

## ESTUDIO DE LOS ERRORES MÁS COMUNES EN LA EJECUCIÓN DEL TONO FA3 EN LOS INSTRUMENTOS DE VIENTO METAL: ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA PARA SU APLICACIÓN DOCENTE.

PACS: 43.75.St

Esteve Rico, Juan Carlos<sup>1</sup>; Vera Guarinos, Jenaro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Universitario de Física Aplicada a las Ciencias y las Tecnologías. <sup>2</sup>Dpto. Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal - Universidad de Alicante -

Carretera San Vicente a Alicante, s/n

S. Vicente del Raspeig,

España

670 67 88 52 - 657 66 08 21

[estevejuancarlos@gmail.com](mailto:estevejuancarlos@gmail.com); [jenaro@ua.es](mailto:jenaro@ua.es);

**Key Words:** Sound emission, acoustic spectrum, harmonics, partial, pedagogy, trombone, new technologies, intraoral pressure, brasswind instrument.

**Palabras Clave:** Emisión sonora, espectro acústico, armónicos, parciales, pedagogía, trombón, nuevas tecnologías, presión intraoral, instrumento viento-metal.

### RESUMEN

Se ha analizado la ejecución de Fa3 para distintas situaciones donde la emisión tonal no era la correcta. Y se han comparado los resultados frente a una adecuada impostación. Los distintos escenarios se describen en términos que comprenden las características más importantes que se desarrollan durante la docencia en el aula de trombón. Se discuten los resultados obtenidos mediante el análisis de la evolución temporal de su espectro sonoro. Se han obtenido evidencias contrastadas de la relación existente entre la forma, distribución e intensidad de los parciales con los posibles errores que habitualmente se cometen durante el aprendizaje y se ha observado una fuerte correlación con los niveles de presión intraoral durante la ejecución de la nota. También se ha demostrado que la incorporación de las nuevas tecnologías en el aula de música facilitaría el aprendizaje de forma significativa.

### ABSTRACT

The execution of Fa3 has been analysed for different situations where the tone emission was not correct. And the results have been compared with the one with a suitable setting realised. The different scenarios or situations are described in terms that comprise the most important characteristics that are developed during teaching in the trombone classroom. We discuss the results obtained by analysing the temporal evolution of its sound spectrum. We have obtained contrasted evidence of the relation between the form, distribution and intensity of the partial ones with the possible errors that are usually committed during the learning and a strong correlation with the levels of intraoral pressure during the execution of the note has been observed. It has also been shown that incorporating new technologies into the music classroom would facilitate learning significantly.

## INTRODUCCIÓN

En un trabajo anterior se propuso un método para el desarrollo de la calidad sonora en los instrumentos de viento metal [1], donde se postula el uso de las nuevas tecnologías como herramienta necesaria para facilitar la labor docente en el aula de música.

El presente artículo se puede considerar como la continuación de esa idea pero con el objetivo de encontrar y relacionar las características del espectro armónico de la nota Fa3, que tomamos como ejemplo, con los criterios interpretativos y pedagógicos que la definen para las diferentes formas de emitir que suelen realizar los alumnos en el trabajo diario realizado en un aula de música de viento de metal.

La ausencia de literatura específica sobre este tema dificulta estos primeros pasos en la investigación que lejos de ambicionar grandes metas tan solo pretende aportar conocimiento a un campo todavía por desarrollar.

## 1. MATERIAL

Los materiales utilizados para la realización y desarrollo del trabajo de campo son:

- Grabación.
  - ✓ Trombón Bach 42 Stradivarius con transpositor Hagmann Sib/Fa.
  - ✓ Afinador cromático.
  - ✓ Micrófono de medición *Behringer*.
  - ✓ Tarjeta de sonido *Alesis io2*.
  - ✓ Software de audio *Audacity*
- Presión.
  - ✓ Sonda de presión diferencial *PCE-P01/05*.
- Edición y Análisis.
  - ✓ Software *SPEAR* (Spectral Analysis, Editing, and Synthesis).



Fig. 1. Material utilizado.

## 2. MÉTODO

Para abordar cualquier estudio relacionado con la percepción del sonido musical asumimos las ideas expuestas por Weber [8]: el cual argumenta que cada músico tiene un sonido característico por el que se le reconoce sin necesidad de contacto visual. Es el mismo fenómeno por el que identificamos a las personas por su voz cuando los escuchamos hablar. Es por esto que para la realización de este tipo de trabajos se deben mantener fijas las características fisiológicas del intérprete así como el instrumento implicado en el estudio, puesto que el conjunto forma un todo que es el responsable del sonido emitido [5], [7].

Puesto que tanto las resonancias del tracto vocal, los labios y la musculatura buccinadora tienen efecto muy marcado en la calidad del tono sonoro, para la caracterización de cada situación nuestro trabajo tendrá en cuenta los siguientes ítems:

- 1) Apertura glotal.
- 2) Impostación.
- 3) Posición de la lengua.
- 4) Posición de los dientes.
- 5) Uso de la musculatura labial y buccinadora.
- 6) Presión intraoral.

Se han realizado un total de 100 grabaciones por cada uno de los tipos de los sonidos evaluados. Estos se corresponden con los posibles sonidos que suelen hacer los alumnos en el aula de viento metal.

El objetivo es detectar, identificar y relacionar posibles desviaciones de lo que se considera un sonido emitido perfecto o impostado correctamente para tratar de caracterizar de forma objetiva dichos errores y así obtener las características que puedan ser representativos y determinantes. Los escenarios analizados son:

- 2.1. En función de la apertura glotal restringida y los resonadores intraorales.
  - 2.1.1. Sonido impostado – modelo.
  - 2.1.2. Sonido sin impostar.
  - 2.1.3. Sonido con excesiva impostación.
- 2.2. En función de la apertura de los dientes.
  - 2.2.1. Sonido con los dientes cerrados.
- 2.3. En función de la tonicidad del labio.
  - 2.3.1. Sonido con los labios apretados (tensos) o afinación alta.
  - 2.3.2. Sonido con los labios sueltos (átonos) o afinación baja.
- 2.4. En función de la articulación con la lengua o su posición.
  - 2.4.1. Tipos de ataque.
    - 2.4.1.1. Sonido con el ataque entre los labios.
    - 2.4.1.2. Sonido con el ataque blando y lento.
    - 2.4.1.3. Sonido con el ataque con campana o acento.
    - 2.4.1.4. Sonido con el ataque duro o retenido.
  - 2.4.2. Sonido con la lengua en el medio.
  - 2.4.3. Sonido con el sonido nasal o lengua alta.

### 3. RESULTADOS

Los siguientes resultados se exponen en base a dos criterios. Por una lado, las características específicas de las diferentes emisiones analizadas y si se observa alguna cualidad que las defina en comparación con el Fa3 impostado<sup>1</sup> [4], que tomamos como modelo de calidad sonora. Por otro lado, las características musicales y la relación con la musculatura peribuca<sup>2</sup> y apertura glotal [8] que intervienen en la emisión de los sonidos con respecto al patrón (impostado), así como los criterios pedagógicos establecidos para la identificación y corrección de los mismos.

#### 3.1. Sonido Fa3 impostado (modelo de referencia)

La impostación se produce tras la inspiración diafragmática, momento tras el que se coloca adecuadamente la apertura glotal restringida [6] y los resonadores intraorales, especialmente los superiores, se consigue con la boca de bostezo que favorece la resonancia y el paso del aire. Exige un esfuerzo muscular bien balanceado sin que prime la tensión o atonicidad, lo que suele conocerse como estado muscular tónico. En este estado los labios encuentran la resistencia necesaria en la embocadura para vibrar con facilidad y calidad. Sin duda es el sonido más estable, afinado, con mayor presencia de armónicos y menor ruido de todos los analizados, especialmente en el momento del ataque.

<sup>1</sup> Apertura voluntaria de la parte superior de la graganta, como nexo imprescindible entre la cavidad bucal o resonancia

<sup>2</sup> Peter Vivona [8] indica que cada instrumentista tiene una presión intraoral propia. Su seguimiento nos puede facilitar información importante sobre el estado de la vibración de los labios y la presión del aire en el trombón.

La presión intraoral es estable y se mantiene en torno a los 15 mbar y -18dB para el nivel de intensidad sonora. En las frecuencias inferiores, el primer parcial no aparece en ninguno de los ejemplos estudiados tal y como se observa en la figura 2. Las resonancias corresponden al segundo, tercer y cuarto parcial (hasta 1.000 Hz). Los parciales permanecen estables y sin ruido hasta 3.500 Hz para esta nota en particular.

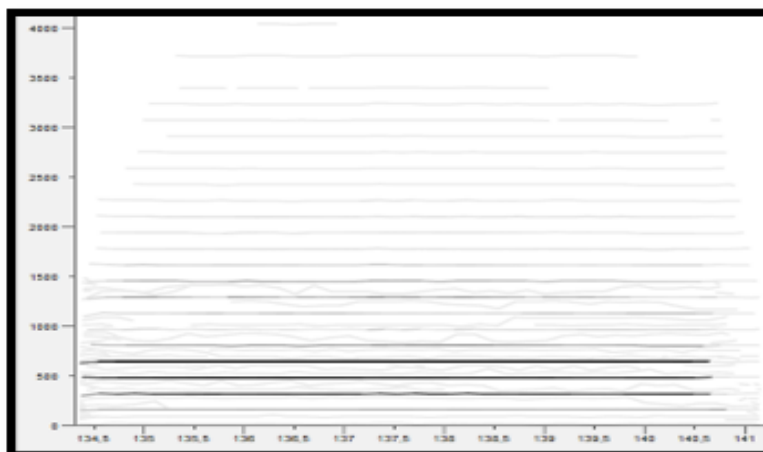


Fig. 2. Espectro armónico del sonido impostado

Es conocido, por todos, que una correcta inspiración diafragmática es la clave, pues después de su realización nos será más fácil impostar el sonido y utilizar el aire caliente expelido. Para que este proceso tenga éxito s aconsejable entrenar la respiración completa antes de enfrentarse al instrumento; para ello existe bibliografía muy interesante que nos puede facilitar el proceso<sup>3</sup>.

Tal como indicamos anteriormente el tono Fa3 impostado será referencia y modelo para los siguientes sonidos analizados.

### 3.2. Emisión del sonido Fa3 sin impostar.

El sonido sin impostar se encuentra en las antípodas del sonido impostado, es su contrario, la antítesis a todas las características expuestas en 3.1.

La ausencia de impostación consiste en una deficiente apertura glotal restringida dado que la glotis se encuentra demasiado abierta y sin tonicidad, y en la falta de espacio resonante en la cavidad bucal, lo que debilita la intensidad del sonido emitido y en consecuencia sus armónicos. Esto sucede cuando la inspiración es muy pequeña, no dando lugar a que se desencadenen el resto de pasos: apertura glotal restringida, resonancia intraoral y flujo de aire caliente. Este error se suele cometer al principio del aprendizaje en todos los instrumentos de viento-metal.

Al emitir el sonido Fa3 sin impostar, se observa que la presión intraoral es muy baja, 8 mbar, y el matiz sonoro baja al piano (-33dB), lo cual da como resultado un sonido desafinado descendentemente e inestable. Es el sonido más débil de todos los analizados.

<sup>3</sup> Las siguientes referencias son un ejemplo:

- ❖ PILAFIAN, Sam & SHERIDAN, Patrick: *The breathing gym*. Arizona, Focus on Music, 2002.
- ❖ ZI, Nanci: *El arte de respirar. Seis sencillas lecciones para mejorar la salud, la interpretación artística y el rendimiento atlético*. Madrid, Arkano
- ❖ NELSON, Bruce. *Also sprach Arnold Jacobs. A Developmental Guide for Brass Musicians*. Illinois, Windsong, 2006.

Armónicamente, el espectro muestra parciales inferiores muy débiles, ver figura 3. Además en el momento del ataque aparece mucho ruido hasta 1000 Hz, sin embargo la inarmonicidad es moderada para estos parciales cuando el tono se estabiliza. Por otro lado, los parciales superiores son inexistentes, quedando la frecuencia de corte alrededor de los 1500 Hz. Como veremos, a lo largo del desarrollo, es el valor más bajo de todos los ejemplos estudiados dando en consecuencia un sonido de muy baja calidad armónica.

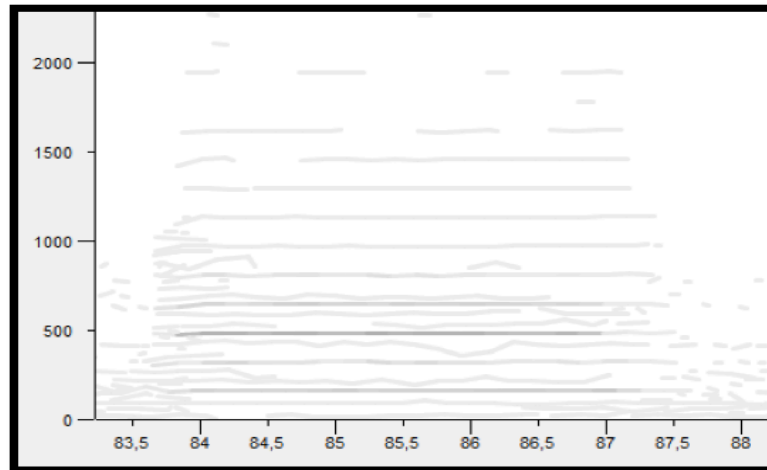


Fig. 3 Espectro armónico Fa3 sin impostar

### 3.3. Sonido Fa3 con excesiva impostación o tensión en garganta.

Sabemos que cada persona ejerce una serie de presiones intraorales propias y que no se puede definir un baremo común para todos, pero para cada individuo existe una relación entre la presión intraoral alta o baja respecto a los valores alcanzados al ejecutar un sonido impostado. Esta premisa es cierta para cualquier sujeto analizado [8].

En este ejemplo vemos, figura 4, que al emitir con excesiva tensión en el espacio glotal, la presión intraoral medida alcanza los 19 mbar, algo más alta de lo normal lo que se puede considerar e excesivo.

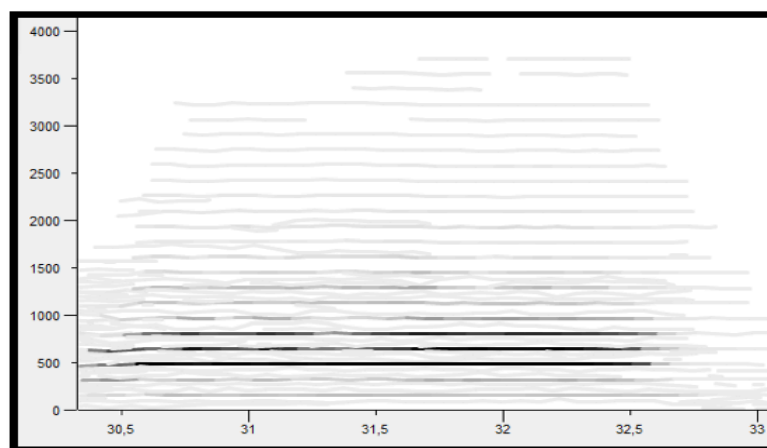


Fig. 4 Espectro para Fa3 con tensión garganta

No existe estabilidad sonora puesto que el sonido tiende al Síb2. Es a este fenómeno al que nos referimos cuando decimos que el sonido se abre, la afinación queda baja con respecto al La<sub>440Hz</sub>. Lo que se produce debido a la fuerza excesiva que los músculos de la garganta aplican a la apertura glotal y al efecto conjunto del posicionamiento relativo de los resonadores intraorales superiores. Es como si intentáramos tocar Fa3 con la boca en posición de Síb2. De

esta forma el sonido emitido parece que tiene la constante necesidad de buscar e irse hacia el armónico inferior.

También debemos destacar que esta forma de emitir dificulta la articulación picada en los instantes iniciales del ataque y es por eso que existe gran inarmonicidad hasta 1500Hz. Debido a la excesiva apertura glotal nada obstruye el paso del aire y la emisión tiene fuerza y presencia, (-9 dB).

Destacan la respuesta de los parciales tercero, cuarto y quinto (hasta 1000 Hz). Una vez que el tono se estabiliza los parciales superiores (2000-4000 Hz) son estables y no presentan ruido.

Aparentemente este sonido es rico en armónicos superiores pero se puede observar que a partir de 3000 Hz estos se vuelven quebradizos e inestables. La respuesta espectral se corta cerca de los 4000Hz. Y aunque aporte armónicos sueltos en frecuencias superiores este sonido es de peor calidad armónica que el sonido impostado por la desfinación del tono y su tendencia a romperse.

### 3.4. Sonido Fa3 con los dientes cerrados.

Al tocar es necesario apretar un poco los labios para que el aire no escape por cualquier abertura imperceptible, pero en los inicios musicales al realizar esta acción se tienden a cerrar de forma involuntaria los dientes además. El efecto que esto produce es que la afinación queda alta y el sonido pierde calidad, figura 5.

El ataque resulta difícil pues la lengua no tiene espacio para golpear con comodidad sobre los dientes superiores, y por consiguiente se articula más alto de lo normal, de ahí la gran inarmonicidad que encontramos hasta los 2000 Hz como consecuencia de la falta de afinación. Y que en el momento de la emisión resulta muy complicado estabilizar el sonido. En la figura 5, se pueden observar las fluctuaciones.

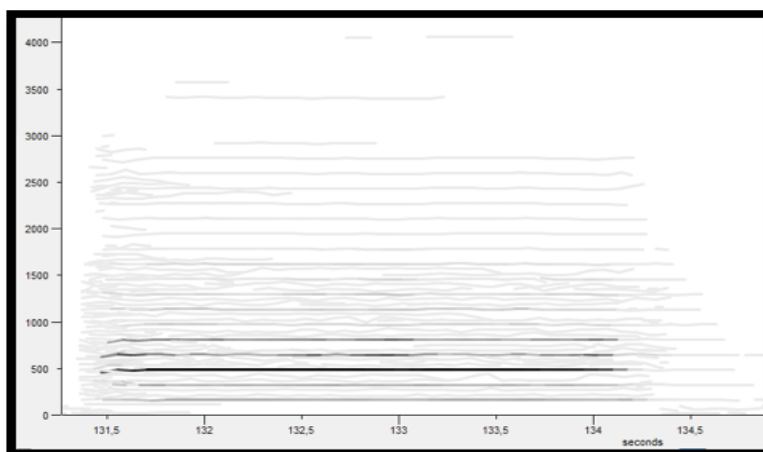


Fig.5 Espectro armónico para el Fa3 con dientes cerrados

Sin duda, Fa3 con los dientes cerrados muestra un comportamiento espectral muy diferente al propuesto como modelo con el sonido impostado. Existe gran variabilidad de la presión intraoral (15 mbar - 19 mbar) y un matiz dinámico cercano a "mf" (21 dB -18 dB).

La debilidad de los parciales inferiores (hasta 1000Hz) y la gran cantidad de inarmonicidad hasta 2000 Hz, nos indican que los labios están vibrando con dificultad, pues la emisión se realiza con los dientes cerrados de forma involuntaria y como consecuencia la presión intraoral es mayor de lo esperado en un sonido impostado. Y como consecuencia la afinación queda afectada tendiendo a ascender.



Es destacable la resonancia del tercer parcial (Sib4 - 468 Hz) como la más potente de todas.

### 3.5. Sonido Fa3 con labios apretados.

Este suele ser la emisión más habitual en el inicio de los estudios musicales según nuestra experiencia docente. Cuando apretamos los labios excesivamente sube la presión hasta 22 mbar, lo cual perjudica a la afinación ascendentemente como ya indicamos en el caso anterior.

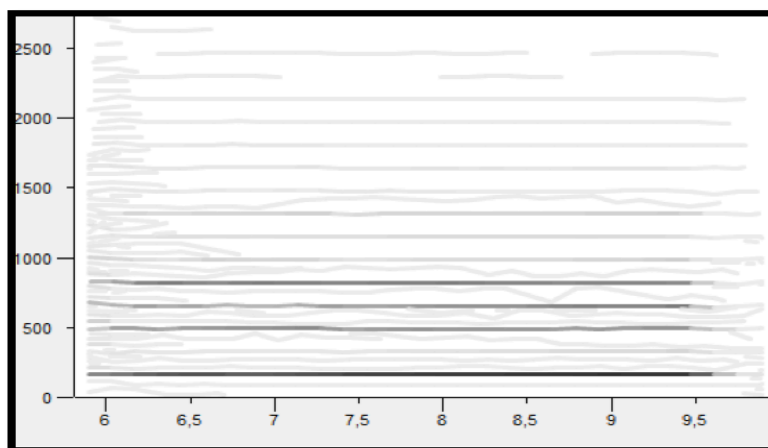


Fig. 6 Espectro armónico para Fa3 con labios apretados

Además la fuerza que ejercen los labios entre sí dificulta el proceso vibratorio. Tanto la excesiva presión intraoral como la fuerza opresora excesiva de la musculatura facial dan como resultado un tono de poca estabilidad y baja calidad armónica.

La dificultad que representa la constricción de los labios en el inicio del proceso vibratorio tiene su consecuencia sobre el ataque puesto que este se produce desafinado, débil y oscilante, con gran presencia de ruido en todo el espectro armónico inicial (hasta 2500 Hz). El escaso flujo de aire da lugar a una impostación insuficiente y en consecuencia el sonido se produce débil, alrededor de los -24 dB, cuando en el modelo impostado se alcanzan nueve decibelios más de intensidad sonora.

Armónicamente, el espectro muestra presencia en los parciales inferiores hasta 800 Hz, excepto para el segundo parcial que se difumina. Existe gran inarmonicidad hasta 800 Hz cuando el ataque se estabiliza, en cambio, para los parciales superiores (1000 Hz - 2000 Hz) son estables y casi no presentan ruido. No obstante, dada la falta de impostación, a partir de 2000 Hz estos se vuelven quebradizos e inestables. Los sonidos cortan cerca de los 2500Hz. Podemos decir que la emisión del Fa3 con los labios apretados muestra menos calidad sonora que el sonido impostado. Y como característica más relevante tenemos la buena definición de los parciales uno, tres, cuatro y cinco.

### 3.6. Sonido Fa3 con los labios sueltos o musculatura átona.

Una buena embocadura o musculatura peribucal tonificada ayuda a la estabilización de la emisión y la correcta ejecución de las notas. Pero debido a la falta de estudio cuando la motivación es inexistente, lo que es común entre los alumnos de primeros cursos, es usual tener dicha musculatura átona. Cuando esto ocurre el sonido resulta inestable y notablemente desafinado. Concretamente el sonido tiende a bajar con respecto al La<sub>440Hz</sub> y en ocasiones a buscar la siguiente resonancia del tubo, en este caso el Sib2. Esto ocurre aunque la apertura glotal y los resonadores peribucales actúen adecuadamente, pues la falta de sujeción en la

musculatura facial impide el correcto funcionamiento de la fuente de vibración y con ello se pierde la calidad del sonido.

Al emitir el Fa3 con los labios sueltos, la falta de adecuación de la musculatura al tono hace difícil estabilizar el nivel de presión sonora en el tiempo que oscila continuamente entre -21 dB y -15 dB, aportando menos intensidad que el sonido impostado. Pero en cambio la presión intraoral no se ve afectada respecto al modelo (las diferencias son muy sutiles) 12 mbar y 14 mbar. Aunque existe una falta de afinación patente.

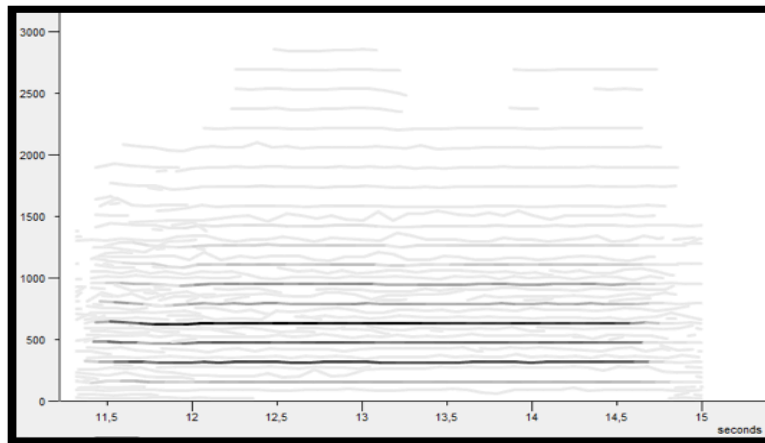


Fig. 7 Espectro armónico para fa3 con labios sueltos

Armónicamente, el espectro muestra poca intensidad en los parciales inferiores, de hecho el primer parcial no aparece. El resto lo hace hasta 1000 Hz. Existe mucha inarmonicidad y presencia de ruido hasta los 1.500 Hz especialmente en el momento de ataque. La falta de una correcta sujeción de la fuente de vibración causa la desafinación y problemas de calidad sonora.

### 3.7. Sonido Fa3 con diferentes modos de ataque. Casos A, B, C, D.

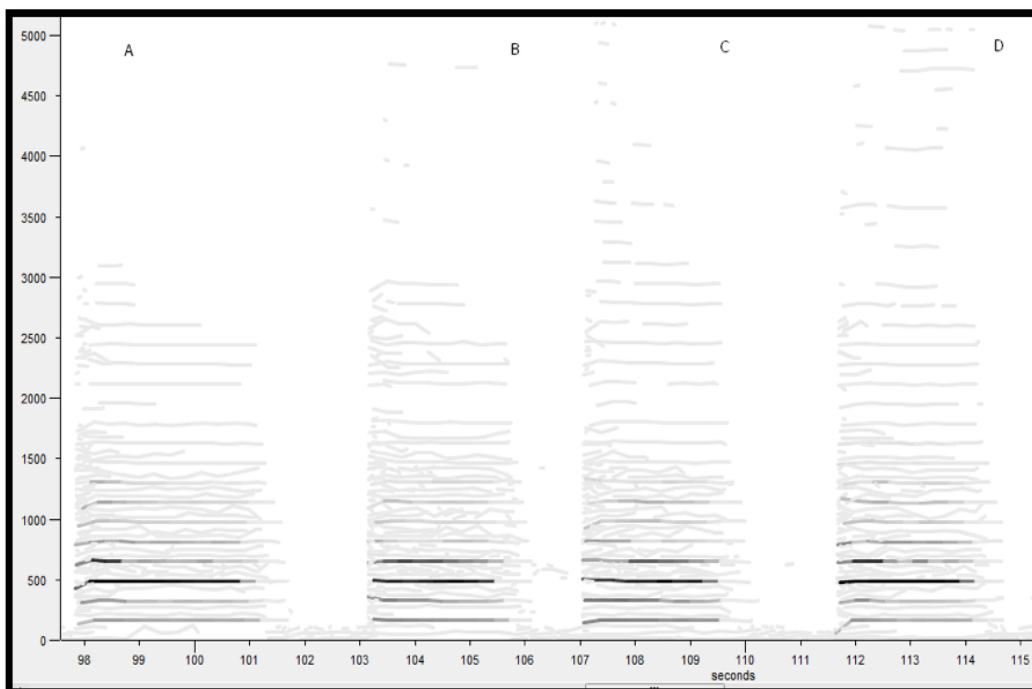


Fig.8 Imagen del espectro armónico. Modos de ataque ABCD para Fa3



### 3.7.1. Ataque contra los labios - Caso A.

Cuando atacamos el principio de cada nota con la lengua contra los labios en vez de contra los dientes, la vibración adquiere un soplido de aire molesto que corta el sonido en cada una de las ocasiones que se utiliza, de ahí la gran cantidad de ruido existente en el momento del ataque hasta 1500Hz. Es una articulación errónea y que perjudica la fuente de vibración y en consecuencia la calidad del sonido, puesto que la frecuencia de corte se queda en 2500 Hz cuando el modelo impostado corta por 3500 Hz. Recordemos que el picado debe hacerse sobre la base de los dientes superiores con el fonema "TA".

Con el ataque en el labio la presión no se estabiliza y es muy alta en el momento del ataque 19mbar, y por ello la afinación también queda alta. Posteriormente se estabiliza sobre 14 mbar. El sonido es más fuerte de lo establecido; encontramos -12 dB al principio y luego se normaliza a -18 dB.

No aparece el primer parcial y destacan el tercer armónico. Existe mucha inarmonicidad hasta 1500 Hz especialmente en el momento del ataque. Los parciales superiores son débiles e inestables a partir de 1500 Hz y se hacen más quebradizos al llegar a la frecuencia de corte 2500 Hz.

Este es un sonido de baja calidad armónica puesto que corta en 2500 Hz cuando el sonido impostado lo hace en 3500Hz.

### 3.7.2. Ataque blando - Caso B.

Atacar supone definir la afinación y forma de cada nota, cuando esto se pierde el sonido es de baja calidad, inestable y carece de articulación.

Lo que definimos como ataque blando o hinchado es muy usual en el aula musical como producto de una lengua flácida e imprecisa, lo cual suele ser habitual en los inicios musicales para este tipo de instrumentos.

Las características observadas son: presión baja al principio (9 mbar) aunque se estabiliza lentamente a valores aceptables (13 mbar). Los niveles sonoros oscilan entre los -21 dB en el ataque y los -18 dB. Estos cambios de intensidad añadidos a la lentitud del proceso se traducen en una sensación desagradable para el oído, se suele decir que el sonido se hincha, es una articulación errónea.

Si nos fijamos en el espectro armónico de la figura 8 para este caso, observaremos que los parciales inferiores no aparecen excepto para la tercera resonancia, mientras que los superiores son débiles y quebradizos por falta de impostación y cuidado en la proyección de la del aire. El sonido se corta sobre 2500 Hz y podemos afirmar que es de inferior calidad armónica que el patrón establecido.

### 3.7.3. Ataque con campana - Caso C.

Cuando tocamos accionando la apertura glotal restringida y utilizando los resonadores de la cavidad fonadora, los labios encuentran la presión necesaria para vibrar con facilidad y calidad. Sin duda es el sonido más estable, afinado y con mayor calidad de armónicos de todos los analizados como erróneos puesto que pertenece a la familia del sonido impostado. Este modo presenta una novedad por la forma característica que se produce el acento en la articulación picada. De esta forma se obtiene un sonido estable y articulado. Este es un sonido óptimo y se propone como modelo para los casos de articulación en el ataque analizados como grupo particular (A, B y D).

Con el ataque con campana sube la presión al articular y se estabiliza en 14mbar. El nivel sonoro se aproxima a los -18 dB que es lo propuesto como nivel de intensidad sonora óptima en el modelo, para este interprete en particular.

Al observar la figura 2.7-C: en los parciales inferiores destacan el tercer y cuarto armónico. Hay presencia de parciales inferiores hasta 1000 Hz y los parciales superiores son más estables cortando sobre 3000 Hz. Aunque se podría ampliar la existencia de la estructura del espectro armónico hasta 5000 Hz. Esto es debido al efecto que produce la articulación acentuada con el que se aborda la ejecución en este ejemplo que conlleva un aumento de la presión intraoral y produce un sonido de mayor nivel. Es un sonido de gran calidad armónica.

#### 3.7.4. Ataque duro o retenido. -Caso D.

Tanto por blando como por duro, si la lengua no centra la articulación del tono el sonido es inestable y de baja calidad. Además si a esto aunamos la característica retención de picado que se suele dar en muchos alumnos, obtendremos un sonido fuerte en el inicio, desproporcionado y de baja calidad sonora.

La lengua en este caso obstruye al paso del aire taponando la salida y sólo cuando esta se aparta sale el aire acumulado de golpe provocando una dinámica descontrolada dada la excitación repentina a la que es sometida la fuente de vibración.

Con el ataque duro o con retención inicial, la presión sube mucho con respecto al modelo, casi 19 mbar, y luego va bajando cuando el tono se estabiliza hasta 14mbar. Si observamos el nivel de intensidad sonora: durante el ataque llegamos a -9 dB ó -12 dB, nivel más elevado que lo propuesto como correcto. Posteriormente se estabiliza correctamente entre -18 dB y -15 dB.

Como consecuencia de la retención del aire por la obstrucción temporal de la lengua en el momento del ataque, es el sonido más fuerte de todos los analizados, destacando especialmente por ese exceso de volumen y descontrol en el momento de la emisión, lo cual se traduce en la gráfica 2.7-D en una gran cantidad de ruido en el momento del ataque (hasta 1600 Hz).

En los parciales inferiores destacan el tercer, cuarto y quinto armónico (800 Hz). Los parciales superiores 1500 Hz hasta 3000 Hz son estables después del ataque. Si observamos el desarrollo de las frecuencias superiores estas se hacen quebradizas y aparecen con mucha debilidad por encima de los 5000 Hz.

Aunque cuando el sonido se estabiliza es rico en armónicos, la articulación es defectuosa con tendencia a quedar desafinada ascendentemente con respecto a  $L_{a440Hz}$ .

### 3.8. Sonido con lengua fuera de la posición de reposo (lengua en el medio)

Habitualmente solemos reposar la lengua sobre la base de la boca, pues es un gesto natural en la respiración diaria, pero cuando se trata de tocar el trombón podemos encontrarnos extraños, no sabemos donde colocarla y la sacamos de su posición de reposo natural.

Resulta muy complicado estabilizar el sonido si la lengua se queda en medio, pues no se puede realizar la impostación correctamente y los niveles de intensidad sonora que se producen son más débiles (-21 dB).

La principal característica definitoria es que se produce un sonido tembloroso como consecuencia de que la lengua no baja a la posición de reposo. Aunque la boca esté impostada la afinación oscila tendiendo a quedar alta.

Es un sonido que se rompe con facilidad puesto que los labios no están vibrando con facilidad tal y como se puede observar en la figura 9.

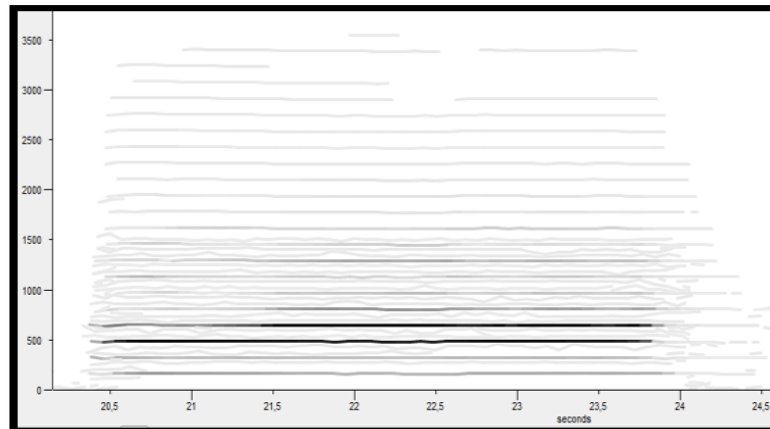


Fig. 9 Imagen del espectro armónico para fa3 lengua en el medio

Aunque la presión intraoral resulta correcta 14 mbar - 15mbar y a pesar de una impostación aceptable, la posición de la lengua afecta ascendentemente la afinación.

Armónicamente, el espectro muestra poca intensidad en los parciales inferiores hasta 1000 Hz. Así como gran inarmonicidad hasta 1500 Hz. Los parciales superiores (1500 Hz - 3000 Hz) son estables y no presentan ruido. Pero a partir de 2000Hz estos se vuelven quebradizos e inestables. El espectro armónico corta cerca de los 3500Hz. Como características, destacan los cuatro primeros parciales con Fa3 (185 Hz) y Fa5 (683 Hz) como más potentes.

La emisión del Fa3 con la lengua en el medio muestra un espectro muy parecido al propuesto como modelo, sonido impostado, excepto por la inarmonicidad existente hasta 1500Hz y la desafinación que castiga la calidad sonora.

### 3.9. Sonido Fa3 nasal.

Continuando con la falta de ubicación de la lengua en los inicios musicales dado que todavía no se sabe impostar con facilidad es concurrente la producción del sonido nasal. Este sonido se caracteriza por tener la lengua alta en su parte trasera conectando la cavidad nasal con la salida de aire y como consecuencia transforma el espacio resonante.

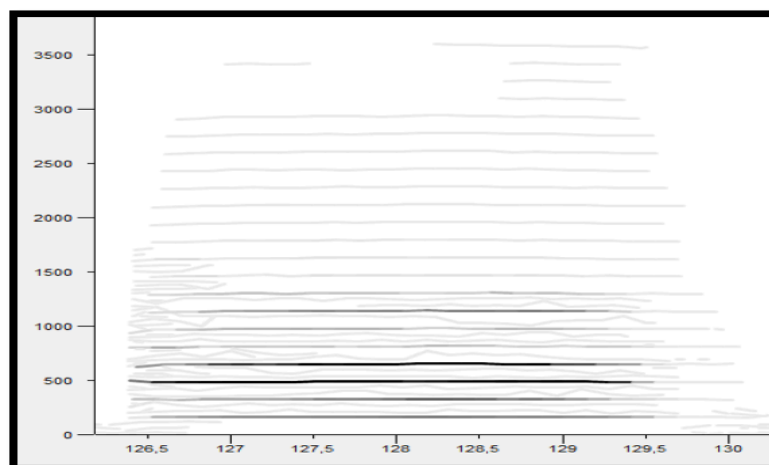


Fig. 10 Espectro armónico para Fa3 nasal

Observamos que la presión intraoral es alta 19 mbar – 20 mbar y que se pierde nivel sonoro con valores -21dB, lo cual da como resultado un sonido estable pero algo más flojo y de inferior calidad armónica (se corta en 3000 Hz).

Resulta imposible subir la lengua sin que se apriete un poco el labio por tanto la afinación se ve afectada ascendentemente y la calidad del sonido se ve influenciada negativamente.

Armónicamente, figura 10, el espectro muestra presencia patente de los parciales con estabilidad hasta 1500 Hz. La inarmonicidad es moderada. Por otro lado, los parciales superiores son estables y brillan por la ausencia de ruido. La frecuencia de corte está sobre los 3000 Hz.

La característica distintiva de este sonido que lo convierte en nasal es la presencia del séptimo parcial Re6 (1146Hz) que no ocurría en las otras emisiones estudiadas.

#### 4. CONCLUSIONES

Se ha podido comprobar y relacionar las posibles desviaciones entre el sonido modelo y los distintos escenarios donde la emisión tonal no era la correcta, detectando de esta forma las características más representativas que hemos reflejado en las tablas 1 y 2 que mostramos en las páginas siguientes.

Ha quedado demostrado la utilidad que el control baremado de la presión intraoral y del nivel de intensidad para el discernimiento de la articulación y valoración de la estabilidad sonora.

Por otra parte el juicio analítico de la evolución temporal del espectro armónico ha sido de gran utilidad, podemos decir que se ha convertido en una herramienta indispensable para objetivar los criterios interpretativos y pedagógicos que usualmente se usan en el aula. Y que sin esta herramienta en compañía de los valores de presión intraoral e intensidad acústica, comentados anteriormente, el profesor queda a merced de la opinión subjetiva sin posibilidad de ofrecer al alumno soluciones correctoras contrastadas. Para que este así pueda interiorizarlas con el apoyo de un marco de referencia establecido de antemano.

El sonido analizado en el presente artículo se corresponde con el Fa3 del trombón de varas. En futuras investigaciones se prevé continuar con el estudio del índice acústico completo del trombón. Y así poder implementar una herramienta software de referencia con las características que definen el espectro armónico y las condiciones establecidas como criterios pedagógicos para cada uno de los escenarios posibles que se puedan dar en la ejecución de los instrumentos de viento-metal.

Con ello se pretende afianzar el uso, en el aula de música, de las nuevas tecnologías con la finalidad de facilitar el aprendizaje significativo

CASO	AFINACION	PREISION (mbar)	NIVEL (dB)	Armónicos inferiores	Armónicos Superiores	I-corte superior	Características
Dientes cerrados	Alta	15-19 Inestable	-21 dB -18dB	-Poca intensidad hasta 1000Hz. -Inarmonia hasta 2000Hz	-Inestables 1500/3000Hz	3000Hz	Destaca el tercer parcial (Sib4-468Hz) como nota más resonante de todas
Lengua en el medio	Alta	14-15 Estable	-21dB -18dB	-Presentes. -Inarmonia hasta 1500Hz	-Estables. -Sin ruido. 1500/3.500Hz	3500Hz	Destacan los cuatro primeros parciales (Fa3-165Hz a Fa5-825Hz)
Excesiva impostación	Baja	17-19 Estable	-18dB -9dB Inestable	-Poca intensidad hasta 500Hz. -Inarmonia hasta 2000Hz	-Sin ruido. 2000/4000Hz)	4000Hz	Los dos primeros parciales no salen con facilidad y aunque son estables resuenan menos que el tercer, cuarto y quinto parcial (hasta 1000Hz)
Labios apretados	Alta	22-25 Estable alta	-24dB -21dB	-No 2º armónico. -Inarmonia hasta 1.500Hz	-Estables. -Sin ruido excepto ataque 2000/4000Hz.	2500Hz	El primer parcial está presente y resuena fácil en el instrumento. Por otro lado el segundo armónico se esconde y no resuena en los ejemplos estudiados. El ataque presenta mucho ruido
Labios sueltos	Baja	12-14 Estable	-21dB -15dB Inestable	-No 1º armónico. -Presentes del 2º al 4º armónico.	Los parciales superiores son muy débiles.	2500Hz	El primer parcial no aparece en ninguno de los ejemplos estudiados. Los parciales superiores son muy débiles y se cortan sobre 2.500Hz
IMPOSTADO	Estable	15 Estable	-18dB -15dB	-No 1º armónico. -Presentes del 2º al 4º armónico.	estables y sin ruido	3500Hz	El primer parcial no aparece. Es el que menos inarmonicidad presenta de todos los sonidos
Ataque labios	Alta	19-14 Inestable	-12dB -18dB Inestable	-Presentes 3º y 4º armónico. -Inarmonia hasta 1500Hz.	Débiles e inestables a partir de 1.500Hz	2500Hz	El primer parcial no aparece. Inestabilidad e inarmónicos en el ataque
Ataque blando	Baja	9-13 Inestable	-21dB -18dB	-Ruido en general	Débiles e inestables a partir de 1.500Hz. Gran Inarmonicidad	2500Hz	El primer parcial no aparece. Mucho ruido
Ataque con campana - impostado	Estable	14 Estable	-18dB	-Armónicos hasta 1000Hz	estables hasta 3000Hz	3000Hz 5000Hz	El primer parcial no aparece. Aparecen armónicos débiles hasta 2000Hz
Ataque duro	Alta	19-14 Inestable	-18dB	-Destacan armónicos 3º, 4º y 5º, hasta 1500Hz.	Los parciales superiores son estables	3000Hz 5000Hz	El primer parcial no aparece. Inestabilidad e inarmónicos en el ataque. Aparecen armónicos débiles hasta 5000Hz
Nasal	Alta	19-20 Estable alta	-21dB -18dB Estabiliza	-Armónicos estables y presentes hasta 1500Hz	Parciales superiores estables. Sin inarmonia	3000Hz	Presencia resonancia 7 parcial Re6 1146Hz.
SIN IMPOSTAR	Baja	8-10 Estable baja	-33dB Muy bajo	-Armónicos muy débiles hasta 1000Hz.	No existen parciales superiores	1.500Hz	Presión intraoral y nivel muy bajos. Es el peor sonido de todos

Tabla 1.- Resumen comparativo del espectro armónico con respecto del modelo establecido.

CASO	CARACTERÍSTICAS MUSICALES E INTERPRETATIVAS
<b>Dientes cerrados</b>	Al tocar con los dientes cerrados es necesario apretar un poco los labios para que el aire no se escape por cualquier orificio que encuentre en los labios y por tanto la afinación queda alta y el sonido pierde calidad. El ataque resulta difícil pues la lengua no tiene espacio para golpear con facilidad los dientes. Cuando los dientes están cerrados la lengua ataca o articula más alto de lo normal lo cual produce desafinaciones en la emisión de cada sonido. Esta variabilidad es debida a la obstrucción de los dientes los cuales dificultan el paso del aire gracias y de cuyo correcto paso depende el funcionamiento de la fuente de vibración.
<b>Lengua en el medio</b>	Resulta muy complicado estabilizar el sonido si la lengua se queda en medio de la boca y no baja hasta la posición de reposo y por ello el sonido es tembloroso. Aunque la boca esté impostada la afinación oscila tendiendo a quedar alta. Es un sonido que tiene tendencia a romperse
<b>Excesiva impostación</b>	No existía una estabilidad clara porque el sonido tenía mucha tendencia a abrirse y buscar el Sib, que es la nota inmediatamente inferior al fa3. Al forzar la apertura glotal con los músculos de la garganta y los resonadores intraorales superiores (paladar blando) era como tocar el fa3 pero con la boca de la nota inferior el Sib 3 y por tanto la afinación era muy baja. El exceso de presión del fa3 forzado al compararlo con el fa3 impostado es debido a que se ha tocado con más dB. Esto es difícil de evitar dada la apertura de la garganta y de la boca.
<b>Labios apretados</b>	Cuando apretamos los labios excesivamente sube la presión y la afinación con lo que se pierde la calidad del sonido analizado
<b>Labios sueltos</b>	Cuando soltamos los labios o existe falta de musculatura el sonido tiene tendía a bajar y en ocasiones a cambiar de de frecuencia hasta la siguiente resonancia del tubo, en este caso el Sib2
<b>IMPOSTADO</b>	Cuando tocamos facilitando la apertura glotal y utilizando los resonadores peribucales, la vibración de los labios encuentra la presión necesaria para vibrar con facilidad y calidad. Sin duda es el sonido más estable, afinado y con mayor calidad de armónicos de todos los analizados.
<b>Ataque labios</b>	Cuando atacamos el principio de cada nota con la lengua sobre los labios en vez de contra los dientes, la vibración adquiere un soplo de aire molesto que corta el sonido en cada una de las ocasiones que se utiliza. Esa una articulación molesta y que perjudica la calidad del sonido
<b>Ataque blando</b>	Atacar supone definir la afinación y forma de cada nota, cuando esto se pierde el sonido es de baja calidad, inestable y carece de articulación
<b>Ataque con campana - impostado</b>	Cuando tocamos facilitando la apertura glotal y utilizando los resonadores peribucales, la vibración de los labios encuentra la presión necesaria para vibrar con facilidad y calidad. Sin duda es el sonido más estable, afinado y con mayor calidad de armónicos de todos los analizados. Si a estas características le aportamos la forma característica del acento en la articulación picada, obtenemos un sonido estable y articulado.
<b>Ataque duro</b>	Bien por blando como por duro si la lengua no centra la afinación del tono y caracteriza su articulación, el sonido pierde calidad armónica y estabilidad
<b>Nasal</b>	Resulta imposible subir la lengua sin que se apriete un poco el labio por tanto la afinación se ve afectada ascendentemente y la calidad del sonido se ve influenciada negativamente. El sonido nasal se caracteriza por tener la lengua alta en su parte trasera y conectando la cavidad nasal resonante con la salida de aire y en consecuencia con la zona de resonancia de la vibración.
<b>SIN IMPOSTAR</b>	La ausencia de resonancia en la cavidad bucal debilita la intensidad de los sonidos resultantes, es el sonido más deteriorado de todos por su poca calidad sonora.

Tabla 2.- Resumen comparativo características musicales e interpretativas con respecto al modelo establecido.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Esteve Rico, J. C., Vera Guarinos, J., Castiñeira-Ibáñez, S., Rubio Michavila, C. *New teaching method for development of sound quality in brass instruments players – the trombone*. Barcelona: 2016 - ISSN: 2340 - 1117
- [2] Esteve Rico, J. C., Vera Guarinos, J. *Análisis comparativo de la influencia del p-bone (plastic trombone) frente a otros trombones de su misma tesitura fabricados en metal*. Valencia: Tecniacústica 2015. ISBN: 978-84-87985-263 / ISSN: 2340-7441
- [3] Esteve Rico, J. C., Vera Guarinos, J. *Investigando las anomalías de un trombón de varas de alta gama en su respuesta en impedancia y en los resultados de un estudio perceptual*. Porto: Euroregio 2016. ISBN: 978-84-87985-27-0 / ISSN: 2340-7441
- [4] Gloria Ortega, A. *La laringe y la ejecución de instrumentos de viento*, Huellas. Búsquedas en artes y diseño N° 8, 2014, Pág. 51 a 60. ISSN N° 1666-8197
- [5] Kemp, J. A. and Smith R. A. *Measuring the effect of the reflections sound from lips in brass musical instruments*. 11th Congrès Français d'Acoustique. Nantes, France. 2012
- [6] Mukai, S. *Laryngeal Control While Playing Wind Instrument*. [Nihon Jibiinkoka Gakkai Kaiho](http://www.researchgate.net/publication/20410664_Laryngeal_movements_during_wind_instruments_play). 1989 Feb;92(2):260-70. (in Japanese). Una versión en inglés, sin imágenes, se puede descargar en:  
[https://www.researchgate.net/publication/20410664\\_Laryngeal\\_movements\\_during\\_wind\\_instruments\\_play](https://www.researchgate.net/publication/20410664_Laryngeal_movements_during_wind_instruments_play)
- [7] Vereecke, H. W. *The Trombone of Anton Schnitzer the Elder in Verona: A Survey of Its Properties and Their Acoustical Significance*. Wien: *Historic Brass Society Journal* 23, 25-42
- [8] Vivona, P. M. *Mouth pressures in trombone players*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 155, issue 1, pp. 290-296. (1968)
- [9] Weber, K. *“Die Posaune ein luftklinger”*, <http://karlheinzweber.de/resources/Die-Posaune-ein-Luftklinger.pdf>. Acceso el 09/06/15