



# 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

El *sautillé* y su destreza motriz  
Un estudio biomecánico sobre la ejecución de la técnica de arco en la  
interpretación musical del violonchelo

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
MAESTRA EN MÚSICA  
(Interpretación musical)

PRESENTA  
EDITH ANGÉLICA RAMIREZ FLORES

TUTOR  
DRA. ARTEMISA MARGARITA REYES GALLEGOS  
**Programa de Maestría y Doctorado en Música**

CIUDAD DE MÉXICO, OCTUBRE 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## Índice

<b>Agradecimientos</b> .....	
<b>Introducción</b> .....	<b>8</b>
<b>Capítulo I. El <i>sautillé</i>: definición y análisis teórico práctico de su ejecución</b> .....	<b>14</b>
1.1. Antecedentes históricos .....	15
1.1.1. Enfoques teóricos sobre el concepto .....	16
1.1.2. Enfoques prácticos de su Interpretación .....	17
1.2. El <i>sautillé</i> visto desde la complejidad.....	20
1.2.1. La ambigüedad teórico-práctica del concepto .....	22
1.2.2. La complejidad de las destrezas motrices en la interpretación musical .....	25
1.2.3. La Interdisciplina para el estudio del <i>sautillé</i> y su destreza motriz .....	31
<b>Capítulo II. El miembro superior derecho y su relación con la técnica de arco</b> .....	<b>34</b>
2.1. Anatomía básica sobre el miembro superior derecho.....	36
2.1.1. La cintura escapular como sostén de las extremidades superiores .....	37
2.1.2. El miembro superior derecho .....	40
2.2. La propiocepción y movimientos del miembro superior derecho .....	43
2.2.1. La propiocepción como medio de autorregulación perceptiva motriz .....	43
2.2.2. Movimientos del miembro superior derecho .....	46
<b>Capítulo III. Análisis biomecánico sobre la ejecución del <i>sautillé</i> desde la autoobservación</b> .....	<b>51</b>
3.1. Biomecánica .....	51
3.1.1. Biomecánica en música .....	52
3.1.2. Práctica del laboratorio: cronología y descripción.....	53
3.2. Resultados sobre la realización del <i>sautillé</i> .....	59
3.2.1. Resultados con relación a la anatomía del movimiento .....	59
3.2.2. Resultados con relación al arco .....	60
3.2.3. Resultados con relación al <i>sautillé</i> .....	61
3.3. Discusión de los resultados.....	62
<b>Conclusiones</b> .....	<b>66</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>67</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>69</b>

*A mis padres y mis hermanas por todas las palabras de aliento y consejo que recibí en cada llamada; por su amor, esfuerzo y apoyo en todo momento.*

*A Rita Lomelí por su cariño y amor incondicionales, sin ellos esto no hubiese sido posible.*

*Al Doctor Gustavo Martín Márquez por encarnar a Juan Salvador Gaviota y mostrarme el vuelo, gracias su respaldo en todo momento y por creer más en mí de lo que yo hubiera podido hacerlo. Sus enseñanzas cambiaron mi vida como violonchelista y como ser humano.*

*A mi hijito Isaí, porque tu presencia llenó de luz y energía mi vida para culminar esta etapa.*

## **Agradecimientos**

A mi tutora, la Doctora Artemisa Margarita Reyes Gallegos por su empatía, responsabilidad, compromiso, paciencia y guía en la realización de este trabajo.

A la Doctora Fuensanta Fernández de Velazco quién trabajo a mi lado el primer año de la maestría y por brindarme su apoyo, orientación y sabio consejo como sinodal de esta investigación.

A la Doctora Lizette Alegre por todo su apoyo encaminando nuestros trabajos en el seminario de investigación.

### **A mis lectores por su compromiso e interés**

Al Mtro. Manuel López Medrano por sus enseñanzas, reflexiones y aportaciones.

A la Doctora Roxana Mendoza Guevara por su valiosa participación y observaciones.

Al Doctor Jorge Suárez Ángeles por sus valiosos comentarios y análisis que complementaron ampliamente mi trabajo.

### **A las instituciones**

Unidad de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Música

Laboratorio de Biomecánica de la UNAM en el campus Juriquilla, Querétaro.

### **Agradezco también**

A los seminarios de Teoría de sistemas complejos del Doctor Felipe Lara-Rosano y Arte- Ciencia del Centro de la Doctora Rossana Lara en el Centro de Ciencias de la Complejidad.

Al Doctor Felipe Martínez Matehuala, encargado del laboratorio de Biomecánica de la UNAM por su colaboración en este proyecto de investigación.

A Gaspar Cárdenas Guzmán por su amistad y sus valiosas asesorías que fueron muy significativas en la búsqueda implacable de información.

A Sandra Romo Figueroa por las sesiones de trabajo compartido que fueron hilo conductor de esta tesis.

Al Doctor Fernando Nava, Jazmín Ocampo y Mónica Sandoval por su apoyo  
incansable en todo nuestro proceso estudiantil.

A mis compañeros de la maestría por compartir tantas experiencias y reflexiones.

Al maestro Jorge Espinoza, violonchelista y docente de la Universidad Estatal de  
Nuevo México (NMSU) por su apoyo para lograr mi pequeña estancia en Estados Unidos.

A Issa Alberto Corona por la compañía y el apoyo que me brindó para lograr  
plasmear en palabras mi visión.

## Introducción

El *sautillé* es una técnica interpretativa para los instrumentos de cuerda frotada, específicamente violín, viola y violonchelo. Se ha clasificado coloquialmente dentro de los golpes de arco que se realizan “fuera de la cuerda”, es decir, una técnica o ejecución en donde el arco estimula la cuerda rebotando velozmente para producir el sonido. Dicha técnica se introdujo en la interpretación musical del violonchelo a partir del Romanticismo con obras como el *Capricho No. 2* para violonchelo solo de Adrien-François Servais; la *Danza de los elfos* de David Popper; el *Scherzo* de Van Goens; el segundo movimiento *Allegro Molto* del Concierto para violonchelo en Mi Menor opus 85 de Edward Elgar y el *Pezzo capriccioso* opus 62 de Piotr Ilich Tchaikovsky.

Con la finalidad de que el lector comprenda mejor el significado, considero pertinente explicar la definición del término *sautillé*, sus antecedentes históricos, así como también sus características y los elementos involucrados en la realización de dicha técnica en el primer capítulo. En mi propuesta priorizo: la historia—es decir, el origen y la tradición interpretativa del *sautillé*—, y la pedagogía —lo que se dice en el discurso de la enseñanza. Además, incluyo los factores autoperceptivos internos y externos del individuo, en este caso del intérprete, en contraposición con los históricos y los pedagógicos. Por otro lado, expongo aquellos que no se mencionan, pero que sí están presentes en la realidad compleja de su realización. Esto, fue posible detectarlo gracias a los medios tecnológicos actuales para construir una visión multidimensional de su ejecución.

Pese a su definición teórica, clasificación y antecedentes no es suficiente la información para comprender la realización de su interpretación ya que plantea dos problemas generales, uno de orden teórico y otro práctico: en el primer caso, no existe un consenso en las definiciones conceptuales; en el segundo, no está definida la anatomía de movimientos físicos que intervienen en su ejecución, ya que en el discurso o en las explicaciones que proponen los intérpretes, existe divergencia.

Las concepciones teóricas y la diversidad de apreciaciones prácticas sobre el *sautillé* tienden a confundir al intérprete y, a raíz del problema enunciado, surgen las siguientes interrogantes: ¿qué factores tienen que considerarse para su ejecución?; asimismo, ¿cómo se

puede lograr su dominio de manera óptima? Intentar responderlas implica analizar desde distintas perspectivas prácticas y teóricas. Dado que en los antecedentes históricos no existe un trabajo académico que aborde este problema, no se ha realizado un estudio detallado del mismo y para ello es necesario considerar múltiples dimensiones para profundizar en el tema.

Al pretender tener un mayor acercamiento al *sautillé* a nivel teórico- práctico, las preguntas que se formularon como hilos conductores para todo el análisis fueron las siguientes: ¿qué características tiene el sonido del *sautillé*?, ¿cómo resolver su ejecución?, ¿qué estructuras anatómicas regulan su mecanismo físico?, y ¿qué ocurre en la interacción entre el violonchelista y el instrumento? Las preguntas secundarias, por otro lado, son las siguientes: ¿qué dicen y hacen los profesionales al respecto?, ¿qué posibilidades de movimiento tienen las estructuras anatómicas?, ¿cómo saber qué se siente en el cuerpo mientras se ejecuta el *sautillé*?

Si bien los métodos y tratados de ejecución instrumental del violonchelo incluyen ilustraciones de la postura corporal y de las manos, resultan ambiguas de entender cuando no hay mayor precisión en la información ni la práctica que involucre las sensaciones de ello.

En la actualidad pocas investigaciones proponen solucionar problemas técnicos concretos en la ejecución del repertorio tomando en cuenta la anatomía de movimientos del cuerpo, pues se requieren enfoques y metodologías nuevas, así como acceso a laboratorios de biomecánica. Tanto la anatomía como la biomecánica se encuentran completamente ligadas a las destrezas motrices que, en el caso particular del violonchelo, corresponden a la técnica de mano izquierda encargada de colocar la digitación de los dedos sobre el diapasón y, por otro lado, la técnica de mano derecha responsable del control de arco frotándolo sobre las cuerdas con la finalidad de emitir los sonidos como las articulaciones sonoras.

El objetivo de esta investigación es el estudio de la técnica de arco denominada *sautillé*, analizando su complejidad motriz desde una visión interdisciplinaria. Para este análisis, se revisa la anatomía del movimiento y la biomecánica del cuerpo humano en función de la ejecución instrumental. La meta final del estudio es incorporar esta información al ámbito de la interpretación musical y con ello, motivar futuros trabajos de investigación sobre las destrezas motrices en la ejecución instrumental del violonchelo.



El concepto de “complejidad” lo tomo del *El Método* propuesto por Edgar Morin quien señala que el objeto de observación tiene relación entre una multiplicidad de factores. El pensamiento complejo ya ha sido usado en trabajos de música. Por ejemplo la tesis doctoral de Fuensanta Fernández de Velazco, actual coordinadora del Posgrado en Artes: Inter y Transdisciplinariedad de la Benemérita Universidad de Puebla, que lleva por título *La expresión como elemento complejo en la performance musical* (Fernández de Velazco, 2016); y la de Julio Cesar Jiménez, docente investigador en guitarra clásica de la Universidad de Zacatecas, la cual se titula *Un modelo teórico en torno a la interpretación musical: hacia la construcción de una metodología integral para la guitarra en la línea del pensamiento complejo* (Jiménez Moreno, 2015).

El análisis del *sautillé* implicó un desarrollo hermenéutico que permitiera recurrir a distintas áreas del conocimiento tanto de las humanidades como de las ciencias y no limitarse a la interpretación musical. Por ello recurrí al enfoque teórico de la Interdisciplina. Esta visión permite el estudio de un fenómeno en su complejidad. Se requirió de un diálogo profundo entre distintas disciplinas: la técnica del arco con la anatomía del movimiento y la biomecánica del miembro superior derecho.

Investigaciones recientes presentan estudios sobre biomecánica en el violonchelo y los enfoques están orientados a comprender algún aspecto del movimiento humano relacionado con la ejecución instrumental, entre ellos ya existen trabajos donde se analiza el mecanismo anatómico del miembro superior derecho. Dentro de las tesis de doctorado disponibles relacionadas con el cuerpo humano y la interpretación musical del violonchelo se encuentran la de Andrea L. Kleesattel *Applications of Somatic Practices to Cello Playing and Pedagogy* (Kleesattel, 2012) que habla sobre la importancia de la conciencia corporal y las prácticas somáticas para la enseñanza en interpretación musical del violonchelo; por otro lado está la de Rosa D. Martín Armas *Estudio de la técnica de la mano derecha para una mayor eficacia en la intervención pedagógica durante la enseñanza del violonchelo* (Martín Armas, 2015) donde se analiza la biomecánica del pulgar de la mano derecha con el fin de optimizar la ejecución instrumental del arco en la enseñanza pedagógica del violonchelo y de detectar por qué los estudiantes tensan mucho ese dedo. En neurociencias se han realizado

estudios de Biomecánica en músicos. Por nombrar algunos trabajos ya publicados están los artículos: *The use of fine-wire EMG to investigate shoulder muscle recruitment patterns during cello bowing: The results of a pilot study* (L. Rickert, Halaki, Ginn, Ackermann, & Barrett, 2013) una electromiografía que se realizó para medir la actividad muscular del hombro mientras el violonchelista ejecuta la técnica de arco durante la interpretación musical con la finalidad de detectar las variantes en la actividad muscular que el músico presenta al tocar distintos golpes de arco. Y por otro lado el artículo *EMG trapezius muscle activity pattern in string players: Part I—is there variability in the playing technique?* (Fjellman-Wiklund, Grip, Karlsson, & Sundelin, 2004) otra electromiografía que se realizó para cuantificar las diferencias que hay en las variantes de actividad muscular en el trapecio entre instrumentistas de cuerda. La comparación se hizo entre violinistas, violistas y violonchelistas con el objetivo de distinguir el comportamiento dicho músculo entre las distintas posturas de ejecución instrumental.

Estos trabajos se enfocan en buscar soluciones para prevenir dolores y lesiones en músicos por lo que me parece relevante mencionar que el aporte es direccionado en su mayoría a la ciencia de la Kinesiología y el discurso es poco ligado a la interpretación musical como para proponer estrategias de eficiencia complementado por la perspectiva de la ejecución instrumental. Además, estos trabajos practicaron únicamente una electromiografía (EMG) otro tipo de diagnóstico que se utiliza en Biomecánica para evaluar la salud de los músculos y las células nerviosas que los controlan. La Biomecánica tiene una diversidad de estudios que diagnostican, miden y evalúan distintos aspectos del movimiento humano: la cinemática, la cinética y la electromiografía

Con base en lo anterior, la hipótesis de esta la investigación se dirigió a demostrar que a través de un análisis interdisciplinario es posible encontrar una visión integradora que brinde herramientas para desarrollar la autorregulación óptima de la destreza motriz del *sautillé*.

Mi propuesta de estudio se desarrolló en tres niveles de observación: 1) Musical: lo que pide la partitura sobre la técnica específica a ejecutar, 2) Anatómico: qué partes del miembro superior derecho están involucradas en el *sautillé* y 3) Biomecánico: un diagnóstico

cinemático para observar lo que sucede en la interacción entre el instrumentista y el violonchelo al ejecutar el *sautillé*. Para realizar el estudio biomecánico fue necesario capturar muestras del movimiento cíclico del *sautillé*. Entiéndase movimiento cíclico como aquel que repetidamente ejecuta la misma trayectoria de movimientos. Para ello se utilizó un fragmento del segundo movimiento *Allegro Molto* del Concierto para Violonchelo en Mi Menor Opus 85 de Edward Elgar. Esto lo detallaré con precisión en el tercer capítulo donde expongo los conocimientos teóricos y prácticos de esta investigación.

Como estrategia de investigación y recopilación de datos hice una clasificación ilustrándola de la siguiente manera:

<b>Niveles de observación</b>	<b>Preguntas</b>
<b>Música (interpretación musical)</b>	¿Qué es el <i>sautillé</i> ?
<b>Anatomía del movimiento</b>	¿Qué estructura corporal lo regula? ¿Qué partes del miembro superior derecho están involucradas en su realización? ¿Cómo se organizan?
<b>Biomecánica: Interacción entre el violonchelista y el instrumento</b>	¿Qué ocurre cuando el arco y el instrumento interactúan con el cuerpo humano?

Esta investigación se valió de la autoobservación, una herramienta metodológica de carácter procesual que plantea la capacidad del individuo para generar hipótesis y conclusiones informándose de manera crítica y objetiva. En los estudios cualitativos esta metodología puede brindar información de un fenómeno desde la percepción personal en contraste con el exterior.

Un sujeto no sólo es el mismo, ya que también pertenece a un colectivo donde las personas que lo conforman pasan por circunstancias y experiencias similares. Esto orienta que los individuos se formulen preguntas muy parecidas dentro de un ecosistema

determinado, por lo que utilicé la modalidad de la autoobservación interactiva, la cual según Rubén López “se trata de obtener experiencias de los demás, pero también de observarnos a nosotros mismos en el contexto de estas interacciones con el objetivo de detectar nuestros propios posicionamientos, emociones y pensamientos en relación a ciertas ideas que se van planteando” (Cano & Opasso, 2014, pág. 154). Esta metodología permitió contrastar, analizar y comparar las apreciaciones del intérprete, en este caso mi persona con los otros por medio de entrevistas, clases magistrales y asesorías privadas dialogando y contrastando de manera práctica con las fuentes bibliográficas consultadas

## Capítulo I. El *sautillé*: definición y análisis teórico práctico de su ejecución

El *sautillé* es una técnica de ejecución con el arco que se utiliza para lograr un tipo de articulación sonora en la interpretación musical. El término articulación, según el *Diccionario Harvard de música*, representa “en la ejecución, las características de ataque y disminución de tonos separados o grupos de tonos y los medios por los cuales se producen esas características” (Randel, *Diccionario Harvard de Música*, 1997, pág. 41). En complemento a lo anterior, el *Diccionario Grove de música y músicos* define articulación como la separación que hay entre notas sucesivas, individualmente o en grupos que el intérprete ejecuta y la forma en que lo realiza<sup>1</sup> (Grove, 2001, pág. 86). En este caso, el *sautillé* se distingue por la realización de aquellos movimientos regulados por el miembro superior derecho con el arco sobre la cuerda, provocando sonidos muy cortos, separados y veloces. Además, posibilita el ajuste algunos parámetros del sonido como el timbre, el volumen, la intensidad y la articulación. Por ejemplo, en los instrumentos de cuerda frotada el *detaché* (1), *martelé* (2) y *sautillé* (3) son otras técnicas de ejecución con el arco para obtener distintas articulaciones sonoras. Gráficamente se expresan de esta manera respectivamente:

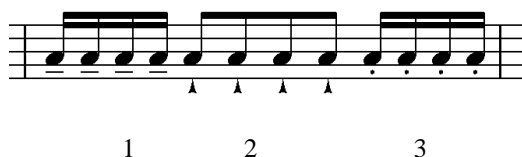


Ilustración 1. Representación gráfica de las articulaciones *detaché*, *martelé* y *sautillé*.

El *sautillé* se representa así:



Ilustración 2. Compás no. 5 de la pieza *Scherzo* de Daniel Van Goens

---

<sup>1</sup> Traducción propia

La indicación de articulación con puntos puede tener múltiples significados. En el caso del *sautillé* es representada por un grupo de semicorcheas con un punto sobre o debajo del neuma y se acompaña por la indicación de tiempo muy rápido. Generalmente con indicación de *Allegro Molto* (muy rápido) o *Vivace molto e con spirito* (muy vivo y con espíritu). Su notación musical podría confundirse con el *staccato*, y es sumamente importante aclarar que, aunque sea similar, en el contexto de la cuerda frotada el *staccato* es otro tipo de ejecución instrumental la cual implica unir varias notas de manera consecutiva en una sola dirección ya sea arco arriba o arco abajo. Se distingue por tener una ligadura debajo de su propia notación:



Ilustración 3 *Staccato*

La representación gráfica no explica completamente como debe realizarse la ejecución instrumental del *sautillé*. Para ello, es necesario recurrir a las explicaciones teórico-prácticas sobre su acepción y su tradición interpretativa.

### 1.1. Antecedentes históricos

El empleo de esta técnica se remonta a finales del siglo XVIII y abarca todo el periodo Romántico (1800-1850) ya que fue un recurso musical muy empleado en obras para los instrumentos de cuerda. El arco sufrió modificaciones y su evolución permitió que nuevos recursos sonoros se introdujeran a la técnica existente.

Esto se atribuye principalmente a los cambios organológicos que sufrieron los instrumentos durante el tiempo, los cuales, de acuerdo con Evguenia Roubina, fueron consecuencia de factores que

[...] están relacionados con el perfeccionamiento del sistema técnico-acústico del instrumento musical, así como a los mudamientos destinados a la optimización del modo de su ejecución y la creación de un repertorio que se adecue a estos cambios y que, a la vez, impulse nuevos avances en el desarrollo de las posibilidades expresivas y virtuosísticas del instrumento (Roubina, 1999, pág. 105).

Históricamente la articulación del *sautillé* nació en la escuela del violín; el término fue introducido por Niccolò Paganini quien con la rapidez de su ejecución causó asombro entre los escuchas. El *Diccionario Oxford de música* la define como “un tipo de staccato (en el violín &c.) donde el arco rebota de la cuerda, es el mismo que el *saltato* o saltando” (Scholes, 1984, pág. 831). Otras fuentes explican que la evolución del virtuosismo de distintas técnicas de arco se expandió hacia otras latitudes focalizando principalmente a la escuela francesa del violonchelo (Stowell, 1999, pág. 191).

Golpes de arco fuera de la cuerda como el *spiccato* y el *sautillé* comenzaron a aparecer en la pedagogía instrumental y en piezas para violonchelo a finales de 1820. Adrien-François Servais fue el primer violonchelista que incluyó el *sautillé* en la técnica instrumental del violonchelo de la Escuela Belga, principalmente en la creación de composiciones con fines pedagógicos e interpretativos. La articulación sonora del *sautillé* tuvo mayor presencia en los demás países a finales del siglo XIX en composiciones para el violonchelo como piezas y conciertos de carácter *virtuoso* o *con bravura*.

### **1.1.1. Enfoques teóricos sobre el concepto**

El *Diccionario de Términos Musicales* define *sautillé* como “tipo de golpe de arco en los instrumentos de cuerda” (Sheptak, 2008, pág. 151). Por otro lado, la *Enciclopedia Internacional de Música y Músicos* lo define así: “*sautillé* (francés; italiano, *saltato* saltando). Es un término utilizado en la música escrita para violín, viola y violonchelo para indicar que el músico debe ejecutar un tipo de movimiento que haga rebotar el arco” (Slonimsky, 1946, pág. 1620).<sup>2</sup> En español, el término para nombrarlo es saltillo o saltando como en italiano; sin embargo, su uso no es muy común y generalmente los diccionarios remiten al concepto en francés *sautillé*.

Ambas acepciones coinciden en que es una acción que realiza el arco en los instrumentos de cuerda frotada; sin embargo, la primera es una definición extremadamente general que no aporta muchas instrucciones sobre su ejecución mientras que la segunda

---

<sup>2</sup> Traducción propia.

específica que se necesita un movimiento que provoque un rebote en el arco y, aunque esta última aporta más información, la ambigüedad de su destreza motriz continúa presente.

En la búsqueda de fuentes hallé que el *Diccionario Harvard de música* define al *sautillé* como “Saltillo/ Al. *Springbogen*; Fr. *Sautillé*. It. Saltando/ Golpe breve tocado en tiempo rápido a mitad del arco, de suerte que el mismo al ponerse en movimiento por el golpe, salte ligeramente de la cuerda repetidas veces” (Randel, 1997, pág. 33). Esta descripción es muy basta y descriptiva, pues es específica en lo concerniente a la realización, la cual incluye, por ejemplo, un punto específico del arco que permite la producción de ese sonido gracias a su ubicación y a la velocidad del acto. La definición de *Harvard* es más detallada, pero continúa siendo vaga con respecto a la descripción de los movimientos que deben coordinarse para provocar la articulación del *sautillé*.

### **1.1.2. Enfoques prácticos de su Interpretación**

Los violonchelistas se aproximan de diversas formas a la comprensión práctica del *sautillé*. En una entrevista con Richard Markson, violonchelista y maestro en el conservatorio de Laban en Londres, comentó que algunos instrumentistas varían el golpe de arco y que mientras tocan más a la cuerda ciertos fragmentos, otros los tocan rebotando más el arco. De acuerdo con su perspectiva, esto se hace así porque hay zonas del punto de contacto entre la cuerda y el arco donde el sonido no responde igual y debe haber una diferencia de mayor o menor rebote del arco en beneficio de la emisión clara del sonido (Markson, 2018). En contraste, el estadounidense Bion Tsang, profesor de violonchelo en el departamento de música de la Universidad de Austin, Texas, dijo que para llevar a cabo el golpe de arco del *sautillé* necesitaba estar presente la pronación<sup>3</sup> y enfatizó con determinación que era de vital importancia este movimiento para que el arco se mantenga sobre la cuerda (Tsang, 2018).

Ambos intérpretes mencionaron aspectos involucrados en la ejecución del *sautillé*, pero sus aportaciones no corresponden a la misma dimensión, ya que el primero habla del control del arco y como éste afecta al sonido, mientras el segundo expresa información que

---

<sup>3</sup> La pronación es un movimiento anatómico del antebrazo donde el radio cruza al cúbito internamente (Germain, 1994, pág. 149).



corresponde a aspectos anatómicos del miembro superior derecho para el manejo del arco. Por lo tanto, cada uno posee información relacionada con perspectivas distintas pero complementarias de esta técnica de arco.

Adicionalmente, Michael Dallinger, profesor de violonchelo en la universidad de Austria, explicó en una clase magistral que para desarrollar el *sautillé* había que realizar ejercicios con el arco para estimular la muñeca y los dedos y que “para eso” el brazo debía estar muy relajado, pues así permite el movimiento (Dallinger, 2019). Pese a lo difícil que fue concebir dicha explicación debido a su brevedad y rapidez, pude percatarme de que sí existen conocimientos que vinculan la anatomía del miembro superior derecho y la técnica de arco.

Existen otros criterios que proponen un movimiento específico del arco para producir el sonido que supone el *sautillé*. Para ilustrar lo anterior, Jorge Espinoza, profesor de violonchelo en la universidad estatal de Nuevo México, durante una clase magistral mencionó que “el movimiento que dibuja la trayectoria del arco es una curva” (Espinoza, 2016). Como complemento, Christopher Bunting, violonchelista inglés quien fue profesor de *Royal College of Music* sugiere en su texto que:

Hay que estudiar cómo mantener el arco sobre la cuerda durante las oscilaciones a alta velocidad, manteniendo la mano en movimiento a lo largo de la línea del arco; es decir, en ángulo recto respecto a la cuerda. A continuación, para obtener un *sautillé*, violaremos ese procedimiento introduciendo una pulsación de la mano ligeramente fuera del eje (Bunting, 1999, pág. 120).

Otro punto de vista que fortalece lo expuesto es el de David Finckel, violonchelista del cuarteto *Emerson*, explicando en un video que: el arco debe ser colocado en su parte media sobre la cuerda, ésta debe estimularse a través de un movimiento oscilatorio ascendente y descendente, provocando un rebote en el arco, además de que dicho rebote debe repetirse muchas veces y realizarse a partir de una velocidad de  $\downarrow = 140$  con valores de dieciseisavos, para que el arco pueda brincar (Finckel, Youtube, 2009).

Durante la investigación percibí que el movimiento rectilíneo en la trayectoria del arco no era adecuado para la ejecución del *sautillé*, por lo cual, se repensó la forma de realizar

el movimiento del arco. Concluyo que lo que describen los violonchelistas alude a la realización de un movimiento angular<sup>4</sup>, es decir, uno del tipo elíptico antagónico del movimiento rectilíneo o de traslación<sup>5</sup>.

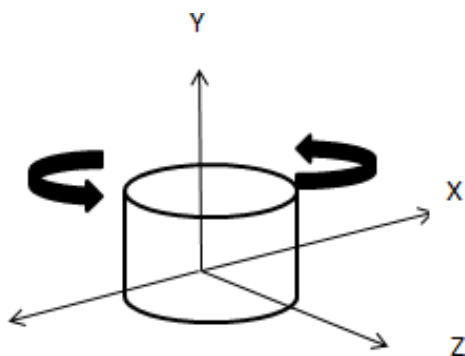


Ilustración 4. Ejemplo de movimiento angular

La ilustración no. 4 ejemplifica cómo el movimiento angular tiene una dinámica en los tres planos y ejes X, Y, Z. Esto le brinda la característica de ser tridimensional. Por ejemplo, un patinador de hielo girando en un punto específico.

---

<sup>4</sup> Movimiento angular: se manifiesta cuando un objeto realiza un movimiento curvo en torno a un eje de rotación trazando todos los puntos del cuerpo en trayectorias circulares concéntricas en los tres planos y tres ejes de movimiento recorriendo un mismo ángulo durante el mismo tiempo.

<sup>5</sup> Movimiento rectilíneo: Trayectoria recta y paralela que durante su ejecución recorre la misma distancia a la misma velocidad (Repetto, 2005, pág. 20).

Por el contrario, la ilustración no. 5 muestra una flecha con dos trayectorias de un movimiento rectilíneo: de X a Y y de Y a X abarcando sólo dos planos de movimiento. En concreto, este movimiento puede verse representado cuando una persona abre los miembros superiores a la altura de los hombros y los lleva hacia arriba y luego hacia abajo al punto de inicio.

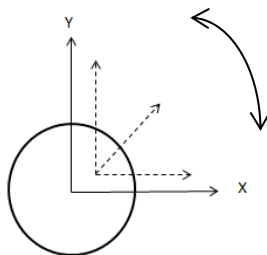


Ilustración 5. Ejemplo de movimiento rectilíneo

## 1.2. El *sautillé* visto desde la complejidad

El *sautillé* es una articulación sonora producida por la ejecución de movimientos del brazo derecho sobre el arco. La técnica de arco pertenece a las destrezas motrices y éstas se encuentran dentro de las habilidades interpretativas del músico.

La concepción teórico-práctica del *sautillé* dentro de la interpretación musical remite a distintos niveles de observación. Esto, a su vez, refiere a una realidad compleja que se encuentra organizada de manera interconectada. Su complejidad reside en el tipo de articulación sonora que se desea producir con relación al movimiento o conjunto de movimientos anatómicos que provocan la ejecución de dicho recurso musical y, además, la interrelación que existe entre el instrumentista y el instrumento al tocar el *sautillé*.

En la investigación disciplinaria clásica es algo complicado pues, desde esa perspectiva, su estudio consideraría casi a un sólo y mismo nivel de observación. Si bien esta línea de pensamiento ha generado muchísimo conocimiento, su reduccionismo ha suprimido las interconexiones que hay entre fenómenos y otros elementos interdependientes: el mismo Barasab Nicolescu expresa que “la objetividad, erigida en criterio supremo de verdad, ha tenido una consecuencia inevitable: la transformación del sujeto en objeto” (Nicolescu, 1996, pág. 11). Con ello podría decirse que la objetividad de dicha línea de pensamiento suprime

la totalidad y aliena por completo otras características fundamentales de una realidad compleja reduciéndola a una parte de sí. Realizar la observación de un objeto de estudio desde una disciplina resulta parcial. Esto se confirma cuando surgen ambigüedades que desde una sola perspectiva no se pueden resolver pues su organización es compleja.

La complejidad no debe entenderse como sinónimo de “difícil” sino como un conjunto de elementos que interactúan como una totalidad organizada. Dichos elementos son estudiados de manera sistemática para ubicar la jerarquía de los elementos y sus interconexiones. Por otro lado, la Interdisciplina es uno de los enfoques que sirven para estudiar la complejidad para incidir directamente dentro de un todo organizado, proponer distintas soluciones y brindar una visión integradora que ayude a transformar el fenómeno de estudio. Las teorías y metodologías que estudian el pensamiento complejo pretenden comprender los procesos de organización de los sistemas complejos que organizan la realidad. Para identificar los elementos y las interconexiones que conforman dicha realidad es necesario abordar su estudio desde varios niveles de observación.

El área de la interpretación musical por sí misma no siempre puede resolver problemas de ejecución instrumental ya que ésta involucra el movimiento humano y aspectos que corresponden a otras disciplinas. Dichos problemas podrían ser resueltos apoyándose en otras áreas del conocimiento. Problemas de técnica complejos como el *sautillé*, podrían ser resueltos utilizando otras áreas del conocimiento mediante la intervención de varios niveles de análisis. El espacio que existe entre disciplinas y más allá de ellas, está lleno de posibilidades. Edgar Morin explica que “la complejidad desvía y desconcierta porque el paradigma reinante se vuelve ciego a las evidencias que no puede hacer intangibles” (Morin, 1977, pág. 214). Según mi criterio, la interpretación abarca habilidades que corresponden a distintos rubros como las intelectuales que ayudan a descifrar la partitura, las kinestésicas que permiten el dominio técnico del instrumento y las emocionales que corresponden a la expresividad y se encuentran relacionadas para tocar la música. En contraste, la ejecución desde el punto de vista del movimiento se refiere específicamente a realizar acciones motrices. Ambos conceptos son distintos, pero se encuentran relacionados.

Personalmente considero que la corriente del pensamiento clásico buscó explicar la virtud en la interpretación musical desde un solo ángulo, es decir, desde el talento innato y la intuición aun cuando hay evidencias perceptibles de que ésta puede ser desarrollada por medio de habilidades. Actualmente ya existen más trabajos de investigación sobre las habilidades interpretativas con la finalidad de generar nuevos enfoques en la enseñanza instrumental y mejorar el desempeño de los intérpretes. La complejidad propone expandir la conciencia ante múltiples factores que conforman una realidad con distintas dimensiones de observación.

El estudio de las destrezas motrices, como las que se requieren para el *sautillé*, vistas desde la complejidad, pretende atender el origen de problemas que surgen en el estudio de su perfeccionamiento dentro de una realidad que puede ser analizada desde múltiples visiones.

### **1.2.1. La ambigüedad teórico-práctica del concepto**

La interpretación musical requiere un conocimiento que trasciende la partitura. Para ello el intérprete necesita generar un análisis que le permita identificar las características sonoras de una obra y las herramientas que posibilitarán su realización de manera que todo eso relacione la interacción del músico con su instrumento. Por lo tanto, el desarrollo de las habilidades interpretativas requiere de una visión compleja que permita construir una eficiente ejecución. Esto lo afirmo por tres razones principales ilustrando con la realización del *sautillé*:

En primera instancia, algunas de las tareas de la interpretación musical son describir y definir la información que ofrece la partitura. Tal información corresponde, por ejemplo, a definir los parámetros del sonido: su articulación, timbre, intensidad, duración y altura. Además, implica estudiar las definiciones teóricas de los recursos musicales que están descritos en la partitura y su tradición interpretativa, lo cual puede generar múltiples lecturas según las concepciones de cada intérprete y con ello, colocar al músico en una polémica sobre cómo se describe esta técnica de arco y cómo la define cuando por primera vez descifra la obra. Por ejemplo, en la ejecución instrumental algunos músicos conciben al *sautillé* como “una versión acelerada del *spiccato*” (Bunting, 1999, pág. 120), en contraste, otros como David Finckel afirman que tanto el *spiccato* como el *sautillé* son articulaciones sonoras distintas y que su relación estriba únicamente en pertenecer al campo semántico de los golpes

de arco que se realizan “fuera de la cuerda” (Finckel, Youtube, 2009). Si bien no es objetivo de este trabajo establecer la dicotomía entre uno y otro, sino demostrar que no existe un consenso en su definición teórica ni en el detalle de su ejecución práctica, entonces esto da a entender que se trata de un recurso musical flexible, muy dinámico y adaptativo a múltiples visiones.

En segundo término, los discursos orales que describen su práctica encuentran necesario explicar el uso de algunas estructuras anatómicas, por ejemplo, cómo se organizan los dedos y la mano para dominar la técnica de arco. En una clase magistral que tomé con Michael Dallinger, comentó que para lograr el *sautillé* era necesario estimular los dedos y la muñeca con todo el brazo relajado y tocando lenta y progresivamente hasta aumentar la velocidad del movimiento (Dallinger, 2019). Para complementar lo anterior Bion Tsang explicó que para el *sautillé* se requería la pronación, pues ese movimiento permitía que el arco se mantuviese firme en la cuerda (Tsang, 2018). En similitud, Robert deMaine, principal de la sección de violonchelos de la Orquesta Filarmónica de Los Ángeles, expresó que “el movimiento de pronación es sumamente importante para controlar el arco” (deMaine, 2019). Estas propuestas confirman que sí existen otros acercamientos a la técnica que provienen de diversas áreas del conocimiento, en este caso la anatomía, que sirven para su dominio.

El conocimiento anatómico del cuerpo humano es de vital importancia en la interpretación musical. Desde la perspectiva de la fisioterapia, el interés por la interpretación musical como actividad física ha generado algunos trabajos de investigación y en ellos la observan como actividad kinestésica. Por ejemplo, el fisioterapeuta Jorge Viaño Santasmarinas explica que:

La interpretación musical se puede definir como una actividad física realizada en interacción con un instrumento musical. Exige en especial el uso de los miembros superiores para realizar movimientos ejecutados con un gran nivel de habilidad y precisión además de un importante control postural que dé apoyo a dichos movimientos y, si es el caso, al instrumento musical; paralelamente, el gran volumen de ensayo e interpretación musical que suele ser necesario para lograr los altos niveles de perfeccionamiento y rendimiento, es altamente repetitivo y representa una importante carga física soportada por los diferentes sistemas corporales implicados (Santasmarinas, Díaz Pereira, & Martínez Vidal, 2010, pág. 85).

Este análisis sobre la práctica musical aporta información relacionando la interpretación musical con la anatomía del movimiento humano. El cuerpo posee su propio manual, el cual se aprende por medio del estudio teórico y su percepción práctica gracias a la propiocepción.

La propiocepción es una variación especializada de la sensibilidad táctil que tiene dos componentes: la cinestesia o percepción del movimiento articular y la sensación de la posición articular o percepción de la posición de la articulación en un momento dado (Castellano del Castillo, 2009, págs. 297-298).

Para complementar lo dicho, Fuensanta Fernández de Velazco expresa que las posibilidades de movimiento también son sonoras; la propiocepción funge entonces como mecanismo de autorregulación perceptiva para vincular lo auditivo con lo motriz.

Finalmente, otros intérpretes comentan que durante la ejecución del *sautillé*, el arco traza una línea curva sobre la cuerda que viene y regresa reiteradamente. Tal es el caso de la opinión que Jorge Espinoza expresa sobre la trayectoria del arco como movimiento curvo sobre la cuerda para provocar el sonido del *sautillé*; y que, contrastado con la aportación de David Finckel refuerza lo anterior. Analizando un poco el discurso, aprecio que cuando nos referimos a la técnica de arco, nos expresamos de éste como si por él mismo pudiera moverse. Pero es el ser humano quien interactúa con un objeto muy definido estructuralmente y el instrumentista es quien debe ejecutar movimientos coherentemente organizados para un buen manejo del arco. Por ello, detecto la escasa relación de él con los mecanismos anatómicos del cuerpo.

Christopher Bunting en su libro *El arte de tocar el violonchelo* hizo aportaciones relacionando la anatomía del cuerpo con la interpretación musical del violonchelo, además de ahondar sobre las destrezas motrices en la técnica instrumental y vincularla con la física. En general, sus contribuciones son positivamente significativas para especular que estaba construyendo conocimiento construido entre diversas disciplinas, donde ponía a dialogar la anatomía con la física y la interpretación musical. Sin embargo, es complicado teorizar algo que por naturaleza es práctico, desde un discurso que vincula varias disciplinas. No me parece desatinado por su parte, pues él trataba de explicar algo que hubiese podido comprobarse por

vía de la Biomecánica, ciencia que combina la física con la anatomía humana y que estudia el movimiento humano en su cinética y cinemática, que entonces no se había fundado.

En deporte, de acuerdo con John Brewer (2017, pág. 176) la Biomecánica ha sido muy explorada y su participación es sumamente oportuna para el desarrollo de las destrezas motrices ya que el conocimiento sobre el movimiento humano permite optimizar aún más la práctica deportiva. En la interpretación musical parece que la ruta más frecuente de “optimización” se obtiene como consecuencia de horas de práctica intuitiva y repetitiva, pero sin la claridad de lo compleja que es una destreza motriz.

En conclusión, aparentemente las características y concepciones teórico-prácticas del *sautillé* están repartidas entre múltiples referencias, las cuales no se encuentran articuladas en un solo discurso ni en un solo individuo, puesto que provienen de distintas personas en distintos momentos y espacios. Todas ellas son complementarias, pues corresponden a múltiples perspectivas sobre esta técnica y, en conjunto, conforman una descripción más amplia y detallada sobre lo que converge en su realización.

Fue una ardua tarea recopilar estos datos y articularlos de manera interdisciplinaria con el propósito de plantear un acercamiento a la comprensión compleja del *sautillé* y al desarrollo de su destreza motriz. Por ello, se realizó un estudio biomecánico sobre la ejecución del *sautillé* y su destreza motriz con base en el enfoque teórico de la complejidad, analizándolo desde la perspectiva interdisciplinaria.

### **1.2.2. La complejidad de las destrezas motrices en la interpretación musical**

Gracias a que los humanos desarrollamos la inteligencia kinestésico-corporal el cuerpo humano es capaz de ejecutar actividades físicas con movimientos de gran complejidad como tocar un instrumento musical, practicar la danza o realizar alguna actividad deportiva. De acuerdo con Gardner (2012, pág. 285) dicha habilidad la desarrollamos con el conocimiento de los movimientos corporales. Por ejemplo, tocar un instrumento implica el uso de movimientos propios para manipularlo. En el aspecto práctico de la interpretación musical a estos movimientos se les conoce como destrezas motrices.

En música no existe una clara definición sobre lo que son las destrezas motrices, pero sí existen autores que han hecho sus acepciones. Por ejemplo, Antonio Rodríguez Delgado



las define como “la esfera que se encarga de la ejecución y aplicación de los recursos técnicos que abren el camino a la creación musical desde la conciencia (Rodríguez Delgado, 2010, pág. 20). Por otro lado, se les conceptualiza como “la preparación técnica que representa la eficiencia en la ejecución de la técnica instrumental” (Klickstein, 2009, pág. 155)<sup>6</sup>. En contraste otros autores las definen como “elementos motores y ejecutivos: Cuando un músico recuerda una melodía, además de los mecanismos para la memoria, también es necesario hacer uso de los mecanismos neuronales relacionados con los procesos motores” (Daza & Silvers, 2008, pág. 170).

Ninguna de las definiciones anteriores clarifica qué atributos corresponden a una destreza motriz. Por ello fue necesario buscar la definición de destrezas motrices en otras disciplinas. Por ejemplo en deporte, es la “aptitud adquirida por aprendizaje, que producida con el máximo de certeza, frecuentemente con el mínimo dispendio de tiempo, y de energía puede convertirse en un movimiento de dominio efectivo y eficaz” (Knapp, 1981), citada por (Generelo Lanaspá & Lapetra Costa, 1993, pág. 448). Similarmente, el violonchelista y pedagogo francés Paul Tortelier menciona en su método que

el valor de una técnica se juzga no solo [sic] por el eclecticismo interpretativo y por la perfección en su ejecución, sino también por el resultado óptimo obtenido con el mínimo esfuerzo. Una vez alcanzado el control perfecto, el instrumentista consigue además mantenerlo con el paso de los años sin la necesidad de largas horas de práctica, entonces podrá estar seguro de la firmeza de los principios en lo que se funda su técnica (Tortelier, 1976, pág. Prólogo).

Esta propuesta es muy acertada, pues se relaciona con la definición de destreza motriz utilizada en deporte. En la interpretación musical parece que la ruta más frecuente de optimización de dichas destrezas se obtiene como consecuencia de horas de práctica intuitiva y repetitiva, pero sin la claridad de lo compleja que es una destreza motriz. Sin embargo, ¿existen estrategias para lograr esa eficiencia en el control de la técnica de arco?, ¿es posible

---

<sup>6</sup> Traducción propia

lograr una automatización de la destreza motriz tomando en cuenta la perspectiva del movimiento humano vinculado a la interpretación musical?

En lo personal considero que sí y es de vital importancia situar que es lo que se ha explorado con amplio criterio sobre este tema específicamente en el violonchelo. Por ejemplo, los libros *Indirect Procedures: A Musician's Guide to Alexander Technique* (Alcántara, 1997) y *The Integrated String Player: Embodied Vibration* (Alcántara, 2017) publicados por Pedro de Alcántara, violonchelista y entrenador de Técnica *Alexander* quien ha profundizado en la relación que hay entre la conciencia corporal y la ejecución instrumental para realizar el mínimo esfuerzo tocando y con mejores resultados. En lo personal considero que ayudan a tener una aproximación al instrumento partiendo de los principios y fundamentos del movimiento humano a través de la conciencia corporal. Sin embargo, creo que para entender sus libros es necesario tomar clases prácticas de técnica *Alexander* con el instrumento. Esto puede beneficiar significativamente al instrumentista, pero no siempre es posible cursar esas clases ya que en México muy pocas escuelas de música cuentan con clases de conciencia corporal aplicadas a la ejecución. Además, en muy pocos estados de la república se localizan personas especializadas en ello y las clases representan un gasto económico significativo. Con base en lo anterior puedo decir que actualmente acceder a ese tipo de conocimiento es difícil para la mayoría de los músicos.

Por otro lado, Gerhard Mantel, profesor en el conservatorio de *Frankfurt* y presidente de honor en la sección alemana de la *European String Teachers Association*, escribió un libro llamado *Cello Technique: principles and forms of movement* (Mantel, 1995) donde realiza un análisis de la física y la fisiología para tocar el violonchelo. Aborda aspectos técnicos específicos como cambios de posición, *vibrato*, la respiración y el movimiento integral del cuerpo. El texto es revelador pues brinda muchos consejos para el desarrollo de algunas destrezas motrices con el análisis del movimiento.

En otras investigaciones Jorge Suárez, pianista e investigador independiente radicado en Canadá, comenta que “para un ejecutante musical, el desarrollo de las habilidades psicomotrices podría ser el rubro más científico y sistemático; sin embargo, comúnmente es primitivo en organización y contenido” (Suárez Ángeles, 2018, pág. 1). El movimiento

humano que se realiza en el ejercicio musical puede estudiarse desde la anatomía, la fisiología, la biomecánica y la fisioterapia. Su aporte puede ser sumamente significativo para comprender la complejidad de los movimientos psicomotrices en la ejecución instrumental.

Parece que los parámetros del sonido y la metáfora dominan el discurso musical de los intérpretes. Gerhard Mantel describe en su libro *Interpretación: Del texto al sonido* que para dar forma a una obra de arte es necesario percibir y apreciar todos los detalles por separado. En el caso de la música, los parámetros que la construyen son: el timbre, la altura, la articulación, el ritmo, el tempo y la dinámica. De acuerdo al autor, atender cada uno de estos elementos por separado y de forma eficiente durante la práctica permitirá que su integración sea prácticamente autónoma (Mantel, 2010, págs. 38-39). Esto es útil cuando el músico puede tocar sin problemas técnicos el repertorio y sus conexiones con la expresividad y las habilidades intelectuales se integran para funcionar de manera satisfactoria, pero cuando se tienen problemas en la ejecución de movimientos, difícilmente se logrará desarrollar la habilidad motriz partiendo únicamente de los parámetros del sonido. Describir únicamente la característica sonora esperada sin dar una ruta clara de movimiento que lo produzca no traza un camino efectivo de patrones que lleven a un buen resultado técnico que perdure.

Lo anterior lo ilustro con una cita de Dominique Hoppenot quien plantea que “las sensaciones de contacto nacen de una conciencia aguda de nuestra pertenencia al suelo, de la calidad de presencia de nuestros dedos sobre el diapason y sobre el violín o sobre el arco, veremos que, gracias a dichas sensaciones podemos personalizar el *vibrato*, o dar mayor elocuencia a nuestra dicción” (Hoppenot, 2000, pág. 63). Desde mi perspectiva, la explicación es bastante general ya que parece una descripción indeterminada sobre la realización del *vibrato*. Y por otro lado ambigua ya que los términos de “conciencia aguda”, “calidad” y “elocuencia” que ella menciona no están definidos de forma clara para comprender de manera práctica el ¿qué? ¿cómo? y ¿de qué manera se logran?

Considero que las habilidades del músico son de distinta índole y en ocasiones se describen las acciones de forma multi referencial sin precisar a qué corresponde lo que se desea desarrollar. En una conversación que sostuve con Jorge Suárez explicó que “parte de las deficiencias graves en dicho desarrollo es debido a que tratamos de hacer demasiadas

cosas a la vez y que cada una de ellas no está dominada antes de integrarlas. Esto es, generalmente porque procedemos sumando deficiencias en vez de integrando aspectos dominados”. Tomando el ejemplo del *vibrato*, antes de buscar la expresividad es necesario dominar como producirlo por lo que el músico necesita acomodar su brazo de cierta manera para que el movimiento tenga libertad y reducir la ejecución a posibilidades de movimiento más finas que fluyan con rapidez. Para ello debería considerarse si el movimiento es curvo o lineal, hacia arriba o hacia abajo, o si es veloz o lento. De acuerdo a Jorge Suárez (Suárez Ángeles, 2018, pág. 2) existen cuatro parámetros de movimiento que se tienen que desarrollar específicamente para lograr unas adecuadas habilidades psicomotrices y los enlista de la siguiente manera:

Longitud: largo/corto

Dirección: arriba/abajo; adelante/atrás; izquierda/derecha; rectilíneo/curvilíneo, etc.

Velocidad: rápido/lento; acelerado/decelerado

Peso/Esfuerzo/Fortaleza: pesado/ligero

En mi opinión, es posible progresar en el dominio de la técnica instrumental definiendo estos cuatro elementos del movimiento complementado con el desarrollo de los parámetros del sonido que sugiere Gerhard Mantel. Igualmente considero que el intérprete pone a disposición de la música aspectos emocionales e intelectuales que actúan en una correlación psicomotriz. De acuerdo con Pedro Pablo Berruezo “la psicomotricidad, como su nombre claramente indica, intenta poner en relación dos elementos: lo psíquico y lo motriz” (Berruezo, 2000, pág. 1). Aunque dichos elementos se relacionen, cada uno de ellos tiene su proceso de percepción en el individuo. Por ejemplo, las habilidades auditivas del instrumentista son un mecanismo de entrada, pues el estímulo que genera su percepción es externo. En contraste, las habilidades motrices son un mecanismo de entrada y de salida. Éstas funcionan a través de los propioceptores que activan la conciencia del cerebro para reconocer una ruta clara de movimiento con la finalidad de que un individuo sea capaz de autorregularse y organizar las estructuras anatómicas y realizar movimientos.

En algún momento, el instrumentista puede no entender cómo realizar un golpe de arco mecánicamente lo que provoca que la coordinación psico-motriz no sea eficiente. Cuando un músico tiene dificultades en la afinación, el ritmo o fraseo es fácil percibirlo auditivamente, pero no resulta tan sencillo identificar si esa deficiencia es consecuencia del cómo realiza los movimientos físicos o si es por otra causa.

Regularmente la autonomía de las habilidades motoras se deja a merced de las características del sonido de manera que sea éste quien las regula. Sin embargo, existen ocasiones en las que no necesariamente deba ser así. Un individuo puede escuchar perfectamente y tener una clara idea de lo que quiere percibir en la música, pero puede tener dificultades para organizar con sus movimientos físicos eso que desea expresar pues no tiene claridad en el cómo debe organizarlos y coordinarlos con el resultado sonoro esperado. En este caso el problema es kinestésico y no auditivo. Por lo tanto, cuando no se profundiza en la naturaleza de los mecanismos físicos se generan confusiones en la comprensión práctica de las obras y provocando limitaciones para su interpretación.

En mi opinión, tratar de subordinar las destrezas motrices al sonido, a la metáfora o a la poética sin atender de manera objetiva la naturaleza de éstas, puede provocar deficiencia en la ejecución instrumental manifestándose en falta de coordinación o lesiones en las estructuras anatómicas.

La realidad de dichas destrezas es bastante compleja; pensar que se dominarán con horas y horas de trabajo sentado con el instrumento, sin conocer las rutas de movimiento específico suele ser un proceso largo, doloroso y de mucho esfuerzo a falta de estrategias efectivas. En un estudio biomecánico en instrumentistas de cuerda se comentó que “frecuentemente la cirugía en músicos es un efecto de las acciones repetitivas del Sistema locomotor durante la ejecución instrumental”<sup>7</sup> (Kelleher, R. Campell, & P. Dickey, 2013, pág. 212). El problema no reside en realizar las mismas acciones una y otra vez, sino en el cómo se ejecutan para que sean efectivas y sin lesionarse.

---

<sup>7</sup> Traducción propia

La complejidad de las destrezas motrices se puede estudiar a través de la Interdisciplinariedad. Validarlas desde la perspectiva de otras disciplinas permite comprender su naturaleza, ser empático con la realidad del instrumentista y con todo lo que implica ejecutar un instrumento. Edgar Morin menciona que “la organización es la disposición de la relación entre componentes e individuos que producen una unidad compleja o sistema” (Morin, 1977, pág. 62). En la realidad compleja de la interpretación musical, se utilizan movimientos de estructuras anatómicas de la vida cotidiana, pero para lograr la coordinación de los mismos en la interacción con el instrumento se requiere de una organización del movimiento humano de acuerdo con sus planos, ejes y el tipo de movimientos.

Desde mi perspectiva, hace falta realizar más trabajos de investigación que relacionen el funcionamiento del sistema locomotor con la técnica instrumental del violonchelo, ya que, desde el campo de la interpretación musical no se alcanza a visibilizar problemas que están directamente relacionados con el movimiento, la conciencia corporal y la biomecánica humana. A pesar de que ya se cuenta con trabajos que lo abordan, la perspectiva es holística y poco precisa para resolver dificultades específicas de la ejecución instrumental

Para ello propongo implementar utilizar un enfoque teórico que permita el relacionar disciplinas para el estudio del movimiento anatómico con la técnica instrumental. Esto ayudaría significativamente para establecer nuevas estrategias pedagógicas y aportaría positivamente al proceso de desarrollo de los intérpretes.

### **1.2.3. La Interdisciplina para el estudio del *sautillé* y su destreza motriz**

La Interdisciplina es un enfoque teórico que busca la apertura a otras perspectivas y su relación para comprender un fenómeno de estudio. Este enfoque teórico permite transferir métodos de una disciplina a otra con la finalidad de crear soluciones a problemas. Por ejemplo, el concepto de Resiliencia en la teoría de sistemas se comenzó a introducir en la psicología como una propiedad humana que ayuda a regenerar la vida de las personas.

En neurociencias se ha estudiado a los intérpretes y el funcionamiento de su cuerpo mientras tocan. Aunque sí se han hecho esfuerzos por entender la mecánica humana al ejecutar instrumentos como el violín, piano y guitarra, en el violonchelo parece que es un

aspecto distante. Y si es que existe, no está muy presente en la investigación artística académica aún y cuando el interés por estudiar la práctica instrumental desde esta visión sí se ha incrementado. Considero que es un hueco de conocimiento con mucha información útil para comprender cómo funcionan la anatomía humana y sus mecanismos físicos y su relación con las destrezas motrices de la técnica instrumental del violonchelista.

Respecto al violonchelo existe suficiente investigación en interpretación musical de las obras, pero muy poca investigación artística que brinde información para resolver problemas específicos en la técnica de los intérpretes. Este sesgo puede ser cubierto por medio de los aportes de otras disciplinas. Esto requiere de la aportación de individuos capaces de tomar en cuenta varios niveles de observación para detectar posibles problemas que rodean esta relación, así como el acceso a las disciplinas que pueden analizar el objeto de estudio desde un aspecto multidimensional.

Algunos músicos han intentado explicar la técnica instrumental apoyándose en otras áreas. Por ejemplo, Christopher Bunting, violonchelista y pedagogo inglés expuso lo siguiente: “quizá haya venido hablando de una ciencia totalmente nueva aun sin bautizar – psicodinámica funcional- podría ser una denominación casi pronunciable. Se trata de una ciencia que tiene profundas implicaciones de cara a la medicina, la educación y otras cuestiones de mucho mayor alcance” (Bunting, 1999, pág. 32). Podría especularse que dicho autor estaba tratando de generar conocimiento interdisciplinario para la comprensión de la técnica instrumental del violonchelo.

Estudiar la práctica instrumental implica la articulación de información proveniente de diversas apreciaciones. Considero firmemente que su estudio debería vincularse al análisis del movimiento humano a través de la conciencia corporal y la biomecánica. Estas disciplinas brindan una mejor comprensión de la complejidad de las destrezas motrices beneficiando la ergonomía del músico con su instrumento y la optimización de su desempeño como intérprete.

La conciencia corporal ayuda a identificar con mayor claridad la comunicación sensorial del cuerpo de uno mismo con el instrumento, mientras que la biomecánica es una disciplina que ofrece mayor especificidad y un entendimiento integral de los movimientos

físicos durante la ejecución de la técnica instrumental; ambas disciplinas ayudan a clarificar las rutas de movimientos a coordinar para ser autorregulados de manera eficiente.

Al no haber demasiados trabajos de investigación sobre este tema, se desconoce la complejidad de los movimientos que los músicos necesitamos realizar para interactuar con el instrumento musical. Esto ha generado confusión, algunas lesiones físicas y una ejecución instrumental deficiente.

Los problemas de salud derivados de la actividad musical, han encontrado generalmente un escaso entorno de protección, pero en los últimos años son objeto de múltiples estudios científicos desde diversas disciplinas (ciencias de la salud, ciencias del deporte, biomecánica, etc.) dirigidos a facilitar un aprendizaje basado en gestos fisiológicos y en el respeto a un cierto número de principios biomecánicos que permite al cuerpo del músico seguir su propio ritmo sin desafiar a la naturaleza (Azagra Rueda, 2006, pág. 8).

Por ello considero que, a través del estudio del movimiento anatómico humano y su biomecánica, el músico puede comprenderse a sí mismo mejor con relación a su instrumento.

El enfoque interdisciplinario permite explicar una visión compleja de la realidad, y, para esto, me di a la tarea de realizar lo siguiente:

1. Un estudio sobre la anatomía del miembro superior derecho y sus posibilidades de movimiento (véase capítulo II).
2. Un análisis biomecánico que vincule la cinemática del movimiento del miembro superior derecho mientras se ejecutó el *sautillé*, para comprender cómo se comportan los movimientos con dicha técnica.



## **Capítulo II. El miembro superior derecho y su relación con la técnica de arco**

Este capítulo se enfoca en describir al miembro superior derecho y sus posibilidades de movimiento. Esta extremidad es la encargada de ejecutar la técnica de arco. Como intérprete me enfrenté a resolver la realización del *sautillé* cuestionando la imprecisión de un recurso musical técnico sin consenso teórico o práctico. La propia evolución de la investigación me remitió a buscar comprender esta técnica como una destreza motriz.

Algunos violonchelistas evidenciaron que para ejercer la técnica de arco es esencial utilizar la pronación, un movimiento que lleva a cabo el antebrazo. Esta especificación dio pie a profundizar en el funcionamiento del miembro superior derecho e investigar su vinculación con la técnica de arco. Existen autores que ya han indagado sobre esto, como Samuel Martí, violinista y director de la orquesta sinfónica de Mérida, quien dice en su texto que un fisioterapeuta alemán de apellido Steinhausen, publicó el libro llamado *Fisiología de los Golpes de arco* y que, de acuerdo con Martí, fue el primer teórico en reconocer y comprobar que las fuentes de fuerza del miembro superior derecho están situadas en el brazo y antebrazo y que la muñeca y los dedos actúan con movimiento menos dinámico y actúan como transmisores de dicha fuerza al arco (Martí, 1937).

Martí presenta en su libro un esquema del miembro superior derecho, donde sí establece un nexo entre la funcionalidad de lo anatómico y la técnica de arco y menciona movimientos como pronación y supinación con rotación parcial de hombro. Relacionando esto con las múltiples posibilidades de organización anatómica que tiene, el miembro superior derecho es un segmento del cuerpo que por sí mismo conforma una entidad que posibilita la ejecución de movimientos coordinados para la técnica de arco.

Con relación al violonchelo, poco se sabe sobre la funcionalidad anatómica para tocarlo. Al no haber ubicado fuentes teóricas que hablen específicamente sobre este tema, las evidencias fueron encontradas a través del discurso de algunos intérpretes especialmente sobre el movimiento de pronación.

Por otro lado, en la observación kinestésica que se llevó a cabo con Sandra Romo<sup>8</sup> sobre la ejecución del *sautillé*, se detectó que no sólo la pronación está incluida sino también la rotación parcial de hombro y que no sólo los dedos y la muñeca se accionan para ejecutar dicha articulación sonora (Romo Figueroa, 2019).<sup>9</sup> Esto lo comprobamos de manera práctica primero con ejercicios de conciencia corporal para que mi propiocepción ubicara dichos movimientos y, aplicarlo a la técnica instrumental. Fue completamente revelador sentir con certeza la percepción de la pronación y la rotación de hombro desde mi cuerpo por lo que insisto en determinar que es sumamente importante la vinculación de la técnica con la anatomía del movimiento.

Finalmente, el objeto de estudio de este trabajo me demandó una perspectiva integral que considerara la realidad compleja de su observación, por lo que decidí dividir este capítulo en dos aportaciones: 1) una descripción teórica sobre la anatomía del movimiento del miembro superior derecho, encargado del control del arco y 2) un enfoque práctico que involucró estimular la propiocepción como mecanismo de autorregulación perceptiva motriz mediante ejercicios de conciencia corporal. Este acercamiento detalla las partes de la extremidad superior y sus posibilidades de movimiento con el objetivo de comprender la complejidad del análisis interdisciplinario que desarrollo en el tercer capítulo de esta tesis.

---

<sup>8</sup> Fisioterapeuta y cadencista de las artes.

<sup>9</sup> Sesión presencial de análisis del movimiento para el *sautillé* con Sandra Romo Figueroa, 04 de abril del 2018.

## **2.1. Anatomía básica sobre el miembro superior derecho**

El cuerpo humano es un sistema adaptativo y complejo, asimismo constituido por otros sistemas tales como el nervioso, el circulatorio, el respiratorio, etc. Con todos ellos es capaz de autorregularse y adaptarse a distintas circunstancias como a los cambios de temperatura en el ambiente o la presión. A su vez es complejo porque está conformado por diversos elementos que individualmente cumplen tareas específicas, aunque, se encuentren conectados unos con otros.

Particularmente el sistema locomotor cuenta con interconexiones entre las distintas estructuras anatómicas y lo componen huesos, articulaciones y músculos. Los huesos son estructuras duras debido a las sales inorgánicas y elásticas según la cantidad de colágeno en las fibras que, por medio de un sistema complejo, crecen y se modifican a lo largo de la vida. Los músculos son estructuras fibrosas que gracias a su capacidad de contracción y su elasticidad permiten el movimiento. El estiramiento de los músculos siempre es pasivo y nunca activo. Esto quiere decir que el músculo puede contraerse activamente y relajarse pasivamente.

Por último, las articulaciones son las uniones entre los huesos y gracias a ellas se pueden realizar los movimientos de flexión, extensión y rotaciones parciales de partes del cuerpo como las extremidades superiores e inferiores. Todas estas funciones se encuentran conectadas entre sí. Dichas conexiones son llamadas “Cadenas cinemáticas” las cuales se forman con la coordinación de movimientos entre las estructuras anatómicas para ejecutar una acción. Para ilustrar esto, tanto el miembro superior derecho como el izquierdo poseen 18 articulaciones: hombro, codo, muñeca y tres en cada dedo. Esto brinda una gran diversidad de posiciones y movimientos. En la interpretación musical del violonchelo, el miembro superior derecho utiliza esas múltiples posibilidades de movimiento para regular el arco que a su vez pueden fortalecer o debilitar la estructura, así como favorecer u obstaculizar la ejecución de la técnica instrumental.

A continuación, describiré de manera básica a la cintura escapular como sostén de los miembros superiores y particularmente al miembro superior derecho junto a las partes que lo componen. El objetivo de este apartado es conocer el nombre de las estructuras y

posibilidades de movimiento de esta extremidad. Dado que algunos autores se refieren con terminologías distintas al nombre de los huesos, articulaciones o movimientos, tomaré como fuente principal las ilustraciones y la nomenclatura de las estructuras anatómicas del libro *Anatomía para el movimiento* de Blandine Calais Germain para describir al miembro superior derecho.

### **2.1.1. La cintura escapular como sostén de las extremidades superiores**

El violonchelista permanece sentado y utiliza todo su cuerpo para tocar su instrumento. Su centro de masa es el tronco que tiene por base la pelvis la cual equilibra diversos movimientos y sostiene la columna. La columna sostiene la caja torácica, que al alinearse con la cintura pélvica mantiene una postura equilibrada con la cabeza (véase ilustración no. 6). Por lo general en la ejecución instrumental se le da más importancia al movimiento y al ejercicio de los miembros superiores ya que son los que ejercen más actividad que otros elementos menos dinámicos, pero si sumamente importantes para el balance integral de movimientos. Pedro de Alcántara explica en su libro que cuando no existe integridad corporal para ejecutar el instrumento es posible caer en una concentración desviada es decir, prestarle demasiada atención y responsabilidad a un solo elemento del cuerpo causando tensiones e interferencias entre las conexiones que hay entre los brazos, la cabeza, el cuello y la espalda<sup>10</sup> (Alcántara, 1997, pág. 121).

Desde esta organización anatómica, el músico coordina sus estructuras para realizar flexiones, rotaciones y extensiones del cuerpo en relación con los planos y ejes de movimiento anatómico.

---

<sup>10</sup> Traducción propia.

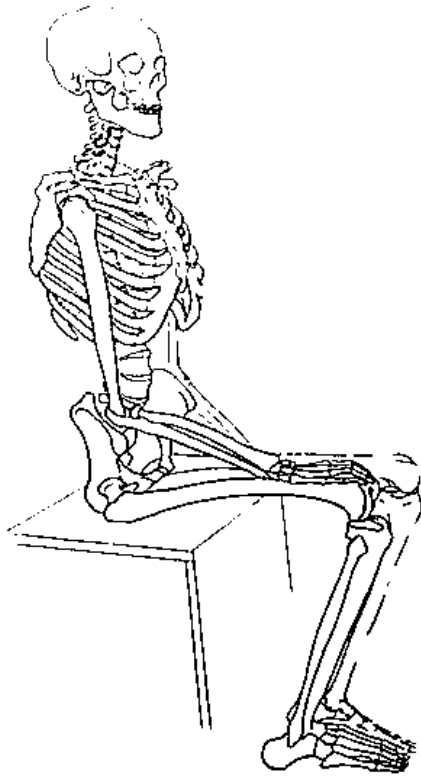


Ilustración 6. Esqueleto en postura sentada

Para ilustrar lo anterior, la técnica de arco y las digitaciones se realizan con los miembros superiores pero coordinados con la caja torácica mediante la cintura escapula. En la caja torácica se ubica la cintura escapular –conformada por omóplatos, clavículas y esternón– y en ella se sostienen los miembros superiores, a quienes se les demanda mayor movimiento para el control de las digitaciones y el arco (véase ilustración 7). La cintura escapular no se encuentra unida a la columna vertebral por lo que tiene una libertad de movimiento bastante autónomo.

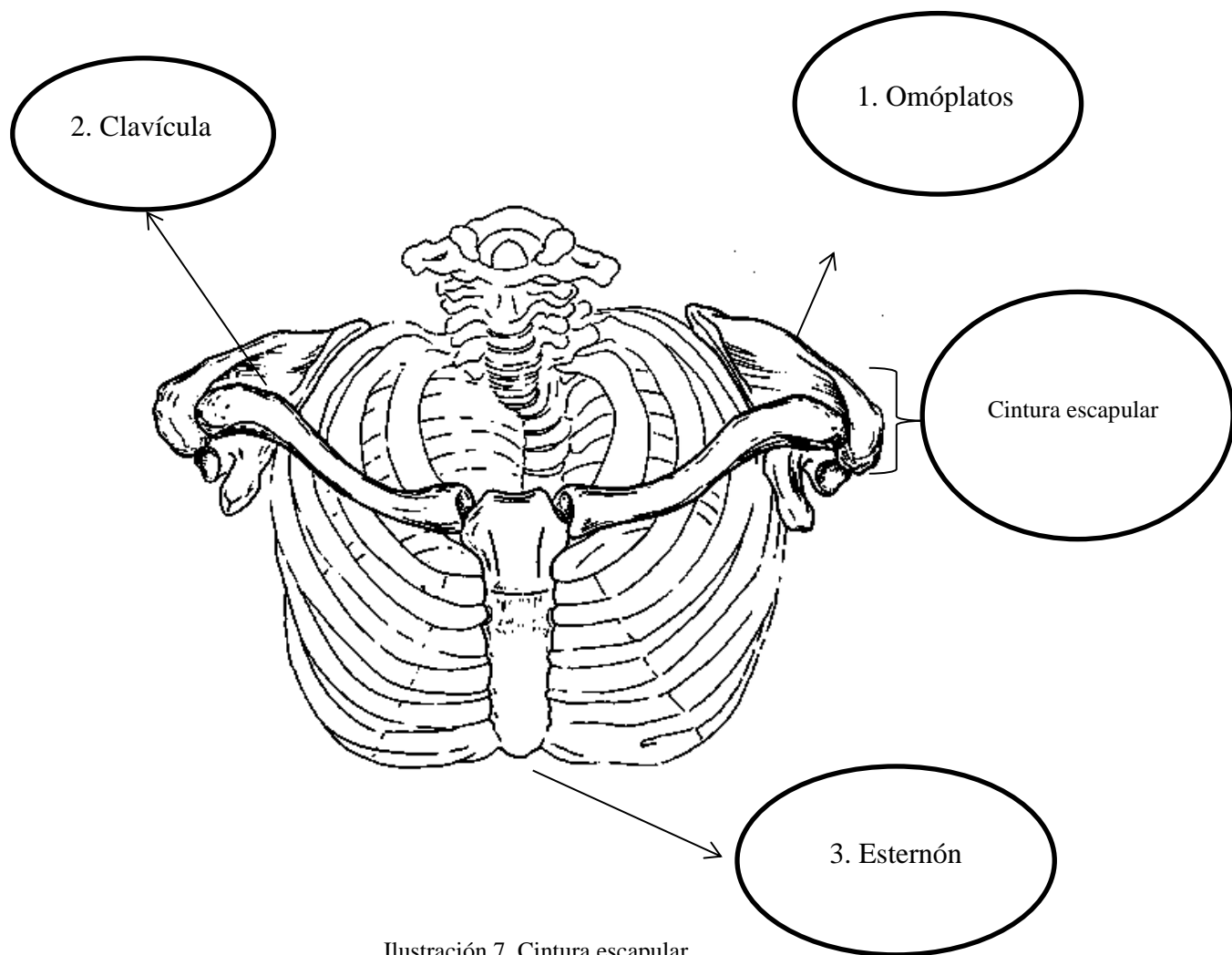


Ilustración 7. Cintura escapular

Uno de los aspectos a considerar en la ejecución instrumental del violonchelo es el ajuste de la espiga<sup>11</sup> y su relación con la caja torácica del individuo. En mi opinión, la cantidad de espiga a utilizar podría vincularse más con la cintura escapular que con la altura de las piernas del instrumentista. Dicho ajuste depende de la anatomía de cada individuo.

---

<sup>11</sup> Espiga: Cilindro largo y delgado ajustable hecho de metal o fibra de carbón que se encuentra en la parte inferior central del violonchelo y mediante el cual el instrumento se sostiene en un punto específico del piso.

### **2.1.2. El miembro superior derecho**

El miembro superior derecho está compuesto por hombro, brazo, antebrazo y mano. Esta extremidad superior se sostiene por la cintura escapular, lo cual permite otras posibilidades de movimiento. En el siguiente esquema los números corresponden al nombre de estructuras anatómicas y las letras corresponden al de las articulaciones. Más adelante definiré cada uno de los elementos mostrados en la ilustración 8 (véase pág. 39).

#### **El Hombro**

Es un conjunto anatómico de huesos, articulaciones y músculos en el cual se unen los omóplatos, clavículas y húmero como un sólo mecanismo con distintas opciones de movimiento (1, 2 ,3). Los hombros se organizan en la cintura escapular, conectándose mutuamente, y de acuerdo con Gerhard Mantel, parecen estar casi congelados en muchas personas, y agrega que el bloqueo del movimiento de hombros obstruye el gesto expresivo en la ejecución instrumental (Mantel, 2010, págs. 223-224). El hombro es capaz de moverse en diversas formas gracias a la articulación escapulohumeral.

#### **Articulación Escapulohumeral (A).**

Esta articulación une al brazo con la cintura escapular y es la zona con mayor movimiento de todo el cuerpo. Tiene una movilidad esferoidea y gracias a esta característica es posible realizar la circunducción de movimientos como la abducción, la aducción, rotación, extensión y flexión. Su holgura permite la libertad de movimiento en todas las direcciones de los planos geométricos. La escápula se acopla al húmero para formar la articulación escapulohumeral, la cual también está unida a la clavícula. Gracias a esta articulación es posible mover el arco entre las cuerdas, abducción cuando se corre el arco hacia abajo y aducción cuando se lleva el arco hacia arriba.

#### **Brazo**

El brazo se encuentra unido a los hombros y por ende a la cintura escapular. Está compuesto por un único hueso largo llamado húmero (3) y se encuentra entre la articulación escapulohumeral y la articulación de codo. El brazo tiene como función ser un soporte estructural que permite la libertad de movimiento en la articulación de codo. Esto puede notarse muy claramente en la técnica de arco *detaché*.

### **Articulación de Codo (B)**

Esta articulación une al antebrazo con el húmero y permite los movimientos de extensión y flexión de codo y del miembro superior. El codo funge como fulcro, lo cual da paso al movimiento de pronosupinación del antebrazo. A medida que el centro del arco coincide con la cuerda mientras se toca arco abajo, la articulación de codo se abre fácilmente dando paso al movimiento libre del antebrazo. Además, esta articulación permite realizar con el arco desplazamientos pequeños, cortos y rápidos como el *detaché*, *petit detaché* o *sautillé*.

### **Antebrazo**

Se conforma por dos huesos: radio (4) y cúbito (5). El cúbito es el más largo y grueso de los dos y está situado en la cara interna o medial del antebrazo en la posición anatómica, es decir de pie. Ambos huesos se discurren paralelos entre sí para realizar los movimientos de pronación y supinación. El radio se encuentra conectado con el pulgar. A medida que el centro del arco coincide con la cuerda mientras se toca arco abajo, la articulación de codo se abre fácilmente dando paso al movimiento libre del antebrazo.

### **Pronación**

Es un movimiento interno que realiza el antebrazo girando la palma hacia abajo. Por si misma la pronación sólo gira aproximadamente 85° hacia dentro. Sin embargo, la pronación puede tener un rango mayor de movimiento siempre y cuando vaya acompañada la abducción del brazo y por la rotación de hombro. Esta combinación de movimientos permite generar más apoyo del arco al desplazarse sobre la cuerda.

### **Supinación**

Es la posibilidad de giro externa de 90° que realiza el antebrazo llevando la palma hacia arriba. Es el movimiento antagónico de la pronación.

### **La muñeca(C)**

Consta de varios huesos que conforman una región articular que le posibilita movimientos como la flexión, la extensión o la desviación cubital y radial hacia los lados. Gracias a dicha articulación la mano puede girar hacia la izquierda y hacia la derecha.



## La mano

Es una estructura muy perfeccionada y compleja que se une al antebrazo por medio del carpo a la articulación de la muñeca. Ofrece grandes posibilidades de movimiento que permiten realizar desde acciones finas como insertar el hilo en una aguja, hasta las más básicas, como agarrar y sostener a alguna persona. El carpo es una región conformada por ocho huesos y es la estructura anatómica con mayor cantidad de huesos en el cuerpo.

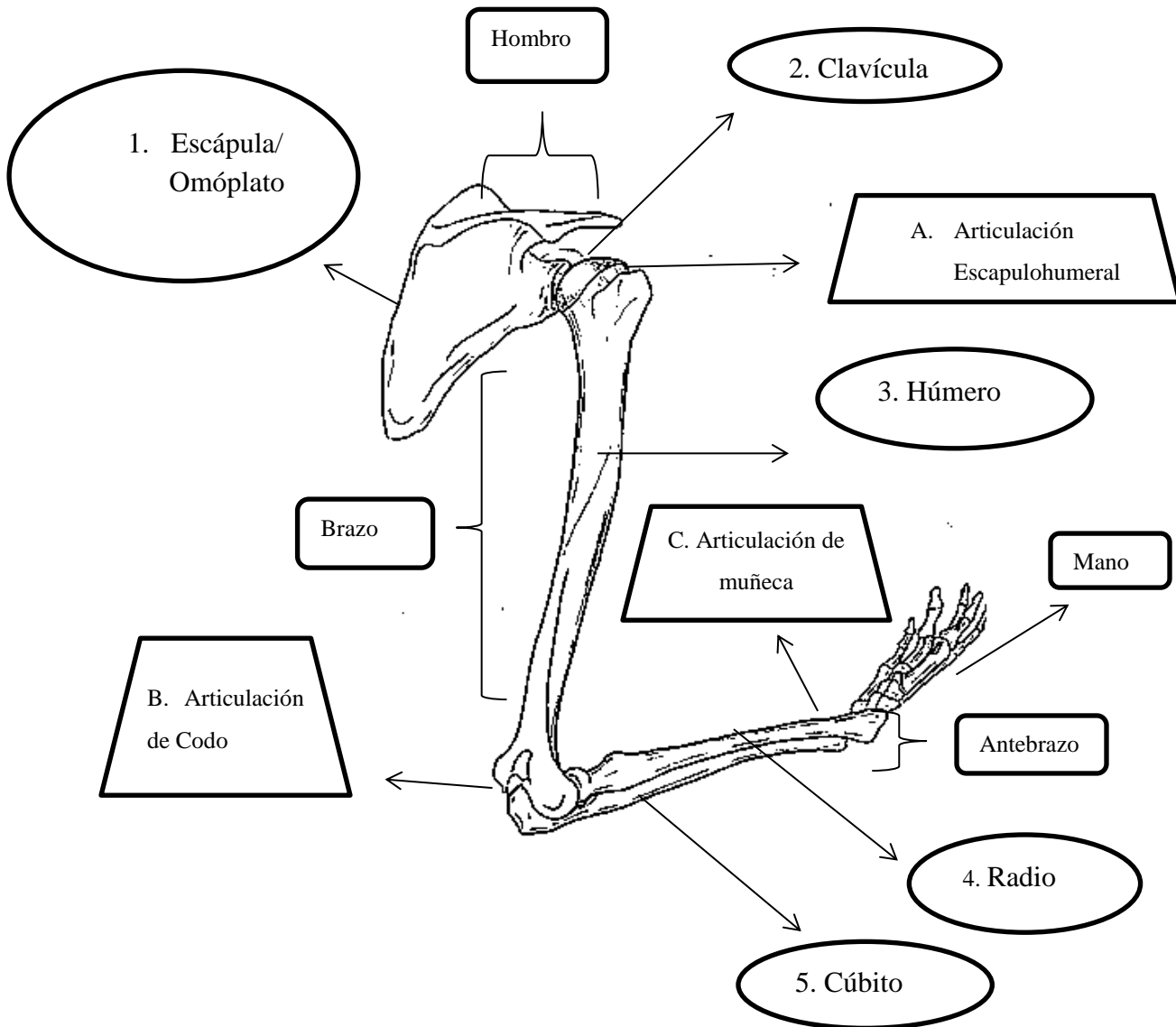


Ilustración 8. Miembro superior derecho

## **2.2. La propiocepción y movimientos del miembro superior derecho**

El estudio teórico del miembro superior derecho permite conocer su composición anatómica para determinar sus funciones reales. Como músicos, es sumamente importante familiarizarnos con ello, pues son las herramientas anatómicas las que, mediante movimientos, hacen posible tocar un instrumento. Además, el conocimiento del cuerpo humano debe complementarse con ejercicios de conciencia corporal. En este apartado expongo la definición de propiocepción, aquella percepción sensorial que sirve como medio de autorregulación motriz. Por otro lado, expongo los principales movimientos del miembro superior derecho. Para ilustrar lo anterior tomé imágenes de los tomos I y II de *Anatomía para el movimiento*, de Blandine Calais Germain.<sup>12</sup>

### **2.2.1. La propiocepción como medio de autorregulación perceptiva motriz**

En la escuela se ha puesto mayor énfasis al estudio y a la estimulación de sólo cinco sentidos: tacto, vista, oído, gusto y olfato. Sin embargo, el ser humano posee, además de los anteriormente mencionados, otros sentidos de los que no se habla y que requieren un posicionamiento igual de importante. Un ejemplo de esto es la Propiocepción.

La propiocepción, cuyo término surgió en 1890 para nombrar a la “sensación de los músculos” es decir, a la propia percepción del cuerpo sintiendo su acomodo en el espacio. Dicho sentido corresponde a la percepción de las posiciones y lugares de los segmentos corporales en función de su mecánica natural. A través de ella es posible percibir la posición ergonómica de las articulaciones para que éstas controlen el movimiento de forma eficiente.

Con el avance de estudios científicos se corroboró que los seres humanos poseen una conciencia que permite percibir desde sí misma la colocación anatómica de huesos y articulaciones. De acuerdo con Buckley dicha conciencia es un dispositivo de retroalimentación que informa sobre el estado interno del centro de acción-control del organismo (Buckley, 1968, pág. 316)<sup>13</sup>. Forma parte de las percepciones internas que sólo el individuo puede percibir. La propiocepción ayuda a coordinar respuestas motrices como la

---

<sup>12</sup> Bailarina y profesora de danza y pedagogía del movimiento en *Danse Creation*. Lille, Francia.

<sup>13</sup> Traducción propia

anticipación –que consiste en la planificación de movimientos– y la retroalimentación, que autorregula el manejo motriz de los músculos en torno a las articulaciones.

Como intérprete considero necesaria la estimulación de este sentido para la apropiación de los movimientos que se requieren para tocar, con el fin de realizar ajustes o automatizar su ejecución. De acuerdo con Richard Held, un movimiento ejecutado tiende a causar una percepción sensorial como respuesta, el sistema nervioso del individuo lo origina y además recibe la percepción sensorial a modo de respuesta (Held & Freedman, 1964, pág. 322).<sup>14</sup>

Puede percibirse claramente cuando un movimiento no es el más idóneo para tocar cierto recurso musical cuando dicho recurso puede sonar bien y ser sumamente cómodo, pero no ser el adecuado para lograr el sonido esperado. Por otra parte, existen otros recursos que son incómodos y que provocan un sonido deficiente. En esta variedad de posibles resultados, me pregunto si es factible lograr un movimiento funcional tanto para el cuerpo como para el sonido. Personalmente, lo considero determinante ya que cuando un ejecutante siente pleno dominio para expresar todo de sí mismo, a través del libre tránsito de movimientos con rutas muy claras, es capaz de lograr que la percepción sensorial tenga correspondencia en la expresión de la gestualidad, la musicalidad y emoción.

Tanto el sentido de propiocepción como el del oído necesitan ser estimulados. Para ello, el sistema locomotor debe ser informado de cómo funcionará su mecanismo de acción para realizar cierta tarea, es decir, trazar la ruta de movimientos a ejecutar tomando en cuenta sus posibilidades y los rangos de las articulaciones, pues sin estas rutas el cuerpo automatizará un movimiento u acción negativa en un sentido u otro. La propiocepción configura la información para cada individuo según su anatomía. Por ejemplo, la cantidad de rotación parcial de hombro la delimitará la persona, pues los rangos de apertura y cierre de articulación<sup>15</sup> son distintos y muy personales.

---

<sup>14</sup>Traducción propia

<sup>15</sup> Articulación anatómica.

Aprender y reorganizar cualquier postura requiere de una tarea sistemática que se alcanza por medio de la propiocepción ya que a través de ésta se organizan las estructuras anatómicas para llevar a cabo su coordinación eficiente. Su estimulación ya ha sido estudiada, inclusive se han creado disciplinas que la desarrollan. Un ejemplo de esto es la conciencia corporal que estudia las posibilidades de movimiento corporal, dándole oportunidad al individuo de sentirlo de manera precisa con el mínimo de esfuerzo, sin lastimarse y tomando en cuenta sus particularidades. Siempre habrá un rango de diferencia en la percepción de un movimiento específico en cada persona.

La conciencia corporal puede aprenderse con distintas técnicas como la de *Alexander* o el método *Feldenkrais*, por nombrar algunas. Ciertas escuelas profesionales en el mundo incluyen en su plan de estudios la materia de Técnica *Alexander* durante toda la carrera. Debe enfatizarse que la conciencia corporal no es lo mismo que los entrenamientos de acondicionamiento físico pues, esta disciplina facilita la comunicación perceptiva sobre los movimientos físicos estimulando sensorialmente al cuerpo por medio de un plan de ejercicios. De acuerdo con Miller, “un ‘plan’ es definido como cualquier proceso ordenado de forma jerárquica en la que un organismo puede controlar una secuencia de operaciones a ejecutar” (Miller citado por Buckley, 1968 pág. 316). La clave para un movimiento eficiente es no sobrepasar el rango personal de los grados de libertad en la movilidad articular. La propiocepción brinda la posibilidad de conocerse uno mismo y sus propias posibilidades.

Para realizar una guía sistemática y comprender la ejecución de movimientos corporales de acuerdo con la fisiología del cuerpo fue necesario tomar clases prácticas de conciencia corporal, ya que, si bien un libro puede proporcionar ideas, éstas sólo se desarrollan mediante la práctica de ejercicios que estimulen los segmentos corporales. Por supuesto estas técnicas deben estudiarse simultáneamente con el instrumento ya que tendrán mayor efecto que si se aprenden de manera aislada. Con esto, aprendí a estimular la propiocepción para sentir las estructuras anatómicas del cuerpo coordinándolo con la ejecución instrumental. En el próximo apartado se detallan las posibilidades de movimiento del miembro superior derecho.

### 2.2.2. Movimientos del miembro superior derecho

El cuerpo humano posee una serie de planos y ejes de referencia en los que organiza las estructuras anatómicas para ejecutar movimientos. La posición anatómica<sup>16</sup> es decir de pie sirve como referencia donde las articulaciones y torsiones en 0° se encuentran en una postura neutral. Es gracias a las rotaciones parciales, flexiones y extensiones humanas que se forman ángulos entre el tronco, cuello, extremidades superiores e inferiores para posibilitar acciones.



Ilustración 9. Posición anatómica

Gracias a la existencia de planos y ejes es posible conocer la posición anatómica. Las extremidades superiores e inferiores son segmentos anatómicos que conforman un sistema de palancas. Dichas estructuras se organizan en los tres ejes<sup>17</sup> y planos de movimiento humano<sup>20</sup> que corresponden a las rectas que indican su dirección. Estos ejes se llaman: Horizontal longitudinal(X), Sagital vertical (Y) y Transversal (Z) y se utilizan para el estudio del movimiento en biomecánica.

---

<sup>16</sup> Posición anatómica (Germain, 1994, pág. 7)

<sup>17</sup> Figura tomada del libro *En forma: ejercicios para músicos* (Rico, 2003, pág. 27)

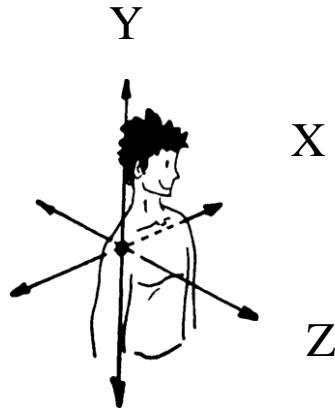


Ilustración 10. Ejes de movimiento

Los planos de movimiento<sup>18</sup> son superficies con dos dimensiones. Dividen al cuerpo en dos mitades sagitales (A), dos verticales (B) y dos trasera y delantera (C) pero que al interactuar entre sí forman un espacio tridimensional. A los movimientos en tres dimensiones se les llama angulares.

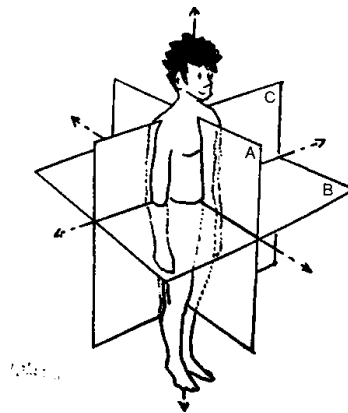


Ilustración 11. Planos de movimiento

A continuación, describo los movimientos del miembro superior derecho que se muestran en el análisis cinemático de la ejecución del *sautillé* en el tercer capítulo.

---

<sup>18</sup> Figuras tomadas del libro *En forma: ejercicios para músicos* (Rico, 2003, pág. 26)

### **La pronosupinación con rotación de hombro**

Con este movimiento, el hombro<sup>19</sup> rota parcialmente de manera interna o externa; a veces puede ser confundido con la pronación y supinación del antebrazo. Son distintos uno del otro, pero ambos pueden coordinarse para obtener otras posibilidades de movimiento y ejercer acciones como el control de la técnica de arco. Cuando se realiza la rotación con el codo en flexión, la pronación tiene mayor inclinación y es posible para el antebrazo llegar hasta los 90° de angulación, cruzando el radio hasta el dedo anular (véase ilustración no. 12).

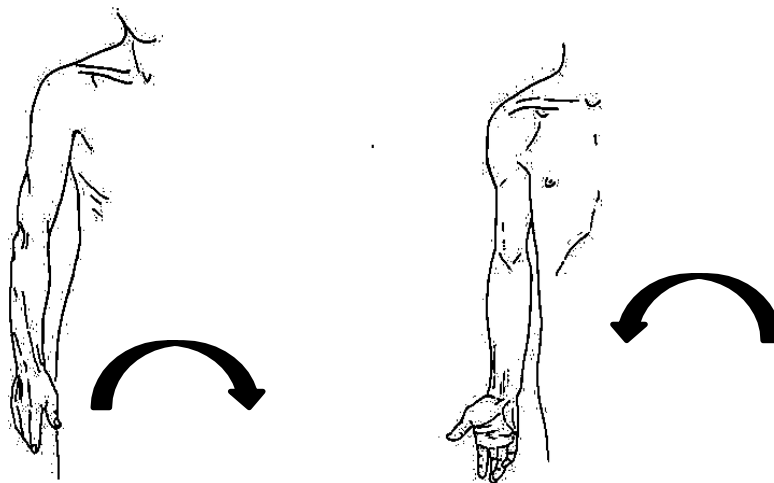


Ilustración 12. Pronosupinación de hombro

### **La pronación y supinación del antebrazo**

Estos movimientos son realizados gracias a la articulación del codo permitiendo una rotación parcial entre los dos huesos del antebrazo: el radio y el cúbito; no incluye la rotación de húmero y esto limita al miembro superior para ejercer la potencia en la mano para apoyar el arco sobre la cuerda.

---

<sup>19</sup> Figura tomada del libro de Blandine Germain Calais (Germain, 1994, pág. 149)

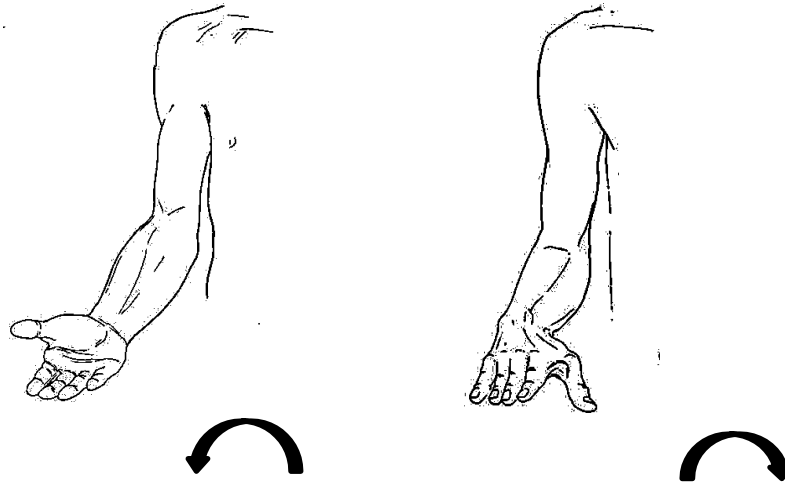
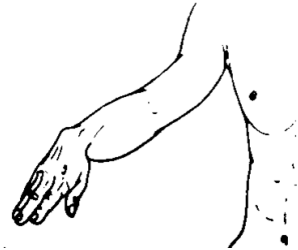


Ilustración 13. Pronosupinación con rotación de codo

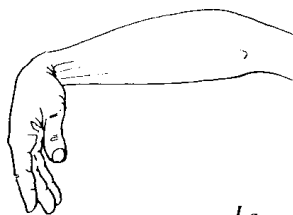
Las siguientes ilustraciones describen los movimientos que fueron detectados en el análisis de Biomecánica que explico en el tercer capítulo. Además, incluyo su movimiento antagónico con la finalidad de brindar mayor claridad en la percepción de ello.



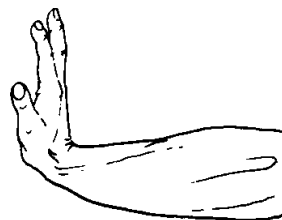
**Flexión de codo**



**Extensión de codo**



**Flexión de muñeca**



**Extensión de muñeca**

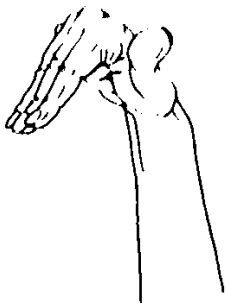




**Desviación radial de muñeca**



**Desviación cubital de muñeca**



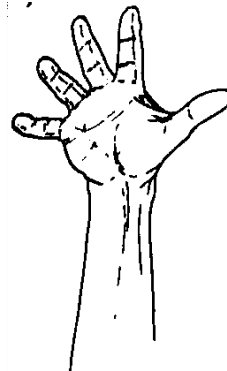
**Flexión de palma**



**Extensión de palma**



**Aducción de dedos**



**Abducción de dedos**

## **Capítulo III. Análisis biomecánico sobre la ejecución del *sautillé* desde la autoobservación**

En el primer capítulo ya se reflexionó sobre el *sautillé* desde la interpretación musical y la relación de la técnica de arco con el estudio de la anatomía del movimiento del miembro superior derecho en el segundo. Este capítulo ubica el tercer nivel de observación, correspondiente al estudio de la interacción entre el violonchelista, en este caso entre mi persona, y el instrumento.

La metodología implementada para estos fines fue la autoobservación. Ésta, fue de carácter cualitativo y sirve como estrategia de registro y análisis de datos. Dentro de sus modalidades se encuentra la interactiva. A diferencia de la etnografía, que sólo estudia a los otros para conocer a detalle cómo son los mecanismos de un fenómeno, la autoobservación interactiva sirve para contrastar lo que observo en mí con lo que han dicho otros con el fin de distinguir similitudes y diferencias, lo cual ayudó a intervenir como mayor conciencia en los datos, sistematizarlos y transmitirlos.

Desde la autoobservación interactiva se realizó un análisis cinemático del miembro superior derecho al ejecutar el *sautillé* para contrastar y discutir con las aportaciones de interpretación musical descritas en el Capítulo 1 de esta investigación, la cual sólo podía observarse de manera más precisa con la ayuda de nuevas tecnologías relacionadas con el movimiento humano. Al ser un estudio tan complejo, surgió en mí la necesidad de vincular la biomecánica con la ejecución de esta técnica específica de arco. Por lo que fue necesario realizar una práctica en el laboratorio de Biomecánica de la UNAM, ubicado en el campus Juriquilla, en Querétaro. En México es el único laboratorio en Biomecánica existente.

### **3.1. Biomecánica**

“La biomecánica es la ciencia que estudia la relación entre las estructuras biológicas y el medio ambiente, basándose en principios y las leyes de la física mecánica abarcando el análisis teórico hasta la aplicación (Repetto, 2005, pág. 5). Esta disciplina comprende dos áreas de estudio: la cinemática, que estudia de manera descriptiva los movimientos del cuerpo; y la cinética, que calcula las fuerzas que los inician.

De acuerdo con John Brewer “El conocimiento de la cinemática y de la cinética del movimiento humano permite optimizar aún más los movimientos realizados durante la práctica deportiva” (Brewer, 2017, pág. 176). Para obtener dicho conocimiento ha sido necesario utilizar la tecnología avanzada a través de la construcción de nuevos equipos de medición y diseño de programas personalizados en biomecánica. Gracias a dichos avances se han generado nuevas líneas de investigación.

### **3.1.1. Biomecánica en música**

Al desconocerse la complejidad de los movimientos kinestésicos que los músicos utilizan en la ejecución instrumental, actualmente se están realizando bastantes estudios para lograr su eficiencia y prevenir lesiones. Existen textos que han reflexionado sobre la anatomía del movimiento humano relacionado con la técnica instrumental y cómo esta desconexión ha traído algunas consecuencias. Según Virginia Azagra Rueda:

Los problemas de salud derivados de la actividad musical, han encontrado generalmente un escaso entorno de protección, pero en los últimos años son objeto de múltiples estudios científicos desde diversas disciplinas (ciencias de la salud, ciencias del deporte, biomecánica...) dirigidos a facilitar un aprendizaje basado en gestos fisiológicos y en el respeto a un cierto número de principios biomecánicos que permiten al cuerpo del músico seguir su propio ritmo sin desafiar a la naturaleza (Azagra Rueda, 2006, pág. 8).

Respecto al violonchelo existen muy pocas investigaciones relacionadas con el cuerpo humano y su ejecución, pero hay bastante interés en este tema cuyo futuro prometedor está aún por descubrirse. Hay, por ejemplo, una tesis de 2015 realizada por Rosa Martín Armas donde se analizó la biomecánica de la mano para estudiar el pulgar y la muñeca:

El objetivo de este estudio es analizar la influencia de la actividad muscular del pulgar en el grado de flexibilidad de la muñeca durante el accionamiento del arco y su relación con el nivel de experiencia en el instrumento. El propósito es trazar una línea de intervención pedagógica más eficaz en los estudiantes jóvenes que presentan un bloqueo de la articulación de la muñeca durante el accionamiento del arco (Martín Armas, 2015, pág. 20).

Este estudio contribuye teóricamente con el estudio del miembro superior derecho. Sin embargo, sólo el pulgar y la mano fueron analizados biomecánicamente y el resto de las estructuras anatómicas no fueron evaluadas dentro del estudio. Además, hubo inconsistencia

al llamar a este segmento “brazo” cuando el brazo “es la sección de la extremidad superior situada entre las articulaciones escapulo humeral y del codo” (Brewer, 2017, pág. 208). El brazo además se constituye por húmero, el músculo bíceps braquial, el músculo tríceps braquial y la cabeza del húmero que lo une con la escápula.

Aunque la mayoría de los resultados que arroja esta investigación son cuantitativos, el aporte es sumamente valioso ya que el trabajo de Rosa Martín Armas es hasta hoy uno de los pioneros en estudiar la relación movimiento humano con la técnica instrumental.

La biomecánica se conforma de manera interdisciplinaria posibilitando el estudio del movimiento desde varios aspectos. Para futuras investigaciones sería pertinente considerar un estudio completo que incluya la cinética para detectar las fuerzas que convergen dentro de la ejecución instrumental. Sin embargo, para este trabajo de investigación, únicamente se realizó un análisis cinemático. Dicho estudio se puede realizar, con pleno dominio del movimiento a analizar o realizándolo de forma ineficaz; con o sin lesiones corporales. Su aporte es de carácter cualitativo cuyos fines son únicamente descriptivos y comparativos. Esta práctica de laboratorio sirvió para corroborar los movimientos que se estudiaron en el segundo capítulo, comparar el dinamismo de las estructuras anatómicas y describir el comportamiento del miembro superior derecho durante la ejecución del *sautillé*.

### **3.1.2. Práctica del laboratorio: cronología y descripción.**

El doctor Felipe Martínez Matehuala es quien estuvo a cargo del laboratorio de Biomecánica ubicado en el campus Juriquilla de la UNAM. Colaboré con él durante cuatro días para hacer las pruebas, el análisis y la reflexión, siguiendo esta cronología: el primer día ubicamos el tipo de análisis que se necesitaba realizar según mis inquietudes. El análisis que se determinó fue cinemático. Se utilizó el programa italiano *Smart DX* de *BTS Bioengineering* considerado uno de los más avanzados y con mayor calidad en los análisis de biomecánica. Se tomaron las medidas corporales del tronco, cabeza y miembros superiores para añadirlas al programa. Con dichas medidas fue posible construir el modelo biomecánico donde se dibujó geométrica y espacialmente mi estructura humana mientras usaba el violonchelo.

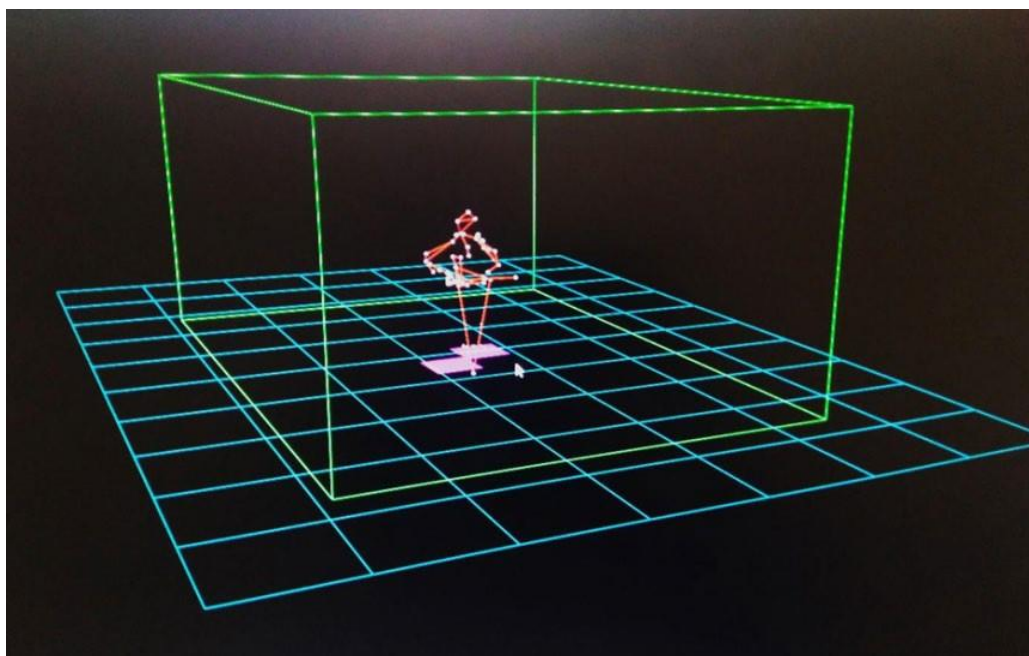


Ilustración 14. Sistema de coordenadas X (horizontal), Y (vertical), Z (transversal)

El modelo se ajusta a las medidas de cada persona y se grafica gracias a marcadores, los cuales crean secuencias de segmentos rígidos. Los marcadores son botones forrados de material reflejante mediante los cuales se refleja una luz infrarroja que disparan las cámaras que captan la dinámica humana. Estos se adhieren al cuerpo con una cinta adhesiva especial para que la máquina capte la información mediante 11 cámaras que rodeaban la habitación las que detectan el movimiento humano y la información que recaban es leída por el programa.

Fueron tres los marcadores que se utilizaron: uno en la parte proximal, otro en la parte distal y el último en el medio de cada segmento rígido; éste es más alto porque se encuentra en un plano de movimiento distinto. Por ejemplo, el antebrazo es un segmento rígido compuesto por dos huesos. Tiene dos extremos: uno proximal (el que se une a la articulación de codo) y el otro distal (el que une a la articulación de muñeca). En cada extremo se colocó un marcador pequeño. El tercer marcador que es de mayor altura que los anteriores fue colocado en la parte media del antebrazo para ser detectado en el tercer plano de movimiento.

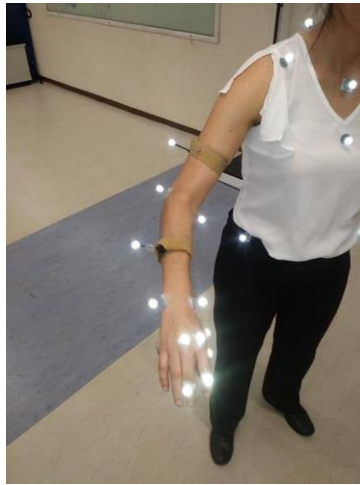


Ilustración 15. Marcadores colocados en el miembro superior derecho

La finalidad de los marcadores es ubicar la posición y movimiento tridimensional de los segmentos corporales, es decir las partes del miembro superior derecho dentro de un sistema de coordenadas. Se colocan tres: los dos marcadores de los extremos del segmento son del mismo tamaño y más pequeños en altura que el tercero.

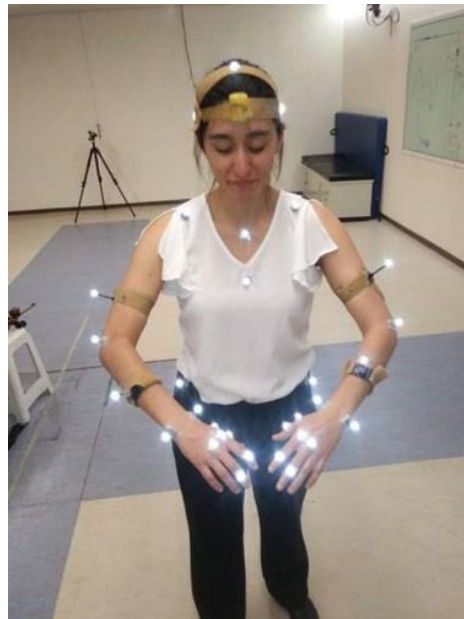


Ilustración 16. Marcadores colocados en cabeza, cintura escapular y miembros superiores



Ilustración 17. Ubicación espacial en el laboratorio

El segundo día trabajamos en el laboratorio para comenzar las pruebas. Las tomas de movimiento se realizaron sobre el último pasaje del segundo movimiento *Allegro Molto* del Concierto para Violonchelo en Mi Menor Opus 85 de Edward Elgar, correspondiente a la técnica *sautillé*.

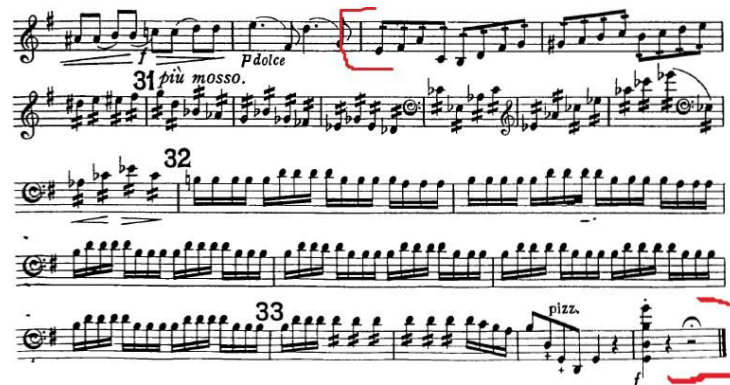


Ilustración 18. Fragmento del segundo movimiento del concierto de Edward Elgar *Allegro Molto*

Las marcas rojas indican a partir de donde se tomó en cuenta el pasaje: De los tres compases antes del número 31 hasta el antepenúltimo compás ya que sólo se evaluó el

movimiento cíclico del *sautillé*. Lo demás no se toma en cuenta ya que corresponde a otro tipo de desplazamiento motriz- los pizzicatos- y la biomecánica del brazo cambia totalmente.

Para esto, fue de vital importancia delimitar los parámetros del sonido que se indican en el inicio de la partitura:



Ilustración 19. Inicio del segundo movimiento del concierto para violonchelo en mi menor *Opus 85* de Edward Elgar

- Altura: distintos registros del violonchelo, sobre todo sobre las cuerdas La y Re.
- Intensidad: *pianísimo*
- Articulación: *sautillé*, corta
- Timbre: lo delimita la altura de las notas con respecto a su colocación en el diapasón.
- Tempo: *Allegro Molto* (aproximadamente 130- 160 el valor de la negra con marca metronómica)

Los parámetros anteriores ayudaron a establecer los cuatro elementos del movimiento a ejecutar:

- Longitud: corto
- Dirección: De arriba hacia abajo con trayectoria curvilínea.
- Velocidad: rápido con *accelerandos*
- Peso/Esfuerzo/Fortaleza: Ligero, pero con ataque al inicio de las notas.

El análisis de la información detectada por el programa. En búsqueda de una comprensión más extensa del estudio le expuse al encargado las siguientes preguntas: ¿Qué



es el ciclo de movimiento? ¿Cuál fue el comportamiento del arco al ejecutar el *sautillé*? ¿Qué otro dato arroja el programa *Smart DX de Bioengineering*?

Durante el tercer y cuarto día el Dr. Felipe Martínez me explicó los resultados del estudio y se normalizaron las muestras con el programa con la finalidad de establecer un promedio del ciclo de movimiento del *sautillé*. Normalizar datos es estrictamente un proceso de refinamiento. Después de que se identificaron los datos, en este caso los ciclos de movimiento. Este proceso es para identificar sus relaciones, es decir similitudes y diferencias que hay entre ellos y no obtener duplicidades innecesarias en la recepción de dichos datos.

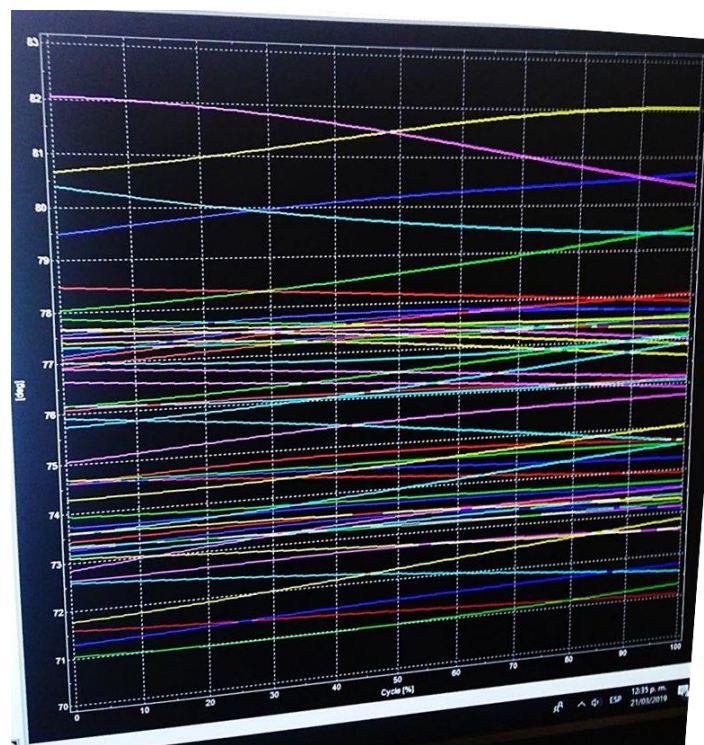


Ilustración 20. Normalización de los ciclos del *sautillé*

Esta ilustración muestra como el programa captó cada uno de los ciclos de movimiento y mediante la comparación, los ciclos son agrupados de acuerdo con sus semejanzas y diferencias con el propósito de no repetir ciclos.

Más adelante el Dr. Felipe me explicó de forma amplia el funcionamiento del programa y los datos que obtuvimos sobre las tomas, encontrando información muy precisa

sobre el manejo del arco para este proyecto. Se detectaron algunas categorías que sirvieron para este análisis, con el cual pretendo ofrecer una propuesta integradora de la realización del *sautillé* en el próximo apartado. Para efectos de esta tesis, los resultados que recabaron fueron de carácter cualitativo y descriptivo.

### **3.2. Resultados sobre la realización del *sautillé***

A continuación, presento los resultados del estudio biomecánico sobre la ejecución del *sautillé*, los cuales arrojaron información de distintos niveles de observación. Decidí clasificarlos en tres categorías: 1) resultados sobre la anatomía del movimiento, 2) resultados relacionados al arco y 3) resultados sobre el *sautillé*. En cada categoría los datos corresponden a los resultados del estudio en bruto, es decir sin interpretación. Los observables corresponden a la interpretación de los mismos.

#### **3.2.1. Resultados con relación a la anatomía del movimiento**

Dato 1:

El encargado de regular esta técnica de arco es el miembro superior derecho mediante la organización de todos sus elementos: el hombro, brazo, codo, antebrazo, muñeca, mano y dedos junto con el arco.

Dato 2:

Están involucrados los movimientos de rotación interna de hombro, la pronación, la flexo-extensión de muñeca y la flexo- extensión de dedos.

Dato 3:

De los elementos que conforman al miembro superior derecho, el hombro y el brazo son menos dinámicos. Por otro lado, la flexión de codo, el antebrazo, la muñeca y los dedos poseen mayor dinamismo.

Observables:

En el modelo biomecánico todos los segmentos rígidos se representan con una línea recta (véase ilustración 13). Los menos dinámicos son más posturales, es decir, involucran movimientos de colocación y soporte como la rotación de hombro o la abducción y flexión de codo. En contraste, los más dinámicos son la muñeca y los dedos. Independientemente de

la diferencia en el dinamismo de los elementos, éstos deben tener libertad para no obstaculizar el movimiento.

### 3.2.2. Resultados con relación al arco

El arco se determinó al igual que las estructuras anatómicas como segmento rígido en tres planos y tres ejes de acuerdo con la visión tridimensional que forman X, Y, Z:

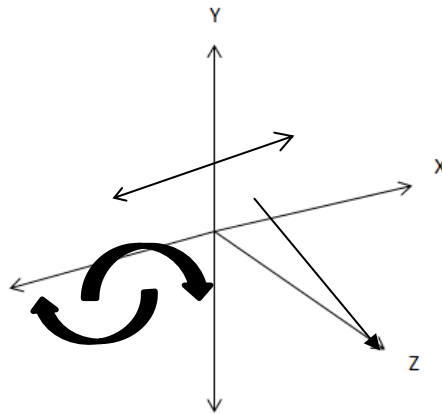


Ilustración 21. Ejes X, Y, Z

Dato 1:

El movimiento del arco realiza las siguientes acciones: 1) Tiene oscilación vertical en Y, 2) Tiene inclinación horizontal en Z y 3) Gira en su propio eje en X

El arco realiza un movimiento angular que abarca los tres planos de movimiento y la trayectoria que dibuja son espirales.

Observables

La realización del *sautillé* ocurre en los tres planos de desplazamiento motriz correspondientes a los planos sagital, vertical y transversal, los cuales coinciden con el sistema de referencia en las coordenadas X, Y, Z. Cuando se ejecutan movimientos involucrando los tres planos, a aquéllos se les conoce como movimientos angulares.

### 3.2.3. Resultados con relación al *sautillé*

Dato 1:

Es un movimiento que pasa por el mismo patrón una y otra vez. Aunque sí es dinámico y variable en velocidad y amplitud, el patrón permanece igual. El ciclo comienza con el primer período arriba y con el segundo abajo.

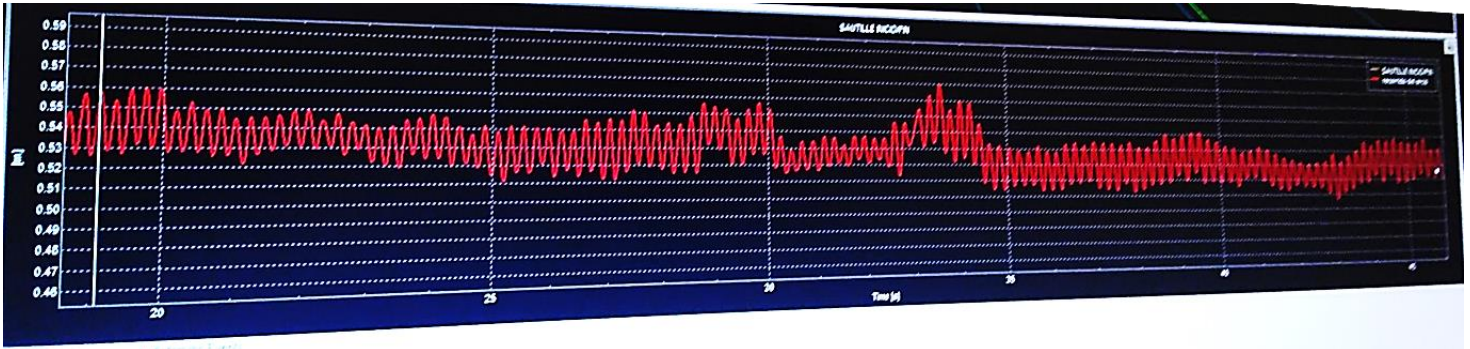


Ilustración 22. Curva dinámica de ciclos del *sautillé* durante la ejecución del fragmento musical

Esta ilustración describe el fragmento del segundo movimiento del concierto de Elgar que se ejecutó para analizar el movimiento. Una vez normalizados los datos, el programa determinó una curva dinámica de ciclos que no es estática ni lineal.

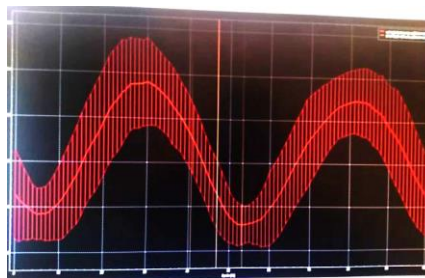


Ilustración 23. Ciclo de movimiento del *sautillé*

Por otro lado, esta imagen representa un ciclo de movimiento del *sautillé* comenzando con un período con la curva hacia arriba y terminando con el segundo período con la curva hacia abajo enlazado al comienzo del próximo ciclo.

## Observables

El *sautillé* se ejecuta por medio de movimientos que comienzan con el arco hacia arriba mediante la extensión de muñeca y terminan con el arco hacia abajo con la flexión de muñeca. A esto se le conoce como movimiento cíclico pues posee un mismo patrón que -aunque puede variar en amplitud y velocidad- no cambia hasta tener alguna distinción en el desplazamiento de los mecanismos físicos. A ese patrón se le llama ciclo de movimiento el cual se compone por dos períodos: aunque el arco inicie el movimiento sobre la cuerda, el primer período es activo por que el músculo se contrae al realizar el movimiento hacia arriba, es decir, utiliza los músculos extensores. En contraste, el segundo período es pasivo pues relaja los músculos mientras el arco reposa sobre la cuerda generando tanto un rebote casi automático como ejerciendo menos esfuerzo en las repeticiones rápidas y continuas.

### 3.3. Discusión de los resultados

En este apartado realizo la reflexión de los resultados con relación al planteamiento del problema que expuse en el primer capítulo. En esta discusión describo las similitudes y contrastes entre lo que descubrí en la autoobservación y su interactividad con lo que han dicho otros intérpretes sobre el objeto de estudio de esta tesis: *El sautillé y su destreza motriz*.

En primera instancia, la ejecución instrumental del *sautillé* es abierta y adaptativa, pues responde al dinamismo musical de las piezas, es decir, a la dirección melódica de las frases, a los *crescendos* y *diminuendos*, alturas y cambios de registro que se van presentando. Esto está íntimamente relacionado con la organología del instrumento, ya que cuando la mano izquierda presiona notas en el registro grave del mismo, el arco tiene más libertad de movimiento y rebota más debido a que la cuerda es más elástica y tiene más longitud; en cambio, cuando se digitan las notas en las posiciones agudas, la cuerda va reduciendo su tamaño, por lo que resulta complicado obtener el mismo rebote respecto al registro grave por ello la ejecución de dicha técnica se realiza más como un *petit détaché* es decir una trayectoria muy corta de arco que se mantiene más adherida a la cuerda sin tanto rebote. Richard Markson comentó que algunos instrumentistas varían el golpe de arco, pues mientras unos intérpretes tocan ciertos fragmentos del segundo movimiento del concierto de Elgar con el arco más sobre la cuerda, otros mantienen el rebote. Según su perspectiva, esto se hace así

porque hay zonas del punto de contacto entre la cuerda y el arco donde el sonido no responde igual y debe haber una diferencia de mayor o menor rebote en beneficio de la emisión clara del sonido (Markson, 2018). Desde mi perspectiva esto tiene veracidad ya que su ejecución funciona como un sistema muy dinámico y abierto, permite la autorregulación del mecanismo, controlando el rebote y regulando elementos emergentes como cambios en la velocidad de la obra, en el registro, en la dinámica musical del volumen, en la dirección melódica y en la dicción de la articulación sonora. En otra clase magistral con Clive Greensmith<sup>20</sup>, comentó que el arco también es adaptativo, pues la vara puede inclinarse un poco según el tipo de sonido que se esté buscando y aerodinámico, ya que tiene resistencia y adaptabilidad a la velocidad con que se ejecuta de manera que para realizar el *sautillé*, el arco puede virarse horizontalmente hacia el diapasón para facilitar la velocidad y el rebote del arco (Greensmith, 2019).

En segundo lugar, se corroboró con el análisis cinemático que hay pronación en el *sautillé*: como comenta Bion Tsang, para llevar a cabo el golpe de arco del *sautillé* necesita estar presente la pronación y que el arco debía estar en la cuerda para comenzar el movimiento (Tsang, 2018). Sin embargo, otra aportación de valor es que esta posibilidad de movimiento se encuentra coordinada además con la rotación interna de hombro, flexión de codo, flexo- extensión de muñeca y dedos. Gracias al estudio biomecánico se constató que, efectivamente la organización de las estructuras anatómicas y articulaciones tienen movimiento, pero unas más que otras. Las más dinámicas durante la ejecución del *sautillé* son la mano, los dedos y la muñeca, como lo explica parcialmente Michael Dallinger al afirmar que el *sautillé* requiere ejercicios con el arco para estimularlas, para lo cual el brazo debe estar muy relajado, pues así permite el libre tránsito del movimiento (Dallinger, 2019).

Personalmente estoy en desacuerdo con demasiada relajación en el brazo, ya que éste tiene una función postural muy importante que necesita una colocación poco más firme y menos dinámica en algunas articulaciones. Tal es el caso de la rotación parcial de hombro que, al sostener, posibilita la flexo- extensión de codo y con ello, lograr la coordinación de

---

<sup>20</sup> Violonchelista inglés dedicado a la música de cámara y solista.

movimientos para realizar esta técnica. En una asesoría con Rodrigo Suárez Hoffman<sup>21</sup>, me dijo que pensara mi brazo como un “brazo ondulatorio con múltiples posibilidades de movimiento que están al servicio de lo que deseo realizar” (Suárez Hoffman, 2019). Por otra parte, Jorge Suárez me explicó que

el mayor nivel de dificultad con respecto a la velocidad es de la repetición rápida del mismo movimiento como en los trinos, el vibrato y, desde luego, el sautillé. Esto no sólo se debe mencionar, sino también tomarse en cuenta para el desarrollo de la habilidad. Para esto, la buena coordinación entre todos los músculos involucrados es vital (Suárez Ángeles, 2019).

Con base en lo anterior, afirmo entonces que el miembro superior derecho a pesar de ser un segmento corporal completo, sí realiza ajustes entre sus componentes para funcionar coordinadamente.

Por otra parte, el *sautillé* se ejecuta de manera tridimensional, es decir, que el arco se mueve en los tres ejes de movimiento, es decir desplazándose de manera angular. El chileno Jorge Espinoza mencionó que “el movimiento que dibuja la trayectoria del arco es una curva” (Espinoza, 2016). Los movimientos angulares trazan trayectorias curvas, espirales o elípticas, por lo cual considero acertada esta percepción. Para dar soporte a esto, retomo lo que David Finckel explicó que para producir el *sautillé*, el arco debe ser colocado en su parte media sobre la cuerda, la cual debe estimularse a través de un movimiento oscilatorio ascendente y descendente, provocándole un rebote que debe repetirse muchas veces. Creo de manera determinante que este dato es sumamente valioso, pero necesita ser complementado por lo siguiente: la oscilación no ocurre en dos planos, ocurre en tres, es decir de manera tridimensional pues el arco más que oscilar, gira de manera transversal.

Desde mi perspectiva, todo esto da testimonio de las aportaciones que los profesores enuncian sobre ese movimiento curvo que consideran necesario para tocar. Sin embargo, no concuerdo con que sus oscilaciones sean ascendentes y descendentes en un sólo plano, sino más bien transversales. Para sustentar esto Christopher Bunting explicó que “hay que estudiar cómo mantener el arco sobre la cuerda durante las oscilaciones a alta velocidad, manteniendo

---

<sup>21</sup> Violonchelista y entrenador en técnica Alexander.

la mano en movimiento a lo largo de la línea del arco; es decir, en ángulo recto respecto a la cuerda” (Bunting, 1999, pág. 120). Más adelante este autor comenta que para obtener un *sautillé* se debe realizar lo contrario a lo propuesto introduciendo una pulsación de la mano ligeramente fuera del eje. Con base en ello puedo afirmar que si Bunting sugiere que dicha pulsación sea fuera del eje es porque se está refiriendo al movimiento angular, el cual abarca los tres ejes de movimiento coordinadamente y no de manera simultánea. A simple vista parece ocurrir al mismo tiempo por la rapidez del ciclo de movimiento, pero no es así puesto que éste comienza en el plano Y aparentemente con un movimiento vertical. Sin embargo, cruza mediante un movimiento horizontal angular hacia Z para reiniciar el ciclo de movimiento girando en su propio eje, es decir, sobre el eje en X.

Finalmente, están las definiciones sobre *sautillé* donde se menciona el rebote del arco, como la de la *Enciclopedia Internacional de Música y Músicos* que describe: “*sautillé* (francés; italiano, saltato saltando). Es un término utilizado en la música escrita para violín, viola y violonchelo para indicar que el músico debe ejecutar un tipo de movimiento que haga rebotar el arco” (Slonimsky, 1946, pág. 1620). El rebote del arco que menciona esta definición sí es provocado por un tipo de movimiento, pero no está mencionado en la definición. Dicho movimiento corresponde al angular. En complemento a ello, el *Diccionario Harvard* explica en su definición que es un “golpe breve tocado en tiempo rápido a mitad del arco, de suerte que el mismo al ponerse en movimiento por el golpe, salte ligeramente de la cuerda repetidas veces” (Randel D. M., 1997, pág. 33). Puedo decir que no es sólo por suerte que no ha sido expresado en las definiciones ni en el discurso práctico de la realización el *sautillé*.

En el análisis biomecánico se aprecia que el *sautillé* tiene una mecánica particular que hace que el arco rebote y que corresponda al movimiento angular. Este rebote es una consecuencia de la zona de la cuerda sobre la que se coloca una parte específica del arco, característica sumamente importante para lograr este efecto. Sin embargo, cuando el arco se pone en movimiento éste involucra una trayectoria que cruza los tres planos de movimiento y dibuja oscilaciones de manera tridimensional. Por lo tanto, no es un movimiento de traslación horizontal sino de rotación transversal. Para que esto suceda el arco debe ser



adaptativo y virar un poco la vara hacia el diapasón y ligeramente orientar la punta del arco hacia arriba para reducir el ángulo que forma con la cuerda.

## Conclusiones

La visión Interdisciplinaria sobre el *sautillé* aportó a la integridad de una complejidad organizada pero desarticulada dentro del campo de la interpretación musical. Esta corresponde al análisis de movimientos para detallar su ejecución instrumental. Se lograron los objetivos y la hipótesis se confirmó que, aunque sí existen distintas aproximaciones a la ejecución instrumental del *sautillé*, no corresponden a los mismos niveles de observación por lo que la información se encuentra incompleta si no son vinculados.

Al observar el fenómeno y su complejidad realicé un acercamiento desde distintas rutas con la finalidad de lograr su comprensión para optimizar la ejecución instrumental del *sautillé*. Gracias al estudio biomecánico se constató que efectivamente las estructuras y articulaciones más dinámicas durante la ejecución del *sautillé* son la mano, los dedos y la muñeca como lo comentan los intérpretes, pues a simple vista y percepción inmediata parece que sólo dichas partes realizan los movimientos requeridos. Pero sí existe movimiento menos dinámico en la abducción y rotación del hombro, así como la flexión de codo; puede decirse que son más discretos, pero esencialmente están involucrados en una colocación para que la articulación del codo y de la muñeca puedan dinamizar la mano y los dedos.

El brazo y la articulación escapulo humeral se ubican en un eje de movimiento específico que sirve como base de colocación para que el codo, la mano y los dedos puedan ser los agentes más dinámicos en este sistema. La articulación escapulo humeral es el elemento menos dinámico ya que, aunque sí se mueve, tiene un margen de movimiento más reducido en comparación con la flexo- extensión de codo, es decir el cierre y la apertura de codo. El antebrazo forma con la mano una estructura sólida pero flexible para ejecutar esta coordinación de movimientos de manera eficiente.

En una clase de violonchelo el Doctor Gustavo Martín, violonchelista y docente de violonchelo en la Facultad de Música de la UNAM mencionó que el arco se debía usar de forma muy compacta y que el brazo necesitaba colocarse en una altura funcional para mantener la colocación que mantuviera eficiente la ejecución del *sautillé*. Al delimitar que

otras partes del miembro superior derecho estaban involucradas comprendí que de acuerdo con lo que me señaló el maestro Martín, era necesario encontrar una ubicación del brazo en un plano y eje de movimiento que permitiera el dinamismo de la flexo- extensión de codo, de la muñeca y de los dedos para accionar el *sautillé*.

En sesiones utilización corporal Sandra Romo comentó que “tenemos elementos más dinámicos que otros durante la ejecución instrumental” (Romo Figueroa, 2019). Esto se comprobó en el estudio de cinemática donde observé que el brazo es un elemento menos dinámico. Con base en ello y de manera empírica deduje que entonces el brazo es un elemento del miembro superior derecho que durante el manejo del arco es menos dinámico que el antebrazo y la mano y que su rotación interna y margen de movimiento son más pequeños porque actúan de una manera más postural y estable.

En la clase de conciencia corporal con el maestro Manuel López Medrano aprendí que las articulaciones de los miembros superiores tienen márgenes de movimiento que a través de la propiocepción son posibles de percibir ya que el cuerpo nos marca muy claramente los límites de las articulaciones. Al concientizar eso, mi ejecución de movimientos coordinada mejoró la optimización del control del arco al producir el *sautillé*.

## **Recomendaciones**

El *sautillé* es una técnica de arco presente en varias obras musicales y en cada pieza la articulación sufre ciertas adecuaciones, pues no es lo mismo realizarlo en una obra para violonchelo *solo*, - donde el solista ajusta sus propios matices- que en otra en la cual esté acompañado por piano u orquesta, pues el intérprete requiere de hacer ajustes en los ataques y en los matices para ensamblarse con los demás instrumentos; es flexible, dinámica y adaptativa según la música que se desee crear, lo cual genera cambios en la cinemática de los movimientos del miembro superior derecho, aun cuando posee el mismo ciclo de movimiento con dos períodos. La velocidad de dicho ciclo dependerá de la música que se esté ejecutando. Igualmente, se debe tomar en cuenta la variable del arco pues cada uno de ellos tiene características similares pero diferentes y a veces varían las zonas de respuesta para ejecutar la técnica de arco.

En la interpretación musical a veces se comete el error de querer comprender un movimiento desde el gesto y no así desde la cadena cinemática que lo conforma. “El aparato locomotor se puede definir como un sistema de palancas donde la fuerza motriz serían músculos, las articulaciones los puntos de soporte y los huesos los diferentes brazos de palanca donde se apoya el peso de los diversos segmentos corporales” (Rico, 2003, pág. 29).

En biomecánica los gestos deportivos se analizan desde el origen de dichas cadenas las cuales conforman un conjunto de palancas que sirven para realizar de manera eficiente las destrezas motrices. Sería de gran impacto en la educación musical realizar estudios biomecánicos sobre la técnica instrumental para realizarla de manera eficiente. Todos estos movimientos se encuentran anatómicamente organizados en los tres ejes X, Y, Z. Una vez ubicada la colocación anatómica funcional se coordina todo el gesto.

Por mi parte, puedo determinar que el *sautillé* se produce a un tempo rápido siempre y cuando la coordinación de las diferentes estructuras del miembro superior derecho sea eficaz para sostener este golpe de arco. Los movimientos corporales que incluye son la abducción, la rotación de húmero, la pronación y la flexo- extensión de codo, de la muñeca y de los dedos. En ello los elementos menos dinámicos son el brazo y el antebrazo y los más dinámicos son la muñeca, los dedos y la flexo- extensión de codo.

Haber profundizado en cada uno de los niveles de observación fue sumamente importante para aproximarme como intérprete a la ejecución de esta técnica. Aunque decidí abordar su estudio desde la perspectiva del movimiento humano relacionándola con la ejecución instrumental, es necesario añadir otras características a la eficacia de su realización, como la intención expresiva y el carácter musical, pues no hay razón para limitarse al estudio meramente motriz de una técnica cuando el objetivo de ello es poder expresar la música.

Considero en un futuro plantear un proyecto o línea de investigación que analice de manera interdisciplinaria la técnica instrumental del violonchelo ya que podría contribuir significativamente a su comprensión. Asimismo, afirmo que las posibilidades de movimiento del miembro superior derecho están sumamente vinculadas con la técnica instrumental y que, mediante nuevas propuestas enseñanza que involucren el conocimiento anatómico, se pueden desarrollar las destrezas motrices de manera óptima.

## Bibliografía

- Alcántara, P. d. (1997). *Indirect Procedures: A Musician's Guide to the Alexander Technique*. Oxford, Estados Unidos: Oxford University Press.
- Alcántara, P. d. (2017). *The Integrated String Player String Player: Embodied Vibration*. Oxford: Oxford University press.
- Azagra Rueda, V. (2006). *La salud del guitarrista*. Madrid: Acordes Concert.
- Berruero, P. P. (2000). *El contenido de la Psicomotricidad*. Madrid: En Botinni.
- Brewer, J. (2017). *Anatomía del cuerpo en movimiento. Guía práctica de la ciencia de la locomoción humana* (segunda edición ed.). (librero, Ed.) Madrid, Madrid.
- Buckley, W. (1968). *Modern systems research for the behavioral scientist*. Chicago, Estados Unidos: Aldine Publishing Company.
- Bunting, C. (1999). *El arte de tocar el violonchelo. Técnica interpretativa y ejercicios*. (H. B. Resines, Trad.) Madrid, España: Ediciones Pirámide.
- Cano, R. L., & Opass, U. S. (2014). *Investigación Artística*. Barcelo: Fonca Conaculta.
- Castellano del Castillo, M. A. (2009). Rehabilitación propioceptiva de la inestabilidad de tobillo. *Archivos de medicina del deporte, XXVI*(132), 297-305.
- Dallinger, M. (11 de febrero de 2019). Clase magistral. (E. A. Ramírez, Entrevistador)
- Daza, M. t., & Silvers, J. P. (2008). La Aptitud Musical. En D. A. Cánovas, Á. F. Estévez, & F. S. Santed, *El cerebro musical* (págs. 163-179). Almería: Monografías.
- deMaine, R. (enero de 2019). Clase Magistral. Ciudad de México, México.
- Espinoza, J. (febrero de 2016). Entrevista. (E. A. Ramírez, Entrevistador) Skype. Chihuahua.
- Fernández de Velazco, F. (2016). *La expresividad como fenómeno complejo en la Performance musical*. Puebla: Benemérita Universidad de Puebla.
- Finckel, D. (09 de noviembre de 2009). *Youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=A7L0LKqh8Hc>
- Finckel, D. (09 de noviembre de 2009). *Youtube*. Obtenido de Cello talks: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_8nD2Ntf\\_1E](https://www.youtube.com/watch?v=_8nD2Ntf_1E)
- Fjellman- Wiklund, A., Grip, H., Karlsson, J., & Sundelin, G. (2004). EMG trapezius muscle activity pattern in string players:Part I—is there variability in the playing technique? *Journal of Electromyography and Kinesiology, 33*, 347-356.
- Gardner, H. (2012). *Estructuras de la mente* (1994 ed.). (S. F. Everest, Trad.) México: Fondo de cultura económica.

- Generelo Lanaspá, E., & Lapetra Costa, S. (1993). *Habilidades y destrezas motrices básicas: análisis y evolución en los fundamentos de educación física para la enseñanza primaria. Ensayos y trabajos de investigación.*
- Germain, B. C. (1994). *Anatomía del movimiento.* (N. V. Marín, Trad.) Barcelona, España: La liebre de marzo.
- Greensmith, C. (02 de julio de 2019). Clase magistral. *Cellofest Puebla, México edición 2019.* (E. A. Ramírez, Entrevistador)
- Grove, S. G. (2001). *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Vol. 2). (S. Sadie, Ed.) Macmillan Publishers.
- Held, R., & Freedman, S. J. (1964). Plasticity in Human Sensorimotor Control. En W. Buckley, *Modern Systems Research for the behavioral scientist* (págs. 321-329). Illinois, Chicago: Aldine Publishing Company.
- Hoppenot, D. (2000). *El violín interior.* (J. Sanabras, Trad.) Real de la Música.
- Jiménez Moreno, J. C. (2015). *La complejidad de la interpretación musical.* Zacatecas, México: Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Kelleher, L., R. Campell, K., & P. Dickey, J. (2013). Biomechanical Research on Bowed String Musicians. *Medical Problems on performing arts*, 212- 218.
- Kleesattel, A. L. (2012). Applications of Somatic Practices to Cello Playing and Pedagogy. *Doctoral Thesis.* University of Wisconsin.
- Klickstein, G. (2009). *The Musician's Way A guide to practice, performance and wellness.* New York: Oxford university press.
- Knapp, B. (1981). *La habilidad en el deporte.* Valladolid: Miñon.
- L. Rickert, D., Halaki, M., Ginn, K. A., Ackermann, B. J., & Barrett, M. (2013). The use of fine-wire EMG to investigate shoulder muscle recruitment patterns during cello bowing: The results of a pilot study. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23, 1261-1268.
- Mantel, G. (1995). *Cello technique: principles and forms of movements.* Indiana University Press (IPS).
- Mantel, G. (2010). *Interpretación Del Texto al Sonido.* (G. M. Torrellas, Trad.) Madrid: Alianza Música.
- Markson, R. (19 de febrero de 2018). Entrevista. (E. A. Ramírez, Entrevistador) Ciudad de México, México.
- Martí, S. (1937). *Técnica básica para violín y viola.* Merida, México: Centros Pro música.
- Martín Armas, R. (2015). *Estudio de la técnica de la mano derecha para mayor eficacia en la intervención pedagógica en la enseñanza del violonchelo.* Tesis Doctoral, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Psicología y Sociología, Las Palmas de Gran Canaria.
- Medrano, M. L. (octubre de 2018). Taller de conciencia corporal. (E. A. Ramírez, Entrevistador)
- Morin, E. (1977). *El Método I.* Multi.
- Nicolescu, B. (1996). *La transdisciplina- Manifiesto.* Ediciones Du Rocher.
- Randel, D. M. (1997). *Diccionario Harvard de Música.* (H. U. Press, Ed., & V. Perez, Trad.) Londres, Inglaterra: Diana.

- Randel, D. M. (1997). *The Harvard Dictionary of music*. (H. U. Press, Ed.) Cambridge: Board.
- Repetto, A. (2005). *Bases biomecánicas para el movimiento humano*. Buenos Aires, Argentina.
- Rico, E. S. (2003). *En forma: Ejercicios para músicos*. Barcelona, España: Paidós.
- Rodríguez Delgado, A. (2010). *El gran reto de la vida y la escena*. Iberoamericana.
- Romo Figueroa, S. (26 de enero de 2019). Entrevista. (E. A. Flores, Entrevistador) Ciudad de México, México.
- Roubina, E. (1999). *Los instrumentos de la Nueva España*. Ciudad de México: Conaculta- Fonca.
- Santasmarrinas, J. V., Díaz Pereira, P., & Martínez Vidal, A. (2010). Trastornos músculo-esqueléticos (TMREs) en músicos. *Revista de Investigación en Educación*,(No. 8), 83-96.
- Scholes, P. A. (1984). *Diccionario Oxford de la Música*. Barcelona, España: Edhasa/Hermes/ Sudamericana.
- Sheptak, M. (2008). *Diccionario de términos musicales*. Ciudad de México: Música UNAM.
- Slonimsky, N. (Ed.). (1946). *The international encyclopedia of music and musicians*. Binghamton, Estados Unidos de América: Vail- Ballou Press.
- Stowell, R. (1999). *Cello*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge university press.
- Suárez Ángeles, J. (2018). Eficiencia en las habilidades psicomotrices de ejecución instrumental y su desarrollo. 1-14.
- Suárez Ángeles, J. (2019). *Comentarios*.
- Suárez Hoffman, R. (06 de Junio de Mayo de 2019). Clase privada de Técnica Alexander. (E. A. Ramírez, Entrevistador) Cd de México.
- Tortelier, P. (1976). *El violonchelo, Así interpreto, así enseño*. Labor, S. A.
- Tsang, B. (Mayo de 2018). Clase magistral. (E. A. Ramírez, Entrevistador)