



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

**Programa de doctorado**  
**DOCTORADO EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO**

**Facultad**  
**CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**  
**Departamento**  
**PSICOLOGÍA Y SOCIOLOGÍA**

**ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE LA MANO DERECHA PARA  
UNA MAYOR EFICACIA EN LA INTERVENCIÓN  
PEDAGÓGICA DURANTE LA ENSEÑANZA DEL  
VIOLONCELLO**

TESIS DOCTORAL

AUTORA

**ROSA D. MARTÍN ARMAS**

---

Las Palmas de Gran Canaria 2015



# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>19</b>
1.1. Planteamiento del problema	19
1.2. Descripción de los capítulos	20
1.3. Definición de términos	21
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>25</b>
2.1. Origen y evolución del violoncello	25
2.1.1. El instrumento	25
2.2.2. El arco	28
2.2. Nomenclatura y materiales	29
2.2.1. El violoncello	29
2.2.2. El arco	31
2.3. La didáctica del violoncello	32
2.3.1. Normativa vigente sobre la enseñanza del violoncello en Canaria	33
2.3.2. La técnica del arco en la programación de los Conservatorios Elementales de referencia	37
2.3.3. La iniciación al arco en los métodos de enseñanza del violoncello	40
2.3.3.1. La colocación de la mano en el arco	40
2.3.3.1.1. Evolución histórica	40
2.3.3.1.2. El agarre del arco en los métodos de enseñanza del s. XX	42
2.3.3.2. El movimiento del brazo derecho	51
2.4. Antecedentes literarios	58
2.4.1. La movilidad económica y el gesto natural	58
2.4.2. La flexibilidad de la muñeca y el pulgar	59
2.5. Estudios empíricos	62

<b>3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b>	71
3.1. Hipótesis	71
3.2. Objetivos	72
<b>4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	75
4.1. Muestra	75
4.2. Instrumentos de evaluación	75
4.3. Proceso de intervención	77
4.3.1. Estudio electromiográfico (EMG)	79
4.3.2. Estudio goniométrico	80
4.3.3. Estudio de intensidad del sonido	80
4.4. Tratamiento estadístico	81
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	85
<b>6. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS</b>	105
6.1. Aplicaciones prácticas y líneas futuras de investigación	105
<b>Bibliografía</b>	109
<b>Apéndices</b>	115
<b>Glosarios</b>	123

## CAPÍTULO I

---



# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

*Smith (1970) Goals for an effective string pedagogy class Instrumentalist, 25, 70-71, argumentó que los profesores de cuerda no sólo deben ser capaces de tocar el instrumento, sino también reconocer los problemas relacionados con tocarlos, así como aprender a corregirlos. Smith cree que muchos de los problemas de los estudiantes de cuerda se podrían evitar si los profesores fueran entrenados para reconocer errores y remediarlos de una manera oportuna. (Factors contributing to diagnostic skill competency of string teachers. (Dijana 2005, p. 27)*

En la enseñanza del violoncello, el inicio en la técnica del arco es una de las tareas más arduas y lentas del conjunto de todo el proceso, ya que el alumno se encuentra con un objeto desconocido, el arco, con el cual debe emitir sonidos pasando este perpendicularmente al puente del instrumento sobre la cuerda en un movimiento horizontal del brazo, manteniendo un punto de contacto sobre ella y, en principio, con una velocidad constante. Para ello debe sujetar el arco con la mano derecha de una manera ya establecida, teniendo en cuenta que brazo y mano deben estar libres de tensiones para utilizar su peso como transmisor de la presión que necesita ejercer el arco sobre la cuerda antes de iniciar el movimiento y durante el movimiento del pase del arco. En este punto, la tendencia casi generalizada del alumnado es “aferrarse” al arco con todos los dedos y ejercer fuerza y no peso sobre la cuerda (Klein-Vogelbach, S., Lahme, A., & Spirgi-Gantert, 2010, p. 156). El siguiente paso es realizar el movimiento básico del arco (*detaché*), donde la articulación de la muñeca realiza un movimiento de flexión y extensión según en la dirección en la que nos movamos. Este movimiento es necesario para mantener un ángulo recto entre la cuerda y el puente que permita una buena emisión del sonido, y muy necesario en los cambios de dirección del arco para conseguir un sonido continuo (*legato*), así como para la destreza en golpes de arco específicos de mayor nivel (Mantel & Thiem, 1995, p. 172). Es muy frecuente que el alumno novel, al realizar el movimiento del brazo de derecha a izquierda (arco abajo) y de izquierda a derecha (arco arriba), mantenga la articulación de la muñeca en posición neutra sin realizar el movimiento de extensión y flexión necesario, accionando el arco con todo el brazo, con lo que este pasará torcido sobre la cuerda y además limitará su destreza en el gesto (Starr, 1999, p. 99).

Estos dos aspectos básicos de la técnica del arco en el inicio del estudio del violoncello, el agarre y el movimiento del brazo en el accionamiento del arco, pueden

condicionar de forma muy significativa la evolución en el aprendizaje del instrumento, por lo que aplicar una buena metodología para el establecimiento y el afianzamiento de estos dos pilares se hace imprescindible. En mi experiencia como docente del violoncello he comprobado que aún después de que el alumno consigue una buena colocación de los dedos en el agarre del arco antes de iniciar su accionamiento, cuando ejecuta el movimiento básico del brazo para pasar el arco sobre la cuerda, la articulación de la muñeca no está lo suficientemente flexible para realizar la extensión y flexión que se requiere.

Partiendo de las bases pedagógicas de la técnica del arco de los instrumentos de cuerda sobre la importancia básica de la flexibilidad de la articulación de la muñeca para conseguir una mayor eficiencia en el movimiento del arco, y de la función que el pulgar desempeña en el agarre del arco, así como de lo común que es que los estudiantes noveles encuentren dificultades para conseguir la necesaria flexibilidad de la muñeca, este estudio pretende determinar si existe relación entre la actividad muscular del pulgar y el grado de flexibilidad en la muñeca así como de la incidencia según los años de estudios. Se pretende que la intervención pedagógica sobre este elemento, que en el ámbito de la pedagogía de los instrumentos de cuerda frotada es básico y fundamental para una correcta evolución en la técnica instrumental, sea lo más efectiva posible.

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 noveles que presentan un bloqueo de la articulación de la muñeca durante el accionamiento del arco.

## **1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS**

En el capítulo II contextualizamos el objeto de estudio a través de un recorrido por la historia del violoncello y del arco resaltando los datos más significativos en su evolución que han repercutido en las características técnicas actuales. Incluimos también la descripción y las funciones de cada una de las partes que componen tanto el instrumento como el arco.

Para acercarnos a las bases teóricas de la pedagogía del violoncello hacemos referencia a la normativa vigente sobre enseñanzas musicales y a las programaciones de los centros de referencia. Centrándonos ya en el objeto de estudio, exponemos la metodología que siguen algunos métodos de violoncello del siglo XX respecto a la enseñanza de la técnica

básica del arco: agarre del arco y movimiento del brazo. Terminamos este capítulo con los antecedentes literarios, teóricos y empíricos que hacen referencia a la influencia del exceso de tensión en la técnica instrumental.

El capítulo III contiene el planteamiento de los objetivos y de la hipótesis.

En el capítulo IV detallamos el diseño de la investigación a través de la muestra, los instrumentos de evaluación, el proceso de intervención y el tratamiento estadístico.

El capítulo V contiene los resultados y la discusión. Por último, en el capítulo VI exponemos las conclusiones y sugerencias.

### **1.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

Agarre del arco: Modo en que se sostiene el arco de un instrumento de cuerda frotada.

Arco arriba: Desplazamiento del arco sobre la cuerda hacia la izquierda del ejecutante desde cualquier punto.

Arco abajo: Desplazamiento del arco sobre la cuerda hacia la derecha del ejecutante desde cualquier punto.

Talón: Se dice de la parte del arco que se encuentra más cercana a la nuez, donde el ejecutante sujeta el arco.

Punta: Parte del arco más alejada de la nuez. (Apéndice 6)

*Detaché*: Significa en francés suelto o separado. Este término se emplea para designar el tipo de movimiento de arco más elemental, en el cual cada vez que este se mueve se emite una sola nota.



## CAPÍTULO II

---



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL VIOLONCELLO

#### 2.1.1. El instrumento

Hacia 1500 el término italiano *viola* se aplicaba en general a los instrumentos de cuerda tocados con arco. Dichos instrumentos se dividían, a su vez, en dos grandes familias: las *violas da gamba* (imagen 1), así llamadas por sujetarse entre las piernas, y las *violas da braccio* (imagen 2), sujetadas con el brazo. Existían violas de gamba de distinto tamaño y lo mismo ocurría con las *violas da braccio*. Los miembros individuales de cada familia se designaban por sus relativos registros. El violín se conocía como *soprano di viola da braccio* o *violones da braccio*; la viola actual era el *alto di viola da braccio*; el violoncello, el *basso di viola da braccio*, y el contrabajo, el *contra basso di viola da braccio*, a pesar de que estos últimos no se sujetaban con el brazo (Prieto, 2011).

La primera evidencia conocida de la existencia de estos instrumento se encuentra en la obra de Agricola *Ein kurtz Deutsche Musica* (Wittenberg, 1528), donde describe cuatro instrumentos de tipo *violin* con diferentes tesituras, incluyendo un bajo de tres cuerdas (Boyden, Schwarz, & Woodward, 1980).

La primera representación pictórica aparece en el fresco de Gaudenzio Ferrari, de 1535-1536, en la iglesia de Santa María dei Miracoli, en Saronno, cerca de Milán. En dicho fresco aparece un ángel tocando una versión primitiva del violoncello (Markevitch, 1984) (imagen 3). Hans Gerle, en su obra *Musica teusch* (Nuremberg, 1532) fue el primero en describir un instrumento de cuatro cuerdas y con la afinación que se usa en la actualidad (Sadie & Tyrrell, 2001).

El *basso di viola da braccio* empezó a llamarse *violone* en Italia en el siglo XVII y en 1641 aparece el diminutivo *violoncello*. A finales de este siglo el empleo de este término era de uso común (Prieto, 2011). El primer uso de la palabra *violoncello* no tuvo lugar hasta 1665, cuando apareció en la *Sonate op. 4* para 2 o 3 con una parte opcional para violoncello, obra de Giuliодо Arresti, publicada en Venecia. El término *violonino* e incluso *violone* continuó usándose hasta principios del siglo XVIII.

Michael Praetorius en su obra *Syntagma musicum* (Wolfenbüttel, 1620), lo denomina *bas-geig de braccio* (imagen 4) y Marin Mersenne en su obra *Harmonic Universelle* (Paris, 1636), *basse de violon* (imagen 5).

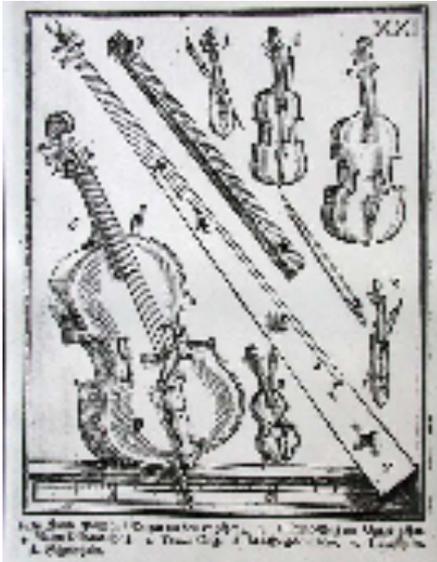


Imagen 1. *Viola da braccio* o familia del violín. Fuente: *Syntagma musicum* (Wolfenbüttel, 1620). Michael Praetorius.



Imagen 2. *Viola da gamba* o familia de la viola. Fuente: *Syntagma musicum* (Wolfenbüttel, 1620). Michael Praetorius.



Imagen 3. Fresco de la cúpula del santuario de *La beata Vergine de Miracoli*, del autor Gaudenzio Ferrari, titulado *El concierto de los ángeles o concierto angelical*. Fuente: <http://auladechelo.blogspot.com/2012/09/historia-del-violonchelo.htm>

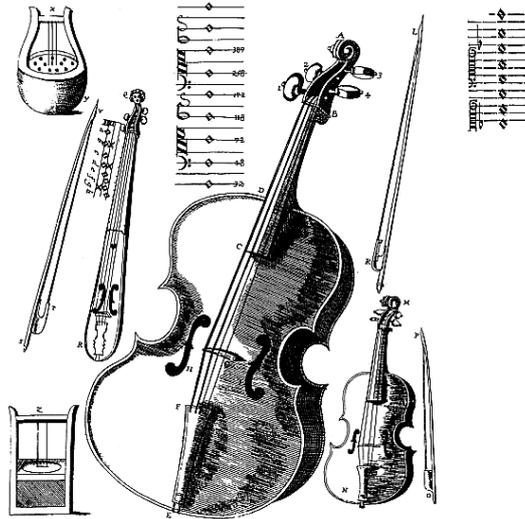


Imagen 4. *Basse de violon*. Fuente: *Harmonie Universelle* (Paris, 1636) Marin Marsenne.



Imagen 5. *Bas-Geig de braccio*. *Syntagma musicum* (Wolfenbüttle, 1620). Michael Praetorius.

Los instrumentos fabricados por Andrea Amati en Cremona (después de 1580), Gasparo da Salò en Brescia (1540-1609) y su discípulo Giovanni Paolo Maggini (1581-1632), eran considerablemente más grandes que el violoncello moderno, algunos con un cuerpo de 80 cm. o más. Las dimensiones continuaron fluctuando durante el resto del siglo, variando entre 73 y 80 cm, con una preferencia por el modelo más largo, como los de la familia Guarneri de Cremona. Antonio Stradivari se decidió por una longitud media de 75 a 76 cm, medida que ha quedado estandarizada. Incluso en los modelos mayores posteriores a 1700 la longitud de la parte vibrante de la cuerda era 2 o 3 cm más corta que en el violoncello actual.

Durante el siglo XVIII tuvieron lugar otras modificaciones en los instrumentos de la familia del violín. El mango y el diapasón se alargaron y curvaron considerablemente, el puente se elevó y se usaron cuerdas más finas y con mayor tensión, y a finales del siglo se introdujo el arco Tourte y la pica (Boyden, Schwarz, & Woodward, 1980).

A partir de este momento, la estructura física y sonora del instrumento se ha mantenido con pocas variaciones hasta hoy.

### **2.1.2. El arco**

Tiene su origen en el Islam y el Imperio Bizantino en el siglo X y fue introducido en Europa en el siglo XI. Desde sus orígenes hasta 1600 tuvieron características comunes en todas sus variedades. Eran convexos como los arcos de caza, el pelo, de caballo, estaba insertado en un eje de madera elástica o bambú, en forma de arco, y la vara era más débil que en los arcos modernos, sin permitir variaciones en la tensión (Boyden, Schwarz, & Woodward, 1980). A finales del siglo XVII apareció una versión primitiva del sistema usado actualmente (Markevitch, 1984).

Entre 1750 y 1786 el arco fue sometido a varios cambios cuando fue estandarizado por François Tourte. La vara se volvió gradualmente cóncava y más larga, se probaron varios diseños para la cabeza, se desarrolló un diseño más fuerte para la nuez, se empleó una cinta más ancha de pelos y se usó la madera de Pernambuco para la vara. El resultado fue un arco más fuerte, que se convirtió en modelo para su propio tiempo y con unos pocos cambios en algunos detalles, ha continuado hasta la actualidad (Boyden et al., 1980).

F.J. Fetis, en su *Antoine Stradivari* (París, 1856), cita a François Tourte como el mejor arquerista y como principal responsable de su forma final. Sus arcos tienen una medida de 74-75 cms. para el violín y 72-73 cms. para el violonchelo, invariablemente hechos de madera de Pernambuco en forma cóncava, conseguida a través del calentamiento y la flexión, en vez de hacerlo directamente al tallarlo. La cabeza en forma de "hacha", un acabado en forma redonda u octogonal, y cónica del talón a la punta. Aportó también cambios importantes en el encerado, ya que incluyó una férula de plata, o anillo en forma de D, para evitar el agrupamiento de los pelos y la ampliación en el tamaño a unos 7 cms. (utiliza entre 150-200 pelos blancos.) También añadió peso en la nuez con una placa de madreperla que cubre la parte inferior de la nuez, un "ojo" incrustado, y una moderna combinación de tornillo y ojal. Con la única excepción de un metal deslizante para disminuir el desgaste entre la nuez y la vara, añadido de forma anónima unos 75 años más tarde, el modelo Tourte es el que se copia en la actualidad (Boyden et al., 1980).

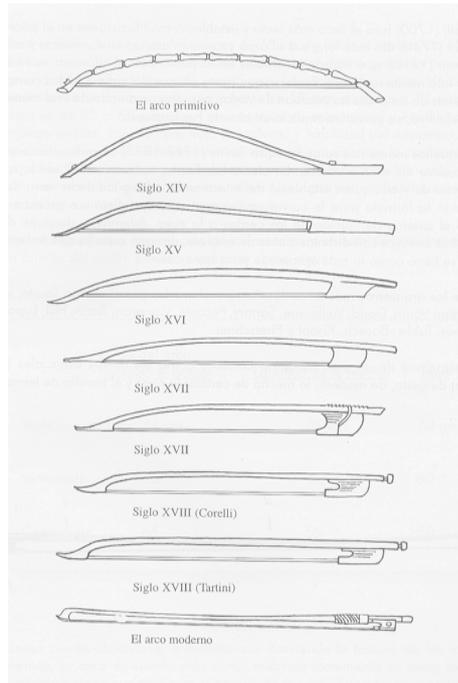


Imagen 6. Evolución del arco.  
Fuente: (Arizcuren, 1992)

## 2.2. NOMENCLATURA Y MATERIALES

### 2.2.1. El violoncello

El violoncello, al igual que el violín o la viola, consta de más de 70 piezas. Las partes exteriores son:

La *tapa* generalmente consiste de dos piezas de madera de abeto, pegadas a lo largo de la línea central. Paralelamente a los bordes de la tapa y muy cerca de dichos bordes corre una triple línea muy fina llamada *filete*, el cual está constituido por dos líneas negras en madera de peral teñida y una línea central de madera de chopo. El *filete* no tiene meramente propósitos estéticos pues ayuda a evitar grietas en los bordes.

El *fondo* suele estar hecho con madera de arce y a veces de álamo. Igual que la tapa, el fondo normalmente consta de dos piezas unidas a lo largo de su eje central.

La *cabeza* es una pieza de arce. Termina en la *espiral* o *voluta*, a veces de notable belleza. La función de la cabeza es alojar el *clavijero*, caja en la cual cuatro clavijas, habitualmente de ébano, sujetan los extremos de cada una de las cuatro cuerdas, cuya tensión se ajusta haciendo girar las clavijas.

El *mango, mástil o cuello* es la pieza que une la cabeza al cuerpo del instrumento.

El *batidor o tasto* es una pieza de madera de ébano, pegada al mango, a cuyo largo corren las cuerdas.

El *punte*, de madera de arce, transmite las vibraciones de las cuerdas a la tapa.

El interior del instrumento actúa como caja de resonancia o amplificador del sonido, cuyas ondas salen por las *efes*, los dos orificios de la tapa situados a cada lado del puente.

El *cordal* es la pieza a la cual están sujetos los extremos inferiores de las cuerdas. Estaba hecho, por lo general, de madera de ébano y a veces de boj o palisandro. En la actualidad se suele utilizar plástico en vez de madera. El cordal está sujeto al botón inferior por medio de un tirante, que solía ser un cordón de tripa y que hoy es un alambre de acero o un cilindro de fibra sintética.

Las cuatro cuerdas del violoncello son, en orden descendente, la, re, sol y do. En su origen, las cuerdas eran de tripa. Hoy suelen ser de acero o de un material sintético entorchado con acero, aluminio, tungsteno u otros metales.

La *pica*, puntal o espiga, es una pieza cilíndrica, de afilada punta y de longitud ajustable, hoy generalmente de acero, cuya función es permitir al ejecutante la comodidad de apoyar el violoncello en el suelo. El puntal entra al interior del instrumento por un orificio en el botón y un tornillo permite su ajuste a la longitud deseada por el ejecutante.

En el interior se sitúan dos piezas:

La *barra armónica*, que es una larga y delgada pieza de pino pegada al interior de la tapa y que pasa debajo del pie del puente situado del lado de la cuerda más baja; y el *alma*, una pequeña barra cilíndrica de abeto que se coloca en ángulo recto entre la tapa y el fondo, más o menos bajo el otro pie del puente. El *alma* no va pegada, es la presión de la tapa lo que la sujeta al fondo. Su función es transmitir las vibraciones de la tapa al fondo y así hacer resonar todo el interior del instrumento. Su exacta colocación es fundamental para la emisión de un buen sonido (Prieto, 2010, pp. 17-20). (Imagen 7).

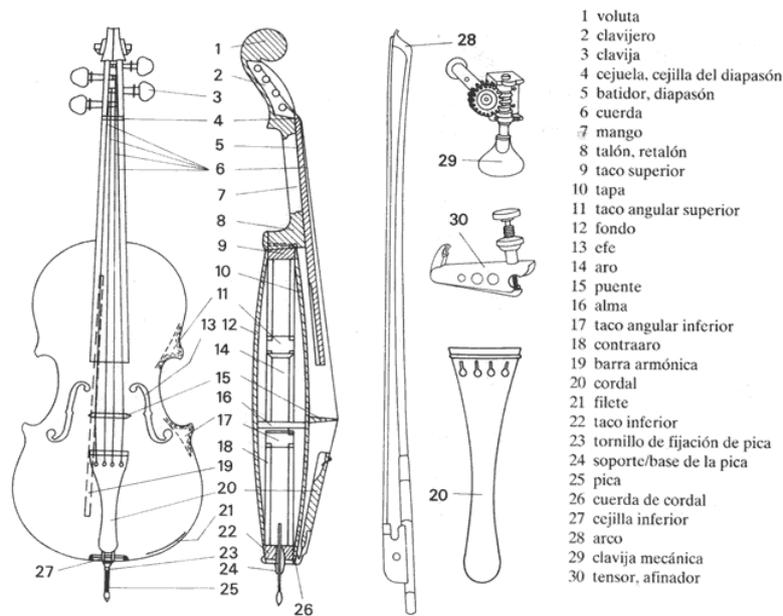


Imagen 7. Anatomía del violoncello.

Fuente: (<http://www.el-atril.com/orquesta/Instrumentos/Cello.htm>)

### 2.2.2. El arco

El arco moderno está compuesto de tres partes: la *vara*, la *nuez* y las *cerdas* o pelos. La vara suele ser de madera de Pernambuco y su grosor no es uniforme. La forma curva se le da mediante la aplicación de calor seco y sus dimensiones son el producto de una precisa fórmula matemática.

La nuez o talón está hecho de ébano o bien de carey o marfil. En ella están insertadas las cerdas. Para el ojo del talón, y para la corona que a veces lo rodea, se usa nácar procedente de conchas marinas. La férula es generalmente de plata u oro. El tornillo que fija la tensión de las cerdas es de acero y el botón en el que termina de bronce, con dos anillos de plata o de oro.

Las cerdas provienen de las colas de caballos blancos generalmente de países fríos, y como todo pelo, presentan pequeñas escamas en su superficie que hacen que la fricción sea diferente en las dos direcciones de movimiento y casi nula en un pelo limpio. Se necesita entre 200 y 250 crines para “encerdar” un arco. Dependiendo del uso que se le de será necesario reemplazarlas con cierta frecuencia.

La resina es la encargada de que el pelo pueda adherirse a la cuerda. Se obtiene tras la destilación de las secreciones de ciertos tipos de pino. En la antigüedad, se creía que la mejor resina era la que provenía de Colofonia, en la Jonia griega, y por ello en francés se denomina *colophane*, en italiano *colofonia* y en alemán *kolophonium*.

La acción del arco depende pues, tanto del montaje de las cerdas en el arco, como de la cantidad de resina y de sus propiedades adherentes. (Markevittch, 1984; Prieto, 1998). (Imagen 8).

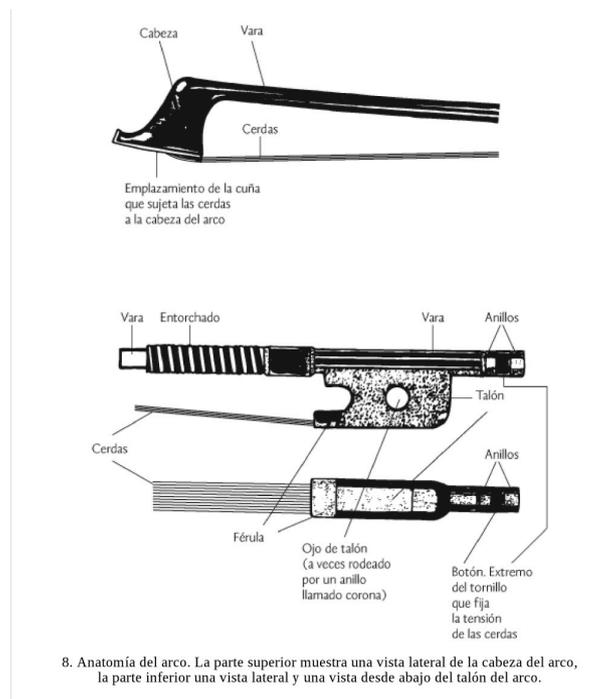


Imagen 8. Anatomía del arco. Fuente: Prieto & Mutis, 1998.

### 2.3. LA DIDÁCTICA DEL VIOLONCELLO

En este capítulo nos centraremos en enunciar las bases teóricas de la pedagogía del violoncello, haciendo mención a la normativa vigente sobre enseñanzas musicales y a las programaciones de los centros de referencia. Centrándonos en la técnica de la mano derecha (del arco) exponemos el proceso de enseñanza que siguen algunos métodos de violoncello del siglo XX respecto a la técnica básica del arco: agarre del arco y movimiento del brazo.

### 2.3.1. Normativa vigente sobre la enseñanza del violoncello en Canarias

Existen dos formas de enseñanza musical establecidas en el capítulo VI de la Ley Orgánica 2/2006 de 3 de mayo, de Educación (LOE):

*La L.O.E. establece las Enseñanzas Artísticas dentro del Sistema Educativo como Enseñanzas de Régimen Especial y define como finalidades de estas “proporcionar a los alumnos y las alumnas una formación artística de calidad”. Para la Música y la Danza, en concreto, determina los criterios para la fijación del currículo del alumnado y del profesorado de los centros de enseñanza, al mismo tiempo que prevé, en su artículo 48.3, la existencia de Escuelas específicas de Música y Danza que serán reguladas reglamentariamente por las Administraciones Educativas y en las que los alumnos y las alumnas, sin limitación de edad, podrán cursar estudios de Danza o Música, no dirigidos a la obtención de títulos con validez académica y profesional.*

*Se pretende con esto, establecer dos formas diferenciadas de Enseñanzas de Música y Danza; una vía que comprende diversos grados, con un nivel de exigencia elevado en función de su finalidad de facultar al alumno o alumna para la práctica profesional y, por tanto, exige una fuerte dedicación, difícilmente compatible con otras enseñanzas profesionalizadoras, y otra vía para aquellas personas que deseen conseguir un nivel de conocimientos adecuados para practicar la Danza o la Música sin perspectivas profesionales. No obstante, esta doble vía no es obstáculo para que, a través de las Escuelas de Música y Danza, se despierte y fomente el interés y la formación adecuada encaminados al acceso a los correspondientes niveles de la enseñanza reglada.*

([http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/web/artisticas/musica/no\\_regladas/caracteristicas\\_escuelas\\_musica.html](http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/web/artisticas/musica/no_regladas/caracteristicas_escuelas_musica.html))

El Centro Insular de Enseñanzas Musicales de Lanzarote (CIEM) es uno de los pocos centros del territorio español que ofrece estos dos tipos de enseñanza, ya que cuenta con un Conservatorio de Enseñanza Elemental y una Escuela Insular de Música.

El currículo de las enseñanzas elementales de música en Canarias viene regulado en la *Resolución de la Dirección General de Formación profesional y Educación de adultos, de 28 de junio de 2011*, por la que se dictan Instrucciones sobre la implantación, con carácter experimental, de las enseñanzas elementales de música en los conservatorios elementales y profesionales de música, así como en los centros autorizados de la Comunidad Autónoma de Canarias, para el curso 2011-2012, ya que *La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación* (BOE nº 106 de 4 de mayo) en su artículo 48.1, otorga a las Administraciones educativas la competencia de regulación de las enseñanzas elementales de música.

En el capítulo I, sobre los principios metodológicos del apéndice, señala:

*En lo que a técnica se refiere, es necesario concebirla en un sentido profundo, como una verdadera «técnica de la interpretación» que rebasa el concepto de la pura mecánica de la ejecución (que, sin embargo, es parte integrante de ella), convirtiéndose en un medio y un fin en sí mismo para la interpretación. El proceso de enseñanza ha de estar presidido por la necesidad de garantizar la funcionalidad de los aprendizajes, asegurando que pueden ser utilizados en las circunstancias reales en que el alumno los necesite.*

En la introducción del capítulo IV del mismo apartado, referida a los instrumentos:

*Los cuatro cursos que componen las Enseñanzas Elementales configuran una etapa de suma importancia para el desarrollo del futuro músico, ya que a lo largo de este periodo han de quedar sentadas las bases de una técnica correcta y eficaz y, lo que es aún más importante, de unos conceptos musicales que cristalicen, mediando el tiempo necesario para la maduración de todo ello, en una auténtica conciencia de intérprete.*

Los objetivos y contenidos se refieren a los cuatro instrumentos de cuerda frotada, violín, viola, violoncello y contrabajo, y son los siguientes:

#### *Objetivos*

*Las Enseñanzas Elementales de los instrumentos de cuerda frotada tendrán como objetivo contribuir a desarrollar en el alumnado las capacidades siguientes:*

- a) Obtener un óptimo grado de aproximación natural entre el desarrollo físico del alumnado y su relación con el instrumento, de forma que éste se convierta en prolongación natural de las extremidades superiores.*
- b) Adoptar una posición corporal que permita la correcta colocación del instrumento y que favorezca el manejo del arco y una flexible actividad de la mano izquierda, así como la coordinación e independencia entre ambos.*
- c) Conocer las características y posibilidades sonoras del instrumento y saber utilizarlas, dentro de las exigencias del nivel, tanto en la interpretación individual como de conjunto.*
- d) Demostrar la adecuada sensibilidad auditiva que permita el control permanente de la afinación y el perfeccionamiento continuo de la calidad sonora.*
- e) Relacionar los conocimientos adquiridos de lectura y escritura musicales con la práctica del instrumento en la resolución de las dificultades técnicas propias de los objetivos y contenidos del nivel.*
- f) Interpretar en público un repertorio básico integrado por obras de diferentes épocas y estilos, de una dificultad acorde con este nivel.*

*g) Aprender a improvisar en el instrumento de una manera libre e intuitiva, tomando como base los elementos musicales adquiridos en cada momento de su aprendizaje.*

*h) Fomentar la audición musical*

### *Contenidos*

- *Desarrollo del hábito postural correcto como requisito indispensable del futuro músico.*
- *Desarrollo de la sensibilidad auditiva como premisa indispensable para la obtención de una buena calidad de sonido.*
- *Producción del sonido: cuerdas al aire, con empleo de todo el arco y distintas longitudes de éste.*
- *Posición del instrumento y del arco: control muscular.*
- *Conocimiento de los golpes de arco básicos y del vibrato.*
- *Estudio de las diferentes posiciones.*
- *Desarrollo del movimiento apropiado y de la articulación y flexibilidad de la mano.*
- *Entrenamiento permanente y progresivo de la memoria.*
- *Adquisición de hábitos de estudio correctos y eficaces.*
- *Lectura a vista de obras o fragmentos sencillos.*
- *Práctica de la improvisación.*
- *Iniciación a la comprensión de las estructuras musicales en sus distintos niveles -motivos, temas, periodos, frases, secciones, etc.- para llegar a través de ello a una interpretación consciente y no meramente intuitiva.*
- *Selección progresiva en cuanto al grado de dificultad de ejercicios, estudios y obras del repertorio que se consideren útiles para el desarrollo conjunto de la capacidad musical y técnica del alumno.*
- *Práctica progresiva de conjunto.*

Las Escuelas de Música y Danza de Canarias están reguladas por el *Decreto 179/1994, de 29 de julio, de regulación de Escuelas de Música y Danza del Gobierno de Canarias*. En él se recogen como principios fundamentales:

- a) La flexibilidad en los contenidos de los proyectos educativos de los centros.*
- b) La calidad de la enseñanza para que cumpla adecuadamente los objetivos esenciales que tiene encomendados.*

En referencia a los contenidos de las especialidades, en el punto 5 del Artículo 8, expone:

*Las Escuelas de Música y/o Danza gozarán de autonomía para establecer las programaciones de las enseñanzas que impartan, teniendo en cuenta que se ha de respetar el mismo grado de contenidos y conocimientos entre las distintas especialidades de los mismos niveles. Igualmente, los alumnos seleccionados para cursar estudios conducentes a posibilitar su acceso a centros reglados deberán tener, en los*

*contenidos de sus programaciones, niveles similares a los de dichos centros.*

Por último, en la primera disposición final indica que

*Hasta tanto sean objeto de regulación por la Comunidad Autónoma las orientaciones metodológicas referidas a los ámbitos de la enseñanza de las Escuelas de Música y Danza, serán de aplicación supletoria las contenidas en el anexo de la Orden del Ministerio de Educación y Ciencia de 30 de Julio de 1992, por la que se regulan las condiciones de creación y funcionamiento de las Escuelas de Música y Danza.*

El anexo de la *Orden del Ministerio de Educación y Ciencia de 30 de Julio de 1992* hace referencia a las orientaciones metodológicas sobre los ámbitos de enseñanza de las Escuelas de Música. El punto 2 está dedicado a la práctica instrumental y dice lo siguiente:

*De acuerdo con los objetivos generales de las Escuelas de Música, la enseñanza de un instrumento, en primer lugar, deberá motivar y desarrollar la afición por la música como fenómeno artístico y medio de comunicación personal, y en segundo lugar deberá de ocuparse de los procesos que permitan el estímulo y desarrollo conjunto de las destrezas técnicas y de las capacidades expresivas necesarias para el cultivo de la práctica interpretativa individual y en grupo.*

Después de haber desarrollado en este apartado la normativa que rige las enseñanzas musicales en Canarias, quedan patente varios aspectos que podríamos denominar básicos y esenciales en la enseñanza de la técnica del arco en los instrumentos de cuerda. Todos ellos tienen, en mayor o menor medida, una relación directa con la justificación de este estudio. Haciendo un recorrido desde lo general a lo concreto, estos aspectos son:

- El proceso de enseñanza debe garantizar la funcionalidad de los aprendizajes
- Es necesario establecer las bases de una técnica correcta y eficaz
- La naturalidad a nivel físico es necesaria en el acercamiento al instrumento
- La posición corporal debe favorecer el manejo del arco
- En la colocación del arco (agarre) es necesario el control muscular
- Se necesita desarrollar el movimiento apropiado y la articulación y flexibilidad de la mano

### **2.3.2. La técnica del arco en la programación de los Conservatorios Elementales de referencia**

Debido a que la isla de Lanzarote no cuenta con ningún centro donde se impartan las enseñanzas profesionales, las referencias para la elaboración de la programación didáctica de violoncello para la enseñanza elemental se toman de los centros más cercanos, que son en este caso el Conservatorio Profesional de Música de Las Palmas de Gran Canaria y el Conservatorio Profesional de Música de Sta. Cruz de Tenerife.

Hacemos referencia únicamente a las indicaciones para el primer curso del Grado Elemental, ya que es donde deben establecerse las bases del aprendizaje de la técnica del arco en el violoncello.

En la programación didáctica de violoncello del C.P. de Las Palmas de G.C. del primer curso del Grado Elemental podemos encontrar dentro de sus objetivos generales lo siguiente:

*Adoptar una correcta posición corporal en consonancia con la configuración del instrumento.*

*Adquirir una técnica básica que permita interpretar correctamente en público un repertorio integrado por obras o piezas de diferentes estilos (...)*

En los contenidos generales:

*Práctica de ejercicios de relajación y control muscular de manera que permitan adoptar una postura adecuada del cuerpo, una correcta colocación del instrumento y la coordinación entre ambas manos.*

*Los golpes de arco básicos (...)*

El criterio general de evaluación número tres dice:

*Dominar los procesos técnicos básicos adecuados a su nivel con el instrumento de manera que permitan exponer con libertad creativa el discurso musical. Mediante este criterio se valorará el desarrollo de implantación de los procesos técnicos que permitan un normal desenvolvimiento del alumno o alumna en el entorno creativo.*

También en los criterios generales de evaluación, concretamente en el número seis, se recoge lo siguiente:

*Adoptar una posición, movimientos, actitud corporal e integración con el instrumento correcto y adecuados. A través de este criterio se*

*valorará la interacción con el instrumento, la capacidad de adaptación al mismo y a los movimientos necesarios para expresar la música a través de él con libertad y fluidez.*

Las alusiones a la técnica básica del arco en los elementos específicos de esta programación son varias.

Dentro de los objetivos encontramos:

- 2. Adoptar una correcta posición del cuerpo y del instrumento.*
- 3. Adoptar una correcta posición de los brazos durante la ejecución.*
- 5. Sujetar y pasar el arco correctamente por las cuatro cuerdas.*
- 6. Coordinar ambos brazos durante la ejecución.*

En los contenidos conceptuales:

- 2. La correcta posición del cuerpo y su relación con el violoncello.*
- 3. La correcta posición de los brazos y su relación con la primera posición.*
- 4. La correcta sujeción del arco y su utilización en las distintas cuerdas.*

En los procedimentales:

- 2. Utilización natural y fluida del cuerpo en la ejecución.*
- 4. Domino del arco en las distintas cuerdas.*

Y por último, en los criterios de evaluación:

- 2. Adoptar una correcta posición del cuerpo y del instrumento.*
- 3. Adoptar una correcta posición de los brazos durante la ejecución.*
- 5. Sujetar y pasar el arco correctamente por las cuatro cuerdas.*

En la programación didáctica de violoncello del C.P. de Sta. Cruz de Tenerife para el primer curso del grado elemental se recoge lo siguiente:

En sus objetivos generales:

*Adquirir una formación técnica instrumental adecuada que permita la comprensión y la interpretación correctas de un repertorio básico así como la posibilidad de acceder a niveles más avanzados de las enseñanzas musicales.*

En sus objetivos específicos:

*Establecer un equilibrio corporal que permita la correcta colocación del instrumento y que favorezca el manejo del arco y la actividad de la mano*

*izquierda, así como la coordinación entre ambos, teniendo en cuenta la fisiología particular de cada alumno.*

En el apartado de contenidos conceptuales:

*Conocimiento de la correcta posición del instrumento y del arco.  
Conocimiento de las arcadas básicas (detaché, martellé) y pizzicato*

En el apartado de contenidos procedimentales:

*Principales ejercicios de calentamiento y estiramiento que favorecen el correcto equilibrio del cuerpo. Ejercicios sin instrumento para el control muscular y la relajación corporal. Posición correcta del instrumento y del arco. Ejercicios con el instrumento.*

*El paso del arco paralelo al puente partiendo del centro del arco, y extendiendo progresivamente hasta utilizar toda su longitud.*

*Dominio de las cuerdas al aire, las distintas longitudes del arco, los cambios de arco y los cambios de cuerdas dentro de un nivel básico.*

*Práctica, en cuerdas al aire, escalas, en obras o ejercicios técnicos, de los diferentes golpes de arco (detaché, martellé).*

En el apartado de contenidos actitudinales:

*Valoración de una posición corporal relajada como medio para poder expresarse y comunicarse satisfactoriamente así como fuente de salud y prevención de problemas óseos o musculares.*

Las referencias para la elaboración de la programación didáctica de la Escuela Insular de Lanzarote son también estas dos programaciones, ya que como citamos anteriormente, el *Decreto 179/1994, de 29 de julio, de Regulación de Escuelas de Música y Danza del Gobierno de Canarias* establece que:

*Las Escuelas de Música y/o Danza gozarán de autonomía para establecer las programaciones de las enseñanzas que impartan (...) y (...) los alumnos seleccionados para cursar estudios conducentes a posibilitar su acceso a centros reglados deberán tener, en los contenidos de sus programaciones, niveles similares a los de dichos centros.*

Las programaciones didácticas de referencia, expuestas anteriormente, reflejan el nivel de concreción del currículo y son, por tanto, específicas del instrumento. Plantean aspectos generales pero también más concretos de la técnica del arco en el violoncello. Podemos destacar los siguientes:

- La realización de ejercicios de relajación y control muscular
- El dominio de los procesos técnicos

- La actitud corporal correcta y adecuada para favorecer la integración con el instrumento
- La realización de movimientos que favorezcan la expresión fluida
- La correcta posición de ambos brazos
- El dominio en la sujeción y el paso correcto del arco por cada una de las cuatro cuerdas

Queremos destacar que en la programación de Sta. Cruz de Tenerife, en los contenidos procedimentales, incluyen la realización de ejercicios sin el instrumento para el control muscular y la relajación corporal. También hacen alusión al paso del arco paralelo al puente. Este último aspecto será tratado de manera específica en el siguiente epígrafe.

### **2.3.3. La iniciación a la técnica del arco en los métodos de enseñanza de violoncello**

#### **2.3.3.1. La colocación de la mano en el arco (el agarre)**

*La forma de sostener el arco es, en la técnica del violoncello, el primer elemento de interés. Antes de comenzar con cualquier otro ejercicio aprendemos a colocar los dedos de la mano derecha en la vara del arco de la manera que, por la experiencia, considere nuestro maestro, para que sea "natural" y "simple" (Alexanian, 2003).*

##### **2.3.3.1.1. Evolución histórica**

El arco se sujetaba de varias formas en el s. XVIII. Antonio Vandini (1700-73) y J. G. Schetky (1737-1824) lo hacían con la palma hacia arriba derivado de la técnica de la viola. Quant hace referencia a esta forma de tocar como frecuente en Alemania a mitad del siglo XVIII. Pero la forma más común de sujetar el arco, por aquel entonces convexo y más ligero, era con la palma hacia abajo sobre la nuez y con el pulgar situado debajo de la vara.

Correte (1741), que habla en su método sobre cómo los violoncellistas italianos sujetaban el arco de esta manera, propone dos formas para coger el arco, una como la descrita anteriormente, pero con el pulgar debajo de las cerdas y otra con el pulgar debajo de la nuez.

La construcción por parte de Tourte de arcos cóncavos afectó a la técnica de la mano derecha y a la producción del sonido. Duport (1749-1819) defendía coger el arco con el pulgar recto sobre la vara debajo de la nuez, entre el segundo y el tercer dedo, con el meñique balanceando el movimiento de la mano con el arco. También recomendó situar el segundo

dedo sobre las cerdas y sugirió que la movilidad de los dedos de la mano derecha sobre la vara era necesaria para facilitar la expresividad del arco. Esta forma de sujeción del arco con la palma hacia abajo está documentada en Francia, Inglaterra y España hasta finales del s. XIX. (Imagen 9).

En Francia en los s. XVIII y XIX se utilizaban con frecuencia golpes de arco variados. Variar la técnica de sujeción permitió desarrollar aquellos golpes de arco más ligeros y virtuosísticos sobre la cuerda, tales como el staccato y el portato.

En Alemania, Romberg (1767-1841) y sus alumnos, incluido Fiedrich Dotzauer (1783-1860), cogían el arco con la mano hacia abajo al talón, facilitando el movimiento de palanca y dándole más fuerza al movimiento. Es posible que esta manera de coger el arco se desarrollase cuando las varas cóncavas se empezaron a utilizar en Mannheim en el tercer cuarto del s. XVIII, aunque esta manera de tocar no fue adoptada en toda Alemania y estaba influenciada por la escuela francesa de violín de Viotti, a quien Romberg admiraba. Romberg recomendaba sujetar el arco firmemente con todos los dedos rectos, en una posición de tensión que debía mantenerse constante al tocar, con independencia de estar haciendo arco arriba o arco abajo. (Imagen 10).

La influencia de la escuela de Dresden, originada por Dotzauer en el siglo XIX, se puede ver en la técnica del cello alemana y rusa del siglo XIX y también durante todo el siglo XX; la sujeción del arco sobre la nuez es la práctica habitual de la mayoría de los violoncellistas modernos (Sadie & Tyrrell, 2001). (Imagen 11).



Imagen 9. Jean-Louis Duport.(Retrato atribuido a Madame Vigée-Lebrun. Colección Dimitry Markevitch). Fuente: Walden, 1998.

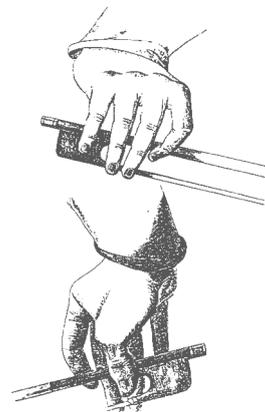


Imagen 10. Romberg. Sujeción del arco. Fuente: Walden, 1998.

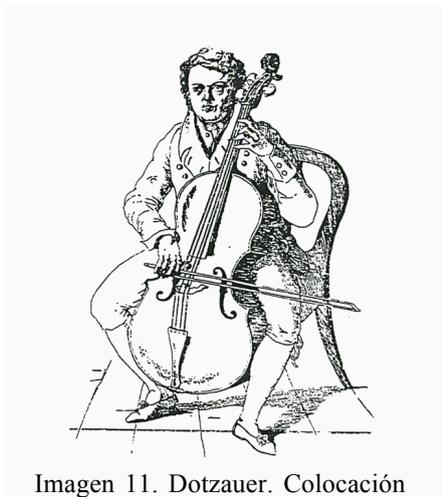


Imagen 11. Dotzauer. Colocación del instrumento y del arco.  
Fuente: Walden, 1998.

### 2.3.3.1.2 *El agarre del arco en los métodos de enseñanza del s. XX*

La literatura de métodos didácticos de violoncello editados durante el siglo pasado es muy amplia. Hemos realizado una selección atendiendo a la importancia de los autores dentro de la pedagogía del violoncello; a su lugar de origen o país de formación y así como a la fecha de publicación.

- *Traité théorique et pratique du Violoncelle*, con prefacio de Pablo Casals, de Diran Alexanian (Armenia, 1881-Francia, 1954), fue publicado en 1922. Contiene un capítulo sobre “la manera de coger el arco” de forma muy detallada a través de texto e imágenes.

Según Alexanian para preparar la mano para recibir el arco se deben extender los dedos índice (1º), corazón (2º), anular (3º) y meñique (4º) y presionarlos juntos, luego colocar el pulgar sobre el 2º dedo y cerrar ligeramente la mano hasta que la extremidad del pulgar alcance la articulación de la primera falange del 2º dedo. Sin separar los dedos, éstos deben ir hacia el interior formando un hueco dentro de la mano.

Para colocar los dedos en su lugar correspondiente, el arco debe ser sujetado con la mano izquierda, perpendicular al ejecutante con la punta alejada de él y la vara a la derecha de las crines. La cara interna de las articulaciones de las cuatro primeras falanges de la mano derecha, todas en línea, deben colocarse debajo de la vara de tal manera que sólo las dos primeras queden fuera de la nuez. Por último la extremidad del pulgar se coloca de forma

natural en el plano biselado de la vara que se encuentra en la continuación del ribete metálico de la nuez.

El arco debe mantenerse con igual firmeza con el pulgar y los dedos 1° y 4°. Su estabilidad estará suficientemente asegurada, los dedos 2° y 3° solo necesitan tocar ligeramente la vara, permaneciendo alineados. (Imagen 12).

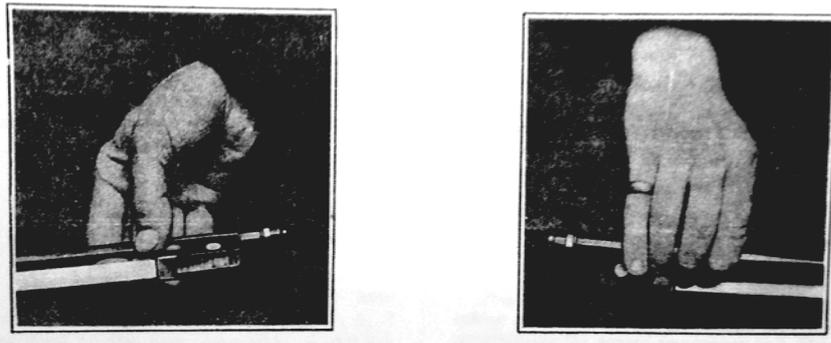


Imagen 12. Ilustración del agarre del arco según Alexanian. Fuente: Alexanian, 1922.

- *Das Violoncellspiel. The Art of Playing the Violoncello. Helft 1*, de Joachim Stutschewsky, publicado en Alemania en 1932, presenta en su forma las mismas características que el método de Alexanian.

En el capítulo “Como coger el arco”, antes de entrar en las instrucciones específicas, dice lo siguiente:

*Todo el desarrollo de la técnica del arco depende precisamente de la manera en que el principiante maneje éste. Todo lo que se pase por alto en un principio sólo se podrá hacer bien posteriormente con el gasto de una inmensa cantidad de energía.*

Las instrucciones de Stutschewsky para coger el arco son las siguientes:

*Sentarse con el instrumento, coger el arco en la mitad de la vara con la mano izquierda, con las crines mirando al exterior, extender el brazo derecho y colocar plana la mano derecha en la nuez, llevando el dedo medio al borde de la placa pequeña sin tocar las crines y el dedo índice en la vara, agrupando al mismo tiempo los otros dedos, con la excepción del pulgar. Ahora girar la vara sin quitar los dedos hasta que las crines queden hacia abajo, levantar la muñeca un poco y doblar los dedos ligeramente.*

*Entonces, y solo entonces, poner la punta de la superficie interna del pulgar suavemente contra el dedo medio, produciendo contacto con el final de la nuez y la vara. (Imagen 13).*

También señala Stutschewsky aquellos puntos a los que hay que prestar atención:

1. *Coloca el primer dedo, ligeramente doblado, y el dedo medio en la vara, sin intentar agarrarla.*
2. *Pon el pulgar, ligeramente doblado, con firmeza pero flexible en la nuez. No permitas que el pulgar se deslice hacia abajo.*
3. *La posición del dedo medio y el pulgar nunca debe variar.*
4. *El tercer dedo y el pequeño deben estar bastante flojos y nunca deben levantarse.*
5. *No apoyes el segundo, tercero y cuarto dedo demasiado firme en la vara.*

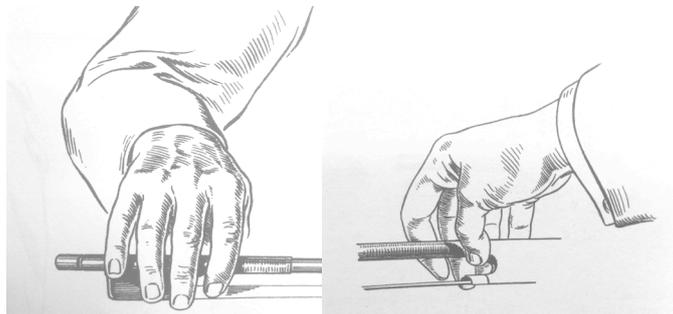


Imagen.13. Colocación de los dedos en el arco según Stutschewsky (1932)

- *Young Strings in Action. A String Method for Class or Individual Instruction. Student Book, cello. Volume I. Paul Rolland. EEUU (1971).*

Rolland explica la colocación de la mano en el arco en tres pasos:

1. *Balancea el arco en el pulgar derecho. (Imagen 14).*
2. *Coloca el primer dedo a la izquierda del centro de equilibrio, el tercer y cuarto dedo a la derecha; asegúrate de que los dedos están curvados y aferrados – nunca rígidos o tensos. (Imagen 15).*
3. *Desliza la mano derecha hacia la nuez para estabilizar el agarre.(Imagen 16).*

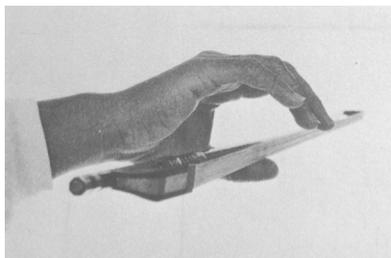


Imagen 14. Balanceo del pulgar. Fuente: Rolland, 1971.

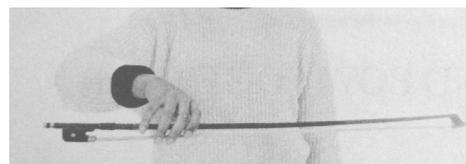


Imagen 15. Colocación de los dedos en la vara. Fuente: Rolland, 1971

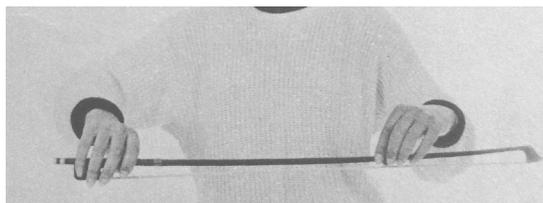


Imagen 16. Agarre del arco. Fuente: Rolland, 1971.

Rolland plantea tres ejercicios con el arco:

*“La araña”*: Con la punta del arco hacia arriba, “arrástrate” con la yema de los dedos desde la nuez hasta la punta y vuelve otra vez a la nuez (bajando y subiendo el arco en el aire).

*“Limpiarabrisas”*: Con la mano en la posición del agarre, gira el arco de izquierda a derecha. No dejes que los dedos se envuelvan alrededor de la vara. Nota la presión en el tercer y cuarto dedos.

*“Revolver la olla”*: Coge la nuez con los dedos, coloca la punta hacia arriba y la nuez hacia el suelo. Mueve el arco en círculos como si revolvieras una gran olla de sopa.

- *The Complet Cellist. Book One.* Rudof Matz. EEUU (1974).

Antes de indicar las instrucciones para la colocación de la mano en el arco, Matz presenta una serie de imágenes con la posición correcta (imagen 17) e incorrecta (imagen 18) del pulgar y la posición correcta (imagen 19) e incorrecta (imagen 20) de la mano en el arco.

En el apartado sobre el agarre del arco señala lo siguiente:

*El agarre correcto del arco puede obtenerse de la siguiente manera: palma hacia abajo, oponer el pulgar y el dedo medio hasta que se toquen. Ahora estos dedos pueden trabajar hacia dentro y hacia fuera desde la primera articulación de tal manera que sus puntas parecen la cabeza de una serpiente atacando. Con la punta del arco hacia la izquierda del estudiante, la nuez del arco se introduce entre los dedos de tal manera que quede mantenida en la pequeña curva interna, con la parte entre la uña y la carne del lado derecho del pulgar. Ahora, el tercer y cuarto dedos se colocan en la nuez, cerca del dedo medio.*

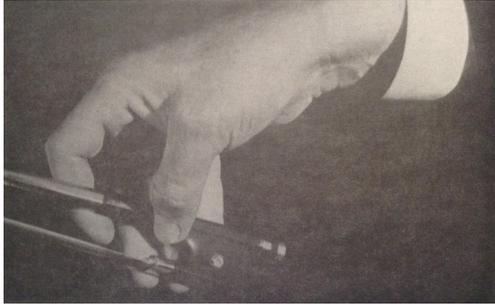


Imagen 17. Posición correcta del pulgar.  
Fuente: Matz, 1974.

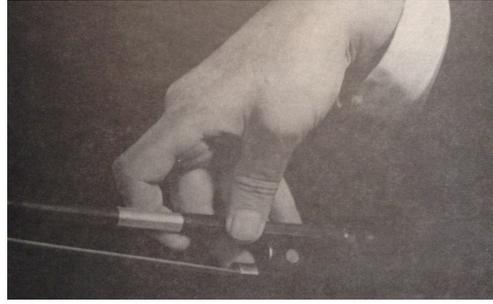


Imagen 18. Posición incorrecta del pulgar.  
Fuente: Matz, 1974.



Imagen 19. Posición correcta del agarre.  
Fuente: Matz, 1974.

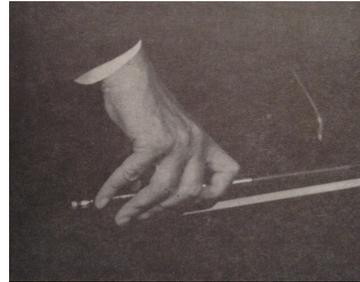


Imagen 20. Posición incorrecta del agarre.  
Fuente: Matz, 1974.

- *El violoncello. Así interpreto, así enseño.* Paul Tortelier. Barcelona (1983).  
Título original *How I Play, How I Teach.* Londres (1975).

Tortelier, al igual que Stutschewsky, inicia la colocación de la mano en el arco con el instrumento y con el arco en la cuerda.

Los epígrafes relaciones con la colocación de la mano en el arco en su capítulo “El Arco” son:

- Puntos de contacto con el arco.
- Para encontrar la posición de la mano en el arco.
- Método alternativo para hallar la posición de la mano en el arco.
- Papel del pulgar en relación con la posición de los dedos en el arco.

En este mismo capítulo incluye otros aspectos que serán tratados en el siguiente epígrafe de esta tesis.

- Posición del brazo
- Movimiento de la muñeca en el golpe arco arriba

- Posición de la mano en el arco y primer arco arriba
- Distribución del peso de la mano y uso coordinado de los dedos

Según Tortelier, los puntos de contacto con el arco son:

*Pulgar: Debe estar curvado y ser colocado de manera que la yema quede en contacto con la esquina de la nuez y la uña con la vara del arco. (Imagen 21).*

*Dedo corazón: Ha de tener la mitad de su extremo sobre el aro de metal y la otra mitad sobre las cerdas. Estírese la primera articulación de tal modo que sienta no sólo el aro metálico y las cerdas, sino también la vara del arco, que debe apoyarse, aproximadamente, en la curva de la primera articulación.*

*Dedo índice: Debe colocarse claramente vertical sobre la vara, justo por encima de la curva de la primera articulación.*

*Tercer dedo: Ha de estirarse de manera que se apoye contra la nuez y que sienta la totalidad de su forma cóncava.*

*Dedo meñique: Debe quedarse situado justo por encima del círculo de la nuez. (Imagen 22).*

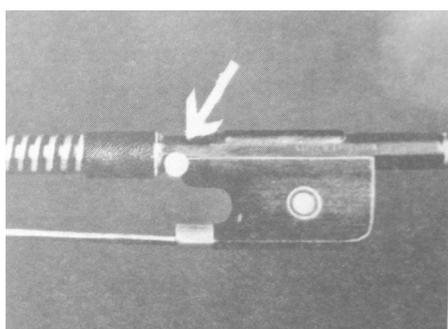


Imagen 21. Punto de contacto del pulgar. Fuente: Tortelier, 1983.

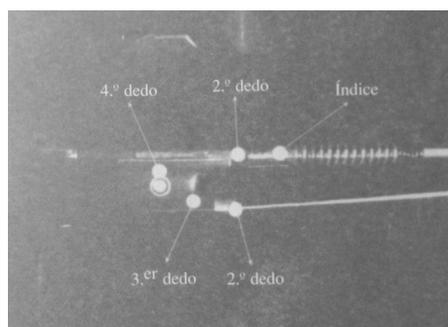


Imagen 22. Puntos de contacto de los dedos índice, corazón, medio y meñique. Fuente: Tortelier, 1983.

Los dos siguientes apartados describen cada uno un ejercicio para colocar la mano en el arco. En el primero titulado “Para encontrar la posición de la mano en el arco” hace la siguiente advertencia:

*Por lo general, se comete el error de hacer que el principiante “agarre” el arco para sostenerlo, cuando en realidad, sólo tiene que “posar” la mano sobre él con la forma adecuada.*

El ejercicio consiste en sostener el arco con la mano izquierda y colocarlo cerca del talón sobre la cuerda Re (II), con las cerdas totalmente en contacto con la cuerda; dejar el brazo derecho relajado a lo largo del cuerpo; suspender la mano derecha sobre la nuez, dejando el pulgar en el aire, y deslizarla sobre esta hasta que los dedos índice y meñique

llegan a sus puntos de contacto y luego acercar también los dedos centrales; tirar del arco hacia uno mismo curvando solo las segundas articulaciones de los dedos, enderezarlas y repetir el movimiento varias veces. Por último, colocar el pulgar en su lugar correspondiente, dejar de sujetar el arco con la mano izquierda y realizar el movimiento del brazo para un *arco abajo* (movimiento del arco de izquierda a derecha). (Imagen 23).

El siguiente ejercicio “Método alternativo para hallar la posición de la mano en el arco” consiste en juntar las manos en posición de rezo; empezar a curvar los dedos lentamente hasta encontrar la posición deseada; colocar los dedos de la mano derecha en esa posición sobre la vara mientras se sostiene el arco con la mano izquierda y por último deslizarlos 1,5 cm hacia abajo por la nuez, adhiriéndose a ella, hasta llegar a la posición correcta de la mano. (Imagen 24).



Imagen 23. Para encontrar la posición de la mano en el arco. Fuente: Tortelier, 1983.



Imagen 24. Método alternativo para encontrar la posición de la mano en el arco. Fuente: Tortelier, 1983.

- *The Art of Cello Playing*. Louis Potter, Jr. Publicado en EEUU (1980).

Potter empieza su capítulo dedicado al “Agarre y uso del arco” con la recomendación de no usar en las primeras lecciones la mano izquierda y el arco a la vez hasta que cada una de ellas se haya desarrollado individualmente y el alumno tenga un grado de control razonable de ambas manos. Por lo tanto los primeros estudios del arco se realizarán en cuerdas al aire (sin el uso de la mano izquierda).

Según Potter, para conseguir la correcta posición de la mano en el arco se sostiene el arco en el centro de la vara con la mano izquierda, de la misma manera que indican Stutschewsky y Tortelier, y se coloca el arco en el centro del espacio formado por el puente y el final del diapason. Señala Potter que los dedos estarán listos para coger el arco cuando estos estén relajados, ya que es bajo esa circunstancia cuando presentarán una curvatura

natural. Luego se levanta el antebrazo desde la articulación del codo, se deja que la mano cuelgue y se mantienen los dedos y la muñeca relajados.(Imagen 25).

En este momento se coloca el lado derecho de la yema del pulgar, curvado, contra el extremo interno de la vara y la nuez, justo donde la vara y la nuez se encuentran. Los dedos quedarán colocados de la siguiente manera:

La primera articulación del dedo índice queda curvada sobre el cuero y el hilo de plata (entorchado) del arco; el dedo meñique aproximadamente en el centro de la nuez, con la primera articulación ligeramente sobre la vara; el dedo anular va alineado con el meñique con la primera y segunda articulación contra la nuez y la vara y normalmente con la parte carnosa de la punta del dedo en el anillo de plata del arco. El dedo corazón va alineado con el dedo índice y anular, con su primera y segunda articulación también contra la nuez y la vara y por lo general con la parte carnosa de la punta contra de las cerdas, justo donde estas se unen al montaje de plata de la nuez. (Imagen 26).

Potter da algunos detalles de la forma que cada dedo debe tener en esta posición de agarre:

Todos los dedos deben estar ligeramente separados y redondeados hacia fuera sin rigidez. El dedo índice ligeramente más curvado que el resto y el pulgar también arqueado, ligeramente hacia fuera, pero no doblado hacia abajo. Esta redondez de los dedos y el pulgar es necesaria según Potter para promover un cambio de arco flexible y relajado, para asegurar la libertad y el uso de los tendones en varios golpes de arco, para el control y para la producción del sonido. (Imagen 27).



Imagen 25. Preparación al agarre. Fuente: Potter, 1980.

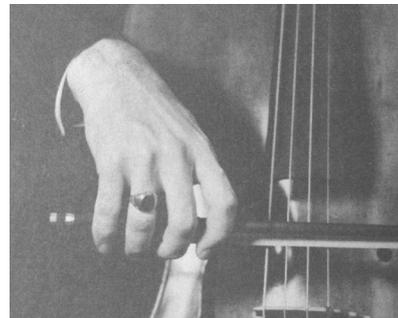


Imagen 26. Agarre sobre la cuerda. Fuente: Potter, 1980.

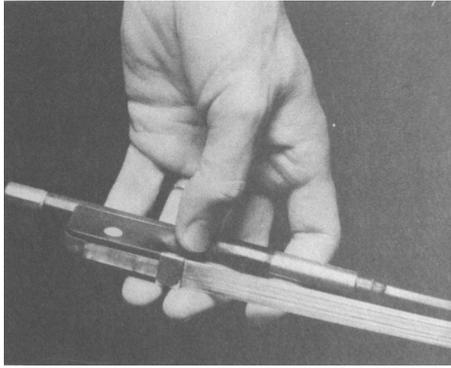


Imagen 27. Curvatura del pulgar. Fuente: Potter, 1980.

- *The Art of Playing the Cello*. Maurice Gendron, publicado en Alemania (2001).

Gendron hace una breve introducción a su capítulo titulado “Cogiendo el arco correctamente” para hablar de la importancia que tiene un buen control del arco para aprovechar todas las posibilidades que a nivel musical nos ofrece su uso.

Las instrucciones de Gendron sobre la colocación de la mano en el arco son:

*El pulgar de la mano derecha se coloca en posición opuesta a la primera articulación de los dedos medio y anular, en medio de estos dos. (Imagen 28)*

*El eje del arco descansa en el hueco formado por la articulación distal del dedo índice. (Imagen 29).*

*La punta del pulgar se coloca de forma natural al final de la nuez, ligeramente doblado. Esto evitará que el dedo se deslice entre el eje y las crines del arco.*

*El dedo meñique toca la nuez justo sobre la pieza de nácar que normalmente la adorna. El dedo anular debería descansar sobre el corchete de plata, mientras el dedo medio debería tocar el final de las crines. (Imagen 30)*



Imagen 28. Posición del pulgar sin arco. Fuente: Gendron, 2001.



Imagen 29. Posición del pulgar en el arco. Fuente: Gendron 2001.

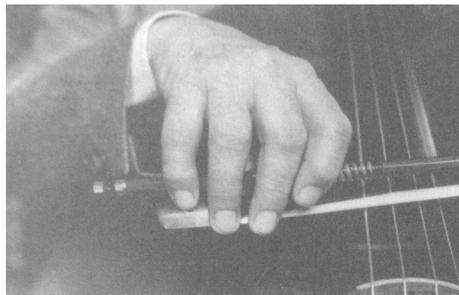


Imagen 30. Agarre del arco sobre la cuerda. Fuente: Gendron, 2001

Varias son las indicaciones que estos autores emplean para mostrar cómo debe colocarse el pulgar en el arco: *de forma relajada* (Alexanian, 1922); *con firmeza pero flexible* (Stutschewsky, 1932); sin “agarrar” el arco (Tortelier, 1975); *relajado y con una curvatura natural* (Potter, 1980); con la *punta del pulgar de forma natural* en la nuez (Gendron, 2001). Este autor va un poco más allá y relaciona, aunque de una manera indirecta, la influencia del pulgar sobre la fluidez en el accionamiento del arco al afirmar que todos los dedos, incluido el pulgar, deben mantener una posición redondeada para facilitar que el cambio de arco (de un sentido al opuesto) sea flexible y relajado y para *asegurar la libertad y el uso de los tendones* en diferentes golpes de arco.

### 2.3.3.2 El movimiento del brazo derecho

Una vez explicada la sujeción del arco, el aprendizaje del movimiento del arco sobre la cuerda es el paso siguiente en la enseñanza de la técnica de la mano derecha en el violoncello, y así lo vemos en los métodos mencionados en el anterior apartado de este trabajo.

- *Traité théorique et pratique du Violoncelle*, con prefacio de Pablo Casals, de Diran Alexanian (1922).

Alexanian, en el capítulo “Preparación para el uso del arco”, sugiere primero realizar el siguiente ejercicio sin arco, como “movimiento preparatorio del brazo derecho”:

*Dejar el brazo colgando a lo largo del cuerpo; elevar el antebrazo perpendicularmente de tal manera que quede un poco a la izquierda de la línea del codo. (El interior del antebrazo debe estar por debajo de la parte exterior; el codo debe permanecer en esta posición). Ahora la muñeca tiene que trazar una línea imaginaria en ángulo recto con el eje del violoncello, de la izquierda a la derecha del ejecutante. (Imagen 31). El movimiento del brazo consiste en seguir con la muñeca esta línea*

*imaginaria hasta que el brazo se aleje de forma gradual del cuerpo, quedando totalmente extendido. Es necesario entonces repetir el movimiento en sentido inverso.*

*El codo no debe estar en ningún momento más alto que cuando el brazo está extendido.*

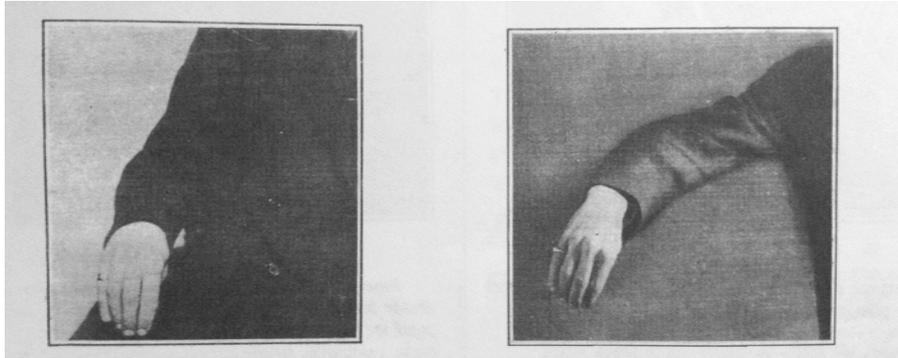


Imagen 31. Posición del brazo en cada extremo del arco. Fuente: Alexanian, 1922.

Alexanian plantea después un “movimiento combinado de la mano y el brazo” de la siguiente manera:

*Con el brazo en la posición del punto de partida y la curva de la muñeca determinada por el peso de la mano, alinear el final de los dedos 1°, 2°, 3°, y 4° trazando una segunda línea imaginaria paralela a la primera. (Imagen 32).*

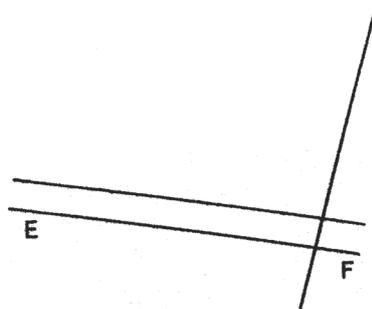


Imagen 32. Línea imaginaria de los dedos (EF) paralela a la de la muñeca. Fuente: Alexanian, 1922.

La posición de la mano en cada extremo quedan ilustradas en estas imágenes. (Imagen 33).

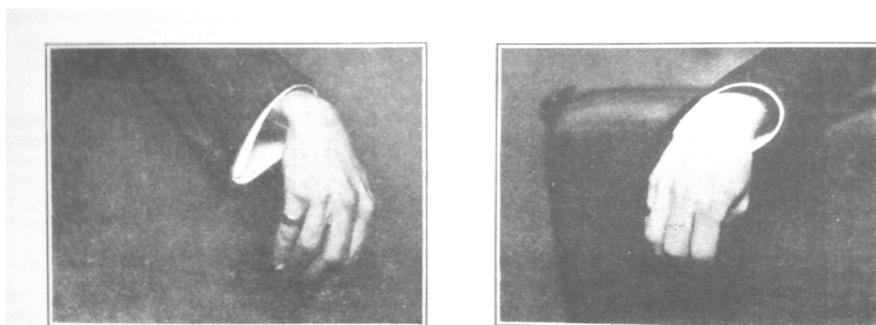


Imagen 33. Posición de la mano derecha en el talón (izda.) y en la punta (dcha.). Fuente: Alexanian, 1922.

- *Das Violoncellspiel. The Art of Playing the Violoncello. Helft 1*, de Joachim Stutschewsky, Alemania (1932).

Para Stutschewsky, una vez que el alumno *ha adquirido confianza en el agarre del arco*, antes de realizar un movimiento del arco completo sobre la cuerda, se le debe enseñar a colocar el arco sobre la cuerda, en el talón y en la punta del mismo. Este ejercicio se describe así::

*Con las crines del arco, apretadas ligeramente, se colocan de forma plana cerca de la nuez en la cuerda Sol o Re, en la mitad del espacio que forman el puente y el diapasón. El codo debe colgar libremente sin tocar el cuerpo, la muñeca ligeramente elevada y el pulgar ligeramente curvado.*

Manteniendo esta posición, Stutschewsky propone la intervención del profesor, actuando sobre el codo del alumno moviéndole este arriba y abajo con el fin de que se dé cuenta de la sensación muscular y convencerlo así de la necesidad y la posibilidad de relajar sus músculos. Acto seguido el profesor guiará el brazo del alumno con el arco hacia atrás y hacia delante, bien mantenido el arco en el aire o sobre la cuerda pero sin apenas rozarla, para luego poner la punta del arco sobre la cuerda.

Una vez se ha llegado a esta posición, sin levantar el arco de la cuerda y con la mano y el brazo totalmente relajados, elevar el tercer dedo y el meñique y dejar el primer dedo y el medio en su posición correcta. Presionar suavemente el primer dedo sobre la vara girando ligeramente la mano o el antebrazo hacia él para devolver el brazo, la mano y los dedos a su posición inicial en el talón.

El siguiente paso que trata este método es el “manejo del arco”, es decir, el acto de pasar el arco sobre la cuerda. Según Stutschewsky, para producir un sonido uniforme e

intenso a lo largo de todo el arco, el brazo y la mano deben regular la presión que ejerce el arco sobre la cuerda de manera natural, de tal manera que para aumentar la presión cuando el arco va de la nuez a la punta, hay que aumentar el giro del brazo hacia adentro (pronación) con la ayuda del primer dedo y ejerciendo una presión apropiada del pulgar, y para disminuir la presión cuando el arco va desde la punta al talón, hay que aumentar el giro hacia afuera del brazo (supinación) con la ayuda del dedo meñique y del dedo índice, manteniendo el pulgar relajado. (Imagen 34).

Sobre el aspecto de la pronación y supinación puntualiza que este movimiento es muy leve y que en el arco arriba (movimiento del arco de izquierda a derecha) el movimiento comienza a partir del punto de equilibrio del arco y en el arco abajo aproximadamente del centro del arco en adelante.

Refiriéndose a los principiantes subraya que estos deben aprender a darse cuenta de su sensación muscular para que sean capaces de conocer en cualquier momento en qué condición de relajación y tensión se encuentran, siendo necesario para ello tener una concepción intelectual de dicho movimiento.

El capítulo termina con la enumeración de distintos puntos que deben tenerse en cuenta durante el aprendizaje del manejo del arco. Señalamos a continuación aquellos que están relacionados con el pulgar y la articulación de la muñeca:

*La muñeca, ligeramente baja en la punta, debe levantarse poco a poco hasta que alcanza la posición necesaria en la nuez.*

*El pulgar, en lo que se refiera a la presión, actúa como soporte y ayuda.*

*Una presión excesiva pone una excesiva tensión en el músculo y por tanto ejerce una mala influencia en la producción y la pureza del sonido.*

*La muñeca, bajando gradualmente, reanuda su posición en la punta.*

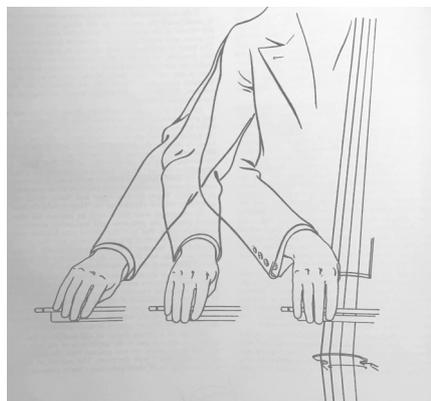


Imagen 34. Posiciones del brazo en el talón, centro y punta del arco. Fuente: Stutschewsky, 1932.

- En el método *Young Strings in Action. A String Method for Class or Individual Instruction* Paul Rolland. EEUU (1971), de la misma manera que en las obras anteriormente citadas, el paso del arco es el aspecto a tratar después de haber dado las instrucciones sobre el aprendizaje del agarre.

Ronald propone que antes de colocar el arco en la cuerda se realicen los siguientes ejercicios:

*Introducir el arco en un tubo hueco de cartón mientras éste se sostiene con la mano izquierda y mover de izquierda a derecha y viceversa trazando un movimiento paralelo al cuerpo.*

El siguiente ejercicio se realiza con el violoncello colocado correctamente y consiste en:

*Sostener el arco por la punta con la mano izquierda; colocar la mano derecha sobre la nuez y, sin mover el arco, deslizar la mano derecha hacia atrás y hacia delante por toda la longitud de la vara. (Imagen 35).*

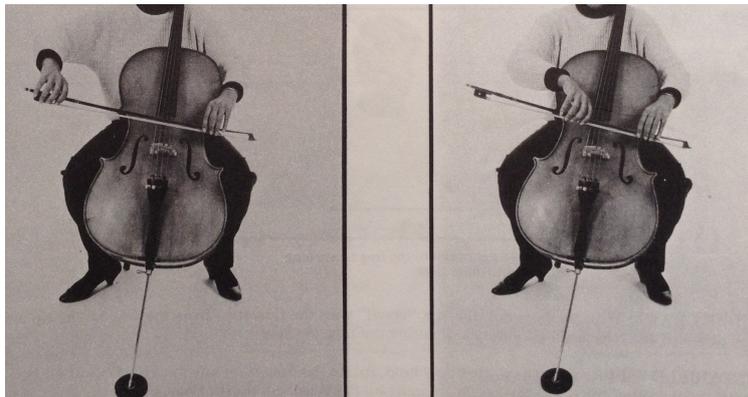


Imagen 35. Ejercicio para el movimiento del brazo derecho. Fuente: Rolland, 1971.

- En *The Complet Cellist. Book One* de Rudolf Matz. EEUU (1974), R. Matz enlaza directamente el agarre del arco con el paso del arco sobre la cuerda. Según Matz, para ello se debe girar la mano alrededor de la muñeca de manera que la punta del arco realice un semicírculo de la izquierda a la derecha del estudiante. Para asegurar el arco el primer dedo se coloca en el talón “ligeramente separado” y sutilmente arqueado. Entonces la mano se gira de nuevo hasta su posición original hacia abajo, la muñeca se eleva un poco,

el antebrazo se gira a la izquierda y el peso del arco se aplica sobre la cuerda. (Imágenes 36 y 37).



Imagen 36. Posición del brazo en el talón. Fuente: Matz, 1934.



Imagen 37. Posición del brazo en la punta. Fuente: Matz, 1934.

- *El violoncello. Así interpreto, así enseño.* Paul Tortelier. Barcelona (1983). Título original *How I Play, How I Teach.* Londres (1975).

El primer epígrafe sobre el movimiento del brazo derecho en el paso del arco que aparece en la obra de Tortelier tiene por título “Movimiento de la muñeca en el golpe arco arriba”. En él se incluye un ejercicio que consiste en dibujar un pequeño círculo en la articulación de la muñeca derecha; colocar dicha mano en una superficie plana; colocar el dedo índice de la mano izquierda a 2,5 cms del círculo y desplazar la muñeca hasta que la punta del dedo y el círculo se encuentren. Según Tortelier, este es el movimiento que se realiza para comenzar un golpe “arco arriba” (movimiento del arco de izquierda a derecha del ejecutante).

El siguiente apartado, “Posición de la mano en el arco y primer golpe arco arriba”, parte del arco sobre la cuerda en el centro de este y sujetado con la mano izquierda. Una vez en esta posición, realizar el ejercicio de movimiento de la muñeca descrito anteriormente, con lo cual tendremos la ejecución del arco arriba.

Tortelier termina esta apartado con la siguiente observación:

*La ejecución de este golpe arco arriba es iniciada por la muñeca, no por la mano, mientras que la de golpes arco arriba cortos es iniciada por la mano.*

El apartado “Tocando con el arco” en *The Art of Cello Playing.* Louis Potter, Jr. EEUU (1980) comienza subrayando la necesidad de que el arco forme un ángulo recto con la cuerda, es decir paralelo al puente, para obtener un buen sonido, claro y de calidad. También

recomienda que el principiante coloque el arco en el punto medio entre el puente y el diapasón, así como realizar arcadas cortas empezando en el punto de equilibrio del arco.

Según Potter, para mantener el alineamiento del arco durante el golpe de arco, paralelo al puente en el arco abajo, el brazo debe ir enderezándose y la muñeca debe ir bajando, sin llegar a formar una “cueva” en la zona de la punta del arco. En el arco arriba el movimiento del brazo y de la muñeca es el contrario.

También encontramos una referencia sobre la importancia de mantener brazo, muñeca y mano relajados y flexibles para conseguir consistencia y uniformidad en el sonido.

- Por último, en *The Art of Playing the Cello*. Maurice Gendron, Alemania (2001), expone en su apartado titulado “Sonoridad” los siguientes principios generales sobre el paso del arco sobre la cuerda:

*El arco debe dibujar un ángulo recto con la cuerda.*

*El punto de contacto ideal para producir el sonido es normalmente el centro entre el puente y el final del diapasón.*

*El peso del arco y la presión del dedo índice en el eje del arco controlan la intensidad del sonido.*

*El pulgar actúa como soporte y el dedo índice asegura que se mantenga el ángulo recto entre el arco y la cuerda.*

*Para mantener el sonido en el movimiento hacia la punta se debe incrementar la presión con el fin de evitar un diminuendo involuntario.*

La posición de la mano y la muñeca en el talón y la punta del arco están ilustradas en las siguientes imágenes: (Imágenes 38 y 39).

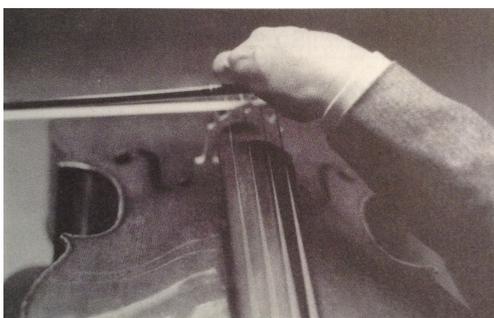


Imagen 38. Posición en el talón. Fuente: Gendron, 2011.



Imagen 39. Posición en la punta del arco. Fuente: Gendron, 2011.

La necesidad de la flexibilidad de la muñeca durante el accionamiento del arco queda patente en estos métodos. En este sentido, autores como Alexanian (1922), Rolland (1971),

Potter (1980) y Gendron (2001) dejan muy claro que la trayectoria del arco debe formar un ángulo recto con la cuerda. Alexanian matiza este aspecto señalando que es la muñeca la que debe trazar esa línea paralela al puente. También Tortelier (1975) apoya el uso de esta articulación en el accionamiento del arco cuando afirma que el movimiento para iniciar el arco arriba debe ser iniciado por la muñeca. Matz (1974) habla de elevar la muñeca cuando vamos hacia el talón y Potter (1980) de bajar la muñeca cuando vamos hacia la punta, con el brazo, la muñeca y la mano flexibles y relajados. Stutschewsky (1932), además de indicar que la muñeca en el talón debe estar ligeramente elevada, advierte de las consecuencias que conlleva ejercer una excesiva presión del pulgar durante el accionamiento del arco, provocando un exceso de tensión en el músculo que influye negativamente en la calidad y la pureza del sonido producido.

## **2.4. ANTECEDENTES LITERARIOS**

Siguiendo la misma pauta que hemos utilizado hasta ahora en este trabajo, desglosaremos este apartado partiendo del gesto natural como principio general y básico de la pedagogía instrumental, pasando por los diferentes niveles de concreción hasta llegar a los estudios relacionados con nuestro trabajo.

### **2.4.1. La movilidad económica y el gesto natural**

*“Haz solo lo que es necesario”.* (Pablo Casals)

Koehler (1994) en su tesis *The effect of electromyographic feedback on achievement in bowing technique* (p.13), al hablar sobre los problemas de la técnica del arco, señala la complejidad del proceso de la interpretación, porque este implica un aprendizaje cognitivo y motor a la vez además de los aspectos estilísticos e interpretativos de hacer música.

La labor docente consiste por tanto en trabajar estos dos campos donde el cuerpo cumple una función primordial. De su funcionamiento a nivel técnico (destreza motora) y sensitiva (capacidad musical) dependerá el resultado musical que se obtenga.

El objetivo fundamental en la enseñanza de un instrumento es dotar al alumno de todas las herramientas que le permitan el uso de este como medio transmisor del lenguaje sonoro. Según Kovács & Pástor (2010) en su libro *“Ejercicios preparatorios para instrumentistas (Método Kovács)”* las facultades básicas necesarias para aprender a tocar un

instrumento pueden dividirse en dos grupos principales: la capacidad musical o intelectual y la destreza física.

Kovács & Pástor (2010) en referencia a la base biológica de la economía de movimiento en la música, afirman que el causante de los problemas musculares suele ser el sobreesfuerzo, así como que ese exceso de energía al tocar perjudica, tanto a la música como al músico, con el peligro de que aparezcan lesiones. Hoppenot (1991) habla de la economía de medios y de la liberación del funcionamiento natural en el aprendizaje del gesto sin la imposición externa de un movimiento o actitud. Al igual que Hemsy de Gainza & Kesselman (2003), que afirman la existencia de un consenso sobre la necesidad que todo músico tiene de sentir y usar su cuerpo con destreza y sensibilidad y además con funcionalidad y economía de esfuerzo. Para Polnauer y Marks (1964) el movimiento más económico (eficiente) es el que utiliza un mínimo de fuerza muscular en relación con la producción del trabajo requerido. Klein-Vogelbach, Lahme & Spirgi-Gantert (2010) en su obra *Interpretación musical y postura corporal* también señalan la movilidad económica como objetivo de todo instrumentista con el fin de evitar futuras lesiones.

El exceso de tensión es uno de los aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje que mayor riesgo conlleva, ya que sus consecuencias negativas se manifiestan en todos los planos implicados en el hecho musical, desde lo puramente físico (lesiones) a lo técnico (error) y artístico (calidad musical) es por ello que existe la necesidad de trabajar en su corrección desde que se inicia el contacto con el instrumento.

Roset y Llobet & Odem (2010), así lo señalan:

*Al iniciar el proceso de aprendizaje, debes esforzarte en reducir esas tensiones innecesarias. Si no sucede así y sigues tocando el pasaje con excesiva tensión, el movimiento automático incorporará no sólo el movimiento deseado, sino también la tensión innecesaria.*

#### **2.4.2. La flexibilidad de la muñeca y el pulgar**

Mantel & Thiem (1995), al igual que los autores de los métodos de violoncello tratados en el capítulo dedicado a la didáctica del arco, sostiene la necesidad del movimiento de la muñeca durante el accionamiento del arco para mantener el ángulo recto con la cuerda.

*Necesitamos un mecanismo que puede cambiar el ángulo formado por el antebrazo y el arco de modo que el arco formará un ángulo recto con la*

*cuerda en cada posición del brazo. Ese mecanismo es la muñeca, que puede cambiar el ángulo lateral formado por la mano y el antebrazo. La flexión de la mano derecha en la muñeca a la izquierda, es decir, hacia el cuerpo, es la aducción; flexionando a la derecha, es decir, lejos del cuerpo, es abducción. En el caso ideal la mano tendría necesidad de abducción sólo en el talón y de aducción sólo en la punta. (p. 172). (Imagen 40).*

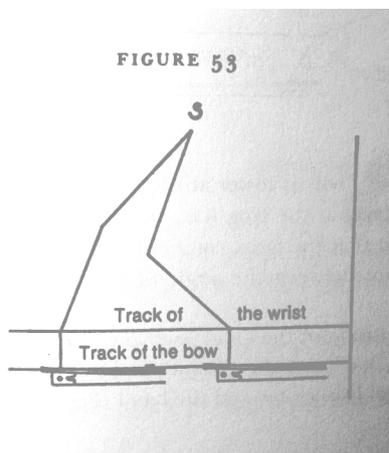


Imagen 40. Movimiento de la muñeca derecha. Fuente: Mantel, 1995, p. 13

*Una muñeca rígida tiende a su vez a endurecer otros grupos musculares del brazo (p. 28)*

Bunting (1999) señala que si el arco se desvía de su trayectoria correcta se debe al bloqueo de las articulaciones, incluida la muñeca.

*La incapacidad de mantener la línea recta en el extremo derecho del movimiento se debe a menudo a un bloqueo por compresión de las tres articulaciones fundamentales: hombro, codo y muñeca. (p. 59).*

Verrel (2012) también aboga por un mayor uso de la muñeca al afirmar que la experiencia en el manejo del arco en el cello está asociada al incremento en el uso de las articulaciones del codo y de la muñeca.

*La mayoría de los principiantes tocan con todo el brazo sin signos de flexibilidad en la muñeca. Starr (1996).*

*Para tocar cualquier pieza de música es indispensable el movimiento independiente de los dedos, la independencia de las manos, la flexibilidad grácil de las muñecas. (Kovács & Pásztor, 2010, p. 11).*

Según Klein-Vogelbach, S., Lahme, A., & Spirgi-Gantert, I. (2010), en su obra *Interpretación musical y postura corporal*, ejercer más tensión de la necesaria en el pulgar de

la mano derecha es usual en los alumnos principiantes y además esto impide una posición natural y limita los movimientos.

*La idea de tener que sujetar el arco lleva a muchos alumnos a gastar mucha energía innecesaria y a presionar demasiado el pulgar. Si ocurre esto, el pulpejo se contrae, lo cual impide sostener el arco de modo relajado y natural, produce crispaciones y reduce la movilidad de los tendones inferiores en particular. (p.156)*

También Rosset i LLobet, J., & Odem, G. (2010) en *El cuerpo del músico: manual de mantenimiento para un máximo rendimiento*, hacen referencia a este aspecto:

*(...) la presión que aplicas sobre la cuerda de un chelo para que la nota suene correctamente debe ser la adecuada. Pasado cierto punto, cualquier fuerza adicional supondrá un gasto innecesario de energía y una fuente de tensión que limitará o hará más difícil otros movimientos simultáneos y, posiblemente, afecte al sonido (p.4)*

Sella (1980) en su tesis *An application of basic structure and movement of the human body to the fundamentals of cello technique*, señala que:

*(...) la rigidez de la mano derecha puede estar causada por la aplicación inapropiada del pulgar o la transmisión inapropiada del peso del brazo para obtener la presión del arco sobre la cuerda.(p.95)*

En la obra de Etxepare (2011), *Pedagogía del violoncello*, el autor habla de como nos encontramos muchas veces con una postura de la mano derecha en el arco que parece estar “sana” pero en cambio no da señales de flexibilidad. Esto provoca que los cambios de arco sean duros. Según Etxepare, esas “malas tensiones” nacen en el contacto mano-dedos con el arco y se desarrollan hacia el brazo.

En esta misma obra nos encontramos con la propuesta de un ejercicio destinado a liberar la muñeca derecha que consiste en plegar la muñeca como si saludáramos, con la mano colocada en el arco. Etxepare sostiene que si el pulgar “aprieta” el arco no se puede “soltar” la muñeca y como consecuencia el movimiento se realizará con todo el antebrazo, algo que no nos interesa a la hora de ejecutar el movimiento del arco sobre la cuerda.

Podemos considerar una actitud corporal óptima aquella que contribuye a la destreza motora y por tanto permite una mayor eficiencia técnica. En este aspecto la literatura sobre pedagogía de la cuerda es unánime en afirmar que la búsqueda de una movilidad económica debe estar en los inicios del proceso de enseñanza-aprendizaje instrumental. Aplicando este

principio al hecho de iniciarse en el manejo del arco, y concretamente al uso que debe hacerse del pulgar en el agarre del arco y de la articulación de la muñeca en el paso del arco sobre la cuerda, podemos resumir los datos aportados por los estudios enunciados anteriormente como:

1. El movimiento de la muñeca es necesario durante el accionamiento del arco:
  - para mantener la trayectoria del arco paralela al puente
  - para un mejor manejo del arco
  - porque de no ser así puede afectar a otros músculos del brazo
  
2. La tensión inadecuada del pulgar durante el accionamiento del arco:
  - provoca un movimiento antinatural
  - limita los movimientos
  - afecta al sonido
  - provoca tensión en la mano
  - impide “soltar” la muñeca

Atendiendo a estas dos consideraciones podemos concluir que es usual que los principiantes presenten un bloqueo en la articulación de la muñeca y un exceso de tensión en el pulgar.

## **2.5. ESTUDIOS EMPÍRICOS**

En este apartado exponemos la revisión de los estudios más destacados de la bibliografía específica que hace referencia al objeto de nuestro estudio. Dicha búsqueda bibliográfica se apoya en los soportes Google Académico, Scopus y Faro, contextualizado para los términos de referencia: “violoncello”, “instrumentos de cuerda”, “arco”, “tensión muscular” y “emg”. De 500 artículos encontrados, tras filtrar por los parámetros de calidad de los documentos, la metodología empleada, el tamaño de la muestra y las conclusiones, nos quedamos con trece estudios que están descritos a continuación:

Los estudios encontrados en relación con el registro o el tratamiento de la actividad muscular son los siguientes:

**Rickert, D. L., Halaki, M., Ginn, K. A., Barrett, M. S., & Ackermann, B. J. (2013).** *The use of fine-wire EMG to investigate shoulder muscle recruitment patterns during cello bowing: The results of a pilot study.*

Usa una combinación de emg de aguja y de superficie para evaluar la carga muscular en el hombro derecho de un cellista de orquesta profesional durante una serie de ejercicios de arco.

El uso de EMG, utilizando electrodos de superficie y permanentes, puede ser una herramienta de investigación útil para comprender los patrones de la actividad muscular del hombro derecho durante el uso del arco en los instrumentos de cuerda.

**Guettler, K.** (1992). *Electromyography and Muscle Activities in Double Bass Playing. Music Perception: An Interdisciplinary Journal.*

Estudio comparativo de la actividad muscular del *teres menor, teres mayor* y bíceps del lado izquierdo entre un contrabajista que no presenta problemas en la ejecución del vibrato y otro que sí.

Utiliza electromiografía de superficie para registrar la actividad muscular y un potenciómetro en el dedo para representar el vibrato. Según los resultados las mediciones de EMG se pueden utilizar de diferentes maneras para diversos fines en el campo de la práctica instrumentales. Hasta el momento se ha utilizado principalmente en conexión con el exceso de la tensión muscular, pero también puede emplearse para analizar de forma interactiva y guiar el proceso para obtener la mejor técnica posible en el instrumento.

**LeVine, W. R., & Irvine, J. K.** (1984). *In vivo EMG biofeedback in violin and viola pedagogy.*

Utilización del *biofeedback* electromiográfico como herramienta pedagógica para reducir la tensión de la mano izquierda en nueve instrumentista de violin y viola. Actúa sobre el pulgar de la mano izquierda (*adductor pollicis*) y los resultados sugieren un efecto beneficioso del *biofeedback* electromiográfico en la eliminación de la tensión muscular no deseada que interfiere en la interpretación instrumental. En la mayoría de los casos, la mejora se produjo rápidamente, en cuatro o cinco sesiones, y persistió durante varios meses.

Se encontraron los siguientes estudios relacionados con el análisis del movimiento en violoncello, violín y viola.

**Verrel, J.** (2012). *Coordination of degrees of freedom and stabilization of task variables in a complex motor skill: expertise-related differences in cello bowing.*

Estudio comparativo del movimiento del arco y de los ángulos de las articulaciones del brazo derecho implicadas en este movimiento en 10 cellistas expertos y 10 noveles. Según los resultados obtenidos, la experiencia en el manejo del arco está asociada a un incremento en el uso de las articulaciones del codo y de la muñeca.

**Ogihara, N., & Yamazaki, N. (2001).** *Effect of Body Structure on Skill Formation in a Force Precision Task Mimicking Cello Bowing Movement.*

Estudio comparativo de 2 sujetos expertos y 2 noveles usando el análisis tridimensional del movimiento del arco y de las articulaciones del brazo en el violoncello.

Los expertos utilizan la abducción de la muñeca de manera más eficaz que los noveles en el control del arco.

**Konczak, J. (2009).** *Learning to play the violin: motor control by freezing, not freeing degrees of freedom.*

Estudio comparativo entre violinistas noveles y expertos sobre la influencia del grado de movilidad de las articulaciones proximales del brazo derecho durante el movimiento del arco en el acto de mantener el ángulo correcto (90 grados) entre el arco y la cuerda.

Este estudio concluye que la experiencia está asociada a la disminución en la variabilidad del ángulo formado entre el arco y la cuerda y esto a su vez muy asociado con una reducción del ángulo del hombro.

**Turner-Stokes, L., & Reid, K. (1999).** *Three-dimensional motion analysis of upper limb movement in the bowing arm of string-playing musicians.*

Este trabajo es un análisis tridimensional comparativo entre violín, viola y violoncello del movimiento de las articulaciones implicadas en el movimiento del arco.

El rango de los grados de la muñeca es similar en todas las cuerdas y no se encontró diferencia significativa entre instrumentos.

**Winold & Thelen, 1994.** *Coordination and control in the bow arm movements of highly skilled cellist.*

Este estudio es un análisis del movimiento del arco y la articulación del brazo en violoncellistas expertos.

De sus conclusiones destacamos que el movimiento del codo y de la muñeca es más variable en golpes de arco amplios, y es más limitado en los golpes de arco rápidos que en los lentos.

El trabajo de **Riley (2005)**, *The use of multimodal feedback in retraining of complex technical skills of piano performance*, es un estudio multimodal en el que utiliza grabador de video, análisis del movimiento y electromiografía como herramientas de *feedback* para la contribución al descubrimiento de relaciones compensatorias entre los dedos y los músculos en pianistas.

El *biofeedback* multimodal parece ayudar a los pianistas a tomar conciencia del alineamiento corporal, del movimiento y de la tensión muscular así como de los movimientos técnicos.

El siguiente estudio no tiene una relación directa con el objeto de estudio de este trabajo, pero lo hemos incluido porque contiene el siguiente gráfico donde incluye el tipo de desviación de la muñeca derecha en la ejecución del violoncello.

**Jacobs (1993)**. *The addition of a flexible wrist unit to enhance prosthetic function*.

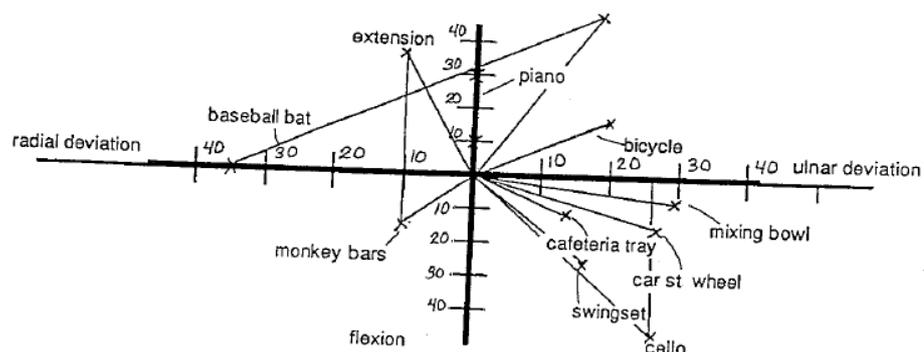


Imagen 41. Posición de la muñeca durante diversas actividades.  
Fuente: Jacobs, 1993.

Los estudios más destacados sobre pedagogía del violoncello son:

**Carpinteyro-Lara (2014)**. En su tesis *The application of the kinesthetic sense: an introduction of body awareness in cello pedagogy and performance*, plantea un enfoque kinestésico en el cello como herramienta pedagógica e interpretativa.

De las conclusiones de este estudio destacamos lo siguiente:

*Los profesores de violoncello deben tener estudiantes que entienden como trabaja el cuerpo, desde el punto de vista musculoesquelético, y que sepan qué es lo que pasa dentro y fuera de su cuerpo mientras tocan y practican violoncello. (p. 125)*

**Sella** (1980). En su tesis *An application of basic structure and movement of the fundamentals of cello technique* estudia los fundamentos físicos de la estructura muscular y del movimiento básico en la técnica del violoncello.

La comprensión de los principios de la transmisión de energía y del uso adecuado del cuerpo puede ayudar a un violonchelista a usar su cuerpo correctamente y a tocar con el mínimo esfuerzo y el mejor resultado.

Para finalizar incluimos el siguiente estudio relacionado con el análisis espectral:

**Taylor, S.** (2006) *An investigation of tone production in relation to management of bow weight and Speedy among beginning and intermediate string players: a pilot study.*

Análisis espectral durante el paso del arco en la cuerda la (II) del violín en 21 estudiantes principiantes y de nivel intermedio.

Los resultados indican que una producción del sonido pobre puede ser el resultado de la incapacidad de los jóvenes instrumentistas de cuerda para mantener el equilibrio adecuado entre el peso y la velocidad del arco.

**Tabla 1.** Antecedentes empíricos.

<b>Autores</b>	<b>Instrumento analizado</b>	<b>Objeto de estudio relacionado con este trabajo</b>	<b>Conclusiones</b>
Sella (1980)	Violoncello	Pedagogía del instrumento	Para tocar con el mínimo esfuerzo y conseguir el mejor resultados es necesario el uso adecuado del cuerpo.
LeVine (1984)	Violín y viola	Tensión muscular	El <i>biofeedback</i> electromiográfico aplicado en el pulgar izquierdo actúa de manera beneficiosa en la eliminación de la tensión no deseada de esa mano.
Guettler (1992)	Contrabajo	Tensión muscular	El EMG puede utilizarse como como guía en el proceso de la enseñanza instrumental.
Jacobs (1993)			
Winold & Thelen (1994)	Violoncello	Movimiento de la muñeca derecha	El movimiento de la muñeca es más variable durante los golpes de arco amplios y es más limitado en los golpes de arco rápido que en los lentos.
Turner-Stokes (1999)	Violín, viola y violoncello	Movimiento de la muñeca derecha	El rango de los grados de la muñeca es similar en todas las cuerdas del instrumento.
Ogihara et al. (2001)	Violoncello	Movimiento de la muñeca derecha	Los expertos utilizan la abducción de la muñeca derecha de manera más eficaz que los noveles.
Riley (2005)	Piano	Movimiento y tensión de los dedos	El <i>biofeedback</i> multimodal parece ayudar a los pianistas a tomar conciencia del movimiento y la tensión muscular.
Taylor (2006)	Violín	Producción del sonido	La incapacidad en los instrumentistas jóvenes para manter el equilibrio adecuado entre el peso y la velocidad del arco puede ser la causa de un sonido pobre.
Konczak (2009)	Violín	Relación entre el ángulo arco-cuerda con las articulaciones del brazo	Los expertos varían menos el ángulo arco-cuerda por la reducción en el ángulo del hombro derecho.
Verrel (2012)	Violoncello	Relación entre el movimiento del arco y las articulación de la muñeca	La experiencia en el manejo del arco está asociada a un incremento en el uso de las articulaciones del codo y de la muñeca
Rickert et al.(2013)	Violoncello	Actividad muscular	El EMG puede ser una herramienta de investigación útil para comprender los patrones de la actividad muscular durante el uso del arco.
Carpinteyro-Lara (2014)	Violoncello	Pedagogía del instrumento	El conocimiento a nivel musculoesquelético del cuerpo es necesario en la práctica instrumental



## CAPÍTULO III

---



### 3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

*Janos Starker, el legendario intérprete y profesor de violoncello de la Universidad de Indiana, fue preguntado durante una masterclass en la Universidad del Estado de Illinois: “¿Por qué debemos adoptar una aproximación científica en el aprendizaje de los instrumentos de cuerda?”. Su respuesta fue “para ganar tiempo” (Koehler, 1994)*

#### 3.1. HIPÓTESIS

H1. En los inicios a la técnica del arco en el violoncello, los estudiantes noveles suelen mostrar una limitación en el desplazamiento cubital de la muñeca derecha así como una excesiva tensión del pulgar en el agarre, durante el golpe de arco básico. Starr (1996), Verrel (2013), Ogihara (2001), Klein-Vogelbach et al., (2010), y Bunting, (1999).

H2. El exceso de tensión en el pulgar derecho que presentan los estudiantes noveles en el golpe de arco básico limita el desplazamiento cubital de la muñeca. (Sella,1980 y Etxepare, 2011).

H3. Para evitar o corregir la limitación en el desplazamiento cubital de la muñeca derecha en los estudiantes noveles de violoncello, durante la iniciación al golpe de arco básico, debe asegurarse el uso de un nivel de tensión muscular óptimo en el pulgar derecho en el agarre del arco. (LeVine,1984).

H4. El conocimiento fisiológico de los mecanismos músculo-esqueléticos que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el violoncello, favorecen la eficacia de su metodología. (Koehler, 1994).

### **3.2. OBJETIVOS**

El objetivo de este estudio es determinar si en el golpe de arco básico:

- Es usual que los estudiantes de violoncello noveles presenten un exceso de tensión en el pulgar derecho
- Los estudiantes noveles hacen un uso limitado del desplazamiento cubital de la muñeca derecha
- Existe una relación entre el exceso de tensión en el pulgar derecho y la limitación en el desplazamiento cubital de la muñeca

Todo ello con el fin de trazar una línea de intervención pedagógica más eficaz para aquellos estudiantes noveles que presentan un bloqueo de la articulación de la muñeca durante el accionamiento del arco.

## CAPÍTULO IV

---



## **4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

En este trabajo se ha utilizado un diseño transversal descriptivo con el que tratamos de probar las hipótesis origen de esta investigación. Nos decidimos por este tipo de estudio, debido a que nuestro objetivo principal fue investigar la actividad muscular del pulgar derecho durante el accionamiento del arco y el grado de movilidad de la articulación de la muñeca durante el mismo.

### **4.1. MUESTRA**

La muestra está compuesta por 23 sujetos voluntarios. Se dividieron en tres grupos: Grupo Control (n=8) (4 hombres y 4 mujeres) que está compuesto por sujetos sin experiencia previa en el violoncello ni en ningún otro instrumento de arco, con una media de edad de 31 años (rango 13-56). Recibieron una instrucción práctica muy básica, previa a la toma de datos, durante 15 minutos, sobre el agarre del arco y el movimiento del brazo derecho para su paso sobre la cuerda.

Grupo Experimental (n=15), alumnos de violoncello del Centro Insular de Enseñanzas Musicales de Lanzarote en el curso académico 2014-2015, 13 son mujeres y 2 hombres, con una media de edad de 24 años (rango 8-47). Este Grupo Experimental se dividió en Grupo Menos de 5, con 8 alumnos (1 hombre y 7 mujeres) que tenían una experiencia entre uno y cinco años de estudio y, Grupo Mas de 5 (n=7), con una experiencia previa de más de cinco años (1 hombre y 6 mujeres).

Ya que el estudio está basado en los estudiantes de violoncello de la isla de Lanzarote y, por tanto, las características de sexo y edad del grupo no han venido dadas, hemos intentado que el grupo de control o sujetos sin experiencia fuese lo más homogéneo posible, teniendo presente el planteamiento ecológico del diseño de la investigación y el universo de la muestra.

### **4.2. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN**

Nuestro modelo de evaluación está basado en lo siguiente: el método planteado por Forsman, Sandsjö, & Kadefors (1999) para el análisis ergonómico. Dicho método consiste en la integración de datos fisiológicos a través de EMG con los datos observacionales mediante la grabación de video; y en otro método similar, pero aplicado concretamente en pianista,

desarrollado por Riley (2005) donde utiliza la grabación de video, el análisis del movimiento y la grabación de los datos electromiográficos.

Para el estudio electromiográfico se utilizó un equipo I-330 C2 de cuatro canales (J+J Engineering), conectado por usb a un PC Acer Aspire 5610 donde se amplificaron y registraron los datos mediante el programa USE3 Physiolab con un filtro de 60hz. Un cable JJE MC5SGW para EMG con electrodos de superficie o cutáneos ECG Kendall de tipo desechable pregelado de 30mm x 24mm.

Para facilitar la unificación de los datos electromiográficos con respecto al tiempo de duración del *test* se utilizó la aplicación “metronome-touch” para iphone durante el *test*.

Para el estudio goniométrico utilizamos un Ipad mini (Apple) para el registro de video del *test* y para su posterior análisis en la aplicación de análisis del movimiento *Dartfish* (Deutsch, 2011)

Para realizar el estudio de la intensidad del sonido se extrajeron los datos de audio recogidos durante el *test* y se procesaron mediante el software Praat de análisis del sonido.

Por la sencillez del ejercicio utilizado para la realización del *test*, tanto los estudiantes de violoncello como los sujetos del grupo de control no emplearon material musical impreso o partitura durante la realización del mismo. (Apéndice 3)

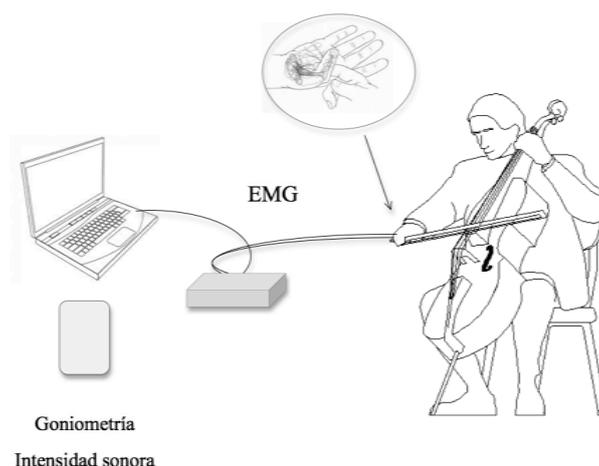


Imagen 42. Instrumentos de evaluación. Fuente; elaboración propia

### 4.3. PROCESO DE INTERVENCIÓN

Una vez solicitada a la dirección del centro la autorización para la realización de la toma de datos en el aula de violoncello, se solicitó también conformidad a los padres/tutores de los sujetos participantes menores de edad previa información de las características y finalidad del procedimiento (Apéndices 1 y 2). Cumplido con esto se estableció un calendario para la realización de la recogida de datos de los estudiantes durante un periodo de dos semanas en horario de tarde. La recogida de datos del grupo de control se realizó en la semana siguiente y en las mismas condiciones.

Para determinar sobre qué músculo debíamos realizar el estudio electromiográfico, con el fin de registrar la actividad electromiográfica del pulgar derecho durante el accionamiento del arco, se consultaron fuentes bibliográficas (Kendall, McCreary, Provance, Rodgers, & Romani, 2005), se pidieron opiniones a varios especialistas y se realizaron comprobaciones prácticas, obteniendo como resultado que el aductor del pulgar (*Adductor pollicis*) respondía a las necesidades del estudio. (Apéndice 4)

Cada sujeto fue informado tanto por escrito como verbalmente, de las características del procedimiento así como de las instrucciones que debían seguir durante el proceso de la toma de datos.

Todos los sujetos se sometieron a una única sesión de una duración aproximada de 45 minutos. Antes de iniciar el protocolo establecido recibieron una explicación detallada de los instrumentos que utilizaríamos para la recogida de datos, especialmente de la función del electromiógrafo.

Los sujetos del grupo control recibieron una introducción estandarizada de 15 minutos sobre la colocación del instrumento, el agarre del arco y el paso de este sobre la cuerda.

Una vez que sentados y con el instrumento colocado, se procedió a la preparación de la zona elegida para la colocación de los electrodos, frotando dicha zona mediante un algodón con alcohol.

*La eliminación de los aceites y la piel muerta de la superficie de la piel es necesaria para ayudar a reducir la alta impedancia de la piel y la higiene en general, Una alta impedancia de la piel da como resultado*

*señales de EMG atenuadas y el aumento de los niveles de ruido. Frotar la piel vigorosamente con una gasa empapada en alcohol quitará la piel y los aceites muertos. Si se hace bien, no se requiere de pruebas para el nivel real debido a que el nivel de impedancia caerá a niveles aceptables. Se debe permitir que la piel se seque antes de aplicar los electrodos. (Basmajian, 1979, p.64)*

*Limpiar y frotar suavemente la piel con un algodón con alcohol donde se desea colocar el electrodo.*

*Permita que la piel se seque antes de la colocación del electrodo. (Peper, Tylova, & Gibney, 2009, p. 27)*

Una vez seca la piel se palpó el músculo elegido para encontrar su vientre (la masa central) (Peper, Tylova, & Gibney, 2009, p. 28) y se procedió a la colocación de los electrodos, dos activos sobre el músculo adductor del pulgar derecho (imagen 42) y uno de referencia o de tierra en el dorso de la muñeca.

*El electrodo de tierra o de referencia suele situarse entre ambos electrodos activos, en el caso de un músculo largo, o en zonas o puntos eléctricamente neutros y lo más cerca posible de los electrodos activos en caso de músculos pequeños. (Fernández, Rodríguez, Barcia, Souto, Chouza y Martínez, 1998).*

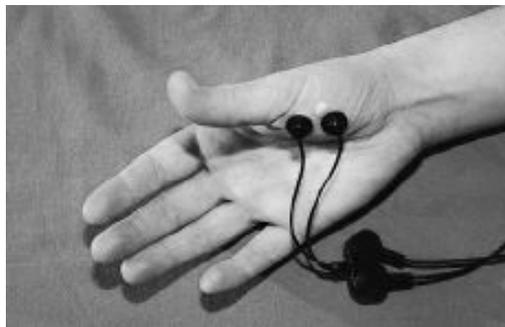


Imagen 43. Colocación de los electrodos activos. Fuente: Fernández et al. 1998.

Una vez colocados los electrodos se le pidió a cada sujeto colocar el talón del arco sobre la cuerda Sol (III) con el fin de realizar la comprobación del nivel de calidad de la señal recibida por el electromiografo a través de la función específica del programa, se le pidió a los sujetos realizar la máxima contracción y relajación del pulgar, desde su posición correcta en el arco.

Los electrodos se fijaron mediante esparadrapo hipoalergénico para evitar el desplazamiento de estos durante el movimiento del arco en el *test*.

Antes de iniciar la grabación de los datos, los sujetos realizaron ejercicios de calentamiento durante 2 minutos, ejecutando algunas series del ejercicio propuesto para la realización del *test*.

Una vez finalizado este proceso, se procedió a la colocación adecuada y estabilización del grabador de video (Ipad).

#### 4.3.1. Estudio Electromiográfico (EMG)

Se recogieron datos de la actividad electromiográfica del músculo aductor del pulgar (*Adductor pollicis*) de la mano derecha en violoncellistas noveles y expertos en el agarre del arco en posición estática sobre la cuerda, así como durante un movimiento continuo del arco.

Para el estudio electromiográfico se realizaron un *Pretest* y un *Test* a toda la muestra.

En el *Pretest*, con el fin de establecer una línea base, se recogieron los datos de la máxima relajación y la máxima contracción del aductor del pulgar (*adductor pollicis*) con el arco sobre la cuerda, en posición estática, durante 15 segundos y repetido en cinco series (Fernández et al., 1998). Ejercieron la máxima relajación durante 5 segundos y aumentaron la contracción del pulgar de forma gradual en los 5 segundos siguientes para por último mantener la máxima contracción durante los últimos 5 segundos, con un periodo de descanso entre cada serie de 1 minuto.

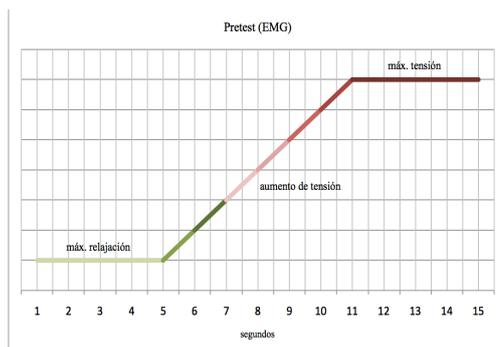


Imagen 44. Protocolo del Pretest.



Imagen 45. Posición durante el Pretest.

El *Test* realizado al grupo experimental consistió en la ejecución de la escala de sol mayor (de sol1 a sol2) ascendente y descendente, empleando la mitad inferior del arco (del talón al centro) y ejecutando una nota en cada arcada a un *tempo* de 60 por nota, durante

cinco series de 30 segundos cada una con un periodo de descanso de 2 minutos entre cada serie. (Apéndice 4)

En el *Test* del grupo de control sustituimos la escala de Sol Mayor por el paso del arco en la cuerda sol al aire (sin utilizar la mano izquierda).

Para esta fase del estudio se utilizó el golpe de arco *detaché*, golpe de arco básico en el cual cada nota es ejecutada en cada movimiento del brazo sin levantar el arco de la cuerda y de forma continua.

El grupo control recibió antes de iniciar la recogida de datos las instrucciones básicas para la colocación del instrumento, el agarre del arco y el paso del arco sobre la cuerda

#### **4.3.2. Estudio Goniométrico**

Para el análisis goniométrico se recogieron datos de video de toda la muestra durante la realización del *Test*. Se capturó el movimiento del brazo derecho durante el accionamiento del arco en un golpe de arco básico (*detaché*).

Se calcularon los ángulos sobre el desplazamiento cubital de la articulación de la muñeca (grados) en la posición inicial (talón del arco) y centro del arco de todas las arcadas en las series 1, 2 y 5 mediante la aplicación para análisis del movimiento Dartfish Express. (Apéndice 5)

#### **4.3.3. Análisis de intensidad del sonido**

Se extrajeron los datos de audio de la grabación de video realizada durante el *test* de las series sobre las que se había realizado el análisis goniométrico (1, 2 y 3). Posteriormente fueron procesados a través del programa de análisis de sonido Praat para la obtención de la media de intensidad del sonido (*dB*) en cada una de ellas.

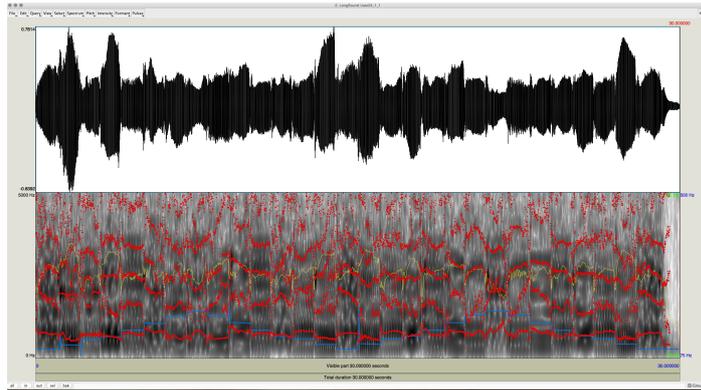


Imagen 46. Imagen generada durante el análisis de la intensidad del sonido. Fuente: Praat.

#### 4.4 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Para el tratamiento de los datos hemos organizado tres grupos según el tiempo de experiencia con el instrumento: un grupo control, sin ninguna experiencia; un grupo con una experiencia de entre uno y cinco años y un grupo con aquellos sujetos de más de cinco años de experiencia en la práctica del violoncello.

El estudio estadístico se realizó con el programa SPSS Statistics (IBM) de análisis estadístico. Tras una prueba de normalidad (*Shapiro-Wilk*), se utilizó una *t-Student* para muestras independientes en la comparativa entre grupos (nivel de significación de  $p \leq 0.05$ ). La *t-Student* para muestras relacionadas en la comparativa entre la tensión durante la prueba y la intensidad de sonido por grupo ( $p \leq 0.05$ ). El tamaño del efecto (ES) fue calculado utilizando el *delta de Glass* (Thomas et al., 2005) para muestras relacionadas, para el cálculo del efecto intragrupo (F1) e intergrupo (F2). Se tomaron como referencia los valores calculados por Cohen (1988), dónde  $< 0,30$ : leve; de  $0,30$  a  $0,80$ : moderado;  $> 0,80$ : fuerte.

$$\mathbf{F1:} \quad d = \frac{M_{post} - M_{pre}}{SD_{pre}}$$

$$\mathbf{F2:} \quad d = \frac{M_{g2} - M_{g1}}{SD_{g1}}$$

*M*: media, *SD*: desviación estándar, *N*: número de la muestra; *g*: grupo

Toda la estadística fue realizada utilizando el paquete estadístico SPSS-v19 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).



## CAPÍTULO V

---



## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación enunciaremos los resultados medios, con su rango de valores y desviación típica (tabla 2), para adentrarnos posteriormente en su análisis y discusión. Hemos optado por un diseño conjunto de muestra, análisis y discusión de los resultados debido a la relación que estos tienen entre sí y así poder facilitar la comprensión de los mismos al lector.

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos

<b>GRUPO CONTROL</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. típ.</b>
<b>Relajación (uV)</b>	8	13,52	39,56	25,0513	8,3037
<b>Tensión (uV)</b>	8	40,61	123,72	89,61	36,85753
<b>Test (uV)</b>	8	40,6	104,1	72,8175	23,21667
<b>dB</b>	8	74,53	80,67	77,1038	1,98383
<b>ÁnguloT (grados)</b>	8	159,21	171,97	165,9475	4,52495
<b>ÁnguloM (grados)</b>	8	167,47	179,59	175,375	4,00362
<b>MovGrados (grados)</b>	8	5,28	17,81	9,1763	3,8713
<b>GRUPO MENOS DE 5 AÑOS</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. típ.</b>
<b>Relajación (uV)</b>	8	11,02	31,66	21,6375	7,41783
<b>Tensión (uV)</b>	8	50,79	153,68	89,2413	33,20184
<b>Test (uV)</b>	8	19,45	88,27	52,1788	26,55494
<b>dB</b>	8	74,61	79,81	77,5488	1,62086
<b>ÁnguloT (grados)</b>	8	145,32	170,24	160,985	7,46819
<b>ÁnguloM (grados)</b>	8	158,96	179,81	174,63	7,00293
<b>MovGrados (grados)</b>	8	2,01	24,73	13,6263	7,15911
<b>GRUPO MÁS DE 5 AÑOS</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. típ.</b>
<b>Relajación (uV)</b>	7	11,46	38,32	23,7114	9,92798
<b>Tensión (uV)</b>	7	82,16	196,79	116,8814	41,04985
<b>Test (uV)</b>	7	30,75	99,93	56,8029	24,86997
<b>dB</b>	7	77,08	81,91	79,7429	1,8775
<b>ÁnguloT (grados)</b>	7	149,03	170,45	157,6757	7,34868
<b>ÁnguloM (grados)</b>	7	165,58	179,15	174,0686	5,36949
<b>MovGrados (grados)</b>	7	8,67	27,67	16,3714	6,5643

Como podemos observar en la tabla anterior, hemos intentado conseguir una agrupación homogénea para poder comparar resultados. Hay que entender que nuestro universo es infinito, si contamos la población mundial, pero adentrándonos en los niveles de

concreción del ámbito de acción de nuestro estudio (Conservatorio Elemental y Escuela Insular de Música de Lanzarote), ese universo se convierte en finito y, por tanto, a la hora de completar la muestra nos encontramos con un gran problema, el número real de personas que estudian violoncello. Para conseguir una muestra significativa en el grupo control quisimos llegar al número de persona que había en el grupo de menos de 5 años de estudio y bajar el grado de error de la media cuando comparamos grupos.

En dicha tabla se pueden ver recopilados los resultados agrupados en función de las variables calculadas por cada uno de los instrumentos de evaluación utilizados: EMG (actividad muscular a través de la tensión conseguida en el *pretest* en estático– Relajación y máxima Tensión – y durante el test en movimiento – *test*-), intensidad del sonido durante el test (decibelios – dB-) y los grados de movilidad articular de la muñeca (en el talón – ÁnguloT – y en el centro del arco – ÁnguloM -, así como la diferencia entre esas dos cantidades).

Para entender mejor los resultados empezaremos a desglosar la comparativa entre ellos para así responder a nuestra hipótesis inicial y, por tanto, a los objetivos trazados.

#### *Resultados en la actividad muscular - EMG*

En lo que respecta a la actividad muscular registrada mediante la EMG, podemos apreciar en el *pretest* los microvoltios (uV) alcanzados como medida basal (Relajación) y, durante la máxima contracción voluntaria (Tensión) (Fernández et al. 1998). Estos resultados quedan reflejados en las tablas 3 y 4.

**Tabla 3.** Media (M), , Desviación Típica (SD) y Error de la Media (SEM) de cada grupo. Así como la Diferencia Estadística (Sig) y Tamaño del Efecto (TE) entre cada grupo para la máxima relajación (Relaj).

<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>SD.</b>	<b>SEM</b>	<b>Sig</b>	<b>TE</b>
CONTROL	8	89,61	36,85	13,03	<b>0,508</b>	<b>0,740</b>
MÁS DE CINCO	7	116,88	41,04	15,51		
CONTROL	8	89,61	36,85	13,03	<b>0,989</b>	<b>-0,010</b>
MENOS DE CINCO	8	89,24	33,20	11,73		
MENOS DE CINCO	8	89,24	33,2	11,73	<b>0,492</b>	<b>0,832</b>
MÁS DE CINCO	7	116,88	41,04	15,51		

**Tabla 4.** Media (*M*), *SD* y Error de la Media (*SEM*) de cada grupo. Así como la Diferencia Estadística (*Sig*) y Tamaño del Efecto (*TE*) entre cada grupo para la máxima tensión voluntaria (Tensión).

<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>SD.</b>	<b>SEM</b>	<b>Sig</b>	<b>TE</b>
CONTROL	8	25,05	8,31	2,93	<b>0,780</b>	<b>-0,161</b>
MÁS DE CINCO	7	23,71	9,93	3,75		
CONTROL	8	25,05	8,31	2,93	<b>0,400</b>	<b>-0,411</b>
MENOS DE CINCO	8	21,64	7,42	2,62		
MENOS DE CINCO	8	21,64	7,42	2,62	<b>0,651</b>	<b>0,279</b>
MÁS DE CINCO	7	23,71	9,93	3,75		

**Tabla 5.** Media (*M*), *SD* y Error de la Media (*SEM*) de cada grupo. Así como la Diferencia Estadística (*Sig*) y Tamaño del Efecto (*TE*) entre cada grupo para la tensión alcanzada durante la prueba dinámica (Test).

<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>SD.</b>	<b>SEM</b>	<b>Sig</b>	<b>TE</b>
CONTROL	8	72,81	23,21	8,21	<b>0,686</b>	<b>-0,689</b>
MÁS DE CINCO	7	56,81	24,87	9,39		
CONTROL	8	72,81	23,21	8,21	<b>0,340</b>	<b>-0,888</b>
MENOS DE CINCO	8	52,18	26,55	9,39		
MENOS DE CINCO	8	52,18	26,55	9,39	<b>0,999</b>	<b>0,174</b>
MÁS DE CINCO	7	56,81	24,87	9,39		

En la tabla 3 podemos observar que no hay diferencia estadísticamente significativa (*Sig*) entre grupos, ni un valor de consistencia en el tamaño del efecto (*TE*) que refleje diferencias entre grupos.

En cambio, en la tabla 4 sí se aprecian valores consistentes en *TE* entre el grupo de más de cinco años con los otros dos grupos: Control (0,740) y Menos de cinco años (0,832). Los valores entre ellos no son estadísticamente significativos, creemos que es debido a la gran desviación estandar registrada.

Este mismo comportamiento se comprueba en la tabla 5, que refleja la tensión alcanzada durante la prueba dinámica (*test*). En esta tabla podemos apreciar una tendencia a

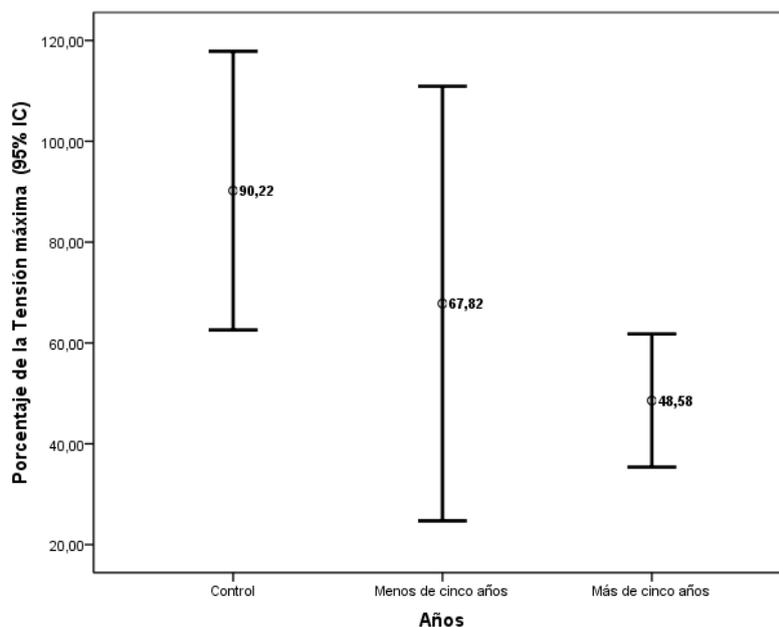
la diferencia en los valores entre Grupo Control y los otros dos: Menos de cinco años (-0,689) y Más de cinco años (-0,888).

Por esta razón, y siguiendo el diseño del estudio de De Luca (1997) sobre el uso de la electromiografía de superficie en biomecánica, consideramos adecuado trabajar con el porcentaje de tensión durante la prueba respecto de la tensión máxima del sujeto en reposo. (%MVC).

Los resultados obtenidos (tabla 6) demuestran que hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo Control y el de Más de cinco años ( $p=0,009$  y  $TE=-1,259$ ) y una tendencia en  $TE$  con el grupo de Menos de cinco años ( $TE=-0,677$ ) amortiguada por la gran desviación estandar de este último grupo (gráfico 1).

**Tabla 6.** Media ( $M$ ),  $SD$  y Error de la Media ( $SEM$ ) de cada grupo, así como la Diferencia Estadística ( $Sig$ ) y Tamaño del Efecto ( $TE$ ) entre cada grupo para el Porcentaje de la Tensión Máxima en reposo (%MVC).

Grupo	N	M	SD.	SEM	Sig	TE
CONTROL	8	90,22	33,06	11,68	<b>0,009</b>	<b>-1,259</b>
MÁS DE CINCO	7	48,58	14,28	5,39		
CONTROL	8	90,22	33,06	11,68	<b>0,318</b>	<b>-0,677</b>
MENOS DE CINCO	8	67,82	51,56	18,23		
MENOS DE CINCO	8	67,82	51,56	18,23	<b>0,359</b>	<b>-0,373</b>
MÁS DE CINCO	7	48,58	14,28	5,39		



**Gráfico 1.** (Test). Porcentaje de la tensión máxima durante la prueba dinámica al 95% de intervalo de confianza (I.C.) de cada grupo.

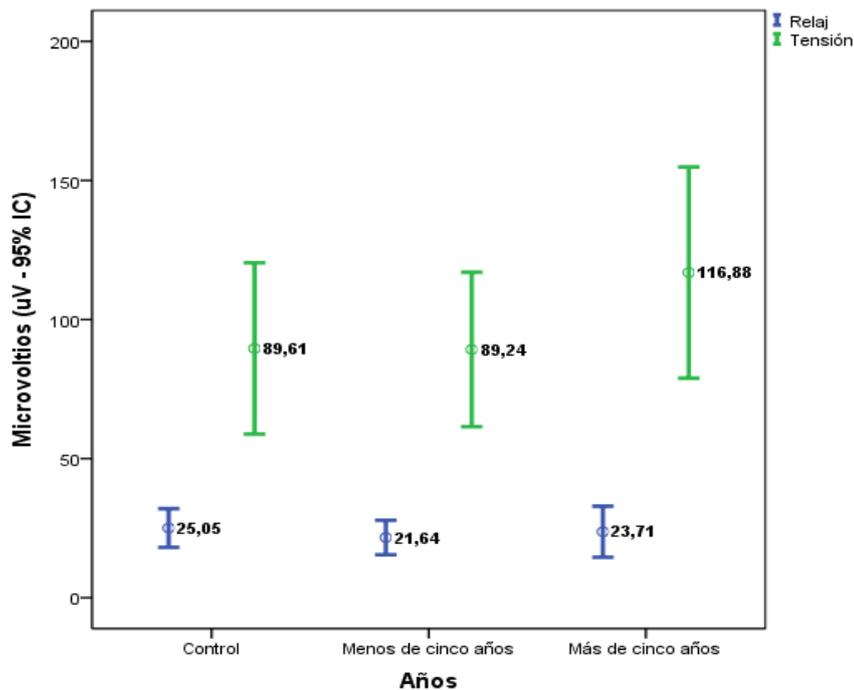
En el gráfico 2 podemos observar las diferencias de tensión alcanzadas en las dos pruebas realizadas en el *pretest* (Relajación y Tensión máxima). Como es evidente, hay diferencia estadísticamente significativa entre los valores alcanzados intragrupo pero no intergrupo para cada una de las pruebas, si bien es apreciable la diferencia entre el grupo Control y el de Más de cinco años. Tanto es así, que los más experimentados consiguen una mayor Relajación y una mayor Tensión. Este dato no es tan llamativo cuando se compara a ambos grupos con el de Menos de cinco años.

El *pretest*, como ya explicamos en el capítulo anterior, tiene como finalidad establecer la línea base del estudio electromiográfico. Aunque el análisis aislado de los datos obtenidos no son su principal finalidad, es cierto que arroja información sobre si existen o no diferencias intergrupos en la capacidad de relajación y tensión durante el agarre del arco en una posición estática. En la técnica de cualquier instrumento de cuerda frotada, este es el paso previo a la realización del movimiento del brazo para desplazar el arco sobre la cuerda, por lo que su análisis está justificado.

Con los datos obtenidos podemos decir que el rango de la capacidad muscular del pulgar en el momento en el que el arco está sobre la cuerda, sin movimiento, es similar en

todos los grupos Se observa una mayor amplitud en el grupo de sujetos más experimentados, que puede deberse a un mayor control de esta posición fruto de la experiencia.

Estos resultados pueden significar que, durante esta posición, el dedo pulgar puede conservar unos niveles adecuados de tensión tanto en los sujetos noveles como en los experimentados.



**Gráfico 2.** (*Pretest*) Media de los datos electromiográficos de la mínima tensión (Relaj) y la máxima tensión voluntaria (Tensión), durante las pruebas en reposo por grupos.

A la hora de analizar la prueba dinámica en valores medios y comparar sus resultados intra e intergrupos podemos apreciar (gráficos 3 y 4) que los valores conseguidos en cada uno de los grupos está en un nivel medio respecto a los valores obtenidos para las pruebas en estático (*pretest*). Llama poderosamente la atención que los alumnos del grupo Control alcancen una mayor tensión durante la prueba, respecto a estos valores iniciales, que los otros dos grupos. Estas diferencias intragrupo se muestran estadísticamente significativas entre todas las pruebas menos en el grupo Control, entre la prueba dinámica y la de máxima tensión. Así como el tamaño del efecto obtenido (Tabla 7).

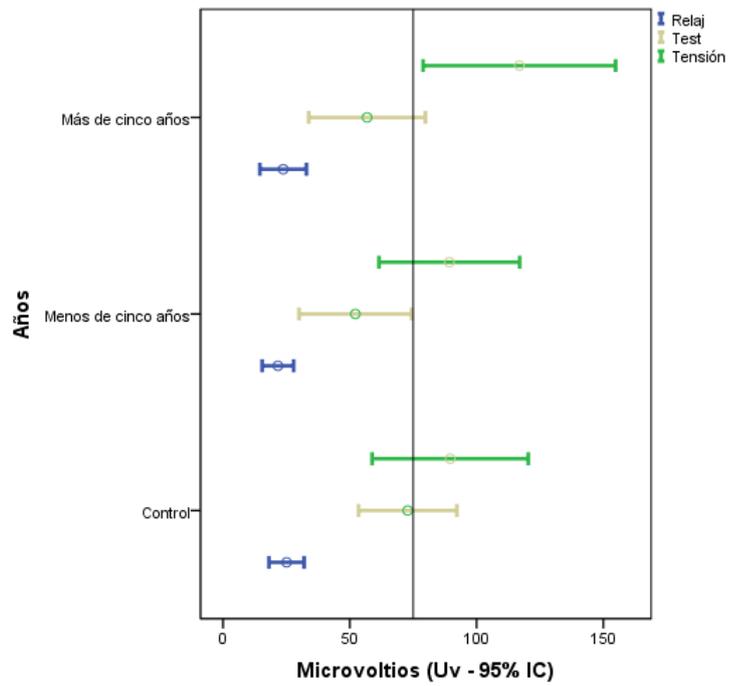


Gráfico 3. (Pretest y Test). Media con el 95% de intervalo de confianza, de los datos electromiográficos durante el pretes y test según grupos.

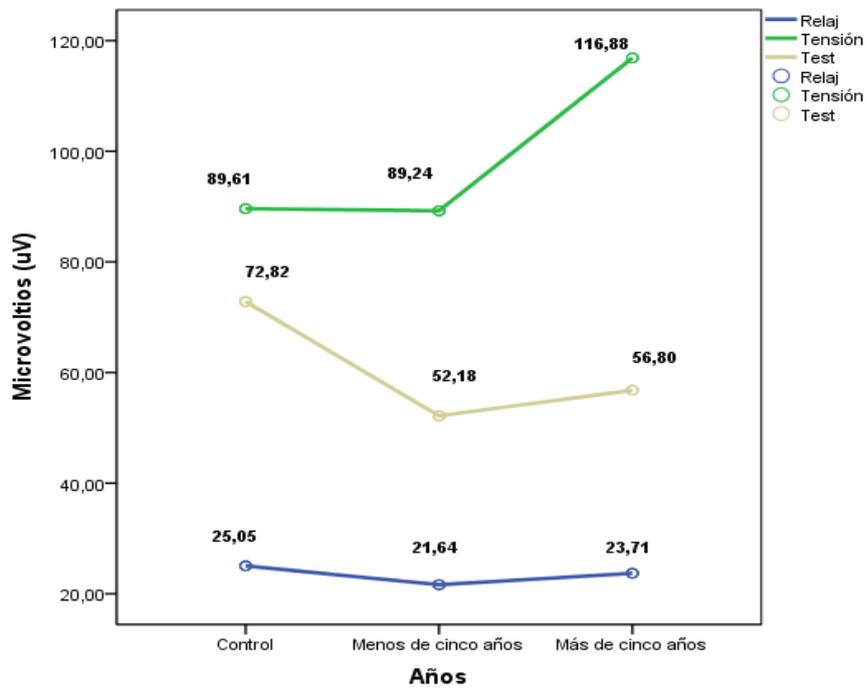


Gráfico 4. (Pretest y Test). Valores numéricos de la Media de los datos electromiográficos durante el pretest y test según grupos.

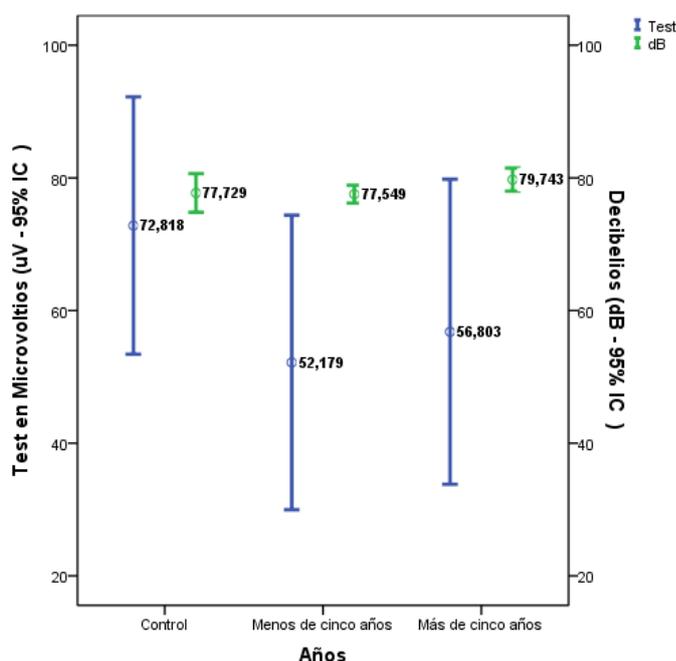
**Tabla 7.** Diferencia estadística entre las medias recogidas en las pruebas de tensión por grupo calculando la diferencia estadísticamente significativa (Sig.) y el tamaño del efecto (TE)

<b>Grupo</b>	<b>Pruebas</b>	<b>Sig</b>	<b>TE</b>
CONTROL	Relajación– Tensión	0,002	7,775
	Relajación – Test	0,000	5,752
	Tensión – Test	0,145	-0,455
MENOS DE CINCO	Relajación – Tensión	0,000	9,113
	Relajación – Test	0,009	4,117
	Tensión – Test	0,043	-1,117
MÁS DE CINCO	Relajación – Tensión	0,001	9,384
	Relajación – Test	0,005	3,333
	Tensión – Test	0,001	-1,463

Podemos concluir esta parte de la discusión diciendo que los resultados obtenidos nos muestran diferencias en las estrategias seguidas por cada uno de los grupos en función de los años de experiencia con el violoncello. Como señalan Klein-Vogelbach et al., 2010, p. 156 y Bunting, 1999, p. 19, los sujetos noveles suelen ejercer demasiada presión en el pulgar durante el accionamiento del arco.

#### *Resultados de la intensidad del sonido durante el test – dB*

Tras analizar los resultados de los niveles de potencial mioeléctrico alcanzados en la prueba estática (Relajación y Tensión máxima) y la prueba dinámica (*Test*), hemos podido apreciar diferencias en las estrategias seguidas por cada uno de los grupos en función de los años de experiencia con el violoncello. Con el fin de relativizar los datos electromiográficos respecto al volumen sonoro, estimamos necesario cruzar el resultado de la prueba dinámica (*Test*) con la intensidad del sonido durante su realización (dB). Los resultados se muestran en los gráficos 5 y 6.

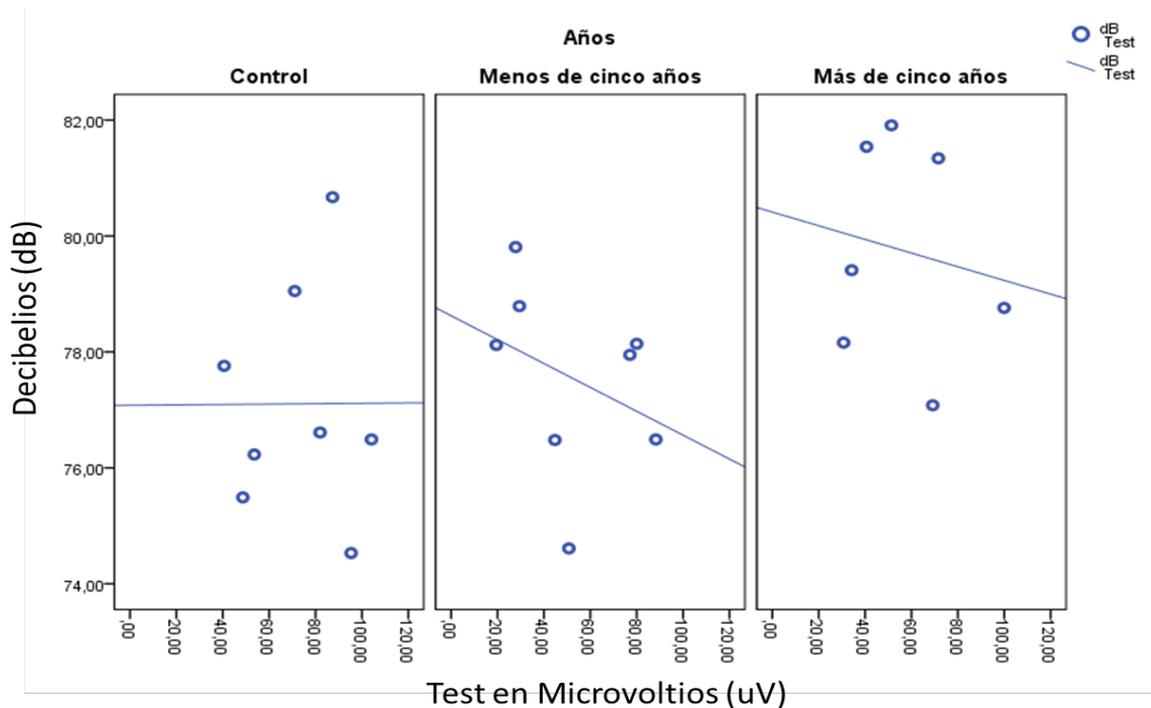


**Gráfico 5.** Valores numéricos de las medias de la actividad electromiográfica (uV) e intensidad del sonido (dB) según grupo durante el movimiento del arco (*Test*).

Estos resultados nos muestran una tendencia a conseguir una intensidad del sonido ligeramente superior en el grupo de Más de cinco años, pero dicha diferencia no es estadísticamente significativa ni presenta medida de variación intergrupo que los diferencie. Lo que sí es destacable es que los alumnos del Conservatorio Elemental y Escuela Insular de Música de Lanzarote consiguen esos decibelios con menor tensión (uV) que el grupo control.

Intentando ver si hay correlación entre el nivel de tensión muscular en el pulgar y la intensidad del sonido conseguida durante la prueba dinámica, podemos ver en el gráfico 6 que, si bien no existe una correlación entre los datos, quizás por el número de personas por grupo y, las diferencias entre cada uno de ellos, sí se vuelve a comprobar el comportamiento observado inicialmente intergrupo y explicado con anterioridad.

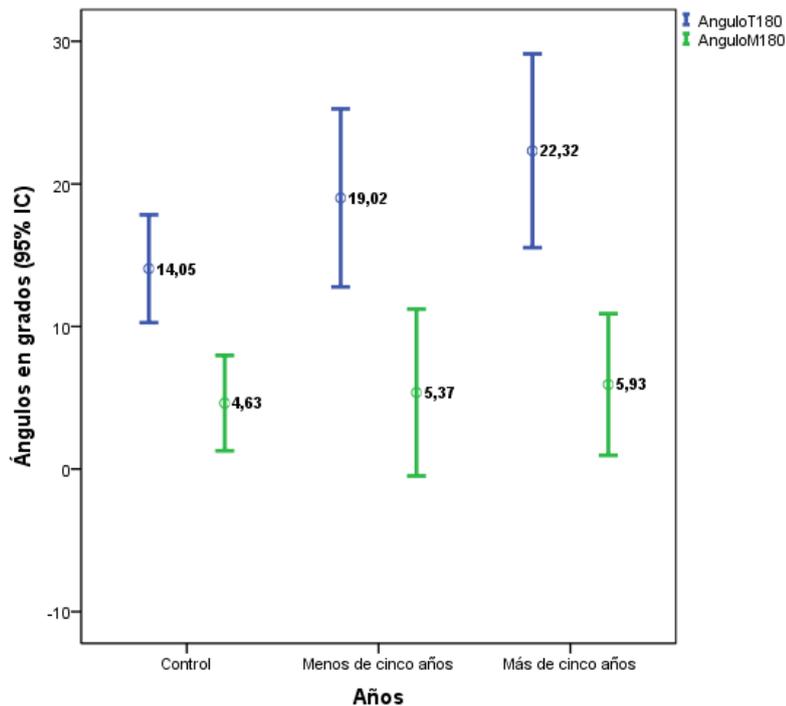
Podemos decir, por tanto, que aunque los sujetos más experimentados emplearon menor tensión durante la realización de la prueba dinámica, este hecho no ha implicado una disminución en la potencia sonora, al contrario, sus niveles están algo por encima del resto. En este sentido Taylor (2006) señala en su estudio que la pobreza de sonido en los violinistas menos experimentados puede deberse a la dificultad que estos tienen para mantener un equilibrio entre peso y velocidad.



**Gráfico 6.** Regresión lineal de la muestra entre la tensión en microvoltios y la intensidad del sonido en decibelios durante la prueba dinámica.

*Resultados de los grados de movilidad articular de la muñeca – Goniometría.*

A la hora de estudiar la movilidad de la articulación de la muñeca, como hemos explicado en los instrumentos de evaluación, nos hemos centrado en el desplazamiento cubital. Partiendo del valor cero en la posición neutra, tenemos que los dos puntos a medir con el Dartfish Express se focalizaron en el talón del arco (ÁnguloT) y en el centro del arco (ÁnguloM). Este es el recorrido del arco que establecimos para la realización de la prueba dinámica. Los valores obtenidos por cada uno de los grupos están reflejados en el gráfico 7.



**Gráfico 7.** Flexión (AnguloT180) y extensión (AnguloM180) de la articulación de la muñeca durante el accionamiento del arco según experiencia, al 95% de intervalo de confianza (I.C.)

En el inicio del movimiento de desplazamiento del arco que denominamos “arco abajo” (ÁnguloT), podemos ver que existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo Control y el de Más de cinco años ( $p=0,019$ ;  $TE=1,828$ ). En la tabla 8 podemos ver, como entre el grupo Control y el grupo de Menos de cinco años no hay diferencia estadísticamente significativa, pero sí una tendencia claramente reseñable mediante el tamaño del efecto (1,096). Este hecho puede deberse a la desviación estándar presentada, sobre todo por el segundo grupo.

**Tabla 8.** Media (*M*), Desviación Típica (*SD*) y Error de la Media (*SEM*) de cada grupo. Así como la Diferencia Estadística (*Sig*) y Tamaño del Efecto (*TE*) entre cada grupo para el Ángulo de la articulación de la muñeca en el talón del arco (AnguloT180).

<b>Grrupo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>SD.</b>	<b>SEM</b>	<b>Sig</b>	<b>TE</b>
CONTROL	8	14,05	4,52	1,59	<b>0,019</b>	<b>1,828</b>
MÁS DE CINCO	7	22,32	7,35	2,78		
CONTROL	8	14,05	4,52	1,59	<b>0,135</b>	<b>1,096</b>
MENOS DE CINCO	8	19,02	7,47	2,64		
MENOS DE CINCO	8	19,02	7,47	2,64	<b>0,404</b>	<b>0,443</b>
MÁS DE CINCO	7	22,32	7,35	2,78		

Por el contrario, en el momento de finalizar el arco abajo e iniciar el “arco arriba”, podemos ver que el ÁnguloM es similar en los tres grupos y, no presentan diferencias entre ellos (tabla 9).

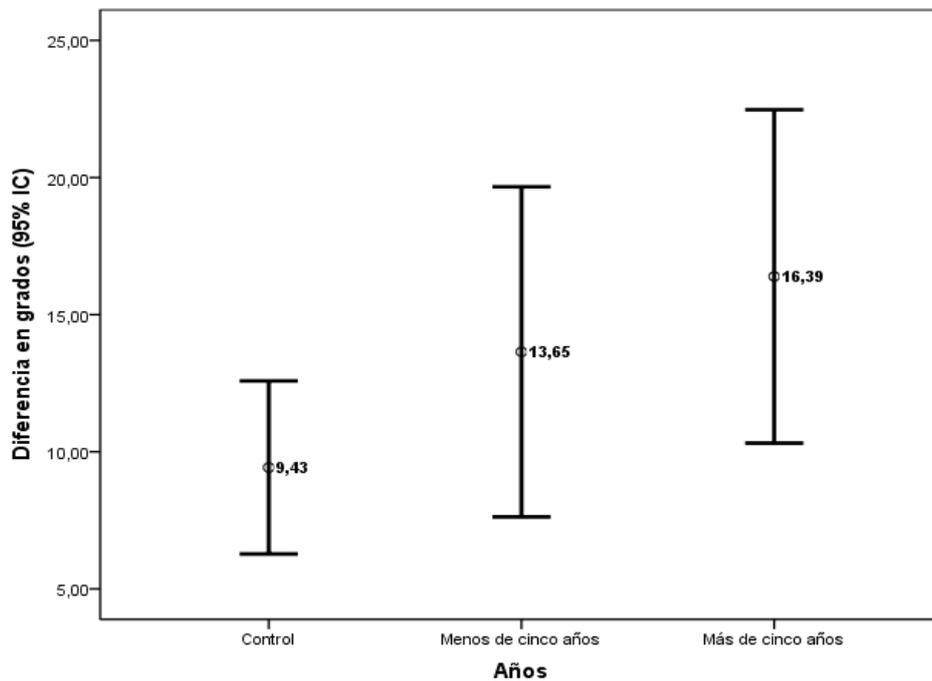
**Tabla 9.** Media (*M*), Desviación Típica (*SD*) y Error de la Media (*SEM*) de cada grupo. Así como la Diferencia Estadística (*Sig*) y Tamaño del Efecto (*TE*) entre cada grupo para el Ángulo de flexión de la articulación de la muñeca (AnguloM180).

<b>Grrupo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>SD.</b>	<b>SEM</b>	<b>Sig</b>	<b>TE</b>
CONTROL	8	4,63	4,01	1,42	<b>0,599</b>	<b>0,326</b>
MÁS DE CINCO	7	5,93	5,36	2,03		
CONTROL	8	4,63	4,01	1,42	<b>0,798</b>	<b>0,186</b>
MENOS DE CINCO	8	5,37	7,01	2,48		
MENOS DE CINCO	8	5,37	7,01	2,48	<b>0,866</b>	<b>0,081</b>
MÁS DE CINCO	7	5,93	5,36	2,03		

Según estos resultados, los sujetos noveles presentaron una desviación cubital de la muñeca derecha, en el talón del arco durante el accionamiento del arco, menor que la de los sujetos experimentados. Los resultados obtenidos en el centro del arco indican que noveles y experimentados presentaron una posición similar en este punto del arco.

Aunque estos datos ya revelan diferencias respecto a la flexibilidad de la articulación en función del nivel de experiencia, para poder apreciar el rango de movilidad de la muñeca calculamos la diferencia entre ambos ángulos ( $\text{ÁnguloT}-\text{ÁnguloM}$ ).

Obtuvimos como resultado que existe una mayor movilidad por parte del grupo de Más de cinco años (gráfica 8) respecto al grupo Control ( $p=0,024$ ;  $TE=1,846$ ) y una tendencia a diferenciarse el grupo de Menos de cinco años con el grupo Control ( $TE=1,118$ ). No encontramos diferencias entre los grupos de alumnos del Conservatorio (tabla 10).



**Gráfico 8.** Diferencia en grados entre la flexión y extensión de la articulación de la muñeca por grupos durante el *Test*.

**Tabla 10.** Media (M), Desviación Típica (SD) y Error de la Media (SEM) de cada grupo. Así como la Diferencia Estadística (Sig) y Tamaño del Efecto (TE) entre cada grupo para Diferencia en grados entre la flexión y extensión de la articulación de la muñeca por grupos durante el accionamiento del arco.

Grupo	N	M	SD.	SEM	Sig	TE
CONTROL	8	9,42	3,77	1,33	<b>0,024</b>	<b>1,846</b>
MÁS DE CINCO	7	16,01	6,57	2,48		
CONTROL	8	9,42	3,77	1,33	<b>0,164</b>	<b>1,118</b>
MENOS DE CINCO	8	13,65	7,19	2,54		
MENOS DE CINCO	8	13,65	7,19	2,54	<b>0,456</b>	<b>0,382</b>
MÁS DE CINCO	7	16,01	6,57	2,48		

Como ya expusimos en el capítulo II, los métodos de violoncello Alexanian et al. (2003); Gendron & Grimmer (2000); Matz, 1974; Potter (1980); Rolland (1971); Stutschewsky (1932) y Tortellier (1993), dejan clara la importancia que tienen el desplazamiento cubital y la flexión de la articulación de la muñeca derecha para un correcto movimiento del arco en el violoncello. En los resultados de nuestro estudio observamos que el grado de desplazamiento de esta articulación en los sujetos noveles es muy reducido, idea que está en consonancia con las afirmación de Starr (1996):

*La mayoría de los principiantes tocan con todo el brazo sin signos de flexibilidad en la muñeca.*

Los resultados obtenidos también revelan que a mayor experiencia en el estudio del instrumento, mayor grado de desplazamiento de la muñeca. Verrel (2013) y Ogihara (2001) respectivamente, así lo expresan también:

*La experiencia en el manejo del arco está asociada a un incremento en el uso de las articulaciones del codo y de la muñeca.*

*Los rangos de movimiento de la articulación son claramente menores en los noveles, especialmente en el codo y la mano, implicando que las articulaciones de los noveles son más rígidas que las de los expertos.*

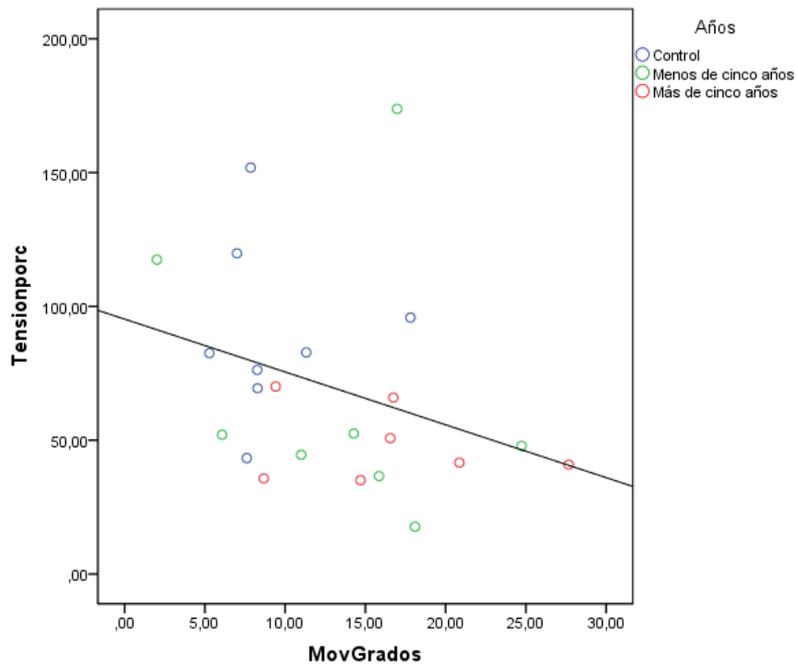
Los resultados obtenidos sobre la actividad muscular del pulgar derecho, la intensidad del sonido durante la prueba dinámica y el grado de desplazamiento de la muñeca derecha durante el accionamiento del arco, nos llevan al análisis de si existe o no algún tipo de relación entre el nivel de tensión del pulgar y el grado de desplazamiento de la articulación de la muñeca.

En el gráfico 9 podemos apreciar como los datos obtenidos para nuestra muestra tienden a evidenciar que a menor tensión en el pulgar derecho, mayor grado de desplazamiento en la articulación de la muñeca. En esta misma gráfica se puede apreciar que a mayor experiencia, mayor movilidad y menor tensión porcentual. Este dato se corrobora al separar los grupos en dicha regresión (gráfico 10) donde además vemos que la adaptación de los sujetos a la actividad (movimiento del arco sobre la cuerda en un golpe de arco básico) hace que la desviación de la media intragrupo se vaya homogeneizando.

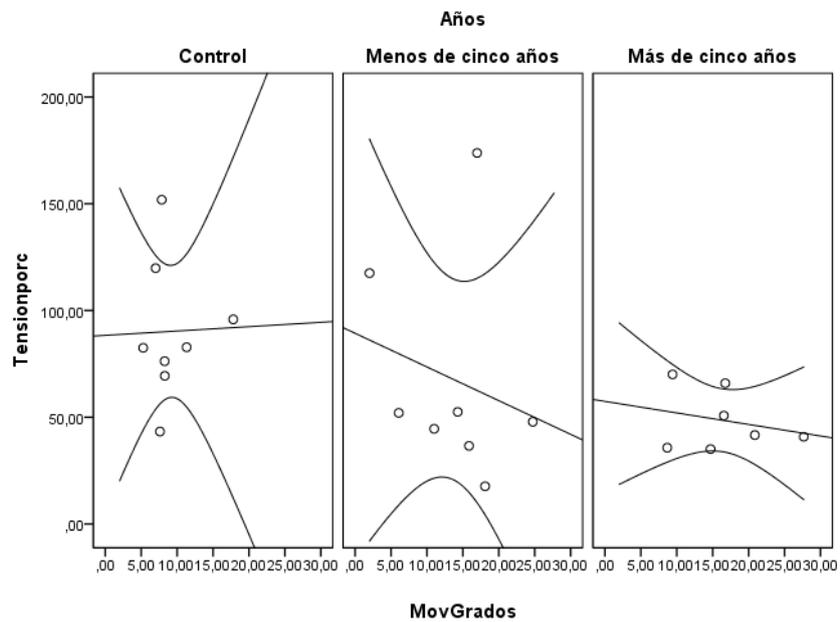
En la revisión de la literatura sobre el objeto de estudio señalamos la existencia de autores que apuntan hacia la presencia de un fenómeno causa-efecto entre el exceso de tensión en el pulgar y la rigidez y disminución de la movilidad en la muñeca. Para Klein-Vogelbach et al. (2010), los alumnos noveles presionan demasiado el pulgar y esto reduce la movilidad de los *tendones inferiores*. En esta misma línea, según Rosset i Llobet et al. (2010), la excesiva presión del arco sobre la cuerda es una fuente de tensión que dificulta y limita otros movimientos.

Sella (1980) y Etxepare (2011), señalan directamente a la excesiva tensión del pulgar en el agarre del arco como la causante de la rigidez en la mano-brazo del arco.

El único estudio empírico que se asemeja a los resultados que hemos obtenido en nuestro estudio es el realizado por LeVine (1984). En sus conclusiones afirma que la reducción de la tensión en el pulgar izquierdo en violinistas favorece la disminución de la tensión en esa misma mano.



**Gráfico 9.** Regresión lineal de la muestra entre las variables, porcentaje de tensión (Tensionporc) y la diferencia en grados del desplazamiento cubital de la articulación de la muñeca (MovGrados)



**Gráfico 10.** Regresión lineal de la muestra (separada por grupos) entre las variables porcentaje de tensión (Tensionporc) y la diferencia en grados del desplazamiento cubital de la articulación de la muñeca (MovGrados)

Apoyándonos en estos autores y según los resultados de nuestro estudio, los sujetos que se inician en el estudio del violoncello suelen emplear un nivel excesivo de tensión en el pulgar derecho durante el golpe de arco básico (*detaché*), lo cual que provoca una limitación en el desplazamiento cubital de la articulación de la muñeca derecha.

Este error técnico se va corrigiendo con la experiencia en el estudio del violoncello. La tensión en el pulgar disminuye y el grado de desplazamiento cubital de la muñeca se amplía.



## CAPÍTULO VI

---



## 6. CONCLUSIONES

En base a los resultados de nuestro estudio y apoyándonos en la discusión del mismo, podemos concluir diciendo que, durante el golpe de arco básico:

1. Los estudiantes noveles de violoncello suelen ejercer un exceso de tensión en el pulgar derecho.
2. La actividad muscular del pulgar derecho disminuye con los años de estudio.
3. El desplazamiento cubital de la muñeca derecha es limitado en los estudiantes noveles de violoncello.
4. La amplitud en el desplazamiento cubital de la muñeca derecha aumenta con los años de estudio.
5. El exceso de tensión en el pulgar derecho en los estudiantes noveles condiciona el desplazamiento cubital de la muñeca derecha.
6. Los estudiantes experimentados de violoncello suelen presentar un nivel de actividad muscular en el pulgar derecho más bajo y un grado de desplazamiento cubital de la muñeca derecha mayor que los estudiantes noveles.

### 6.1. APLICACIONES PRÁCTICAS Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

*Con frecuencia, los profesores de instrumentos de cuerda tienen dificultades para hacer un seguimiento de la actividad muscular de sus estudiantes, ya que la observación no siempre proporciona suficiente información sobre la tensión y la liberación de los músculos durante la ejecución. (Koehler, 1994, p. 176)*

Como posibles aplicaciones prácticas de nuestro estudio concluimos que:

1. El análisis de los factores fisiológicos y mecánicos, relacionados con un error técnico en el aprendizaje instrumental, favorece la eficacia en la intervención metodológica.
2. El uso de técnicas metodológicas y/o propioceptivas que favorezcan la disminución en el nivel de tensión del pulgar derecho en el violoncello, contribuirán a que, aquellos estudiantes que presentan una limitación en la amplitud del

desplazamiento cubital de la muñeca derecha, reduzcan el tiempo empleado en corregir dicho error.

Los resultados de nuestro estudio sugieren varias direcciones para futuras líneas de investigación. Por ejemplo, añadiendo los datos electromiográfico de la articulación de la muñeca podríamos ampliar la visión de cómo afecta la actividad muscular del pulgar derecho sobre esta articulación. También el uso de otros instrumentos de evaluación, como el análisis tridimensional del movimiento, podrían aportar una información útil para profesores y estudiantes del violoncello.

Por otro lado, se propone un aumento de la muestra e incluso una comparativa entre distintos centros de enseñanza.

## Bibliografia

---



## Libros y Métodos

- Alexanian, D., Casals, P., & Geber, D. (2003). *Diran Alexanian: Complete Cello Technique: Classic Treatise on Cello Theory and Practice*. United States: Dover Publications.
- Boyden, D. D., Schwarz, B., & Woodward, A. M. (1980). *New Grove Violin family*. London: Macmillan Publishers.
- Bunting, C. (1999). *El arte de tocar el violonchelo: técnica interpretativa y ejercicios*. Madrid: Piramide Ediciones S.A.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Denmark: L. Erlbaum Associates.
- Etxepare, I. (2011). *Pedagogía del Violonchelo*. (Boileau, Ed.). Barcelona.
- Gendron, M., & Grimmer, W. (2000). *The art of playing the Cello*. United States: Schott & Co.
- Hemsey de Gainza, V., & Kesselman, S. (2003). *Musica y Eutonia El Cuerpo En Estado de Arte*. Buenos Aires: Lumen.
- Hoppenot, D. (1991). *El violín interior*. (J. Sanabras, Trans.). Madrid: Real Musical.
- Kendall, F. P., McCreary, E. K., Provance, P., Rodgers, M. M., & Romani, W. A. (2005). *Muscles: Testing and Function* (5th ed.). Baltimore, MD: Lippincott Williams and Wilkins.
- Kennaway, G. W. (2009). *Cello Techniques and Performing Practices in the Nineteenth and Early Twentieth Centuries* (Tesis). Reino Unido.
- Klein-Vogelbach, S., Lahme, A., & Spirgi-Gantert, I. (2010). *Interpretación musical y postura corporal*. (F. Fernández del Pozo, Trans.) (Ediciones Akal, S.A.). España.
- Kovács, G., & Pásztor, Z. (2010). *Ejercicios preparatorios para instrumentistas (método Kovács)* (Graó). España.
- Mantel, G., & Thiem, B. H. (1995). *Cello Technique: Principles and Forms of Movement*. United Kingdom: Indiana University Press.
- Markevitch, D. (1994). *Cello Story*. (F. Seder, Trans.). United States: Summy-Birchard Music.

- Matz, R. (1974). *The complet cellist. Book one.* (L. Aronson, Trans.). USA.
- Peper, E., Tylova, H., & Gibney, K. H. (2009). *Biofeedback Mastery: An Experiential Teaching and Self-Training Manual.* United States: Association of Applied Psychophysiology and Biofeedback.
- Polnauer, F. F., & Marks, M. (1964). *Senso-motor study and its application to violin playing.* EEUU: American String Teachers Association.
- Potter, L. A. (1980). *The art of cello playing: A complete textbook-method for private or class instruction* (2nd ed.). Princeton, NJ: Suzuki Method International.
- Prieto, C., & Mutis, A. (1998). *Las Aventuras De Un Violonchelo: Historias Y Memorias* (1st ed.). EEUU: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Prieto, C. (2010). *Las aventuras de un violoncello. Historias y memorias* (1st ed.). México: Fondo de cultura económica.
- Prieto, C. (2013). *Las aventuras de un violonchelo: historias y memorias.* United States: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Rolland, P. (1971). *Young strings in action. A String Method for Class or Individual Instruction.* Student Book, cello. Volume 1. USA: Boosey & Hawkes, Inc.
- Rosset i Llobet, J., & Odem, G. (2010). *El cuerpo del músico: manual de mantenimiento para un máximo rendimiento.* Editorial Paidotribo.
- Sadie, S., & Tyrrell, J. (Eds.). (2001). *The New Grove Dictionary of Music and Musicians: 29 volumes with index* (2nd ed., Vol. 26). New York: Oxford University Press, USA.
- Starr, W. J. (1999). *The Suzuki Violinist: A Guide for Teachers and Parents Item # 0605 (Suzuki Method International).* Miami, FL: Warner Brothers Publications.
- Stutschewsky, J. (1932). *The art of playing the violoncello. Helft 1.* Mainz: Schott.
- Taboadela, C. H. (2007). *Goniometría: una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales* (1st ed.). Buenos Aires: Asociart SA ART.

Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. J. (2005). *Research methods in physical activity* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.

Tortellier, P. (1993). *El violoncello. Así enseñó, así interpreto.* (M. Á. Centenero, Trans.). España.

Walden, V., & Butt, J. (1998). *One Hundred Years of Violoncello: A History of Technique and Performance Practice, 1740-1840.* New York: Cambridge University Press.

### **Artículos**

De Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 135–163.

Dijana, I. (2005). Factors contributing to diagnostic skill competency of string teachers. *Journal of String Research*, 5, 25–42. Fernández, R., Rodríguez, B., Barcia, M., Souto, S., Chouza, M., & Martínez, S. (1998). Generalidades sobre feedback. *Fisioterapia*, 20(91), 3–11.

Forsman, M., Sandsjö, L., & Kadefors, R. (1999). Synchronized exposure and image presentation: Analysis of digital EMG and video recordings of work sequences. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24(3), 261–272.

Guettler, K. (1992). Electromyography and Muscle Activities in Double Bass Playing. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 9(3), 303–309.

Jacobs, R. (1993). *The addition of a flexible wrist unit to enhance prosthetic function.* Presentado en el MyoElectric Controls/Powered Prosthetics Symposium. New Brunswick, Canada: August, 1993. Copyright University of New Brunswick

LeVine, W. R., & Irvine, J. K. (1984). In vivo EMG biofeedback in violin and viola pedagogy. *Biofeedback and Self-Regulation*, 9(2), 161–168. .

Ogihara, N., & Yamazaki, N. (2001). Effect of Body Structure on Skill Formation in a Force Precision Task Mimicking Cello Bowing Movement. *JSME International Journal Series C*, 44(1), 69–78.

Rickert, D. L., Halaki, M., Ginn, K. A., Barrett, M. S., & Ackermann, B. J. (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(6), 1261–1268.

Riley, K. (2005). The use of multimodal feedback in retraining of complex technical skills of piano performance. *Medical Problems of Performing Artists*, 20(2), 82. Retrieved from

Turner-Stokes, L., & Reid, K. (1999). Three-dimensional motion analysis of upper limb movement in the bowing arm of string-playing musicians. *Clinical Biomechanics*, 14(6), 426–433.

Verrel, J., Pologe, S., Manselle, W., Lindenberger, U., & Woollacott, M. (2012). Coordination of degrees of freedom and stabilization of task variables in a complex motor skill: expertise-related differences in cello bowing. *Experimental Brain Research*, 224(3), 323–334.

Winold, H., & Thelen, E. (1994). Coordination and Control in the Bow Arm Movements of Highly Skilled Cellists. *Ecological Psychology*, 6(1), 1–31.

### **Tesis/Disertaciones**

Anderson, J. E. (2001). *The cellist's right hand: a guidebook for pedagogy and practice* (Tesis). UMI, USA.

Carpinteyro-Lara, G. (2014). *The application of the kinesthetic sense: an introduction of body awareness in cello pedagogy and performance*. (Tesis). University of Cincinnati, USA.

Deutsch, L. M. (2011). *Motion Study of Violin Bow Technique: a study comparing the motor patterns of professional and student violinist* (Disertación). UMI, EEUU.

Koehler, W. (1994). *The effect of electromyographic feedback on achievement in bowing technique*. (Tesis). UMI, USA.

Sella, D. (1980). *An Application of basic structure and movement of the human body to the fundamentals of cello technique* (Tesis). UMI, USA.

## Apéndices

---



## Apéndice 1. Solicitud a la dirección del centro.



Estimada Directora del **Conservatorio Elemental y Escuela de Música de Lanzarote**:

Nos ponemos en contacto con usted para indicarle que Dña Rosa D. Martín Armas, como doctorando del Dpto. de Psicología y Sociología de esta Facultad, solicita la colaboración del alumnado del Centro para la toma de datos a incluir en su Tesis Doctoral.

El estudio está dirigido al alumnado de la especialidad de *violoncello* de todos los cursos y niveles y consiste en la aplicación de electrodos de superficie en el pulgar de la mano derecha para la recogida de datos electromiográficos.

Lugar: Aula de Violoncello

Fecha: abril/mayo de 2014

Agradeciéndole de antemano su colaboración

Reciba un cordial saludo

En Las Palmas de Gran Canaria a 11 de Abril de 2014

Guillermo Ruíz Llamas, Doctor por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Catedrático de Escuela Universitaria adscrito al Departamento de Educación Física y con docencia en la Facultad de Formación del Profesorado de la ULPGC.

Fdo. Guillermo Ruiz Llamas

Apéndice 2. Autorización entregada a los sujetos participantes en el estudio mayores de edad y a los padres o tutores de los menores.



Estimado Sr/a:

Nos ponemos en contacto con usted para indicarle que Doña Rosa D. Martín Armas, con DNI 43667477E está realizando un estudio sobre la actividad muscular en la mano derecha en estudiantes de violoncello para la realización de su Tesis Doctoral.

Los tutores de dicha tesis son:

Guillermo Ruiz Llamas, Doctor por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Catedrático de Escuela Universitaria adscrito al Departamento de Educación Física y con docencia en la Facultad de Formación del Profesorado, sita en la calle Santa Juana de Arco, 1. 35004 Las Palmas de Gran Canaria.

María Dolores Cabrera Suárez, Doctora por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Catedrática de Escuela Universitaria adscrito al Departamento de Educación Física y con docencia en la Facultad de Formación del Profesorado, sita en la calle Santa Juana de Arco, 1. 35004 Las Palmas de Gran Canaria.

El teléfono del despacho es el +34 928 45 17 55 y nuestros correos electrónicos [gruiz@def.ulpgc.es](mailto:gruiz@def.ulpgc.es) y [mcabrera@def.ulpgc.es](mailto:mcabrera@def.ulpgc.es)

La valoración consiste en medir mediante electrodos de superficie la actividad muscular del pulgar derecho durante la ejecución instrumental, así como capturar el proceso, mediante imagen de video.

Le estaría muy agradecida si, en la medida de lo posible, autorizara la participar en el estudio formando parte del grupo experimental.

Agradeciéndole de antemano su colaboración

Reciba un cordial saludo.

En Las Palmas, a 11 de Abril de 2014

Guillermo Ruiz Llamas

---

Don/Dña \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_ autorizo/ a mi  
hijo/a \_\_\_\_\_ a formar parte del grupo experimental  
para la realización de estudio propuesto por Dña. Rosa D. Martín Armas

Firma

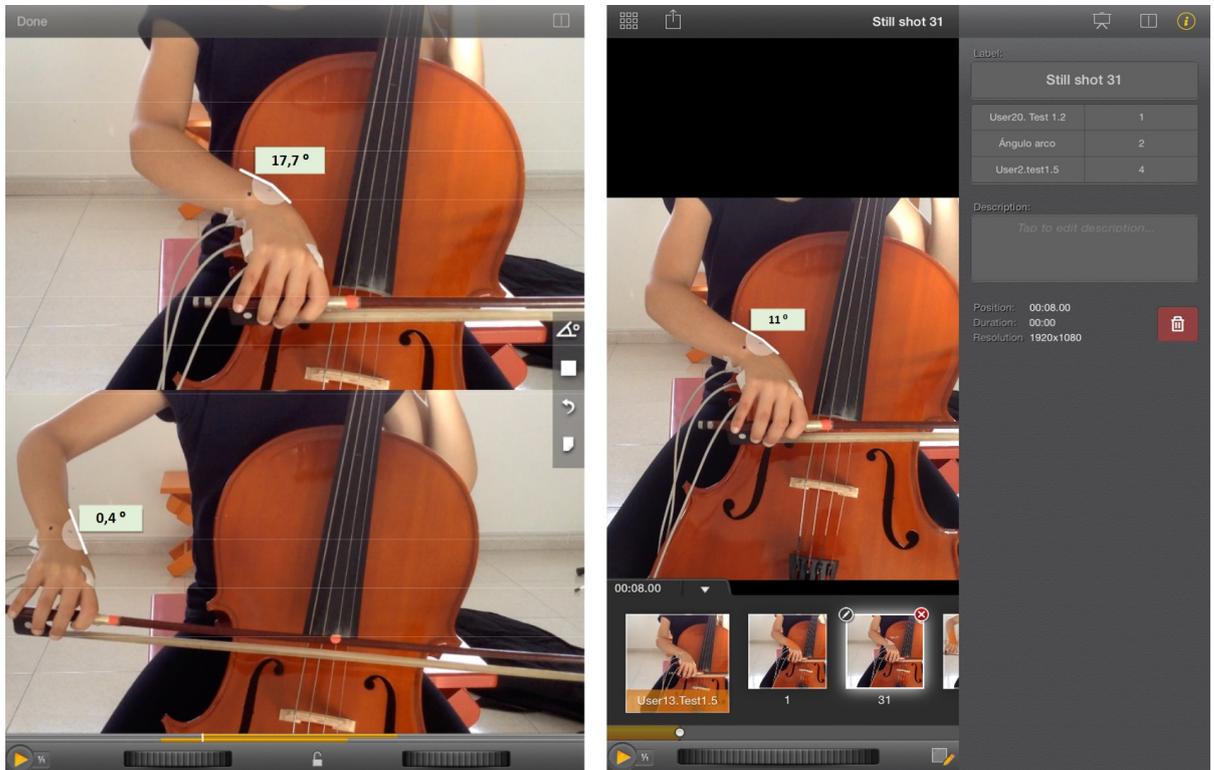
Apéndice 3. Escala de Sol Mayor. Ejercicio que realizaron los sujetos del grupo experimental durante el *Test*. Tempo: Negra=60



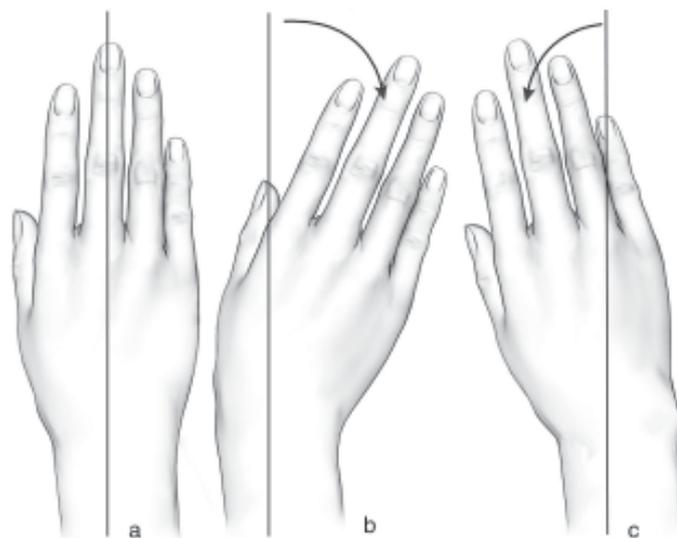
Apéndice 4. Músculo seleccionado para el registro de la actividad electromiográfica durante el accionamiento del arco en violoncellistas noveles y expertos. *Adductor pollicis* (Kendall, McCreary, Provance, Rodgers & Romani, 2005)



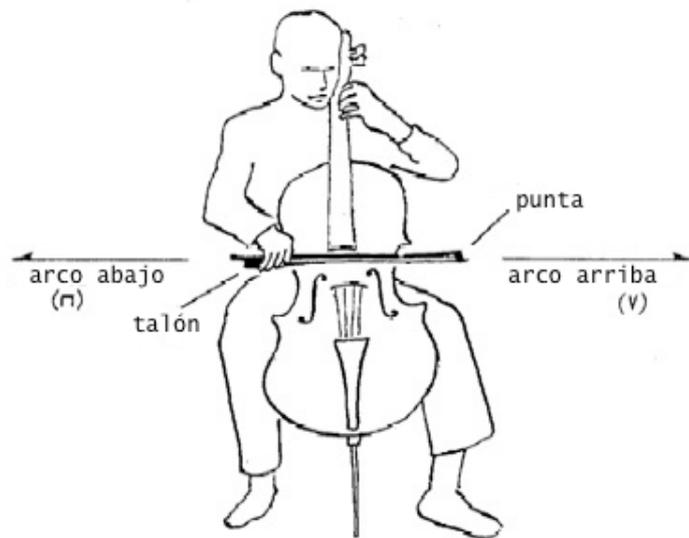
Apéndice 5. Detalles sobre el estudio goniométrico. Imagen generada durante el análisis goniométrico (Dartfish Express) (superior) y desviación radial y cubital de la muñeca: a) posición neutra; b) desviación cubital, y c) desviación radial (Taboadela, 2007) (inferior).



Línea media del antebrazo  
y del tercer dedo



Apéndice 6. Descripción de términos. Fuente: Winold, 1994.



Glosario de Tablas

---



<b>Tabla 1.</b> Antecedentes empíricos. ....	67
<b>Tabla 2.</b> Estadísticos descriptivos .....	85
<b>Tabla 3.</b> Media ( <i>M</i> ), <i>s</i> , Desviación Típica ( <i>SD</i> ) y Error de la Media ( <i>SEM</i> ) de cada grupo. Así como la Diferencia Estadística ( <i>Sig</i> ) y Tamaño del Efecto ( <i>TE</i> ) entre cada grupo para la máxima relajación (Relaj). ....	86
<b>Tabla 4.</b> Media ( <i>M</i> ), <i>s</i> , Desviación Típica ( <i>SD</i> ) y Error de la Media ( <i>SEM</i> ) de cada grupo. Así como la Diferencia Estadística ( <i>Sig</i> ) y Tamaño del Efecto ( <i>TE</i> ) entre cada grupo para la máxima tensión voluntaria (Tensión). ....	87
<b>Tabla 5.</b> Media ( <i>M</i> ), <i>s</i> , Desviación Típica ( <i>SD</i> ) y Error de la Media ( <i>SEM</i> ) de cada grupo. Así como la Diferencia Estadística ( <i>Sig</i> ) y Tamaño del Efecto ( <i>TE</i> ) entre cada grupo para la tensión alcanzada durante la prueba dinámica (Test). ....	87
<b>Tabla 6.</b> Media ( <i>M</i> ), <i>s</i> , Desviación Típica ( <i>SD</i> ) y Error de la Media ( <i>SEM</i> ) de cada grupo, así como la Diferencia Estadística ( <i>Sig</i> ) y Tamaño del Efecto ( <i>TE</i> ) entre cada grupo para el Porcentaje de la Tensión Máxima en reposo (%MVC). ....	88
<b>Tabla 7.</b> Diferencia estadística entre las medias recogidas en las pruebas de tensión por grupo. ....	92
<b>Tabla 8.</b> Media ( <i>M</i> ), Desviación Típica ( <i>SD</i> ) y Error de la Media ( <i>SEM</i> ) de cada grupo. Así como la Diferencia Estadística ( <i>Sig</i> ) y Tamaño del Efecto ( <i>TE</i> ) entre cada grupo para el Ángulo de la articulación de la muñeca en el talón del arco (AnguloT180). ....	96
<b>Tabla 9.</b> Media ( <i>M</i> ), Desviación Típica ( <i>SD</i> ) y Error de la Media ( <i>SEM</i> ) de cada grupo. Así como la Diferencia Estadística ( <i>Sig</i> ) y Tamaño del Efecto ( <i>TE</i> ) entre cada grupo para el Ángulo de flexión de la articulación de la muñeca (AnguloM180). ....	96
<b>Tabla 10.</b> Media ( <i>M</i> ), Desviación Típica ( <i>SD</i> ) y Error de la Media ( <i>SEM</i> ) de cada grupo. Así como la Diferencia Estadística ( <i>Sig</i> ) y Tamaño del Efecto ( <i>TE</i> ) entre cada grupo para Diferencia en grados entre la flexión y extensión de la articulación de la muñeca por grupos durante el accionamiento del arco. ....	98



## Glosario de Gráficos

---



<b>Gráfico 1.</b> ( <i>Test</i> ). Porcentaje de la tensión máxima durante la prueba dinámica al 95% de intervalo de confianza (I.C.) de cada grupo. ....	89
<b>Gráfico 2.</b> ( <i>Pretest</i> ) Media de los datos electromiográficos de la mínima tensión (Relaj) y la máxima tensión voluntaria (Tensión), durante las pruebas en reposo por grupos. ....	90
<b>Gráfico 3.</b> ( <i>Pretest y Test</i> ). Media con el 95% de intervalo de confianza, de los datos electromiográficos durante el <i>pretes</i> y <i>test</i> según grupos. ....	91
<b>Gráfico 4.</b> ( <i>Pretest y Test</i> ). Valores numéricos de la Media de los datos electromiográficos durante el <i>pretest</i> y <i>test</i> según grupos .....	91
<b>Gráfico 5.</b> Valores numéricos de las medias de la actividad electromiográfica (uV) e intensidad del sonido (dB) según grupo durante el movimiento del arco ( <i>Test</i> ). ....	93
<b>Gráfico 6.</b> Regresión lineal de la muestra entre la tensión en microvoltios y la intensidad del sonido en decibelios durante la prueba dinámica.....	94
<b>Gráfico 7.</b> Flexión (AnguloT180) y extensión (AnguloM180) de la articulación de la muñeca durante el accionamiento del arco según experiencia, al 95% de intervalo de confianza (I.C.)	95
<b>Gráfico 8.</b> Diferencia en grados entre la flexión y extensión de la articulación de la muñeca por grupos durante el <i>Test</i> . ....	97
<b>Gráfico 9.</b> Regresión lineal de la muestra entre las variables, porcentaje de tensión (Tensionporc) y la diferencia en grados del desplazamiento cubital de la articulación de la muñeca (MovGrados) .....	100
<b>Gráfico 10.</b> Regresión líneal de la muestra (separada por grupos) entre las variables porcentaje de tensión (Tensionporc) y la diferencia en grados del desplazamiento cubital de la articulación de la muñeca (MovGrados) .....	100



## Glosario de imágenes

---



Imagen 1. <i>Viola da braccio</i> o familia del violín. Fuente: <i>Syntagma musicum</i> (Wolfenbüttle, 1620). Michael Praetorius. ....	26
Imagen 2. <i>Viola da gamba</i> o familia de la viola. Fuente: <i>Syntagma musicum</i> (Wolfenbüttle, 1620). Michael Praetorius. ....	26
Imagen 3. Fresco de la cúpula del santuario de <i>La beata Vergine de Miracoli</i> , del autor Gaudenzio Ferrari, titulado <i>El concierto de los ángeles o concierto angelical</i> . Fuente: <a href="http://auladechelo.blogspot.com/2012/09/historia-del-violonchelo.htm">http://auladechelo.blogspot.com/2012/09/historia-del-violonchelo.htm</a> .....	26
Imagen 4. <i>Basse de violon</i> . Fuente: <i>Harmonie Universelle</i> (Paris, 1636) Marin Marseenne.....	27
Imagen 5. <i>Bas-Geig de braccio</i> . <i>Syntagma musicum</i> (Wolfenbüttle, 1620). Michael Praetorius. ....	27
Imagen 6. Evolución del arco. Fuente: (Arizcuren, 1992) .....	29
Imagen 7. Anatomía del violoncello. Fuente: ( <a href="http://www.el-atril.com/orquesta/Instrumentos/Cello.htm">http://www.el-atril.com/orquesta/Instrumentos/Cello.htm</a> ) .....	31
Imagen 8. Anatomía del arco. Fuente: Prieto & Mutis, 1998. ....	32
Imagen 9. Jean-Louis Duport.(Retrato atribuido a Madame Vigèe-Lebrun. Colección Dimitry Markevitch). Fuente: Walden, 1998. ....	41
Imagen 10. Romberg. Sujeción del arco. Fuente: Walden, 1998.....	41
Imagen 11. Dotzauer. Colocación del instrumento y del arco. Fuente: Walden, 1998.....	42
Imagen 12. Ilustración del agarre del arco según Alexanian. Fuente: Alexanian, 1922.....	43
Imagen.13. Colocación de los dedos en el arco según Stutschewsky (1932) .....	44
Imagen 14. Balanceo del pulgar. Fuente: Rolland, 1971. ....	44
Imagen 15. Colocación de los dedos en la vara. Fuente: Rolland, 191.....	44
Imagen 16. Agarre del arco. Fuente: Rolland, 1971. ....	45
Imagen 17. Posición correcta del pulgar. ....	46

Imagen 18. Posición incorrecta del pulgar. Fuente: Matz, 1974.....	
Fuente: Matz, 1974. ....	46
Imagen 19. Posición correcta del agarre. Fuente: Matz, 1974. ....	46
Imagen 20. Posición incorrecta del agarre. Fuente: Matz, 1974.....	46
Imagen 21. Punto de contacto del pulgar. Fuente: Tortelier, 1983.....	47
Imagen 22. Puntos de contacto de los dedos índice, corazón, medio y meñique. Fuente: Tortelier, 1983.....	47
Imagen 23. Para encontrar la posición de la mano en el arco. Fuente: Tortelier, 1983.....	48
Imagen 24. Método alternativo para encontrar la posición de la mano en el arco. Fuente: Tortelier, 1983.....	48
Imagen 25. Preparación al agarre. Fuente: Potter, 1980. ....	49
Imagen 26. Agarre sobre la cuerda. Fuente: Potter, 1980.....	49
Imagen 27. Curvatura del pulgar. Fuente: Potter, 1980. ....	50
Imagen 28. Posición del pulgar sin arco. Fuente: Gendron, 2001. ....	50
Imagen 29. Posición del pulgar en el arco. Fuente: Gendron 2001. ....	50
Imagen 30. Agarre del arco sobre la cuerda. Fuente: Gendron, 2001.....	51
Imagen 31. Posición del brazo en cada extremo del arco. Fuente: Alexanian, 1922.....	52
Imagen 32. Línea imaginaria de los dedos (EF) paralela a la de la muñeca. Fuente: Alexanian, 1922. ....	52
Imagen 33. Posición de la mano derecha en el talón (izda.) y en la punta (dcha.). Fuente: Alexanian, 1922. ....	53
Imagen 34. Posiciones del brazo en el talón, centro y punta del arco. Fuente: Stutschewsky, 1932.....	54
Imagen 35. Ejercicio para el movimiento del brazo derecho. Fuente: Rolland, 1971. ....	55

Imagen 36. Posición del brazo en el talón. Fuente: Matz, 1934. ....	56
Imagen 37. Posición del brazo en la punta. Fuente: Matz, 1934. ....	56
Imagen 38. Posición en el talón. Fuente: Gendron, 2011. ....	57
Imagen 39. Posición en la punta del arco. Fuente: Gendron, 2011.....	57
Imagen 40. Movimiento de la muñeca derecha. Fuente: Mantel, 1995, p.. 13 .....	60
Imagen 41. Posición de la muñeca durante diversas actividades. Fuente: Jacobs, 1993. ....	65
Imagen 42. Instrumentos de evaluación. Fuente; elaboración propia .....	76
Imagen 43. Colocación de los electrodos activos. Fuente: Fernández et al. 1998.....	78
Imagen 44. Protocolo del Pretest. ....	79
Imagen 45. Posición durante el Pretest. ....	79
Imagen 46. Imagen generada durante el análisis de la intensidad del sonido. Fuente: Praat.....	75