

**LA ARTICULACIÓN DE LAS CONSONANTES
VELARES DEL ESPAÑOL**

**THE ARTICULATION OF THE VELAR
CONSONANTS IN SPANISH**

ALEXANDER IRIBAR IBABE
Universidad de Deusto
(España)
alex.iribar@deusto.es

ROSA MIREN PAGOLA PETRIRENA
Universidad de Deusto
(España)
rpagola@deusto.es

ITZIAR TÚRREZ AGUIRREZABAL
Universidad de Deusto
(España)
itziar.turrez@deusto.es

ABSTRACT

The articulation of the Spanish consonants /k, g, x/ is described by means of the analysis of two collections of magnetic resonance images, in 2D and 3D. In the first place, with regard to the area of articulation, the data show a tendency towards more backward articulations (context-independent) according to the series [k - g - ɣ - x]: [k] is almost always velar, [g] is pronounced both velar and uvular [g̟], the approximant [ɣ] is almost always uvular [ɣ̟], the same as [x], which is usually [χ]. Secondly, the contact area of the occlusion of [k] tends to be greater than that of [g]; this fact can be related to a greater articulatory tension degree of the unvoiced element. In the third place, the constrictions of the approximant and the fricative are examined, in which both a wide and a narrow constriction zone are segmented. The data are not conclusive, but it seems that the wide zone is higher in the fricative realizations, while the narrow one is higher in the approximants.

Keywords: *articulation, velar, uvular, MRI, Spanish.*

RESUMEN

Se describe la articulación de las consonantes /k, g, x/ del español mediante el análisis de dos colecciones de imágenes de resonancia magnética, en 2D y 3D. En primer lugar, en lo referente a la zona de articulación, se observa una tendencia al atrasamiento articulatorio –independiente del contexto– de acuerdo a la serie [k - g - ɣ - x], de modo que [k] es casi siempre velar, [g] se articula tanto velar como uvular [g̟], la aproximante [ɣ] resulta casi siempre uvular [ɣ̟], al igual que [x], que es casi siempre [χ]. En segundo lugar, la superficie de contacto de la oclusión de [k] tiende a ser mayor que la de [g]; este hecho puede relacionarse con una mayor tensión articulatoria por parte de la sorda. En tercer lugar, se examinan las constricciones de la aproximante y de la fricativa, en las que se segmenta una zona de constricción ancha y otra estrecha. Los datos no son concluyentes, pero parece que la ancha es mayor en las realizaciones fricativas, mientras que la estrecha resulta mayor en las aproximantes.

Palabras clave: *articulación, velares, uvulares, MRI, español.*

1. PRESENTACIÓN

El castellano posee tres consonantes, /k, g, x/, definidas como velares. Para su articulación, según la descripción tradicional, “el postdorso de la lengua se eleva contra el velo del paladar” (Navarro Tomás, 1918:137). Se han descrito realizaciones adelantadas y atrasadas de estas consonantes velares, debidas siempre a factores contextuales. Así por ejemplo, la [k] de las sílabas [ke, ki] puede ser postpalatal (Navarro Tomás, 1918:137), mientras que la [x] de las sílabas [xo, xu] e incluso [xa] puede ser uvular (Navarro Tomás, 1918:142)¹. Por supuesto, este fenómeno no es privativo del español, y se ha registrado en numerosas lenguas y variedades².

La descripción tradicional de la zona de articulación de las velares españolas se ha mantenido sin mayores cambios durante casi un siglo (véase, por ejemplo, Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007:88, 111-112). Sin embargo, el estudio de Iribar *et al.* (2016) mostraba, mediante imágenes de MRI, notables diferencias – independientes del contexto– en las zonas de articulación de estos elementos, especialmente para /g/, que resultaba mayormente uvular. La cuestión, por tanto, no parece ni mucho menos aclarada.

Por otra parte, para el español es comúnmente aceptado (Martínez Celdrán, 1984:355; D’Introno *et al.*, 1995:117; etc.) que la serie /p, t, k/ se caracteriza, entre otros, con los rasgos [–sonoro] y [+tenso], mientras que la serie /b, d, g/ lo hace con los rasgos [+sonoro] y [–tenso]³. Hay, pues, dos parámetros articulatorios

¹ También se han descrito variantes adelantadas o atrasadas en diferentes puntos del español, como, por ejemplo, [x] atrasadas en el ALPI (VV.AA., 1962) y en el ALEANR (Alvar, 1980), o [k] postpalatales en el ELEANR (Alvar, 1980). En América, se han descrito [c, ʝ] en Chile (Sadowsky y Salamanca, 2001), [q] en México (Lope Blanch, 1987), [ç] en Argentina (Borzzone y Massone, 1981) y Chile (Sadowsky y Salamanca, 2011), [ɣ] –transcrita [y]– en Argentina (Borzzone y Massone, 1981).

² Por ejemplo, [c, ʝ] (o [kɨ, gɨ]) en azerbaijani (Mokari y Werner, 2017), cicipu (McGill, 2014), inglés (Catford, 1988:97), kalabari-ijo (Harry, 2003), mongol (Svantesson *et al.*, 2005:25-28) y romaní (Adamou y Arvaniti, 2014); [q, ç] español de Asturias (Muñiz, 2002:67), en asturiano (Muñiz, 2018) y mongol (Svantesson *et al.*, 2005:25-28); [ç] en holandés dialectal (Peters, 2010) y mongol (Svantesson *et al.*, 2005:25-28); [χ] en español de Asturias (Muñiz, 2002:68), asturiano (Muñiz, 2018), holandés (Peters, 2010) y khowar (Liljegen y Khan, 2017).

³ Una cuestión muy importante, que no se trata aquí, es cuál de los dos es el rasgo principal y cuál el redundante. Para el español, la visión tradicional (Alarcos, 1950:170) otorgaba la

directamente relacionados con la distinción de estas dos series oclusivas, tradicionalmente denominadas “sordas” y “sonoras”: la vibración de las cuerdas vocales y la tensión articularia⁴.

El correlato acústico del primero de estos parámetros es claro: un formante de baja frecuencia denominado habitualmente “barra de sonoridad” (Jakobson *et al.*, 1952:26)⁵. El correlato de la tensión, en cambio, es menos evidente, porque la propia definición del rasgo [±tenso] es confusa. De hecho, se ha discutido durante décadas si el rasgo posee un único correlato (la tensión muscular para Hardcastle (1973), la fuerza espiratoria para Ladefoged (1971)) o bien es el resultado global de varios factores (Malécot (1970) señala más de diez índices y factores de variación)⁶. Para el español, se ha atendido fundamentalmente a la duración como correlato de la tensión: “parece claro que desde el punto de vista fisiológico hay que indicar su mayor fuerza articularia y espiratoria, lo cual tiene como consecuencia su mayor duración relativa” (Martínez Celadrán y Fernández Planas, 2007:69).

Además de este correlato acústico (la duración), también se han buscado otros correlatos fisiológicos –de carácter articulario, por tanto– para el rasgo [±tenso] en español. Para las labiales, por ejemplo, se ha intentado medir la fuerza muscular

preeminencia a la sonoridad, mientras que otra línea posterior, encabezada por Martínez Celadrán (y defendida también por autores anteriores, como Malécot (1970), por ejemplo) hace lo propio con la tensión (Martínez Celadrán 1983; 1985; 1991; 1993; 2008). Una discusión pormenorizada sobre este asunto se encuentra en Martínez Celadrán y Fernández Planas (2007:63-86).

⁴ También se han señalado otros índices, de naturaleza acústica, como el V.O.T. (Lisker y Abramson, 1964; Borzone, 1980; Poch, 1984; Castañeda, 1986; Elejabeitia *et al.*, 1995; Asensi *et al.*, 1997) o las transiciones vocálicas (Borzone, 1980; Quilis, 1981).

⁵ A pesar de este acuerdo básico, hay cierta discusión con respecto a la posición de la glotis. Parece claro que permanece cerrada en las oclusivas *sonoras* y abierta en las *sordas aspiradas*, pero, ¿cómo se comporta en las *sordas no aspiradas*? Tradicionalmente, se afirmaba que permanecía cerrada (Grammont, 1933:44-45; Quilis y Fernández, 1964:30), pero parece que simplemente se estrecha, sin que necesariamente llegue a cerrarse del todo (Catford, 1977:114; Jessen, 1998:189-90; Martínez Celadrán, 2016:21). Esto podría explicar los fenómenos relacionados con el V.O.T. (Martínez Celadrán y Fernández Planas, 2007:67-68).

⁶ Una buena presentación general de la cuestión se encuentra en Butcher (2004).

de los labios por medio de la electromiografía (García Zapirain *et al.*, 2013)⁷. Para las dentales, Martínez Celdrán y Fernández Planas (2007:75-76) miden con electropalatografía la duración –no el tamaño o la distribución espacial– del momento de máxima constricción de la fase de oclusión. Esta técnica no es tan adecuada para las velares, cuyos contactos en el paladar artificial son residuales.

De modo general, parece razonable suponer que una oclusión más tensa ha de generar una superficie de contacto mayor entre los articuladores. Así aparece ya en los palatogramas pioneros presentados por Rousselot (1897:588-96). Sin embargo, esta idea no ha sido demasiado desarrollada posteriormente, ni en las descripciones fonéticas particulares⁸ ni en las recapitulaciones o reflexiones fonético-fonológicas más generales (Ouakrim, 1995:21-24; Jessen, 1998:48-68). Kohler (1984) menciona el área de contacto como una consecuencia de la velocidad del movimiento articulatorio⁹.

Una tercera cuestión, que afecta a la pareja /g, x/, es la diferencia entre las clases de aproximante ([ɣ] en nuestro caso)¹⁰ y fricativa. Desde el punto de vista acústico, la diferencia es bastante clara (periodicidad de los pulsos glotales frente a sonido aperiódico). Sin embargo, la cuestión es más complicada desde la perspectiva articulatoria. Se han señalado dos diferencias fundamentales entre una fricativa y una aproximante: el tamaño del canal articulatorio originado por la constricción (mayor aquél en una aproximante) y la tensión (mayor en una fricativa). ¿Cuál de esas dos diferencias es más relevante? Por ejemplo, Catford (1988:97) solo menciona la abertura del canal articulatorio, mientras que Johnson (1997:124) señala

⁷ Fromkin (1965) lo intentó para /p-b/ en inglés americano, sin resultados definitivos. Aun así, su conclusión es que *a feature other than the tense-lax feature must differentiate these two phonemes in American-English* (Fromkin, 1965:169).

⁸ Por ejemplo, Bickford y Floyd (1981:181) distinguen, a propósito de las oclusivas dentales del coreano, entre un cierre “apretado” (*tight closure*) de la lengua y otro “ligeramente más flojo” (*slightly looser closure*), pero no reparan expresamente en la amplitud del contacto lingual generado por dichas oclusiones.

⁹ “A consequence of the faster movement in the fortis closing is a higher kinetic energy and therefore a greater momentary impact (as well as, possibly, a larger static pressure) between the articulators at the contact, resulting, in turn, in a larger contact area and a higher coarticulatory air-flow during the occlusion” (Kohler, 1984:156).

¹⁰ Nos referimos aquí a las “aproximantes espirantes” [β, ð, ɣ], llamadas así para distinguirlas de otras realizaciones aproximantes como semivocales, laterales y róticas (Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007:55).

que las fricativas sonoras y las aproximantes pueden tener el mismo grado de abertura en el tracto vocal.

Romero (1995) estudia mediante electromagnetometría las diferencias articulatorias entre las fricativas y las aproximantes labiales, dentales y velares del dialecto andaluz del español. Su conclusión es que “there are no differences in constriction degree between approximants and fricatives. Instead, the most consistent differences between the two were found along the time dimension: fricatives are significantly longer than approximants” (Romero, 1995:139-40). Además, el autor no observa diferencias significativas entre los tres puntos de articulación. También Martínez Celdrán (2004:208) da más importancia a la tensión, puesto que define las aproximantes como “segments that, having a certain degree of constriction, lack a turbulent airstream, either due to the non-existence of the necessary articulatory precision required to produce it, or because the vocal tract is not narrow enough, or because both these conditions occur simultaneously”.

Para medir esta diferencia de tensión articulatoria, Martínez Celdrán y Fernández Planas (2007:55) examinan los contactos residuales que una informante deja en la última fila del paladar artificial en diez repeticiones de las palabras *ágil* y *águila*. Los valores son muy semejantes, pero la desviación es menor en la fricativa, de lo que deducen que “las fricativas tienen una posición de los articuladores más estricta que las aproximantes y podemos relacionar este hecho con la mayor tensión que precisan para su articulación frente a las aproximantes”¹¹.

Herrero y Supiot (2002) aportan una prueba acústico-perceptiva a favor de la diferencia de tensión: al reducir la duración de [x], ésta pasa a ser percibida como [ɣ]. De este hecho concluyen que “la duración de la fricativa, en definitiva la tensión, es la propiedad esencial para percibir la diferencia entre fricativas y aproximantes, dado que las fricativas sordas estridentes tensas se perciben como aproximantes sonoras laxas cuando su duración (tensión) se reduce notablemente” (Herrero y Supiot, 2002:224).

Sea cual sea el grado de tensión que caracterice a estas dos clases de sonidos, hay que tener en cuenta que [ɣ] y [x] pueden articularse en español con más o menos

¹¹ En esta misma línea, también con electropalatografía pero en el orden dentoalveolar, Fernández Planas (1999) concluye que la exigencia articulatoria de [s] es mayor que la de [t]. Ya Ladefoged y Maddieson (1996:137) habían observado que “the gesture forming the constriction in many fricatives has a greater degree of articulatory precision than that required in stops and nasals”.

tensión. De este modo, la aproximante puede presentar unas características vocálicas más o menos acusadas (Quilis, 1981:224; Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007:57)¹², mientras que la fricativa puede realizarse relajada (hasta llegar incluso a la aspiración, que suele además atrasar su punto de articulación hasta [h̥] o [h]) o cercana a una vibrante (Navarro Tomás, 1918:142-143; Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007:116-118). En cualquier caso, de modo general se sostiene que el grado de precisión articulatoria de una fricativa es mayor que el de una aproximante, de modo que su rango de variación es menor (Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007:98-104).

Para estudiar todas las cuestiones señaladas, las imágenes de resonancia magnética, especialmente en 3D, constituyen una herramienta muy apropiada, puesto que permiten examinar con precisión el comportamiento de los articuladores activos y pasivos en estos elementos, así como la superficie de contacto en las oclusivas y la constricción de las no oclusivas. Además, es posible obtener valores numéricos de varios de los parámetros manejados. Por tanto, el presente trabajo pretende, mediante el análisis de imágenes de resonancia magnética, lograr una caracterización articulatoria de las consonantes velares del español que contribuya a aclarar al menos las siguientes cuestiones

- La zona articulatoria. ¿Dónde y cómo se articulan las tres consonantes?
- La tensión articulatoria. ¿Es mayor en [k] que en [g]?
- El canal articulatorio. ¿Es mayor en [ɣ] que en [x]?

2. METODOLOGÍA

Este trabajo parte del análisis de las imágenes de resonancia magnética de dos corpus diferentes, obtenidos en sendos proyectos de investigación desarrollados en la Universidad de Deusto: DAELPACE, de MRI-2D, y CATESAEPRO, de MRI-3D¹³.

¹² Teniendo en cuenta este hecho, Martínez Celdrán y Fernández Planas (2007:103) señalan la posibilidad de que, debido a sus requisitos metodológicos, las realizaciones aproximantes analizadas por Romero (1995) fueran únicamente las más cerradas, de modo que no tuvieran apenas diferencias de constricción con respecto a las fricativas.

¹³ El proyecto DAELPACE (*Descripción articulatoria experimental de la lengua: parámetros articulatorios del castellano y el euskera mediante cine-MRI*) fue subvencionado por el Ministerio de Economía y Competitividad (referencia FFI2009-10706). El proyecto CATESAEPRO (*Caracterización articulatoria tridimensional del español y su aplicación a la enseñanza de la pronunciación*) fue subvencionado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (referencia FFI2013-47046-P).

Un primer análisis de las imágenes bidimensionales fue publicado en Iribar *et al.* (2016), mientras que algunos resultados preliminares del corpus tridimensional fueron presentados en Iribar *et al.* (2017).

En este trabajo se presentan los datos de seis informantes del corpus de MRI-2D y de cinco del de MRI-3D, todos ellos naturales del País Vasco y con el español como lengua materna. Los datos de sexo y edad (la correspondiente a la fecha de grabación) se detallan en la tabla 1. Tres informantes repiten en los dos corpus: los INF-1,2,4 del corpus de 2D se corresponden, respectivamente, con los INF-3,5,1 del corpus de 3D.

| | MRI-2D | MRI-3D |
|------|------------|------------|
| INF1 | Mujer, 50 | Hombre, 46 |
| INF2 | Mujer, 42 | Hombre, 51 |
| INF3 | Mujer, 49 | Mujer, 54 |
| INF4 | Hombre, 41 | Mujer, 24 |
| INF5 | Mujer, 43 | Mujer, 47 |
| INF6 | Hombre, 52 | |

Tabla 1. *Sexo y edad de los informantes de los dos corpus de MRI.*

Estos informantes fueron entrenados previamente en el Laboratorio de Fonética de la Universidad de Deusto para la correcta realización del cuestionario, que, en el caso de las consonantes velares, consistía en la articulación independiente y prolongada –aunque sin fonar en las articulaciones oclusivas– de cada elemento. Por ejemplo, tras la repetición inicial de la secuencia [xaxaxa...] para precisar la articulación consonántica, el informante mantiene la última [x:], ya sin la vocal.

Las sesiones de grabación de las imágenes MRI se llevaron a cabo en el Hospital Quirón Bizkaia, mediante un equipo GE 1,5 T. –HealthCare–, que coloca a los informantes en una posición supina¹⁴. Para el corpus 2D, se obtuvieron 24 secuencias dinámicas por minuto en un plano sagital, del tipo SSFSE (*Single Shot Fast Spin Eco*) con TR de 4,8 y TE de 1,3. Para el corpus 3D, se obtuvieron secuencias en los tres planos: sagital (56 imágenes), coronal (256) y axial (256); mediante el software ITK-Snap v.3.6.0 (Yushkevich y Gerig, 2017) se segmentaron, en dichas imágenes, las zonas correspondientes a la lengua y las cavidades supraglóticas, de modo que se obtuvieron las representaciones tridimensionales dinámicas (esto es, con un ángulo de visión modificable en la pantalla) de la

¹⁴ El protocolo técnico de obtención de imágenes fue siempre supervisado por el Dr. Estepan Gainza, especialista en radiología del mencionado hospital.

articulación de cada elemento. El Anexo 1 presenta una imagen representativa de cada elemento del corpus de MRI-2D; el Anexo 2 muestra una imagen estática de cada reproducción tridimensional obtenida.

3. LA ZONA DE ARTICULACIÓN

Examinaremos separadamente la zona de articulación de las consonantes velares en los dos corpus presentados, en 2D y en 3D. Las reconstrucciones tridimensionales, además, permitirán atender a otras cuestiones, como el comportamiento de la lengua y el tamaño de las cavidades.

3.1. Las velares en el corpus 2D

En Iribar *et al.* (2016) se estudia la zona de articulación de [k, g, x] a partir de las imágenes mediosagiales de MRI correspondientes a 6 informantes (véase el Anexo 1). Se describe la constricción primaria y, cuando procede, también la secundaria.

La constricción primaria puede producirse en la zona velar o en la uvular. En el primer caso, puede localizarse en la zona media o en la posterior; en el segundo, puede ser realizada por el ápice uvular o por la cara anterior (completa o solo el extremo inferior). Para la constricción secundaria es necesario distinguir dos zonas más: dentoalveolar (utilizada por un único informante) y faríngea.

Los resultados se resumen en la tabla 2, en la que los números corresponden a los informantes.

| | | [k] | [g] | [x] |
|-------------------------|---------------|-----------|-------------|---------|
| Constricción Primaria | Velar | 1-2-3-5-6 | 2 | 1-6 |
| | Uvular | 4 | 1-2-3-4-5-6 | 2-3-4-5 |
| Constricción Secundaria | Dentoalveolar | 1 | 1 | 1 |
| | Velar | 4 | | 2-4 |
| | Uvular | | | 1-6 |
| | Faríngea | 5 | 1-2-3-4-5-6 | 3-5 |

Tabla 2. *La constricción articulatoria de [k, g, x] en el corpus 2D.*

La [k] presenta una constricción claramente velar (aunque hay un caso de constricción uvular). La [x] oscila entre la articulación velar y la uvular, con predominio de esta última. La [g] registra una articulación claramente uvular. Así pues, [k] y [x] responden a su descripción habitual –aunque esta última en menor medida–, mientras que [g] se diferencia claramente.

3.2. Las velares en el corpus 3D

Para el estudio de la articulación de las consonantes velares del español a partir de su reconstrucción tridimensional¹⁵ se han reconstruido las dos articulaciones habituales de la velar sonora, esto es, la oclusiva [g] y la aproximante [ɣ]. Es importante destacar que algunas articulaciones que en su corte mediosagital aparecen como oclusivas resultan ser aproximantes, porque el paso para la columna de aire no se abre en el centro, sino en los laterales. Por tanto, es posible que algunas de las características anotadas en el apartado anterior a [g] correspondieran, en realidad, a [ɣ].

Una vez obtenida la reconstrucción de la lengua y las cavidades (véase el Anexo 2), no sólo se examina la constricción, sino también el comportamiento de la lengua y la relación de tamaño entre las cavidades bucal y faríngea.

En cuanto a la zona articulatoria, se distinguen dos subzonas en la constricción velar (anterior y media) y otras tres en la uvular, relacionadas con el articulador activo (ápice, extremo de la cara anterior y cara anterior completa). El comportamiento de la lengua se examina en tres puntos: el ápice, que puede estar o no destacado (y si lo está, puede adoptar una posición alta, media o baja); el dorso, que puede estar recto o redondeado (o incluso doblemente redondeado)¹⁶; la raíz, cuya posición puede ser retraída o no retraída, y cuya forma puede ser acanalada o no acanalada. Los resultados se resumen en la tabla 3.

La [k] se articula mayormente en el velo (en su parte media o anterior), aunque también se registra una articulación uvular. La articulación velar se acompaña la mayor parte de las veces (3/4) de una constricción uvular secundaria. El ápice lingual está destacado (salvo en la articulación uvular) y el dorso, redondeado (4/5); la raíz puede estar tanto retraída como no retraída, y puede tener o no forma acanalada. La cavidad faríngea es mayor que la bucal, salvo en la articulación uvular.

La constricción de [g] puede ser velar (2/5), uvular (2/5) u ocupar ambas zonas (1/5). El ápice lingual suele estar destacado (4/5) y el dorso, redondeado (4/5). La raíz

¹⁵ Un análisis preliminar se presentó en Iribar *et al.* (2017).

¹⁶ En realidad, la idea del doble redondeamiento es heredera directa de las imágenes mediosagitales. En una reconstrucción 3D, esa doble curva mediosagital se convierte más bien en una pequeña depresión central, a modo de un simple *hoyuelo* lingual. Además, vemos que sólo aparece en dos informantes, de modo que más parece una característica fisiológica particular.

lingual está retraída, salvo en el caso cuya oclusión se extiende desde la úvula hasta el velo. La cavidad faríngea es mayor en los casos de articulación claramente velar, y menor en el resto.

| | | | | [k] | [g] | [ɣ] | [x] |
|--------------|----------------------------|-----------------|--------------------|---------|---------|-----------|-----------|
| Constricción | Primaria | Velar | Zona anterior | 2,5 | | | |
| | | | Zona media | 1,3 | 1,3,4 | 4 | 3,4 |
| | | Uvular | Ápice | | | 2,5 | 1,2,5 |
| | Cara anterior | | completa | 4 | 4 | | 3 |
| | | | extremo inferior | | | 3 | 2,5 |
| | Secundaria: uvular (ápice) | | | | 1,2,5 | 1 | 4 |
| Lengua | Dorso | Redondeado | eje recto | 5 | 4,5 | 5 | 3,4 |
| | | | eje hacia adelante | 3 | 3 | 3 | |
| | | | eje hacia atrás | 1,4 | 2 | 2,4 | 5 |
| | | Doble curvatura | eje recto | | | | 1,2 |
| | | | eje hacia atrás | 2 | 1 | 1 | |
| | | Ápice | Destacado | alto | 3 | 3 | 3,4 |
| | medio | | | 1,2 | 2 | 1,2 | 3 |
| | bajo | | | 5 | 1,4 | | 5 |
| | No destacado | | | 4 | 5 | 5 | |
| | Raíz | Posición | retraída | 1,2,5 | 1,2,3,5 | 1,2,3,4,5 | 1,2,3,4,5 |
| | | | no retraída | 3,4 | 4 | | |
| Forma | | no acanalada | 1,2,4 | 1,4 | 2,3,4 | 3,5 | |
| | | acanalada | 3,5 | 2,3,5 | 1,5 | 1,2,4 | |
| Cavidades | Bucal < faríngea | | | 1,2,3,5 | 1,3 | 3 | 2,4 |
| | Bucal > faríngea | | | 4 | 2,4,5 | 1,2,4,5 | 1,3,5 |

Tabla 3. *Parámetros articulatorios de [k, g, ɣ, x] en el corpus 3D.*

La constricción de [ɣ] es casi siempre uvular (4/5), mayormente con el ápice (3/4). El único caso de articulación velar posee además una constricción uvular secundaria. El ápice lingual suele estar destacado (4/5), pero nunca hacia abajo; el dorso, redondeado (4/5); la raíz, siempre retraída. La cavidad faríngea es habitualmente menor que la bucal (4/1).

La constricción de [x] es velar en un caso, si bien con una constricción uvular secundaria, y uvular en tres. También se registra un caso de constricción desde la úvula hasta el velo. El ápice lingual suele estar destacado (4/5), con una posición variable; el dorso suele estar redondeado (3/5); la raíz lingual está siempre retraída. La cavidad mayor es la bucal en tres casos.

3.2.1. Modelos articulatorios de las consonantes velares

La tabla 4 recoge, a partir de la información anterior, los distintos modelos articulatorios registrados en cada uno de los elementos analizados.

| | Modelo | Rasgos articulatorios | | | | | Infor- mante |
|-----|--------|-----------------------|--------------|--------|---------|---------|-----------------|
| | | Constricción | Dorso | Ápice | Raíz | Cavidad | |
| [k] | 1 | V(m a)+Ua | (R DR)(at r) | A(m b) | R(n a) | F | 1, 2, 5 |
| | 2 | Vm | R(a) | Aa | Na | F | 3 |
| | 3 | Uc | Rat | N | Nn | B | 4 |
| [g] | 1 | Vm(+Ua -Ø) | R(at a) | A(b a) | R(n a) | F | 1,3 |
| | 2 | Ua | R(at r) | Am N | Ra | B | 2,5 |
| | 3 | U-V | Dr | Ab | Nn | B | 4 |
| [ɣ] | 1 | Ua | (R Dr)(at r) | Am N | R(a na) | B | 1, 2, 5 |
| | 2 | Ui | Ra | Aa | Rn | F | 3 |
| | 3 | Vm+Ua | Rat | Aa | Rn | B | 4 |
| [x] | 1 | U(a i) | (Dr R)(r at) | A(a b) | R(a n) | B | 1, 5 |
| | 2 | Ui | Drr | Aa | Ra | F | 2 |
| | 3 | U-V | Rr | Am | Rn | B | 3 |
| | 4 | Vm+Ua | Rr | N | Ra | F | 4 |

Tabla 4. Modelos articulatorios (I). Abreviaturas utilizadas: Constricción: Vm, velar media; Va, velar anterior; Ua, uvular apical; Ui, uvular extremo inferior; Uc, uvular completa; U-V, completa desde la úvula hasta el velo; +Ua, constricción secundaria uvular apical. Dorso: R, redondeado; Dr, doblemente redondeado; a-r-at, eje hacia adelante-recto-atrás. Ápice: A, destacado; N, no destacado; a-m-b, posición alta-media-baja. Raíz: R, retraída; N, no retraída; a, acanalada; n, no acanalada. Cavidad: F, faríngea mayor que bucal; B, bucal mayor que faríngea. El paréntesis con la barra vertical indica alternancia.

El detalle en la descripción de los rasgos articulatorios presentados en la tabla 4 puede ser una razón que justifique la gran cantidad de modelos encontrados (13 para 4 elementos). Puesto que no todos los rasgos son de igual relevancia, en una segunda fase se han tomado en cuenta sólo dos rasgos que consideramos fundamentales (la constricción y las cavidades que ésta genera), con la consiguiente reducción de los modelos que se presenta en la tabla 5.

Como era de esperar, la reducción de los rasgos conlleva la reducción del número de modelos: dos para [k, g] y tres para [ɣ, x]. En este último par, el segundo de los modelos corresponde a un mismo informante (INF 3), que presenta una proporción

entre las cavidades diferente de la del resto de los informantes con el mismo modelo de constricción. Si se considera este hecho como excepcional, este modelo puede asimilarse al primero, de modo que habría dos únicos modelos articulatorios para los cuatro elementos.

| | Modelo | Rasgos articulatorios | | Informante |
|-----|--------|-----------------------|---------|------------|
| | | Constricción | Cavidad | |
| [k] | 1 | V(m a) (+Ua Ø) | F | 1, 2, 3, 5 |
| | 2 | Uc | B | 4 |
| [g] | 1 | Vm(+Ua Ø) | F | 1,3 |
| | 2 | U(a U-V) | B | 2,4, 5 |
| [ɣ] | 1 | Ua | B | 1, 2, 5 |
| | 2 | Ui | F | 3 |
| | 3 | Vm+Ua | B | 4 |
| [x] | 1 | U(a i U-V) | B | 1, 2, 5 |
| | 2 | Ui | F | 3 |
| | 3 | Vm+Ua | F | 4 |

Tabla 5. Modelos articulatorios (II). Abreviaturas utilizadas: Constricción: Vm, velar media; Va, velar anterior; Ua, uvular apical; Ui, uvular extremo inferior; Uc, uvular completa; U-V, completa desde la úvula hasta el velo; +Ua, constricción secundaria uvular apical. Cavidad: F, faríngea mayor que bucal; B, bucal mayor que faríngea. El paréntesis con la barra vertical indica alternancia.

Además, salvo el caso de un informante (INF 4), que realiza [k] uvular ([q] en una transcripción fonética más precisa) y [ɣ, x] velares, el resto de los informantes presentan un mismo modelo (aceptada la asimilación anterior): velar para [k], uvular para [ɣ, x] ([ç, χ]) y velar o uvular para [g] (es decir, [g] o [ç]). Por tanto, se constata una tendencia al atrasamiento articulatorio en la serie.

Por otra parte, conviene señalar que, si no se realizara esta simplificación de los modelos, la tendencia al atrasamiento de la serie iría acompañada de una mayor variabilidad articulatoria: cuanto más delantero más fijo, y viceversa.

3.2.2. Modelos articulatorios de los informantes

Los informantes pueden presentar dos, tres y hasta cuatro modelos diferentes para los cuatro elementos, como se muestra en la tabla 6.

| INF | [k] | [g] | [ɣ] | [x] |
|-----|---------|-----------|------|---------|
| 1 | Vm+Ua-F | | Ua-B | |
| 2 | Va+Ua-F | Ua-B | | Va+Ua-F |
| 3 | Vm-F | | Ui-F | Vm-F |
| 4 | Uc-B | U-V-B | Uc-B | U-V-B |
| 5 | Va+Ua-F | U(a i)- B | | |

Tabla 6. Modelos articulatorios de los informantes. Abreviaturas utilizadas: Constricción: Vm, velar media; Va, velar anterior; Ua, uvular apical; Ui, uvular extremo inferior; Uc, uvular completa; U-V, completa desde la úvula hasta el velo; +Ua, constricción secundaria uvular apical. Cavidad: F, faríngea mayor que bucal; B, bucal mayor que faríngea. El paréntesis con la barra vertical indica alternancia.

Cuando un informante tiene dos modelos articulatorios, éstos pueden distinguir:

- Un elemento frente a tres; en este caso, el que se distingue es [k] (INF 5)
- Dos elementos frente a otros dos; en este caso, se distingue oclusiva / no oclusiva (INF 1).

Cuando un informante tiene tres modelos diferentes, puede agrupar en un mismo modelo las dos variantes de /g/ (INF 2, 4) o las dos oclusivas (INF 3).

Pueden observarse, por tanto, ciertas tendencias regulares en el comportamiento de las asimilaciones entre los modelos:

- [k] sólo puede asimilarse a [g]
- [x] puede asimilarse a [ɣ] o incluso a [g]
- [g] puede asimilarse a [k] y a [ɣ], e incluso a [x] (sólo si se ha asimilado también a [ɣ])
- [ɣ] puede asimilarse a [g] y a [x], pero no a [k]
- [k] y [x] nunca puede asimilarse

Por tanto, la observación del comportamiento articulatorio de los informantes refuerza la gradación ya señalada entre los cuatro elementos [k - g - ɣ - x].

3.2.3. Relaciones entre los parámetros articulatorios

Puede advertirse cierta relación entre algunos de los parámetros analizados. La más clara es la que se establece entre la zona de constricción y la proporción de tamaño de las cavidades supraglóticas: en las constricciones velares, la cavidad mayor suele

ser la faríngea; en las uvulares, la bucal. La figura 1 muestra, en porcentajes, la relación de las dos cavidades en la articulación de los cuatro elementos; se señalan las articulaciones velares y uvulares con los símbolos correspondientes.

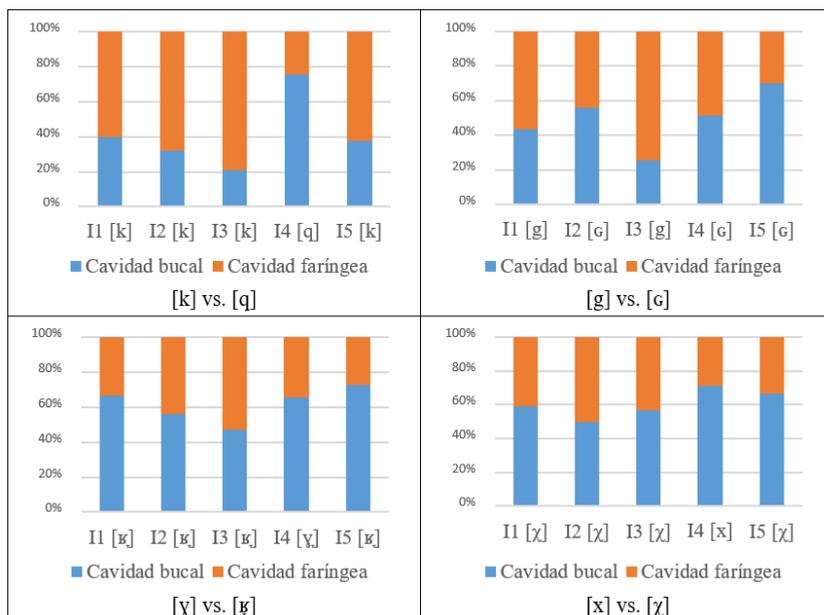


Figura 1. Relación porcentual entre las cavidades bucal y faríngea de los 5 informantes.

La relación señalada se cumple en todos los casos de las dos oclusivas ([k] vs. [q] y [g] vs. [ɟ]). Hay un caso de [ɣ] y otro de [x], ambos del mismo informante (INF 4), que no cumplen, tal vez porque tienen una constricción secundaria uvular. Por último, hay otro caso de [x] (INF 2) que incumple, aunque por muy poco, la tendencia señalada.

4. LA TENSIÓN ARTICULATORIA DE LA SORDA Y LA SONORA

En este apartado se analizan las realizaciones de la pareja de oclusivas [k]-[g] para buscar indicios que apunten a una diferencia de tensión entre ambos elementos. Se asume la hipótesis de que una mayor tensión articulatoria supone una mayor superficie de contacto entre los articuladores.

4.1. La tensión en el corpus 2D

Los valores medios de longitud de la recta que une los dos extremos de la oclusión en cada una de las imágenes mediosagitales analizadas se muestran en la tabla 7.

| | | INF1 | INF2 | INF3 | INF4 | INF5 | INF6 |
|-----|-------------------------|------|------|------|------|------|------|
| [k] | Velar | 15.7 | 37.2 | 14.8 | | 13.9 | 17.0 |
| | Uvular apical | | | | 8.2 | | |
| [g] | Uvular apical | | | | 5.3 | | |
| | Uvular extremo inferior | 7.9 | | 12.2 | | | 11.1 |
| | Uvular cara anterior | | 22.6 | | | 21.9 | |

Tabla 7. *Longitud media de la superficie de contacto de la oclusión (mm).*

La interpretación de estos datos no resulta sencilla, puesto que las dos articulaciones que se pretenden comparar casi nunca coinciden.

Cuando la oclusión de [k] es velar y la de [g] uvular con el extremo inferior (INF1, INF3, INF6), la longitud del primer elemento es mayor, tal y como cabía esperar por razones puramente fisiológicas.

Cuando [k] es velar y [g] uvular con la cara anterior completa (INF2, INF5), los resultados son variables: en INF2 es mayor la longitud de [k] (cuya superficie de contacto abarca el paladar casi por completo), pero en INF5 es mayor la de [g].

En el único caso en que la articulación es igual en los dos elementos, esto es, ápico-uvular (INF4), la longitud de [k] es claramente mayor.

Por tanto, los datos, aunque con las debidas precauciones, parecen confirmar la hipótesis inicial.

4.2. La tensión en el corpus 3D

A partir de las reconstrucciones tridimensionales, puede segmentarse específicamente la zona en la que los articuladores entran en contacto. La figura 2 muestra la reconstrucción (con diferentes grados de aumento) de las superficies de contacto en las dos parejas de oclusivas.

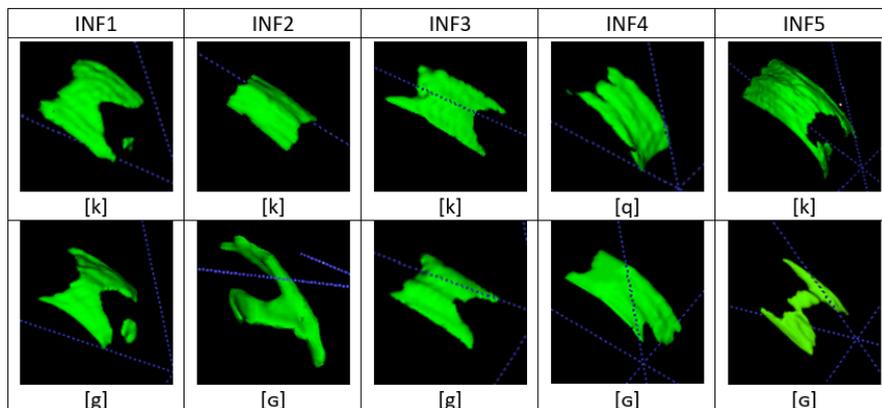


Figura 2. Superficie de contacto de las oclusiones.

La proyección en un plano de estos objetos tridimensionales proporciona las siguientes medidas de área de su planta correspondiente (tabla 8):

| | | INF1 | INF2 | INF3 | INF4 | INF5 |
|-----|-----|--------|-------|-------|-------|-------|
| [k] | [k] | 1480.0 | 852.9 | 746.1 | | 488.2 |
| | [q] | | | | 887.1 | |
| [g] | [g] | 1547.0 | | 532.2 | | |
| | [ç] | | 362.6 | | 963.0 | 242.9 |

Tabla 8. Área de la superficie de contacto de la oclusión (mm^2).

Llaman la atención las diferencias de forma y de tamaño entre los informantes, debidas, en primer lugar, a factores fisiológicos. En especial, la superficie de contacto se extiende más o menos hacia los laterales, debido –en mayor o menor medida– a las diferentes anchuras de la lengua. Para minimizar, en la medida de lo posible, este factor incontrolable, podemos fijarnos únicamente en la zona central de la oclusión: si medimos los siete cortes centrales de cada articulación, las áreas de las superficies de contacto son las que se muestran en la tabla 9.

| | | INF1 | INF2 | INF3 | INF4 | INF5 |
|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| [k] | [k] | 237.2 | 391.4 | 177.6 | | 178.3 |
| | [q] | | | | 357.3 | |
| [g] | [g] | 231.1 | | 139.2 | | |
| | [ç] | | 65.92 | | 458.9 | 34.26 |

Tabla 9. Área de la superficie de contacto de la zona central (siete cortes) de la oclusión (mm^2).

INF4 presenta una superficie mayor para el elemento sonoro, pero también eso se explica por la diferente articulación del par: la oclusión realizada por toda la cara anterior de la úvula llega, en el caso de la sonora, hasta la zona velar.

En definitiva, los datos parecen apuntar a que la superficie de contacto de la oclusión sorda suele ser mayor que la de la sonora, pero cualquier variación en el modelo de dicha oclusión puede hacer variar esa proporción.

Si efectuamos una medición equivalente a la realizada en el corpus 2D con el corte mediosagital de la secuencia de 3D, obtenemos los valores lineales de longitud de la oclusión que se muestran en la tabla 10.

| | | INF1 | INF2 | INF3 | INF4 | INF5 |
|-----|-----|------|------|------|------|------|
| [k] | [k] | 16.3 | 29.5 | 17.1 | | 27.9 |
| | [q] | | | | 30.4 | |
| [g] | [g] | 14.8 | | 14.7 | | |
| | [ɟ] | | 6.8 | | 31.3 | 9.0 |

Tabla 10. *Longitud de la superficie de contacto en el plano mediosagital (mm).*

Estos valores corroboran la tendencia observada con la superficie completa, y corroboran de paso la validez de los datos del apartado 4.1. En efecto, la superficie de contacto de las oclusivas sordas suele ser mayor que la de las sonoras, lo que puede entenderse como índice de su mayor tensión articulatoria. No obstante, los diferentes modelos articulatorios observados para ambos elementos (especialmente para el sonoro) hace que la comparación no siempre resulte sencilla.

5. EL CANAL ARTICULATORIO DE LA APROXIMANTE Y LA FRICATIVA

Las reconstrucciones tridimensionales de las cavidades permiten apreciar la zona de estrechamiento correspondiente a la constricción articulatoria. En las 10 consonantes analizadas (5 aproximantes y 5 fricativas), esta zona presenta una gran variedad de formas y tamaños; además, sus límites no están claramente delimitados. Esto hace que la primera tarea de segmentación del canal articulatorio no sea sencilla.

En la figura 3 se presentan las posibles segmentaciones de los canales articulatorios correspondientes a las constricciones de la aproximante y la fricativa de cada informante. Se muestran sobre una imagen bidimensional, aunque han sido

realizadas sobre la reconstrucción 3D, directamente en el software ITK-Snap. Salvo en el INF5, en todos los demás casos se han segmentado dos zonas, una de constricción más estrecha (ZCE, con línea más fina) y otra de constricción más amplia (ZCA, con trazo más grueso).

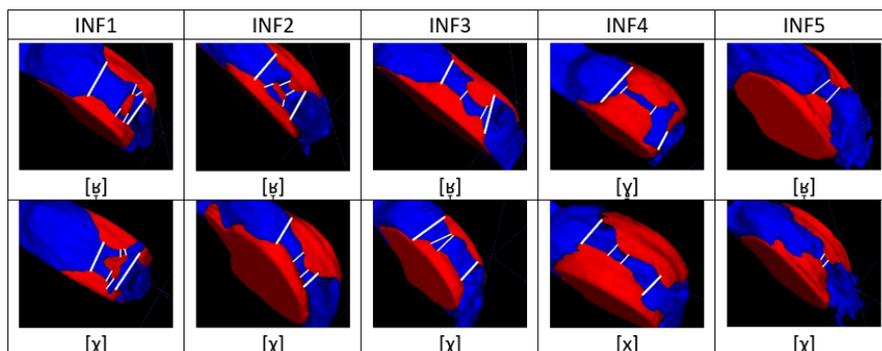


Figura 3. Posibilidades de segmentación de las constricciones articulatorias.

El INF1 realiza dos articulaciones uvulares. En ambos casos, la úvula cierra el paso de la columna del aire en la zona central, habilitando un doble canal lateral de salida. La ZCA es mayor en [ɣ] (aunque en [χ] sea ligeramente más ancha), mientras que la ZCE es de similar tamaño en ambas (aunque algo más larga en [ɣ]).

El INF2 realiza dos articulaciones uvulares diferentes. En la aproximante, la úvula cierra el paso en la zona central y crea un doble canal articulatorio; en la fricativa hay un canal único, desplazado hacia el lateral izquierdo de la úvula. La ZCA es más larga y estrecha en [χ], mientras que la ZCE es más larga y más ancha (sumando los dos canales) en [ɣ].

La realización aproximante del INF3 presenta una ZCA larga, estrecha y no recta, con una ZCE que ocupa prácticamente la mitad de su longitud. La fricativa muestra una ZCA larga, recta, muy ancha y –aunque no se aprecie bien en la imagen 2D– muy alta, hasta el punto de que podría convenirle el diacrítico de ‘lowered’ ([χ_l]), de modo que hasta su mismo carácter fricativo podría ser cuestionado. Además, la ZCE, muy corta y más baja, se localiza en la zona velar, aunque, atendiendo a toda su constricción, ha sido clasificada desde el principio como uvular.

El INF4 realiza dos articulaciones velares. La ZCA es mayor en [x] (aunque hay un punto inmediatamente después de la úvula en la que la anchura es mayor en [ɣ]). La

ZCE es más larga en [ɣ] y más ancha en [x], de modo que la proporción de ZCA con respecto a ZCE es mayor en [ɣ].

En las realizaciones uvulares del INF5 no se ha segmentado la ZCA, puesto que la aproximante no lo permitía. La ZCE es mayor –más larga, más ancha y más alta– en la [ɣ].

La tabla 11 presenta sintéticamente lo descrito anteriormente. Los números corresponden, como en ocasiones anteriores, a los informantes. Nótese que la información referida a los tres primeros parámetros corresponde a una oposición privativa binaria, mientras que la de las tres últimas es de carácter gradual, razón por la que algún informante no ha quedado registrado.

| | | Aproximante | Fricativa |
|------------------------------|-----------|-------------|-----------|
| Canal | Único | 3,4,5 | 2,3,4,5 |
| | Doble | 1,2 | 1 |
| Canal | Recto | 1,4,5 | 3,5 |
| | No recto | 2,3 | 1,2,4 |
| ZC | Una | 5 | 5 |
| | Dos | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| ZCA | Más larga | 1 | 2,4 |
| | Más ancha | 2 | 1,3,4 |
| ZCE | Más larga | 1,2,3,4,5 | |
| | Más ancha | 2,5 | 3,4 |
| Mayor proporción ZCE vs. ZCA | | | 2,3,4 |

Tabla 11. Canal articulatorio de las articulaciones aproximantes y fricativas.

De los datos contenidos en la tabla 10, sólo los referidos a las zonas de constricción permiten establecer relación con el carácter aproximante o fricativo de las realizaciones. En tres de los cuatro casos en los que se ha segmentado la ZCA, es mayor en la fricativa. La relación de la ZCE es mucho más clara: en todos los casos es mayor en la aproximante, aunque haya dos realizaciones fricativas (INF3,4) con mayor anchura –pero no longitud ni altura– que su correspondiente aproximante.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en el análisis de las dos colecciones de imágenes, bidimensionales y tridimensionales, son complementarios y, en términos generales,

coincidentes¹⁷. La mayor información de las reconstrucciones tridimensionales ofrece una visión más completa de la articulación, que en ocasiones permite superar ciertas limitaciones de la tradicional imagen mediosagital (articulaciones cerradas en el plano medio pero abiertas en los laterales, dobles curvaturas linguales que resultan ser depresiones centrales, entre otras).

Las imágenes de MRI, tanto en 2D como en 3D, muestran una considerable variación. Las consonantes velares han sido articuladas tanto en la zona velar como –sobre todo– en la zona uvular. La oclusiva sorda [k] es velar; hay una excepción uvular [q] en cada corpus, pero no corresponde al mismo informante. La realización de /g/ es uvular [ɣ] en el corpus 2D, pero hay que tener en cuenta que el carácter oclusivo de estas realizaciones no es seguro. En el corpus 3D, la oclusiva [g] se articula tanto velar como uvular [ɣ], mientras que la aproximante [ɣ] resulta –salvo un caso– uvular [ɣ̞]. La fricativa [x] se articula casi siempre en la zona uvular [χ] en las dos colecciones.

La variación en la zona de articulación de las consonantes velares ha sido descrita ampliamente, tanto para el español como para otras lenguas (véase el apartado de Presentación), pero cabe hacer al respecto dos observaciones: en primer lugar, la basculación de la articulación, hacia adelante o hacia atrás, se ha descrito fundamentalmente en función del contexto fonético (Recasens, 2014:25), mientras que en este trabajo resulta independiente del contexto; en segundo lugar, la variación se ha señalado en una doble dirección, mientras que aquí sólo se produce hacia atrás. En este sentido, no debe olvidarse que la posición supina en la que los informantes realizaron la grabación puede generar un atrasamiento de la articulación (Kitamura *et al.*, 2005), así como dar lugar a diferentes estrategias compensatorias (Stone *et al.*, 2007).

De un modo general, se registran dos modelos articulatorios para cada una de los cuatro elementos analizados, que podrían incluso llegar a tres en los dos casos no oclusivos ([ɣ̞] y [x]). Igualmente, los informantes presentan dos o incluso tres modelos diferentes para producir los cuatro elementos. En definitiva, ninguno de ellos se articula de una única manera, ni tampoco cada informante los articula con un modelo único. Este hecho ya había sido señalado, para las alveolares /n/ y /l/ del

¹⁷ De hecho, de los tres informantes que repiten en las dos colecciones, sólo uno de ellos difiere en una realización, concretamente de /k/.

español (Iribar *et al.*, 2018)¹⁸, y desde un punto de vista general por Stevens (1972, 1989), entre otros¹⁹.

La información obtenida sobre las zonas articulatorias y los diferentes modelos de producción muestra claramente una tendencia al atrasamiento articulatorio en la serie [k - g - ɣ - x], e incluso también a una mayor variabilidad articulatoria. Ya se había advertido tradicionalmente (Navarro Tomás, 1918:137-145; Martínez Celdrán, 1984:314-321, entre otros) que las variaciones articulatorias –siempre dependientes del contexto– eran pequeñas para /k/ y /g/, pero más notables en el caso de las articulaciones atrasadas de /x/, que llegaban a ser plenamente uvulares [χ]²⁰. Este trabajo aporta la novedad de la gradación, independiente del contexto, de los cuatro elementos.

Por otra parte, varios de los parámetros que se han tenido en cuenta (constricciones secundarias, comportamiento de la lengua, etc.) apenas han resultado productivos para la caracterización de la articulación, tal vez por el reducido número de los informantes²¹. Sí se ha podido comprobar, no obstante, la relación existente entre la

¹⁸ Resultados obtenidos a partir del análisis del corpus DAELPACE. Anteriormente, también se había indicado para la alveolar lateral de euskera (Iribar *et al.*, 2013), y para su subsistema sibilante (Elejabeitia *et al.*, 2008), en esta ocasión a partir de las imágenes de MRI-2D del corpus DAREMOSE (Gobierno Vasco, referencia PI2004-1).

¹⁹ La compensación articulatoria, es decir, la posibilidad de producir sonidos prácticamente idénticos mediante estrategias articulatorias diferentes es un fenómeno conocido por la fonética (Fowler y Turvey, 1980; Gay *et al.*, 1981; Flege *et al.*, 1987; etc.), aunque tal vez ha sido más tratado, desde otra perspectiva, en el ámbito de las patologías (Fletcher *et al.*, 1979; Tye *et al.*, 1983; Fletcher, 1985; Pamplona *et al.*, 2014; Nikhila y Prasad, 2017; etc.).

²⁰ Hualde (2014:149) llega a afirmar que la [χ], que él define como fricativa estridente postvelar, es la pronunciación habitual de /x/ en el norte y centro de la Península. Desde un punto de vista más general, Romero (1995:67) señala que la variación articulatoria de las consonantes velares observada mediante electromagnetometría es mayor que la de las consonantes labiales y dentales.

²¹ Por ejemplo, no se ha podido validar la observación de Ladefoged y Maddieson (1996:165-67) acerca de que el comportamiento de la lengua, especialmente de la raíz, puede variar de una fricativa palatal a su correspondiente oclusiva, aunque no tanto en el caso de la velar y nunca aún en el de la uvular. En el corpus 2D, hay tres informantes comparables: dos con realizaciones velares [k] y [x] (INF1 e INF6) y uno con uvulares [q] y [χ] (INF4). La raíz sólo es ligeramente diferente en la [x] del INF1, mientras que el postdorso está algo más elevado en la [χ] del INF4.

localización de la constricción principal y la relación de tamaño entre las cavidades bucal y faríngea, algo que ya quedaba implícito en los modelos de Fant (1960:107-138, 167-204) para vocales y consonantes.

En cuanto a la diferencia de tensión entre el par oclusivo /k – g/, los datos no son concluyentes porque la coexistencia de diferentes patrones articulatorios dificulta la comparación. No obstante, y con las debidas precauciones, las realizaciones de /k/ parecen tener, en general, una mayor superficie de contacto entre los articuladores que las de /g/. Este hecho, que puede relacionarse con la tensión, supone un índice articulatorio experimental inédito sobre el rasgo [\pm tenso] para las consonantes velares en español²².

El canal articulatorio de las realizaciones aproximantes y fricativas es muy poco homogéneo y resulta, por tanto, difícil de segmentar. No obstante, se han podido identificar –salvo en un caso– dos zonas, que hemos denominado de constricción amplia (ZCA) y de constricción estrecha (ZCE). La ZCA parece mayor en las realizaciones fricativas, mientras que la ZCE resulta mayor en las aproximantes. Esta tendencia no puede darse por segura, puesto que las comparaciones entre los pares deberían hacerse siempre con realizaciones que ocuparan el mismo grado en la escala de tensión-abertura, lo que es imposible de asegurar en este caso. Por otra parte, encontrar diferencias en el canal articulatorio de dos realizaciones no implica que no haya también diferencias en su tensión. Nuestros datos, además, muestran una variación articulatoria similar para [ʃ - ʒ] y para [ç - x]; esto no concuerda con la hipótesis de Martínez Celdrán y Fernández Planas (2007:98-104) que predice que la variación de las aproximantes debería ser mayor que la de las fricativas.

De cara a los trabajos futuros, sería conveniente ampliar el número de los informantes, así como incluir diferentes contextos fonéticos. La información obtenida mediante las imágenes de MRI podría ampliarse con otras técnicas articulatorias y cotejarse con los datos procedentes del análisis acústico.

²² No obstante, no debe olvidarse que la existencia de pruebas articulatorias que se sumen a las acústicas (duración, fundamentalmente) acerca de la diferencia de tensión entre el par en cuestión no implica que haya que otorgarle necesariamente a ésta la preeminencia frente al rasgo [\pm sonoro] en su caracterización fonético-fonológica.

7. REFERENCIAS

- ADAMOU, E. y A. ARVANITI (2014): «Greek Thrace Xoraxane Romane», *Journal of the International Phonetic Association*, 44(2), pp. 223-231.
- ALARCOS, E. (1950): *Fonología española*, Madrid, Gredos, 1981⁴.
- ALVAR, M. (1980): *Atlas lingüístico y etnográfico de Navarra, Aragón y Rioja* (ALEANR), Madrid, La muralla.
- ASENSI, L.; S. PORTOLÉS y A. DEL RÍO (1997): «Barra de explosión, VOT y frecuencia de las oclusivas sordas del castellano», *Estudios de Fonética Experimental*, IX, pp. 221-242.
- BICKFORD, A. C. y R. FLOYD (1981): *Articulatory Phonetics*, Dallas, SIL International, 2006⁴.
- BORZONE, A. M. (1980): *Manual de fonética acústica*, Buenos Aires, Hachette.
- BORZONE, A. M. y M. I. MASSONE (1981): «Acoustic analysis and perception of Spanish fricative consonants», *The Journal of the Acoustical Society of America*, 69, pp. 1145-1153.
- BUTCHER, A. (2004): «Fortis/lenis revisited one more time: The aerodynamics of some oral stop contrasts in three continents», *Clinical Linguistics & Phonetics*, 18, pp. 547-557.
- CASTAÑEDA, M. L. (1986): «El V.O.T. de las oclusivas sordas y sonoras españolas», *Estudios de Fonética Experimental*, II, pp. 91-110.
- CATFORD, J. C. (1977): *Fundamental Problems in Phonetics*, Edinburgh, Edinburgh University Press.
- CATFORD, J. C. (1988): *A Practical Introduction to Phonetics*, Oxford, Clarendon Press.
- D'INTRONO, F.; E. DEL TESO y R. WESTON (1995): *Fonética y fonología actual del español*, Cátedra, Madrid.

- ELEJABEITIA, A.; V. GÁLVEZ, A. IRIBAR, S. MORALES, P. RIVERA y B. VÉLEZ (1995): «Índices de sonoridad/sordez en las oclusivas españolas», en A. Elejabeitia y A. Iribar (eds.): *Phonetica*, Bilbao, Universidad de Deusto, pp. 157-171.
- ELEJABEITIA, A.; A. IRIBAR, y R. M. PAGOLA (2008): «Nuevos datos acerca de la articulación de las sibilantes vascas», en A. Pamies y E. Melguizo (eds.): *New Trends in Experimental Phonetics: Selected Papers from the IVth International Conference on Experimental Phonetics*, Language Design, Special Issue, 1, pp. 55-62.
- FANT, G. (1960): *Acoustic Theory of Speech Production*, The Hague / Paris, Mouton, 1970.
- FERNÁNDEZ PLANAS, A. M. (1999): «Aproximación al estudio de la influencia de la velocidad de habla en grupos consonánticos intervocálicos -ST-», en J. Fernández González, C. Fernández Juncal, M. Marcos, E. Prieto e I. Santos (eds.): *Lingüística para el siglo XXI*, Salamanca, Editorial Universitaria de Salamanca, pp. 641-652.
- FLEGE, J. E.; S. G. FLETCHER y A. HOMIEDAN (1987): «Compensating for a bite-block in /s/ and /t/ production: Palatographic, acoustic, and perceptual data», *The Journal of the Acoustical Society of America*, 83(1), pp. 212-228.
- FLETCHER, S. (1985): «Speech production and oral motor skill in an adult with an unrepaired palatal cleft», *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 50, pp. 254-261.
- FLETCHER, S.; A. HASEGAWA, M. MCCUTCHEON y J. GILLIOM (1979): «Use of linguopalatal contact patterns to modify articulation in a deaf adult», en D. McPherson y M. Schwab (eds.): *Advances in Prosthetic Devices for the Deaf: A Technical Workshop*, Rochester, National Technical Institute for the Deaf, pp. 127-133.
- FOWLER, C. A. y M. T. TURVEY (1980): «Immediate Compensation in Bite-Block Speech», *Phonetica*, 37, pp. 306-326.
- FROMKIN, V. (1965): «Some Phonetic Specifications of Linguistic Units: in Electromyographic Investigation», *Working Papers in Phonetics*, 3. <https://escholarship.org/uc/item/93q328tn> [11/12/2018]

-
- GARCÍA ZAPIRAIN, B.; A. IRIBAR, A. MÉNDEZ, I. OLEAGORDIA, R. M. PAGOLA e I. TÚRREZ (2013): «Studies of Vocal Tension in Engineering and Linguistics Degrees using EGG Signal Processing», en *Forming Engineers for a Growing Demand. VIII International Conference on Engineering and Computer Education (ICECE'2013)*, Luanda, Angola.
- GAY, T.; B. LINDBLOM y J. LUBKER (1981): «Production of bite-block vowels: acoustics equivalence by selective compensation», *The Journal of the Acoustical Society of America*, 69(3), pp. 802-810.
- GRAMMONT, M. (1933): *Traité de phonétique*, París, Librairie Delagrave, 1963⁹.
- HARDCASTLE, W. J. (1973): «Some observations on the tense-lax distinction in initial stops in Korean», *Journal of Phonetics*, 1, pp. 263-272.
- HARRY, O. (2003): «Kalabari-Ijo», *Journal of the International Phonetic Association*, 33(1), pp. 113-120.
- HERRERO, G. y A. SUPIOT (2002): «Rasgos distintivos para la percepción de f/b, θ/d y x/g: ¿tensión, estridencia o sonoridad?», en J. Díaz García (ed.): *Actas del II Congreso de Fonética Experimental*, Sevilla, Universidad de Sevilla, pp. 220-225.
- HUALDE, J. I. (2014): *Los sonidos del español*, Cambridge, Cambridge University Press.
- IRIBAR, A.; R. M. PAGOLA e I. TÚRREZ (2013): «Caracterización articulatoria de *ele* en español y euskara», *Estudios de Fonética Experimental*, XXII, pp. 129-169.
- IRIBAR, A.; R. M. PAGOLA e I. TÚRREZ (2016): «¿Son velares las consonantes velares del español?», en Ana Ma. Fernández Planas (ed.), *53 reflexiones sobre aspectos de la fonética y otros temas de lingüística*, Barcelona, Universidad de Barcelona, pp. 49-57.
- IRIBAR, A.; R. M. PAGOLA e I. TÚRREZ (2017): «Descripción articulatoria de las consonantes velares del español a partir de su reconstrucción tridimensional», en V. Marrero y E. Estebas (eds.): *Tendencias actuales en Fonética Experimental. Current Trends in Experimental Phonetics*, UNED, Madrid, pp. 55-56.

-
- IRIBAR, A.; R. M. PAGOLA, I. TÚRREZ, J. GARCÍA ARROYO, B. GARCÍA ZAPIRAIN e I. OLEAGORDIA RUIZ (2018): «Parameters of tongue shape of /n/ and /l/ in Basque», *Journal of the International Phonetic Association*, 1-15.
- JAKOBSON, R.; G. FANT y M. HALLE (1952): *Preliminaries to Speech Analysis*, Cambridge, MIT Press.
- JESSEN, M. (1998): *Phonetics and Phonology of Tense and lax Obstruent in German*, Stuttgart, Universität Stuttgart.
- JOHNSON, K. (1997): *Acoustic and Auditory Phonetics*, Oxford, Blackwell Publishing, 2003².
- KITAMURA, T.; H. TAKEMOTO, K. HONDA, Y. SHIMADA, I. FUJIMOTO, Y. SYAKUDO, S. MASAKI, K. KURODA, N. OKU-UCHI y M. SENDA (2005): «Difference in vocal tract shape between upright and supine postures: Observations by an open-type MRI scanner», *Acoustical Science and Technology*, 26(5), pp. 465-468.
- KOHLER, K. J. (1984): «Phonetic explanation in Phonology: The feature fortis/lenis», *Phonetica*, 41, pp. 150-174.
- LADEFOGED, P. (1971): *Preliminaries to Linguistic Phonetics*, Chicago, The University of Chicago Press.
- LADEFOGED, P. e I. MADDIESON (1996): *The Sounds of the World's Languages*, Oxford, Blackwell.
- LILJEGREN, H. y A. KHAN (2017): «Khowar», *Journal of the International Phonetic Association*, 47(2), pp. 219-229.
- LISKER, L. y A. S. ABRAMSON (1964): «A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustic Measurements», *Word*, 20, pp. 384-422.
- LOPE BLANCH, J. M. (1987): *Estudios sobre el español de Yucatán*, México, UNAM.
- MALÉCOT, A. (1970): «The lenis-fortis opposition: Its physiological parameters», *The Journal of the Acoustical Society of America*, 47(6), pp. 1588-1592.

-
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1983): «Distintividad y redundancia en los rasgos fónicos inherentes del castellano», *Patio de Letras*, 5, pp. 45-62.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1984): *Fonética*, Barcelona, Teide.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1985): «¿Hasta qué punto es importante la sonoridad en la discriminación auditiva de las obstruyentes mates del castellano?», *Estudios de Fonética Experimental*, I, pp. 71-130.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1991): «Duración y tensión en las oclusivas no iniciales del español: un estudio preliminar», *Revista Argentina de Lingüística*, 7(1), pp. 51-71.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1993): «La percepción categorial de /b-p/ en español basada en las diferencias de duración», *Estudios de Fonética Experimental*, V, pp. 223-239.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (2004): «Problems in the classification of approximants», *Journal of the International Phonetic Association*, 34(2), pp. 201-210.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (2008): «Some chimeras of Spanish traditional phonetics», en L. Colantoni y J. Steele (eds.), *Selected Proceedings of the 3rd Conference on Laboratory Approaches to Spanish Phonology*, Somerville, Cascadilla Press, pp. 32-46.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (2016): «En torno al concepto de aspiración o sonido aspirado», en W. Elvira-García y P. Roseano (eds.): *Lectio magistralis de Eugenio Martínez Celdrán*, Barcelona, Universidad de Barcelona, pp. 9-23. http://stel.ub.edu/labfon/amper/homenaje-eugenio-martinez-celdran/53reflexiones/Lectio_magistralis_eugenio_martinez_celdran_elvira-garcia_roseano.pdf
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. y A. M. FERNÁNDEZ PLANAS (2007): *Manual de fonética española. Articulaciones y sonidos del español*, Barcelona, Ariel.
- MCGILL, S. (2014): «Cicipu», *Journal of the International Phonetic Association*, 44(3), pp. 303-318.
- MOKARI, P. y S. WERNER (2017): «Azerbaijani», *Journal of the International Phonetic Association*, 47(2), pp. 207-212.

-
- MUÑIZ, C. (2002): «Realización del fonema /g/ en Asturias», *Revista de Filología Asturiana*, 2, pp. 53-70.
- MUÑIZ, C. (2018): «Asturian», *Journal of the International Phonetic Association*, 48(2), pp. 231-241.
- NAVARRO TOMÁS, T. (1918): *Manual de pronunciación española*, Madrid, CSIC, 1989²³.
- NIKHILA, G. y H. PRASAD (2017): «A study on patterns of compensatory articulation errors with reference to age of surgery in children with repaired cleft lip and palate», *Global Journal of Otolaryngology*, 7(2), pp. 1-16.
- OQUAKRIM, O. (1995): *Fonética y fonología del bereber*, Bellaterra, UAB.
- PAMPLONA, M. C.; A. YSUNZA y S. MORALES (2014): «Strategies for Treating compensatory articulation in patients with cleft palate», *International Journal of Biomedical Science*, 10(1), pp. 43-51.
- PETERS, J. (2010): «The Flemish-Brabant dialect of Orsmaal-Gussenhoven», *Journal of the International Phonetic Association*, 40(2), pp. 239-246.
- POCH, D. (1984): «Datos acústicos para la caracterización de las oclusivas sordas del español», *Folia Phonetica*, 1, pp. 89-106.
- QUILIS, A. (1981): *Fonética acústica de la lengua española*, Madrid, Gredos.
- QUILIS, A. y J. A. FERNÁNDEZ (1964): *Curso de fonética y fonología españolas para estudiantes angloamericanos*, Madrid, CSIC, 1985¹¹.
- RECASENS, D. (2014): *Coarticulation and Sound Change in Romance*, Amsterdam / Philadelphia, John Benjamins.
- ROMERO, J. (1995): *Gestural organization in Spanish: an experimental study of spirantization and aspiration*, Tesis doctoral, University of Connecticut.
- ROUSSELOT, J.-P. (1897): *Principes de phonétique expérimentale. I*, París, Didier, 1924.

-
- SADOWSKY, S. y G. SALAMANCA (2011): «El inventario fonético del español de Chile: principios orientadores, inventario provisorio de consonantes y sistema de representación (AFI-CL)», *Onomázein*, 24/2, pp.61-84.
- STEVENS, K. N. (1972): «The quantal nature of speech: Evidence from articulatory-acoustic data», en E. E. David y P. B. Denes (eds.): *Human Communication: An Unified View*, New York, McGraw-Hill, pp. 51-66.
- STEVENS, K. N. (1989): «On the quantal nature of speech», *Journal of Phonetics*, 17, pp. 3-45.
- STONE, M.; G. STOCK, K. BUNIN, K. KUMAR y M. EPSTEIN (2007): «Comparison of speech production in upright and supine position», *The Journal of the Acoustical Society of America*, 122(1), pp. 532-541.
- SVANTESSON, J-O.; A. TSENDINA, A. KARLSSON y V. FRANZÉN (2005): *The Phonology of Mongolian*, Oxford, Oxford University Press.
- TYE, N.; G. N. ZIMMERMANN y J. A. KELSO (1983): «Compensatory articulation in hearing impaired speakers: A cinefluorographic study», *Journal of Phonetics*, 11(2), pp. 101-115.
- VV.AA. (1962): *Atlas lingüístico de la Península Ibérica. I: Fonética*, ALPI, Madrid, CSIC.
- YUSHKEVICH, P. A. y G. GERIG (2017): *ITK-Snap* v. 3.6.0. [<http://www.itksnap.org>]

ANEXO 1: LAS ARTICULACIONES VELARES EN EL CORPUS 2D

Se reproducen en la Figura 4 las imágenes mediosagitales características de la articulación de [k] en el corpus 2D. La Figura 5 muestra las imágenes mediosagitales características de la articulación de [g]. Por último, las imágenes mediosagitales características de la articulación de [x] se muestran en la Figura 6.

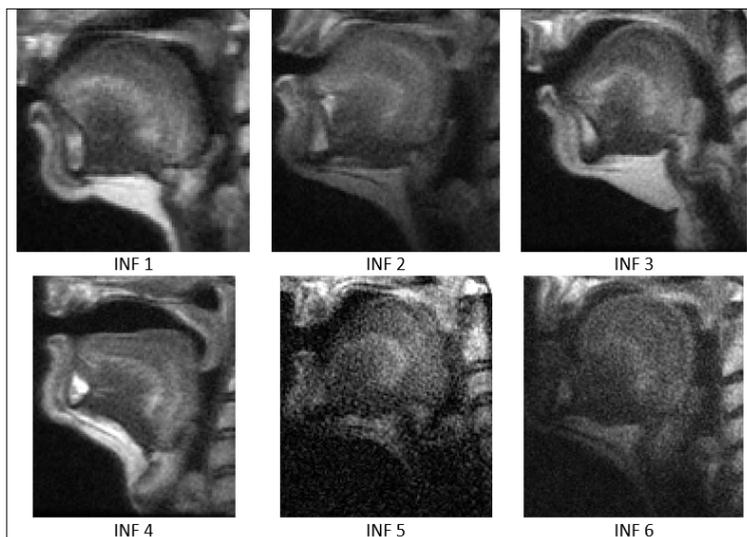


Figura 4. *Imágenes representativas de la articulación de [k].*

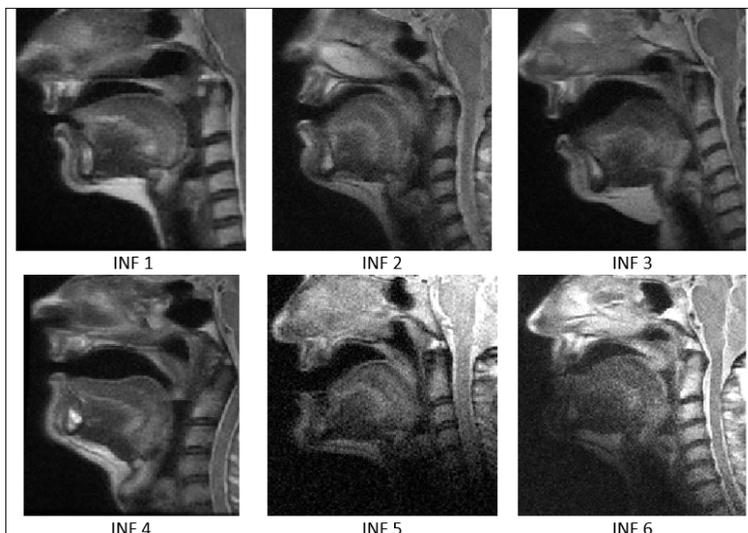


Figura 5. Imágenes representativas de la articulación de [g].

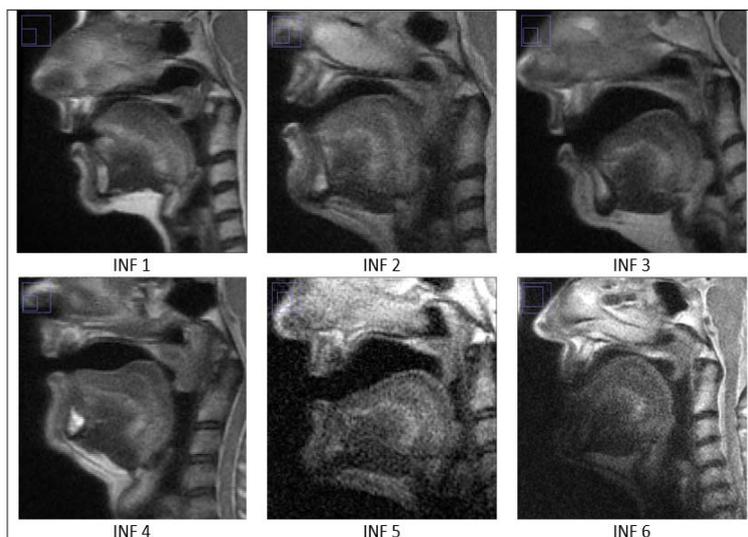


Figura 6. Imágenes representativas de la articulación de [x].

ANEXO 2: LAS ARTICULACIONES VELARES EN EL CORPUS 3D

Una imagen fija de la reconstrucción tridimensional de la articulación de [k] recogida en el corpus 3D se muestra en la Figura 7. La Figura 8 muestra las reconstrucciones 3D de la articulación oclusiva de [g]. La figura 9 contiene las reconstrucciones 3D de la articulación aproximante de [ɣ]. Por último, en la Figura 10 aparecen las reconstrucciones de la articulación de [x].

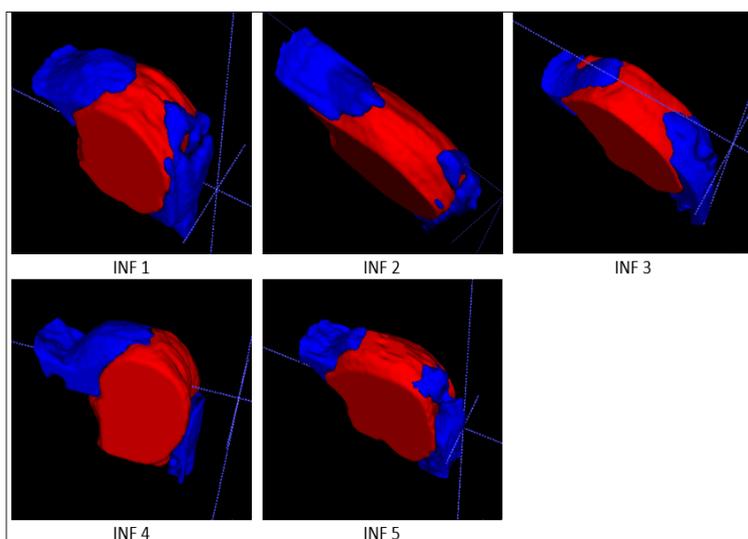


Figura 7. Reconstrucciones 3D de la articulación de [k].

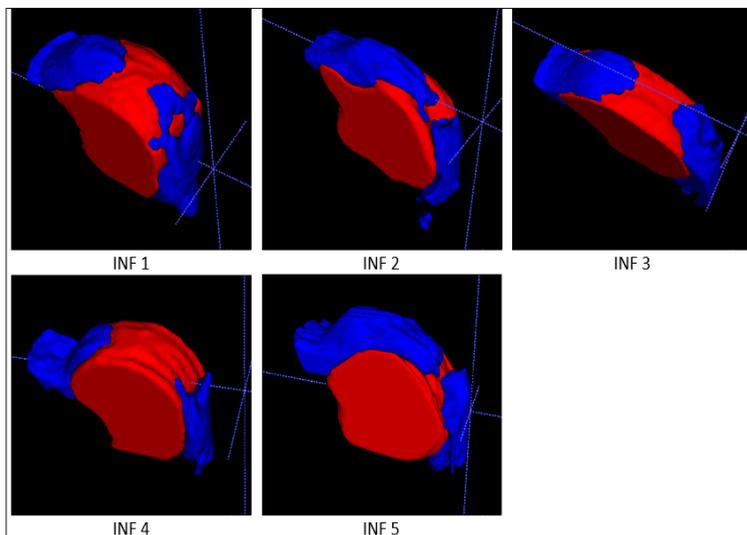


Figura 8. Reconstrucciones 3D de la articulación de [g].

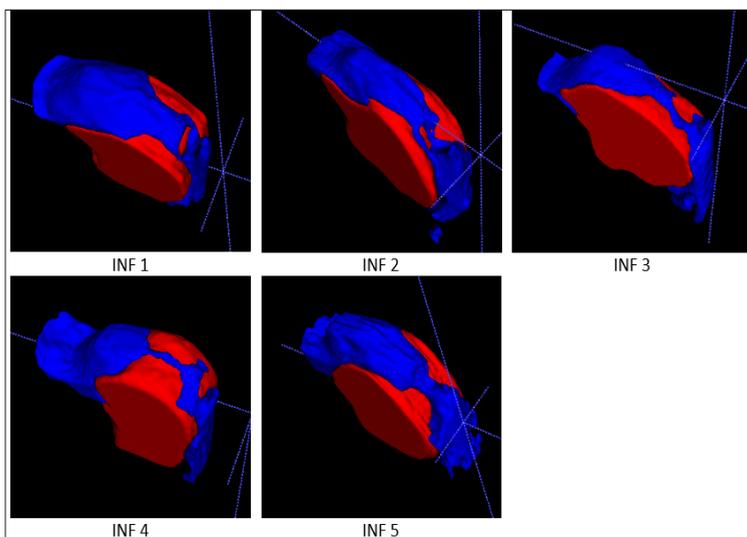


Figura 9. Reconstrucciones 3D de la articulación de [ɣ].

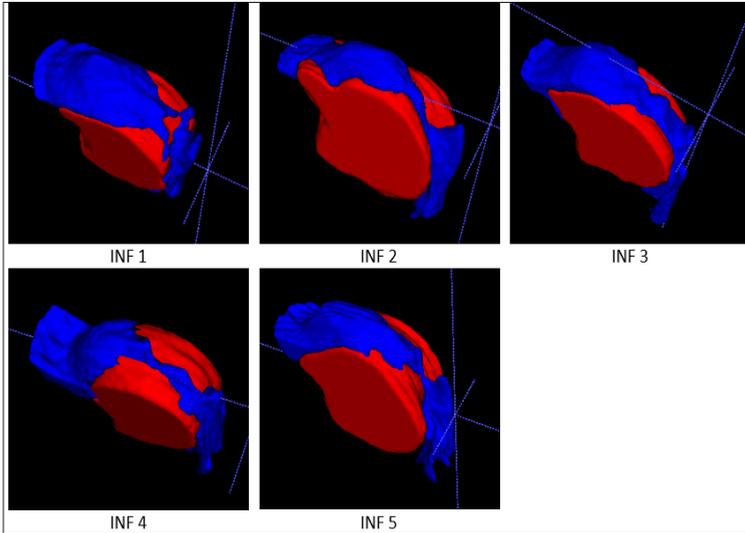


Figura 10. Reconstrucciones 3D de la articulación de [x].