

**APUNTES PARA LA CARACTERIZACIÓN ARTICULATORIA
EXPERIMENTAL DEL VOCALISMO DEL ESPAÑOL**

**NOTES FOR AN ARTICULATORY EXPERIMENTAL
CHARACTERIZATION OF SPANISH VOWELS**

ALEXANDER IRIBAR IBABE
Universidad de Deusto
Alex.iribar@deusto.es

Artículo recibido el día: 1/03/2013
Artículo aceptado definitivamente el día: 15/05/2013
Estudios de Fonética Experimental, ISSN 1575-5533, XXII, 2013, pp. 37-80

RESUMEN

Este trabajo presenta imágenes de resonancia magnética (MRI) de la producción vocálica de cuatro informantes representativos del castellano hablado en el País Vasco. Mediante un *software* específico, se ha medido con precisión el punto más alto del dorso lingual de 436 imágenes vocálicas MRI, y se ha confeccionado el triángulo articulatorio de cada informante, así como el correspondiente a los datos generales. Por otra parte, también se han obtenido los habituales triángulos acústicos, para efectuar las comparaciones oportunas, que muestran una falta de adecuación entre los datos de las dos perspectivas.

Palabras clave: *vocalismo, español, MRI, triángulo articulatorio, triángulo acústico.*

ABSTRACT

This paper presents magnetic resonance images (MRI) of vowel production of four informants representing the spoken Spanish in the Basque Country. Using special software, it has been accurately measured the highest point of the tongue dorsum of 436 MRI images, and it has been made the articulatory triangle of each informant, and the corresponding general data. There has also been obtained the usual acoustic triangles to make the appropriate comparisons, showing a poor match between the data from the two perspectives.

Keywords: *vocalism, Spanish, MRI, articulatory triangle, acoustic triangle.*

1. PRESENTACIÓN

En la producción vocálica, la lengua, vista desde una perspectiva *midsagital*, genera una línea curvada, característica de cada segmento. Lógicamente, esta curva sólo es expresable, en su conjunto, por un número considerable de puntos. Para confeccionar un triángulo o un esquema articulatorio, se toma tradicionalmente uno solo de esos puntos, el correspondiente a la posición más elevada de la curva lingual, y se traslada a un eje de coordenadas¹. De esta manera, la compleja información de una curva se simplifica extraordinariamente, puesto que se atiende únicamente a la posición del punto más alto del arco lingual (en adelante, PMADAL) respecto a los ejes vertical (o de abertura, por el que las vocales son más o menos cerradas o abiertas) y horizontal (o de localización, por el que las vocales son más o menos anteriores o posteriores).

Esta simplificación ha sido ampliamente discutida, puesto que, ya desde las primeras observaciones radiológicas, resultó bastante claro que el PMADAL no siempre refleja las posiciones teóricas de las vocales con respecto a los dos ejes de abertura y localización². Puede trazarse una amplia trayectoria bibliográfica, a lo largo de varias décadas del siglo XX, que examina la validez de la perspectiva de análisis del vocalismo en términos de abertura y localización de un solo punto³. En definitiva, está claro que la localización de un solo punto en un eje de coordenadas no es capaz de proporcionar toda la información necesaria para la descripción exhaustiva de la articulación vocálica; pero, por otra parte, no es menos cierto que ese solo punto proporciona una información importante acerca de la producción vocálica, que en no pocas ocasiones –al menos en sistemas vocálicos no excesivamente complejos–, y con el añadido de la protrusión labial, resulta suficiente para su cabal entendimiento⁴.

¹ Puede consultarse al respecto, entre otros muchos, Ladefoged (1975: 12-13).

² Ya Meyer (1910) había observado que la vocal [ɪ] del alemán puede ser más baja que la vocal [e:].

³ No es éste el momento de examinar con detalle esta discusión. Un resumen suficiente puede encontrarse en Fisher-Jørgensen (1985). Algunos hitos destacados son: Russell (1928, 1936), Ladefoged (1962, 1975), Ladefoged-DeClerk-Lindau-Papçun (1972), Wood (1975, 1979, 1982).

⁴ Es muy significativo, a este respecto, el caso de Fant (1960), quien, antes de abordar los cálculos de las áreas de las cavidades resonadoras, tarea que, como es sabido, constituyó el

El español carece de una propuesta de triángulo articulatorio realizada a partir de imágenes reales de la producción. Navarro Tomás (1916, 1918) fue pionero en la obtención de imágenes radiológicas, y sus datos sobre la articulación vocálica han sustentado las descripciones posteriores durante prácticamente un siglo; sin embargo, Navarro no confeccionó ningún esquema articulatorio, puesto que asumía como válido y representativo de la producción vocálica el conocido triángulo de Hellwag (1780). Hay que esperar hasta Quilis (1970) para encontrar más imágenes radiológicas sagitales del vocalismo del español, pero tampoco en este caso se ofrece otro esquema articulatorio que el heredado de la tradición de Hellwag (1780). Unos años más tarde, Martínez Celdrán (1984) proporciona nuevas imágenes radiológicas, pero no confecciona con ellas ningún triángulo articulatorio. Ya en este siglo, el trabajo de Gurlekian, Elisei y Eleta (2004) sobre las vocales del español en Argentina ofrece unas excelentes imágenes obtenidas mediante la resonancia magnética (MRI), así como unos interesantes cálculos sobre las medidas de los resonadores, pero tampoco se interesa por el triángulo articulatorio.

El presente trabajo⁵ pretende medir la localización del PMADAL en imágenes MRI de las vocales del español del País Vasco producidas por cuatro informantes, y realizar con ellas los esquemas o triángulos articulatorios de sus respectivos vocalismos, así como de los valores generales de todos ellos. Con esta tarea, no se pretende en ningún modo ofrecer una completa caracterización articulatoria del vocalismo, sino únicamente una primera base sólida sobre la que asentar futuros trabajos de análisis experimental.

2. METODOLOGÍA

2.1. Obtención de los materiales

Para la realización de este trabajo se han utilizado las imágenes de resonancia magnética (MRI) de la producción vocálica de cuatro informantes del español, obtenidas en el desarrollo del proyecto de investigación DAELPACE⁶.

punto de partida para la gran mayoría de los trabajos posteriores, confeccionó el *triángulo vocálico* del japonés a partir precisamente del PMADAL.

⁵ Este trabajo presenta parte de los resultados de mi tesis doctoral (2012).

⁶ El proyecto DAELPACE (*Descripción articulatoria experimental de la lengua: parámetros articulatorios del castellano y del euskara*) ha contado con la subvención del

Los informantes seleccionados para el proyecto, de entre 20 y 50 años de edad, cuentan con las condiciones requeridas, tanto desde el punto de vista lingüístico-articulatorio (hablantes representativos del nivel medio-alto de la variedad estándar del español del País Vasco) como desde la perspectiva fisiológica (configuración orofaríngea normal, ausencia de piezas metálicas en la boca y de incompatibilidades médicas). La información correspondiente a cada informante es la siguiente:

1. C01: mujer, 49 años⁷, natural de Bilbao con estudios superiores.
2. C02: mujer, 45 años, natural de Barakaldo (Bizkaia), con estudios superiores.
3. C03: mujer, 47 años, natural de Bilbao, con estudios superiores.
4. C04: hombre, 42 años, natural de Bilbao, con estudios superiores.

Antes de las sesiones de grabación de MRI, estos informantes fueron analizados acústicamente en el Laboratorio de Fonética de la Universidad de Deusto, para comprobar su idoneidad y disponer de los parámetros acústicos de sus realizaciones, lo que permite la comparación con los articulatorios. Además, fueron entrenados para optimizar las sesiones de grabación de MRI, que se realizaron en el Hospital Quirón Bizkaia mediante un equipo GE 1,5T. *HealthCare*⁸. En cada sesión, se han obtenido secuencias dinámicas SSFSE (*Single Shot Fast Spin Eco*) con TR de 4,8 y TE de 1,3, de 58 segundos y 24 fotogramas por captura, en un plano *midsagital*. Por tanto, el total de imágenes obtenidas asciende a 480 (24 imágenes x 5 vocales x 4 informantes).

El cuestionario aplicado en las sesiones de grabación consistía, en nuestro caso, en la reproducción sostenida de cada vocal tras un apoyo con la bilabial sorda [p], de

MICINN (Referencia FFI2009-10706) durante el periodo 2010-2012. El proyecto ha sido desarrollado por equipo multidisciplinar; el subequipo lingüístico lo forman Rosa Miren Pagola (investigadora principal), Itziar Túñez y Alexander Iribar, más las colaboradoras de investigación Maialen Garbizu, Ainara Iturbe y Raquel Gómez; el subequipo técnico (ingeniería, física, informática y medicina) lo forman Begoña García Zapirain, Amaia Méndez e Ibon Ruiz Oleagordia, con la colaboración de José Luis Arroyo.

⁷ La edad se refiere siempre al momento de realización de la encuesta.

⁸ El protocolo técnico de grabación de las resonancias fue diseñado y supervisado por el Dr. Estepan Imanol Gainza Jauregi, del Hospital Quirón Bizkaia.

modo que se evitara cualquier posible influencia consonántica lingual en la articulación vocálica.

2.2. Obtención de los datos articulatorios

Todas las imágenes MRI se han medido mediante el *software* DicomPas (García Arroyo *et al.* 2013). El parámetro medido ha sido el PMADAL (*punto más alto del arco lingual*).

En una imagen MRI, un punto fijo se define en relación a una eje de coordenadas, que puede compararse con la habitual carta de formantes vocálicos, puesto que el eje horizontal X se relaciona con la localización antero-posterior, y el eje Y vertical, con la abertura.

DicomPas permite guardar la información numérica correspondiente a la localización de cualquier punto de una imagen MRI, medido en relación a un punto cero situado en el ángulo superior izquierdo. La escala de los dos ejes de referencia tiene un rango de 0-255 (las imágenes son cuadradas). Como sabemos la medida real de un pixel (1,0938 mm. de lado en la mayoría de los casos), podemos fácilmente convertir las medidas tomadas de píxeles a milímetros.

Puesto que el encuadre de la cabeza de cada informante en la imagen es diferente⁹, los puntos fijos obtenidos de la manera descrita no resultan comparables entre los distintos informantes¹⁰.

Del mismo modo, para comparar un mismo punto medido en las 24 imágenes de una secuencia de un mismo informante, debemos estar seguros de que el encuadre de la cabeza sea exactamente igual. Hay que tener en cuenta que, precisamente para que las imágenes cumplan adecuadamente su función de diagnóstico médico, al informante-paciente se le fija la cabeza al ser introducido en el escáner. No obstante, para comprobar el resultado de la fijación efectuada por el personal médico, medimos un punto invariable desde el punto de vista fisiológico o anatómico en todas las imágenes de las cinco vocales del informante C01: el

⁹ Un imagen representativa de la articulación de cada vocal y de cada informante se muestra en el Anexo.

¹⁰ En el siguiente apartado se expondrá un procedimiento de normalización de los datos, que supera el problema de los diferentes encuadres.

ángulo inferior izquierdo de la primera vértebra. La figura 1 muestra dicho punto fijo en una [o] (el trazo ha sido engrosado posteriormente):



Figura 1. Localización de un punto fijo en una imagen MRI (informante C01).

Efectuadas las mediciones oportunas con las grabaciones de C01, se comprueba que, efectivamente, el punto fijo no experimenta prácticamente variaciones a lo largo de las imágenes que componen cada captura de RMI. No obstante, la nitidez de las secuencias no es siempre la misma; además, la calidad del pixelado de la imagen no siempre permite delimitar con exactitud los límites o bordes de sus componentes. Por estas razones, el mismo punto fijo parece a veces resultar mejor medido con un desplazamiento mínimo del cursor en alguna dirección (izquierda, derecha, arriba o abajo). En el *software* DicomPas, un golpe de cursor desplaza el punto fijo 1 pixel. Por tanto, podemos establecer que el margen de error de las medidas de puntos fijos ocupa un cuadrilátero de tres píxeles de lado, en cuyo centro quedaría el pixel que ha sido medido, y cuyos valores anotamos. Dicho de otra manera: los valores de los ejes X e Y pueden sufrir un sesgo de ± 1 pixel (1,0938 mm., por tanto).

Al comparar las coordenadas del punto fijo de las cinco vocales de cada informante (la pequeña variación señalada en cada conjunto de 24 imágenes queda resuelta anotando el valor más frecuente), se comprueba que sí existe a veces una ligera diferencia de encuadre entre las capturas. Para corregir esta desviación, y

garantizar la normalización de las medidas de las cinco vocales de cada informante entre sí, se efectúan las oportunas correcciones, partiendo en cada caso del valor de la vocal [i], como muestra la tabla 1¹¹:

	[e]		[a]		[o]		[u]	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
C01	0	-5	0	-10	0	-1	0	-1
C02	-1	0	1	-1	-1	0	-1	0
C03	-1	-1	0	0	0	0	1	1
C04	0	0	0	0	1	0	0	1

Tabla 1. *Ajustes en píxeles de los valores de punto fijo.*

Por último, es necesario indicar que, de las 24 imágenes de que consta cada captura, no todas pueden utilizarse en el análisis, debido a que no siempre el informante mantiene la posición articulatoria adecuada¹². En total, de las 480 imágenes obtenidas, han podido analizarse finalmente 436¹³.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

Se presentan en este apartado los datos relativos a los cuatro informantes analizados: valores de PMADAL, áreas de dispersión articulatoria, esquemas articulatorios y medidas de distancias y de áreas vocálicas.

¹¹ Curiosamente, un informante (C01) presenta una variación entre el encuadre de sus cinco vocales mucho más acusada que el resto.

¹² De los movimientos que interrumpen esa posición, el más frecuente es la deglución de saliva.

¹³ Las imágenes rechazadas son, respectivamente para [i-e-a-o-u]: [9,17-9-3,17-4,23-12,13,22] de C01, [9,10,21-6,10,11,12,23-4,6,16,19-1,4,11,13,22-16,20] de C02, [5,7,16,20-8-0-5,12,17,20,21.19] de C03 y [0-12-1,2,16-0-0] de C04.

3.1. El informante C01

La tabla 2 muestra los valores de la media y de la desviación típica de los dos ejes de localización del PMADAL del informante C01:

		Media	Desviación
[i]	X	61,18	0,73
	Y	171,50	0,51
[e]	X	57,61	0,65
	Y	173,09	0,51
[a]	X	64,45	1,43
	Y	181,05	0,21
[o]	X	82,50	0,85
	Y	177,91	0,42
[u]	X	77,95	1,11
	Y	173,81	0,51

Tabla 2. Valores en píxeles del PMADAL de C01.

La desviación es siempre mayor en el eje horizontal X (equivalente a la localización) que en el vertical Y (equivalente a la abertura), especialmente en los casos de [a] y [u].

Si colocamos en un eje de coordenadas todos los valores registrados, obtenemos las áreas de dispersión del parámetro analizado, que muestran el margen de libertad del informante en la ubicación del PMADAL. Los pocos puntos que componen cada área en la figura 2 reflejan la relativa estabilidad articulatoria encontrada¹⁴; por otro lado, en cambio, no permiten conocer cuáles son los valores más repetidos de cada área de dispersión. Con los valores medios del PMADAL de las cinco

¹⁴ Las 22 imágenes de [i] coinciden en 5 puntos de localización de su PMADAL; las 23 de [e], en 9 puntos; las 22 de [a], en 7; etc.

vocales, colocados sobre una imagen de [a], obtenemos el pentágono –mejor que triángulo– articulatorio de C01:

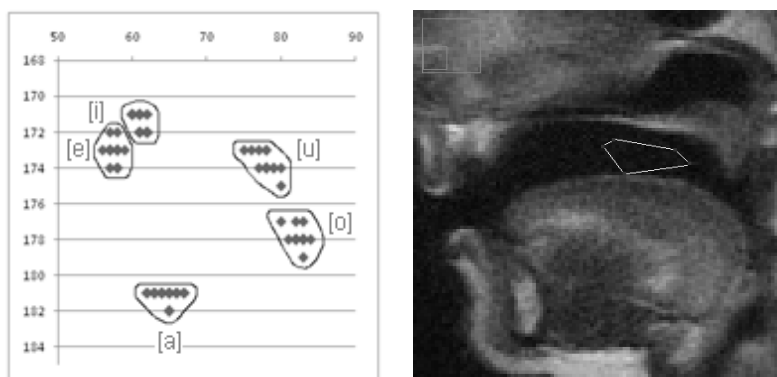


Figura 2. Áreas de dispersión articulatoria (en píxeles) y pentágono articulatorio de C01.

En esta imagen se observa que las vocales medias [e, o] se sitúan en los extremos externos del polígono, de modo que –siempre según el PMADAL– [e] resulta más adelantada que [i] y [o] resulta más atrasada que [u]. Por su parte, la vocal central [a] presenta prácticamente el mismo grado de adelantamiento que las vocales anteriores [e, i].

En cuanto a la abertura, las vocales anteriores [i, e] son más cerradas que sus respectivas posteriores [o, u]. La distancia [i-u] es mucho más pequeña que la diferencia [e-o], de modo que [i, e, u] resultan aproximadamente con el mismo grado de abertura.

Los valores reales de distancia entre las cinco vocales del C01 y el área del pentágono aparecen en la tabla 3:

Distancias primarias	[i – a]	17,91
	[a – u]	20,64
	[i – u]	15,11
Distancias secundarias	[e – i]	6,00
	[e – a]	14,27
	[e – o]	23,51
	[e – u]	18,95
	[o – u]	6,62
	[o – a]	21,06
	[o – i]	20,75
Área del pentágono		239,06
Área del triángulo [i – a – u]		131,83

Tabla 3. *Distancias (en mm.) y áreas (en mm.²) de las vocales de C01.*

3.2. El informante C02

Como en el caso anterior, comenzamos colocando en la tabla 4 los valores de media y desviación típica del PMADAL:

		Media	Desviación
[i]	X	77,48	0,81
	Y	133,71	0,46
[e]	X	78,74	0,65
	Y	136,79	0,41
[a]	X	83,00	1,17
	Y	148,15	0,58

[o]	X	88,84	1,30
	Y	147,00	0,47
[u]	X	89,00	2,91
	Y	140,77	1,06

Tabla 4. Valores en píxeles del PMADAL de C02.

Los valores de desviación, siempre mayores en el eje horizontal (X), son especialmente relevantes en las vocales no anteriores, sobre todo en [u]. En esta vocal, la informante parece presentar dos modelos de producción: uno más alto y adelantado, y otro más bajo y retrasado.

Trasladados los valores obtenidos a un eje de coordenadas, obtenemos el siguiente cuadro de áreas de dispersión articulatoria (figura 3), donde se aprecia gráficamente lo señalado para la vocal [u]. Con los valores medios de PMADAL, se obtiene el siguiente pentágono articulatorio, mostrado sobre una imagen MRI correspondiente a la vocal [a]:

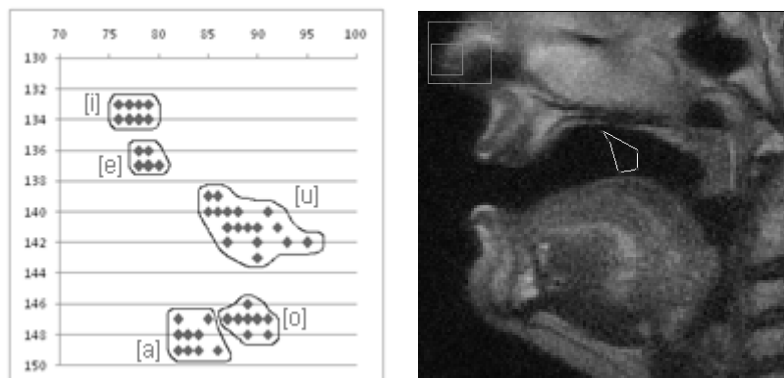


Figura 3. Áreas de dispersión articulatoria (en píxeles) y pentágono articulatorio de C02.

Hay varias características que merecen ser destacadas en este pentágono: la coincidencia de abertura de [a, o], la proximidad de [e, i], la diferencia de abertura entre la serie anterior y la posterior, la idéntica localización antero-posterior de [o, u].

Los valores reales de distancia entre las cinco vocales del C01 y el área del pentágono aparecen en la tabla 5:

Distancias primarias	[i – a]	14,82
	[a – u]	10,60
	[i – u]	13,84
Distancias secundarias	[e – i]	3,97
	[e – a]	11,40
	[e – o]	13,25
	[e – u]	10,09
	[o – u]	5,62
	[o – a]	7,73
	[o – i]	17,23
Área del pentágono		77,34
Área del triángulo [i – a – u]		72,94

Tabla 5. *Distancias (en mm.) y áreas (en mm.²) de las vocales de C02.*

3.3. El informante C03

Los valores de media y desviación del PMADAL del informante C03 se muestran en la tabla 6:

		Media	Desviación
[i]	X	81,60	0,88
	Y	145,00	0,00

[e]	X	86,13	0,92
	Y	149,35	0,64
[a]	X	98,13	0,90
	Y	147,04	0,62
[o]	X	100,26	0,65
	Y	150,58	0,50
[u]	X	100,61	0,83
	Y	149,61	0,49

Tabla 6. Valores en píxeles del PMADAL de C03.

La desviación es siempre mayor en el eje horizontal, aunque en ningún caso alcanza un valor excesivamente reseñable. Tal vez lo más llamativo de esta figura es la inclusión de las áreas respectivas de las dos vocales posteriores. Por tanto, el pentágono correspondiente a los valores medios (figura 4) muestra una serie anterior claramente diferenciada, y una serie posterior mucho más breve, en la que [o] y [u] ocupan una posición casi contigua:

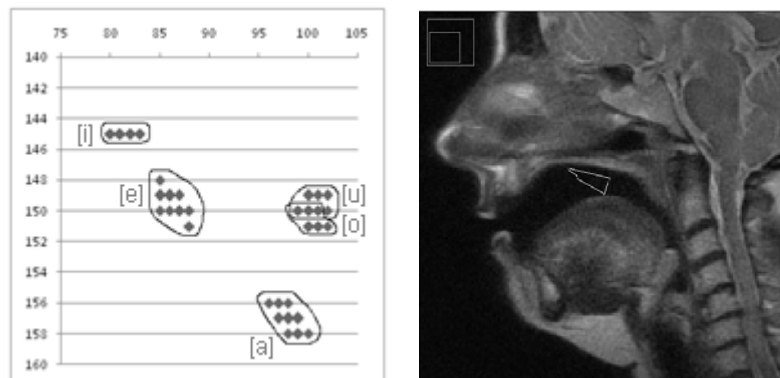


Figura 4. Áreas de dispersión articulatoria (en píxeles) y pentágono articulatorio de C03.

En cuanto a la abertura, las vocales [e, u, o] ocupan una posición intermedia entre la más cerrada [i] y la más abierta [a]. En lo que respecta a la localización antero-posterior, [a, o, u] parecen ocupar un mismo eje. Destaca la gran proximidad de las dos vocales posteriores [o, u], que ocupan prácticamente el mismo lugar. De este modo, el esquema articulatorio de C03 parece no requerir más que dos grados en el eje antero-posterior para la clasificación de sus elementos. Los valores reales de distancia entre las cinco vocales del C03 y el área del pentágono están en la tabla 7:

Distancias primarias	[i – a]	20,31
	[a – u]	8,37
	[i – u]	18,72
Distancias secundarias	[e – i]	7,18
	[e – a]	13,24
	[e – o]	13,24
	[e – u]	13,24
	[o – u]	2,03
	[o – a]	6,42
	[o – i]	19,26
Área del pentágono		88,70
Área del triángulo [i – a – u]		78,38

Tabla 7. Distancias (en mm.) y áreas (en mm.²) de las vocales de C03.

3.4. El informante C04

La tabla 8 muestra los valores de media y desviación del PMADAL del informante C04:

		Media	Desviación
[i]	X	59,67	1,20
	Y	155,33	0,48

[e]	X	61,48	1,03
	Y	159,87	0,45
[a]	X	70,11	1,04
	Y	168,53	0,51
[o]	X	77,46	0,93
	Y	165,13	0,53
[u]	X	71,29	1,23
	Y	158,96	0,55

Tabla 8. Valores en píxeles del PMADAL de C04.

Los valores de dispersión son notablemente mayores en el eje horizontal (casi el doble que en el vertical). Las vocales con más dispersión son las cerradas [i, u], aunque en la figura 5, que muestra las áreas de dispersión, no se aprecie un mayor tamaño en las correspondientes a dichas vocales. Colocando los valores medios de las cinco vocales sobre una imagen tipo correspondiente a [a], obtenemos el pentágono articulador de C04:

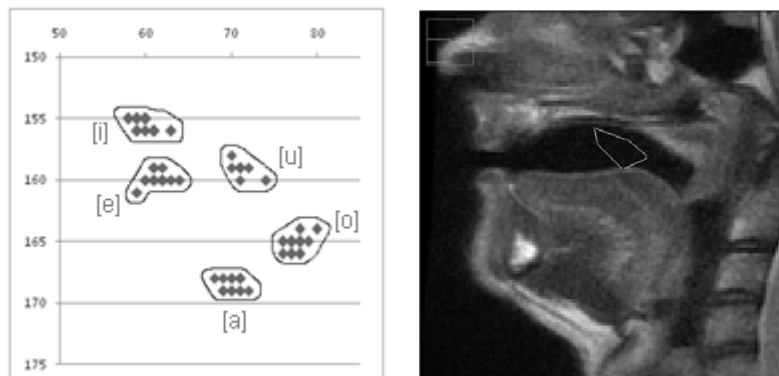


Figura 5. Áreas de dispersión articuladora (en píxeles) y pentágono articulador de C04.

Parece que cada vocal posee su propio grado de abertura, salvo [e, u], que se encuentran a la misma altura. Las vocales anteriores [i, e] tienen el mismo grado de localización antero-posterior, pero no así las posteriores, puesto que [u] se sitúa a la misma altura que [a], de modo que [o] se destaca como la más atrasada. La vocal [u], por tanto, aparece con la misma abertura que [e] y con la misma localización que [a].

Los valores reales de distancia entre las cinco vocales del C04 y el área del pentágono aparecen en la tabla 9:

Distancias primarias	[i – a]	18,81
	[a – u]	12,08
	[i – u]	12,47
Distancias secundarias	[e – i]	5,57
	[e – a]	13,92
	[e – o]	17,29
	[e – u]	11,15
	[o – u]	9,40
	[o – a]	7,88
	[o – i]	20,63
Área del pentágono		126,81
Área del triángulo [i – a – u]		72,98

Tabla 9. Distancias (en mm.) y áreas (en mm.²) de las vocales de C04.

4. UN PENTÁGONO ARTICULATORIO DEL ESPAÑOL

Para considerar conjuntamente las configuraciones articulatorias de las vocales de los cuatro informantes de español, debemos comenzar por colocar en un mismo eje de coordenadas los cuatro pentágonos vocálicos obtenidos (figura 6):

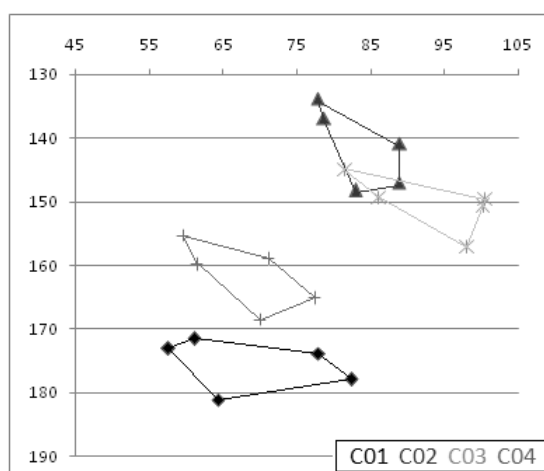


Figura 6. *Pentágonos articulatorios del español.*

Los cuatro pentágonos ocupan zonas muy separadas en el eje de coordenadas. Estas distancias no son en absoluto articulatorias, sino que responden fundamentalmente a las diferencias de encuadre en las imágenes originales, ya observadas desde el primer momento del análisis. Por supuesto, no debe olvidarse además que cada configuración oral es diferente. Para mostrar estas diferencias individuales, colocamos seguidamente cada pentágono sobre una especie de *compás* de referencia formado por dos rectas:

1. La distancia entre el punto inicial de los alveolos y el punto de inflexión entre el paladar blando y el inicio de la úvula.
2. La distancia entre el punto inicial de los alveolos y el punto más bajo de la úvula.

En los gráficos de la figura 7, se observa la variación de las configuraciones orales de los cuatro informantes, así como el lugar que, en dicha configuración, ocupa cada pentágono vocálico. Como el nivel de *zoom* de cada imagen sigue siendo diferente, se proporciona la medida exacta de la segunda de las dos rectas mencionadas, la más larga en tres de los cuatro informantes:

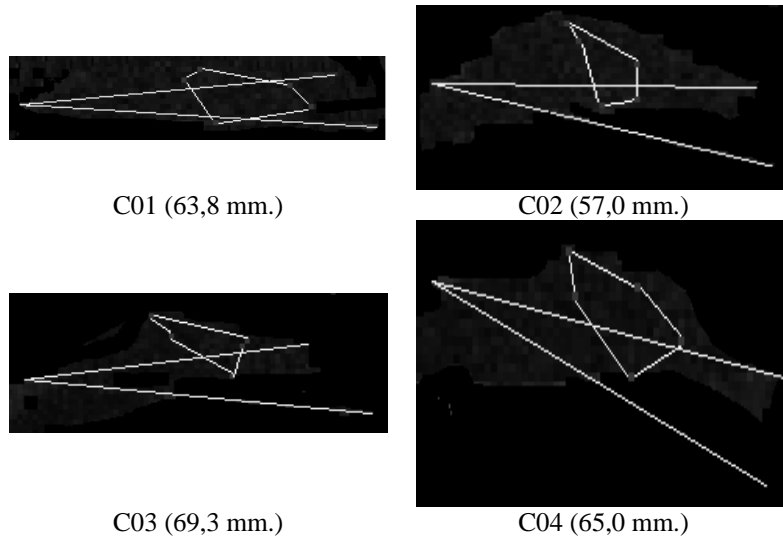


Figura 7. *Pentágonos vocálicos del español con sus ejes de referencia.*

El distinto lugar que ocupan los pentágonos con respecto a sus ejes de referencia debe entenderse, en principio, más como un reflejo de las particularidades fisiológicas de los informantes que como un fenómeno fonético. De esta manera, por ejemplo, no debe entenderse necesariamente que las vocales de C01 sean más abiertas que las de C02, ni tampoco más posteriores¹⁵.

En definitiva, para poder comparar los datos de diferentes informantes, resulta imprescindible normalizar de alguna manera los datos obtenidos mediante DicomPas. Para ello, se han recodificado los valores de los ejes X e Y según la diferencia entre cada valor real y el valor más extremo de la [i] de cada informante. De esta manera, las medidas se agrupan a partir de los valores neutralizados de la vocal [i], que la observación preliminar revelaba como la vocal extrema más

¹⁵ Nótese que se trata de la ubicación general del pentágono en la cavidad oral la que viene dada por las particularidades fisiológicas de los informantes, no así las relaciones que guardan entre sí las cinco vocales en cada esquema, que es lo que básicamente se examina en este trabajo.

estable¹⁶. La tabla 10 muestra las medias de los valores originales y de los normalizados:

		C01		C02		C03		C04	
		Or.	Nor.	Or.	Nor.	Or.	Nor.	Or.	Nor.
[i]	X	61,18	1,18	77,48	1,47	81,60	1,60	59,67	1,66
	Y	171,50	0,50	133,71	0,71	145,00	0,00	155,33	0,33
[e]	X	57,61	-2,39	78,74	2,73	86,13	6,13	61,48	3,47
	Y	173,09	2,08	136,79	3,78	149,35	4,34	159,87	4,86
[a]	X	64,45	4,45	83,00	7,00	98,13	18,12	70,11	12,10
	Y	181,05	10,04	148,15	15,15	147,04	12,04	168,53	13,52
[o]	X	82,50	22,5	88,84	12,84	100,26	20,26	77,46	19,45
	Y	177,91	6,90	147,00	14,00	150,58	5,57	165,13	10,12
[u]	X	77,95	17,95	89,00	13,00	100,61	20,60	71,29	13,29
	Y	173,81	2,80	140,77	7,77	149,61	4,60	158,96	3,95

Tabla 10. Valores originales y normalizados (en píxeles) del PMADAL.

Colocando estos datos normalizados en un eje de coordenadas (figura 8), podemos trazar, en primer lugar, las áreas de dispersión del PMADAL del vocalismo del español, tomando como valores reales los datos de las medias de los cuatro informantes analizados:

¹⁶ La mayor estabilidad de [i] se refrenda con la comparación de las áreas de dispersión articulatoria. La correspondiente a [i] es, efectivamente, la más reducida.

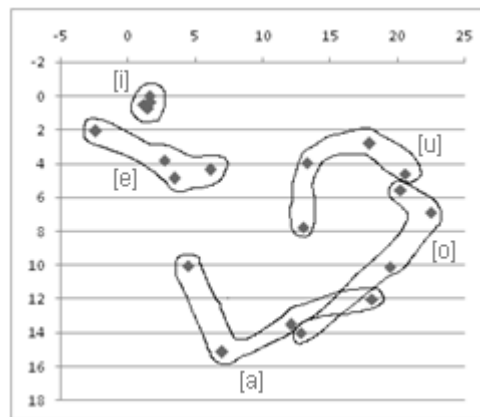


Figura 8. Áreas de dispersión articulatoria del vocalismo del español.

La dispersión de los cuatro valores manejado es, como puede verse, considerable. La [i] presenta, lógicamente, un área muy reducida, puesto que los valores se han normalizado a partir de su localización en el eje de coordenadas. La vocal [e] presenta un área relativamente amplia en el eje antero-posterior, pero no tanto en el de abertura, especialmente si se observa la cercanía de tres de los cuatro datos (los correspondientes a C02, C03 y C04). De esta manera, parece corroborarse la observación preliminar de que la serie anterior posee una articulación más fija o estable que las otras vocales, al menos en lo que respecta al PMADAL.

La vocal [a] se localiza en una amplia zona, tanto en lo concerniente a la antero-posterioridad como a la abertura. No obstante, suprimiendo un dato (el correspondiente a C01), el área se reduciría notablemente, en especial en cuanto a la abertura.

La vocal [o] presenta dos datos (los correspondientes a C01 y C03) muy agrupados, en tanto que los otros dos –especialmente C02– se alejan sensiblemente en ambos ejes y se introduce en el área de [a]. La vocal [u] presenta una zona de dispersión no excesivamente amplia en lo concerniente a la antero-posterioridad, y relativamente reducida en cuanto a la abertura, especialmente si dejamos fuera el dato de C02.

En general, en las cuatro vocales consideradas, hay siempre un dato que hace crecer considerablemente el área de dispersión. Pero ese dato no siempre

corresponde al mismo informante: es C01 para [e] y [a], y C02 para [o] y [u]. Parece, pues, que estos dos informantes pueden representar los dos modelos más extremos de articulación. Si no se considerasen estos valores discordantes, las áreas de dispersión resultantes serían mucho más reducidas, y mostrarían un comportamiento diferente en los dos ejes, puesto que todas las áreas se extenderían especialmente en torno al eje horizontal de antero-posterioridad y mostrarían muy poca amplitud en lo relativo a la abertura.

Si unimos los puntos de las vocales de cada informante (figura 9), obtenemos los cuatro pentágonos articulatorios a partir de los valores normalizados de [i]:

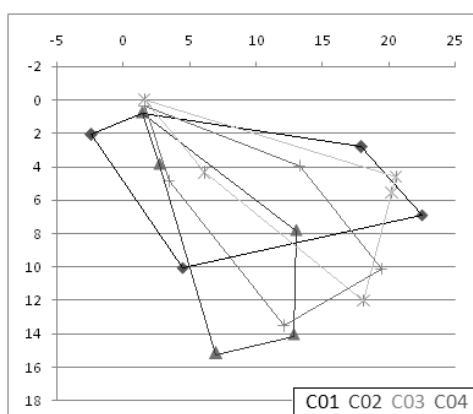


Figura 9. *Pentágonos articulatorios del español (normalizados).*

Estos cuatro pentágonos resultan notablemente diferentes a simple vista. No obstante, pueden señalarse ciertas características generales. En primer lugar, resulta interesante fijarse únicamente en las vocales extremas [i, a, u]¹⁷ para observar las características generales de los esquemas articulatorios. Para facilitar esta observación, conviene mostrar la figura 10:

¹⁷ En sentido estricto, [i, u] no son las vocales extremas de C01, ni [u] lo es en el caso de C04.

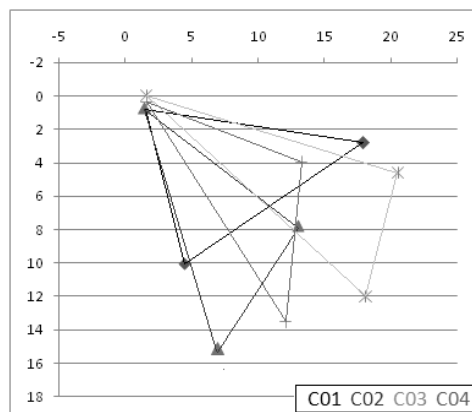


Figura 10. Triángulos articulatorios [i-a-u] del español.

De la figura precedente pueden efectuarse las siguientes observaciones:

1. [i] es siempre la vocal más cerrada, con una diferencia bastante notable (especialmente en C02) con respecto al grado de abertura de [u].
2. Consiguientemente, [u] no presenta un grado de abertura en principio asimilable al de [i], salvo en C01.
3. La posición de [a] en el eje antero-posterior es muy variable: puede localizarse cerca de [i] (C01), cerca de [u] (C04), o en algún grado intermedio (C02 y C03).
4. Las distancias vocálicas son variables. Salvo en C01 –el esquema más anómalo–, la distancia más larga es [i-a] y la más corta, [a-u]. Las proporciones, en cambio, son variables: en C03, las distancias [i-a] y [a-u] son equiparables; en C04, lo son las distancias [a-u] y [u-i]; C02 presenta las tres distancias de manera más escalonada¹⁸.

En definitiva, atendiendo a las tres vocales extremas, las cuatro figuras exigen ser representadas por medio de diferentes esquemas articulatorios. Las vocales extre-

¹⁸ En C01, [i-a] es precisamente la distancia más corta, mientras que [a-u] y [u-i] son muy similares.

mas de C01 se clasifican fácilmente con un simple sistema de dos grados de abertura y dos de antero-posterioridad, mientras que las de C02 exigen un sistema con tres grados en cada eje. Las vocales de C02 y C03 podrían clasificarse con el esquema de C01, pero quedan mejor diferenciadas con tres grados en el eje de abertura. La tabla múltiple 11 agrupa los esquemas articulatorios de las vocales extremas de los cuatro informantes:

C01		Localización	
		Anterior	Posterior
Abertura	Cerrada	[i]	[u]
	Abierta	[a]	

C02		Localización		
		Anterior	Central	Posterior
Abertura	Cerrada	[i]		
	Media			[u]
	Abierta		[a]	

C03 y C04		Localización	
		Anterior	Posterior
Abertura	Cerrada	[i]	
	Media		[u]
	Abierta		[a]

Tabla 11. *Esquemas articulatorios de las vocales extremas del español.*

Considerando ahora las cinco vocales de cada pentágono, pueden señalarse las siguientes características generales:

1. [e] se articula siempre más cerca de [i] que de [a]; es siempre más abierta que [i], pero no siempre es más posterior: en C01, [e] no ocupa el lugar intermedio entre [i] y [a] que teóricamente le corresponde.
2. [o] se articula unas veces (C02 y C03) más cerca de [a] que de [u], y otras veces (C01 y C04) al contrario¹⁹. Su localización en el eje antero-posterior también es variable: ligeramente más anterior que [u] en dos casos (C02 y C03) y bastante más posterior en otros dos (C01 y C04).
3. El espacio articulatorio de C01 es más extenso en el eje antero-posterior que en el eje de abertura. En los otros casos, especialmente en C02, sucede lo contrario. Podría decirse que el espacio articulatorio de C01 se extiende en torno a un eje horizontal y el de C02 lo hace en torno a un eje vertical, en tanto que C03 y C04 muestran un eje oblicuo y descendente de izquierda a derecha.
4. El espacio articulatorio que ocupa la serie anterior (el triángulo formado por [i – e – a]) es menor que el de la serie posterior (el formado por [a – o – u]). De hecho, el área correspondiente a la serie anterior es prácticamente inexistente, salvo en el caso de C01. En la serie posterior, por el contrario, sólo C03 carece prácticamente de espacio.
5. En general, parece que C01 y C04 representan los dos esquemas articulatorios más extremos, mientras que C02 y C03 ocupan posiciones más intermedias entre los dos extremos.

Al considerar las cinco vocales, se vuelven, lógicamente, más complejos los esquemas articulatorios indicados para dar respuesta únicamente a las vocales extremas.

En C01, [o] hace necesario distinguir un grado más de abertura, mientras que [e] parece compartir celda con [i], puesto que distinguir las dos vocales con sendos grados de abertura implicaría hacer lo propio con [o] y [u]. De esta manera, el

¹⁹ Llama la atención, en este sentido, la localización en el eje de coordenadas de las vocales [o] y [u] de C03, prácticamente idénticas.

esquema de la tabla 12 responde a la cercanía articulatoria que de hecho se produce entre las dos vocales anteriores²⁰:

		Localización	
		Anterior	Posterior
Abertura	Cerrada	[i] [e]	[u]
	Media		[o]
	Abierta	[a]	

Tabla 12. *Esquema articulatorio de C01.*

En el esquema previo de C02, con tres grados en los dos ejes, no debería haber mayor problema en incorporar dos nuevas vocales. Así sucede con [o], que ocupa la celda de la vocal abierta y posterior. La [e], como en el caso anterior, parece compartir celda con [i], puesto que está mucho más cerca de la abertura de ésta que de la de [u]. El esquema resultante aparece en la tabla 13:

		Localización		
		Anterior	Central	Posterior
Abertura	Cerrada	[i] [e]		
	Media			[u]
	Abierta		[a]	[o]

Tabla 13. *Esquema articulatorio de C02.*

En el caso de C03, la vocal [e] se puede describir como media y central, de modo que el esquema se amplía con un tercer grado de antero-posterioridad. Las dos

²⁰ Hay que tener presente que este esquema no pretende tener valor fonológico, puesto que hay dos elementos compartiendo una misma celda. Se trata de un cuadro meramente fonético, que trata de expresar las relaciones entre los cinco elementos que componen el pentágono articulatorio.

vocales posteriores, [o] y [u], cuya localización por el PMADAL es prácticamente idéntica, comparten celda. El resultado es el de la tabla 14:

		Localización		
		Anterior	Central	Posterior
Abertura	Cerrada	[i]		
	Media		[e]	[o][u]
	Abierta			[a]

Tabla 14. *Esquema articulatorio de C03.*

Por último, C04, que compartía esquema triangular con C03, se diferencia ahora de éste. También es necesario distinguir tres grados en el eje horizontal, pero [a] y [u], descritas antes como posteriores, ocupan ahora la columna central, porque la vocal más posterior es [o]. Así, el esquema queda como en la tabla 15:

		Localización		
		Anterior	Central	Posterior
Abertura	Cerrada	[i]		
	Media	[e]	[u]	[o]
	Abierta		[a]	

Tabla 15. *Esquema articulatorio de C04.*

Estos esquemas articulatorios, que no tienen ninguna pretensión fonológica, y que sólo pretenden ordenar las cinco vocales atendiendo al rasgo PMADAL, no resultan del todo satisfactorios, puesto que en tres casos aparecen dos vocales compartiendo una misma celda. Desde luego, ello es reflejo de la cercanía articulatoria existente, pero es innegable que se ha propuesto un esquema clasificatorio que no acaba de clasificar la totalidad de las vocales, ni lo hace

tampoco de manera homogénea. Para solucionar esta situación, se hace necesario manejar una única tabla con tres grados en el eje antero-posterior y cuatro en el eje de abertura. Coloco ahora, en la tabla 16, las veinte vocales, con el número de orden del informante correspondiente como subíndice:

		Localización		
		Anterior	Central	Posterior
Abertura	Cerrada	[i ₁] [i ₂] [i ₃] [i ₄]		
	Semicerrada	[e ₁] [e ₂] [e ₃] [e ₄]	[u ₄]	[u ₁] [u ₃]
	Semiabierta			[o ₁] [o ₃] [o ₄] [u ₂]
	Abierta	[a ₁]	[a ₁] [a ₄]	[a ₃] [o ₂]

Tabla 16. *Esquema articulatorio de las vocales del español (propuesta 1).*

En este esquema, en el que ninguna vocal del mismo informante comparte celda, tan sólo [i] y [e] se clasifican siempre de la misma manera. La vocal [a] es siempre abierta y mayormente central, pero también se clasifica como anterior²¹ y como posterior. La vocal [o] aparece siempre como posterior, la mayor parte de las veces semiabierta, pero en una ocasión abierta. La vocal [u] se clasifica dos veces como semicerrada posterior, pero también como semicerrada central y como semiabierta posterior; la vocal, por tanto, no queda del todo fija en ninguno de los dos ejes.

Este esquema sigue la taxonomía propia de las vocales cardinales, aunque se le puede plantear una incoherencia: distingue más grados precisamente en la variable –la abertura– que menor zona de dispersión presenta en el análisis. En realidad, y examinada la dispersión de los datos reales, más coherente parecería, en principio, distinguir con mayor precisión el eje antero-posterior, que es precisamente el parámetro más variable. La tabla 17 ensaya la clasificación de esta manera:

²¹ Aunque es verdad que, forzando mínimamente el esquema de C01, también podría colocarse en la columna central.

		Localización			
		Anterior	Central-anterior	Central-posterior	Posterior
Abertura	Cerrada	[e ₁] [i ₂] [i ₃] [i ₄]	[i ₁] [e ₂]	[u ₁]	
	Media		[e ₃] [e ₄]	[u ₄]	[o ₁] [o ₃] [o ₄] [u ₂] [u ₃]
	Abierta		[a ₁]	[a ₂] [a ₃] [a ₄]	[o ₂]

Tabla 17. *Esquema articulatorio de las vocales del español (propuesta 2).*

Como puede verse, el resultado de la clasificación no es satisfactorio, puesto que no sólo no soluciona las ambigüedades del esquema anterior, sino que resulta más confuso y deja, además, sin distinguir [o] y [u] de C03. Para intentar conseguir un esquema que no hiciera compartir la misma celda a dos vocales distintas, habría que probar con cuatro grados en los dos ejes, como en la tabla 18:

		Localización			
		Anterior	Central-anterior	Central-posterior	Posterior
Abertura	Cerrada	[i ₂] [i ₃] [i ₃]	[i ₁]		
	Semicerrada	[e ₁]	[e ₂] [e ₃] [e ₄]	[u ₁] [u ₄]	[u ₃]
	Semiabierta				[o ₁] [o ₃] [o ₄] [u ₂]
	Abierta		[a ₁]	[a ₂] [a ₃] [a ₄]	[o ₂]

Tabla 18. *Esquema articulatorio de las vocales del español (propuesta 3).*

Como puede verse, ni aun con un esquema tan complejo como el ensayado se consigue una clasificación no problemática de las veinte vocales analizadas. En realidad, es algo bastante lógico habida cuenta de la variación observada desde el primer momento en la localización del PMADAL. Por tanto, la clasificación

presentada en la tabla 16 (con 3 grados de localización y 4 de abertura) se antoja como la más razonable.

Llegados a este punto, podemos plantearnos la presentación de los valores medios de los cuatro informantes, a pesar de la repetida heterogeneidad de dichos valores. Así, y con las debidas precauciones –que no podrán ser desechadas hasta que, en un futuro, puedan manejarse más datos procedentes de más informantes–, la tabla 19 muestra los datos medios de los valores normalizados de las vocales del español:

		Media	Desviación
[i]	X	1,48	0,93
	Y	0,39	0,49
[e]	X	2,47	3,27
	Y	3,77	1,19
[a]	X	10,62	5,56
	Y	12,58	1,94
[o]	X	18,94	3,63
	Y	9,13	3,18
[u]	X	16,17	3,66
	Y	4,78	1,94

Tabla 19. Valores medios en píxeles del PMADAL del español.

Como era de esperar, la desviación de los valores, pequeña en general en cada uno de los informantes por separado, aumenta considerablemente si los consideramos de modo conjunto.

Si trasladamos estos valores a un eje de coordenadas, obtenemos la figura 17, que puede considerarse por el momento como el pentágono articulatorio de las vocales del español. La figura 11 es, en rigor, un pentágono, aunque resulta muy similar a un trapecio rectángulo, puesto que la serie anterior [i – e – a] se dispone casi en línea recta y de modo paralelo a la recta [o – u]. En este sentido, sigue destacando

la posición de [o], claramente más posterior que la de [u]. La vocal [a] se sitúa ahora en el centro antero-posterior de la figura.

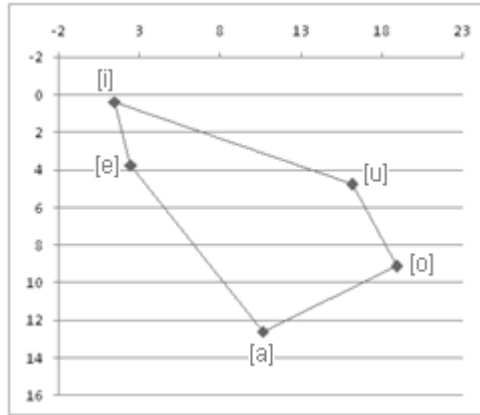


Figura 11. *Pentágono articulatorio del vocalismo del español.*

En cuanto a la abertura, la vocal cerrada [u] aparece como más baja incluso que la media [e]. Las vocales anteriores son mucho más altas que sus correspondientes vocales posteriores, de modo que el esquema clasificatorio ha de recurrir a cuatro grados de abertura, como muestra la tabla 20:

		Localización		
		Anterior	Central	Posterior
Abertura	Cerrada	[i]		
	Semicerrada	[e]		[u]
	Semiabierta			[o]
	Abierta		[a]	

Tabla 20. *Esquema articulatorio del vocalismo del español.*

La vocal [o] queda bien descrita desde el punto de vista de su abertura, pero no tanto desde la perspectiva antero-posterior, puesto que, como se ha señalado, su PMADAL es claramente más atrasado. Para dar cuenta de esta particularidad, por tanto, habría que distinguir cuatro grados en dicho eje.

Los valores exactos de distancia (en mm.) entre las cinco vocales y el área (en mm.²) del pentágono articulatorio general del español aparecen en la tabla 21:

Distancias primarias	[i – a]	15,37
	[a – u]	8,84
	[i – u]	14,82
Distancias secundarias	[e – i]	3,86
	[e – a]	11,93
	[e – o]	16,61
	[e – u]	13,15
	[o – u]	4,68
	[o – a]	8,38
	[o – i]	18,86
Área del pentágono		93,16
Área del triángulo [i – a – u]		65,91

Tabla 21. *Distancias (en mm) y áreas (en mm²) del vocalismo del español.*

5. COMPARACIÓN CON LA PERSPECTIVA ACÚSTICA

Para poder contrastar esta información articulatoria con la correspondiente a la perspectiva acústica, se ha confeccionado también, por medio de un sencillo análisis, el conocido triángulo acústico del vocalismo de los mismos cuatro informantes.

Se preparó, en primer lugar, un cuestionario con todas las combinaciones de las cinco vocales en palabras bisílabas (más bien logatomos), con sílabas abiertas, entre bilabiales sordas [p] y con distintos acentos (oxítonos y paroxítonos)²². Las palabras se incluyen en la frase marco *Yo digo ... para ti*. Este cuestionario fue grabado por los informantes ya conocidos²³. En el análisis acústico se han obtenido, mediante cálculo de LPC, los valores de los dos primeros formantes de cada vocal²⁴, necesarios para confeccionar los triángulos acústicos.

Este análisis acústico no presenta mayor interés en sí mismo, sino como elemento de comparación con sus respectivos esquemas articulatorios. Colocamos por tanto, en primer lugar, las cuatro parejas de esquemas en la figura 12.

Queda clara ya a primera vista la inadecuación entre las dos perspectivas, puesto que de cuatro pentágonos articulatorios muy diferentes se siguen cuatro triángulos acústicos muy semejantes²⁵. Desde la perspectiva acústica, la mayor diferencia se asocia al sexo, puesto que el triángulo masculino (C04) es –tal y como predice la teoría– notablemente más pequeño. Sin embargo, esta diferencia asociada al sexo no se registra en los pentágonos articulatorios. De hecho, el área mayor, con gran diferencia, es la de C01.

La inadecuación se observa con mayor claridad en la figura 13, que muestra las áreas de dispersión y los esquemas generales.

²² Las palabras resultantes son, pues: *papi, papí, pape, papé, papa, papá, papo, papó, papu, papú, pepi, pepí, pepe, pepé, pepa, pepá, pepo, pepó, pepu, pepú*, etc.

²³ Se grabó en el Laboratorio de Fonética, directamente en un ordenador mediante un micrófono SONY ECM-717 y con el programa *MultiSpeech 3700 (2.7.0)* de la *KAY Elemetrics Corp.*

²⁴ En el análisis, realizado con el mismo programa, se obtuvieron los valores de frecuencia, ancho de banda e intensidad de los tres primeros formantes, así como los valores de frecuencia fundamental, duración e intensidad de cada vocal. Toda esta información se presentó en Iribar (2012).

²⁵ El fenómeno de la *compensación articulatoria*, por el que diferentes configuraciones articulatorias pueden generar una misma configuración acústica, es sobradamente conocido, y ha sido ampliamente descrito. Una explicación suficiente puede leerse en Quilis (1981: 20-22).

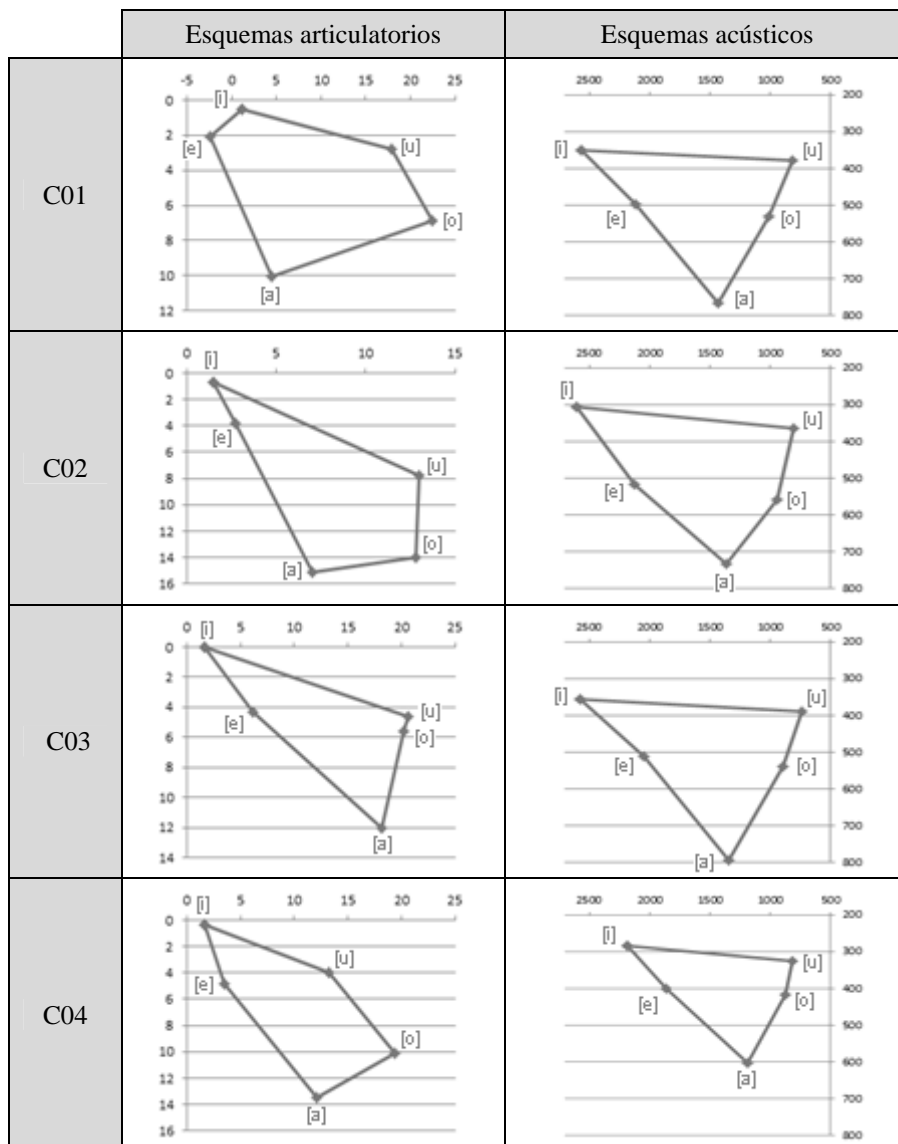


Figura 12. Esquemas articulatorio y acústico del vocalismo de los cuatro informantes.

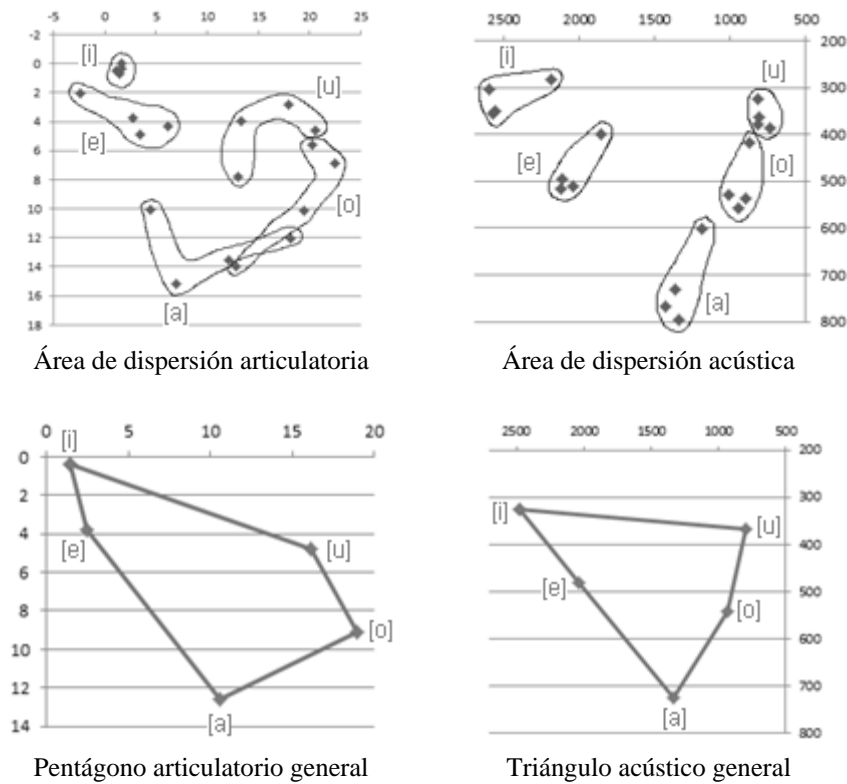


Figura 13. Áreas de dispersión y esquemas generales, articulatorios y acústicos.

Las áreas de dispersión muestran diferencias notables entre las dos perspectivas. Los datos acústicos están más agrupados que los articulatorios, salvo en las vocales anteriores²⁶. La dispersión de las cinco vocales es parecida desde la perspectiva acústica²⁷, pero no desde la articulatoria, puesto que las vocales anteriores aparecen

²⁶ La vocal [i] apenas presenta dispersión articulatoria, puesto que los datos han sido normalizados a partir de ese punto. En cuanto a [e], desde las dos perspectivas queda un único caso mal agrupado, pero no del mismo informante: corresponde a C01 en lo articulatorio y a C04 en lo acústico.

bien agrupadas. En cuanto a la forma, las áreas de dispersión acústica son más bien verticales (dispersión en el eje de abertura), mientras que la dispersión articulatoria adopta formas muy diferentes entre sí. Los datos acústicos muestran cinco áreas bien diferenciadas (algo menos en [o – u]), mientras que las áreas articulatoria de [a – o] presentan una clara zona de inclusión²⁸.

Con la información de los esquemas finales, las diferencias son difícilmente reconciliables, y confirman la mencionada inadecuación entre las dos perspectivas. Considerando los datos acústicos, las vocales pueden clasificarse de acuerdo al conocido esquema teórico con tres grados de abertura en cada eje, en el que las cinco vocales se ordenan de manera simétrica. Sin embargo, esta clasificación no puede repetirse desde la perspectiva articulatoria, al menos tomando en consideración únicamente el PMADAL, como muestra la tabla 22:

	Perspectiva articulatoria	Perspectiva acústica
[i]	Cerrada – Anterior	Cerrada – Anterior
[e]	Semicerrada – Anterior	Media – Anterior
[a]	Abierta – Central	Abierta – Central
[o]	Semiabierta – Posterior	Media – Posterior
[u]	Semicerrrada – Posterior	Cerrada – Posterior

Tabla 22. *Clasificación vocálica desde las dos perspectivas.*

Las vocales [i] y [a] se clasifican del mismo modo desde los dos puntos de vista. Las otras tres vocales se clasifican igual en cuanto a la localización antero-posterior, pero con diferentes matices en lo referente a la abertura:

²⁷ En realidad, la dispersión acústica está originada por el triángulo masculino. Las tres informantes femeninas tienen unas áreas de dispersión muy reducidas.

²⁸ Los datos no se ajustan bien a las cuatro zonas articulatorias que señalaba Wood (1979: 30): [i – e], [a], [o] y [u].

1. La vocal [e] se entiende como más cerrada en la perspectiva articuladora (semicerrada) que en la acústica (media).
2. Las vocales [o] y [u] se entienden como más abiertas en la perspectiva articuladora (semiabierta y semicerrada) que en la acústica (media y cerrada, respectivamente).

Estas diferencias en la clasificación vocálica se derivan, fundamentalmente, del hecho de que el esquema articulatorio precisa un grado más de abertura que el acústico.

6. CONCLUSIÓN Y FUTUROS TRABAJOS

Se han obtenido y analizado los esquemas articulatorios del vocalismo de cuatro informantes, atendiendo a la localización en cada caso del punto más alto del arco lingual (PMADAL). También se ha calculado el esquema general de los cuatro informantes, que ha de entenderse como una primera propuesta de *triángulo articulatorio* del español. Todos los triángulos son, en realidad, pentágonos. Las diferencias entre los cuatro informantes son bastante acusadas. El esquema final precisa añadir un cuatro grado al eje de abertura para la clasificación de los cinco elementos. Toda la información anterior se ha comparado con los resultados de un análisis acústico convencional realizado a los mismos informantes. La conclusión evidente es la falta de adecuación de las dos perspectivas, puesto que a cuatro esquemas articulatorios muy diferentes les corresponden cuatro esquemas acústicos muy parecidos.

Sin embargo, no debe olvidarse que la caracterización articuladora presentada maneja un único parámetro, y supone por tanto una reducción drástica de la realidad observada en las imágenes MRI. Una descripción más exhaustiva debería tener en cuenta al menos los siguientes parámetros (todos ellos susceptibles de ser medidos mediante el *software* Dicompas):

1. De puntos: no sólo el PMADAL, sino también la localización del punto más bajo, del más adelantado, del más atrasado; también, y muy especialmente, la localización de las diferentes constricciones observadas en cada vocal.

2. De distancias: las distancias de las constricciones; la abertura labial; la protrusión.
3. De áreas: de la cavidad oral en su conjunto; de las cavidades bucal y faríngea; de la raíz lingual; del dorso lingual.

Un primer ensayo de caracterización articulatoria del vocalismo atendiendo a varios de estos parámetros se ha presentado en Iribar (2012). Tampoco debe olvidarse que todo lo anterior es bidimensional, mientras que la realidad opera en tres dimensiones. En definitiva, tal vez los fenómenos de compensación articulatoria observados puedan deberse, sencillamente, a la pobreza de la descripción articulatoria manejada. Pero, hasta que contemos con esa caracterización articulatoria completa, los esquemas presentados en esta ocasión suponen una base para la comprensión de la producción vocálica en español, sobre la que asentar los futuros trabajos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FANT, G. (1960): *Acoustic theory of speech production. With calculations based X-ray studies of Russian articulations*, La Haya-París, Mouton, 1970.
- FISHER-JØRGENSEN, E. (1985): «Some basic vowel features», en V. A. Fromkin (ed): *Phonetic Linguistics. Essays in Honor of Peter Ladefoged*, Orlando, Academic Press, pp. 79-99.
- GARCÍA ARROYO, J. L.; M. B. GARCÍA ZAPIRAIN; I. OLEAGORDIA y A. MÉNDEZ (2013): «Framework para la realización de estudios de caracterización articulatoria sobre imágenes MRI», *Estudios de Fonética Experimental*, XXII, pp. 367-404.
- GURLEKIAN, J. A.; N. ELISEI y M. ELETA (2004): «Caracterización articulatoria de los sonidos vocálicos del español de Buenos Aires mediante técnicas de resonancia magnética», *Revista fonoaudiológica*, 50, 2, pp. 7-14.
- HELLWAG, C. F. (1780): *Dissertatio inauguralis physiologico-medica de formatione loquelaе*, Tubinga, Literis Fuesianis.
- IRIBAR, A. (2012): *Caracterización fonética experimental del vocalismo vasco-románico*, tesis doctoral, Universidad de Deusto.

-
- LADEFOGED, P. (1962): «The nature of vowel quality», *Revista do Laboratório de fonética experimental da faculdade de letras da universidade da Coimbra*, 5, pp. 73-162. También en P. Ladefoged: *Three areas of experimental phonetics*, Londres, Oxford University Press, 1967, pp. 50-142.
- LADEFOGED, P. (1975): *A Course in Phonetics*, Fort Worth, Harcourt Brace Jovanovich, 1993.
- LADEFOGED, P.; J. DECLERK; M. LINDAU y G. PAPÇUN (1972): «An auditory-motor theory of speech production», *UCLA Working Papers in Phonetics*, 22, pp. 48-75.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1984): *Fonética*, Barcelona, Teide.
- MEYER, E. A. (1910): «Untersuchungen über Lautbildung», *Die neuen Sprachen*, 18, pp. 166-248.
- NAVARRO TOMÁS, T. (1916): «Siete vocales españolas», *Revista de Filología Española*, III, pp. 51-62.
- NAVARRO TOMÁS, T. (1918): *Manual de pronunciación española*, Madrid, CSIC, 1989.
- QUILIS, A. (1970): *Fonética española en imágenes*, Madrid, La Muralla.
- QUILIS, A. (1981): *Fonética acústica de la lengua española*, Madrid, Gredos.
- RUSSELL, G. O. (1928): *The vowel*, Columbus, Ohio State University Press.
- RUSSELL, G. O. (1936): «Synchronised X-ray, oscillograph, sound and movie experiments showing the fallacy of the vowel triangle and open-closed theories», en D. Jones (ed): *Proceedings of the 11th International Congress of Phonetic Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 198-205.
- WOOD, S. (1975): «The weakness of the tongue arching model of articulation», *Working Papers*, 11, Lund, Lund University, pp. 55-109.
- WOOD, S. (1979): «A radiographic analysis of constriction location for vowels», *Journal of Phonetics*, 7, pp. 25-43.
- WOOD, S. (1982): *X-ray and model studies of vowel articulation*, Working Papers, 23, Lund, Lund University.

ANEXO I. IMÁGENES MIDSAGITALES MRI CARACTERÍSTICAS DE LA DISPOSICIÓN ARTICULATORIA DE LOS CUATRO INFORMANTES²⁹.

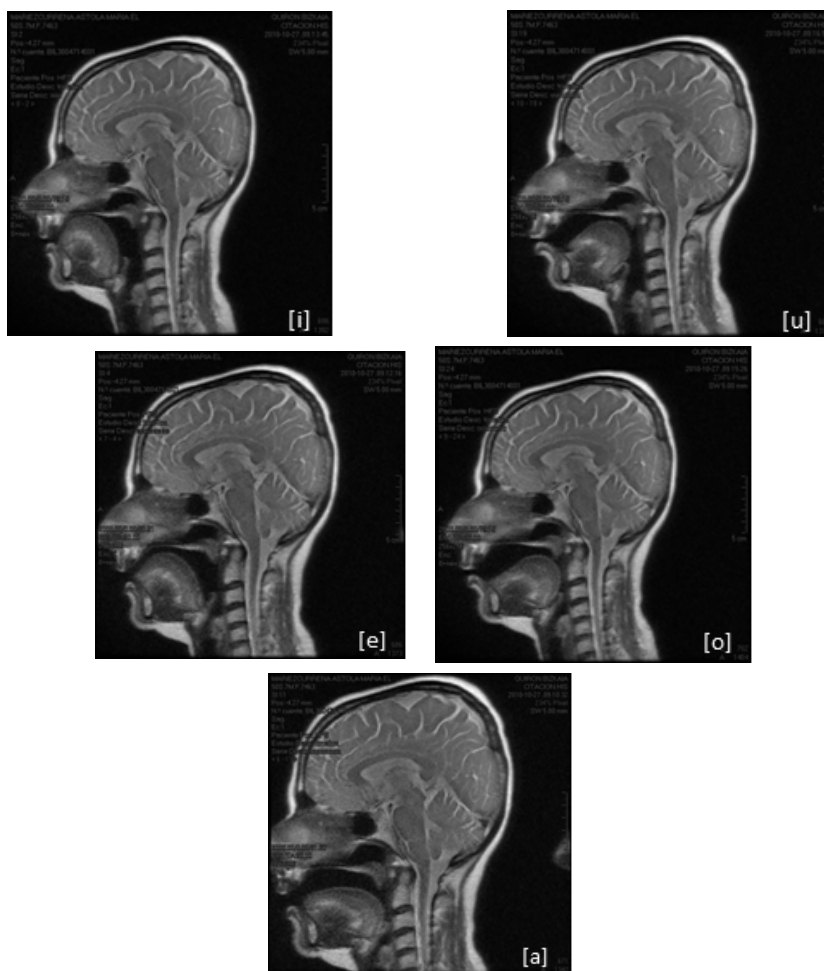


Figura 1. Imágenes tipo de las vocales de C01.

²⁹ Las imágenes seleccionadas, de las 24 que componen cada toma, son las siguientes: para el informante C01, las números 2-2-7-8-20 para las vocales [i-e-a-o-u], respectivamente; para el C02, las números 8-11-10-7-19; para C03, 9-11-16-11-8; para C04, 4-3-23-18-13.

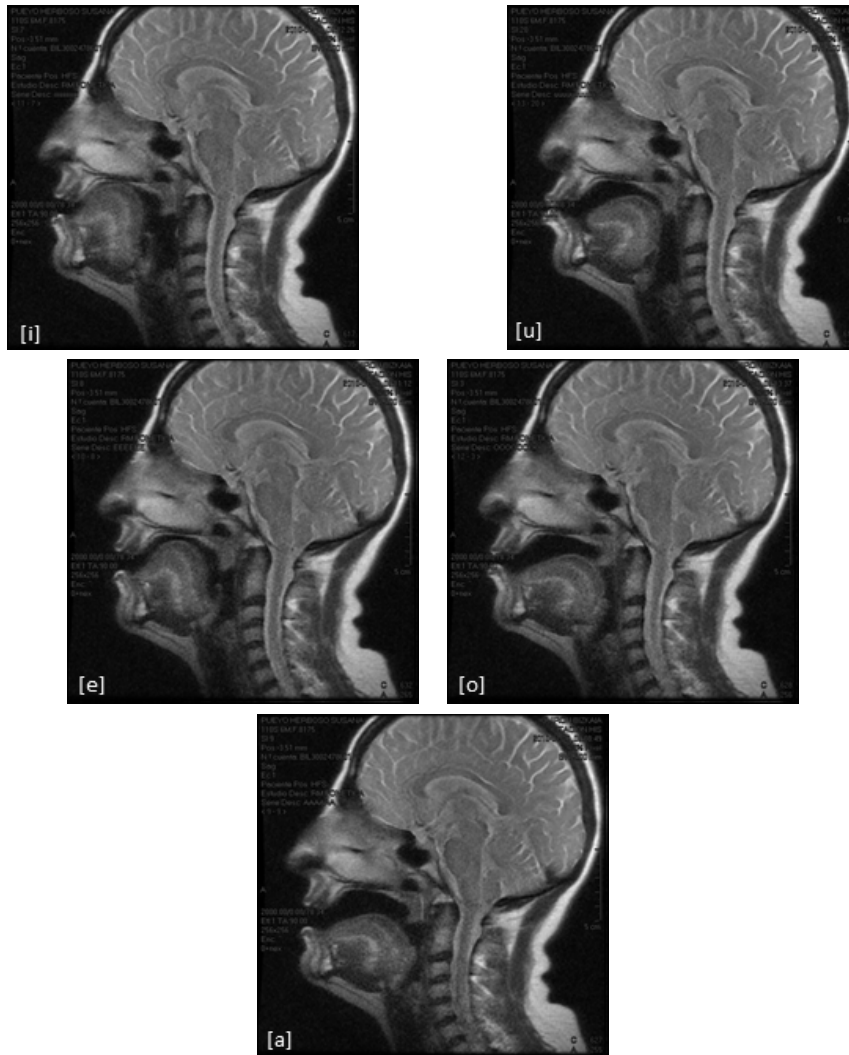


Figura 2. Imágenes tipo de las vocales de C02.

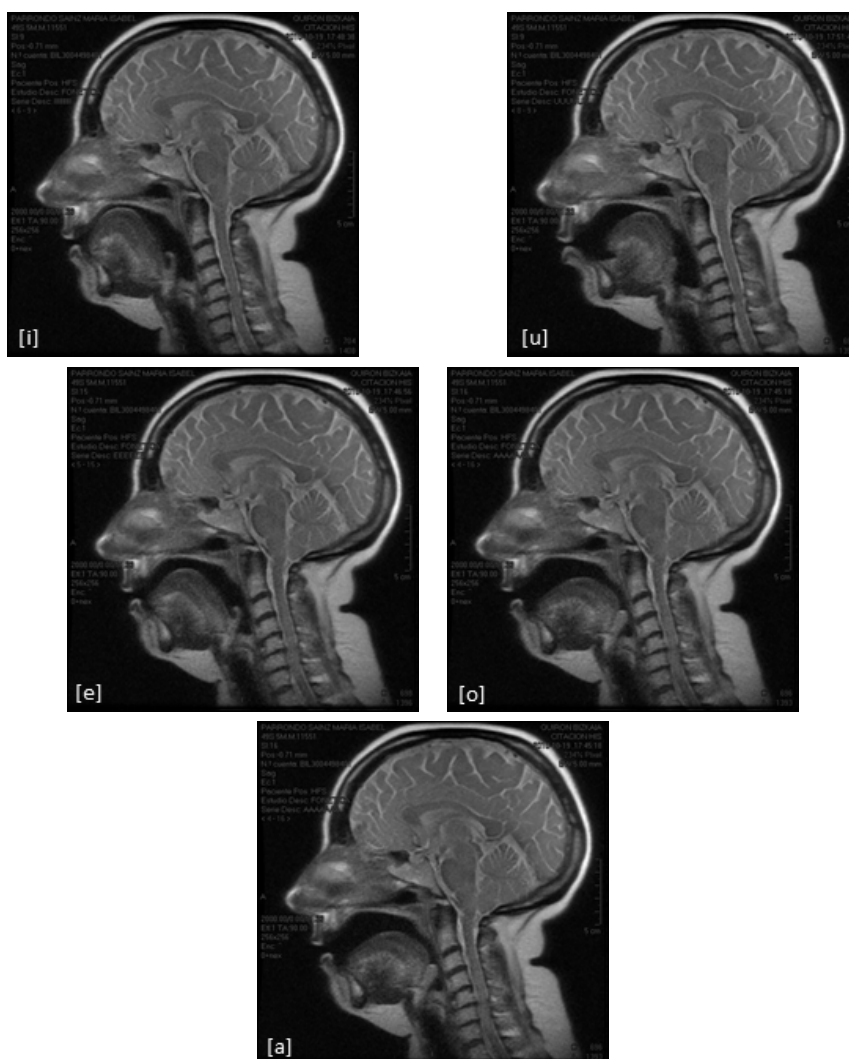


Figura 3. Imágenes tipo de las vocales de C03.

