de plantas, mayormente, y, en menor medida, por cadáveres de microorganismos vegetales (bacterias y hongos) y materias de origen animal (cadáveres y deyecciones de animales). Las funciones principales de la materia orgánica o humus son almacenar nutrientes, mejorar la estructura del suelo y ayudar a retener agua. “El término humus designa a las «sustancias orgánicas variadas, de color pardo y negruzco, que resultan de la descomposición de materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal»”.<sup>130</sup> Según Pascual-S. y Venegas<sup>131</sup> los microorganismos son los responsables de llevar a cabo ese proceso de descomposición y transformación de la materia orgánica en dióxido de carbono y humus. Durante este proceso, también conocido como humidificación,<sup>132</sup> los microorganismos del suelo actúan sobre la materia orgánica desde el momento en que ésta es enterrada, formando primero el humus joven o lábil, que aún no se ha fijado a las partículas de suelo, sino que sólo está mezclado con ellas y se descompone rápidamente, para posteriormente dar paso a la formación de la fracción estable del humus, que es la materia orgánica ligada al suelo.

A diferencia de la zona intermedia, en la zona externa, enzimática o nutricional, correspondiente al último anillo del cromatograma, se revela la fracción más lábil de la materia orgánica, es decir, aquella que se descompone más rápidamente. Al igual que las otras zonas,

---

<sup>128</sup> Pascual-S. y Venegas: 3, 4.

<sup>129</sup> *Cf. op. cit.*, p. 6.

<sup>130</sup> Julca-Otiniano *et. al.*, 2006: 50.

<sup>131</sup> *Op. cit.*: 3.

<sup>132</sup> *Ibid.*

cuando esta zona se integra de manera gradual con la anterior y aparece en forma de “nubes” onduladas muy tenues o ligeramente translúcidas, con suaves manchas en coloraciones café, nos encontramos ante un suelo de buena calidad. La presencia de picos que se abren indica la presencia de carbono disponible para los microbios y la diversidad de nubes indica abundancia y variedad nutricional activa disponible de manera permanente e inmediata para interactuar con el cultivo.

Dado que estas zonas aluden a la parte más esencial del suelo, la parte más elemental que da vida al suelo y permite el crecimiento en él, para el proceso de sonificación también busqué los elementos más fundamentales de la composición del sonido, el “humus del sonido”, y la respuesta que encontré fueron los sonidos parciales o armónicos de una nota fundamental.

Los elementos o compuestos predominantes en esta fracción del suelo son el nitrógeno, cuya frecuencia, siguiendo en el sistema de cuartos de tono, queda más cercana a Sol, el carbono, cuya frecuencia queda más cercana a Fa, y el H<sub>2</sub>O, cuya frecuencia queda más cercana a La. Tomando estas notas como punto de partida, durante la parte inicial de la zona intermedia, la electrónica realiza *crescendi* y *decrescendi* constantes a diferentes ritmos sobre dos ondas senoidales simples (Sol y La), creando una birritmia. En última sección de la pieza, la zona externa, se incorpora el Carbono (Fa) como onda senoidal con amplitud modulada, manteniendo estable su volumen, pero realizando oscilaciones con un modulador de amplitud, para generar así un tercer ritmo que se suma a los dos anteriores.

La parte instrumental, ejecutada por flauta, clarinete bajo en Si<sup>b</sup>, fagot, dos violines y contrabajo, a lo largo de la zona intermedia juega con los primeros 6 parciales de la serie armónica sobre las notas Sol y La, representando la fracción más estable de la materia sonora, mientras que en la zona externa incorpora otros parciales más “inestables” que representan la fracción más lábil de la materia sonora. La duración de estas dos secciones es de 30 y 48 segundos respectivamente.

*Cromatofonía* tiene una duración total de 6'17", cifra que se corresponde con el radio del cromatograma con el que se trabajó; está dividida en cuatro movimientos que se corresponden con las zonas anteriormente descritas (I. Zona central, II. Zona interna, III. Zona intermedia y IV. Zona externa) y está escrita para ensamble de Flauta, Clarinete bajo en Si<sup>b</sup>, Fagot, Wood blocks, Crótalos, Tom-toms, Piano, Violines I y II, Contrabajo y electrónica. La partitura puede consultarse en los anexos de este documento.

## 2.4 Conclusiones

Esta parte de la investigación fue un proceso muy largo y arduo, pues tuve que estudiar e involucrarme con materias completamente ajenas a mi formación profesional, como lo fue la edafología. Así mismo, retomar el estudio de materias como física y química implicó un gran reto.

Esto no es más que una consecuencia lógica de la división ciencias-artes de la que se habla en el capítulo 1.1 de este escrito. El enfoque con el que se enseña la música, en especial a nivel profesional, debe cambiar a uno que no considere a la composición como un don de orden místico, sino como algo terrenal fuertemente vinculado a la vida en la Tierra. Comprender en términos racionales la relación y las similitudes que la música tiene con las matemáticas o con la química es fundamental para hermanar ciencias y artes.

El estudio de la edafología desde las artes me volvió consciente de la importancia del suelo y de los graves problemas de degradación de éste, y me ha permitido encontrar herramientas que desde mi profesión puedan contribuir a la divulgación científica, resaltando el aporte de las actividades y las investigaciones artísticas al campo de las ciencias sociales y naturales.

En esta pieza, al ser mi primer ejercicio de sonificación, busqué apegarme rigurosamente a las analogías que establecí, propiciando poco espacio para la subjetividad. Esto, en retrospectiva, me parece que derivó en una composición limitada en ciertos aspectos musicales y en una música poco expresiva.

Por otra parte, esta aproximación al trabajo transdisciplinar con ciencias y al proceso de sonificación de datos me ofrece nuevas herramientas creativas que seguiré desarrollando y aplicando en el futuro, aún ya concluido este proyecto. Por ahora lo más valioso será detectar las fallas de esta sonificación para que las piezas musicales que subsiguen dentro de esta investigación sean cada vez más depuradas.

Por ello, me parece crucial que desde nivel licenciatura se fomenten trabajos transdisciplinarios que involucren campos de estudio ajenos a las artes, ya que, normalmente, los proyectos que integran otras disciplinas con el trabajo musical suelen quedarse dentro del terreno artístico. Así pues, si desde las etapas jóvenes de la formación musical profesional se incentiva el trabajo inter y transdisciplinar, habrá mayores posibilidades de desarrollar más proyectos que vinculen ciencias y artes y, por ende, mejores probabilidades de diluir las franjas que han sesgado el conocimiento humano.

## Capítulo 3

### Agua: fuente de vida

*Imaginar México sin música sería casi equiparable a imaginarlo sin agua para el transcurrir de su cultura.*

Alberto Peredo<sup>133</sup>

El agua es un elemento esencial e imprescindible para la vida en el planeta, no hay ningún ecosistema ni especie que pueda subsistir sin ella. Los animales y las plantas consumen sólo las cantidades necesarias para su supervivencia, la aprovechan de manera instintiva, pero la humanidad le ha dado usos que van más allá de la alimentación y la higiene; se usa con fines recreativos, decorativos, científicos, industriales, entre otros. El “desarrollo” de la vida moderna ha sido posible sólo gracias al recurso hídrico.

A pesar de que cerca del 70% de la superficie terrestre está cubierta por agua, tan sólo el 2.5 % de esa cantidad es agua dulce; esto es, el agua que es apta para usos y consumo humano, la cual se encuentra distribuida entre ríos, lagos, glaciares, mantos de hielo y acuíferos del mundo.<sup>134</sup>

Lamentablemente, no hemos sido partícipes de un consumo responsable, lo cual está causando crisis irreversibles, no sólo para la vida humana, sino para la vida del planeta mismo.

[...] al concebir al agua como elemento separado de la vida humana, la modernidad ha generado profundas crisis en sus procesos ambientales: ha alterado sus ritmos a base de la extracción desmedida, el uso intensivo e ineficiente, la desigualdad en su distribución, la contaminación sin control de las fuentes y la manipulación separada de las partes que conforman su sistema.<sup>135</sup>

Damos por sentado que sigue habiendo la misma disponibilidad hídrica que hace 50 años, porque es asequible para la mayor parte de la población urbana con sólo abrir la llave del grifo. Pero las estadísticas y, cada vez con mayor frecuencia, los hechos demuestran lo contrario.

“La creciente escasez de agua es ahora uno de los principales retos para el desarrollo sostenible. [...] Los datos disponibles sugieren que dos tercios de la población mundial podrían estar viviendo en países con estrés hídrico para el año 2025 si continúan los patrones de consumo

---

<sup>133</sup> 2011: 41.

<sup>134</sup> SEMARNAT 2012: 258.

<sup>135</sup> López 2019: 17.

actuales”.<sup>136</sup> Si bien la agricultura es el sector económico responsable del mayor consumo y desperdicio de agua dulce (al rededor del 80%), la realidad es que la producción agrícola responde a una dinámica de oferta y demanda, por lo que la raíz del problema son nuestros hábitos alimenticios y el crecimiento poblacional.

De la misma manera, la contaminación de las reservas de agua a causa de actividades humanas ha alcanzado niveles que ponen en riesgo la vida en el planeta. “Cada día, 2 millones de toneladas de aguas residuales desembocan en las aguas del mundo, según datos de la ONU. La fuente más importante de contaminación es la falta de gestión y tratamiento adecuados de los residuos humanos, industriales y agrícolas”.<sup>137</sup>

Es imperioso, pues, concientizar a la población acerca de estas alarmantes situaciones y promover hábitos que permitan vislumbrar un futuro mejor del que las estadísticas actuales prevén. La clave está en fomentar la cultura del agua desde todas sus perspectivas y en todos los ámbitos de desarrollo humano. En este sentido, como antecedentes directos del amplio espectro de lo que puede significar “cultura del agua” y del trabajo artístico que se desarrolla en este proyecto, resulta fundamental mencionar las obras *El curso del Danubio* (1890) del húngaro Béla Bartók (1881–1945) y *Erosão, A origem do rio Amazonas* (1950) del brasileño Heitor Villa-Lobos (1887–1959).

La primera, según Simon Broughton, parece haber sido una pieza de gran significación para el compositor, pues, además de haberla escrito a los 11 años, en un catálogo de sus composiciones compilado por el mismo Bartók en 1894, aparece ésta con el título subrayado 3 veces y con una corrección en el número de opus: “lo más importante es la pieza para piano de 20 minutos *A Duna folyása* (El curso del Danubio), cuyo título está subrayado 3 veces [...]. Es obvio que el joven compositor le adjudicó gran importancia, pues su opus 20 original está tachado y corregido como opus 1”.<sup>138</sup>

La segunda obra en mención, *Erosão*, es un poema sinfónico que no sólo se inspira en la orografía del río Amazonas para crear las texturas y figuraciones musicales, sino que también considera en sus influencias relatos de tradiciones indígenas; en este caso, aquellas sobre el origen del Amazonas.<sup>139</sup> Si bien la principal obra compuesta en esta etapa de la investigación (*Tríptico fluvial*) no toma ninguna leyenda o mito tradicional mexicano como inspiración por

---

<sup>136</sup> FAO 2019.

<sup>137</sup> Aquae 2021.

<sup>138</sup> 2011: 13,14. Traducción propia.

<sup>139</sup> Laterza.

haberse trabajado con datos sobre un río imaginario, sí contempla la cosmovisión de los pueblos antiguos como parte del marco contextual sobre el cual se construye.

Así pues, es posible encontrar puntos en común entre obras precedentes, como la de Bartók o la de Villa-Lobos, y las que aquí se presentan, pero también grandes distinciones que van más allá del plano estético. Por medio de una explicación detallada sobre el proceso compositivo de las obras *Tríptico fluvial* y *La hermana Agua*, la cual se ofrece en esta sección, es posible situar dichos encuentros y desencuentros.

A lo largo de este capítulo se estudian las principales características y componentes del agua, la disponibilidad, distribución y contaminación de ésta en México, y se presenta el trabajo realizado para la creación de dos piezas que se vinculan con esta temática desde diferentes aproximaciones.

### **3.1 Composición del agua**

El agua no es solamente un compuesto de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; el agua, en especial el agua viva, es un complejo sistema en el cual elementos de diversa naturaleza están concatenados para su correcto funcionamiento.

El agua tiene propiedades físicas, químicas y biológicas que pueden ser medidas para determinar su índice de calidad. Cuando el agua pierde sus características esenciales (incolora, inodora e insabora) es indicio de que alguna o algunas de esas propiedades se encuentran en desbalance. No obstante, de la misma manera en que sucede con los suelos, los niveles considerados saludables para los diversos elementos pueden variar significativamente, dependiendo del cuerpo acuático que se evalúe y los usos para los que se destine el agua. Por ejemplo, el agua marina del Caribe tiene temperaturas mucho mayores que un río en un bosque de coníferas y es capaz de sustentar vida en esas condiciones, mientras que para la fauna y flora del río un incremento de unos grados en la temperatura puede implicar la muerte. De igual manera, la calidad del agua puede ser considerada “suficientemente buena para usar como refrigerante en una industria, pero no adecuada para beber, puede ser buena para irrigar algunos cultivos, pero no suficiente para irrigar otros, así como puede ser adecuado [sic] para el ganado, pero no para el cultivo de peces o recreación”.<sup>140</sup>

Pero la calidad del agua y las actividades a las que se destina están íntimamente relacionadas formando un ciclo vicioso, pues el uso que se le pueda dar al agua depende de su

---

<sup>140</sup> Merlo 2018: 22.

índice de calidad, pero a la vez su índice de calidad depende, casi siempre, de las actividades humanas.

Para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) es necesario monitorear su estado de manera regular y periódica. El monitoreo de la calidad del agua se define como la medición y observación estandarizada a largo plazo del entorno acuático para definir el estado y las tendencias de sus características naturales.<sup>141</sup> A continuación se describen algunos de los principales elementos usados para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) y su nivel óptimo para un río de agua dulce.

### **3.1.1 Potencial de Hidrógeno (pH)**

El potencial de hidrógeno o pH es una medición de la cantidad relativa de iones de Hidrógeno en el agua y sirve para indicar la acidez o basicidad (alcalinidad) de ésta. Se mide en unidades pH y su rango de medición va de 0 a 14, siendo 7 el nivel promedio idóneo para el agua por ser neutro (ni ácido ni básico); un pH menor a 7 tendrá más iones de hidrógeno e indica acidez, mientras que un pH mayor a 7 tendrá menor cantidad de éstos e indica basicidad.

Algunos de los factores que pueden alterar el nivel de pH del agua son la sedimentación atmosférica o lluvia ácida, los vertidos de aguas residuales, los drenajes de minas, los cambios drásticos en la temperatura, el tipo de rocas que forman el lecho de la masa de agua estudiada y el crecimiento excesivo de algas.<sup>142</sup>

### **3.1.2 Dureza**

La dureza del agua se refiere a la cantidad de iones de Calcio y Magnesio que ésta pueda contener y se mide en miligramos por litro (mg/L). El contenido de estos minerales depende de la geología del terreno por donde circula el agua, pues ésta adquiere sales procedentes de las rocas del terreno. Existen dos tipos de dureza:

- Dureza temporal: también se le conoce como dureza de carbonatos, está determinada por el contenido de carbonatos y bicarbonatos de Calcio y Magnesio.
- Dureza permanente: también se le conoce como dureza de no carbonatos, está determinada por todas las sales de Ca y Mg, excepto carbonatos y bicarbonatos.

---

<sup>141</sup> Merlo *op. cit.*: 27.

<sup>142</sup> Proyecto “Nuestro Medio”, *Aula Verde*. Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid, Colegio Oficial de Biólogos de Castilla La Mancha y Universidad Complutense de Madrid. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-pH%20f.pdf> (consultado el 29 de julio de 2021).

Según Rodríguez<sup>143</sup> la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera como agua blanda la que presenta concentraciones de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) inferiores a 60 mg/L, medianamente dura entre 61 y 120 mg/L, dura entre 121 y 180 mg/L y muy dura aquella con valores superiores a 180 mg/L. No obstante, en la *Guía para la calidad del agua potable* del 2011 la misma OMS reconoce que “por ahora, no hay datos suficientes para sugerir concentraciones mínimas o máximas de minerales [...dado que] los niveles que se encuentran en el agua de consumo humano no representan un problema de salud [...] por lo tanto, no se proponen valores de referencia”.<sup>144</sup>

### 3.1.3 Alcalinidad

La alcalinidad del agua es la medición de su capacidad para neutralizar ácidos. A diferencia del pH, la alcalinidad expresa cuánto ácido puede absorber una solución sin modificar su pH. Al igual que con la dureza, el nivel de alcalinidad del agua está directamente relacionado con la geomorfología del suelo que recorre el cuerpo de agua estudiado y se mide en mg/L. El rango de alcalinidad del agua potable oscila entre 50 y 200 mg/L y, para mantener la vida acuática, a nivel internacional se acepta una alcalinidad mínima de 20 mg/L.<sup>145</sup>

### 3.1.4 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno en estado gaseoso que se encuentra disuelto en el agua y su fuente principal es el que es absorbido de la atmósfera. El oxígeno es esencial para la vida de organismos en el agua, por lo cual es considerado un importante indicador de la capacidad de un cuerpo de agua para mantener la vida acuática. También se mide en mg/L o partes por millón (ppm) en valores que pueden ir de 0 a 20 (aunque raramente se superan los 15 mg/L) y su concentración depende de la relación entre la cantidad de oxígeno que entra al agua y la cantidad que es consumida por los organismos vivos. Las plantas juegan un papel fundamental en este proceso, pues, por medio de la fotosíntesis, absorben dióxido de carbono y producen oxígeno. Otros factores que intervienen en la cantidad de oxígeno disuelto son el movimiento del agua, la temperatura del agua, la hora del día, la altitud, la salinidad y la actividad humana.

---

<sup>143</sup> 2009: 129.

<sup>144</sup> OMS 2011 : 264, 429.

<sup>145</sup> Pérez-López 2016: 11.

Concentración	Efecto
0 – 2 ppm	No suficiente oxígeno para soportar vida animal en el agua.
2 – 4 ppm	Sólo pocos peces e insectos acuáticos pueden sobrevivir.
4 – 7 ppm	Bueno para la mayoría de los animales acuáticos, aceptables para peces de aguas tropicales y bajo para peces de aguas frías.
7 – 11 ppm	Muy bueno para la mayoría de vida animal en ríos y lagos.

Tabla 10: guía general para interpretar datos de OD en el agua.<sup>146</sup>

### 3.1.5 Saturación de oxígeno disuelto

La saturación de oxígeno disuelto (SATOD) en el agua se expresa en porcentaje y es una medida que depende de la correlación entre la cantidad de oxígeno disuelto y la temperatura a la que esté el agua. Cuando la temperatura es baja los niveles esperables de oxígeno disuelto son altos, por lo que el porcentaje de saturación debería ser también alto y viceversa. Cuando esto no sucede, normalmente se debe a algún agente intrusivo que está alterando los niveles de oxígeno en el agua.

Porcentaje	Efecto
Menos de 60%	Pobre, el agua está muy caliente o bacterias usando el oxígeno disuelto.
60 - 79%	Aceptable para la mayoría de vida animal en ríos y lagos.
80 - 125%	Excelente para la mayoría de vida animal en ríos y lagos.
Más de 125%	Demasiado alto, puede ser peligrosa para peces.

Tabla 11: guía para interpretar datos de porcentaje de SATOD en el agua.<sup>147</sup>

### 3.1.6 Turbidez

La turbidez se refiere al grado de transparencia del agua y depende de la presencia de materia orgánica e inorgánica en suspensión. “Lo que se mide como turbiedad es la pérdida de luz transmitida a través de la muestra por difracción de los rayos al chocar con las partículas”.<sup>148</sup> La turbidez puede ser medida en diferentes unidades, pero en este caso se utilizaron las unidades de turbidez Jackson (JTU).

<sup>146</sup> Fuente: Deutsch *et. al.* 2014: 23.

<sup>147</sup> *Ibid.*

<sup>148</sup> CONAGUA 2007: 34.

### 3.2 El agua en México

La preocupación por los problemas del agua en México no es de reciente surgimiento. Los primeros problemas sociopolíticos por sequías de los que se tiene registro datan de la época colonial,<sup>149</sup> la centralización del agua está documentada desde finales del siglo XIX (y los primeros estudios que alertaban sobre inminentes problemas hídricos en un futuro no lejano comienzan a aparecer en los años setenta del siglo pasado.<sup>150</sup>

Todo ello está indudablemente relacionado, entre otros factores, al exponencial crecimiento demográfico, el cual pasó de 1600 millones de personas en 1900 a 6000 millones en el año 2000 y, por ende, del uso y explotación del agua.<sup>151</sup> Sin embargo, pese a los muchos años de investigaciones en torno al vital líquido, la variedad de éstas se ha restringido predominantemente a enfoques técnicos sobre la calidad del agua; estadísticos sobre los porcentajes de agua utilizable para el hombre y de la población que tiene acceso a ella; y políticos sobre la jurisdicción de las aguas, dejando fuera un aspecto crucial para que la aplicación de políticas de desarrollo sustentable sea efectiva: el de la cultura del agua, esto es, hacer conciencia social del uso moderado del agua y comprender la importancia de no interrumpir su ciclo natural para el correcto funcionamiento de los ecosistemas:

[...] a pesar de que los Estados, las sociedades y los organismos internacionales han desarrollado procesos dinámicos de institucionalización y regulación ambiental, no ha habido una reflexión profunda sobre la necesidad de un marco de valores, de un sustrato ético que promueva cambios de conducta que guíen las prácticas humanas en relación con su entorno.<sup>152</sup>

Si bien es cierto que los proyectos de investigación y preservación del agua poco a poco han volteado a otras áreas de conocimiento y se han vuelto multidisciplinarios, aún son pocos los que se refieren directamente a la creación de, por ejemplo, planes de estudio en donde se implemente la enseñanza de valores bioculturales, o de políticas que primen y busquen restablecer la claridad que tienen las culturas indígenas sobre “el principio de considerar las necesidades de la naturaleza para mantenerlas en buen estado”,<sup>153</sup> así como sus saberes ancestrales sobre el agua.<sup>154</sup>

---

<sup>149</sup> Cf. Domínguez 2016: 82.

<sup>150</sup> Cf. González Reynoso 2017: 27; CEMDA 2006; Pineda Pablos 2019.

<sup>151</sup> Toledo 2002: 12.

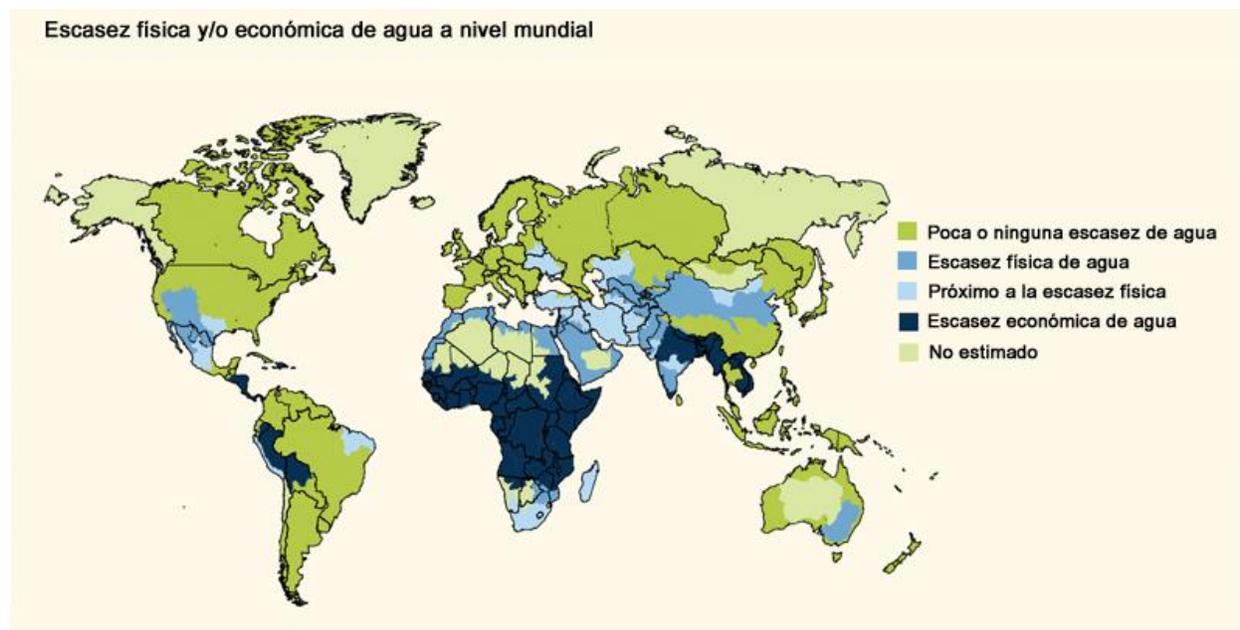
<sup>152</sup> Espinosa 2006: 10.

<sup>153</sup> CEMDA 2006: 9.

<sup>154</sup> Ávila García 1996.

La pertinencia de pluralizar e incrementar con urgencia los proyectos destinados a frenar el vertiginoso avance de las problemáticas en torno al agua, encuentra justificación al mirar las alarmantes expectativas sobre la escasez de agua utilizable para fines humanos a corto y mediano plazo.

Pese a que, aproximadamente, el 70% de la superficie del planeta Tierra está cubierta por agua, sólo el 2.5% de ese total es agua dulce<sup>155</sup> y tan sólo el 0.007% se encuentra realmente disponible para todos los usos humanos directos,<sup>156</sup> esto es, consumo, higiene, actividades agrícolas, recreativas e industriales. Desafortunadamente, la totalidad del agua dulce no está distribuida de manera uniforme en todo el planeta, pues más del 40% de los ríos se concentra tan sólo en seis países: Brasil, Rusia, Canadá, Estados Unidos, China e India.<sup>157</sup>



Mapa 2: escasez física y económica en el mundo.<sup>158</sup>

---

<sup>155</sup> Escolero Fuentes 2017: 48.

<sup>156</sup> Toledo 2002: 9.

<sup>157</sup> Toledo 2002: 10.

<sup>158</sup> Fuente: *Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo* del Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, marzo de 2012.

México, no solo no cuenta con un abasto significativo de agua dulce, sino que, además, “se ubica entre los países que se consideran con dificultades hídricas e, incluso, el área de la Ciudad de México está considerada como una cuenca con escasez de agua”.<sup>159</sup>

Como ya se mencionó, el territorio nacional es mayormente árido y semiárido; 56% de la superficie total, comprendida por el centro y norte del país, dispone únicamente de una tercera parte del agua renovable y el 77% de la población habita en esa zona, lo cual representa que la mayor parte del país, tanto en términos demográficos como geográficos, sufre de escasez de agua. Se prevé que para el 2030 los indicadores de agua renovable per cápita disminuirán a 3285 m<sup>3</sup> en comparación con los 3656 m<sup>3</sup> en el 2017.<sup>160</sup>

Lamentablemente, toda esta información es desconocida por gran parte de la población, lo cual ocasiona que no se tenga conciencia sobre el uso racionado del agua. Según María Perevochtchikova<sup>161</sup> los principales problemas de la comunicación de la información del agua pueden resumirse de la siguiente manera:

- La información es producida por una gran cantidad de instituciones gubernamentales, no gubernamentales y organismos internacionales, y es presentada a distintas escalas: internacional, regional, nacional, estatal y municipal. Adicionalmente, la información de carácter gubernamental a menudo no está actualizada.
- Se encuentra en fuentes dispersas y suele ser incongruente e ilógica al compararse unas con otras, ya que carece de protocolos para generarla y las metodologías para obtenerla varían, dependiendo del objetivo que persigan.
- La información es poco utilizada por instancias gubernamentales, se pierde con los cambios en las prioridades nacionales de gestión (administración y regulación, no investigación) y es incontinua en el tiempo debido al cambio de gobiernos a escalas federal y local (tres y seis años, respectivamente).
- La información existente es poco accesible y no es exigida ni conocida por la sociedad.

Ante este escenario, resulta imprescindible atender las áreas que han sido ignoradas por considerarse menos importantes para el desarrollo de políticas públicas en pro del cuidado del agua y estudiar las acciones de aquellos grupos resilientes que han logrado defender sus

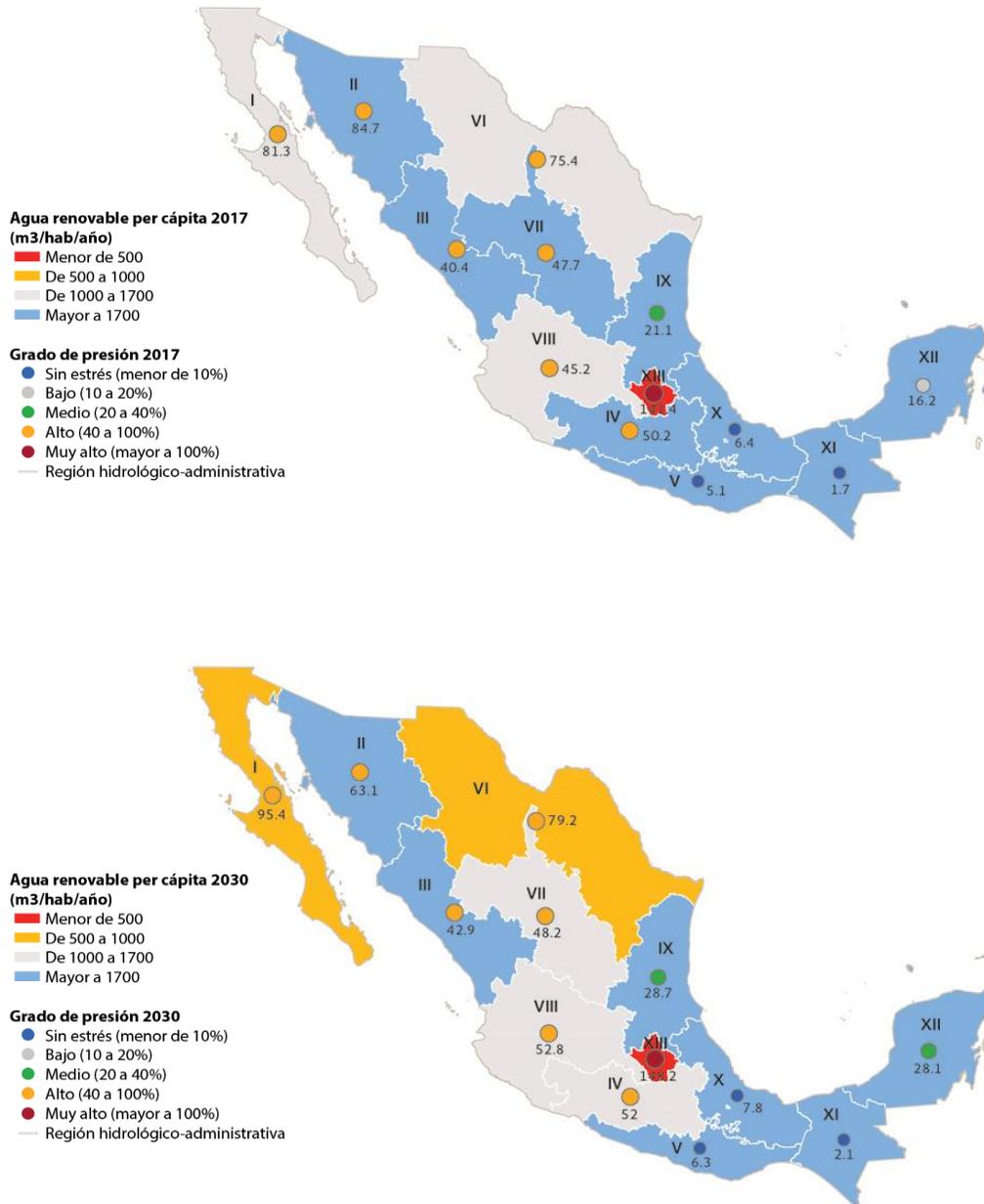
---

<sup>159</sup> Fuente: Comisión de recursos hidráulicos <https://agua.org.mx/biblioteca/el-agua-en-mexico-2/> (consultado el 17 de enero de 2020).

<sup>160</sup> Datos extraídos de las Estadísticas del Agua en México, edición 2018. Comisión Nacional del Agua.

<sup>161</sup> 2013: 44.

derechos al agua que por jurisdicción les corresponde, y han sabido preservar prácticas bioculturales para un uso equilibrado de ésta.



Mapa 3: agua renovable per cápita y grado de presión 2017 y 2030.<sup>162</sup>

<sup>162</sup> Fuente: Estadísticas del Agua en México, Conagua 2018.

### 3.2.1 Disponibilidad y localización

Dado que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es el órgano principal de gobierno encargado de recopilar la información estadística y técnica sobre el medio ambiente en México, en esta sección se resumen los principales datos acerca de las cuencas hidrológicas de México, extraídos, principalmente, de las Estadísticas del Agua en México, publicación anual realizada por dicha instancia. La edición utilizada para este trabajo fue la correspondiente a 2019, último año en que se publicó.

Hasta 2018, las estadísticas indicaban que México disponía de 451,584.7 millones de metros cúbicos de agua renovable al año, es decir, agua pluvial que no se evapotranspira y que llega a la superficie de la tierra formando ríos o arroyos, o que se infiltra a los acuíferos. Dos terceras partes del territorio nacional, correspondientes a las zonas centro, norte y noroeste, reciben precipitaciones anuales menores a los 500 mm, mientras que la tercera parte restante, correspondiente al sureste del país, recibe precipitaciones que superan los 2,000 mm por año.

Las regiones del sureste presentan dos terceras partes del agua renovable en el país, con una quinta parte de la población que aporta la quinta parte del PIB nacional. Las regiones del norte, centro y noroeste cuentan con una tercera parte del agua renovable en el país, cuatro quintas partes de la población y de la aportación regional al PIB nacional.<sup>163</sup>

Cabe mencionar que la recarga de acuíferos ocurre principalmente durante la temporada de lluvias, la cual tiene lugar en el verano. En este proceso los ciclones juegan un papel muy importante, pues éstos generan la mayor parte de la precipitación pluvial anual en diversas regiones del país y representan la mayor parte del transporte de humedad del mar hacia las zonas semiáridas.<sup>164</sup> Adicional al agua percibida por las lluvias, México también recibe agua (importaciones) de los ríos que comparte con países vecinos: el Bravo, el Colorado y el Tijuana, con Estados Unidos de América, el Grijalva-Usumacinta, el Suchiate, el Coatán y el Candelaria con Guatemala, y el Hondo con Belice y Guatemala.<sup>165</sup>

Al 7 de julio del 2016, la CONAGUA definió 757 cuencas hidrológicas en México, de las cuales 649 se encontraban en situación de disponibilidad. De ellas, cincuenta y una son los ríos principales, por los que fluye el 87% del escurrimiento superficial del país. Los más importantes son el Bravo y el Balsas, por su superficie, y el Bravo y el Grijalva-Usumacinta, por su longitud.<sup>166</sup>

---

<sup>163</sup> CONAGUA *op. cit.*: 17.

<sup>164</sup> *Op. cit.*: 26.

<sup>165</sup> *Op. cit.*: 35.

<sup>166</sup> *Op. cit.*: 32-33.



Región hidrológico-administrativa	Agua renovable per cápita (m3/hab/año)	Recarga media total de acuíferos (hm3/año)	Precipitación pluvial (mm)
I Península de Baja California	1,040	1,641	142.6
XI Frontera Sur	18,571	22,718	1,768.8

Tabla 12: comparación del nivel anual de agua per cápita, de recarga total de acuíferos y de precipitación pluvial, entre las RHA I y XI en el 2018.<sup>171</sup>

### 3.2.2 Distribución: inequidad y resiliencia

El Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) divide los usos del agua en México en usos consuntivos (agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas) y usos no consuntivos (hidroeléctricas y conservación). Del 100% disponible para usos consuntivos, el 75.5% se destina a agricultura, el 14.7% a abastecimiento público, 4.9% a industria autoabastecida y 4.7% a electricidad (excepto hidroelectricidad). “Las regiones hidrológico-administrativas (RHA) que tienen concesionado un mayor volumen de agua son: VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IV Balsas, III Pacífico Norte y VI Río Bravo”.<sup>172</sup> Las ciudades que mayor volumen concesionado de agua tienen son Sinaloa (9,570.1 hm<sup>3</sup>), Sonora (7,309.3 hm<sup>3</sup>) y Veracruz de Ignacio de la Llave (5,822.1 hm<sup>3</sup>), y en todas el mayor porcentaje se destina a la agricultura.

Sin embargo, la distribución equitativa de estos porcentajes “tiene sus bemoles”, pues no se concesiona la misma cantidad de agua a pequeños productores que a las grandes empresas, ni es igual el abastecimiento público rural que el urbano, pues el agua no llega ni en la misma cantidad ni con la misma facilidad a las grandes ciudades que a las pequeñas comunidades.

“En 2015, CONAGUA reportó una cobertura de agua potable en el país del 92.5%. De este porcentaje, el 95% estaba destinado a zonas urbanas, mientras que el resto a las zonas rurales”,<sup>173</sup> pero aún dentro de las mismas ciudades es posible observar los índices de inequidad:

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció en 2010 que la cantidad mínima de agua que una persona necesita para poder vivir dignamente es de entre 20 y 50 litros diarios. Esta cantidad debe ser suficiente para satisfacer las necesidades básicas para el consumo (beber y

<sup>171</sup> CONAGUA *op. cit.*

<sup>172</sup> CONAGUA *op. cit.*: 63.

<sup>173</sup> García 2018.

cocinar), el aseo personal (baño, lavado de manos) y limpieza doméstica. [...] en la Ciudad de México las personas gastan un promedio de 366 litros diariamente por persona. En zonas de alta actividad económica, como Polanco, el gasto promedio diario oscila entre los 500 litros, mientras que en Iztapalapa, el promedio baja hasta los 50 y 100 litros diarios.<sup>174</sup>

Esta desigualdad es ocasionada por diversas causas, tanto geográficas como políticas:

La cobertura nacional de agua potable es 91.6 %. En zonas urbanas la cobertura es 95.4 %. En zonas rurales (localidades menores a 2,500 habitantes), la cobertura es 78.8% debido a la dispersión de la población en condiciones fisiográficas complejas, y la dificultad técnica y/o financiera de desarrollar sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.<sup>175</sup>

No obstante, los intereses económicos del gobierno federal son el principal motor para la toma de decisiones en cuanto a la disposición del recurso hídrico nacional:

La mayoría de los organismos operadores de sistemas de agua para servicio público son ineficientes y opacos; funcionan con criterios políticos y clientelares, no están debidamente profesionalizados, dependen de cuantiosos subsidios, y no están constituidos como empresas públicas sujetas a reglas claras y transparentes de gobierno.<sup>176</sup>

Las supuestas normas que rigen las concesiones de agua al sector industrial muchas veces son violadas, en tanto la ganancia monetaria para el gobierno cumple con sus demandas:

El Estado brinda respaldo a las compañías privadas y se articula sobre la base de apropiación y monetización de los recursos naturales; además despoja dichos bienes de su calidad colectiva, en el proceso se les privatiza y se les concede la dimensión puramente económica como si no fueran fundamentales para el desarrollo social.<sup>177</sup>

“Los industriales usan agua de pozo para sus procesos y los permisos de concesión que les otorgan están sobre estimados sin que exista una limitación sobre el volumen que solicitan”<sup>178</sup> y “las concesiones de agua se otorgan con criterios poco claros para los usuarios que las solicitan”.<sup>179</sup>

Como puede deducirse, los mayores problemas políticos de la distribución de agua en México son derivados de intereses económicos. Muchas comunidades rurales han logrado

---

<sup>174</sup> Iagua 2018.

<sup>175</sup> Consejo Consultivo del Agua 2022.

<sup>176</sup> *Ibid.*

<sup>177</sup> Azamar 2018.

<sup>178</sup> García *op. cit.*

<sup>179</sup> Consejo Consultivo del Agua *op. cit.*

subsistir sin un abasto suficiente de agua y sin una red de saneamiento, dado que la prioridad económica recae en los centros urbanos donde se asienta la industria. Misma situación sucede con los parceleros que carecen de apoyos federales para el suministro de agua e instalación de sistemas de riego, quienes compiten –sin oportunidad alguna– contra las empresas que aportan mayor capital al PIB nacional.

“[...] a nivel internacional cada vez más se está realizando una gestión integral en la que se toma en cuenta el sistema completo: el subsistema natural (conformada por el sistema acuífero, sus interacciones con el agua superficial y los ecosistemas) y el subsistema social (conformado por los grupos sociales, el sistema político, la economía y el sistema legal).<sup>180</sup>

Lograr esta gestión integral sería el primer paso para comenzar a dar solución a los problemas políticos, económicos, de distribución y de contaminación del agua, considerando a todas las partes que de ella se benefician, incluido el medio ambiente.

### **3.2.3 Contaminación y (sobre)población**

Las principales causas de contaminación del agua en México son las descargas de aguas residuales provenientes de las industrias, las prácticas agrícolas y los usos urbanos. Los principales contaminantes son “materia orgánica, nutrientes (nitrógeno y fósforo) y microorganismos (coliformes totales y coliformes fecales), pero hay otros como los metales y los derivados de hidrocarburos, que se presentan en áreas con actividad industrial”.<sup>181</sup>

Los desechos industriales son considerados como:

desperdicios orgánicos e inorgánicos producidos por empresas industriales o comerciales en sus procesos de producción. Los orgánicos tienen su origen en las industrias de alimentos, lecherías, empacadoras de pescado, fábricas de cerveza, fábricas de papel, procesos petroquímicos, fábricas textiles y lavanderías. Los desechos inorgánicos incluyen ácidos, álcalis, cianuros, sulfuros y sales de arsénico, plomo, cobre, cromo y zinc.<sup>182</sup>

“Las descargas industriales contienen metales pesados y otras sustancias químicas tóxicas, que no se degradan fácilmente en condiciones naturales”.<sup>183</sup> “El gobierno señala que si las industrias no pueden recircular el agua que utilizan, la deben descargar en los cuerpos de aguas

---

<sup>180</sup> Pérez 2020.

<sup>181</sup> CEMDA 2006: 53.

<sup>182</sup> INEGI <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/sobreexplota.aspx?tema=T> - . (consultado el 4 de noviembre de 2022).

<sup>183</sup> CEMDA *op. cit.*

superficiales bajo las condiciones establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas”;<sup>184</sup> el problema es que las regulaciones establecidas para el control de las descargas de desechos industriales en los cuerpos de agua suelen ser laxas o poco claras y, por ende, fácilmente evadidas.

Si bien los gobiernos cobran una cuota cuando las NOM son violadas, dicha cuota no es lo suficientemente alta, por lo que las empresas suelen cubrirla sin que represente un golpe para su economía, quedando ésta más en calidad de permiso para contaminar que de sanción por hacerlo.

Por otra parte, las prácticas agrícolas contaminan las aguas, principalmente, por medio del uso de pesticidas y fertilizantes que llegan a ríos y lagos a través del viento y de la lluvia, cuando el suelo se erosiona. De igual manera, la fertilización industrial excesiva, ligada a la sobre explotación del suelo, y los contaminantes derivados de desechos industriales también puede infiltrarse a los acuíferos y contaminar el agua.

Igualmente, los acuíferos que se encuentran cerca de zonas costeras pueden contaminarse por salinización, esto es, “el proceso en el cual el agua del mar fluye hacia el subsuelo continental mezclándose con el agua dulce de los acuíferos”,<sup>185</sup> es decir, que el agua deja de ser dulce.

Finalmente, la contaminación por usos urbanos hace referencia a las descargas domésticas y públicas, las cuales constituyen lo que se conoce como aguas municipales. “Sus principales contaminantes son el nitrógeno y fósforo, compuestos orgánicos, bacterias coliformes fecales, materia orgánica, entre muchos otros”.<sup>186</sup>

Nuestra responsabilidad individual está asentada sobre diversos pilares. Primeramente, es nuestra obligación moral y ambiental racionalizar nuestro consumo de agua potable, efectuando prácticas que contribuyan a su mejor aprovechamiento, a su ahorro y a disminuir los índices de contaminación, o, cuando menos sustituir los contaminantes industriales por aquellos biodegradables o de origen natural, como los productos de limpieza. Seguidamente, aunque no nos dediquemos a la agricultura de primera mano, indirectamente también somos partícipes de la contaminación hídrica a través del consumo de productos industrializados en vez de aquellos de origen natural, y de una ingesta moderada, sobre todo, de productos cárnicos, pues en México

---

<sup>184</sup> García 2018.

<sup>185</sup> Pérez *op. cit.*

<sup>186</sup> SEMARNAT: [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_resumen14/06\\_agua/6\\_2\\_3.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_3.html) (consultado el 4 de noviembre de 2022).

producir un kilogramo de carne requiere de 15,415 litros de agua, mientras que uno de maíz requiere tan solo 1,860.<sup>187</sup>

### 3.2.4 Explotación y sequías

En México existen 653 acuíferos, de los cuales 408 están en condición de disponibilidad y 115 están sobreexplotados.<sup>188</sup> Un acuífero sobreexplotado es aquel cuya capacidad de recarga es 10% menor que el índice de extracción que sufre.

La sobreexplotación de los recursos hídricos subterráneos puede traer consigo importantes problemas ambientales, sociales y económicos. Además de producir la disminución regional de los niveles de agua subterránea y con ello producir pozos secos (lo que puede afectar el abasto humano y a las actividades agropecuarias e industriales), puede elevar los costos de extracción del líquido [y] ocasionar hundimientos del terreno.<sup>189</sup>

Las RHA con mayor sobreexplotación de acuíferos son la VIII Lerma-Santiago-Pacífico con 31 acuíferos sobreexplotados de 123 y la VI Río Bravo con 20 acuíferos sobreexplotados de 102.

Por su parte, la sequía es un fenómeno que afecta mayormente a aguas superficiales y ocurre cuando los niveles de lluvia disminuyen significativamente con respecto a la cantidad normal registrada. En México las sequías se categorizan en: anormalmente seco (D0), sequía moderada (D1), sequía severa (D2), sequía extrema (D3) y sequía excepcional (D4), siendo esta última la más severa de todas.

Las sequías traen consigo numerosas consecuencias que pueden ser fatales para la vida en el planeta si éstas llegan a ser extremas y se extienden durante un periodo considerable. Algunas de ellas son: pérdidas en cultivos, degradación del suelo, deforestación, incendios, pérdida de biodiversidad, vulnerabilidad a pestes y enfermedades, y, por supuesto, la muerte.

---

<sup>187</sup> CONAGUA *op. cit.*: 76.

<sup>188</sup> CONAGUA *op. cit.*: 40, 41.

<sup>189</sup> SEMARNAT:

[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores\\_verdes16/indicadores/03\\_capital/1.1.3.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores_verdes16/indicadores/03_capital/1.1.3.html) (consultado el 2 de noviembre de 2022).



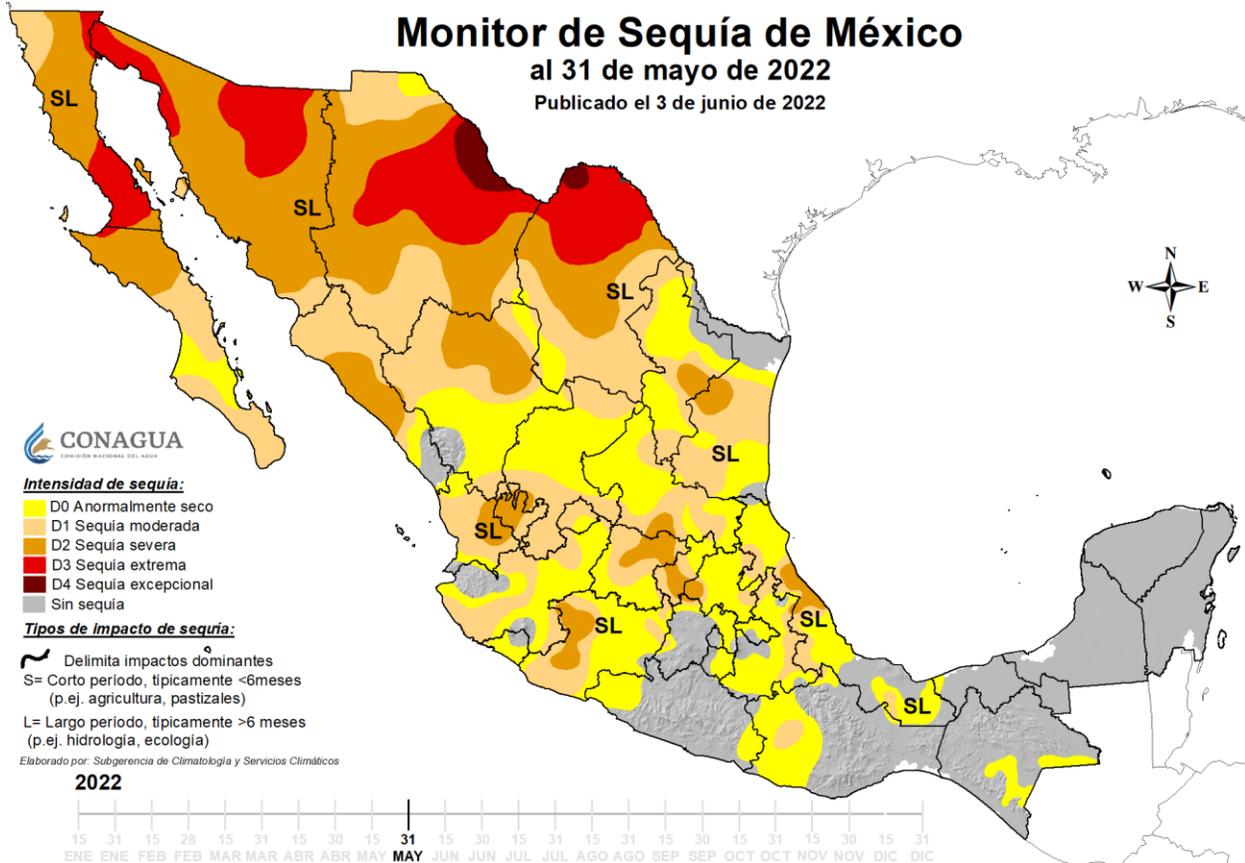
Mapa 4: acuíferos en México.<sup>190</sup>

Las principales regiones del país que se ven afectadas por las sequías son el centro y norte; no obstante, este fenómeno se ha ido extendiendo poco a poco a lo largo de la república:

En mayo de 2018 el 7.0% de los municipios del país, distribuidos en 11 entidades federativas, presentó niveles de sequía en categoría de emergencia. Para septiembre de 2019, este número se elevó a 18.0% repartido en 18 estados, mientras que para mayo de 2021 este porcentaje fue de 35.0%, distribuido en 23 estados de la República. Asimismo, a julio de 2022, 19 entidades habían tenido al menos un municipio en estado de emergencia, siendo Coahuila, Baja California, Chihuahua, Baja California Sur y Sonora las entidades más afectadas por sequías extrema y excepcional.<sup>191</sup>

<sup>190</sup> "Atlas del agua en México 2018", CONAGUA.

<sup>191</sup> Banco de México 2022.



Mapa 5: niveles de sequía en México durante mayo de 2022.<sup>192</sup>

Tanto las sequías como la sobreexplotación de los acuíferos son producto de un mal uso del recurso hídrico. La falta de tratamiento de aguas residuales, de captación de agua pluvial, de reutilización del agua, de límites para el consumo industrial y agropecuario, aunado a un severo problema de fugas en la infraestructura hídrica son las principales causas por las que el agua está escaseando en nuestro país. “Las zonas urbanas pierden cerca del 40% de su agua potable debido a fugas en las redes de distribución [...]. Este mismo fenómeno afecta al agua destinada a la agricultura, donde se calcula una pérdida de 50%”.<sup>193</sup>

Además de instaurar prácticas domésticas de reúso del agua, la participación ciudadana puede ser determinante para la toma de decisiones en materia hídrica, tanto en la imposición de

<sup>192</sup> CONAGUA - Servicio Meteorológico Nacional  
[https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatología/Sequía/Monitor\\_de\\_sequía\\_en\\_México/Seguimiento\\_de\\_Sequía/MSM20220531.pdf](https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatología/Sequía/Monitor_de_sequía_en_México/Seguimiento_de_Sequía/MSM20220531.pdf) (consultado el 8 de noviembre de 2022).

<sup>193</sup> García *op. cit.*

los límites de consumo permitidos para la industria y la agricultura, como para las medidas preventivas y reactivas que deben tomarse cuando las normas sean violadas.

Ante todo, es urgente que la ciudadanía conozca las cifras de desabasto y contaminación del agua, y se involucre de lleno en la búsqueda, proposición e implementación de soluciones, por lo que promover programas de divulgación científica y de acción ciudadana que consideren a la totalidad de la población debe ser una prioridad de carácter nacional.

### 3.3. El río San Juan Zitácuaro

Para la realización de este proyecto fue necesario buscar apoyo de especialistas en el campo de estudio y organizaciones involucradas con monitoreo de agua para poder tener acceso a los datos sobre el Índice de Calidad del Agua (ICA) de algún cuerpo acuático. El primer enlace que establecí fue con la Dra. Adriana C. Flores-Díaz, quien ha sido mi principal asesora en materia medioambiental y quien me vinculó con la Red de Monitoreo Comunitario de Agua<sup>194</sup> (RMCA), la cual está conformada por diversas organizaciones y asociaciones a través de las cuales he podido obtener los datos requeridos para realizar esta parte del proyecto.

El ICA puede ser definido como “el grado de contaminación existente en el agua [...], expresado como un porcentaje de agua pura. Así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a 0% y de 100% para el agua en excelentes condiciones”.<sup>195</sup> Es un sistema que fue creado “ante la necesidad de encontrar un método uniforme para dar a conocer la calidad del agua de manera accesible a la población”.

A grandes rasgos, el sistema consiste en medir diversos elementos del agua a través de diferentes métodos y herramientas para determinar su nivel dentro de una escala propia para cada uno de ellos. El pH, por ejemplo, puede ser medido utilizando una tira de papel, un reactivo químico o un medidor eléctrico, entre otros, y su escala de medición, como ya se mencionó, abarca del 0 al 14.

Algunos de los parámetros existentes para determinar el ICA, además de los mencionados en el apartado 3.1, son: demanda bioquímica de oxígeno en 5 días, coliformes fecales, coliformes totales, sustancias activas al azul de metileno (detergentes), conductividad eléctrica, fosfatos

---

<sup>194</sup>

<https://redmonarca.org/red-de-monitoreo-comunitario-del-agua/#:~:text=La%20Red%20de%20Monitoreo%20Comunitario%20del%20Agua%20desarrolla%20sus%20actividades,de%20la%20Biosfera%20Mariposa%20Monarca> (consultado el 28 de julio de 2021).

<sup>195</sup>

SEMARNAT: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_R\\_AGUA05\\_01%26IBIC\\_user=dgeia\\_mce%26IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_AGUA05_01%26IBIC_user=dgeia_mce%26IBIC_pass=dgeia_mce) (consultado el 28 de julio de 2021).

totales, grasas y aceites, nitrógeno amoniacal, nitrógeno en nitratos, color, dureza total, sólidos suspendidos, cloruros y sólidos disueltos.

Uno de los miembros que forman parte de la RMCA es Alternare A.C.,<sup>196</sup> una organización que realiza monitoreo de agua en el río San Juan Zitácuaro en Michoacán de manera mensual desde hace 10 años. Para dicha actividad, Alternare sigue dos procedimientos: uno propuesto por Global Water Watch (otro miembro de la RMCA) que consiste en utilizar reactivos químicos para cada uno de los parámetros que se miden; y otro propuesto por la misma RMCA que utiliza diversas herramientas como flujómetro, medidor de pH o medidor multiparamétrico, además de algunos reactivos químicos.

Los parámetros que Alternare mide durante los monitoreos son el pH, la dureza, la alcalinidad, el oxígeno disuelto (OD), la turbidez, la saturación de oxígeno disuelto (SATOD), las coliformes fecales (ECOLI) y las coliformes de vida libre (CVL). Además, la hora en que se toma la muestra, la temperatura del aire (en °C) y la temperatura del agua (en °C) también son considerados.

Antes de continuar, es importante señalar que el ICA obtenido en los diversos sitios de monitoreo es parcial y no representa el nivel total de contaminación de un río, sino de segmentos de éste, pues los niveles de contaminación del agua pueden cambiar drásticamente de una sección a otra.

El río San Juan Zitácuaro (también río Zitácuaro o río San Juan Viejo) se encuentra en el municipio de Zitácuaro, en el estado de Michoacán, México. Se origina con los escurrimientos de las sierras de Angangueo y Zitácuaro, 18 km al noreste de la H. Zitácuaro, cabecera municipal de Zitácuaro, y drena en la presa El bosque, 6.5 km al sur de la misma. Forma parte de la cuenca hidrológica Río Cutzamala de la Región Hidrológica número 18 Balsas.<sup>197</sup>

La Sierra de Angangueo se encuentra en el lado oriente del estado de Michoacán y el lado occidente del Estado de México. Pertenece al Sistema Volcánico Transversal, se localiza entre las coordenadas 19° 26' y 19° 47' de latitud norte y 100 ° 06' y 100 ° 26' de longitud oeste, y tiene una altitud promedio de 2,600 msnm. "A grandes rasgos, este conjunto montañoso se caracteriza por su relieve de origen volcánico [...], suelos profundos [...] un ecosistema templado húmedo,

---

<sup>196</sup> <https://www.alternare.org/>

<sup>197</sup> <https://remexcu.org/index.php/grupos/conectividad-de-rios/cuencas/cuenca-del-rio-san-juan-zitacuaro>.

(consultado el 11 de junio de 2021).

expresado por la existencia de bosques densos de coníferas y bosques mixtos de coníferas y latifoliadas”.<sup>198</sup>

La presa El bosque se encuentra a una altitud de 1,730 msnm (1,742 msnm según algunas fuentes), su profundidad es aproximadamente de 40 metros, su capacidad es de más de 200 millones de litros cúbicos y se abastece con las corrientes de agua del río San Juan Zitácuaro, del río San Isidro y con parte del río Tuxpan a través de túneles y canales. El clima predominante en la región es templado con lluvias en verano y la flora principal es el bosque mixto.

Pese a que la presa El bosque es un gran atractivo turístico de esta zona, el agua que contiene presenta altos índices de contaminación, pues los ríos que la abastecen sirven como vertedero de aguas residuales y arrastran desechos fecales ganaderos.

A lo largo del curso del río San Juan existen diversos puntos de monitoreo que están a cargo comunidades locales o de algún miembro de la RMCA.<sup>199</sup> La información derivada de las actividades de monitoreo en algunos de estos sitios fue la utilizada para realizar el análisis que condujo a la sonificación de datos.

### **3.3.1 *Tríptico fluvial*. Interpretación y sonificación de datos**

La pieza *Tríptico fluvial* es el resultado de un primer acercamiento al ejercicio de sonificar los datos provenientes de un río, pues al momento de comenzar la composición de esta obra aún no disponía de la información del monitoreo del Río San Juan. La intención de adelantarme en el proceso de creación fue la de comenzar a poner a prueba las analogías musicales que hasta el momento había designado a cada parámetro físico-químico del agua con los que iba a trabajar.

Igualmente, crear una pieza con datos hipotéticos de un río imaginario me permitió desarrollar mi imaginario sobre la sonoridad de un agua en condiciones óptimas, es decir, con un ICA alto, un agua con un ICA intermedio, es decir, un agua medianamente contaminada, y a la de un agua altamente contaminada.

---

<sup>198</sup> Ramírez 2001: 16.

<sup>199</sup> Agradezco profundamente a Adriana Flores, a Eligio García y a la Red Comunitaria de Montoreo de Agua de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca por compartir generosamente conmigo los datos del monitoreo de agua que han venido llevando a cabo desde hace varios años.

El punto de partida fue sonificar la molécula del agua (H<sub>2</sub>O), la cual, siguiendo con el proceso de sonificación iniciado en *Cromatofonía*, se convirtió en una célula melódica con las notas Mi-Mi-Fa#:



Fig. 17: célula melódica inicial en *Tríptico fluvial*.

Acto seguido, comencé a buscar analogías musicales para los elementos que determinan el ICA, basándome en el estudio realizado sobre éstos y considerando únicamente los que Alternare monitorea: temperatura del aire, temperatura del agua, pH, dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno disuelto, turbidez, coliformes totales y coliformes fecales. De estos 7 elementos solamente utilicé la temperatura del agua, el pH, el oxígeno disuelto y las ECOLI, por ser los más esenciales para determinar la calidad general del agua.

Las propuestas iniciales para sonificar dichos parámetros fueron las siguientes:

*Temperatura del agua:* dado que el incremento y disminución de la temperatura está relacionado con el roce entre las partículas de un sistema cuando éstas aceleran o desaceleran su movimiento, musicalmente decidí traducir esto como aceleración y desaceleración de ritmo. En aguas con temperaturas medias<sup>200</sup> el ritmo será variado, mezclando figuras largas y cortas; en aguas con temperaturas elevadas el ritmo será predominantemente acelerado con figuras cortas, y en aguas con temperaturas bajas el ritmo será lento con figuras de larga duración. Aunque en aguas fluviales es difícil –si no imposible– establecer un rango de temperaturas promedio, conforme al nomograma presentado en la fig. 20 y para esta pieza, consideraré como temperaturas medias las comprendidas entre 10 y 19° C, temperaturas bajas todas las que estén debajo de los 10° C y altas todas aquellas que estén por encima de los 20° C.

*pH:* en términos químicos el pH indica la cantidad de iones de hidrógeno (Mi) que hay en el agua; un pH menor a 7 tiene menor cantidad de éste y un pH mayor a 7 tendrá mayor cantidad, lo cual, musicalmente, se traduciría en mayor o menor cantidad de notas Mi.

Dado que lo anterior resulta ineficiente en términos estético-musicales, basé la sonificación de este parámetro en los impactos en el medio ambiente de un pH desbalanceado,

---

<sup>200</sup> A diferencia del pH o del OD, en aguas fluviales es difícil establecer un rango de temperaturas dentro del cual haya variabilidad.

los cuales pueden ser, entre otros, pérdida de biodiversidad, crecimiento lento, reproducción limitada y, en casos extremos, la muerte de peces y otros organismos acuáticos.

Un pH ácido genera lo que se conoce como acidificación del medio ambiente, la cual es ocasionada, en gran medida, por efecto de la lluvia ácida. Algunos de los impactos de la lluvia ácida son la pérdida de biodiversidad, la modificación de la cadena trófica en océanos, el incremento de iones metálicos (especialmente de Aluminio), y el debilitamiento y mayor vulnerabilidad a plagas y enfermedades en la vegetación. Por otro lado, un agua altamente alcalina o básica, aunque tiene efectos de menor impacto en el medio ambiente, también produce crecimiento lento, reproducción limitada y, en casos extremos, la muerte de peces y otros organismos acuáticos. Un pH menor a 4 o mayor a 10 es considerado letal para organismos acuáticos.<sup>201</sup>

Como en aguas fluviales no hay un patrón que vincule aguas contaminadas con un pH básico o ácido<sup>202</sup>, lo que propongo es, ante aguas con un ICA bajo, generar una sonoridad armónicamente pobre que desbalancee la molécula original del agua y añadir Fa  $\frac{3}{4}$  de tono #, nota correspondiente al Aluminio.

*Oxígeno disuelto*: el nivel de oxígeno disuelto (OD) en el agua es esencial para la vida en ella. Un decremento de éste puede implicar la muerte de muchos organismos acuáticos, alteraciones en su crecimiento, perjudicar su reproducción o hacerlos más propensos a enfermedades. Una concentración de 5.0 partes por millón o mg/L en un rango de 0 a 15 es el promedio idóneo para mantener la vida de la mayoría de los organismos acuáticos.

Musicalmente decidí asociar este parámetro con el pulso: si no hay oxígeno no hay vida, no hay pulso. Así mismo, niveles bajos de oxígeno estarán asociados con un distanciamiento del ámbito sonoro de Fa# (O).

*Coliformes fecales (E. coli)*: *Escherichia coli* es un tipo de bacteria que comúnmente se encuentra en los intestinos de los animales y los seres humanos. La mayor parte de coliformes fecales que suelen encontrarse en aguas fluviales que atraviesan diversas comunidades rurales proviene de las heces del ganado, arrastradas por escorrentía. “Otras formas son la fauna silvestre, fosas sépticas defectuosas, actividades recreativas y prácticas locales de uso del suelo (por ejemplo, estiércol utilizado como fertilizante y ganado)”.<sup>203</sup>

---

<sup>201</sup> Deutsch *et. al.* 2014: 15.

<sup>202</sup> Basándome en los resultados de monitoreo de agua proporcionada por la RMCA.

<sup>203</sup> Rock & Rivera 2014: 2.

Las E. coli son capaces de desplazarse en un medio gracias a sus flagelos.

En ausencia de estímulos, en un medio ambiente uniforme, se puede observar un movimiento tridimensional aleatorio, formado por periodos de unos pocos segundos de natación en línea recta o ligeramente curvada [...], interrumpidos por breves episodios (décimas de segundo) de un movimiento angular caótico de la bacteria [...], tras de lo cual la célula entra en una nueva fase de natación en línea aunque con una nueva dirección. El movimiento de cada célula es a base de períodos de 2-4 segs. de natación separados por virajes.<sup>204</sup>

La forma en que decidí sonificar las coliformes fecales fue a través de esta característica. El desplazamiento de las E. coli encuentra su analogía en el movimiento melódico que se presenta en las cuerdas al inicio del tercer movimiento, el cual se desplaza en “línea recta o ligeramente curvada” (glissando) por unos segundos, interrumpido por un breve movimiento “caótico” (trémolo) que posteriormente continúa en línea “con una nueva dirección” (una nueva nota musical).

Dado que la SATOD no es un elemento *per se*, sino una relación entre la temperatura y el oxígeno disuelto, su analogía sería una correlación entre el pulso y el ritmo, por lo cual decidí no sonificarlo.

Adicional a estos 4 parámetros consideré las diferentes altitudes que un río puede recorrer, considerando que se tratara de un río que nace en una montaña y muere entubado en una ciudad. Esta idea se refleja en el registro empleado en cada movimiento, el cual va de los instrumentos más agudos de la orquesta en el primer movimiento a los más graves en el tercero.

La pieza resultante, *Tríptico fluvial*, está escrita para orquesta, tiene una duración aproximada de 12 minutos y consta de tres movimientos que se corresponden con el curso de un río: I. Cuenca alta, II. Cuenca media y III. Cuenca baja. El primer movimiento busca reflejar un río pleno y vivo que apenas se forma y no ha sufrido contaminación antropogénica; el segundo movimiento corresponde a un río que ya ha cruzado algunas poblaciones rurales y ha sido contaminado parcialmente; el último movimiento corresponde a un río urbano que ha sido entubado, contaminado y explotado, es decir, un río muerto.

De manera general, a lo largo de la obra las analogías establecidas para el registro, el tempo, el pulso y los ámbitos tonales se cumplen. No obstante, para la creación de esta pieza decidí tomar algunas libertades creativas que implicaron romper brevemente dichas premisas, dado que fue una primera aproximación a la sonificación de datos del ICA y que no estaba basada

---

<sup>204</sup> “Apéndices filamentosos procariotas”, Universidad de Granada, <https://www.ugr.es/~eianez/Microbiologia/08flagelos.htm> (consultado el 28 de octubre de 2022).

en información real. Además, tomando como referencia la experiencia al escribir *Cromatografía*, sé que al no romper en absoluto la rigurosidad de las analogías se corre el riesgo de caer en un proceso creativo extremadamente esquemático y con poca sensibilidad musical.

### 3.4 La hermana Agua

A lo largo de la historia del pensamiento humano, la concepción de la naturaleza y nuestra relación con ella ha atravesado por diversos cambios —vinculados a políticas expansionistas, entre otras cosas— que han determinado su curso, afluencia y funcionalidad, de acuerdo con el sesgo antropocentrista.

En México, como es bien sabido, las civilizaciones prehispánicas rendían culto a *seres* — erróneamente llamados dioses— quienes, según la cosmovisión de esas culturas, se creía que regían y regulaban los ciclos medioambientales. Pero dichos seres sólo actuaban como una suerte de intermediarios entre la humanidad y el universo; en tanto se les mantuviera satisfechos era posible conservar un orden en el cosmos, por lo que el tributo rendido a Tláloc, a Coatlicue o a Cintéotl, era en realidad un tributo al medio ambiente mismo. Todo se entendía como un ciclo esencial para la vida y se respetaba:

[...] existe un buen número de testimonios que hacen patente que entre diversos grupos mesoamericanos a las plantas y animales se les considera seres “vivos”, con “corazón”, capaces de “hablar”, dotados de una “conciencia” y susceptibles de manifestar lo sagrado, en otras palabras, la flora y la fauna están incorporadas a un mundo imaginario que sirve justamente para explicarse el mundo real [...]. Sin embargo, no se trata sólo de los reinos vegetal y animal, también los elementos topográficos (montañas, valles, ríos, lagos), los fenómenos atmosféricos (viento, lluvia, arco iris, etc.) y los cuerpos celestes (la luna, el sol, Venus, Marte, etc.) poseen las mismas características que hemos señalado para la flora y la fauna: vida, corazón, habla, conciencia, sacralidad.<sup>205</sup>

Esta cosmovisión cambia radicalmente, aunque en un proceso largo y tortuoso, a la llegada de los españoles a México, pues se impone la religión católica en la cual un Dios judeo-cristiano es el creador del cielo y de la Tierra, *visibilium omnium et invisibilium*, y se abandona la cosmovisión integradora del hombre y la naturaleza. El espíritu de la dominación europea, empresa del ambicioso empoderamiento del clero, la corte y la burguesía, concibe a la naturaleza como un bien utilitario destinado a fines de enriquecimiento y explota a los indígenas,

---

<sup>205</sup> Morales 2010: 72,73.

obligándolos —bajo un miedo infundido por el pasado atroz de las guerras de conquista— a convertirse en parte del proyecto de expansión y colonización.

A partir de ese momento México se convierte en un país exportador de bienes al servicio de España y las tierras pasan a ser “propiedad” del hombre europeo para su libre explotación. Las técnicas de aprovechamiento de los recursos, así como el respeto por los ciclos naturales de regeneración, cayeron en desuso en pro del mercantilismo.

La imposición del régimen eclesiástico a las culturas autóctonas de la Nueva España predominó de manera casi absoluta hasta el siglo XVIII, cuando “la autoridad de esta institución milenaria fue cuestionada como nunca antes por el desencanto de la Ilustración y la Independencia en México”.<sup>206</sup> Durante este periodo se comienza a marcar una acentuada distinción de clases sociales, en donde las clases altas fueron importadoras de las modas culturales europeas:

Esta vanguardia estética es en buena medida un eclecticismo artístico que se nutre del conjunto variopinto de corrientes e ideologías novedosas europeas que desde el romanticismo —pasando por el naturalismo, el prerrafaelismo, el decadentismo, el costumbrismo o el simbolismo— confrontan a la tradición, al “viejo” realismo decimonónico y a los ideales clásicos.<sup>207</sup>

De esta manera, a mediados del siglo XIX en un México conformado ya como nación, mas siempre a la sombra de Europa, se vuelve la mirada a la naturaleza durante los albores del romanticismo:

El Romanticismo suavizó el paradigma de “dominación” para poner de relieve la hermosura de esa naturaleza que nos “apasiona y enamora”, evolucionando hacia una nueva mitificación, de nuevo en clave de género femenino, pero esta vez desde el perfil de la “amante”, como objeto de deseo del hombre.<sup>208</sup>

---

<sup>206</sup> Rincón 2016: 35.

<sup>207</sup> López & Cruz 2015: 166, 167.

<sup>208</sup> Arrojo 2010: 5.

En este marco, es posible observar cómo dentro del modernismo mexicano<sup>209</sup> comienza a gestarse una “cultura de la naturaleza” iniciada por el impresionismo francés y la *revolución de la luz*,<sup>210</sup> en la cual se deja ver una revalorización más humanizada de la naturaleza:

El tema favorito del Impresionismo es el reflejo de la luz sobre el agua, sobre todo en sus estados líquido y gaseoso. Este tema es visible en una variedad de formas de nubes, ríos, canales, lagos y mares, en la pintura de Manet, Cézanne, Monet o Renoir, por ejemplo. Pero también en títulos de partituras de los precursores Chopin [...] y Schumann [...], y de los compositores abiertamente impresionistas: Fauré [...], Ravel [...], y Debussy.<sup>211</sup>

Este agitado mar de cambios y posturas estéticas e ideológicas también encuentra resonancias en el movimiento literario mexicano, antes que en la plástica, la pintura o la música. Al respecto, Pareyón señala:

El Romanticismo literario mexicano [alcanzó una] reinención de la literatura en castellano, emprendida por el movimiento Modernista, encabezado por el nicaragüense Rubén Darío (1867–1916) y por los jaliscienses Manuel Puga y Acal (1860–1930) y Amado Nervo (1870–1919). Pero es en especial este último, quien funda una cultura poética del agua más allá del idealismo romántico, en cantos como *La hermana agua* (1901).

Pero aún antes de este poema, el mismo Nervo había escrito ya sobre el agua, como lo demuestra un apunte con fecha del 26 de junio de 1898:

¡Lo que dice el agua! [...] a los grandes maestros sinfonistas les ha prestado ritmos extraños; hay *descripciones* musicales, en que el canto del agua domeña y maravilla el oído; es polífono ese canto hasta el infinito; en su prisión cristalina, el agua encierra todas las notas, como el iris encierra todos los tonos. Hay, empero, notas que no están en el pentagrama, y que se encuentran en el agua. El agua es avara; pero a veces las desata para que vuelen y gorjeen. El agua temple el cristal de Bohemia. De siete copas frágiles hace siete teclas, que producen un sonido maravilloso. Ninguna flauta tuvo jamás ese sonido.

El agua canta al caer en el ánfora una canción incomparable, que va del grave al agudo, hasta poblar de trinos sutiles el cuello del vaso.

---

<sup>209</sup> Según Fausto Ramírez (2008) los historiadores llaman Modernismo al movimiento que dominó la producción artística y literaria desde finales del siglo XIX (1870) hasta el estallido de la Primera guerra mundial (época en que se consolida el capitalismo) y que se vio afectado por la aceleración en los avances científicos y tecnológicos.

<sup>210</sup> Pareyón (2019: 243) define “la *revolución de la luz*” al periodo comprendido entre 1850 y 1935, caracterizado por el impacto que tuvieron en el campo de la física las investigaciones sobre la luz, en el pensamiento literario, pictórico y musical.

<sup>211</sup> Pareyón 2018: 246.

En los lechos de los arroyos, el hilo diáfano, al serpentear sobre los guijarros multicolores, va derrochando melodías inauditas.

Es sobresaliente que, más adelante en este mismo escrito, se puede encontrar un incipiente ejemplo de la comunión entre naturaleza y ciudad, de cómo dentro de las agitadas dinámicas capitalistas se distingue entre la urbe la presencia del agua, bajo una noción que va más allá de su entendimiento como fenómeno natural, una concepción en la ésta es “amiga que habla y canta”:

Pero amo, sobre todo, lo que canta el agua que llueve; el agua que llueve, al parecer monótona en esta estación, sobre la gran ciudad activa. Oigo con suprema voluptuosidad ese *scherzo* de la llovizna y esa rapsodia de los aguaceros, coreada a veces por el graznido que repiquetea en los techos de zinc y en las vidrieras.

—Hablas de tedios— ¡oh amiga, que ves llover detrás de los cristales! —porque no te es dado aún oír la música del agua que cae. Pide a *Nuestra Señora la Lluvia* que te revele su secreto, y serás venturosa en estas tardes de junio... ¡Oh! Cuántas cosas te dirá el agua que cae rítmicamente sobre la ciudad activa...

La influencia de Nervo trasciende el ámbito literario transformándose, posteriormente, en música y en escultura, tal como el *agua multiforme* de su poema, aquella que aniquila su forma a cada instante para adquirir la del arte que la contiene.

Es el compositor potosino Fausto Gaitán (1899–1940) quien primeramente, cerca de 1927, escribe una pieza inspirada en el poema de Nervo. Compuesta para piano y titulada *El agua multiforme* (ca. 1927) —al igual que una de las secciones del poema—, la obra de Gaitán ilustra la imagen del *agua tranquila* que se transforma en *torrente inquieto* al evocar el movimiento borboteante de ésta con figuraciones ligeras y ágiles en el registro agudo del piano, seguidos de notas alternantes en el registro medio del instrumento que remiten al agua agitada.

The image displays four systems of handwritten musical notation for the piece "El agua multiforme" by Fausto Gaitán. The notation is written on staves with a treble clef and a key signature of one sharp (F#).

- System 1:** Features a vocal line at the top with a dashed line above it labeled "8 va". Below it is a piano accompaniment starting with a *pp* dynamic marking. The piano part includes chords and moving lines in both hands.
- System 2:** Continues the piano accompaniment with similar chordal textures and melodic fragments.
- System 3:** Shows the piano accompaniment with a *dim* (diminuendo) marking towards the end of the system.
- System 4:** Includes a vocal line at the top with a dashed line above it labeled "8 va". The piano part begins with a *rall* (rallentando) marking. A section labeled "Toda" is indicated above the piano part, which then transitions to a *mf* (mezzo-forte) dynamic. The system concludes with a 7/4 time signature.

Fig. 18: *El agua multiforme* de Fausto Gaitán, cc 12-27.

El mismo poema se materializa en la escultura *La hermana agua* (1970)<sup>212</sup> del arquitecto mexicano Fernando González Gortázar (1942–2022), quien logra capturar la esencia del poema homónimo en una pieza que, sin escapar a su época, expresa la ductilidad y docilidad del agua dentro del ámbito urbano; cómo el agua surge del fondo y cae de las alturas, cómo el agua lo cubre todo y lo atraviesa todo, cómo el agua cede a veces y se impone en otras. Se muestra al agua calma y al agua inquieta, lago apacible y torrente excitado, fuerza que corroe y suavidad que acaricia. En esta pieza, evocando el poema de Neruo, es posible visualizar todo lo que el agua dice a través de las palabras del poeta nayarita, quien con gran sensibilidad describe aquello que pasa inadvertido a la superficialidad del ojo y del oído humanos, como si él mismo se transfigurara en agua y nos hablara de todo lo que vive y es.

La segunda pieza compuesta durante este proyecto retoma, una vez más, el poema de Neruo para ponerlo en música. Esta obra, nombrada bajo el mismo título, se basa en otro tipo de sonificación, la ecfraesis musical. Siglind Bruhn<sup>213</sup> define la ecfraesis musical como una representación en un medio de un texto real o ficticio compuesto en otro medio.

El proceso de composición de *La hermana Agua* se encuentra en un punto medio entre la ecfraesis y la sonificación de datos, pues la música tiene elementos estructurales del poema, como el número de sílabas en cada verso o algunas frases de éste, pero a nivel estético se basa mayormente en la idea del agua, más que en la forma o el contenido que el poema.

La pieza está escrita para trío de flauta, violonchelo y electrónica, tiene una duración de 9'18" y se conforma de cinco secciones que toman su nombre de ideas presentes a lo largo del poema. La obra se desarrolla mayoritariamente en compás de 7/4 (subdivididos en 3+4/4 o 4+3/4), lo cual responde a que prácticamente todos los versos del poema tienen 14 sílabas, a veces divididas en dos versos de 7 sílabas. La parte electrónica consta de grabaciones de diferentes cuerpos, contenedores y cantidades de agua, flauta transversa y voces enunciando frases del poema, transformados con diversos procesos. La parte instrumental juega con articulaciones que se entremezclan con la electrónica y que por analogía aluden a movimientos del agua. La partitura se puede consultar en los apéndices de esta tesis.

---

<sup>212</sup> Ver anexo 2 de este documento.

<sup>213</sup> "Some Thoughts Towards a Theory of Musical Ekphrasis", Siglind Bruhn's Personal Home Page <http://siglind-bruhn.de/ekphr.htm> (consultado el 22 de octubre de 2022).

### 3.5 Conclusiones

Cuando comencé a aventurar las primeras ideas acerca del proceso de sonificación de datos visualicé desarrollar un sistema que me permitiera introducir valores alfanuméricos para cada parámetro y que éste arrojara como resultado una combinatoria de sonidos previamente determinados y asignados para cada analogía. De ahí el interés inicial en usar un software de programación, como lo fue Pure Data.

Siguiendo esta iniciativa y tomando como modelo el sistema desarrollado para sonificar la longitud de los ejes cristalográficos de los minerales en el suelo (apartado 2.3.1.2 de este documento), tendría que haber creado un objeto en PD que reprodujera los valores rítmicos seleccionados cuando los valores numéricos fueran introducidos, y así sucesivamente para todos los otros parámetros.

En principio esta idea es funcional y realizable, pero al momento de aplicarla para sonificar otros sistemas o ecosistemas presenta un gran inconveniente. Si pensamos en las escalas para medir el pH, el OD o la temperatura del agua, tendremos un rango relativamente corto de valores numéricos, lo cual se traduce en un banco de sonidos igual de acotado. Esto implica que, si introducimos los datos del ICA de dos ríos con características similares, el resultado sonoro será similar, siendo que *no es posible bañarse dos veces en el mismo río*.

Para lograr una distinción entre la sonificación de ecosistemas similares sería necesario incorporar, no sólo los demás componentes de éste, sino también elementos de orden social, histórico, político, cultural, etcétera. De esta manera sería posible obtener un resultado particular para cada río, cada suelo, cada bosque o cada cerro.

Puesto que a lo largo de esta investigación se han ido incorporando temas que se alejan parcialmente de los estudios hidrológicos, lograr esta tarea no fue posible. En cambio, la alternativa para obtener variedad musical entre un sujeto y otro fue, precisamente, la subjetividad artística manifestada a través de decisiones musicales. De ahí la importancia de no desterrar a la intuición de este tipo de proyectos. Racionalizar al 100% la creación artística conlleva a la pérdida de la sensibilidad y una música insensible es igual que un río muerto.

Fue esta, precisamente, la principal diferencia entre *Cromatofonía* y *Tríptico fluvial*, el margen con el que me permití romper los límites de las analogías. En la primera el objetivo principal fue apegar el proceso de sonificación lo más posible a las analogías establecidas. Esto, sin embargo, como ya se mencionó, me condujo a un resultado musical pobre en expresión y limitado en recursos.

Por el contrario, en *Tríptico fluvial*, pese a que partí de un corpus teórico por medio del cual comprendí las cualidades de un río y definí los parámetros químicos a utilizar previo al

proceso de composición, fue la música misma la que condujo la creación, aunque siempre siguiendo la línea dictada por la teoría. El mayor inconveniente de esta decisión fue que a menudo me encontré en un punto en donde tuve que reencauzar la composición para no desviarme en demasía del planteamiento teórico, o aceptar esa desviación como un afluente que se desprende inadvertidamente del lecho de un río.

Tal vez la solución no radique en sortear las analogías eventualmente a lo largo de una composición, sino en establecer modos de usar los parámetros musicales que respondan a fines estéticos y no a fines numéricos, aunque siempre dando cabida a la flexibilidad. Esta hipótesis habrá de comprobarse en la siguiente y última pieza que forma parte de este proyecto de investigación-creación.



# De la desaparición del agua a la desaparición de la luz: el río y el eclipse como analogías de una posible catástrofe

*The most beautiful thing we can experience is the mysterious.*

*It is the source of all true art and science.*

Albert Einstein<sup>214</sup>

### 4.1 Preámbulo académico: el trabajo en LadHyX

Durante los meses de mayo, junio y julio de 2022 tuve la oportunidad de trabajar en el Programa de Artes y Ciencias<sup>215</sup> dirigido por Jean-Marc Chomaz<sup>216</sup> en el *Laboratoire d'hydrodynamique* (LadHyX) de l'École polytechnique de Paris. En ese plantel, el profesor Jean-Marc y su equipo desarrollan diferentes experimentos, no con el objetivo de estudiar detalladamente un fenómeno o premisa y llegar a un número finito de conclusiones, sino para generar cuestionamientos y ofrecer a la observadora la posibilidad de aventurar su propia interpretación de lo que sucede.

Máquinas que controlan la bruma, altavoces y lámparas que juegan con la lluvia, teatro de sombras en 3D, remolinos de polen y *performances de sueño*; en este laboratorio se construyen toda clase de artefactos que ayudan a saciar hasta la más exuberante de las curiosidades humanas. El objetivo es proponer una perspectiva diferente de observación y reflexión que, al mismo tiempo, genere un producto artístico.

Debido a que en el Programa de Artes y Ciencias se tiene ya establecida una ruta de trabajo, a que mi estancia en Francia fue muy corta para desarrollar algún prototipo de instalación que siguiera mi línea de trabajo (calidad de agua en ríos) y a que anteriormente ya se han llevado a cabo investigaciones y proyectos en torno a las dinámicas del agua, la forma en que pude incorporarme al trabajo del laboratorio fue colaborando en alguno de los proyectos que ya estuvieran en marcha.

Dicho proyecto se titula *Une minute avant l'éclipse totale (Un minuto antes del eclipse total)* y en él se analiza un fenómeno que tiene lugar en la superficie terrestre unos momentos

---

<sup>214</sup> 1930: 192.

<sup>215</sup> <https://yakari.polytechnique.fr/ladhyx-old/fr/recherche/art-et-science>

<sup>216</sup> Miembro de mi comité tutor.

antes de que la Luna cubra por completo al Sol durante un eclipse total. Previo a la completa interpolación de la Luna ante el Sol, es posible observar en una superficie lisa unas sombras ondulantes que son llamadas franjas de sombra (*ombres volantes* o *mouvantes* en francés, *shadow bands* en inglés).

A lo largo de este capítulo se ahonda acerca de lo que es un eclipse en diferentes niveles: como un fenómeno astronómico, como un fenómeno de luz y sombra, como un evento antropológico o como un evento psicológico. Todos estos niveles son reflejados en la composición resultante de esta etapa de mi investigación, la cual lleva el mismo nombre que el proyecto desarrollado en l'École polytechnique.

## 4.2 ¿Qué es un eclipse?

El término *eclipse* proviene del griego ἔκλειψις (*ekleipsis*) que significa desaparición o abandono, en referencia a la desaparición momentánea de los astros. Según la NASA,<sup>217</sup> un eclipse ocurre cuando un cuerpo celeste, como una luna o un planeta, pasa por la sombra de otro cuerpo celeste. Esta definición, empero, posee ciertas imprecisiones con respecto a cómo designamos lo que observamos durante un eclipse.

El detalle radica en la idea de que la “desaparición” de un astro ocurre por la sombra que otro proyecta sobre éste. En el caso de la Tierra, en tanto punto de observación, durante un eclipse lunar el astro que vemos desaparecer, es decir, el que es eclipsado, es la Luna, mientras que durante un eclipse solar el astro que vemos desaparecer no es, en el sentido estricto de la definición dada, el astro eclipsado. Al ser la Tierra la que pasa por la sombra que proyecta la Luna, es nuestro planeta el que es eclipsado.

Esta reflexión otorga importancia a la observación y al lugar que las espectadoras tienen durante un eclipse. Un eclipse es un cúmulo de situaciones coincidiendo en un determinado lugar y momento, en donde el papel de quien observa es determinante para la comprensión de éste. En este sentido, la definición propuesta por Azucena Hernández sería más acertada: “un eclipse es la ocultación de un cuerpo celeste por otro, observado desde un punto situado en la superficie de la Tierra.”<sup>218</sup>

Puesto en palabras propias, la definición que me gustaría proponer es que los eclipses son eventos astronómicos en los cuales presenciamos la momentánea y aparente desaparición de un

---

<sup>217</sup> <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-an-eclipse-58>, (consultado el 27 de marzo de 23). Traducción propia.

<sup>218</sup> 2016.

astro, ya sea por quedar en la sombra que otro cuerpo celeste proyecta sobre la Tierra o por observar la sombra que nuestro planeta proyecta sobre otro astro. De esta manera, la relevancia de nuestra presencia queda de manifiesto al definir lo que es un eclipse.

Aunado a la concepción astronómica de un eclipse, éste también puede ser concebido como un evento de otra índole. A lo largo de la historia un eclipse ha sido –y aún en la actualidad sigue siendo– un evento antropológico, teológico, místico y muchas otras cosas en diversas culturas. En la antigüedad los eclipses fueron causa de miedo e intriga, al no comprenderse la razón por la cual el Sol se ocultaba durante el día, situación que llevó a la humanidad a buscar explicaciones casi siempre vinculadas a las deidades de cada cultura o a explicaciones altamente místicas.

La religión hindú está íntimamente ligada a consideraciones astrológicas. Así, los demonios Rahu y Ketu son dos deidades que corresponden respectivamente al nodo ascendente y descendente de la Luna. Ambos descienden de la misma deidad Svarbhanu quien, después de haber robado el néctar de la inmortalidad, es denunciado por el Sol (Surya) y la Luna (Chandra) a Vishnu, quien le cortó la cabeza antes de que pudiera terminar el néctar. El cuerpo engendra a Ketu, mientras que la cabeza, que se ha vuelto inmortal gracias al néctar, engendra a Rahu. Este último, arrojado al espacio, deambula buscando venganza contra la Luna y el Sol. Los eclipses solares o lunares se interpretan entonces como conatos de venganza por parte de Rahu, quien intenta devorar las dos estrellas [*sic*], pero, al no tener ya cuerpo, éstas son liberadas inmediatamente después.<sup>219</sup>

Dentro de la cultura inca, los naturales de Pacasmayo (Perú) tenían por deidad principal a la Luna porque ésta podía verse incluso durante el día, mientras que al Sol no se le ve de noche, y también porque:

la Luna eclipsa (al Sol) y el sol [*sic*] jamás a ella... En los eclipses de Sol hacían festines a la Luna, festejando su victoria. En los de Luna, lloraban en él bailes lúgubres, mientras duraba su eclipse... Creían los indios de los llanos (de la costa) que cuando la Luna no aparecía aquellos días, iba al otro mundo a castigar a los ladrones que habían muerto.<sup>220</sup>

Relatos similares se encuentran en múltiples civilizaciones en todo el mundo. En China, por ejemplo, se tenía la creencia de que durante los eclipses un animal maligno similar a un dragón (el Taotie) intentaba devorar al Sol. En Vietnam, en cambio, era un sapo quien devoraba al astro. En culturas de la Abya Yala existen creencias afines en donde diferentes animales como felinos u hormigas son los que “muerden” o atacan al Sol y a la Luna.<sup>221</sup>

---

<sup>219</sup> Avice *et. al.*, 2021: 5.

<sup>220</sup> Krickeberg 1980: 188, 189.

<sup>221</sup> *Cf.* Galindo 1991: 15-16 y Nájera 1995.

Más allá de las diferencias y detalles morfológicos de la criatura que hace desaparecer al Sol y a la Luna, estos mitos arrojan información valiosa sobre los diferentes contextos de las culturas que les dieron origen. En este sentido, la sociología y la psicología pueden tener una participación importante analizando las conductas que como sociedad y como individuos surgen ante un evento que presupone el fin del mundo, como los rituales y ceremonias que los eclipses desencadenaron en la antigüedad.

La razón de trasfondo para mencionar algunas de las aristas desde las cuales se puede estudiar un eclipse, tanto solares como lunares, es el dejar asentado que los fenómenos astrológicos afectan a la humanidad en más de un sentido. Como proyecto de vinculación científico-artística y retomando la experiencia previa sonificando datos hidrológicos, fue necesario adentrarme en las posibilidades que un eclipse arroja, no sólo desde las ciencias, sino también desde las humanidades y otras ramas del saber. Adicionalmente, como ha sido evidenciado para la construcción de la pieza *Une minute avant l'éclipse totale*, otorgarle a la Tierra un papel tan relevante como el del Sol y la Luna fue un hecho importante para mí.

#### **4.2.1 Características y tipos de eclipses**

Como se mencionó anteriormente, para un habitante terrestre existen dos tipos principales de eclipses, solares y lunares. Los eclipses lunares ocurren cuando la Tierra se sitúa entre el Sol y la Luna, quedando ésta cubierta por la sombra terrestre. Si la luna queda por completo dentro de la umbra (parte más oscura de la sombra) el eclipse es total; si ésta queda parcialmente en la umbra el eclipse es parcial; si ésta queda dentro de la penumbra (zona donde la oscuridad no es total) el eclipse es penumbral. Estos últimos suceden siempre de noche cuando la Luna está en fase de plenilunio y, a diferencia de los eclipses solares, pueden ser vistos desde cualquier lugar de la Tierra donde sea de noche y su duración es de varias horas.

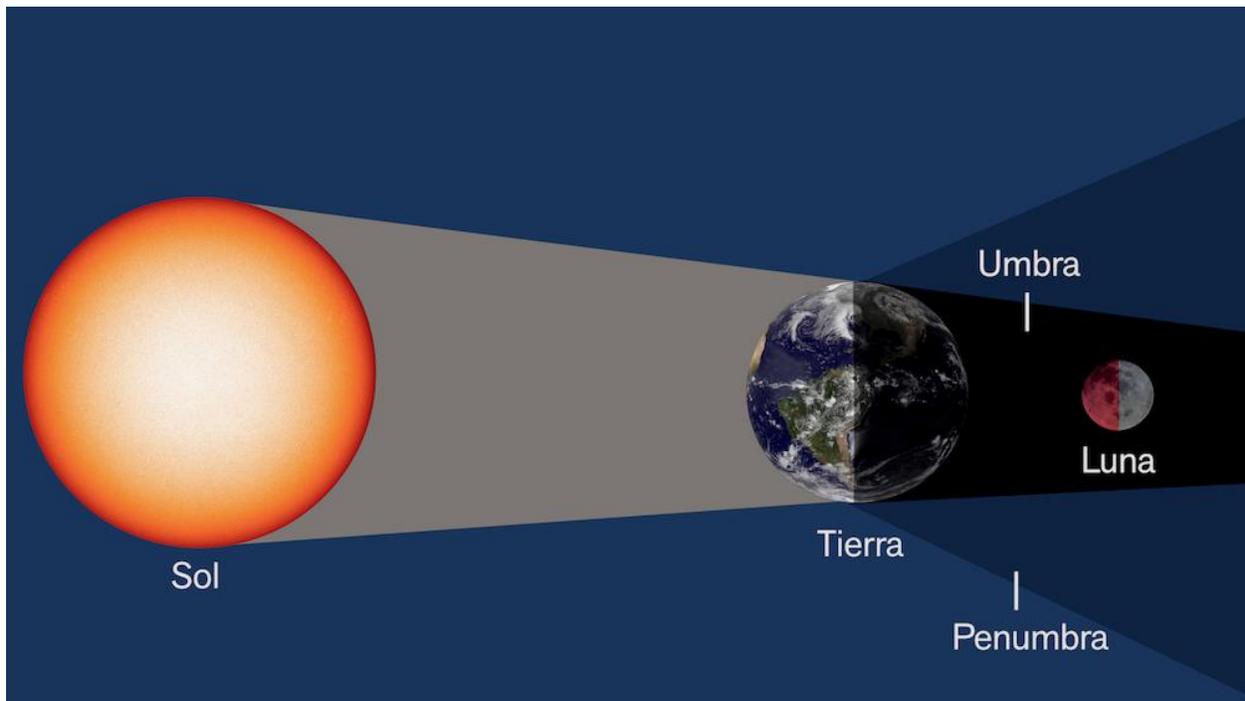


Fig. 19: diagrama de la sombra de la Tierra sobre la Luna. Este diagrama no está a escala, sino para fines esquemáticos.

Los eclipses solares, por el contrario, se ven siempre de día cuando la Luna está en fase de novilunio y ocurren porque la Luna transita directamente frente al espectro lumínico solar que llega a la Tierra, obstruyéndolo parcial o totalmente. Los eclipses solares se clasifican de tres maneras: parciales, cuando la alineación del Sol y la Luna no es uniforme y ésta no alcanza a cubrir todo el disco solar, sino sólo una sección de aquel; totales, cuando la alineación del Sol y la Luna sí es total y ésta cubre por completo al disco solar; y anulares, cuando la distancia entre la Luna y la Tierra no es suficientemente corta para cubrir al Sol, quedando visible un anillo de luz alrededor de la Luna.

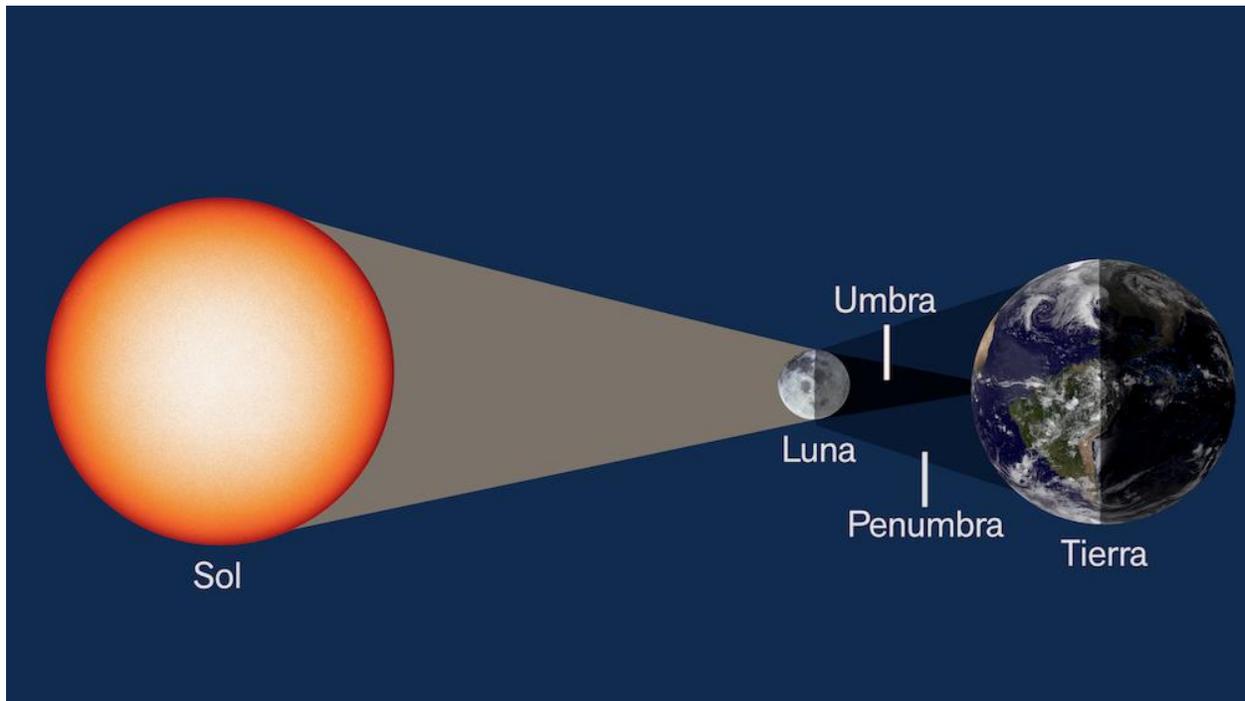


Fig. 20: diagrama de la sombra de la Luna sobre la Tierra. Este diagrama no aparece a escala, sino para fines esquemáticos.

Nuestro lugar de observación en la Tierra determina por completo qué tipo de eclipse presenciemos, pues la umbra de la Luna se desplaza por una franja de tan sólo unos 268.7 km de ancho aproximadamente,<sup>222</sup> por lo que si no nos encontramos dentro de ésta sólo observaremos un eclipse parcial o, inclusive, no lo veremos en absoluto.

Cada año se producen entre dos y siete eclipses (sumando lunares y solares), pero no todos son observables desde un mismo lugar. Un eclipse total de Sol ocurre aproximadamente cada año y medio en algún lugar de la Tierra, mientras que uno parcial sucede al menos dos veces por año.<sup>223</sup>

---

<sup>222</sup> Aveni 2017: 36.

<sup>223</sup> NASA 2022.



Fig. 21: tipos de eclipses solares. De izquierda a derecha: parcial, anular y total.

#### 4.2.2 *Les ombres volantes*

Como se mencionó en el primer apartado de este capítulo, las franjas o bandas de sombra es un fenómeno que ocurre durante un eclipse total de Sol, un instante antes y después de que la Luna cubra por completo el disco solar. Durante ese momento es posible observar en la superficie terrestre unas sombras “en forma de bandas onduladas de 15 cm de ancho que dejan entre ellas un espacio de 30 cm aproximadamente y se mueven a la velocidad de un caballo a galope”.<sup>224</sup>

A lo largo del siglo XIX es posible rastrear varias menciones de las franjas de sombra, como la realizada por George B. Airy sobre el eclipse de 1842,<sup>225</sup> o las observaciones hechas por Urbain Le Verrier y por Aimé Laussedat sobre el eclipse del 18 de julio de 1860, recogidas por Gédéon Bresson y Hervé Faye, respectivamente, en el mismo año. Sin embargo, ninguna de estas va más allá de una mera mención de la ocurrencia del fenómeno sin ahondar en posibles explicaciones ni interpretaciones de éste.

La primera fuente moderna que me ha sido posible obtener, gracias al equipo de trabajo en l'École polytechnique, es el mismo artículo recién citado de Lagrange, publicado en la revista belga *Ciel et Terre*, en donde describe de manera detallada el fenómeno de las bandas de sombra:

---

<sup>224</sup> Lagrange 1926: 153.

<sup>225</sup> Littmann *et. al.* 2008: 132.

Cuando el disco solar ha sido reducido por la luna a una fina red luminosa y la oscuridad máxima reina en el lugar de observación, el observador sorprendido ve desplazarse sobre el suelo a una velocidad considerable pero que no es constante de una observación a otra, una serie de bandas oscuras de ancho variable separadas por espacios más luminosos y que inmediatamente sugieren un fenómeno de interferencia; a veces éstas bandas no son más que ondulaciones irregulares, alternativamente claras y oscuras, semejantes a las que el viento puede producir sobre aguas tranquilas, o incluso el entrelazamiento de varios sistemas de ondas de esta especie.

Tras mencionar que este fenómeno también fue observado durante los eclipses de 1905 y de 1912, se proponen dos interpretaciones para su explicación: la primera responde a los fenómenos de difracción producidos por los bordes lunares, y la segunda a la atmósfera solar y a su falta de homogeneidad, quedando descartada la primera, según el autor, por la inconsistencia entre la velocidad a la que se desplazan las bandas y la sombra de la Luna.

Hoy en día la explicación más aceptada entre la comunidad científica, acerca de las bandas de sombra, es que este fenómeno ocurre por la propagación de la luz a través de la atmósfera terrestre:

Durante los últimos 100 años se han propuesto muchas ideas para explicar [las bandas de sombra], pero desde 1925 la mayoría de los investigadores se inclinan hacia un origen atmosférico [...]. Debido a que las bandas de sombra son impredecibles de un eclipse a otro, no parece haber una conexión firme con las circunstancias relativamente fijas de un eclipse. En cambio, la intensidad, el movimiento y la dirección de estas bandas parecen estar relacionados con el mismo fenómeno que hace a las estrellas titilar. En la atmósfera superior hay células de aire turbulentas que actúan como lentes que enfocan y desenfocan los bordes afilados de luz de la superficie solar justo antes de la totalidad [del eclipse]. El movimiento de estas células atmosféricas es aleatorio entre cada eclipse y cada lugar de observación, por lo que la aparición y el movimiento de las bandas de sombra no pueden predecirse.<sup>226</sup>

Esta hipótesis es respaldada en diversas fuentes de entre las que podemos mencionar *Totality. Eclipses of the Sun* de Mark Littmann *et. al.*,<sup>227</sup> por ser una de las más exhaustivas, tanto en el contexto histórico, como en las explicaciones astronómicas.

Y es precisamente bajo esta hipótesis que se explora la producción de sombras en el laboratorio de hidrodinámica de l'École polytechnique. Para ello, haciendo uso de luces y fluidos,

---

<sup>226</sup> <https://eclipse2017.nasa.gov/exploring-shadow-bands> (consultado el 04 de septiembre de 2023). Traducción propia.

<sup>227</sup> *Op. cit.*: 131.

se creó una instalación en la cual se busca recrear las condiciones bajo las cuales la luz solar se proyecta en la Tierra durante un eclipse total.

En dicha instalación se tienen tres elementos:

- Una pecera de vidrio que contiene mitad de agua pura y mitad de glicerol. Este último, al tener una densidad mayor a la del agua, se estratifica al fondo la pecera generando dos capas claramente visibles. Esta mezcla es la representación de la atmósfera terrestre con sus diferentes densidades.
- Una esfera de cristal hueca y transparente que es introducida en la pecera, la cual se hace rotar lentamente con un motor mecánico, con el objetivo de generar en la mezcla un movimiento (ondas cíclicas) que sea equiparable al del aire en la Tierra. Dicho movimiento se genera de forma natural en la atmósfera terrestre debido a sus diferentes densidades y a los cambios de presión y temperatura, pero en la pecera, que es un medio estable, éste debe ser inducido.
- Una lámpara que ilumina directamente la pecera y genera una proyección sobre una superficie blanca y lisa. Naturalmente, la luz de la lámpara equivaldría a la luz del Sol y las proyecciones resultantes equivalen a las bandas de sombra.

Durante las sesiones de trabajo en el laboratorio se pusieron a prueba diferentes configuraciones de la instalación básica, para explorar diferentes resultados: usar un tanque cilíndrico en vez de uno ortoédrico, rellenar la esfera con tinta china o dejarla vacía, colocar una lente circular de aumento entre la lámpara y el tanque de agua, o colocar cilindros de cartón de longitud variable en la lámpara para focalizar más el haz de luz.

La participación en este proceso me permitió comprender y experimentar en persona un fenómeno similar al de las bandas de sombra, pero además me parece que incentivó un tipo de observación crítica que fomenta la reflexión sobre posibles interpretaciones de lo que se está presenciando.

Si bien esta es una recreación similar al fenómeno de las bandas de sombra, el formato, el color, el tamaño, la nitidez o la densidad de las proyecciones generadas son distintas a aquellas que se producen durante un eclipse, por lo que se debe mantener cierta reserva al usarlas como fuente para abordar el fenómeno real desde cualquier campo disciplinario.

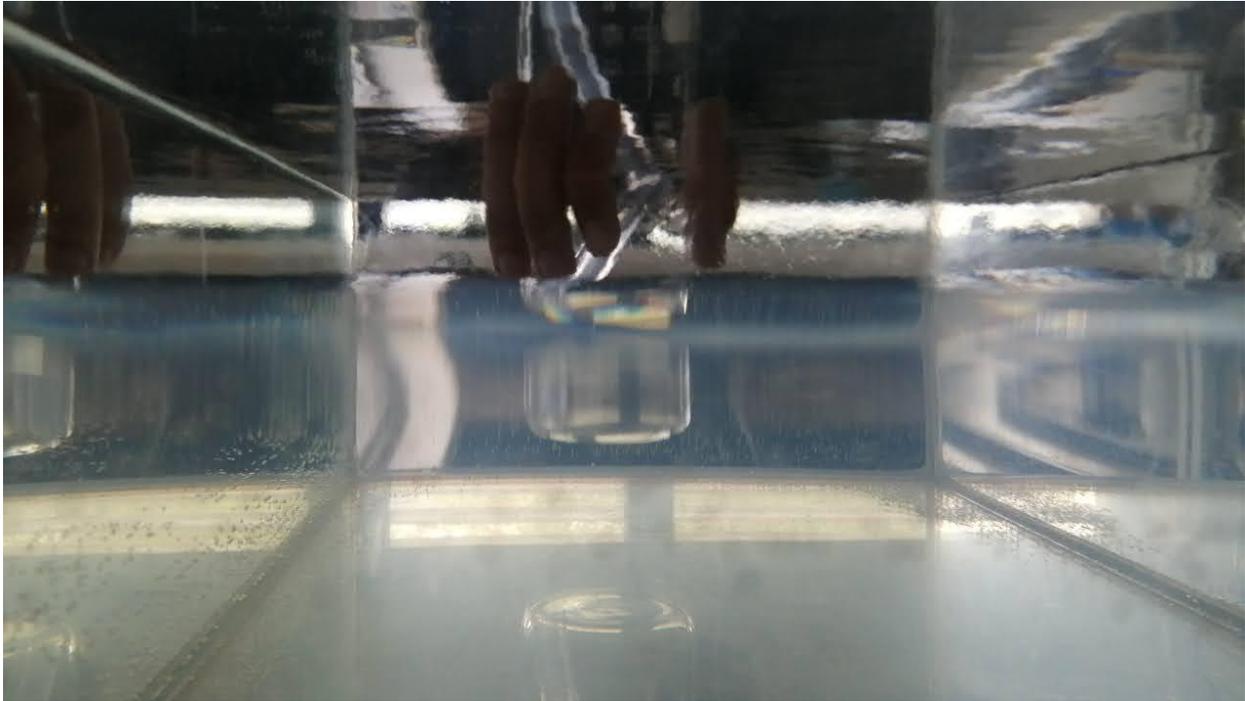


Fig. 22: proceso de llenado de la pecera con agua y glicerol. Se puede observar claramente la estratificación de éste. Con permiso de l'École polytechnique, Saclay, París.

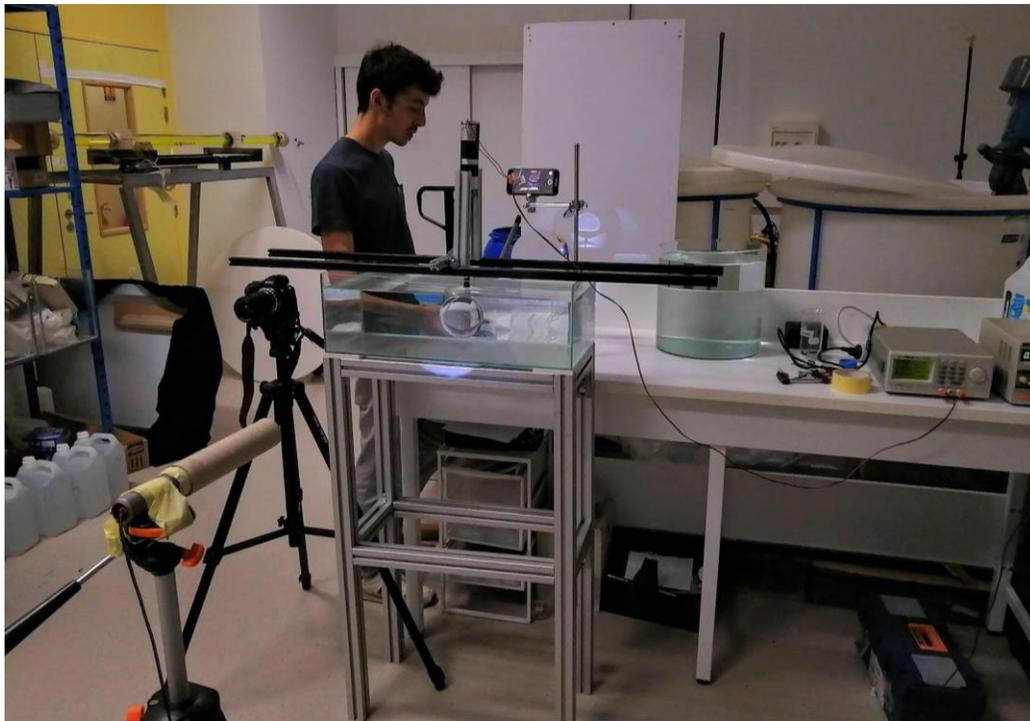


Fig. 23: instalación completa para recrear las franjas de sombra. En la imagen Benjamin Guille, estudiante laboratorista. Con permiso de l'École polytechnique, Saclay, París.



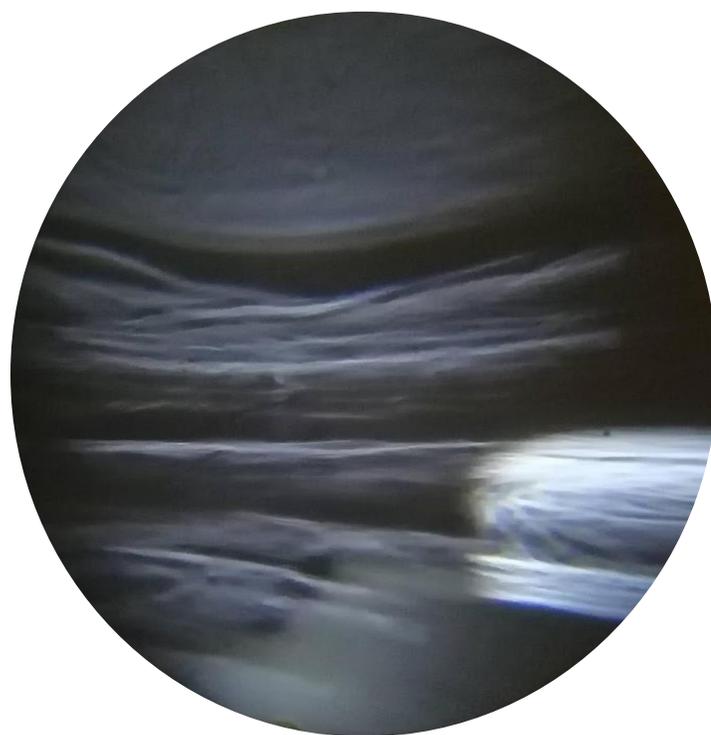
Fig. 24: esfera de cristal sumergida en la pecera para generar ondulaciones en el glicerol. Con permiso de l'École polytechnique, Saclay, París.

Las condiciones psicológicas de observación, no obstante, se asemejan más a la experiencia real de presenciar un eclipse. Si bien el foco del experimento es atender a las proyecciones generadas por el movimiento del líquido estratificado, es imposible no voltear a ver el movimiento de la esfera o las ondas que se generan en la pecera, al igual que durante un eclipse es inevitable dirigir la atención hacia los astros al momento de su alineación total.

Sin duda alguna el haber podido observar e intervenir en el montaje de esta instalación me permitió aproximarme de una manera más exhaustiva al fenómeno de las franjas de sombra y despertar introspecciones que alimentaron mi creatividad y los elementos a considerar para la composición de la pieza *Une minute avant l'éclipse totale*.



Figs. 25 y 26: imágenes de algunas de las proyecciones obtenidas durante las sesiones en el laboratorio. Con permiso de l'École polytechnique, Saclay, París.



### 4.2.3 Los eclipses en México

Al igual que muchas culturas en todo el mundo, para las del México prehispánico los eclipses no fueron un acontecimiento menor y muy a menudo se les encuentra en relatos vinculados a presagios o acontecimientos relevantes. Según Galindo,<sup>228</sup> la fundación misma de Mexico-Tenochtitlan está vinculada a un eclipse que presuntamente tuvo lugar en 1325:

De acuerdo con el historiador Alfonso Caso, el inicio de la peregrinación mexicah hacia la tierra de promisión fue en el año 1 tecpatl, es decir 1116. Después de un penoso trayecto llegaron finalmente a su meta, fundando su ciudad, Tenochtitlán, en el año de 1325. [...] Astronómicamente podemos proponer que la ocurrencia de dos eclipses de Sol pudo ser la indicación para que los sacerdotes guías tomaran la determinación de empezar y concluir su peregrinaje. Así tenemos que el 16 de enero del año 1116 a las 3 de la tarde fue observado en la isla de Mexcaltitlán un eclipse parcial de Sol, que muy posiblemente fue interpretado como la señal para iniciar la marcha mexicah. Ya en el Valle del Anáhuac, los mexicah tuvieron la oportunidad, relativamente rara, de presenciar un eclipse total de Sol [...] el 13 de abril de 1325 a las 10:54 de la mañana.

Este dato se encuentra también en el sitio web del INAH sobre el mito de la peregrinación mexica:

La mayor parte de las fuentes históricas señalan que la fundación de México-Tenochtitlan ocurrió en el año 1325. Esta fecha corresponde a la que declararon los propios indígenas en los años siguientes a la Caída de Tenochtitlan. Los estudios arqueoastronómicos indican que en ese año también ocurrió un eclipse solar, suceso astronómico que pudo ser tomado por los mexicas como un marcador mítico que pudiera legitimar la supuesta relación entre los toltecas y los tenochcas.<sup>229</sup>

Los aztecas llamaban a los eclipses *tonatiuh qualo* o *cualo*, es decir, “sol comido”. Así, Rosales dice que “El término está formado por el nombre del sol, **tonatiuh**, y **cualo**, pretérito del verbo **notla-** o **pic-, cua**, comer”,<sup>230</sup> lo cual denota su creencia acerca de lo que sucedía durante los eclipses.

---

<sup>228</sup> 1991: 16.

<sup>229</sup> Templo mayor: <https://www.templomayor.inah.gob.mx/historia/mito-de-la-peregrinacion#:~:text=Huitzilopochtli%20dijo%20a%20su%20pueblo,Aubin%20y%20el%20C%C3%B3dice%20Dur%C3%A1n.> (consultado el 28 de septiembre de 2023). Las fuentes primarias referidas son la Tira de la peregrinación y el Códice Boturini.

<sup>230</sup> Rosales 1991: 1.

De la misma manera, se tiene la creencia de que un eclipse pudo estar relacionado con la fundación del centro astronómico y “ciudad científica” de Xochicalco.<sup>231</sup>

En el tablero de la pirámide [o Templo de las Serpientes Emplumadas] se pueden observar unas mandíbulas devorando un círculo dividido en cuatro partes, el cual representa el círculo solar. Este glifo, que se repite a lo largo de toda la construcción, representa como metáfora al eclipse acaecido en la fecha 9 ojo de reptil [1 de mayo de 664]. De acuerdo con los expertos, dicho suceso pudo haber motivado no sólo la construcción del templo, sino de la ciudad misma.<sup>232</sup>

En la cultura tolteca también es posible rastrear la mención de un eclipse asociado a la caída de Tollan:

Alva Ixtlilxóchitl [...] atribuye al astrólogo Huémac la predicción de la caída de Tollan que habría coincidido con la aparición de una estrella llamada *ce técpatl* [*sic*] (“1 cuchillo de pedernal”). Ésta, según el astrólogo, provocó igualmente la destrucción de los gigantes, catástrofe que, por añadidura, fue precedida de un eclipse.<sup>233</sup>

Por otro lado, entre las diversas comunidades mayas, cultura ampliamente reconocida por sus profundos conocimientos en astronomía, se tenían diversas creencias sobre los eclipses. Algunas de ellas consideraban que los astros eran mordidos por felinos u hormigas. Según Brinton,<sup>234</sup> para el eclipse lunar los mayas tenían la expresión *chibil u*, “la luna mordida”, bajo la versión popular de que el astro había sido mordido por la hormiga mítica llamada *Xulab*, asociada al planeta Venus.<sup>235</sup> El eclipse solar también era llamado *chibil kin*, “el sol mordido”. Aunque “más frecuentemente –continúa Brinton– [se usaba] la frase *tupul u uich kin*, o, *tupan u uich kin*, ‘el ojo del día se cubre en lo alto’, o ‘se cierra’”.<sup>236</sup> Otra noción maya, que los eclipses se debían a que los astros enfermaban, o a que había una disputa entre el Sol, quien intentaba que los humanos cesaran de tener relaciones sexuales en las milpas, y su madre la Luna, quien lo reprimía por

---

<sup>231</sup> La existencia de tres criterios de alineación para las canchas de juego de pelota (axial, equinoccial y ecuatorial) en Xochicalco, junto a la gran cantidad de numerales y signos astronómicos tallados en sus relieves, hace pensar que este sitio arqueológico en el centro de México (Estado de Morelos) fue un núcleo de investigación y educación especializada en cálculos astronómicos.

<sup>232</sup> INAH 2023: <https://www.inah.gob.mx/foto-del-dia/un-eclipse-tallado-el-templo-de-las-serpientes-emplumadas-de-xochicalco?highlight=WyJIY2xpcHNlIIO=> (consultado el 28 de septiembre de 2023).

<sup>233</sup> Olivier *op. cit.*: 249.

<sup>234</sup> 1895: 36.

<sup>235</sup> Brinton, 1895: 36.

<sup>236</sup> Brinton, 1895: 36.

querer ella preservar dicha práctica como un ritual para obtener fertilidad en los campos de cultivo.<sup>237</sup>

El Códice Dresde contiene una tabla (folios 50-58) con “69 intervalos de 177 o 148 días relacionados a eclipses de sol y de luna”.<sup>238</sup> Aunque haciendo una correlación entre el calendario maya y el gregoriano esta tabla podría ser un registro de todos los eclipses observados durante más de 100 años, la hipótesis más aceptada es que fue un instrumento elaborado para predecir la posibilidad de éstos:

Desde tiempos prehispánicos los sabios sacerdotes [mayas] calculaban, con base en las lunaciones, la fecha de un eclipse solar; testimonio de ello se encuentra en el *Códice Dresde* en las llamadas tablas de los eclipses y parece que aún sabían cuándo habría un eclipse aunque no fuera visible en el área maya.<sup>239</sup>

Pero lo que caracteriza a los eclipses durante la época del México antiguo es el temor que infundían a la raza humana, ante la amenaza de que el Sol o la Luna se extinguieran y las consecuencias que esto traería consigo:

Sendos astros [el Sol y la Luna] son dioses, fuerzas sobrenaturales, y como tales, a la vez que benevolentes e imprescindibles para la vida, causan graves daños: cualquier alteración que sufran provoca desconcierto. El temor más grande es que se “apaguen” [...]; por ello, los eclipses [...] se han considerado entre los pueblos mesoamericanos a lo largo de toda su historia como tremendamente peligrosos, angustiantes; simbolizan una manifestación de lo sagrado, fuerza que atemoriza y que el hombre es incapaz de controlar.<sup>240</sup>

Fuere cual fuere la explicación dada, los eclipses suponían un riesgo enorme: una catástrofe que podía conllevar al fin de la humanidad. Para intentar mitigar esta situación, los pueblos originarios llevaban a cabo diferentes rituales, siendo los sacrificios humanos el más atroz de estos:

Los indios creían entonces que los dos astros luchaban entre sí y “lo tenían por grande agujero y mala señal, a cuya causa, en estos tiempos, hacían grandes sacrificios, y daban grandes gritos y voces y lloros, porque entendían que se llegaba al fin del mundo”. El descenso de estrellas transformadas en criaturas maléficas, los Tzitzimime, listos para devorar a la humanidad, era, entonces, de temer [...]. Como consecuencia, sacrificaban albinos.<sup>241</sup>

---

<sup>237</sup> Cf. Nájera 1995: 324.

<sup>238</sup> Marín & Lemus 2019: 53.

<sup>239</sup> Nájera *op. cit.*: 319.

<sup>240</sup> *Ibid.*

<sup>241</sup> Olivier 2018: 247. Cf. También Ocaña *et. al.* 2016: 44; Fierro 2023; Galindo *op. cit.*; Rosales *op. cit.*

Pero no sólo vidas humanas eran ofrendadas a los astros durante un eclipse, también se hacían sacrificios de animales y se ofrecían alimentos y objetos diversos que tenían un significado simbólico. Entre comunidades rarámuri se tenía la creencia de que durante los eclipses el Sol moría temporalmente por el incumplimiento del yúmari, o que los astros enfermaban. Para que éstos sanaran o renacieran se sacrificaban animales y se les ofrecía agua caliente:

Tanto la Luna como el Sol, su esposo, sufren eclipses. La última vez que se eclipsó este último cada familia mató una chiva para darle de comer al astro para que se aliviara y, además bailaron yúmame, pues temían que se acabara el mundo. También la Luna se “enferma” con los eclipses pero se alivia echándole agua caliente para que tome.<sup>242</sup>

Para los mayas, en cambio, la manera de socorrer al Sol durante un eclipse era haciendo ruido para ahuyentar a las hormigas que se lo comían. Durante los eclipses lunares eran principalmente las mujeres quienes participaban de este ritual, pues la Luna es considerada la protectora de lo femenino.<sup>243</sup>

Este apartado no pretende hacer una revisión exhaustiva de los mitos en torno a los eclipses en la vastedad de las culturas originarias de México ni las reacciones rituales ante éstos, sino meramente plasmar el impacto que la desaparición del Sol y de la Luna causó a sus antiguos pobladores, con el fin de profundizar en la concepción antropológica y social que se le da a los eclipses en este trabajo.

### **4.3 *Une minute avant l'éclipse totale***

Desde sus inicios, la composición de esta pieza presumía ya una tarea compleja y de profunda reflexión; sin embargo, la magnitud que ésta llegaría a alcanzar a su término era, en ese entonces, incalculable para mí.

La construcción de este capítulo responde a una lógica en la cual traté de plasmar el orden que siguió mi pensamiento al analizar al eclipse para discernir qué elementos serían sonificados y en qué manera lo realizaría. Así, de concebirlo en su forma más elemental como un fenómeno en el que un astro se interpone entre otros dos, pasé a considerar muchos otros factores que trascienden el plano astronómico.

En la selección final de los parámetros sonificados, la instrumentación y la estructura general de la pieza, busqué reflejar todas las reflexiones que se despertaron en mí al recorrer

---

<sup>242</sup> Bonfiglioli 2008: 49.

<sup>243</sup> Nájera *op. cit.*: 322, 232. La autora ubica su investigación a lo largo del siglo pasado, lo que hace suponer que estas costumbres, aunque sean antiguas, puedan estar aún vigentes.

una y otra vez, de ida y de vuelta, la trayectoria del eclipse, sin dejar de lado –una tarea que parece ya haberse probado imposible–, la subjetividad.

La mayor dificultad durante la composición de *Une minute avant l'éclipse totale* devino de realizar la selección de parámetros a sonificar. Las velocidades de rotación y traslación, los diámetros de los astros, la actividad misma del Sol, Luna y Tierra, entre otros, no son hechos que sucedan o se modifiquen durante un eclipse.

Por el contrario, el volumen y la forma de éstos, o la rotación de la Luna son algunas características que, si bien conocemos de antemano, durante un eclipse son percibidas de manera más notoria. La alineación del Sol, la Luna y la Tierra, por ejemplo, es uno de los hechos que acontece únicamente durante un eclipse.

Como se mencionó anteriormente (apartado 4.2), la percepción humana no podía ser omitida para la composición de esta pieza, dado que la conceptualización misma de los eclipses parte de nuestra observación de éstos. Por ello, los únicos elementos seleccionados para analogarse musicalmente fueron aquellos sensorialmente perceptibles y las reacciones emocionales que éstos pueden generar, tanto a nivel individual como social. Dichos elementos fueron los siguientes:

- Luz (Sol)
- Sombra (Luna)
- Velocidad de traslación de la Luna
- Alineación del Sol y la Luna
- Duración promedio de un eclipse
- Trayectoria de la Luna
- Percepción humana
- Representación sonora de la Tierra

La primera reflexión que hice para poder analogar estos factores fue que, en un mundo oculocentrista como el nuestro, era necesario pensar al sonido desde la vista, pues un eclipse es algo que, primariamente, vemos. Posteriormente, reflexioné que la sombra no es ausencia de luz (como lo sería el concepto de obscuridad), sino la obstrucción de ésta por medio de un cuerpo, por lo que su analogía no debería ser ausencia de sonido sino la obstrucción de éste. Finalmente, comprendí que esta pieza no es la sonificación de un astro o de un sistema planetario, sino de un fenómeno que involucra a los cuerpos celestes, pero que tiene muchas más implicaciones sobre y desde la Tierra, y no en el Sol o en la Luna.

Durante el eclipse presenciado en 1860 (ver apartado 4.2.2), A. Laussedat, mediante la pluma de G. Bresson, observa:

[...] las cosas interesantes se prestan a ser examinadas, anotadas y controladas: los momentos exactos del principio y el final, el aspecto general, el grado de oscuridad, el color del cielo y de los objetos terrestres, las estrellas que se vuelven visibles, la formación de la corona luminosa al rededor del sol eclipsado, los relieves rojos o violetas [...], la temperatura, el viento y muchas otras cuestiones por resolver.<sup>244</sup>

Este párrafo sirve para corroborar que aquello que se estudia durante un eclipse no sólo es lo relacionado con el Sol y la Luna, sino también los fenómenos que tienen lugar en la Tierra.

Así pues, teniendo en consideración estas reflexiones, la composición de esta pieza musical se sostiene en dos pilares: el entendimiento de un eclipse como un fenómeno astronómico en el cual un cuerpo celeste se interpone entre otros dos, obstruyendo la luz que uno de éstos proyecta sobre el otro, y como un evento psicológico y antropológico en el que experimentamos la pérdida momentánea y anacrónica del Sol; un momento de anomalía, la noche fuera de tiempo, una experiencia, probablemente, única en la vida.

La construcción sonora de esta pieza se basa, primeramente, en la analogía de la obstrucción de la luz solar como la obstrucción del sonido asignado al Sol y, posteriormente, en la conducción de la música hacia un momento climático que correspondería a aquel de mayor expectación humana durante un eclipse.

Dentro de estas dos concepciones dicho momento climático podría situarse en momentos diferentes, dependiendo de los fenómenos que se deseen analizar. Por un lado, astronómicamente hablando, el interés podría depositarse en observar lo que sucede durante la totalidad,<sup>245</sup> al ser este el punto más antitético en la normalidad del día. Por otro, empero, haciendo referencia al nombre de esta pieza y al fenómeno que estudia, el momento de mayor interés se plantea “un minuto antes de la totalidad”, lo cual coincide con el momento de mayor expectación, psicológicamente hablando.

La disimilitud entre estas dos perspectivas de análisis plantea un contraste entre los elementos que pueden ser sonificados en una y otra y, aun cuando coinciden, en la forma en que esto puede hacerse. Un mismo factor, como el volumen de los astros, es enormemente diferente en la realidad que en nuestra percepción. Adicionalmente, el Sol, la Luna y la Tierra tienen cualidades con dinámicas y características muy diferentes entre uno y otro, como los

---

<sup>244</sup> *Op. cit.*

<sup>245</sup> En este contexto, *totalidad* o *banda de totalidad* se refiere al lapso en que la Luna cubre por completo al sol.

movimientos de rotación y traslación, la atmósfera de cada uno, o el albergar distintas formas de vida. Estos hechos dificultaron establecer analogías sistemáticas para sonificar la actividad de los tres astros, por lo que algunos parámetros musicales no se presentan de manera uniforme a lo largo de toda la pieza.

Las analogías con las que trabajé fueron las siguientes:

*Luz/Sol – sonoridad potente con espectro tímbrico amplio:* la asignación de una sonoridad para representar a cada astro podía basarse en múltiples elementos, como su volumen, su composición, su magnitud o su masa. Sin embargo, lo que más me interesó plasmar es el momento en el que la Luna cubre por completo al Sol, ya que ese es el acontecimiento principal durante un eclipse solar. Por ello, para representar la potencia de la luz solar que todo lo ilumina utilicé un bombo, instrumento que por sus características organológicas tiene una sonoridad capaz de cubrir a una orquesta entera cuando se toca en su máxima intensidad dinámica.

El timbre del bombo es coloreado y complementado con un set de cinco huehuetl que tienen una doble función a nivel conceptual. La primera es de corte antropológico al buscar incorporar un elemento que hiciera alusión al México prehispánico. La segunda es para establecer una relación tímbrica con el piano, instrumento que representa a la Tierra. Este punto es explicado con mayor detalle más adelante.

A lo largo de la pieza, se escucha constantemente al bombo haciendo cambios de articulación abruptos y esporádicos que simbolizan la actividad solar (manchas solares, fulguraciones, cambios en el campo magnético o erupciones). Paralelamente, durante la primera mitad de la pieza existe un motivo rítmico que se va gestando poco a poco en los instrumentos solares, hasta que en el minuto 5:52 aparece íntegro en los huehuetl. Dicho motivo, que aparece también con ligeras variaciones, consta de 11 notas que representan, simbólicamente, los 11 años que duran los ciclos de las manchas solares.

*Sombra/Luna – sonoridad potente capaz de obstruir al Sol:* como se explicó anteriormente, la sombra no es ausencia de luz sino la obstrucción de ésta, por lo que a la Luna, cuerpo que pese a su tamaño menor es capaz de cubrir momentáneamente al Sol a la vista terrestre, se le asignó una sonoridad igualmente potente. No se trata, pues, de tapar por completo el sonido del Sol, sino de obstruir su “visibilidad” o inteligibilidad.

Dicha sonoridad corresponde a un tam-tam, el cual, gracias a su capacidad dinámica (amplitud) y a sus cualidades tímbricas, es capaz de interferir con la potente “luz” del bombo. El timbre del tam-tam es coloreado y complementado con un set de 5 gongs que cumplen las mismas funciones que el set de huehuetl, con la diferencia de que la referencia histórico-antropológica es hacia otras culturas fuera de México.

The image shows a musical score for percussion and piano. At the top left, there is a box with the letter 'G' and a black circle, indicating the key signature of G major. The percussion part consists of four staves: Bmb. (Bambusa), Hue. (Huey), T.-t. (Tam-tam), and Gng. (Gongs). The piano part (Pno.) is written in G major. The score is divided into three measures. In the first measure, the Bmb. and T.-t. play a strong *f* (forte) note. The Hue. and Gng. play a *ff* (fortissimo) note. The piano part features a triplet of eighth notes in the right hand and a triplet of eighth notes in the left hand. In the second measure, the Bmb. and T.-t. play a *f* note. The Hue. and Gng. play a *ff* note. The piano part features a triplet of eighth notes in the right hand and a triplet of eighth notes in the left hand. In the third measure, the Bmb. and T.-t. play a *f* note. The Hue. and Gng. play a *ff* note. The piano part features a triplet of eighth notes in the right hand and a triplet of eighth notes in the left hand. The score is marked with *f* (forte) and *ff* (fortissimo) dynamics. The piano part also includes a *p* (piano) dynamic marking. The score is marked with a '3' indicating a triplet. The piano part also includes a *#* (sharp) marking. The score is marked with a '3' indicating a triplet. The piano part also includes a *#* (sharp) marking. The score is marked with a '3' indicating a triplet. The piano part also includes a *#* (sharp) marking.

Fig. 27: transcripción de fragmento de la partitura original donde se observa en morado el motivo completo del sol, replicado por los gongs.

A lo largo de la pieza, la Luna va haciendo eco del motivo rítmico solar desfasándose levemente, hasta que en el minuto 5:52 suenan al unísono, como analogía de la alineación entre estos dos durante la totalidad. Los gongs y el tam-tam también replican otras figuras rítmico-melódicas que se presentan en el piano, como analogía de las relaciones entre la Luna y la Tierra.

The image shows a musical score for percussion and piano. The percussion part consists of four staves: Bmb. (Bass Drum), Hue. (Hi-hat), T.-t. (Tom-tom), and Gng. (Gong). The piano part consists of two staves (treble and bass clef). The time signature is 3/4. The score is divided into two measures. In the first measure, the Bmb. plays a quarter note with a 'rim' marking. The Hue. plays a quarter note with a '\*' marking. The T.-t. plays a quarter note with an accent (>) and 'l.v.' marking. The Gng. is silent. The piano part is silent. In the second measure, the Bmb. is silent. The Hue. plays a quarter note with a '3' marking and 'mf' dynamic. The T.-t. plays a quarter note with a '3' marking and 'mf' dynamic. The Gng. plays a quarter note with an accent (>) and 'mf' dynamic. The piano part plays a quarter note with an accent (>) and 'mf' dynamic. The bass clef part has a 'mf' dynamic and a 'p' dynamic marking with a wedge-shaped crescendo/decrescendo symbol.

Fig. 28: transcripción de fragmento de la partitura original donde se puede apreciar la célula rítmica de treintaidosavos pasando de un instrumento a otro, siendo retrogradada y variada a tresillos de dieciseisavo v de octavo.

*Velocidad de traslación lunar – tempo musical:* la Luna orbita la Tierra a una velocidad promedio aproximada de 3,670 km/h. La velocidad de desplazamiento espacial de un objeto puede analogarse con la velocidad a la que la música transcurre en el tiempo. Considerando que el tempo musical se mide en número de pulsos por minuto y que la unidad fundamental de medida en el sistema métrico decimal es el metro, la expresión análoga para la velocidad a la que

la luna se desplaza sería 61,166 m/m, o sea, dividiendo 3,670 km entre 60 minutos. Dado que convertir esta medida sin modificaciones a cualquier cifra musical es imposible, opté por tomar los primeros dos decimales como tempo en una métrica de cuartos ( ♩ ) para mayor facilidad al momento de leer, ejecutar y dirigir la música.

La velocidad de rotación terrestre no fue tomada en consideración, porque lo que percibimos desde la Tierra no es el movimiento de ésta, sino el aparente movimiento de los otros dos astros.

*Alineación – sincronía musical:* la alineación física del Sol y la Luna vista desde la Tierra es representada con una alineación o sincronización musical entre los instrumentos solares (bombo y huehuetl) y los instrumentos lunares (tam-tam y gongs). El motivo rítmico del Sol, que se fue conformando poco a poco desde el inicio de la pieza, fue replicado parcial e intermitentemente, mas nunca de manera sincrónica, hasta llegar a la banda de la totalidad. En ese momento (minuto 5:52) la Luna ejecuta el motivo completo en perfecta sincronía con el Sol, con iguales dinámicas e iguales cambios de altura entre los huehuetl y los gongs. El bombo y el tam-tam también tocan exactamente lo mismo.

*Duración de eclipse – duración de la pieza:* la duración total de la pieza (ca. 15 minutos), la duración musical de la totalidad y el “*minute Avant*” de ésta se corresponden proporcionalmente con las duraciones reales promedio de un eclipse, respectivamente. Existe un margen de flexibilidad en la duración de la pieza que responde a la interpretación de ésta y que representa la variabilidad en las duraciones de los eclipses. La banda de la totalidad dura 20 segundos aproximadamente y ocurre en la zona central de la pieza. Los 6 segundos que la preceden corresponden proporcionalmente a un minuto antes de que ésta ocurra.

*Trayectoria de la Luna – estructura general de la pieza:* dado que la música se desarrolla en el espacio-tiempo al igual que lo hace la trayectoria de la Luna, para la representación del desplazamiento de ésta designé como analogía la forma o estructura de la pieza.

Durante un eclipse la Luna no se desplaza de manera diferente a como lo hace habitualmente; sin embargo, durante esos momentos se cuenta con un punto de referencia, que es el Sol. Esto abre la posibilidad de imaginar su trayectoria como una forma A-B-A', en donde A corresponde al lapso desde que la Luna comienza a cubrir al disco solar, B a la banda de la totalidad, y A' desde el término de la totalidad hasta que la Luna abandona por completo al Sol.

Musicalmente esta es la estructura general de la pieza: desde el inicio (sección A) la música se desarrolla en un *crescendo* gradual que culmina en la totalidad (sección B), para, posterior a ésta hacer una suerte de retrogradación de ritmos y alturas de toda la primera mitad

(sección A'). Si bien, pasando la totalidad, la Luna no modifica la dirección de su desplazamiento ni recorre de regreso su camino, el desenvolvimiento de la música en el tiempo tampoco lo hace.

*Percepción humana – clímax de la pieza:* la manera en que percibimos un eclipse está completamente determinada por nuestra localización en la Tierra; de esto dependerá si vemos un eclipse parcial, total o si no lo vemos. La analogía locativa no funciona porque lo que se está representando es un eclipse total percibido como tal, así que desplazar a la audiencia para que perciba la pieza total o parcialmente no se corresponde con el planteamiento general. Por ello, para este parámetro opté por asignar una metáfora en vez de una analogía, lo cual, además, tiene una connotación más cargada hacia la subjetividad que hacia la objetividad, algo que parece pertinente al tratarse de la percepción humana.

Así, conforme a lo descrito en los primeros párrafos de este apartado, durante la expectación de un eclipse el punto máximo de tensión puede ubicarse justo en el instante en que la Luna cubre por completo al Sol, manteniéndose estable durante la totalidad. Esto se refleja musicalmente con un *crescendo* en la parte central de la pieza que llega a la dinámica más *forte* en toda la obra. Una vez que se alcanza esta dinámica permanece sólo la resonancia de una nota acentuada en *tutti*.

*Tierra – sonoridad compatible con el Sol y la Luna:* para representar a la Tierra seleccioné un piano por pertenecer, en tanto percusión, a la misma familia que los instrumentos solares y lunares, pero al mismo tiempo por distinguirse de éstos por ser temperado. Esto permite una suerte de amalgama en la que la dirección de los saltos interválicos y los ritmos de los huehuetl y los gongs son imitados por el piano, aunque las notas no se correspondan. La interacción entre el piano y los instrumentos lunares y solares responde casi siempre a gestos musicales que ellos detonan, pero algunas veces también genera sus propias sonoridades a partir de procesos que ocurren sólo en la Tierra durante un eclipse, como lo son las bandas de sombra (ver Fig. 29).

En el ámbito armónico y melódico, el piano utiliza las notas Do, Mi, Fa, Fa#, Sol, Sol# y Si (en diferentes octavas o índices), cuyas frecuencias son correspondientes al Helio, Magnesio, Hidrógeno, Hierro, Oxígeno, Nitrógeno, Azufre y al Niquel,<sup>246</sup> respectivamente, elementos predominantes en la composición del Sol, la Luna y la Tierra. El Helio y el Magnesio comparten notas Mi porque sus frecuencias Larmor (2.6 y 42.5 Hz, respectivamente) corresponden a esta altura musical, aunque en diferente octava.

---

<sup>246</sup> Para una explicación detallada de esta analogía ver el capítulo 1.

Fig. 29: transcripción de fragmento de la partitura original en donde se observa la representación de las bandas de sombra como seisillos ondulantes en el piano.

El proceso seguido para llegar al resultado final consistió en desglosar cada uno de los componentes que intervienen durante un eclipse, analizarlos por separado e ir generando propuestas sonoras a partir de cada uno de ellos.

El primer ámbito que estudié fue el astronómico; primero, las características de cada astro: su masa, su temperatura, su gravedad, su densidad, su magnitud, su diámetro, su volumen, entre otras cosas; posteriormente, la manera en que estas características intervienen durante un eclipse; finalmente, los fenómenos relacionales entre el Sol, la Luna y la Tierra.

Como resultado de recurrentes reflexiones sobre esta información logré discernir que, si bien un eclipse es un suceso que ocurre debido a todas esas características, desde la percepción humana no es la temperatura, la densidad o la gravedad del Sol o la Luna lo que percibimos, sino el ocultamiento u obscurecimiento de un astro por otro.

Lo anterior me llevó al siguiente plano de estudio: el antropológico, desde la psicología hasta la historia. Primeramente, ¿qué sucede a nivel emocional, sensorial y corporal cuando experimentamos un eclipse?; después, ¿qué sucede a nivel social durante un eclipse, tanto

individual como grupalmente? Finalmente, ¿qué ha sucedido históricamente a nivel social durante los eclipses?

De estos razonamientos se desprendieron diversas propuestas musicales que contemplaban diferentes duraciones y dotaciones instrumentales y que sirvieron como un primer aproximamiento para decantar los elementos funcionales. Una de ellas, por ejemplo, titulada *Eclipse no. 2*, es una pieza corta escrita para trío de bombo, tam-tam y tarola. Aquí el tam-tam ejecuta un *crescendo* que va de *pppp* a *fff* durante la primera mitad de la pieza, para regresar gradualmente a una dinámica *pppp* en la segunda mitad, como analogía de la Luna cubriendo el sonido del Sol (bombo). El bombo comienza marcando el tempo en cuartos a 61 bpm simbolizando el transcurrir de los segundos, y posteriormente complejiza el ritmo introduciendo acentos y figuraciones rápidas que representan la actividad solar. La tarola únicamente colores y complementa a los otros dos instrumentos con figuras breves que buscan generar tensión e incertidumbre durante la primera mitad de la pieza. Esta pieza fue escrita en 7/8 para traté de plasmar el ciclo lunar de 27.3 días.

En otra propuesta además de plasmar los 27 días del ciclo lunar incluí también los 7 días que dura una semana, buscando convergencias entre la Luna y la Tierra. Esta opción pronto fue descartada porque durante un eclipse dichos datos no son relevantes. Fue así como logré ir hilvanando la estructura final de *Une minute avant l'éclipse totale*, tratando de incorporar todos los aspectos que me parecen determinantes y más relevantes vinculados a un eclipse.

La decisión de asignar al Sol y a la Luna un bombo y un tam-tam, respectivamente, además de su gran potencia sonora, tiene que ver con la forma de éstos como analogía de la forma de los astros y con la presencia de los instrumentos de percusión en prácticamente todas las culturas ancestrales. Percusiones y eclipses, dos elementos que históricamente han compartido ritos y ceremonias alrededor de todo el mundo, unos por participar en ellas en tanto instrumento ceremonial y otros por propiciarlas al ser interpretadas como augurios de peligro.

El resultado final de esta pieza es una suma de perspectivas, reflexiones, versiones, aprendizajes, errores, aciertos y decisiones hechas a lo largo de un año, desde que fui invitada a l'École polytechnique por Jean-Marc Chomaz, a quien agradezco profundamente haberme introducido al maravilloso e infinito mundo de los eclipses.

#### **4.4 Conclusiones**

Desde mi apreciación y marco intencional, esta composición logra un balance ideal entre los lineamientos teóricos originados en la ciencia y el proceso de analogación, y las libertades creativo-musicales originadas en la subjetividad. Si bien, al volver sobre mis propios pasos y

analizar el trabajo terminado, me doy cuenta de que hubo otros caminos que pude haber tomado, como el asignar la amplitud como analogía del volumen del Sol y de la Luna para así crear el clímax con un *acelerando* en vez de un *crescendo*, creo que esta pieza refleja un aprendizaje y desarrollo de cualidades en comparación con los anteriores procesos de sonificación (*Cromatofonía* y *Tríptico fluvial*).

Una diferencia muy significativa fue el haber incorporado la experiencia humana como parámetro a sonificar, pues además de haber fungido musicalmente como hilo conductor, acerca más el proceso de composición a un plano subjetivo, el cual, especialmente en *Cromatofonía* (ver cap. 2), traté de limitar al mínimo.

Si hubiera escrito esta pieza siguiendo el mismo procedimiento que en *Cromatofonía*, el resultado habría sido un conjunto de sonidos relativamente desvinculados entre sí, hasta el momento en que algún o algunos parámetros musicales se unificaran durante la totalidad. Al colocar la percepción humana como punto de partida para conceptualizar los eclipses se genera un marco contenedor dentro del cual se desarrolla cada parte musical bajo una misma lógica-estética unificadora.<sup>247</sup>

Otra diferencia –algo que ya había hecho desde *Tríptico fluvial*– fue el permitir cierto grado de flexibilidad al sonificar los datos, como en el caso de la duración de los eclipses o el momento exacto en que comienzan a observarse las bandas de sombra. Si bien existen estadísticas y promedios numéricos de esos fenómenos, entre un eclipse y otro también hay cierto rango de variabilidad, por lo que sonificar esos datos de manera rígida apegándose a una cifra que solamente representa un promedio general, sería incongruente con la realidad percibida. Aunado a esto, forzar rigurosidades numéricas conlleva el riesgo de conducir la composición nuevamente hacia lugares lejanos a la subjetividad, un ámbito, por otra parte, tan común y elemental a lo largo de la historia de la música en distintas culturas.

Finalmente, considero que en esta pieza logré abordar de manera más extensiva los campos desde donde puede ser estudiado un eclipse. En *Cromatofonía* me limité a sonificar datos correspondientes a la composición del suelo con base a la información que arroja un cromatograma de un suelo virgen; en *Tríptico fluvial* incluí ya una condición antrópica –la contaminación progresiva de un río por actividades humanas– y una consideración antropocéntrica que interpreta un río con determinadas características como *muerto*, aunque para ciertos organismos pueda ser un entorno apto para su reproducción. Esto, sin embargo,

---

<sup>247</sup> Tomo aquí el concepto de estética por su sentido etimológico, de estudio o ciencia de las sensaciones y la percepción, y no por su acepción moderna sobre “lo bello”.

sigue sin contemplar las implicaciones o afectaciones sociales de ese río, así como consideraciones geográficas o climatológicas.

Incluir toda esta información en una sola pieza resulta imposible, especialmente si la metodología composicional que se sigue es la sonificación de datos. En *Une minute avant l'éclipse totale* también dejé fuera o tomé solo lo esencial de cierta información, pero realicé un análisis más abarcador de las posibles vertientes de un eclipse y consideré parámetros diversos de ellas para la analogación y sonificación.

Cada creación artística, sea musical, literaria, plástica, fotográfica, etcétera, siempre resulta en un afluyente de ideas acerca de qué más se podría hacer o qué otros caminos se podrían haber tomado. Así ahora, me quedo con la curiosidad y el deseo de explorar las posibilidades musicales que veo a posteriori y de llevarlas a cabo en un futuro cercano.



## Conclusiones generales

Siempre escribir las primeras líneas de esta sección es difícil, casi tan difícil como enfrentarse a la *tabula rasa* al inicio de una tesis. Y es que el cierre de un proyecto al cual se le ha dedicado tiempo, esmero y pasión, y el cual nos ha devuelto por igual satisfacciones y adversidades durante cuatro años, es complejo de resumir en algunos cientos de palabras. Pero ningún sentimiento experimentado a lo largo de este proceso es equiparable al talante de los aprendizajes que deja un proyecto de esta envergadura.

En el caso de este trabajo, el mayor reto a nivel personal y profesional, uno en el que jamás imaginé verme inmersa, fue el tener que reconfigurar mi proceso de composición para desarrollar desde cero una propuesta que involucraba conceptos y procedimientos complejos a los que jamás me había aproximado de esta manera.

Si bien durante la maestría trabajé con transformaciones que se asemejan en cierto sentido a la sonificación (intermediación e intersemiosis), ésta tiene metodologías que inherentemente traspasan las fronteras del ámbito artístico y que, hasta ahora, tienen límites desconocidos, pues la vastedad de información sonificable y los modos para hacerlo son incalculables.

En la introducción de este escrito narro brevemente la manera en la que llegué a este proyecto, con conocimientos incipientes en ecología y sin dimensionar el gran reto al que me enfrentaba. Ahora, es momento de describir la forma en la que salgo de esta empresa.

En términos académicos mi bagaje cultural se nutrió enormemente y de manera inesperada al terminar inmersa en temáticas medioambientales, siendo que el plan inicial era trabajar únicamente con cuerpos de agua. Lo que al principio fue un obstáculo mayor (la suspensión indefinida de actividades por la pandemia de COVID-19) me forzó a buscar alternativas de trabajo para sacar adelante mi investigación doctoral.

Fue así como llegué a la edafología, a la mineralogía y a la cristalografía, tres ciencias que, desde un estudio a nivel básico, trajeron a mí una consciencia de mi entorno que abrió nuevas perspectivas en mi modo de entender el mundo, de relacionarme con él y, sobre todo, nuevas perspectivas para crear.

De esta etapa, además de lo ya mencionado, uno de los mayores aprendizajes que adquirí fue el valor de la subjetividad y de su importancia en las ciencias y en las artes. Al ser éste mi primer acercamiento a las ciencias desde las artes y al proceso de sonificación y analogación, recorrí un camino que no estaba trazado –para mí– y que implicó un alto grado de

experimentación. Como si se tratase de una receta, al inicio del proceso compositivo me apegué lo más posible a las indicaciones y lineamientos establecidos junto con mi tutor, lo que derivó en un resultado teóricamente bien sustentado, pero al cual le faltó *sazón*.

Al igual que cualquier proceso de aprendizaje el resultado fue de un nivel que cumplió moderadamente mis expectativas, precisamente por la falta de experiencia, pero que sentó buenas bases para la siguiente pieza.

Cuando los contagios por coronavirus finalmente comenzaron a ceder, pude retomar el rumbo inicial de mi investigación y centrarme en las cuencas hidrológicas. El primer paso fue inadvertidamente revelador y devastador: conocer la realidad hídrica en México y el futuro tan desalentador que nos espera. Esto supuso un accionar directo en mi quehacer artístico y mi involucramiento con el medio ambiente y, si acaso había titubeado acerca del tema y la metodología de mi investigación, esta fue la corroboración de que sí estaba en el camino correcto: haciendo algo con lo que sentía un compromiso ético enraizado en mi ser.

Comencé, de esa manera, a navegar aguas poco profundas cuyo caudal fue engrandeciéndose cada vez más hasta desembocar en aguas turbias y agitadas. El haber podido trabajar de cerca con Adriana Flores-Díaz y con Alternare, y el haber realizado monitoreo de aguas en el río San Juan sirvió para esclarecer todas las dudas que tenía –y las que no tenía también– y desmentir creencias basadas en las ficciones con que nos bombardean el consumismo y el capitalismo.

Este capítulo me condujo a un punto de quiebre en mi posicionamiento ético, artístico y personal: implanté un cambio de hábitos en pro del medio ambiente y decidí continuar por esta línea de investigación-creación en proyectos futuros. Ahora la conciencia medioambiental permea mi vida gracias a toda la información que obtuve de esta pesquisa.

Aunado a esto, la composición de *Tríptico fluvial* me permitió retomar quehaceres musicales antaño ignorados y subsanar brechas de aprendizaje en materia orquestal. Tal vez haya sido también esta una razón por la cual aflojé un poco la cuerda en el rigor para cumplir las analogías, lo cual no implica que no las haya respetado, sino que hubo secciones en donde preferí dar prioridad al flujo musical y al idioma orquestal, desviándome levemente de éstas.

Naturalmente, el resultado de esta segunda sonificación/composición se deja ver en la manera misma de enunciar este proceso. Ahora ya no es sólo un ejercicio de analogar parámetros hídricos con parámetros musicales, sino, además, es un ejercicio de composición; esto es, que la musicalidad –ejercida desde la subjetividad– adquiere un papel igual de relevante que la sonificación.

La última vertiente que tomó mi trabajo, tan imprevista como la edafología, fue la astronomía. Si bien el fenómeno de los eclipses se separa del trabajo anteriormente realizado con suelos y aguas al no haber una consecuencia negativa derivada de actividades antropogénicas, los puntos de encuentro entre los tres temas son cuantiosos.

La conciencia adquirida sobre la importancia del balance entre la objetividad metodológica y la subjetividad creativa encontró su punto cúspide en esta etapa, pues aquí se coloca a la humanidad en primer plano, en tanto espectadora e interpretante de un eclipse. Esta pieza no sólo busca no dejar de fuera la percepción humana, sino que lo incluye desde la sonificación misma: se le adjudica una analogía musical que, en este caso, correspondió a las dinámicas musicales.

Este capítulo constituyó un tercer cambio sustancial a nivel estructural y fue decisivo para definir el tema central de todo mi trabajo. Conforme al mapa que yo había diseñado, el último capítulo de la tesis abordaría la sonificación de un cuerpo de agua distinto a un río para respetar el postulado inicial de trabajar vínculos entre agua y música. Cuando llegué al laboratorio de hidrodinámica de l'École polytechnique y acordé con Jean-Marc Chomaz que nuestra colaboración abordaría los eclipses, supe que mi tema ya no era agua y música, sino música y medio ambiente, pues me encontraba ante un trabajo que involucraba suelos, ríos y ahora astros.

Fue así que mi proyecto doctoral se fue moldeando durante 4 años conforme las circunstancias sociales y académicas lo demandaron, hasta llegar a lo que aquí se presenta. Un trabajo que transformó sus metodologías y su estética tanto como sus postulados, pero que me dejó un mayor aprendizaje del que yo esperaba.

La última composición de este ciclo, *Une minute avant l'éclipse totale*, es la que logró mayor satisfacción a nivel personal. Considero que los mayores aciertos de esta pieza son: que encuentra un balance ideal entre rigor y libertad, que logra incorporar elementos teóricos de diversas perspectivas que confluyen en un eclipse, y que el número y la selección de parámetros para sonificar, así como las analogías asignadas a cada uno de ellos, fueron los adecuados para haber podido escribir una pieza que no se apartara de éstos y que, a su vez, permitiera desarrollar la musicalidad de la obra de principio a fin.

Este trabajo implicó un profundo despertar a la realidad social y ambiental que no puede ni debe ser eludida e ignorada, y una realidad musical y académica que de ahora en adelante quiero transitar. Cada etapa me dejó un aprendizaje y herramientas distintas a la anterior y todas ellas me serán de gran utilidad para construir dicha realidad.

Al igual que el suelo, el agua y los planetas se interrelacionan simbióticamente para preservar un orden cósmico esencial para nuestra existencia, si la teoría y la técnica, la

objetividad y la subjetividad, las ciencias y las artes se complementan pueden resultar relaciones que despierten en nosotras un interés por lo demás, lo externo, lo desconocido y así, desde las humanidades y la humanidad, crear una conciencia social que esté en concordancia con la ética ecocéntrica que en el primer capítulo de este documento se plantea. Apremia, pues, la necesidad de generar modos holísticos de vivir y de pensar si queremos resarcir los daños del antropoceno y del capitaloceno, y evitar la inminente catástrofe que amenaza nuestro futuro.

## BIBLIOGRAFÍA

### Arte, cultura y teoría de la música

- BROUGHTON, Simon (2011). "Bartók and 'world music'" en JOHN, Nicolas (ed.). *The stage Works of Béla Bartók*. United Kingdom: Overture publishing. Disponible en: [https://www.google.com.mx/books/edition/Stage Works of Bela Bartok/GoJiDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=the%20course%20of%20the%20danube%20bela%20bartok&pg=PA14&printsec=frontcover](https://www.google.com.mx/books/edition/Stage_Works_of_Bela_Bartok/GoJiDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=the%20course%20of%20the%20danube%20bela%20bartok&pg=PA14&printsec=frontcover) [fecha de consulta: 31 de octubre de 2023].
- CARREÑO, Víctor (2015). "¿Qué es la investigación- creación?" en *SituArte*, vol. 9, núm. 17. Maracaibo, Venezuela: Universidad del Zulia. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/situarte/article/view/19632>
- DIRECCIÓN DE DIFUSIÓN Y RELACIONES PÚBLICAS (2022). Boletín núm. 505. Disponible en <https://inba.gob.mx/multimedia/prensa/galerias/16522/16522-bol.505.la.saps.presenta.la.travesia.conferencia.performatica.de.veronica.gerber.basada.en.obra.de.siqueiros.pdf> [fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].
- GONZÁLEZ AKTORIES, Susana & Irene ARTIGAS ALBARELLI (eds.) (2009). *Entre artes, entre actos. Ecfrasis e intermedialidad*. México: Bonilla Artigas Editores, UNAM.
- HERNÁNDEZ PÉREZ, Azucena (2016). "Eclipses", Base de datos digital de iconografía medieval. Universidad Complutense de Madrid. Disponible en <https://www.ucm.es/bdiconografiamedieval/eclipses> [fecha de consulta: 28 de agosto de 2023].
- LÓPEZ-CANO, SAN CRISTÓBAL (2014). *Investigación artística en música. Problemas, métodos, experiencias y modelos*. Barcelona: FONCA.
- KRAMER, G. (ed.) (1994). *Auditory Display: Sonification, Audification and Auditory interfaces*. Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity.
- NERVO, Amado (1898/1952/1973). "¡Lo que dice el agua!", Guadalajara, Jalisco, 26 de junio de 1898. En *Obras completas*, edición, estudio y notas de Francisco González Guerrero, Madrid: Aguilar, 1952; t. I, pp. 798–799 (en la edición corregida de 1973, pp. 741–742).
- PAREYÓN, Gabriel (2011). *On Musical Self-Similarity*. Imatra: The International Semiotics Institute.

PAREYÓN, Gabriel (2016). "Music as a Carbon Language: A Mathematical Analogy and its Interpretation in Biomusicology" en *MusMat: Brazilian Journal of Music and Mathematics*, vol. I, núm. 1, pp 25–43.

PAREYÓN, Gabriel (2018). *Resonancias del abismo como nación: aproximaciones transdisciplinarias a la filosofía de la música y la musicología en México*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Música.

RINCÓN SERRATOS, Jazmín (2016). *La narrativa histórico-musical del "clasicismo en México" a partir de Robert Stevenson y sus alternativas actuales*. Memorias del XI encuentro Científico Simposio Internacional de Musicología.

RUEDA FLORES, Aketzalli (2019). *El sonido de la vida vegetal - sonificación de genes MADS-box involucrados en el ciclo de vida de Arabidopsis thaliana*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Música.

WALKER, Bruce N. & Michael A. NEES (2011). "Theory of sonification" en Hermann *et. al.* (eds.) (2011). *The sonification handbook*. Berlín: Logos Verlag.

### **Ecología, astronomía, ética y antropología social**

AIRY, G. B., E. DUNKIN, G. HUMPHREYS, J. MILAND, J. M. AGARDH, T. R. ROBINSON (1851). "The Observations of the Total Solar Eclipse of July 28, 1851" en *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, Vol. 21, p.1.

ARROJO AGUDO, Pedro (2010). *Crisis global del agua: valores y derechos en juego*. Barcelona: Edicions Rondas.

AVENI, Anthony F. (1991). *Observadores del cielo en el México antiguo*. Ciudad de México: FCE.

AVENI, Anthony F. (2017). *In the Shadow of the Moon: The Science, Magic, and Mystery of Solar Eclipses*. New Heaven: Yale University Press.

AVICE, Matthias, Thomas KESSOUS, Augustin RIBADEU DUMAS & Alex TORDJIMAN (2021). *Rapport de PSC*. École Polytechnique, Paris.

ÁVILA GARCÍA, Patricia (1996). *Escasez de agua en una región indígena de Michoacán: el caso de la Meseta Purépecha*. Zamora, Michoacán: El colegio de Michoacán, A.C.

- AYALA CARRILLO, María del Rosario, Emma ZAPATA MARTELO & Ramón CORTÉS (2017). “Extractivismo: expresión del sistema capitalista-colonial-patriarcal” en *Ecología política. Cuadernos de debate internacional*, núm. 54. Catalunya: Icaria editorial.
- BAUTISTA, Francisco (2010). “Los suelos de Latinoamérica: retos y oportunidades de uso y estudio” en *Boletín del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica*, vol. 2, núm. 3, pp 93-142.
- BECERRA PÉREZ, Mariana, Jaime SÁINZ SANTAMARÍA & Carlos MUÑOZ PIÑA (2006). “Los conflictos por agua en México” en *Gestión política y pública*, vol. XV, núm. 1, pp 111-143. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v15n1/1405-1079-gpp-15-01-111.pdf> [fecha de consulta: 20 de enero de 2020].
- BRACAMONTES NÁJERA, Luis, Mariela FUENTES PONCE, Luis Manuel RODRÍGUEZ SÁNCHEZ & Juan MACEDAS JIMÉNEZ (2018). *Manual de indicadores biológicos de la salud del suelo*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- BRESSON, Gédéon (1860). “Sur l'éclipse totale de soleil du 18 juillet dernier” en *La science pour tous*, año 5, núm. 41.
- BRINTON, DANIEL G. (1895). *A Primer of Mayan Hieroglyphics*. Philology and Literature Publications of the University of Pennsylvania.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA) (2018). *Estadísticas del agua en México*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA) (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CORTÉS-ALCARAZ, Sergio, Pilar RAMÍREZ-RIVERA, Peter CHUNG-ALONSO & Santiago ARCEO-DÍAZ (2021). “Captación de lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable” en *CIENCIA UANL* vol. 24, núm. 107. Disponible en: <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=11005#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20y%20Mesoam%C3%A9rica%20diversas,jag%C3%BCeyes%20bordos%20entre%20otros.>
- DOMÍNGUEZ, Judith (2016). “Revisión histórica de las sequías en México: de la explicación divina a la incorporación de la ciencia” en *Tecnología y ciencias del agua*, vol. VII, núm. 5, pp. 77-93. Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

- ESCOLERO FUENTES, Óscar, Carlos GUTIÉRREZ OJEDA, & Edgar Yuri MENDOZA CÁZARES, eds. (2017). *Manejo de la recarga de acuíferos: un enfoque hacia Latinoamérica*. Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- FAYE, Herve (1860). *Observation en Algérie de l'éclipse de soleil du 18 juillet 1860*.
- FIERRO, Julieta (2023). "Eclipses en México 2023 y 2024" en *revista de la Universidad de México*. Disponible en: <https://www.revistadelauniversidad.mx/articles/a08bc2ab-c03a-460e-8d62-fea53a8cb520/eclipses-en-mexico-2023-y-2024>
- FOWKES, Maja and Reuben (2022). *Art and Climate Change*. New York: Thames & Hudson.
- GALINDO TREJO, Jesús (1991). "Eclipses en el pasado" en *México desconocido* núm. 172, año XIV, junio 1991, pp. 14-22. México.
- GUILLERMIER, Pierre & Serge KOUTCHY (1999). *Total Eclipses: Science, Observations, Myths and Legends*. UK: Springer Science & Business Media.
- NÁJERA CORONADO, Marta Ilía (1995). "El temor a los eclipses entre comunidades mayas contemporáneas" en VARELA TORRECILLA, Carmen, Juan Luis BONOR VILLAREJO & María Yolanda FERNÁNDEZ MARQUÍNEZ (coords.) *Religión y sociedad en el área maya*, pp. 319-327. España: Sociedad Española de Estudios Mayas.
- KRICKEBERG, Walter (1980). *Mitos y leyendas de los aztecas, incas, mayas y muiscas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- LAGRANGE, E. (1926). "Les ombres volantes" en *Ciel et Terre*, vol. 42, p. 153. Bruselas: Bulletin of the Société Belge d'Astronomie.
- LEOPOLD, Aldo (2004). "La ética de la tierra" en (VALDÉS, Margarita M., comp.) *Naturaleza y valor: una aproximación a la ética ambiental*, pp. 25-44. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- LEOPOLD, Aldo (1989). *A sand county almanac, and sketches here and there*. New York: Oxford University Press.
- LITTMANN Mark, Fred ESPENAK & Ken WILLCOX (2008). *Totality. Eclipses of the Sun*. New York: Oxford University Press. Disponible en: <https://www.google.com.mx/books/edition/Totality/UOnH01tv078C?hl=es-419&gbpv=1> [fecha de consulta: 13 de septiembre de 2023].

- LÓPEZ PEDRAZA, Martha Elisa & Juan Cristóbal CRUZ REVUELTAS (2015). "Modernismo, pasado-presente. El México de Saturnino Herrán" en *Tzintzun. Revista de Estudios Históricos*, núm. 61, pp. 163–178. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-719X2015000100005&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-719X2015000100005&lng=es&nrm=iso) [fecha de consulta: 13 de febrero de 2020].
- MATHER, A.S & K. CHAPMAN (1995). *Environmental Resources*. Ney York: Routledge.
- MOORE, Jason W., ed. (2016). *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History and the Crisis of Capitalism*. Oakland: PM press.
- MORALES DAMIÁN, Manuel Alberto (2010). "Hombre y medio ambiente en el pensamiento prehispánico" en *Patrimonio, identidad y complejidad social. Enfoques interdisciplinarios*, pp. 71-80. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- NAVARRO GARCÍA, Ginés & Simón NAVARRO BLAYA (2003, 2ª ed.). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. Madrid: Mundi-Prensa. Disponible en <https://books.google.com.mx/books?id=RSs6AgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=quimica+agricola&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjirDN2dvoAhVJIKwKHeuwADsQ6AEIKDAA#v=onepage&q=quimica%20agricola&f=false>.
- NAVARRO GARCÍA, Ginés & Simón NAVARRO GARCÍA (2013, 3ª ed.). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. Madrid: Mundi-Prensa.
- NIVIA TORRES, Ivonne Nathalia (2017). *Análisis del uso de la cromatografía como herramienta cualitativa de diagnóstico de la fertilidad del suelo en sistemas de producción agrícola*. Mosquera, Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente.
- OCAÑA-SERVÍN, H. L., H. M. TLATOA-RAMÍREZ, J. JAIMES-GARCÍA, M.A. KARAM-CALDERÓN, A. GARCÍA-RILLO, M.E. ARCEO-GUZMAN & M.L. PIMENTEL-RAMÍREZ (2016). "Los sacrificios humanos entre los aztecas. un contexto de poder, mito y religión" en *Elsevier: medicina e investigación* vol. 4, núm. 1, pp 42-45. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medicina-e-investigacion-353-articulo-los-sacrificios-humanos-entre-aztecas--S2214310615000424>
- OLIVAS-ENRIQUEZ, Evangelina, Juan Pedro FLORES-MARGEZ, Mónica SERRANO-ALAMILLO, Eréndira SOTO-MEJÍA, Jaime IGLESIAS-OLIVAS, Enrique SALAZAR-SOSA, & Manuel FORTIS-HERNÁNDEZ. (2011). "Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al Río Bravo" en *Terra Latinoamericana*, vol. 29, num. 4, pp. 449-457. Disponible en

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792011000400449&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000400449&lng=es&tlng=es)

OLIVIER, Guilhem (2018). *Tezcatlipoca. Burlas y metamorfosis de un dios azteca*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO) (2012). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo*. Madrid: Mundi-Prensa.

OSWALD SPRING, Úrsula, coord. (2011). *Retos de la investigación del agua en México*. Cuernavaca, Morelos: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, 2011.

PAREYÓN, Gabriel (2016). "Music as a Carbon Language: A Mathematical Analogy and its Interpretation in Biomusicology" en *MusMat: Brazilian Journal of Music and Mathematics*, vol. 1, núm. 1, pp 25-43. Disponible en <https://musmat.org/wp-content/uploads/2016/12/04-pareyon-v10.pdf>

PASCUAL-S IZQUIERDO, Raquel & Sara VENEGAS YUSTE. *La materia orgánica del suelo. Papel de los microorganismos*.

PEREVOCHTCHIKOVA, María (2013). "Retos de la información del agua en México para una mejor gestión" en *Realidad, datos y espacio. Revista internacional de estadística y geografía*, vol. IV, núm. 1, pp. 42–57. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/rde/> [fecha de consulta 23 de enero de 2020].

PÉREZ-LÓPEZ, Esteban (2016). "Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica" en *Tecnología en marcha*, vol. 29, núm. 3, pp. 3-14. Disponible en <http://dx.doi.org/tm.v29i3.2884>.

PÉREZ PÉREZ, Cruz (2008). "Sobre el concepto de valor. Una propuesta de integración de diferente perspectivas" en *Bordón. Revista de pedagogía*, vol. 60, núm. 1, pp. 99-112. Disponible en <https://recyt.fecyt.es/index.php/BORDON/article/view/28839>.

PERLÓ COHEN, Manuel & Itzkuauhtli ZAMORA SÁENZ, coords. (2019). *Estudio del agua en México: nuevas perspectivas teórico-metodológicas*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales.

RESTREPO RIVERA, Jairo & Sebastiao PINHEIRO (2011). *Cromatografía: imágenes de vida y destrucción del suelo*. Cali: Impresora Feriva.

- RODRÍGUEZ ZAMORA, Johel (2009). “Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008” en *Revista pensamiento actual*, vol. 9, num. 12-13, pp. 125-134. Universidad de Costa Rica.
- ROSALES, Rafael A. (1991). “Tonatiuh Cualó, ‘Sol comido’, Nombre Azteca de los Eclipses” en *Excélsior*, 4 de julio de 1991. Disponible en <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.files.cenapred.unam.mx/es/BibliotecaVirtual/1991C6/1991-7-4-C6-N38.PDF>.
- SAGOLS SALLES, Lizbeth (2017). “Ecoética Y Crisis ecológica. La Perspectiva De Aldo Leopold” en *Euphyia*, vol. 11, num. 20, pp. 33-44. Disponible en <https://doi.org/10.33064/20euph1359>.
- SALAZAR ORTIZ, Víctor Hugo (2012). “La visión crítica del pragmatismo ambiental respecto a la ética ambiental tradicional” en *Euphyia*, vol. 6, núm. 11, pp. 65-98. Disponible en <https://doi.org/10.33064/11euph168>.
- SALAZAR ORTIZ, Victor Hugo & LÁRIZ DURÓN, Juan José (2017). “Una crítica al antropocentrismo desde la ética ambiental” en *Euphyia*, vol. 11 núm. 20, pp. 107-130. Disponible en: <https://revistas.uaa.mx/index.php/euphyia/article/view/1363>
- SÁNCHEZ FIGUEROA, Diana Elizabeth (2010). *Acopio, uso y distribución del agua en la época prehispánica: el caso de la cultura mexicana*. Estado de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores de Aragón.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT) (2002). “Suelos” en *Informe de la situación del medio ambiente en México 2002*, pp. 85–127. Disponible en: [http://www.paot.org.mx/centro/insemarnat/informe02/estadisticas\\_2000/informe\\_2000/03\\_Suelos/3.1\\_Suelos/index.htm](http://www.paot.org.mx/centro/insemarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/03_Suelos/3.1_Suelos/index.htm) [fecha de consulta: 27 de marzo de 2020].
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT) (2012). “Agua” en *Informe de la situación del medio ambiente en México 2012*, pp. 257–316. Disponible en: [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/06\\_agua/cap6\\_1.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/06_agua/cap6_1.html) [fecha de consulta: 28 de octubre de 2023].
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT) (2016). *Agua en la cosmovisión de los pueblos indígenas en México*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.

SERRATOS, Francisco (2020). *El capitaloceno. Una historia radical de la crisis climática*. México: Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, Festina Publicaciones.

SERRATOS, Francisco (2019). “Antropoceno o capitoloceno” en *Revista de la universidad de México*, núm. 848, pp. 120-123. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

TOLEDO, Alejandro (2002). “El agua en México y el mundo” en *Gaceta ecológica*, núm. 64, pp. 9-18. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=539/53906402> [fecha de consulta: 22 de enero de 2020].

### Fuentes digitales

AZAMAR ALONSO, Aleida (2018). “Distribución de agua en México y participación ciudadana” en *Paradigma económico. Revista de economía regional y sectorial*, vol. 10, núm. 1, pp. 25-47. Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4315/431564569002/html/#:~:text=As%C3%AD%2C%20el%20Estado%20brinda%20respaldo,econ%C3%B3mica%20como%20si%20no%20fueran> [fecha de consulta: 22 de febrero de 2020].

BONFIGLIOLI, Carlo. (2008). “El yúmari, clave de acceso a la cosmología rarámuri” en *Cuicuilco*, vol. 15 núm. 42, pp. 45-60. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-16592008000400004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16592008000400004) [fecha de consulta: 26 de septiembre de 2023].

CENTRO MEXICANO DE DESARROLLO AMBIENTAL (CEMDA), FONDO PARA LA COMUNICACIÓN Y LA EDUCACIÓN AMBIENTAL (FEA), PRESENCIA CIUDADANA MEXICANA (2006). *El agua en México: lo que todas y todos debemos saber*. Disponible en: [https://www.cemda.org.mx/wpcontent/uploads/2011/12/agua-mexico\\_001.pdf](https://www.cemda.org.mx/wpcontent/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf) [fecha de consulta: 14 de enero de 2020].

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. “Recursos naturales y su uso” en *Estadísticas ambientales de cambio climático para América Latina y el Caribe*. Disponible en: <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=934230&p=6736596> [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2022].

EINSTEIN, ALBERT (1930). What I Believe: Living Philosophies XIII. *Forum and Century* (1930-1940); Oct. 1930; LXXXIV, 4; *American Periodicals*, p. 192. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://opensiddur.org/wp->

<content/uploads/2019/02/What-I-Believe-Albert-Einstein-1930.pdf> [fecha de consulta: 24 de agosto de 2023]

FLORES-DÍAZ, Adriana (2018). “La conservación y los múltiples valores de los ríos en las comunidades locales” en *Blog de la Red Mexicana de Cuencas*, 3 de octubre de 2018. Disponible en: <https://remexcu.org/index.php/blog/135-la-conservacion-y-los-multiples-valores-de-los-rios-en-las-comunidades-locales> [fecha de consulta: 7 de julio de 2021].

FUNDACIÓN POR LA SOCIALDEMOCRACIA DE LAS AMÉRICAS (FUSDA) (2008). “El agua en México” en *Medio ambiente y desarrollo: hacia un manejo sustentable del agua*. Disponible en: [https://www.senado.gob.mx/comisiones/recursos\\_hidraulicos/docs/doc12.pdf](https://www.senado.gob.mx/comisiones/recursos_hidraulicos/docs/doc12.pdf) [fecha de consulta: 16 de enero de 2020].

GARCÍA BARRIOS, Raúl. “¿Qué son los PRONACES?” en CONACYT (sitio web oficial). Disponible en: <https://conahcyt.mx/que-son-los-pronaces/> [fecha de consulta: 27 de septiembre de 2022].

GÓMEZ DURÁN, Thelma (2022). “Los desafíos ambientales de México en 2022: detener deforestación, proteger áreas naturales y valorar a comunidades forestales” en *Mongabay, periodismo ambiental independiente en Latinoamérica*. Disponible en: [https://es.mongabay.com/2022/01/desafios-ambientales-de-mexico-en-el-2022/~:text=Idioma-,Los desafíos ambientales de México en 2022%3A detener deforestación, proteger,y valorar a comunidades forestales&text=Detener la deforestación y la,tendrán para los próximos meses.](https://es.mongabay.com/2022/01/desafios-ambientales-de-mexico-en-el-2022/~:text=Idioma-,Los%20desafios%20ambientales%20de%20M%C3%A9xico%20en%202022%3A%20detener%20deforestaci%C3%B3n,%20proteger,y%20valorar%20a%20comunidades%20forestales&text=Detener%20la%20deforestaci%C3%B3n%20y%20la%20tendr%C3%A1n%20para%20los%20pr%C3%B3ximos%20meses.) [fecha de consulta: 14 de octubre de 2022].

HERRERA MONTEJANO, Eleane (2022). Alistan estreno de “La travesía”, una pieza basada en la obra de teatro de Siqueiros en *Crónica*. Disponible en: <https://www.cronica.com.mx/cultura/alistan-estreno-travesia-pieza-basada-obra-teatro-siqueiros.html> [fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].

IMADES. “Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán”. Disponible en: <HTTP://WWW.IMADES.COL.GOB.MX/INDEX.PHP/IMADES/CONTENIDO/MTA2OTk=#:~:TEXT=LA%20SIERRA%20MANANTL%C3%A1N%20ES%20TAMBI%C3%A9N,%2C%20MINATITL%C3%A1N%2C%20COMALA%20ENTRE%20OTRAS.> [fecha de consulta: 24 de abril de 2020]

INSTITUTO DE INFORMACIÓN ESTADÍSTICA Y GEOGRÁFICA DEL ESTADO DE JALISCO (IIEG) (2014). *Conociendo Jalisco*. Disponible en: [https://iieg.gob.mx/contenido/Economia/Conociendo Jalisco 2014.pdf](https://iieg.gob.mx/contenido/Economia/Conociendo_Jalisco_2014.pdf) [fecha de consulta: 27 de marzo de 2020]

JUBIER, Xavier M. *Shadow bands*. Disponible en: [http://xjubier.free.fr/en/site\\_pages/solar\\_eclipses/Shadow Bands Ombres Volantes.html](http://xjubier.free.fr/en/site_pages/solar_eclipses/Shadow_Bands_Ombres_Volantes.html) [fecha de consulta: 16 de agosto de 2022].

LATERZA FILHO, Moacyr. "Erosão, 'A origem do rio Amazonas'" en *Orquestra filarmónica de Minas Gerais*. Disponible en: <https://filarmonica.art.br/educacional/obras-e-compositores/obra/erosao-origem-rio-amazonas-1950/> [fecha de consulta: 31 de octubre de 2023].

LÓPEZ-CANO, Rubén (2012). La investigación artística en los conservatorios del espacio educativo europeo. Discusiones, modelos y propuestas" en *Papeles sueltos*. Disponible en: <http://rlopezcano.blogspot.com/search?q=la+investigaci%C3%B3n+sobre+la+pr%C3%A1ctica+art%C3%ADstica+y+la+investigaci%C3%B3n+para+la+pr%C3%A1ctica+art%C3%ADstica> [fecha de consulta: 3 de octubre de 2022].

MARÍN, David & Joshua LEMUS (2019). "La tabla de eclipses en el código de Dresden. Más de cien años de estudio y discusión" en *Ciencia, tecnología y salud* vol. 6, núm. 1, pp. 53-67. Disponible en: <https://revistas.usac.edu.gt/index.php/cytes/article/view/616> [fecha de consulta: 28 de septiembre de 2023].

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, GOBIERNO DEL ECUADOR. *¿Qué es el buen vivir?* Disponible en: <https://educacion.gob.ec/que-es-el-buen-vivir/> [fecha de consulta: 10 de octubre de 2023].

MUSEO CABAÑAS. *Historia*. Disponible en: <https://museocabanas.jalisco.gob.mx/es/historia/> [fecha de consulta: 24 de agosto de 2022].

NASA SPACE PLACE (2022). *Eclipses lunares y solares*. Disponible en: <https://spaceplace.nasa.gov/eclipses/sp/> [fecha de consulta 20 de agosto de 2023].

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). *Detengamos La erosión del suelo para garantizar la seguridad alimentaria en el futuro. Cinco razones por las que necesitamos proteger nuestros suelos*. Disponible en: [https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1193735/-:~:text=Si no actuamos ahora, más,Tierra podrían degradarse para 2050.&text=Al disminuir los nutrientes disponibles,agrícola hasta en un 50%25](https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1193735/-:~:text=Si%20no%20actuamos%20ahora,%20m%C3%A1s,%20Tierra%20podr%C3%ADan%20degradarse%20para%202050.&text=Al%20disminuir%20los%20nutrientes%20disponibles,%20agr%C3%ADcola%20hasta%20en%20un%2050%25). [fecha de consulta: 23 de octubre de 2022].

PAOT. *Prácticas indígenas y medio ambiente*. Disponible en: [https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas\\_2000/informe\\_2000/01\\_Poblacion/1.3\\_Esfera/data\\_esfera/practicas.htm](https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/01_Poblacion/1.3_Esfera/data_esfera/practicas.htm) [fecha de consulta: 10 de octubre del 2022].

QUEBEC, FONDS DE RECHERCHE. *Bourse postdoctorale en recherche-création (B5) 2020-2021, concours automne 2019 (2020-2021)*. Disponible en: <https://frq.gouv.qc.ca/programme/bourse-postdoctorale-en-recherche-creation-b5-concours-automne-2019-2020-2021/#objectifs-du-programme> [fecha de consulta: 5 de octubre de 2022].

SECRETARÍA DE BIENESTAR (2019). *El Buen Vivir: comunalidad y Bienestar*. Disponible en <https://www.gob.mx/bienestar/es/articulos/el-buen-vivir-comunalidad-y-bienestar?idiom=es> [fecha de consulta: 10 de octubre de 2023].

TOTAL ECLIPSE AUGUST 21 2017. *Exploring shadow bands*. Disponible en: <https://eclipse2017.nasa.gov/exploring-shadow-bands> [fecha de consulta: 4 de septiembre de 2023].

UN. "La agenda para el desarrollo sostenible" 3n *Objetivos de desarrollo sostenible*". Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/#:~:text=Actualmente%2C%20se%20est%C3%A1%20progresando%20en,alcanzar%20los%20objetivos%20para%202030.> [fecha de consulta: 10 de octubre de 2022].

UN. "UN Common Approach to Biodiversity" en *World Environment Situation Room. Data, Information and Knowledge on the Environment*. Disponible en: <https://wesi.unep.org/article/biodiversity-and-nature-loss> [fecha de consulta: 10 de octubre de 2022].

WEDEKIND, Jonah & Felipe MILANEZ (2017). *Entrevista a Jason Moore: del capitaloceno a una nueva política ontológica*. Disponible en: <https://www.ecologiapolitica.info/entrevista-a-jason-moore-del-capitaloceno-a-una-nueva-politica-ontologica/> [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2022].

### Otras fuentes

- Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) <https://www.cemda.org.mx/>
- Clasificación del Suelo: WRB y Soil Taxonomy <https://www.intagri.com/articulos/suelos/clasificacion-del-suelo-WRB-y-soil-taxonomy>
- Diario Oficial de la Federación, información de las cuencas hidrológicas [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5175730](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5175730)
- Espacio y datos de México, INEGI <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx?ag=16>

- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)  
<https://www.ipcc.ch/>
- ISRIC World Soil Information <https://www.isric.org/>
- México ante el Cambio Climático, sitio oficial del país  
<https://cambioclimatico.gob.mx/impactos-del-cambio-climatico-en-mexico/>

## APÉNDICES

1. *Cromatofonía* (score)
2. *Tríptico fluvial* (score)
3. *La hermana agua* (score y [enlace a la pista](#))
4. *Une minute avant l'éclipse totale* (score)

# Cromatofonía

para ensamble mixto

Nonis Prado Mercado

2020



Flauta  
Clarinete bajo en Si  $\flat$   
Fagot  
Wood bocks  
Crótalos  
Tom-toms  
Piano afinado en cuartos de tono  
o controlador MIDI  
Violines I y II  
Contrabajo  
Electrónica



## Notas de ejecución

### Flauta:

<i>Bisb.</i>	Bisbigliando
	Trino superior (con cualquier alteración)
	Trino inferior (con cualquier alteración)
	Slap tongue
	Aire
	Transición hacia articulación siguiente

Las digitaciones de los multifónicos fueron tomadas de LEVINE, Carin & MITROPOULOS-BOTT, Christina, *The Techniques of Flute Playing*, y de DICK, Robert, *The Other Flute*. El número de multifónico se indica a pie de página para cada uno de ellos y éstos corresponden a las tablas que se encuentran en las fuentes.

### Clarinete:

<i>Bisb.</i>	Bisbigliando
	Trino superior (con cualquier alteración)
	Trino inferior (con cualquier alteración)
	Slap tongue
	Transición hacia articulación siguiente

Las digitaciones de los multifónicos fueron tomadas de SPARNAAY, Harry, *The Bass Clarinet. A Personal History*, y de BOK, Henri & WENDEL, Eugen, *New Techniques For The Bass Clarinet*. El número de multifónico se indica a pie de página para cada uno de ellos y éstos corresponden a las tablas que se encuentran en las fuentes.

### Fagot:

<i>Bisb.</i>	Bisbigliando
	Trino superior
	Trino inferior
	Rolling note (accel. o rall.)
	Ghost sound (g.s.)
	Transición hacia articulación siguiente

Las digitaciones de los multifónicos fueron tomadas de GALLOIS, Pascal, *The Techniques of Bassoon Playing*. El número de multifónico se indica a pie de página para cada uno de ellos y éstos corresponden a las tablas que se encuentran en la fuente.

### Violines:

	Trino superior
	Trino inferior
	Transición hacia articulación siguiente

### **Contrabajo:**

- M Multifónico
-  Trino superior
-  Trino inferior
-  Transición hacia articulación siguiente

### **Electrónica:**

→ La duración de los sonidos estará determinada por la longitud de esta flecha.

 Este símbolo representa al objeto *Hslider* del programa Pure Data e indica la modulación de amplitud en una señal. La barra vertical varía su posición dentro del recuadro. Este símbolo se acompaña de una cifra que indica la cantidad exacta de modulación.

---▶ Modulación gradual de la amplitud de una cifra a otra.

Adicional al código de tiempo en la parte superior de la partitura, en algunos lugares aparece, más cercana al pentagrama, una indicación de tiempo que señala el momento exacto en que inicia o termina una nota o modulación de amplitud.

**Nota:** La notación de la parte correspondiente a la electrónica no refleja las alturas reales de los sonidos, sino que representa una aproximación de la densidad sonora.

# Cromatofonía

## I. Zona central

Nonis Prado

♩ = 60

Clarinete bajo en Sib

Fagot

Electrónica

0" 12" 12"

*non vib.* → *molto vib.* *Flutter.*

*ppp* → *p*

*poco vib. lento* → *g.s.*

*ppp* → *p*

*sempre p*

Cl. b.

Fag.

Elect.

3 24" 36" 36"

*Flutter.* *ord.* *molto vib. lento*

*pp* → *sfz* → *p*

*r.n.* *Bisb.* *gliss.*

*p*

Cl. b.

Fag.

Elect.

5 48" 1'00" 1'00"

*p* *molto vib.* *molto vib.*

*p*

Cl. b.

Fag.

Elect.

7 1'12" 1'24" 1'24"

*slap* *bisb.* *p*

*mf*

*g.s.* *mp* *mp*

Cl. b.

Fag.

Elect.

9 1'36" 1'36"

*Bisb. (lento)* *attaca subito*

*p* *Bisb. (lento)* *p*

# II. Zona interna

10 ♩ = 60

1'48" 1'53" arco  $\phi$

Crótalos *mp*

Wood blocks

Tom-toms *mf* 7

Piano

Violín I ♩ = 60 *mf* pizz. ord. gliss. non dim. 5

Violín II

Contrabajo

Cuarzo

Ortoclasa 1

Andesina

Ferrohornblnda

2'00" 11

2'12" 5

2'18"

Pno. *mp* *p* *pp* *f* *tr* *stoppata*  
*Ped. sostenuto*

Vln. I *sul tasto* *p* *f*

Ort. —————>

And. —————>

Ferr. 2'18" 1



2'24" 13

2'29" 2'31"

2'18"

Crot. *pp* 3

Pno. *mp* *Ped. sostenuto*

Vln. I *p* 5

Vln. II *p* 5

Cb. *p* 5

Cuar. 2'30" 1

Ferr. 131.32

2'36"  
14

Crot.

Vln. I

Vln. II

Cb.

Cuar.

2'38" 2'46"

1 46.168



2'48"  
15

Cuar.

3'00" 3'02" 3'12"

Ort.

2'54"

1 184.627

And.

3'06"

1 184.627

Ferr.

3'18"

1

3'24" 18

3'31" 3'36" 3'43"

W.b. *f* *p*

Tom-t. *f* *pp* *p*

Pno. *p* *pp*

Vln. I *f* *ord.* *sfz* *l.v.*

Vln. II *f* *(ord.)* *sfz* *l.v.*

Cuar. 1

Ferr. 3:30 131.32

3'48" 20 3'53" 3'52"

Crot. *mf* *l.v.*

W.b.

Tom-t. *pp* *p*

Pno. *pp* *p*

Vln. I *p* *mf*

Vln. II *p* *mf*

Cb. *ord.* *p* *mf*

Cuar. 3'52"

Ort. 21.919

4'00" 21

Crot. *mp* 4'11" ord. *l.v.*

Pno. *p* en las cuerdas cont. figura *ped.*

Cb. *mp* sul tasto non vib.

Ort.

And. 4'03" 4'06" 45.163 21.919 89.326

4'12" 22

Crot. 4'17" *p*

Tom-t. *pp* *mp* *pp*

Pno. *mp* *p* *l.v.* 5 *idem* *l.v.* 5 *sigue* *pp* *mp* *pp*

Vln. I *pp* molto sul pont non vib. 5

Vln. II *pp* molto sul pont non vib.

Cb. *mf* pizz. *v.* *l.v.* 5 molto sul pont non vib. 5

Ort. 135.815

And. 45.163

4'24" 23 4'29" 4'36" 4'41" 

Tom-t. *pp* *p* *pp*

Pno. *ord.* *mf* *#*

Vln. I *al tallone* *molto sul tasto* *mf* *3*

Vln. II *ord.* *p* *gliss.* *gliss.* *8va* *5*

Cb. *al tallone* *molto sul tasto* *mf* *5* *molto sul pont.* *p* *gliss.* *gliss.* *5*

Cuar.  46.168

Ort.  4'42"

And.  4'42" 21.919

Ferr.  10.897

8

4'48" 4'53" *attaca sub.*

Crot. *p* *l.v.* *l.v.*

Tom-t. *pp* 6 5 6 5

Pno. *tr* *quasi stoppata* 7 *pp 8<sup>vb</sup>* *Ped.* *sostenuto y damper* *solo sostenuto*

Vln. I *molto sul tasto* *sf* *l.v.* 5 *sf* *l.v.* 5

Vln. II *molto sul tasto* *sf* *l.v.* 5 *sf* *l.v.* 5

Cb. *ord.* *non vib.* *mf*

Cuar.

Ort. 135.815

And.

Ferr. 4'54" 4'58" 1 131.32

# III. Zona intermedia

♩ = 60

26 5'00"

Fl. *non vib.* *p*

Cl. b. *p*

Fag.

Vln. I *flautando non vib.* *pp*

Vln. II

Cb. *non vib.* *pp*

Nitrógeno

Carbono

H2O

Transición gradual

Suave, buscar estabilidad

\*\*\*

\*\*

\*

\* Levine m. 153, \*\* *ibid.* m. 165  
 \*\*\* *Cfr.* Bok p. 32

whistle tones  
(parciales de La)

The musical score is arranged in a system with seven staves. From top to bottom, the staves are for Flute (Fl.), Clarinet in B-flat (Cl. b.), Bassoon (Fag.), Violin I (Vln. I), Violin II (Vln. II), Cello (Cb.), and Percussion (N, C, H2O). The Flute part begins at measure 31 with a 5'15" dynamic marking. It features a melodic line with various ornaments and a final section marked 'whistle tones (parciales de La)' with a 'p' dynamic and 'attacca sub.' instruction. The Clarinet part is marked 'idem.' and includes fingerings 18, 16, and 6. The Bassoon part has a '\*\*\*' marking. The Violin I part includes fingering I and II. The Cello part includes fingering I and II. The Percussion parts (N, C, H2O) are represented by solid horizontal lines.

\* Dick m. 156  
 \*\* Sparnaay m. 68  
 \*\*\* Cfr. Gallois p. 33

# IV. Zona externa

36 5'30"

Fl. *mp* *gliss.*

Cl. b. *p*

Fag. *p* *gliss.*

Vln. I *p* *ord.* II I *sul pont.* II III

Vln. II *non vib.* IV *p* *gliss.* III IV

Cb. *t* I M *mp* I M

N

C

H2O

1 -----> 23.08 -----> 1

\* Levine multif. 161, \*\*idem. multif. 153, \*\*\*idem. multif. 155.  
 \*\*\*\* Cfr. Bok p. 32.

42 5'48"

Fl.

Cl. b.

Fag.

Vln. I

Vln. II

Cb.

N

C

H2O

--> 23.08

\* Levine multif. 179, \*\*multif. 169, \*\*\*multif. 45.  
 \*\*\*\* Cfr. Sparnaay p. 138, \*\*\*\*\* Sparnaay multif. 88.  
 \*\*\*\*\* Gallois multif. 2.



Nonis Prado

# Tríptico fluvial

Para orquesta

2022

Edición: Nonis Prado

Contacto:

(+52) 443-236-90-75

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

## Instrumentación

Flautín (flauta piccolo)

2 Flautas

2 Oboes

Corno inglés

2 Clarinetes en Si $\flat$

Clarinete bajo en Si $\flat$

2 Fagotes

Contrafagot

4 Cornos en Fa

3 Trompetas en Si $\flat$

2 Trombones

Trombón bajo

Tuba

Timbales

Percusión 1:

triángulo, tarola,

platillo sizzler

Percusión 2:

plátillos de choque,

wood blocks (3),

tam-tam

Percusión 3:

bombo, tam-tam,

tarola

Arpa

Violines I

Violines II

Violas

Violonchelos

Contrabajos

Score en Do

Duración ca. 12:00"

Una alteración en la parte superior de un trino indica que se debe trinar a la nota superior, ya sea sostenido, becuadro o bemol. Por el contrario, una alteración en la parte inferior de un trino indica que se debe trinar a la nota inferior, ya sea sostenido, becuadro o bemol.

Las transposiciones de octava aplican de manera usual para piccolo, contrafagot y contrabajos.

# Prólogo

La crisis hídrica en México se manifiesta hoy en día con gran fuerza, pero este no es un problema que haya comenzado hace uno, ni cinco, ni diez años; el problema que hoy enfrentamos es el resultado de décadas de ignorar la contaminación del agua, su distribución inequitativa, su monetización y su uso inconsciente. Son años de permitir que las empresas contaminen mantos acuíferos y cuencas hidrológicas y de permitir que esas mismas empresas acaparen el vital líquido en pro de una economía que beneficia a un sector de la población insignificante en número, pero enorme en privilegios. Es el resultado de haber comenzado a actuar -si acaso- muchos años tarde.

La presente pieza forma parte de mi proyecto de investigación doctoral, el cual busca establecer vínculos entre las ciencias y las artes a través de la utilización de datos medio ambientales diversos para crear piezas musicales en diferentes formatos. *Tríptico fluvial* deriva del estudio sobre la contaminación de los ríos y busca plasmar en las y los escuchas la imagen de un río que nace limpio en lo alto de las montañas y conforme su trayectoria lo lleva tierras abajo éste va siendo contaminado por las actividades antropogénicas.

En el primer movimiento, un movimiento lleno de vivacidad y agilidad, se pueden distinguir claramente sonoridades limpias que rondan el ámbito armónico de la nota Mi, nota asociada con el Hidrógeno; representa a un río vivo capaz de engendrar y albergar vida. Este movimiento se desenvuelve en el registro agudo como alegoría a las cuencas altas donde muchos ríos nacen.

El segundo movimiento comienza a perder vivacidad y a descender en el registro musical. Este momento corresponde a un río con indicios de contaminación, pero que aún puede salvarse. Conforme avanza el tiempo, analogía del recorrido de un río, el ámbito armónico de Mi se va volviendo menos claro y el tempo va en *rallentando* mientras que el ritmo acelera, representando el incremento de la temperatura en el agua. Hacia el final de esta sección escuchamos una coda que marca el punto de quiebre, el lugar de no retorno para ese río.

El tercer movimiento es el más lento y denso de todos, y descende al registro más grave de la orquesta. El pulso, representación del oxígeno y la vida, está por desaparecer; el ámbito armónico de Mi se ha desvanecido por completo; la brillantez y vivacidad que reinaban en el primer movimiento están completamente ausentes aquí. El final de la pieza es el final del río, el momento en que ha llegado a una gran urbe y ahora, como un cadáver en su tumba, es un río entubado, un río muerto. Un río que ahora sirve sólo como vertedero de residuos industriales y urbanos.



# Tríptico fluvial

## I. Cuenca alta

Nonis Prado

Vivace ♩ = 130

**Woodwinds:**  
Piccolo: *f*  
Flauta I. II: *f*  
Oboe I. II: *f*  
Corno inglés: *f*  
Clarinete en Si I. II: *f*  
Clarinete bajo Si: *f*  
Fagot I. II: *f*  
Contrafagot: *f*

**Brass:**  
Corno en Fa I. II: *f*  
Corno en Fa III. IV: *f*  
Trompeta Si I. II: *f*  
Trompeta Si III: *f*  
Trombón I. II: *f*  
Trombón bajo: *f*  
Tuba: *f*

**Percussion:**  
Percusión 1: *mp* triángulo  
Percusión 2: *f* plátillos  
Percusión 3: *f* bombo (muta in tarola)

**Arpa:**  
Arpa: *f*

**Strings:**  
Violines I (div.): *f*, non div.  
Violines II (div.): *f*, non div., div. ambas notas trinan  
Violas: *f*, div.  
Violonchelos: *f*  
Contrabajos: *f*

10

Picc. *mp* *f* *ff* *mp sub.* *f*

Fl. I, II *mp* *f* *ff* *mp sub.* *f*

Ob. I, II *mp* *f* *ff* *mp sub.*

Cor ingl. *mp* *f* *ff* *mp sub.*

Cl. Sb. I, II *mp* *f* *ff* *mp sub.*

Cl. bajo *f*

Fag. I, II *f* a 2

Cfag. *f*

Cor. I, II *p* *mp* *1<sup>o</sup>*

Cor. III, IV *p* *mp* *III<sup>o</sup>*

Tbn. I, II *mf* a 2

Tbn. baj. *mf*

Perc. 1

Perc. 3 *con corde* *mf* *f*

Vln. I *mp* *f* *mf* *ff* *mp sub.*

Vln. II *mp* *f*

Vla. (div.) *mp* *f* *mf*

Vc. (div.) *mp* *f* *mf* *f*





**A**

43

Picc. *f*

Fl. I, II *frull.* *f*

Ob. I, II *f*

Cor ingl. *f*

Cl. Sib I, II *f*

Cl. bajo *f*

Fag. I, II *f*

Cfag. *f*

Tbn. baj. *f*

Tba. *f*

Perc. 2 *f*

Perc. 3 *f*

**A**

Vln. I *f*

Vln. II *f*

Vla. *f*

Vc. *f*

Cb. *f*





**B**

77 ♩ = 96

Tpt. I, II and Tpt. III staves. Tpt. I, II has a dynamic marking of *mf* and a *a 2* marking above the staff. Tpt. III also has a dynamic marking of *mf*.

**B**

♩ = 96

Vln. I, Vln. II, Vla., Vc., and Cb. staves. Vln. I, Vln. II, and Vla. are marked *gliss.*. Vc. and Cb. have a rhythmic pattern of eighth notes with glissando markings.



83

Cor. I, II and Tbn. baj staves. Cor. I, II has a dynamic marking of *mf* and a *3* marking above the staff. Tbn. baj has a *3* marking above the staff.

Vln. I, Vln. II, Vla., Vc., and Cb. staves. Vln. I, Vln. II, and Vla. are marked *gliss.*. Vc. and Cb. have a rhythmic pattern of eighth notes with glissando markings.

**C** 89  $\text{♩} = 104$

Fl. I, II *mp* *molto vib.* *gliss.*

Cor ingl. *mp* *molto vib.* *gliss.*

Cl. S<sup>b</sup> I, II *mp* *molto vib.* *gliss.*

Cl. bajo *p* *non vib.*

Fag. I, II *p* *non vib.*

Cfag. *p* *non vib.*

Cor. I, II *mf* *molto vib.*

Cor. III, IV *mf* *molto vib.*

Tpt. I, II *f* *molto vib.* *gliss.*

Tpt. III *f* *molto vib.* *gliss.*

**C**  $\text{♩} = 104$

Vln. I *tutti* *mp* *molto vib.* *gliss.*

Vln. II *tutti* *mp* *molto vib.* *gliss.*

Vla. *tutti* *mp* *molto vib.* *gliss.*

Vc. *gliss.*

Cb. *gliss.*

99

Cl. bajo

Fag. I, II

Cfag.

Cor. I, II

Cor. III, IV

Tpt. I, II *a 2* *mf*

Tpt. III

Tbn. I, II *a 2* *f* *mf*

Tbn. baj. *f* *mf*

Tba. *f* *mf*

Timb. *p*

Vln. I *p*

Vln. II *p*

109 Frull.

Picc. *p* *ff* *p* *p* *ff*

Fl. I, II Frull. *p* *ff* *p* *p* *ff*

Ob. I, II Frull. *p* *ff* *p* *p* *ff*

Cor. ingl. Frull. *p* *ff* *p* *p* *ff*

Cl. Sb. I, II *mp* *ff*

Cl. bajo *mp* *ff*

Fag. I, II *mp* *ff*

Cfag. *mp* *ff*

Cor. I, II *f*

Cor. III, IV *f*

Tpt. I, II *f*

Tpt. III *f*

Tbn. I, II *f*

Tbn. baj. *f*

Tba. *f*

Timb. *f*

Perc. 2 muta in plat.

Vln. I *f*

Vln. II *f* non div.

Vla. *mp* *f* non div.

Vc. *mp* *ff*

Cb. *mp* *ff*

**D** ♩=73

120

Picc. Frull. *gliss.* *f*

Fl. I, II Frull. *gliss.* *f*

Ob. I, II Frull. *gliss.* *f*

Cor ingl. Frull. *gliss.* *f*

Cl. Sib I, II *f*

Cl. bajo *f*

Fag. I, II *f*

Cfag. *f*

Cor. I, II

Cor. III, IV

Tpt. I, II

Tpt. III

Tbn. I, II

Tbn. baj.

Tba.

Timb.

Perc. 1 *f*

Perc. 2 *f*

Perc. 3 *f* muta in w.b. *f* muta in bmb. *mf*

**D** ♩=73

Vln. I *gliss.* *f* *gliss.* *f*

Vln. II *gliss.* *f* *gliss.* *f*

Vla. *gliss.* *f* *gliss.* *f*

Vc. *f*

Cb. *f*

125

Timb. *p* *mf*

Vln. I sul tasto *mf*

Vln. II sul tasto *mf*

Vla. sul tasto *mf*

Vc. *mf* non vib. *pp* non vib. *f* l.v.

Cb. *mf* non vib. *pp* non vib. *mf* *pp* *f* l.v.

E

132

Picc. *f*

Fl. I, II *f*

Ob. I, II *f*

Cor ingl. *f*

Cl. Sib I, II *f*

Cl. bajo *f*

Fag. I, II *f*

Cfag. *f*

Cor. I, II *f*

Cor. III, IV *f*

Tpt. I, II *f*

Tpt. III *f*

Tbn. I, II *f*

Tbn. baj. *f*

Tba. *f*

Timb. *f*

Perc. 3 *mf*

Vln. I *f* ord. non div.

Vln. II *f* ord. non div.

Vla. *f* ord. non div.

Vc. *f* pizz.

Cb. *f* pizz.

136

**Woodwinds:**  
Picc. (flute) starts with a trill and a grace note.  
Fl. I, II (flute) has a trill and a grace note.  
Ob. I, II (oboe) has a trill and a grace note.  
Cor. ingl. (cor Anglais) has a trill and a grace note.  
Cl. Sib. I, II (clarinet in Bb) has a trill and a grace note.  
Cl. bajo (clarinet in C) has a trill and a grace note.  
Fag. I, II (bassoon) has a trill and a grace note.  
Cfag. (contrabassoon) has a trill and a grace note.

**Brass:**  
Cor. I, II (cornet) has a trill and a grace note.  
Cor. III, IV (cornet) has a trill and a grace note.  
Tpt. I, II (trumpet) has a trill and a grace note.  
Tpt. III (trumpet) has a trill and a grace note.  
Tbn. I, II (trombone) has a trill and a grace note.  
Tbn. baj. (trombone) has a trill and a grace note.  
Tba. (tuba) has a trill and a grace note.

**Percussion:**  
Perc. 3 (snare drum) has a trill and a grace note.

**Strings:**  
Vln. I (violin) has a trill and a grace note.  
Vln. II (violin) has a trill and a grace note.  
Vla. (viola) has a trill and a grace note.  
Vc. (viola) has a trill and a grace note.  
Cb. (cello) has a trill and a grace note.

**Performance Instructions:**  
- *ff* (fortissimo) for woodwinds and strings.  
- *mf* (mezzo-forte) for Perc. 3.  
- *saltando* (saltando) for Vln. I.  
- *arco* (arco) and *pizz.* (pizzicato) for Vc. and Cb.

**F**  $\text{♩} = 90$  poco rit.  $\text{♩} = 80$

Picc.  $f^3$   $mf$

Fl. I, II  $f^3$   $mf$

Ob. I, II  $mf$   $f$   $mf$

Cor ingl.  $mf$   $f$   $mf$

Cl. Sib I, II  $mf$

Cl. bajo  $mf$

Fag. I, II  $mf$

Cfag.  $mf$

Cor. I, II  $mf$   $p$   $mf$

Cor. III, IV  $mf$   $p$   $mf$

Tpt. I, II  $mf$   $a 2$   $mf$

Tpt. III  $mf$

Tbn. I, II  $mf$   $p$   $mf$

Tbn. baj.  $mf$   $p$   $mf$

Tba.  $mf$

Timb. l.v.  $mf$

Perc. 3 l.v.  $mf$  sub.

Vln. I  $mf$  sub.  $p$   $mf$  molto vib.

Vln. II  $mf$  sub.  $p$   $mf$  molto vib.

Vla.  $mf$  sub.  $p$   $mf$  molto vib.

Vc.  $mf$  sub.  $p$   $mf$  molto vib.

Cb.  $mf$  sub.  $p$   $mf$  molto vib.

149

Picc. *f* *ff*

Fl. I. II *f* *ff*

Ob. I. II *f* *ff*

Cor ingl. *f* *ff*

Cl. Sib I. II *f* *ff*

Cl. bajo *f* *ff*

Fag. I. II *f* *ff*

Cfag. *f* *ff*

Cor. I. II *f* *mf* *ff*

Cor. III. IV *f* *mf* *ff*

Tpt. I. II *f* *mf* *ff*

Tpt. III *f* *mf* *ff*

Tbn. I. II *f* *mf* *ff*

Tbn. baj. *f* *mf* *ff*

Tba. *f* *mf* *ff*

Timb. *f* *ff*

Perc. 1 *f* *ff*

Perc. 2 *f* *ff*

Perc. 3 *f* *ff*

Vln. I *f* *tutti* *ff*

Vln. II *f* *tutti* *ff*

Vla. *f* *tutti* *ff*

Vc. *f* *ff*

Cb. *f* *ff*

*div.* *gliss.* *tutti*

*muta in tri.* *muta in plat.* *muta in bmb.* *muta in tam t.*

# II. Cuenca media

**G**  $\text{♩} = 90$   
 EsF#G#A#  
 B#C#D#

*legato*  
*mp* *lv.*

Vln. I  
*p* *mf* *p*

Vln. II  
*p* *mf* *p*

Vla.  
*p* *sul tasto*

Vc.  
*p* *div. a 2*

Cb.  
*p* *div. a 2*

161

Picc.  
*mf*

Fl. I, II  
*mp* *mp* *mp*

Ob. I, II  
*mf* *mp* *mp*

Cor ingl.  
*mp*

Cl. Sib. I, II  
*mf* *mp* *mp*

Cl. bajo  
*mp*

Fag. I, II  
*mf* *mp* *mp*

Arpa  
*p* *mp*

Vln. I  
*mp* *mp* *mp*  
*solo sul pont.* *tutti ord.*

Vln. II  
*p* *mp* *mp*  
*pizz.* *arco* *solo sul pont.* *tutti ord.*

Vla.  
*p* *mp* *mp*  
*ord.* *solo sul pont.* *tutti ord.*

Vc.  
*mp* *mp* *mp*  
*ord.* *solo arco* *tutti*

Cb.  
*p*

172 **H** ♩ = 80

Picc. *f*

Fl. I, II *f* a 2

Ob. I, II *f* a 2

Cor ingl. *f*

Cl. Sb. I, II *f* a 2

Cl. bajo *f*

Fag. I, II *f* a 2

Cfag. *f*

Cor. I, II *f* a 2

Cor. III, IV *mf* a 2

Tpt. I, II *f* a 2

Tpt. III *mf*

Tbn. I, II *mf* a 2

Tbn. baj. *mf*

Tba. *mf*

Perc. 2 *mf* (b) lv.

Arpa *f* *mf* *f* G<sub>2</sub> C<sub>2</sub>

Vln. I *f* *mf* *mf*

Vln. II *f* *mf* *mf*

Vla. *f* *mf* *f*

Vc. *f* *mf* *f* *moto espress.*

Cb. *f*

♩ = ♩







203

Picc. *mf*

Fl. I. II *mf*

Ob. I. II

Cl. Sib I. II

Fag. I. II

Cfag. *mf*

Cor. I. II *p* *mf*

Cor. III. IV *p* *sfz* *mp*

Tbn. baj. *mf*

Perc. 3 *mp* muta in bmb. I.v.

Arpa *mf* A<sub>5</sub> C<sub>4</sub>

Vln. I *mf* *mp*

Vln. II

Vla. *p* *mf*

Vc. *p* *mf*

Cb. *f* *mp*

210 *molto vib.* **J**

Picc. *mp*

Fl. I, II *molto vib.* *mp*

Ob. I, II *molto vib.* *mf* *mp*

Cl. Sib I, II *p* *mp*

Cl. bajo *p*

Arpa *mp*

211 *molto vib.* **J**

Vln. I *mp* *mf*

Vln. II *mp* *sub.* *mp* *sub.*

Vla. *p* *sfz* *p* *sfz* *p*

Vc. *p* *mp* *p* *mp* *p* *mp*

Cb. *molto vib.* *div.* *mp* *sub.* *mp* *sub.*

214

Picc. *mp*

Fl. I, II *molto vib.*

Ob. I, II *molto vib.*

Cor ingl. *mp*

Cl. Sib I, II *mp*

Tpt. I, II *con sord. (straight)* *mp* *p*

Arpa *gliss.* *G# D#* *F# B#* *l.v.*

Vln. I *tutti* *mp*

Vln. II *tutti*

Vla. *tutti* *mp*

**K** 219 ♩=70 *mf*

Fag. I. II *p* *mf*

Cfag. *p* *mf*

Cor. I. II

Cor. III. IV *chiuso* *mp* *mp*

Tpt. I. II *pp* *mp* *non leg.* *con sord. (straight)* *non leg.*

Tpt. III *mp*

Tbn. I. II *mf* *mf*

Timb. *pp*

Perc. 1 *muta in tar.* *mp*

Arpa *p*

---

**K** *div. molto vib.* ♩=70

Vc. *p*

222 *div. molto vib.* *p*

Fag. I. II *p*

Cfag. *p*

Cor. I. II *mp*

Cor. III. IV *chiuso* *sfz*

Tbn. I. II

Tba. *f*

Timb.

Perc. 1 *p*

Perc. 3 *p*

Arpa

---

Vln. I *con sord.* *sfz* *con sord.* *sfz* *tutti* *mf*

Vln. II *con sord.* *sfz* *con sord.* *sfz* *tutti* *mf*

Vla. *con sord.* *sfz* *con sord.* *sfz* *tutti* *mf*

Vc. *sfz* *p* *tutti* *f*

Cb. *sfz* *p* *tutti* *f*



235

Cl. Sb. I. II

mp

*tutta la forza*

Cor. I. II

f  
aperto

ff

Cor. III. IV

f  
aperto

ff

Tpt. I. II

senza sord.

f

ff

mp

solo  
entrata suave

Tpt. III

senza sord.

f

ff

Tbn. I. II

f

ff

Tbn. baj.

f

ff

mp

Tba.

f

ff

Timb.

ff

mp

Perc. 2

muta in plat.

f

lv.

Perc. 3

f

lv.

Arpa

*tutta la forza*

Vln. I

f

ff

non div. al tallone

ricochet

ord.

Vln. II

f

ff

non div. al tallone

ricochet

ord.

Vla.

f

ff

non div. al tallone

ricochet

ord.

solo

mf

Vc.

f

ff

non div. al tallone

ricochet

ord.

Cb.

mf

ff

ord.

L

M

243 ♩=64

Fl. I, II *solo mp*

Ob. I, II *solo mp*

Cl. Sib I, II *p*

Fag. I, II *solo*

Cor. I, II *solo mp*

Tbn. baj. *p*

Perc. I *p* muta in tri.

Arpa *p* ord. sempre l.v.

L

M

♩=64

Vln. I *div. a 2 non vib. p* *sul tasto*

Vln. II *div. a 2 non vib. p* *sul tasto*

Vln. II *gliss. p* *sul tasto*

Vln. II *gliss. p* *sul tasto*

Vla. *p* *espress. (solo) mf*

Vc. *la metà sul tasto sim. p* *pizz. l.v. sempre*

Cb. *sul tasto non vib. p* *espress. mp p mp p mp*

252

Fl. I, II

Cor ingl.

Cl. Sib I, II

Cl. bajo

Fag. I, II

Cfag.

Timb.

Perc. 1

Perc. 3

Arpa

Vln. I

Vln. II

Vla.

Vc.

Cb.

*molto rit.*

*largo*

*p* *ppp*

*mf* *f*

*mp* *l.v.*

*espress.* *tutti* *arco sul tasto*

*p* *mf* *f* *mf* *f* *mf* *f* *ppp*

III. Cuenca baja

N

♩=82

262

Fag. I, II

Cfag.

Tba.

con sord.

p

Perc. 3

pp

Arpa

EsF#G#As  
Bb-C#D#

8va

p

l.v. sempre

8va

N

♩=82

Vln. I

pp

non vib.

Vln. II

pp

non vib.

Vla.

con sord. non vib.

p

gliss.

Vc.

con sord. senza vib. div.

p

gliss.

Cb.

con sord.

pp

p

272

Cl. bajo *mp*

Fag. I, II

Cfag.

Tbn. baj. *con sord.*  
*p*

Tba.

Perc. 3 *p*

Arpa

Vln. I *p*

Vln. II *p*

Vla. *p* *gliss.*

Vc. *con sord.*  
*mp* *gliss.*

Cb. *pizz.*  
*mp*

**O**

278

Cl. bajo *mf*

Fag. I, II *mf*

Cfag. *mf*

Cor. I, II *chiusi* *mf* *p* *f*

Cor. III, IV *chiusi* *mf* *p* *f*

Tpt. I, II *a 2 con sord.* *p* *mp*

Tbn. I, II *a 2 (senza sord.)* *p*

Tbn. baj. *mf*

Tba. *mf*

Timb. *mf*

Perc. 2 *mf* muta in tam. t. *f* *lv.*

Perc. 3 *mf* *mp* *f* *lv.*

Arpa *mf* *f* *E♭F♯G♯A♯ B♭C♯D♯*

Vln. I *molto sul tasto al tallone* *mf* *mp* *f* *ord.* *mp sub.*

Vln. II *molto sul tasto al tallone* *mf* *mp* *f* *ord.* *mp sub.*

Vln. II *molto sul tasto al tallone* *mf* *mp* *f* *ord.* *mp sub.*

Vln. II *molto sul tasto al tallone* *mf* *mp* *f* *ord.* *mp sub.*

Vla. *mf* *tutti*

Vc. *mf* *arco tutti*

Vc. *pizz.* *mf*

Cb. *mf*

Cb. *mf*

♩=82

285

1<sup>o</sup> senza sord. *f*

Molto più mosso

2<sup>o</sup> senza sord. *f*

(senza sord.) *f*

Tpt. I, II

Tpt. III

Tbn. I, II *mf*

Tbn. baj. senza sord. *mp* *mf*

Timb.

Perc. 2 muta in sizzle *mp*

Arpa *f*

♩=82

Molto più mosso

tutti

Vln. I *f*

Vln. II *f*

Vla. *f*

Vc. *f*

Cb. arco tutti *f*

♩=41  
294 **Molto meno mosso**

Picc. *f*

Fl. I, II *f* *ff* *a 2*

Ob. I, II *ff* *a 2*

Cor ingl. *f* *ff*

Cl. Sib I, II *ff* *mf*

Cl. bajo *f*

Fag. I, II *f*

Cfag. *f*

Tpt. I, II *f* *a 2*

Tpt. III

Tbn. baj. *f*

Tba. *f* *senza sord.*

Timb. *mf* *p*

Perc. 2 *f* *lv.*

Perc. 3 *f* *p*

Arpa

♩=41  
**Molto meno mosso** *molto espress.*

Vln. I *molto vib.*

Vln. II *molto vib.*

Vla. *molto vib.* *mf*

Vc. *molto vib.* *non div.* *mf*

Cb. *molto vib.* *non div.* *mf* *p*

302

**P**

Fl. I, II *mp*

Ob. I, II *solo mp*

Cor. ingl. *mp*

Cl. bajo *pp*

Fag. I, II

Cfag.

Vln. I *solo con sord. mp*

Vc. *ppp*

Cb. *pp*

la metà *pp*

307

Fl. I, II

Cor. ingl.

Cl. Sib. I, II *solo mp*

Cl. bajo *mp*

Fag. I, II *a 1 mp*

Timb. *ppp*

Arpa *ppp*

Vla. *solo mp*

Vc.

Cb.

**Q**

311

Cl. Sb. I. II

Fag. I. II

Timb.

Arpa

a la orilla

près de la table

*p*



316

poco rit.  $\text{♩} = 156$

Timb.

Perc. I

Arpa

Cb.

muta in tar.

sons xylophoniques

poco rit.  $\text{♩} = 156$

senza sord. solo

*pp*

*p*



324

Timb.

Perc. I

Arpa

Cb.

rall.

*ppp*

rall.

*pp*

Nonis Prado

La hermana Agua  
para flauta, violonchelo y electrónica

2021



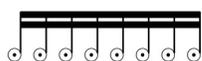
## Notas de ejecución



Golpes irregulares *col legno battuto* o *key clicks* a tempo moderado (sin altura específica).



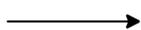
Golpes irregulares *col legno battuto* o *key clicks* irregulares a tempo rápido (sin altura específica).



*Tapping* sobre el diapasón (sin altura específica).



Porcentaje de sonido con aire o vara (blanco) y porcentaje de sonido real (negro).



Transición gradual de una articulación a otra.



Oscilaciones dinámicas *ad. lib.* dentro del rango indicado.



Articulación de la nota a la que se trina. Si la articulación aparece por encima de la línea de trino, se trina a la nota inmediata superior; si aparece por debajo, a la inmediata inferior.



*Jet whistle* (j.w.) ascendente-descendente (sin altura específica).



*Jet whistle* ascendente (sin altura específica).

# La hermana agua

0.0" **Lento** ♩ = 40  
*El agua bajo la tierra*

4.5" 10.5" 15.0"

Flauta

Violonchelo

Cinta

21.0" 25.5" 31.5" 36.0"

3

Fl.

Vc.

Ct.

42.0" 46.5" 52.5" 56.9"

5

Fl.

Vc.

Ct.

*sfz* *mp* *sfz* *mp*

*p* *sfz* *mf* *p* *mf*

*p* *sfz* *p* *mf*

*sfz* *mp* *metálico* *3* *3* *3*

*bisb.* *D#tr* *accel.* *non bisb.*

*molto sul pont.* *l.v.* *ord.* *l.v.* *sul tasto* *gliss.* *ord. col legno battuto*

*mp tapping* *col legno tratto* *sólo vara* *amaderado*

*j.w.* *simile* *ord.* *sul pont. l.v.*

Mana el agua

♩ = 80

7

1'02.6" 1'06.7" 1'11.9" 1'15.7" 1'20.6" 1'24.1" 1'27.6" 1'29.8" 1'32.1" 1'34.3"

Fl. *(tr)* *mp* *f* *p* *mf* *p* *mf* *sub.*

Vc. *(tr)* *ord.* *sul pont.* *ord.* *mp* *sub.* *f* *sfz* *sfz* *sfz* *p*

Ct. *cerdas* *mp* *acuoso* *gliss*

14

1'35.8" 1'37.3" 1'38.8" 1'41.8"

Fl. *(tr)* *mp* *f*

Vc. *(tr)* *mf* *mp* *f* *gliss.* *gliss.*

Ct.

17

1'44.1"

Fl. *articulado* *p-mf* *f* *6*

Vc. *p-mf* *f* *6*

Ct.

3

1'49.3"

1'52.3"

18

Fl.

*molto sul pont.*

Vc.

*mp sub.*

6

*gliss. en cuerdas III y IV*

Ct.

*gliss.*

1'55.3"

20

Fl.

*ord.*

Vc.

*f*

6

Ct.

1'58.3"

21

Fl.

*p-mf*

Vc.

*p-mf*

key clicks

*gliss.*

6

2'03.6"  
22 *tr* *mf*

Fl.

Vc. *gliss.* *mf*

Ct.

2'08.8"  
23 *slap* *sfz* *p*

Fl.

Vc. *simile*

Ct. *gota*

2'14.1"  
24 *slap* *sfz*

Fl.

Vc.

Ct.

5

2'17.1" *accel.*

Fl. *p<sup>mf</sup>*

Vc. *V simile*

Ct. *accel. e cresc. - gliss.*

Fl. *mf* 6 6 6 *tr* *sfz* *El agua sobre la tierra* 2'19.9" 2'21.8" 2'23.5" 2'25.3" 2'27.0"

Vc. *tr* *sfz* *l.v.*

Ct. *sfz* *campanas* *cuerda*

Fl. 31 2'28.7" 2'30.4" 2'34.4" 2'38.4" 2'42.4" 2'44.1" 2'46.4" *tr* *sfz*

Vc. *tr* *sfz* *sfz*

Ct. *vítreo* *cuenco*

37 <sup>2'50.4"</sup> <sup>2'54.4"</sup> <sup>2'58.4"</sup> <sup>3'02.4"</sup>

Fl. *tr* *sfz* *sfz* *sfz*

Vc. *(tr)* *sfz* *sfz* *sfz*

Ct. *tr*

41 <sup>3'06.5"</sup> <sup>3'10.5"</sup> <sup>3'14.5"</sup> <sup>3'18.5"</sup>

Fl. *(tr)* *sfz* *sfz* *f* *f*

Vc. *tr* *sfz* *sfz* *f* *f*

Ct. *gliss.* *gliss.* cuerda

45 <sup>3'22.5"</sup> <sup>3'26.5"</sup> <sup>3'28.1"</sup> <sup>3'29.7"</sup> <sup>3'31.3"</sup> <sup>3'32.9"</sup> <sup>3'35.3"</sup>

Fl. *(tr)* *mf* *mf* *El agua calma*

Vc. *tr* *mf* *mf* *ord. molto espress.* *mf*

Ct. campanas *p*

7

51

3'38.5" 3'41.7" 3'44.1" 3'48.1" 3'50.5" 3'51.3" 3'56.1"

Fl. *slap* *f* *f* *slap*

Vc. *simile* *pizz. l.v.*

Ct. *gliss.* *gliss.*

56

3'57.7" 4'00.1" 4'03.3" 4'05.7" 4'08.9" 4'11.3" 4'14.5"

Fl. *molto espress.* *mp* *sfz* *mf* *p* *j.w.*

Vc. *arco molto sul pont.* *sobre el puente* *detrás del puente*

Ct. *mp* *mp* *gliss.* *gliss.* *gliss.*

*aire* *gota*

60

4'19.3" 4'21.7" 4'24.9" 4'28.1" 4'30.5"

Fl. *mf* *j.w.* *lip pizz.* *t-k*

Vc. *sul pont.* *ord. pizz. l.v.*

Ct. *gota* *key clicks* *gliss.* *p* *mf* *smf*

4'35.3" 4'38.5" 4'40.9" 4'43.3" 4'46.5" 4'48.9" *molto vib.*

63

Fl. *p* *mp*

Vc. *arco col legno trat.* *mp* *col legno bat.*

Ct. campanitas *Bebe el cielo que palpita en mi agua*

4'52.1" 4'54.5" 4'57.7" 5'02.5" 5'04.9"

66

Fl. *mp* *pp*

Vc. *arco molto s.p.* *con uñas sobre madera* *mp* *p*

Ct. campana

5'08.1" 5'10.5" 5'13.7" 5'16.9" 5'20.1"

69

Fl. *mf* *mp*

Vc. *simile* *sul tasto* *mf* *mp*

Ct.

9

5'23.3" 5'26.5" 5'32.1" 5'34.5" 5'37.7"

73

Fl. *con aire*

Vc. *tapping* *mp* *pizz. l.v.* *p*

Ct. Asómate a las fuentes oscuras de tu vida *key clicks* Gris de los lagos que la quietud estanca

5'43.3" 5'45.7"

77

Fl. *sin aire* *mp* *t-k-t-k . . .*

Vc. *l.v.* *col legno bat.* *gliss.* *mp*

Ct. *ff* *aire y key clicks*

5'48.9" 5'51.3" 5'54.5" 5'56.9"

78

Fl. *con aire* *mf* *sin aire*

Vc. *arco ord.* *sfz* *V* *l.v.*

Ct. *campanitas* *Pronto...* *...mi ser se transfigura*

80

6'00.1" 6'02.5" 6'05.7" 6'08.1" 6'11.3"

Fl. *f* *gliss.* *f*

Vc. *sfz* *l.v.*

Ct. cuenco

83

6'12.9" 6'16.2" 6'18.2" 6'20.9"

Fl. *mf*

Vc. *ff* *l.v.* *arco* *sfz*

Ct. *ff* *sfz*

Niagara que truena...  
: comienza sonido de agua

...Nilo que fecunda.

86

6'24.2" 6'28.2" 6'32.2"

Fl. *sfz* *mf* *sfz* *mf* *sfz* *mf*

Vc. *mf* *sfz* *mf* *sfz* *mf* *sfz*

Ct. cuenco

11

89 <sup>6'36.2"</sup> *tr* <sup>6'39.6"</sup> <sup>6'40.2"</sup> <sup>6'44.2"</sup>

Fl. *sfz* *mf* *mf* *f* *mf*

Vc. *mf* *f* *f* *mf* *f*

Ct. *slap* *gota/slap*

92 <sup>6'48.2"</sup> <sup>6'52.2"</sup> <sup>6'56.2"</sup>

Fl. *f* *mf* *f* *mf* *mf*

Vc. *mf* *f* *mf* *f* *mf* *mf*

Ct. *golpe sordo* *cuenco* *p*

95 <sup>7'00.2"</sup> <sup>7'04.9"</sup> *alentar trino* (*aprox.*) <sup>7'09.6"</sup>

Fl. *mf* *mf* *mf*

Vc. *mf* *mf* *mf*

Ct. *olas* *aire flauta*

7'14.2" 7'18.9" 7'23.6" *alentar trino* (♩<sup>3</sup>-aprox.) 12 7'26.9"

98 Fl. *mf* *mp* *mp* 6

Vc. *mp* *mp* *mp* 6 *alentar trino* (♩<sup>3</sup>-aprox.)

Ct. *pp* agua

7'28.2" 102 7'32.3" 104 7'36.6"

101 Fl. *mp* *p*

Vc. *mp* *p*

Ct.

7'42.2" *alentar trino* (♩ aprox.) 7'47.6" 106 107

105 Fl. *p* *p*

Vc. *p* *p* *alentar trino* (♩ aprox.) 7'47.6"

Ct.

13

8'00.9"  
*Fin del ciclo*

♩ = 40

8'06.9"

8'12.9"

8'18.9"

8'24.9"

8'30.9"

102

Fl.

**p**

*ord.*

*sul pont.*

Vc.

**p**

Ct.

*burbujas*

108

Fl.

8'36.9"

8'42.9"

8'48.9"

8'54.9"

9'00.9"

9'06.9"

9'12.9"

Vc.

*sobre el  
puente*

*gliss.*

Ct.

9'18.9"

Nonis Prado

**Une minute avant  
l'éclipse totale**  
for percussion ensemble



In memory of  
Javier Álvarez  
(1956 - 2023)

2023



# Prologue

La etimología de la palabra *eclipse* proviene del griego ἔκλειψις (ekleipsis), que significa desaparición o abandono, en referencia a la desaparición momentánea de los astros. Pero esa desaparición sólo sucede ante nuestros ojos; es decir, no es una desaparición real, sino un ocultamiento a la vista, lo cual posiciona la presencia humana, en tanto espectadora e interpretante de los eclipses, al centro conceptual de esta pieza.

El trabajo que aquí se presenta forma parte del ciclo de composiciones desarrolladas entre 2020 y 2023 como parte del doctorado en composición que realicé dentro del Programa de Maestría y Doctorado en Música de la UNAM, y es fruto de la colaboración de la autora en el Programa de Artes y Ciencias del Laboratorio de Hidrodinámica de l'École polytechnique de París. Este programa es coordinado por Jean-Marc Chomaz, miembro de mi comité tutor, quien amablemente me extendió una invitación para realizar una estancia académica de mayo a agosto de 2023.

El objetivo de esta pieza era el de representar un fenómeno que ocurre unos instantes antes de un eclipse total, en el cual es posible observar franjas ondulantes de sombra sobre cualquier superficie lisa en la Tierra. De este hecho se deriva el título de la pieza, la cual, en un sentido, forma parte de la investigación general que realiza el equipo del profesor Chomaz sobre el tema en el citado Programa de Artes y Ciencias.

La metodología seguida para realizar la representación musical de las bandas de sombra consistió en la sonificación de datos a partir de analogías entre parámetros astronómicos y parámetros musicales. Este proceso se ha llevado a cabo desde la primera composición que realicé en el doctorado y ha sido el hilo conductor de todas las piezas (*Cromatofonía* (2020) y *Tríptico fluvial* (2022)). Así, aunque estas obras difieren grandemente en cuanto a su estética, el procedimiento compositivo ha sido, en esencia, el mismo.

La pieza representa un eclipse total de Sol, desde que el disco lunar comienza a cubrir al disco solar, hasta que lo abanona por completo. Estos instantes están señalados en la parte superior del pentagrama con dos círculos que se superponen en diferentes fases. El Sol (luz) es representado por el bombo y el set de huehuetl, la Luna (sombra) por el tam-tam y el set de gongs, y la Tierra por el piano. La pieza se desarrolla gradualmente dirigiéndose hacia su clímax, que es la oscuridad total o totalidad (minuto 5:50, aproximadamente), momento en que se alcanza la dinámica máxima de la pieza y que se corresponde con el clímax psicológico experimentado desde la percepción humana. En esta sección los instrumentos solares y lunares se alinean rítmica y dinámicamente, como analogía de la alineación entre los dos astros.

La duración de la pieza y de la sección correspondiente a la totalidad son proporcionales a las duraciones promedio de un eclipse, y los segundos previos a la totalidad también son analogía del *minute avant l'éclipse totale*. Durante estos instantes el piano, representación de la Tierra, realiza un motivo ondulado que representa las bandas de sombra.

Esta obra está afectuosamente dedicada a Javier Álvarez (1956 - 2023), miembro de mi comité tutor, figura admirable y persona entrañable, que no pudo conocer esta obra terminada y de quien, hasta la fecha, sigo lamentando profundamente su temprana partida de este mundo.

Hasta siempre, Javier.

## Instrumentation:

Perc. 1: Bass drum (as large as possible)

Perc. 2: 5 Huehuetls (or similar), different pitches (low-medium register)

Perc. 3: Tam-tam (large)

Perc. 4: 5 Gongs (chinese, hand or similar), different pitches (medium-high register)

Piano

## Performance notes:

Unmeasured roll



Measured roll



Gradually go from one articulation to another



Gradually *accel.* - *rall.* the rythm but not the tempo



When *v.* is indicated let vibrate until the resonance ends naturally, unless this sign  $\oplus$  appears.

## Bass drum

Bass drum beater

(b.d.)



soft / med. / hard.

Felt mallets

(f.m.)



soft / med. / hard

Superball

(sb)



Brushes



Hand



Wood stick

(w.s.)

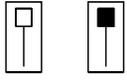


$\odot$  Play close to the edge of the membrane

$\chi$  Hit on the rim

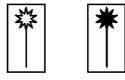
### Huehuetls

Felt mallets  
(f.m.)



soft / hard

Yarn mallets  
(y.m.)



soft / hard

Superball  
(sb)



Wood stick  
(w.s.)



Hit on the rim



Fingers



### Tam-tam

Tam-tam beater  
(t.t.)



Superball  
(sb)



Wood stick  
(w.s.)



Felt mallets  
(f.m.)



soft / hard

Yarn mallets  
(y.m.)



hard

Bow



Triangle beater



Brushes



Fingers

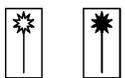


Play close to the edge



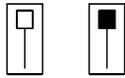
### Gongs

Yarn mallets  
(y.m.)



soft / hard

Felt mallets  
(f.m.)



soft/hard

Wood stick  
(w.s.)



Bow



### Piano



Articulation on the strings (a.t.s.)



Randomly play the notes within the square at the rhythm indicated

Gliss on the strings



Felt mallet



Triangle beater



Scratch vertically the estring



Cluster with the indicated notes



# Une minute avant l'éclipse totale

Nonis Prado

**2**  $\text{♩} = 61$   
**4** (b.d.)

**Perc. 1**  $\frac{2}{4}$  *sfz* *mf* start before resonance ends (sb)

**Perc. 2**  $\frac{2}{4}$  (f.m.) *sfz*

**Perc. 3**  $\frac{2}{4}$  gliss. *sfz*

**Perc. 4**  $\frac{2}{4}$  (f.m.) *sfz*

**Piano**  $\frac{2}{4}$   $\text{♩} = 61$  a.t.s. with nails (approx.) *f*

Red.



**P. 1** *pp* *mf*

**P. 3**  $\frac{2}{4}$  *p* (no attack) *mf*

**Pno.**  $\frac{2}{4}$  *mp* a.t.s. with nails

Red.

P. 1 *pp* *f* *p*  
 P. 2 *mf*  
 P. 3 *pp*  
 P. 4 *p*  
 Pno. *mf*

// *l.v.* *rim* *5* *(y.m.)* *l.v.*

3/4 3/4 2/4 3/4 2/4



P. 1 *mf* *p*  
 P. 2 *p* *mf*  
 P. 3 *mf*  
 Pno. *p*  
*8vb* *mf*

15 *l.v.* *l.v.* *gliss.* *l.v.* *felt mallet o.t.s.*

*Red.* *Red.*

22

P. 1 *p* *mf* (f.m.)

P. 2 (w.s.) *mf*

P. 3 (t.t.) *p*

P. 4 (f.m.) *mp*

Pno. *mf* *mp* *Red.* *ord.* *mf*

A



31

P. 1 rub membrane with brushes gliss. up and down ad. lib. (pressing the membrane) *p*

P. 3 left hand rub surface with brushes right hand f.m. *p* 5 l.v.

P. 4

Pno. not too fast *mf* come prima

37

P. 1

(f.m.) not too fast

come prima

P. 2

*mf* *p*

P. 3

*pp* *mp*

5

Pno.

*mf* *p* *mf*



40

P. 1

*fp* *f*

P. 2

*f* *f*

P. 3

*f* *p* *f* *p*

with wood end

P. 4

*mf*

Pno.

*p* *f* *f*

44

P. 1

P. 3

P. 4

Pno.

*mf*

*mf*

*l.v.*

(b.d.)



49

B

P. 1

P. 2

P. 3

Pno.

*pp*

*p*

*mf*

(sb) *gliss.*  
(pressing the membrane)

*mf*

*gliss.* with wood end  
*l.v.*

*pp*

*p*

*8vb*

54

P. 1

*p*

towards the edge →

cresc. & dim. ad lib. from *p* to *mf*

Pno.

*tr*

ad lib., always

*mf* *p*

una corda

(8)



59

P. 1

towards the center → ord.

*mp*

(w.s.)

P. 2

*mf* *f*

with wood end l.v.

*f*

P. 4

*f*

E - G#

Pno.

*f*

cresc. & dim. ad lib. from *p* to *mf* *p*

(8)

64

P.1  $\frac{3}{4}$   $\frac{4}{4}$   $\frac{4}{4}$   $\frac{4}{4}$  **C** *f* *p* *mf*

P.2 *rim*

P.3  $\frac{3}{4}$   $\frac{4}{4}$  *mf* *p* *mf* (tt.)

P.4

Pno. **C** *f*

(8).....



67

P.1 *ord.*  $\frac{2}{4}$   $\frac{4}{4}$

P.2 *(y.m.)* *pp* *mf*

P.3  $\frac{2}{4}$   $\frac{4}{4}$

P.4 *ord.* *p* *mf* *p*

Pno. *p* *mf* *p*

(8).....

70

(f.m.)

5

P.1 *p* < *mf* > *p* *mp*

P.2 l.v. < *mp*

P.3 (f.m.) 5 *p* *mf* *mp*

P.4 *mp* *mf* < *mp* l.v.

Pno. *f* *p* *mf* (not accent.) *mp*

75

P.1 l.v. *mf*

P.2 *p* *mf*

P.3 *p* *mp* > *p* < *mf*

P.4 *p* *mf*

Pno. *p* *pp* *mf* *p*

D

D

79

P. 1  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  rim

P. 2  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $f$   $mf^3$

P. 3  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $p$   $mf$  l.v.  $mf$

P. 4  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $f$   $mf^3$

Pno.  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $mp$   $mf$   $p$   $mf$

82

P. 1  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $f$  muffled ord.  $p$  fingers

P. 2  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $f$   $mp$   $f$   $p$   $f$

P. 3  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $mf$

P. 4  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $pp$   $mp$

Pno.  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $f$   $mp$   $f$   $p$   $pp$   $8vb$

86

P.1 *mf* *p* *mp* *f* *muff.*

P.2 *mp* *< f* *mp*<sup>3</sup> *< f*

P.3 *mp*

P.4 *< f* *p* *< mf*

Pno. *mf* *ord.*

(8).....

Annotations: (f.m.), rim, (y.m.), (w.s.), o.t.s., sliss., v.



90

P.1 *mf* *p* *mf* *p* *mp*

P.2 *mp* *< f* *mp*

P.3 *mp*

P.4 *mp* *p* *< mf* *mp*

Pno. *pp* *mp* *pp*

Annotations: ord. (not muff.), fingers, (f.m.), ord.

94

P. 1

5

*mf*

muff.

(f.m.)

*mp*

*pp* < *f*

3/4

2/4

P. 2

rim

P. 3

(y.m.)

*mp*

*mf*

P. 4

5

*mf*

*p*

*mf*

3

Pno.

*mp*

sub.

*f*

98

2/4

E

P. 1

*mp*

ord.

*mf*

P. 2

left hand fingers

*p*

right hand y.m.

*mp*

*mf*

P. 3

(t.t.)

*pp*

P. 4

*pp*

E

Pno.

*mp*

103

P. 1 *pp* left hand (b.d.)

P. 3 *mp* (y.m.)

P. 4 *p*

Pno. *pp* *p* *mf*



106

P. 1 *p* right hand (b.d.)

P. 2 *mf* (f.m.) rim

P. 3 *mp* ord. 5 l.v.

P. 4 *p* 5

Pno. *mp* 5 *p*

110

P.1 *mf* *p* *mf* (f.m.)

P.2 *mf* *p*

P.3 *mf* *p* *pp* *p* (f.m.) l.v. gliss.

P.4 *pp* *mf* l.v.

Pno. *p* *mf*

114

P.1 *p* *mf*

P.2 *mf* *p* *mf*

P.3 *pp* *mf* *mf*

P.4 *p* *mf*

Pno. *p* *mf*

117

P. 1  $\frac{3}{4}$  **F**  $\frac{2}{4}$  *p*

left hand rim

P. 2

P. 3 *l.v.*  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  *p*  $\rightarrow$  *mf*

P. 4

Pno. **F**  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  *mp*  $\rightarrow$  *f*

*legato*

*pp*  
8vb



119

P. 1  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  *mp*

Pno.  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  *mf*

*mp*

(8)



121

P. 1  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$

Pno.  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  *mf*

(8)

122

P.1  $\frac{3}{4}$

P.2  $\frac{3}{4}$  *f*

P.3  $\frac{3}{4}$  *mf* gliss. l.v.

P.4  $\frac{3}{4}$  *mf*

Pno.  $\frac{3}{4}$

(8).....



123

P.1  $\frac{2}{4}$

P.2  $\frac{2}{4}$  *p* *mf*

P.4  $\frac{2}{4}$

Pno.  $\frac{2}{4}$

(8).....

124

P. 1  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$  *mf* rim

P. 2  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$  *gliss.*  $\frac{3}{4}$  *gliss.* *p*  $\rightarrow$  *mf*

P. 3  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$  (sb) *mp* l.v.

P. 4  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$

Pno.  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$  *mp* *mp* *8vb*



126

P. 2  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  *p*

P. 3  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  *mf* *Miss.* l.v. (f.m.)

P. 4  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  *p*

Pno.  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  *mf* *pp*  $\rightarrow$  *mf* *mf* *v*

(8).....

128

P. 1

P. 2

P. 3

P. 4

Pno.

(t.t.)

gliss. l.v.

*mf*

*p*  $\leftarrow$  *f*

*mf*

*p*  $\leftarrow$  *f*

*mf*

*p*  $\leftarrow$  *mf*



131

P. 1

P. 2

P. 3

P. 4

Pno.

*f*

l.v.

gliss. l.v.

l.v.

*mp*

*f*

5

135

P. 1 *muff.* *ord. 3* *mf* (w.s.) (y.m.)

P. 2 *f* *mf* *mp*

P. 3 *gliss. l.v.* (f.m.) (w.s.) (t.t.) *ord. l.v.* *p < f* *mp*

P. 4 *mf* 3 3

Pno. 5 *f* *mf*

139

P. 1 3 4 3/4

P. 2 *mf* 3

P. 3 (f.m.) *mf* 3/4

P. 4 *f* *mf*<sup>3</sup> 3/4

Pno. *f* *p* *mf* 3 3/4

142

P. 1  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  *p* *f* *p* *sub.* *mf*

left hand b.d.

P. 2  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  *f*

P. 4  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  3

Pno.  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$  *p* *f* *p*



144

P. 1  $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$  *p* *f*

P. 2  $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$  3

P. 3  $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$  *mf* *p*

P. 4  $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$  *p* *f*

Pno.  $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$  *mp* *f* *p* *p* *f*

146

P.1  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*mf* *p*

P.2  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*p < f* *mp*

P.3  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*f* *mf* *p* *gliss.*

P.4  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*p* *mp*

Pno.  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*mf* *p* *mf*  
*mp* *f* *p*



149

P.1  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*mp*

P.2  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*p < f* *f*

P.3  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*(f.m.)* *mp*

P.4  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*p < f* *f*

Pno.  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*mp* 6 6 6 6 6 6

G ●

152

Musical score for measures 152-154. The score is divided into four parts (P.1, P.2, P.3, P.4) and a Piano (Pno.) section. P.1 and P.3 play sustained notes with a dynamic of *f*. P.2 and P.4 play melodic lines with dynamics *mf* and *f*, and include triplets and accents. The Pno. section features sixteenth-note patterns with dynamics *f* and triplets. A large double bar line is present at the end of the section.

155

Musical score for measures 155-157. The score is divided into four parts (P.1, P.2, P.3, P.4) and a Piano (Pno.) section. P.1 and P.3 play sustained notes. P.2 and P.4 play melodic lines with dynamics *mf* and *f*, and include triplets and accents. The Pno. section features sixteenth-note patterns with triplets and dynamics *mf*. A large double bar line is present at the end of the section.

158

P. 1 *fff*

P. 2 *ff* 5

P. 3 *fff*

P. 4 *ff* 5

Pno. *ff*



160

P. 1

P. 2 *mf* *ff* 3/4

P. 3

P. 4 *mf* *ff* 3/4

Pno. 3/4



172

3 (b.d.)  
4

2  
4

P.1 *pp* *p* *p*

P.2 *p* *mp*

P.3 (t.t.)  
*mp*

P.4 (f.m.)  
*mp* *p*

Pno. *p* *mp* *mf*

*Red.*



176

P.1 *p*

P.2 *p*

P.3 *mf*

P.4 *mf*

Pno. *p*

182

P. 1 *mp*  
(w.s.)

P. 2 *pp*

P. 3 *p*

P. 4 *p*

Pno. *(tr)*



184

P. 1

P. 2

P. 4

Pno. *mp*

*8va*

3 6

*mp*

186

P. 1 *p* *mf*

P. 2 *mf*

P. 3 *mf* Miss. l.v.

Pno. *pp* *mf* o.t.s. Miss.

*mf* Red.



190

P. 1 (w.s.) *mp* rim. *l.v.*

P. 2 *mp* 3

P. 3 (t.t.) *ppp* *mp* *l.v.*

P. 4 (y.m.) *mf*

Pno. *p* *mf* *p* *mf* ord.

193

2/4

3/4

(f.m.)

towards the center

3

3/4

P. 1

P. 2

l.v.

3

(y.m.)

ord.

3

l.v.

P. 3

P. 4

3

l.v.

3

5

*mf*

*f*

Pno.

Red.



197

3/4

ord.

2/4

3/4

3/4

2/4

3/4

P. 1

P. 2

*ppp*

*mf*

5

P. 3

P. 4

Pno.

199

P.1  $\frac{3}{4}$  (b.d.)  $\frac{2}{4}$   $pp$   $p$

P.2  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $pp$

Pno.  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $ppp$   $mf$   
 o.t.s. not so fast  
 Red.

202

P.1  $mp$

P.2  $mf$   $p$

Pno.  $pp$   $mf$

206

P.1  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$

P.2  $mf$   $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$

Pno.  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $mf$   $p$   $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   
 Red.

209

P. 1

4/4 **I** 2/4

*mf mp*

(y.m.)

P. 2

*p*

(sb)

P. 3

*p*

Pno.

**I**

*mf*

5 *mf*



212

P. 1

3/4

P. 2

3/4

P. 3

3/4

Pno.

ord.

*mf mp mf*

217

P. 1  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*f*

P. 2  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*mf*

P. 3  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*mf* l.v.

Pno.  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*mp pp f mp p*  
*p*

Red.



222

P. 1  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
 (f.m.) *mf* rim (w.s.)

P. 2  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*mf* rim

P. 3  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
 gliss. *mf* (w.s.)

P. 4  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*mf*

Pno.  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   
*mf*

226

P. 1

*mp* *mf*

P. 2

*gliss.*

P. 3

ord. *p* l.v.

P. 4

*mp* *mp*

Pno.

*mp* 3

229

P. 1

*mp* *mf*

P. 2

*gliss.* *p* *mp* *5"*

P. 3

l.v. *pp* *f* *gliss.* *l.v.* *5"*

P. 4

l.v. *5"*

Pno.

*5"*

235

J

P.1 4/4 3/4 2/4 (f.m.) 3/4

P.2 4/4 3/4 2/4 (y.m.) \*

mp

P.3 4/4 3/4 2/4 3/4

P.4 l.v. 4/4 3/4 2/4 3/4

pp

Pno. mf

mf

240

3/4 2/4 6

P.1 3/4 2/4 p

P.2 mf

P.3 (t.t.) l.v. 3/4 2/4 p

P.4 (y.m.) \* mp pp mp

Pno. mp pizz. o.t.s. p mf

Red.

244

P. 1 *mf* *mf* *p < mf*

P. 2 *mf* rim *pp* 6 6 3 3 3 3

P. 3 *pp* circular motion gliss. *mf*

P. 4

Pno. *p* *f* *Red.*



249

P. 1 *f* *p < f*

P. 2 *mf* *p*

P. 3 gliss. l.v. rim *p < f*

P. 4 *p*

Pno. *p* *Red.*

251

P. 1  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$  (w.s.)  $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$  play all around the membrane ad. lib.  
*p* cresc. & dim. ad lib. from *p* to *mf*

P. 2  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$  *f*

P. 3 (t.t.)  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$

P. 4  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$  with wood end *f* l.v.

Pno.  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$  *mf*



253

P. 1  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$

P. 4  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$  *mp* l.v.

Pno.  $\frac{2}{4}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{3}{4}$  *f* *pp*





277

P. 1

P. 2

*pp*

P. 3

*mp*

l.v.

P. 4

*pp*

*< mp > p < mf*

Pno.

ord.

*p*

*mf*

283

P. 1

(f.m.)

*f*

rim

P. 2

(w.s.)

*f*

P. 3

(t.t.)

*ppp*

P. 4

*pp*

Pno.

5

5

5

5

5

5

287

P. 1

P. 3

Pno.

*p*

*mp*

*mf*

*p*

291

P.1 *mf* *mp*

P.2 *mf*

P.3 *mf* l.v.

Pno. *f* *mf*

296

P.1 rit. l.v.  $\frac{3}{4}$  **L**  $\frac{2}{4}$

P.2 rit. **L**  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$

P.3  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$

Pno.  $\frac{3}{4}$   $\frac{2}{4}$

*Tempo primo*

302

P.1  $\frac{2}{4}$  *p*

P.2  $\frac{2}{4}$  *p*

P.3  $\frac{2}{4}$  *pp*

Pno.  $\frac{2}{4}$  *p*



308

P. 1

P. 2

P. 3

Pno.