

**EL MECANISMO DE PRODUCCIÓN  
DE LA VIBRANTE APICAL MÚLTIPLE**

EUGENIO MARTÍNEZ CELDRÁN  
*Laboratori de Fonètica*  
*Universitat de Barcelona*

## RESUMEN

El mecanismo de la vibrante apical múltiple no se había descrito de forma convincente en los tratados clásicos de fonética ya que se intenta explicarlo mediante la elasticidad del ápice o por su rigidez o por el simple paso del aire. Ninguna de estas explicaciones es satisfactoria. El Teorema de Bernoulli, que establece que la velocidad y la presión de un fluido son inversamente proporcionales a lo largo de una línea particular, sirve de explicación al movimiento de vaivén del ápice lingual. Éste se eleva hasta tocar los alveolos con cierta presión. La presión del aire espirado irá aumentando progresivamente hasta vencer la resistencia del ápice, que acaba separándose y dejando una abertura estrecha por la que se desliza a gran velocidad, lo cual causa una disminución de su presión y una especie de vacío que obliga al ápice a elevarse de nuevo, completando así el ciclo, que se repite dos o tres veces como mínimo.

## ABSTRACT

The articulation of the apical trill has not been convincingly described in any traditional phonetics manual. It is often explained by means of the elasticity of the tongue tip or by its stiffness or simply by the pass of the airflow. None of these explanations is satisfactory. The Bernoulli principle - which establishes the faster the air moves, the lower the pressure is-, serves as an explanation of the backward and forward movement of the tongue tip. The tip raises and makes contact with the alveolar ridge, pressing it slightly. The opposite pressure of the espirated air flow will progressively increase until it overcomes the tongue tip resistance. The tip will end up separating from the alveolar ridge leaving a narrow opening, through which it slides at great speed. This causes a drop of the pressure and a sort of vacuum that forces the tongue tip to raise once again, thus ending the cycle. This happens at least two or three times

## 1. DESCRIPCIONES CLÁSICAS

La descripción de T. Navarro Tomás es bastante precisa, pero no completa: "en el mismo instante en que la punta de la lengua toca los alvéolos, es empujada con fuerza hacia fuera por la corriente espiratoria; rápidamente su propia elasticidad le hace volver al punto de contacto; pero de nuevo es empujada hacia fuera con igual impulso, repitiéndose varias veces este mismo movimiento..." (1918: p. 116, p. 122). De esta descripción queremos destacar la afirmación siguiente: "*su propia elasticidad le hace volver al punto de contacto*". ¿Esto supone que la punta de la lengua es elástica como una banda de goma que se estira y se encoge por su propia naturaleza? No parece que esta propiedad sea el mecanismo exacto de la producción de [r], sino más bien una condición que lo permite. Además dice que la corriente espiratoria empuja la punta de la lengua "hacia fuera"; más exactamente habría que decir "hacia abajo"; es decir, la despegada de los alveolos. Por otra parte, la indicación, que realiza con anterioridad, de que "la punta de la lengua se encorva hacia arriba, hasta tocar con sus bordes la parte más alta de los alvéolos" es correcta pero insuficiente, puesto que será necesaria también una cierta presión contra ellos que impida el paso del aire hasta que exista la fuerza de empuje necesaria para despegarla. De todo esto se desprende que la descripción de T. Navarro Tomás no es completa y que posee algunos aspectos que hay que aclarar.

Tobías Corredera (1949) buscaba con su libro corregir los defectos en la pronunciación mediante descripciones precisas de los sonidos y ejercicios de corrección para conseguirlo. Su descripción del mecanismo de producción de la vibrante múltiple es el siguiente: "La punta de la lengua se apoya con cierta fuerza en la protuberancia alveolar de los incisivos superiores [...]. Cuando se pronuncia, la punta hace presión sobre la protuberancia alveolar, pero su resistencia es vencida por la presión del aire, permitiendo el pasaje de parte de éste. Cuando parte del aire acumulado en la boca ha salido, la resistencia lingual es superior a la presión del aire, y la lengua vuelve a la posición primitiva. Como no hay abertura, éste se acumula nuevamente, aumentando al mismo tiempo su presión, volviendo a vencer la resistencia lingual. El movimiento se repite

varias veces con gran rapidez..." (p. 129). La descripción proporcionada por T. Corredera es mucho más precisa y exacta que la de Navarro Tomás; sobre todo porque tiene en cuenta el juego de presiones antagónicas que se produce entre la presión de la punta de la lengua sobre los alveolos y la presión del aire espiratorio. Aquí no se habla de elasticidad, aunque es cierto que se necesita un cierto grado de ella; por el contrario, se explica la subsiguiente subida de la punta de la lengua indicando que "la resistencia lingual es superior a la presión del aire". Es decir, el mecanismo supone que la punta de la lengua no se relaja y se mantiene tensa tocando los alveolos. La fuerza de empuje del aire la separa, pero una vez que ha pasado una bola de aire su presión disminuye, en cambio la tensión de la lengua se mantiene, por tanto, al ser inferior la presión del aire, la tensión lingual hace que ésta suba de nuevo y se adhiera con fuerza a la protuberancia alveolar. Como veremos más adelante, este detalle de la descripción no es tampoco correcto. Todo lo demás es perfecto.

Una tercera explicación del mecanismo podemos verla en otro de los grandes fonetistas clásicos: M. Grammont (1933:73): "la point reste entièrement libre, suspendue à une très faible distance des alvéoles des incisives supérieures, jusqu'au moment où le souffle, passant par-dessus, la met en vibration". Creo que para este autor el ápice lingual queda suspendido en medio, como el badajo de una campana, y el sople del aire lo mueve hacia arriba (toca los alveolos) o hacia abajo (se aleja de ellos). No parece que esta exposición se aproxime demasiado a la realidad del funcionamiento de la pronunciación de la vibrante múltiple; aunque sea la interpretación más común entre los fonetistas clásicos. D. Jones (1918, § 752) dice algo parecido: "the taps are not made by any conscious muscular movement of the tip of the tongue; the tongue is held *loosely* in the appropriate position, and the airstream causes the tip to vibrate". No obstante, estamos de acuerdo con que no es un movimiento muscular consciente; no lo es la repetición del movimiento, que es el mecanismo que tratamos de esclarecer, pero sí lo es la adopción de la primera posición de contacto ápice-alveolos, a partir de aquí el proceso sigue un mecanismo de repetición o vibración que se rige enteramente por leyes físicas.

Por lo demás, hay otros fonetistas que no explican el mecanismo y se limitan a decir que una vibrante es: "a type of consonantal segment resulting from a stricture of intermitent closure" (D. Abercrombie, 1967:49).

Autores modernos tampoco aciertan demasiado. P. Ladefoged (1975:147) lo explica de forma semejante a como lo hace D. Jones y M. Grammont: "In making a **trill**, one articulator is held loosely near another so that the flow of the air between them sets them in motion, alternately sucking them together and blowing them apart".

Pretendemos en este estudio aclarar por completo el mecanismo para superar estas viejas descripciones, lo cual puede ser útil no sólo para los fonetistas, sino también para profesores de español como lengua extranjera y para los logopedas.

## **2. EL EFECTO DE BERNOULLI.**

Daniel Bernoulli fue un físico suizo que vivió en el siglo XVIII (Catford 1977: 32-33). Fue el promotor de un importante teorema que relaciona velocidad y presión. El teorema establece que la velocidad y la presión de un fluido son inversamente proporcionales a lo largo de una línea particular: el aumento de velocidad conlleva una disminución de la presión y viceversa. Este teorema explica algunos fenómenos que podemos contemplar diariamente: la forma del ala de un avión está diseñada para aprovechar el descubrimiento de Bernoulli. Cuando el avión entra en pista de despegue y acelera, consigue aumentar la velocidad, lo cual hace que la presión de aire sobre las alas disminuya, y esto permite que se eleve, porque se ha producido una inversión de la fuerza de la presión al ser mayor la inferior que la superior. Hay, por decirlo de alguna manera, como una especie de vacío al cual es absorbido el aparato.

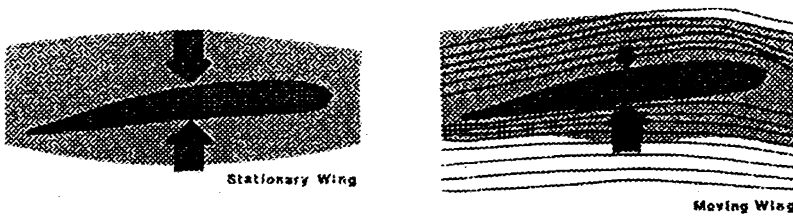


Fig. 1 (Apud Borden y Harris, 1984: 83) La anchura de las flechas indican la fuerza de la presión superior e inferior: iguales cuando el avión está parado y diferentes cuando el avión está en marcha y toma velocidad: la inferior se mantiene, mientras que la superior disminuye.

Otra experiencia cotidiana del efecto de Bernoulli la podemos observar en una ducha con cortinas. Al dejar correr el agua de la ducha con fuerza, las cortinas son atraídas hacia el interior porque la velocidad del agua que cae disminuye la presión del aire que rodea a la persona que se ducha. Cualquiera puede experimentar otro efecto de una manera simple: colóquese el borde de uno de los lados cortos de un folio bajo el labio inferior. Se observará que el folio está totalmente caído. Soplese con fuerza; entonces se verá cómo el folio sube hasta colocarse horizontalmente (véase figura 2). Cuanto mayor sea la velocidad de salida del aire, tanto más subirá el folio por la disminución de la presión aérea sobre su superficie.

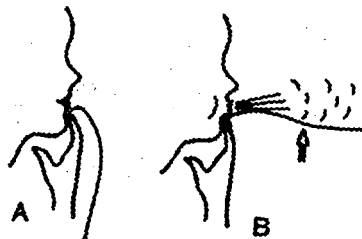
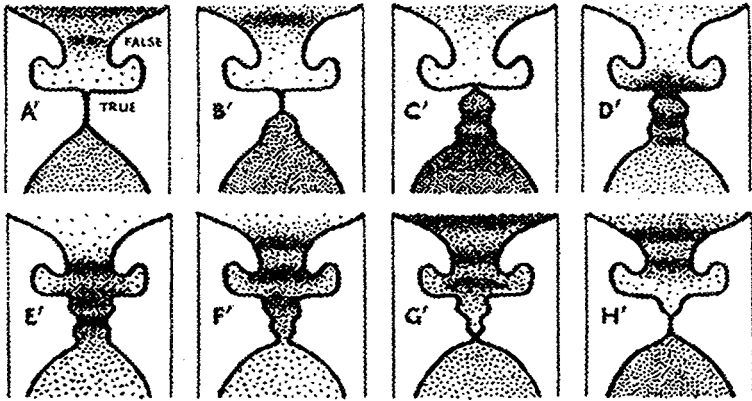


Fig. 2 (Apud Borden y Harris, 1984: 83) A: posición inicial del papel antes de empezar a soplar. B: cuando se sopla y el aire sale a gran velocidad, el papel se eleva.

### 3. EL TEOREMA DE BERNOULLI EN FONÉTICA

Este teorema se utiliza, sobre todo, para explicar el mecanismo de vibración de las cuerdas vocales. Lo nombran ya Chomsky y Halle (1968:168) llamándole el efecto de Bernoulli: "si la corriente de aire a través de la glotis es lo bastante rápida, puede reducir la presión dentro de la glotis (según el efecto de Bernoulli) hasta el punto de que esta presión sea insuficiente para impedir que la elasticidad de las cuerdas las aproxime mutuamente, cerrando de este modo la glotis..." Borden y Harris indican además que la velocidad aumenta al circular por un paso estrecho como el existente en la glotis (figura 3).



*Fig. 3 (Apud Borden y Harris, 1984:82, tomada a su vez de W. Vennard, 1967) Esta figura muestra claramente cómo actúa el efecto de Bernoulli en la vibración de las cuerdas vocales. (Véase la explicación en el texto)*

En la figura 3 está representado un ciclo completo de cierre-abertura-cierre de la vibración de los pliegues vocales. Los puntitos representan la presión; mayor si hay gran concentración de ellos y menor si se presentan

más diluidos. Desde A' a C' se ve como va aumentando la presión de aire subglotal hasta que separa completamente las cuerdas. Desde D' a F' se representa el paso del aire y el efecto de Bernoulli, pues se ve cómo disminuye la presión formando una especie de vacío que atrae de nuevo a las cuerdas. El proceso se completa con el cierre completo (G' y H') y comienza de nuevo a ir aumentando la presión subglotal que permitirá repetir el ciclo. Un hombre con un tono fundamental medio relativamente grave (por ej. 100 Hz) puede realizar un ciclo en 10 milésimas de segundo; una mujer con un tono fundamental medio relativamente agudo (por ej. 250 Hz) lo hará en 4 ms. Estas diferencias temporales se deben a la constitución de las cuerdas: más gruesas y largas en los hombres que en las mujeres, por regla general.

#### **4. EL MECANISMO DE LA VIBRANTE MÚLTIPLE.**

La vibrante posee, como su nombre indica, un ciclo vibratorio muy parecido al descrito en el movimiento de las cuerdas vocales. Que sepamos, sólo J.C. Catford aludió a este hecho: "the Bernoulli effect is chiefly important in relation to the generation of voice and no doubt other periodic 'trill'-type sounds that involve oscillatory opening and closing of a channel in the vocal tract" (1977:33). Esta explicación no la recogen ni los manuales más recientes como el de J. Clark & C. Yallop (1990:86) que repite lo dicho por otros, aunque hace una ligera referencia al modo de vibrar las cuerdas vocales: "'trill': the articulatory setting is such that the articulator is not deliberately moved but vibrates as a consequence of the egressive airstream passing by it. The airstream is repeatedly interrupted at a rapid rate, rather in the way that voiced phonation is produced by vibration of the vocal folds". Como se ve, no explica el mecanismo introduciendo los aspectos del teorema de Bernoulli. Y, por otra parte, la duración de un ciclo completo en la vibrante es siempre bastante mayor que la de las cuerdas vocales: 39.85 ms (E. Martínez Celdrán y L. Rallo, 1995:190). Lo cual se ve a simple vista en el sonograma por la distancia que tienen entre sí las estrías de una vocal (la parte blanca de la estría corresponde al cierre de las cuerdas vocales y la parte negra corresponde a la abertura) y las estrías de una



vibrante (cuya parte blanca está en relación con el cierre apicoalveolar y, la parte formántica, con la abertura) (Véase figura 4).

No cabe la menor duda de que la producción de la vibrante múltiple aprovecha el efecto de Bernoulli: el ápice de la lengua se eleva hasta tomar contacto con los alveolos y ejerce una presión suficiente como para impedir el paso del flujo de aire. Este primer movimiento es voluntario. La presión del aire espirado irá aumentando progresivamente hasta vencer la resistencia del ápice. Éste se separa entonces dejando una abertura estrecha por la que se desliza el aire a gran velocidad, lo cual causa una disminución de la presión (efecto de Bernoulli), y una especie de vacío que obliga al ápice a ocuparlo y unirse de nuevo a los alveolos. Este juego antagónico de presiones no es ya voluntario, sino un proceso físico ajeno a la voluntad. Este ciclo (véase figura 5) se repite una o dos veces más, por regla general. Como se ve, el ápice vuelve a su posición inicial, no por su elasticidad sino por el efecto de Bernoulli.

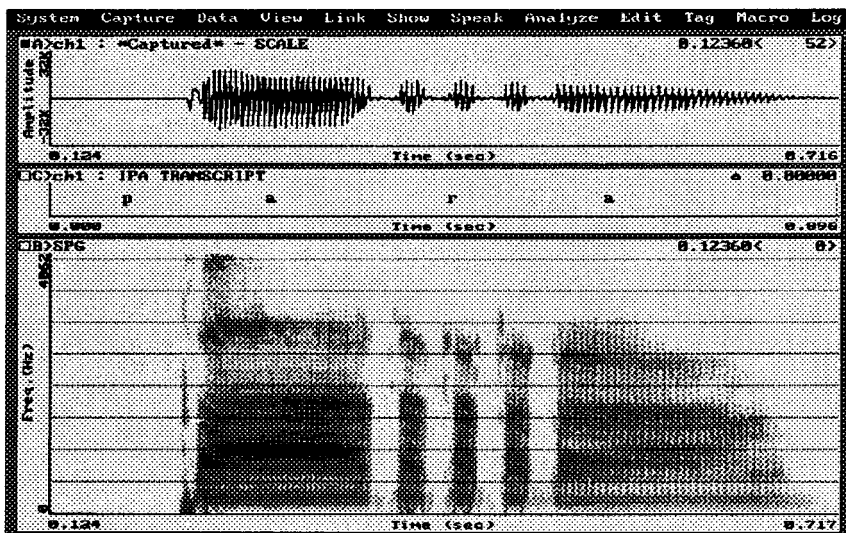
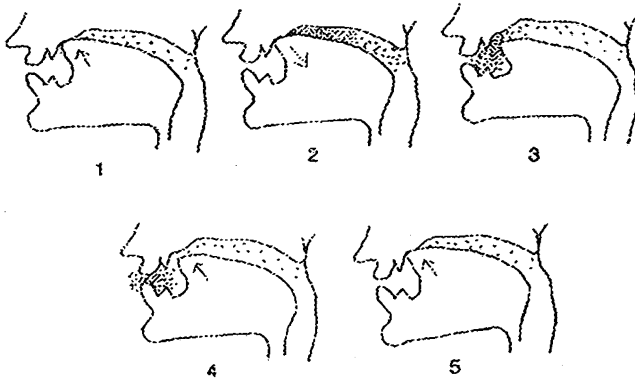


Fig. 4 Oscilograma (parte superior) y sonograma (parte inferior) de la palabra *parra* (voz femenina): compárese la serie de cierres y aberturas (estrias) de la vibrante y de la vocal siguiente.



*Fig. 5 Representación de un ciclo de la vibrante múltiple. 1 es la posición inicial en la que el ápice se ha elevado y ejerce una cierta presión sobre los alveolos; la flecha lo indica; todavía no hay presión del aire espirado. En 2, el aire ha aumentado su presión y ejerce una gran fuerza sobre la lengua que tenderá a ceder y abrir el paso, lo cual se indica con la flecha descendente. 3 representa el momento en que la lengua se ha separado y está pasando la primera bola de aire. 4 constituye propiamente el efecto de Bernoulli: la bola de aire ha pasado y la velocidad de su paso ha hecho descender la presión en el punto de contacto, lo cual ejerce una atracción, representada por la flecha ascendente, del ápice lingual. En 5, el paso del aire es nuevamente interrumpido y comienza un nuevo ciclo.*

Por último, conviene indicar que el mecanismo de la llamada vibrante simple no hace uso del efecto de Bernoulli. Este sonido sólo efectúa el primer movimiento de elevación voluntaria del ápice lingual hasta tocar los alveolos, pero sin ejercer presión contra ellos; es un sonido laxo frente a la tensión del anterior. A continuación vuelve de esa posición. Parece que todo el movimiento es voluntario y efectuado de forma muy relajada. Frecuentemente, el ápice no llega a cerrar por completo la salida del aire y, entonces, se produce una aproximante. Estas diferencias articulatorias no impiden que acústica y perceptivamente ambas vibrantes tengan un alto parentesco fonético y que pertenezcan a la misma clase de sonidos (Véase E. Martínez Celdrán y L. Rallo, 1995).

## 5. REFERENCIAS

- ABERCROMBIE, D. (1967): *Elements of General Phonetics*, Edimburgo, Edinburgh University Press.
- BORDEN, G.J & HARRIS, K.S. (1980): *Speech Science Primer*, Baltimore, Williams & Wilkins, 1984.
- CATFORD, J.C. (1977): *Fundamentals problems in phonetics*, Edinburgh, E. University Press.
- CHOMSKY, N. y HALLE, M. (1968): *Principios de fonología generativa*, Madrid, Ed. Fundamentos, 1979.
- CLARK, J. & YALLOP, C. (1990): *Phonetics & Phonology*, Basil Blackwell, Oxford.
- CORREDERA, T. (1949): *Defectos en la dicción infantil*, (Procedimientos para su corrección), Buenos Aires, Kapelusz, 1973.
- GRAMMONT, M. (1933): *Traité de Phonétique*, Paris, Librairie de la Grave, 1971.
- JONES, D. (1918): *An Outline of English Phonetics*, Cambridge, Cambridge University Press, 1980.
- LADEFOGED, P. (1975): *A Course in Phonetics*, New York, Harcourt Brace Jovanovich.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. y RALLO, L. (1995): "[r-r]: ¿Dos clases de sonidos?", *Estudios de Fonética Experimental*, vol. VII, Barcelona, PPU, 179-194.
- NAVARRO TOMÁS, T. (1918): *Manual de pronunciación española*, Madrid, CSIC, 1971.

VENNARD, W. (1967): *Singing: the Mechanism and the Technic*, Carl Fisher, Inc.

*E.F.E. VIII, 1997 págs. 85-97*