

ALEXANDER IRIBAR IBABE

**CARACTERIZACIÓN FONÉTICA
EXPERIMENTAL DEL VOCALISMO
VASCO-ROMÁNICO**

Tesis Doctoral

Directora: Itziar Túrrez Aguirrezabal

Laboratorio de Fonética

Facultad de Ciencias Sociales y Humanas

Universidad de Deusto

2012

Man knows that there are in the soul tints more bewildering, more numberless, and more nameless than the colors of an autumn forest... Yet he seriously believes that these things can every one of them, in all their tones and semi-tones, in all their blends and unions, be accurately represented by an arbitrary system of grunts and squeals. He believes that an ordinary civilized stockbroker can really produce out of his own inside noises which denote all the mysteries of memory and all the agonies of desire.

(Gilbert Keith Chesterton: *G.F. Watts*, 1904)

Somos animales capaces de dotar de significados múltiples a nuestros propios gruñidos. Esta extraña habilidad nos ha permitido triunfar como especie, a pesar de ser incapaces de comprenderla realmente.

(Alexander Iribar Ibabe, 2008)

Los hombres se deleitan más en escribir que en enseñar; y para adelantarse oy en las ciencias, conviene ser mejor atleta que académico; porque en la abundancia del volumen, no se fatigan menos los brazos de aquél, que el entendimiento.

(Francisco de Quevedo: *El Rómulo*, 1632)

A Javier, por si le sirve para algo.

ÍNDICE

1. PRIMERA PARTE: PRESENTACIÓN	Página	13
1.1. Por qué una tesis ahora		15
1.2. Por qué esta tesis		16
1.3. En qué consiste esta tesis		17
1.4. Objetivos		18
1.5. Metodología		19
1.6. Principales resultados de la tesis		20
1.7. Tareas pendientes		22
2. SEGUNDA PARTE: CARACTERIZACIÓN ARTICULATORIA		25
2.1. Las descripciones precedentes		27
2.1.1. La descripción tradicional		27
2.1.2. Las descripciones radiológicas		28
2.1.3. La descripción palatográfica		36
2.1.4. La descripción mediante MRI		38
2.2. La descripción experimental a través de MRI		45
2.2.1. El experimento DAELPACE: presentación y metodología		45
2.2.2. La colección de imágenes de MRI: primera descripción subjética		49
2.2.2.1. La constricción articulatoria		50
2.2.2.2. Puntos y distancias		52
2.2.2.3. Áreas y cavidades		53
2.2.3. El triángulo articulatorio		53
2.2.3.1. Una cuestión previa: la localización de puntos fijos		54
2.2.3.2. El informante C01		56
2.2.3.3. El informante C02		59
2.2.3.4. El informante C03		61
2.2.3.5. El informante C04		63
2.2.3.6. El informante E01		65
2.2.3.7. El informante E02		67
2.2.3.8. El informante E03		69
2.2.3.9. El informante E04		72
2.2.3.10. Las vocales del español		74
2.2.3.11. Las vocales del euskara		84
2.2.4. Otros parámetros de distancias		94
2.2.4.1. La abertura labial		94
2.2.4.2. El redondeamiento		97

2.2.4.3. La distancia de la constricción	98
2.2.5. Otros parámetros de área	99
2.2.5.1. La cavidad oral	99
2.2.5.2. Las cavidades bucal y faríngea	103
2.2.5.3. El área de la raíz lingual	109
2.2.5.4. El área del dorso lingual	110
3. TERCERA PARTE: CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA	115
3.1. Las cualidades vocálicas básicas	117
3.1.1. Estado de la cuestión	117
3.1.1.1. El tono vocálico	118
3.1.1.2. La duración vocálica	121
3.1.1.3. La intensidad vocálica	123
3.1.2. Experimento sobre las cualidades básicas	125
3.1.2.1. El protocolo experimental	125
3.1.2.2. El tono vocálico	126
3.1.2.2.1. Las vocales del español	126
3.1.2.2.2. Las vocales del euskara	133
3.1.2.3. La duración vocálica	139
3.1.2.3.1. Las vocales del español	139
3.1.2.3.2. Las vocales del euskara	146
3.1.2.4. La intensidad vocálica	153
3.1.2.4.1. Las vocales del español	154
3.1.2.4.2. Las vocales del euskara	162
3.2. El timbre vocálico	170
3.2.1. Estado de la cuestión y primeros trabajos	170
3.2.1.1. El timbre vocálico del español	170
3.2.1.2. El timbre vocálico del euskara	172
3.2.1.3. Comparación del timbre vocálico del euskara y del castellano	176
3.2.1.4. El timbre vocálico del castellano del País Vasco	178
3.2.2. Nuevos datos sobre el timbre vocálico	180
3.2.3.1. El protocolo experimental	180
3.2.3.2. El timbre vocálico del español	181
3.2.3.3. El timbre vocálico del euskara	193
4. A MODO DE DISCUSIÓN	205
4.1. Comparación de los datos del español y del euskara	207
4.1.1. Comparación de los datos articulatorios	207
4.1.1.1. Los pentágonos articulatorios	207

4.1.1.2. Otros parámetros	211
4.1.2. Comparación de los datos acústicos	213
4.1.2.1. Las cualidades básicas	213
4.1.2.2. El timbre vocálico	220
4.2. Comparación de los datos articulatorios y acústicos	227
4.2.1. Los triángulos vocálicos	227
4.2.2. Otros parámetros articulatorios	230
4.2.3. Algunas observaciones acerca de las diferencias por sexo	232
4.3. Valor discriminatorio de los datos obtenidos	235
4.3.1. Valor discriminatorio de los datos articulatorios	235
4.3.2. Valor discriminatorio de los datos acústicos	241
4.3.3. Valor discriminatorio del conjunto de los datos	251
5. CONCLUSIONES	255
6. ANEXOS	261
6.1. Anexo 1: Imágenes-tipo de la articulación vocal	263
6.2. Anexo 2: Diferentes criterios de construcción de los triángulos articulatorios	278
6.3. Anexo 3: Estadísticos descriptivos del PMADAL	288
6.4. Anexo 4: Análisis de las duraciones vocálicas de Quilis-Esgueva (1983)	290
6.5. Anexo 5: El cuestionario vocálico	295
6.6. Anexo 6: Normalidad de los valores acústicos	297
6.7. Anexo 7: Estadísticos descriptivos del F0 vocálico	298
6.8. Anexo 8: Estadísticos descriptivos de la duración vocálica	305
6.9. Anexo 9: Estadísticos descriptivos de la intensidad vocálica	314
6.10. Anexo 10: Estadísticos descriptivos del timbre vocálico	321
6.11. Anexo 11: Recensión – <i>Las vocales en euskera</i> (1995)	343
6.12. Anexo 12: Dendrograma de datos completos	345
7. REFERENCIAS	351

PRIMERA PARTE

PRESENTACIÓN

1.1. Por qué una tesis ahora

Comencé mi primer trabajo de investigación en fonética experimental (la descripción acústica de las laterales en el castellano de Bilbao) en el verano de 1986. Mi intención era realizar una especie de tesina (que yo no necesitaba, puesto que ya poseía el grado) que me sirviera como camino para una futura tesis doctoral.

En los cinco años siguientes, pasaron muchas cosas: estudié euskara, realicé los cursos de doctorado, di todo tipo de clases (a grupos grandes y pequeños, a particulares, de lengua, de literatura, de música, en academias, colegios e institutos), desarrollé una actividad musical bastante intensa, fui becario en el recién creado Laboratorio de Fonética de la Facultad de Ciencias de la Información de la EHE-UPV, fui también becario predoctoral del MEC en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Deusto, me contrataron en el Laboratorio de Fonética de esta Universidad, me casé... pero no hice la tesis.

En mis primeros años en el Laboratorio de Fonética, colaboré activamente en la realización de una media docena de tesis de otras tantas personas. De hecho, realicé personalmente buena parte de los trabajos. Incluso asumí las funciones de dirección en no pocas ocasiones. Hice estas tareas, en unos casos, por amistad; en otros, no sé muy bien por qué. Pero no hice mi tesis.

Desde mediados de los noventa, entré de lleno en la dinámica de los equipos y los proyectos de investigación, con todo lo que ello conlleva: preparación de solicitudes, montones de papeleo, trabajo contra el reloj, redacción de artículos, comunicaciones, etc. También desde esos años me volqué en la creación y el mantenimiento de varias webs en internet. Tampoco he abandonado completamente la docencia, puesto que he enseñado, y lo sigo haciendo, en varios Másteres y Diplomaturas. Todo este quehacer –al margen del musical, que ha ido, lamentablemente, decreciendo– ha sido y es para mí extraordinariamente interesante... pero no es una tesis.

En definitiva, por una serie de razones (las que he apuntado y otras más) que no hacen al caso, me he acabado convirtiendo en una especie de *objeto de conciencia* de las tesis doctorales: a estas alturas de mi carrera profesional –he repetido infinidad de veces– una tesis no ha de probar ya mi capacidad investigadora, sino mi tesón.

Pero durante estos años no he dejado de escuchar las voces de familiares y amigos –cuya *tabarra* debo y quiero sinceramente agradecer– que me repetían la conveniencia de vencer mi abulia y preparar una tesis doctoral *de una vez*. Por fin, hace ya algún tiempo, hice caso de los consejos y me decidí a terminar lo que empecé hace más de veinticinco años.

1.2. Por qué esta tesis

Al diseñar una tesis doctoral tras más de veinte años de experiencia profesional, me pareció lo más correcto que el trabajo que presentara resumiera, de alguna manera, esta trayectoria de más de dos décadas de dedicación a la fonética experimental.

Por eso, escogí el vocalismo, que es tal vez la cuestión a la que más tiempo he dedicado. Además, siento que en cierto modo trato de saldar una deuda con las vocales, porque, después de tanto tiempo con ellas, dos libros, varios artículos, etc., siguen siendo muchas las cosas que ignoro sobre una de las secciones *a priori* mejor conocidas de la fonética.

Por otra parte, aunque la mayor parte del trabajo en el Laboratorio de Fonética de la Universidad de Deusto ha sido de análisis acústico, no hemos querido descuidar –y así lo muestra nuestra bibliografía¹– ni la perspectiva perceptiva ni la articulatoria, siempre con una metodología experimental. En este último enfoque, llevamos ya bastantes años trabajando en la descripción del euskara y del castellano mediante la obtención y el análisis de imágenes de resonancia magnética (conocidas habitualmente por las siglas MRI: *Magnetic Resonance Imaging*)².

En cuanto a la lengua estudiada, la mayor parte de mi tiempo la he dedicado al euskara, pero nunca he descuidado el castellano, al que también he dedicado varios proyectos de investigación³. Precisamente en los últimos años, la idea de lo vasco-románico ha estado muy presente en mi quehacer.

Así pues, el objetivo general de esta tesis surge de las consideraciones anteriores: estudiar conjuntamente el vocalismo de euskara y castellano del País Vasco, y establecer una caracterización fonética que aúne al menos las perspectivas articulatoria y acústica, siempre con una metodología experimental.

¹ Esta bibliografía puede consultarse en la sección correspondiente de mi web personal: <http://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Personal/CV/CV.html#4>.

² En esta línea articulatoria se inscriben varios proyectos de investigación financiados por diversas instituciones: *Descripción articulatoria experimental de la lengua: parámetros articulatorios del castellano y el euskara mediante cine-MRI – DAELPACE* (2010-2012, MICINN, Ref. FFI2009-10706); *Descripción articulatoria experimental y modelizada de los sonidos del euskara – DAREMOSE* (2005-2007, Gobierno Vasco, Ref. PI2004-1). Además de MRI, otros proyectos han utilizado técnicas endoscópicas, como *Zenbait euskalkien analisi akustikoa eta euskal hotsen ikerketa artikulatarioaren sakonketa* (2007, Diputación Foral de Bizkaia) o *Euskal hotsen artikulazioaren material prestaketa eta deskribapena* (2005, Diputación Foral de Bizkaia). Actualmente, hemos comenzado a utilizar la electropalatografía como contrapunto al análisis de MRI.

³ Los más destacados son el proyecto internacional AMPER (*Atlas multimedia de la prosodia del espacio románico*) y SVEP (*Análisis pancrónico documental y experimental del seseo vasco*, MICINN FFI2008-02377/FILO).

1.3. En qué consiste esta tesis

El trabajo que aquí se presenta refleja el resultado actual de mi dedicación al estudio del vocalismo del euskara y del castellano del País Vasco. Es importante dejar sentado que no es, en modo alguno, el final de un proceso, sino una especie de *foto fija* de hasta dónde ha llegado mi conocimiento de la cuestión en dicho proceso. Con lo que aún no sé puede llenarse perfectamente todo el tiempo que me resta de dedicación a la fonética experimental, y aún faltaría. Confío, por tanto, en que dentro de unos años haya superado buena parte de lo que aquí digo.

En cuanto a la estructura formal del trabajo, esta primera parte sirve de presentación general de la tesis: los motivos, los objetivos, los métodos, los resultados principales y las tareas aún pendientes.

La segunda parte se dedica a la caracterización articulatoria. Se hace en primer lugar un repaso a las descripciones articulatorias realizadas para el español y el euskara, con especial atención a la técnica del MRI. Además de la información referida expresamente a las dos lenguas, se trazan las líneas generales teórico-metodológicas que ha seguido la fonética experimental articulatoria desde los primeros años del siglo XX hasta la actualidad. Esta exposición no es, en modo alguno, exhaustiva, puesto que hacerlo constituiría en sí mismo el objeto de otra tesis; se procura presentar, no obstante, la información suficiente para el cabal entendimiento tanto del propio estado de la cuestión como de las aportaciones presentadas a continuación.

Una vez establecido el marco de referencia, se expone la caracterización propuesta a partir del análisis de imágenes MRI del vocalismo del euskara y del español del País Vasco. Para ello, primero es necesario presentar con algo de detalle el proyecto DAELPACE, cuyos parámetros teórico-metodológicos sustentan el análisis realizado. Seguidamente, se ofrece la información completa acerca de la metodología seguida en este experimento. Los resultados consisten, primeramente, en la obtención de una completa colección de imágenes MRI de las producciones vocálicas, de las que se presenta una muestra representativa. Estas imágenes son descritas, primero de un modo subjetivo, y seguidamente a partir de una colección de parámetros articulatorios que, mediante el *software* DicomPas, desarrollado expresamente para esta tarea, son medidos directamente en las mismas imágenes.

No se presenta en este trabajo sino una pequeña colección de dichos parámetros, a modo casi de primera aproximación. El énfasis fundamental de esta descripción se pone en la elaboración y análisis de los conocidos como *triángulos articulatorios* de los vocalismos analizados. No obstante, se reseñan otros parámetros que quedan pendientes de un análisis específico.

La tercera parte se dedica a la caracterización acústica. En ella se estudian separadamente las cualidades básicas de los sonidos vocálicos (tono, duración e

intensidad) y su timbre. Ambas secciones comienzan con un repaso al estado de la cuestión. Esta revisión del conocimiento previo sobre las cualidades acústicas del vocalismo (general y de las dos lenguas en cuestión) parte de la premisa de que gran parte de las cuestiones básicas son sobradamente conocidas por cualquier especialista. De este modo, sólo se presenta la información más directamente relacionada con el objeto de esta tesis.

Los datos aportados han sido obtenidos mediante el análisis del material lingüístico producido por los mismos informantes utilizados para el estudio articulatorio, lo que permite la oportuna comparación. Se ha creado un cuestionario *ad hoc*, en el que las vocales aparecen en palabras (más bien logatomos) de dos sílabas, oxítonas y paroxítonas. Se mide la frecuencia fundamental, la duración y la intensidad de todas las vocales, además de la altura frecuencial, el ancho de banda y la intensidad de los tres primeros formantes de cada una de ellas.

En la primera sección (las cualidades básicas) se hace especial hincapié en la validación o refutación de la hipótesis que considera que dichos valores se asocian de manera natural o intrínseca con cada vocal, dependiendo de su abertura articulatoria. En la segunda sección (el timbre), además de los datos indicados, se presentan y analizan los triángulos acústicos correspondientes.

La cuarta parte pone en relación toda la información mostrada en los dos capítulos anteriores. Compara los datos de las dos lenguas entre sí, contrasta la información articulatoria con la acústica, y, finalmente, trata, por medios estadísticos, de jerarquizar de alguna manera los datos obtenidos, de acuerdo a su validez o capacidad discriminatoria.

El trabajo concluye con el repaso sucinto de las principales conclusiones a las que se ha llegado. Un capítulo final de anexos recoge toda la información numérica manejada en este trabajo, así como algunas otras consideraciones y tareas auxiliares. Tras él, como es habitual, se reúnen las referencias bibliográficas manejadas.

1.4. Objetivos

La finalidad general de esta tesis consiste en realizar una caracterización fonética del vocalismo del euskara y del castellano hablado en el País Vasco, con dos características principales:

1. Utiliza técnicas experimentales de análisis articulatorio y acústico: MRI y espectrografía, respectivamente.
2. Es homogénea y mensurada, de modo que permite diferentes comparaciones inter e intralingüísticas.

Esta finalidad puede concretarse en los siguientes objetivos específicos:

- Obtener una serie de parámetros articulatorios, expresables numéricamente, que sean índices adecuados del vocalismo vasco-románico.
- Obtener y analizar el conocido como *triángulo articulatorio* del vocalismo del euskara y del castellano.
- Proporcionar datos homogéneos y comparables sobre las tres cualidades básicas de los sonidos vocálicos del castellano y del euskara.
- Examinar la hipótesis de las cualidades acústicas intrínsecas de las vocales.
- Proporcionar datos homogéneos y comparables sobre la frecuencia, el ancho de banda y la intensidad de los tres primeros formantes de los sonidos vocálicos del castellano y del euskara.
- Obtener y analizar los *triángulos acústicos* del castellano y del euskara.
- Comparar las características articulatorias del euskara y del castellano.
- Comparar las características acústicas del euskara y de castellano.
- Comparar la información articulatoria con la acústica.
- Jerarquizar la importancia de los datos articulatorios y acústicos en la discriminación vocálica.

1.5. Metodología

Esta tesis se basa en dos experimentos, el primero de carácter articulatorio y el segundo de carácter acústico. Los informantes utilizados en ambos experimentos son los mismos: cuatro correspondientes a cada lengua y de características sociolingüísticas similares. De esta manera, se posibilitan las comparaciones intra e interlingüísticas.

La metodología y el protocolo experimental seguido en cada caso se detallarán en el apartado correspondiente. De igual manera, al principio de cada apartado se expondrá la información necesaria sobre el estado previo del conocimiento.

En lo referente al segundo experimento, de naturaleza acústica, se asume que el análisis acústico, tanto desde el punto de vista teórico como metodológico, es sobradamente conocido por cualquier especialista, de modo que resulta superfluo exponer de manera exhaustiva todos los precedentes teórico-metodológicos. Por tanto, se presenta únicamente la información anterior directamente relacionada con el experimento efectuado. El análisis acústico utiliza la espectrografía tradicional y el análisis LPC.

El análisis articulatorio, en cambio, resulta tal vez más desconocido para la fonética del español y aún más para la del euskara. Por tanto, en este apartado se ha procurado presentar una información más completa acerca de los estudios experimentales de la articulación vocálica, que abarca desde las primeras capturas de rayos X a las modernas imágenes tridimensionales de resonancia magnética. No obstante, la

información presentada en ningún caso aspira a ser exhaustiva, puesto que esa tarea podría constituir perfectamente, por sí misma, el objeto de otra tesis doctoral.

El experimento articulatorio presentado sigue la línea de trabajo de los proyectos de investigación DAREMOSE y DAELPACE, mencionados anteriormente (apartado 1.2). Consiste, básicamente, en la obtención de imágenes MRI de la articulación de las cinco vocales de cada lengua, y su posterior análisis mediante el *software* DicomPas, diseñado especialmente para esta tarea. Mediante este programa informático, se obtienen diferentes medidas, correspondientes a diferentes parámetros planteados para dar cuenta de la producción fonética.

Es importante destacar que el planteamiento metodológico del experimento (en realidad, del propio proyecto DAELPACE) es relativamente novedoso, de modo que una parte importante del trabajo consiste en la propia elaboración metodológica.

El experimento acústico mide y analiza las cualidades fundamentales (tono, duración e intensidad) de todos los sonidos vocálicos examinados, así como sus principales valores tímbricos (frecuencia, ancho de banda e intensidad de los tres primeros formantes).

Por último, como en todos los trabajos de este tipo, los datos son procesados mediante procedimientos estadísticos. En este caso, nos hemos servido del paquete informático SPSS 18.

1.6. Principales resultados de la tesis

En el capítulo de la caracterización articulatoria, se ha planteado una serie de parámetros articulatorios indicadores de la producción vocálica, susceptibles de ser medidos en la colección de imágenes de MRI mediante el *software* DicomPas. Se presentan los primeros resultados numéricos de dichos parámetros (diez en total) y se examina su validez. De manera muy especial, se han obtenido, mediante un minucioso proceso de análisis, los conocidos como *triángulos articulatorios* de las vocales de todos los informantes, y también los generales correspondientes al español y al euskara.

Es importante destacar que este análisis no se ha limitado a obtener los triángulos articulatorios de los informantes y de las lenguas (ensayando, además, varias maneras de conseguirlo), sino que los ha analizado con cierta exhaustividad: ha descrito las áreas de dispersión articulatoria, ha calculado las distancias y las áreas entre los cinco elementos, ha ensayado diferentes modelos taxonómicos. De este modo, la reelaboración de una tarea en cierto modo abandonada por la fonética experimental desde hace décadas (véanse los apartados 2.1.2 y 2.1.4) se revela como una importante fuente de información fonética sobre el vocalismo de las lenguas.

En el capítulo dedicado a la caracterización acústica, se han estudiado, en primer lugar, las cualidades básicas de los sonidos vocálicos de ambas lenguas, es decir, el tono, la duración y la intensidad de cada vocal. Para el español, este estudio es tal vez el primero que trata conjuntamente las tres cualidades; para el euskara, es el primero que considera siquiera la cuestión como objeto de estudio. En todos los casos, además de la mera obtención de medidas físicas, se ha prestado atención prioritaria a la validación o refutación de la hipótesis de las cualidades vocálicas intrínsecas, que sostiene que las tres magnitudes se relacionan de manera natural con la abertura vocálica, de modo que, cuanto más abierta sea una vocal, posee *de manera intrínseca* más duración e intensidad, pero menor tono.

Los resultados del análisis permiten concluir que en castellano no se cumple la hipótesis en ninguna de las magnitudes (aunque sí se observa alguna tendencia en ese sentido en el caso de la duración), mientras que en euskara se cumple perfectamente la hipótesis con la frecuencia fundamental, y parcialmente con la duración. Este dato es muy importante, porque va más allá de la mera caracterización de una o dos lenguas, y aporta una prueba concluyente en contra de la hipótesis de las cualidades intrínsecas: dadas dos lenguas distintas que conviven en un mismo espacio, con dos sistemas vocálicos prácticamente idénticos, si en uno se cumple la hipótesis y en otro no, debe deducirse que la relación no es intrínseca, sino aprendida, adquirida, esto es, fonológica.

Por otra parte, se examina la influencia que el acento y la posición de la sílaba que contiene la vocal ejercen sobre las cualidades acústicas. Los datos muestran tendencias diferentes en español y en euskara. De modo general, el acento ejerce una influencia similar en las dos lenguas (algo más acusada en euskara en el tono y la intensidad); la posición silábica, sin embargo, influye en sentido contrario en ambas lenguas (algo menos en la intensidad). Es de suponer que la razón de estas diferencias entre las dos lenguas sea de orden prosódico.

En el análisis del timbre vocálico, se suministran, por primera vez de manera homogénea y comparable, los valores frecuenciales, de ancho de banda y de intensidad de los tres primeros formantes de todas las vocales del español y del euskara. El examen de los triángulos acústicos derivados de la frecuencia de los dos primeros formantes muestra que los triángulos del español y del euskara son semejantes a los propuestos por la bibliografía para ambas lenguas, y también, por tanto, semejantes entre sí. Las variables de acento y posición influyen poco en la definición de los triángulos de las dos lenguas.

En resumen, el capítulo de la caracterización acústica pretende ejemplificar un procedimiento de análisis algo más completo del que se ha venido realizando, que engloba las cuatro características acústicas de los sonidos, y que ofrece, además, algunos datos nuevos, alguno de ellos de especial interés.

Al poner en relación la información articulatoria y la acústica, se observa fácilmente que se produce un caso –nada sorprendente, por otra parte– de inadecuación de las dos perspectivas, puesto que de los dos triángulos articulatorios (diferentes en español y euskara) no se pueden seguir los dos triángulos acústicos (casi idénticos en ambas lenguas).

Por otra parte, se comprueba que, de todos los parámetros articulatorios manejados, los que mejor pueden correlacionarse con algún parámetro acústico son –como también era de esperar– los relativos al área de las cavidades resonadoras.

Por último, se estudia la validez de todas las variables manejadas para la discriminación de las cinco vocales, y se comprueba que, desde el punto de vista acústico, la clasificación más potente la realiza la combinación de las frecuencias de los dos primeros formantes; desde el punto de vista articulatorio, los parámetros más potentes para la discriminación son los relativos a las cavidades resonadoras, bucal y faríngea.

1.7. Tareas pendientes

La carencia más evidente de esta tesis es la caracterización perceptiva del vocalismo del euskara y del castellano, que no se ha acometido por motivos de orden práctico. Queda, pues, pendiente, someter a los mismos informantes a los test perceptivos oportunos, de modo que esa información pueda ser comparada con la articulatoria y la acústica.

La prueba perceptiva más obvia maneja, para construir los estímulos, información relativa a las alturas frecuenciales de los dos primeros formantes vocálicos, y persigue el establecimiento de las áreas de dispersión de la percepción del timbre vocálico (Romero 1988, Fernández Planas 1993). Las principales cuestiones a las que puede dar respuesta son:

- ¿Son las áreas de dispersión perceptiva mayores que las acústicas?
- ¿Son las áreas de dispersión semejantes en las dos lenguas?
- ¿Son las áreas de las cinco vocales de un tamaño similar?
- ¿Tienen los dos formantes el mismo peso en la percepción? En otras palabras, ¿de qué forma son las áreas?
- A medida que se estrecha el margen de seguridad en la identificación, las áreas resultantes se van reduciendo. ¿Se produce ese proceso de manera similar en las dos lenguas?

Además, los estímulos utilizados en el test pueden incluir todos los datos acústicos analizados en este trabajo (frecuencia, ancho de banda e intensidad de los tres

formantes). De este modo, una prueba de percepción podría jerarquizar la influencia de toda esa información en la identificación vocálica.

Además de esta prueba de percepción, que maneja información tímbrica, debería examinarse la percepción de las características básicas de tono, duración e intensidad. Esto es especialmente importante, porque durante el análisis de las cualidades vocálicas básicas se acudirá con frecuencia al concepto de *umbral de percepción*. Es sabido que la percepción tiene una base fisiológica universal, pero depende también de cada lengua. Por eso, la fonética experimental ha dedicado bastante empeño a la tarea de averiguar en cada caso las conocidas como JND's (*Just Noticeable Differences*). Pues bien, esta tarea está aún pendiente de realizar en euskara, por lo que la significación lingüística de los datos acústicos obtenidos al respecto es incierta.

La caracterización articulatoria presentada en este trabajo es, sin duda, limitada. Tan sólo se ha desarrollado con detalle el primero de los objetivos: obtener y analizar los triángulos articulatorios de los informantes. Esta cuestión es sin duda importante, puesto que permite una comparación fácil y efectiva con los triángulos acústicos y los perceptivos, pero tiene una importante limitación teórico-metodológica, ya que da cuenta únicamente de un punto (el más alto del arco lingual en una perspectiva midsagital) de los muchos que intervienen en la producción vocal. De este modo, un único punto convierte la articulación vocal en un juego de dos perspectivas básicas (abierto-cerrado y anterior-posterior), algo que la teoría fonética ha puesto en cuestión desde hace décadas, como se pondrá de manifiesto en los apartados correspondientes. No obstante, si bien es cierto que esta concepción no explica todos los hechos que intervienen en la producción vocálica, no es menos cierto que proporciona una información relevante y supone una explicación suficiente en la práctica para la descripción de los sistemas vocálicos de las lenguas, especialmente si no son muy complejos, como los casos que nos ocupan.

El resto de los parámetros articulatorios presentados no han sido medidos en la totalidad de las imágenes disponibles, de modo que sólo debe considerarse como una primera presentación de las posibilidades de parametrización articulatoria del vocalismo mediante imágenes 2D de MRI. Además, es obvio que la realidad opera en 3D, y por tanto la caracterización articulatoria debería mejorar sensiblemente mediante la utilización de reconstrucciones 3D del tracto vocal de la producción vocálica.

Tal vez la primera objeción que puede plantearse a la caracterización acústica que se presenta en esta tesis es la derivada del escaso número de informantes manejado. Ocho informantes, para lo articulatorio, especialmente si se utilizan técnicas de resonancia magnética, es un número casi podría decirse que elevado; sin embargo, para lo acústico, es sin lugar a dudas muy reducido. El caso es que, si se pretende poner en relación la información obtenida en ambos apartados, los informantes han

de ser los mismos. De este modo, se sacrifica una mayor representatividad en lo acústico para manejar en todo momento datos comparables. De todas maneras, es obvio que el análisis acústico llevado a cabo puede repetirse con más informantes, para asegurar la fiabilidad de la información obtenida.

La caracterización acústica llevada a cabo en esta tesis es bastante completa, y desde luego mucho más completa que la articulatoria. No obstante, toda ella es estática, es decir, referida a un único punto estable en la zona central de cada elemento. Desde una perspectiva acústica estricta, para dar cuenta de las características acústicas completas de una vocal sería necesario mostrar una exhaustiva matriz de datos con la altura tonal, la intensidad y el ancho de banda de cada uno de sus formantes, tomados a pequeños intervalos temporales a lo largo de toda la duración del segmento vocálico, incluyendo sus transiciones (Strange, 1987). Aunque sin entrar en el estudio de la coarticulación vocálica (importantísimo, por otra parte, y completamente desatendido en esta tesis), el establecimiento de algunas de estas matrices dinámicas de datos tal vez podría suministrar alguna información interesante acerca de la estabilidad de los sonidos vocálicos en las dos lenguas estudiadas.

De modo análogo, también existen algunas evidencias a favor del modelo dinámico en la percepción (Jenkins-Strange-Edman 1983, Harrington-Cassidy 1994), con lo que también podría tenerse en cuenta esta cuestión en las pruebas de percepción para la caracterización perceptiva del vocalismo.

SEGUNDA PARTE

CARACTERIZACIÓN ARTICULATORIA

2.1. LAS DESCRIPCIONES PRECEDENTES

En este primer apartado revisaremos las descripciones articulatorias que se han presentado sobre el vocalismo del español y del euskara, realizando además las mínimas referencias generales imprescindibles para su correcta comprensión.

2.1.1. La descripción tradicional

Es sobradamente aceptado desde antiguo que los vocalismos del español y del euskara son sistemas análogos⁴ de tres grados de abertura y tres grados de localización, de acuerdo al conocido esquema siguiente⁵:

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

Tabla 1.- Clasificación del sistema vocálico de español y euskara

En relación con las vocales cardinales, que distinguen cuatro grados de abertura, las vocales medias del español se corresponden mejor con las semi-cerradas que con las semi-abiertas, puesto que se consideran articulatoriamente más cerca de [i, u] que de [a]. Por eso –y también por tradición y comodidad– se transcriben como [e, o] y no como [ɛ, ɔ].

Es importante tener en cuenta que esta clasificación tiene en cuenta la localización (en los dos ejes) de la parte más elevada del dorso o del arco lingual, lo que no tiene por qué coincidir –de hecho no lo hace en varios casos, como se verá más adelante– con la zona de mayor constricción de la cavidad buco-faríngea. En definitiva, esta concepción tradicional del vocalismo (Bell 1867) está basada en dos ejes espaciales (abierto-cerrado, anterior-posterior) de localización de un punto del arco lingual, más el rasgo añadido del redondeamiento o abocinamiento labial para las vocales posteriores.

La representación gráfica habitual de esta concepción clásica de la articulación vocálica del español y del euskara (y en general de cualquier lengua) se basa, en última

⁴ Se ha discutido mucho acerca de las relaciones históricas entre los dos sistemas vocálicos, y la posible influencia que el del euskara tuvo en las etapas de formación del romance. Todas estas cuestiones, no obstante su evidente interés, quedan fuera de nuestro ámbito de estudio.

⁵ Aunque este esquema se expone explícitamente en Alarcos (1950), ya estaba presente en los trabajos fundamentales de Navarro Tomás, quien ordenaba las vocales por su localización, pero también señalaba su escala de acuidad, según la cual *hay una relación constante entre la elevación de la lengua y el timbre de la vocal* (Navarro Tomás 1918: 37).

instancia, en el conocido triángulo de Hellwag (1781), que pretende representar la localización en la cavidad oral de la articulación de cada vocal⁶:

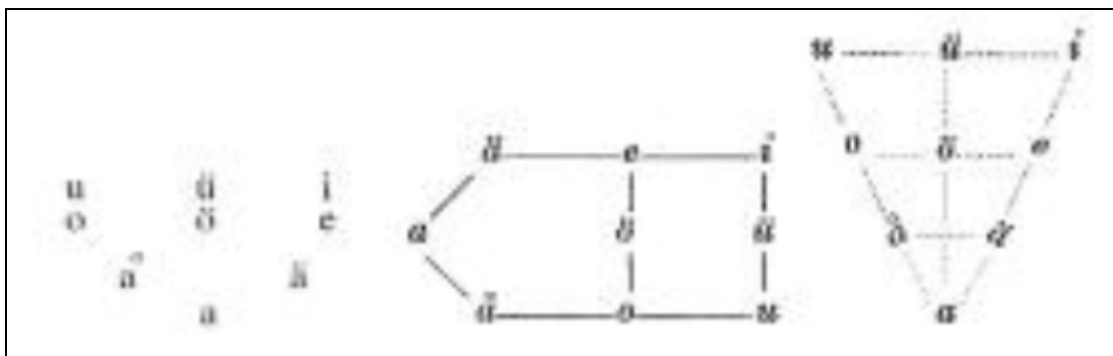


Figura 1.- Distintas representaciones vocálicas de Hellwag

Este esquema lingual ha sido aceptado comúnmente en nuestro entorno⁷, y parece ser intuitivamente aceptada por los hablantes como representativa de su propia producción, pero –al menos para las lenguas que nos ocupan– apenas cuenta con apoyo empírico, es decir, con imágenes reales de la articulación. De hecho, en el apartado siguiente se expondrá cómo, desde el momento en que se comienza a contar con imágenes experimentales de la producción vocálica, comienzan también las críticas a la propuesta tradicional –representada por el triángulo de Hellwag– que explica las vocales de las lenguas por medio de los parámetros básicos de abertura y localización (más el añadido de la protrusión o abocinamiento).

2.1.2. La descripción radiológica

Desde que los rayos X (descubiertos por W.C. Röntge en 1895) empezaron a utilizarse habitualmente para el diagnóstico médico, no pasó mucho tiempo hasta que la radiología se comenzó a aplicar en los estudios fonéticos.

Navarro Tomás fue pionero en la utilización de esta técnica, y tomó sus primeras imágenes radiológicas en 1914⁸. Los resultados de sus diversas exploraciones fueron publicados en los años posteriores (Navarro Tomás 1916a⁹, 1918)¹⁰.

⁶ Christoph Friedrich Hellwag presentó su tesis en 1780. Posteriormente realizó al menos otros dos esquemas vocálicos. Las tres imágenes de la Figura 1 están tomadas de Pfitzinger-Niebuhr (2011: 161).

⁷ Aparece ya en Navarro Tomás (1918: 38) y ha sido repetido sin descanso hasta nuestros días, en los que puede encontrarse en numerosas direcciones de internet. Por ejemplo, se reproduce en mis propios *Apuntes elementales de Fonética* (URL: <http://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Apuntes/05.html>).

⁸ De hecho, sólo conozco un trabajo anterior: el de Meyer (1910) para el alemán.

⁹ Las radiografías que utilizó Navarro Tomás para este artículo le fueron realizadas dos años antes a él mismo por el fonetista Giulio Panconcelli-Calzia, director del Laboratorio de Fonética

Según el autor español, las imágenes radiológicas corroboran la hipótesis básica del triángulo de Hellwag. Sin embargo, antes que él, Meyer (1910) ya había observado al menos un dato que contradecía esa hipótesis: la vocal [i] del alemán puede ser más baja que la vocal [e:].

Algunos años después, Russell (1928) presenta una extensa colección de esquemas articulatorios de las vocales inglesas, obtenidos también a partir de radiografías, y muestra un gran número de casos que parecen incompatibles con el triángulo de Hellwag¹¹. Coloco seguidamente una de esas imágenes, a modo de ejemplo, con su interesante comentario¹²:

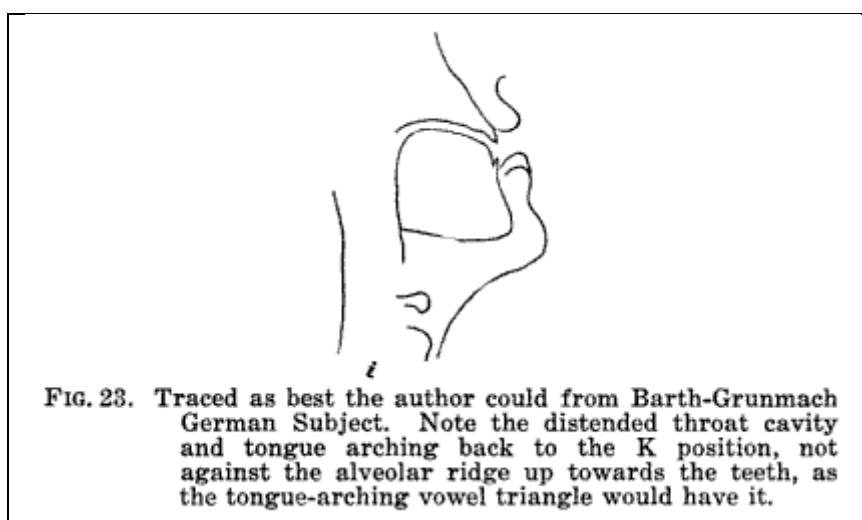


Figura 2.- Imagen radiológica de [i] (Russell 1928: 45)

Russell también realizó algunas exploraciones sobre vocales y diptongos del español, que publicó en los años siguientes (Russell 1929, 1931). Este autor fue un infatigable

de Hamburgo. Una información muy interesante sobre las andanzas científicas de Navarro en esos años puede leerse en Cortés-García (2009). Navarro Tomás calcó las radiografías sobre un papel, y tomó luego varias medidas, como, por ejemplo, la elevación máxima de la lengua sobre la línea de los molares superiores.

¹⁰ Es importante destacar que los esquemas articulatorios de su *Manual de pronunciación española*, que tanta importancia han tenido –y siguen teniendo– durante prácticamente un siglo, son fruto de las mencionadas exploraciones radiológicas.

¹¹ En una de las muchas reediciones de su obra, Navarro Tomás rebate las opiniones de Russell, puesto que entiende que los datos del americano, *lejos de destruirlos, confirman, a mi juicio, los principios esenciales del expresado triángulo* (Navarro Tomás 1918: 37).

¹² La imagen ha sido obtenida en la aplicación de *Google Books* http://books.google.es/books?id=vqfbgXHHJvYC&pg=PA14&lpg=PA14&dq=Dissertatio+inauguralis+physiologico-medica+de+formatione+loquela&source=bl&ots=5PsH1u6Gs7&sig=q_VsHL7zc-dL8qheRG4V2Abv0oA&hl=es&sa=X&ei=iXkFT9T8AsWr-QasoIGKBQ&ved=0CEwQ6AEwBg#v=onepage&q=Dissertatio%20inauguralis%20physiologico-medica%20de%20formatione%20loquela&f=false [visita: 05-01-2012]).

crítico de la descripción tradicional¹³, pero su influencia no fue excesivamente grande¹⁴.

Unos pocos años más tarde, Parmenter realiza, en colaboración con Treviño y Bevans, una serie de trabajos sobre aspectos generales de la técnica (Parmenter-Treviño-Bevans 1931, Parmenter-Treviño 1932b) y su aplicación a las vocales del español (Parmenter-Treviño 1932a) y del inglés (Parmenter-Bevans 1933). La siguiente figura muestra tres de los esquemas articulatorios (correspondientes a las vocales [ɔ, o, u]) reconstruidos a partir de las imágenes radiológicas:



Figura 3.- Imágenes radiológicas de las vocales [ɔ, o, u] (tomadas de Delattre 1951)

En el comienzo de la siguiente década, se publica el importantísimo trabajo de Chiba-Kajiyama (1941), quienes, combinando la radiología con la palatografía y la laringoscopia, presentan la denominada función de área de la sección transversal del tracto vocal (*cross-sectional area function*) correspondiente a cada vocal del japonés¹⁵. Con esas medidas, construyen un modelo real de cada tracto vocal con el que obtienen los respectivos espectros sonoros sintéticos. La siguiente figura muestra la reconstrucción de dichos modelos realizada por Arai (2001):

¹³ Es ilustrativo al respecto el título de su contribución al II Congreso Internacional de Ciencias Fonéticas: "Synchronised X-ray, oscillograph, sound and movie experiments showing the fallacy of the vowel triangle and open-closed theories" (Russell 1936).

¹⁴ Fischer-Jørgensen (1985: 82) señala sobre Russell: *He did not have much influence, though, perhaps because of his very aggressive tone.*

¹⁵ El vocalismo del japonés es bastante similar al del español y el euskara. El japonés posee una vocal media cerrada [i], que no existe en nuestras dos lenguas. Además, la vocal abierta no se define como central [a], sino como posterior [ɑ].

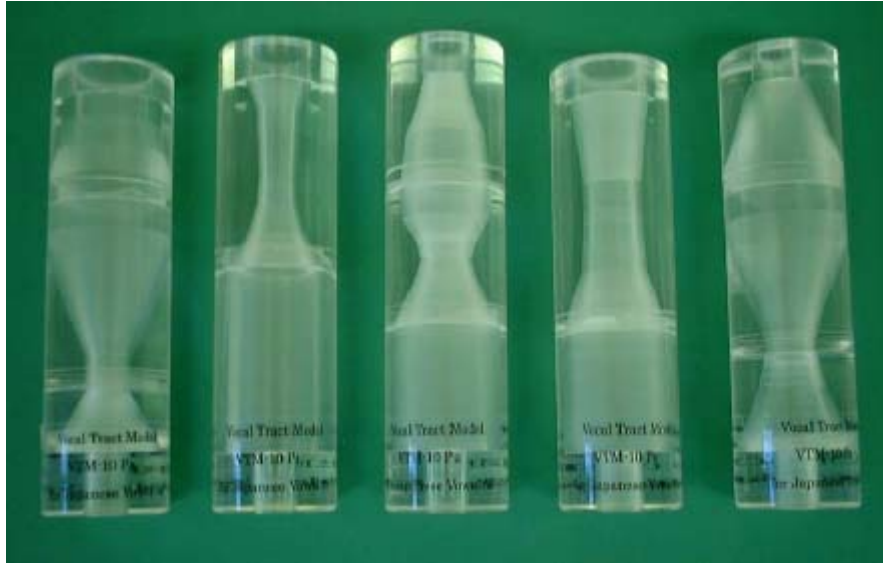


Figura 4.- Modelos de tractos vocálicos de [i, e, a, o, u] (tomado de Arai 2004)

Fant (1960) utiliza también los rayos X para examinar las posiciones articulatorias en la producción de las vocales del japonés. Las imágenes que presenta son, como es habitual en la época, reconstrucciones dibujadas a partir de la exploración radiológica:

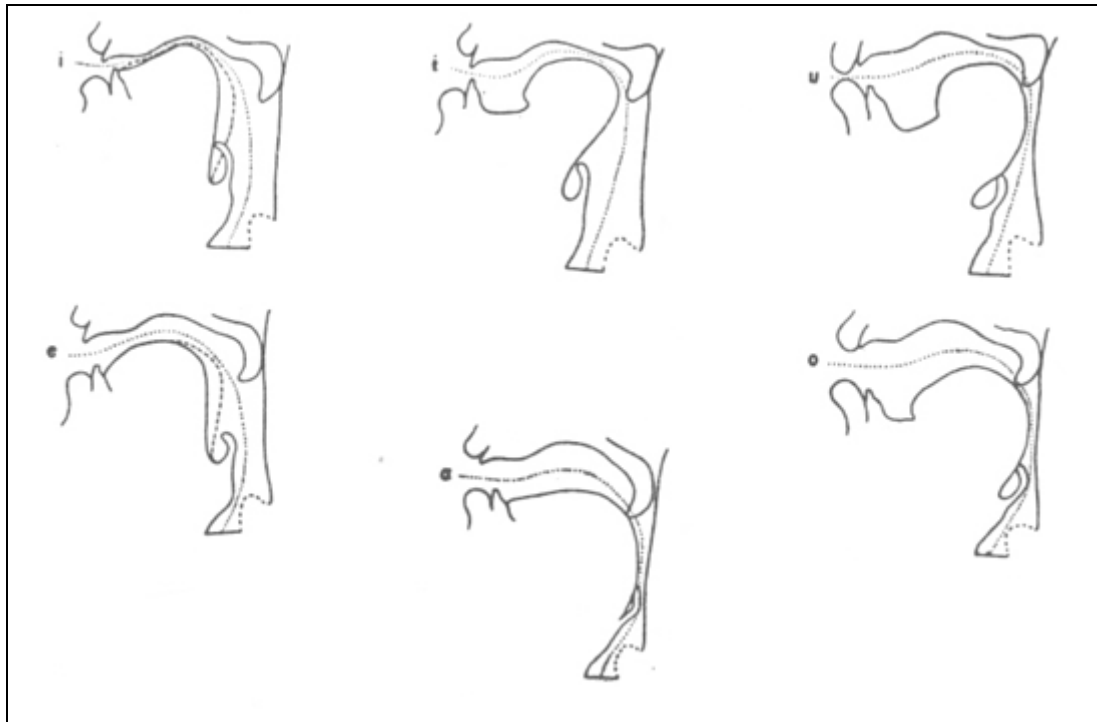


Figura 5.- Esquemas articulatorios de las vocales del japonés (Fant 1970)

Con estas imágenes, el autor presenta un triángulo –que en realidad no es una figura triangular– articulatorio del vocalismo del japonés¹⁶, dibujado sobre el esquema

¹⁶ En realidad, el establecimiento del triángulo articulatorio es un interés secundario en la obra, que busca principalmente la reconstrucción tridimensional de las cavidades resonadores y, en última instancia, la síntesis articulatoria. Estos objetivos básicos de Fant van a ser los

lingual de la [u], y obtenido *from the highest points of the tongue of the separate vowels* (Fant 1970: 112):

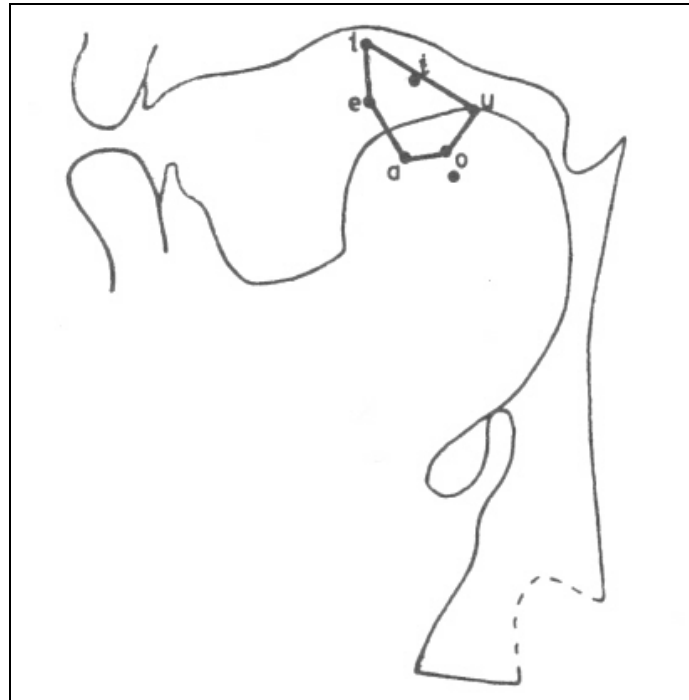


Figura 6.- Trapecio articulatorio de las vocales del japonés (Fant 1960)

Straka (1965) muestra dibujos realizados a partir de exploraciones radiológicas de todas las vocales de francés. En la figura siguiente se colocan los esquemas articulatorios correspondientes a las cinco vocales que nos competen:

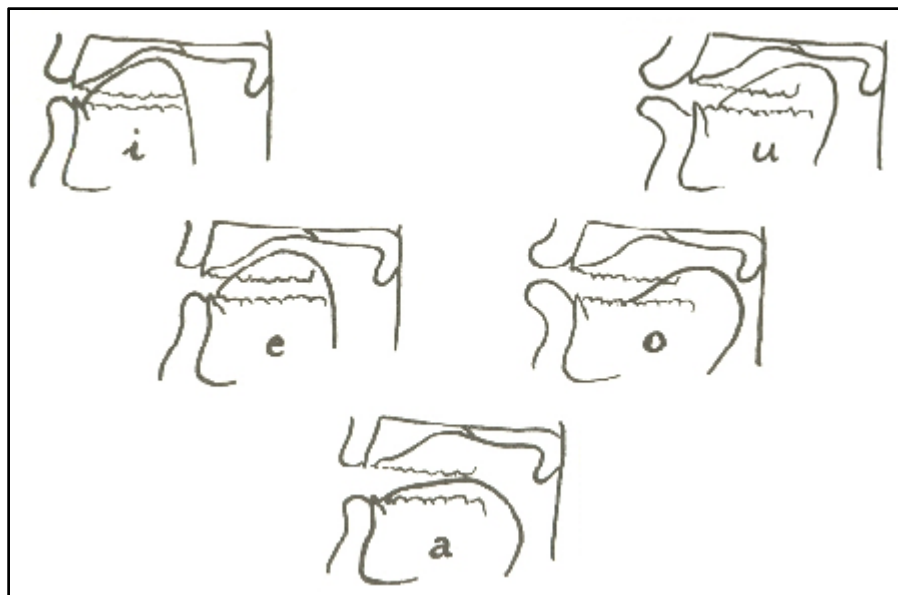


Figura 7.- Esquemas articulatorios de cinco vocales francesas (Straka 1965)

mismos de casi la totalidad de los estudios articulatorios posteriores realizados mediante imágenes radiológicas o de resonancia magnética, como se verá más adelante.

Podrían traerse aquí más estudios radiológicos de diferentes lenguas, pero los expuestos –en especial Fant (1960)– resultan suficientes para establecer el marco general de referencia¹⁷.

En resumen, puede decirse que los datos empíricos conseguidos por procedimientos radiológicos pusieron casi desde el primer momento en tela de juicio la concepción tradicional del vocalismo en términos de abierto-cerrado y anterior-posterior¹⁸. Los datos mostraron con claridad que, atendiendo a la localización en los dos ejes del punto más elevado del dorso lingual, las vocales no se situaban (o no se situaban siempre) de acuerdo al esquema del triángulo de Hellwag¹⁹. Estos estudios repitieron, además, otras dos observaciones:

1. La constricción principal no siempre involucra la acción de la parte alta (dorso) de la lengua en la zona anterior bucal, sino que en no pocas ocasiones intervienen otras partes de la lengua y del tracto. Wood (1979:41) establece cuatro zonas en las que es posible la constricción vocálica (llevada a cabo, lógicamente, por distintas partes de la lengua): en el paladar duro (como [i, e]), en el paladar blando (como [u]), en la parte alta de la faringe (como [o]) y en la parte baja (como [ʊ]).
2. El triángulo de Hellwag se corresponde mejor con los datos acústicos que con los articulatorios (Joos 1948, Ladefoged-DeClerk-Lindau-Papçun 1962).

Desde Chiba-Kajiyama (1941) y, sobre todo, desde Fant (1960), el interés de los estudios experimentales sobre la articulación vocálica comienza a desplazarse, desde las cuestiones descriptivas y taxonómicas de índole fonético-fonológica a las cuestiones más tecnológicas de reconstrucción de las cavidades resonadoras. El problema tal vez más evidente al que se enfrentaban estos primeros trabajos era la conversión de unas medidas bidimensionales de longitud, tomadas en imágenes sagitales, a unas medidas tridimensionales del tracto vocal (la citada *cross-sectional*

¹⁷ Un trabajo muy interesante en este sentido es el de Wood (1979), quien, además de presentar nuevas imágenes, repasa 38 conjuntos de grabaciones radiológicas de vocales de diferentes lenguas.

¹⁸ Sin embargo, y por sorprendente que pueda parecer, esta concepción sigue siendo manejada casi un siglo después, sin mayores problemas, por buena parte de los fonetistas. Tal vez la razón estriba en que la concepción tradicional, ciertamente, no es exacta, pero tampoco es completamente falsa (Catford 1981), refleja –aunque con distorsiones notorias– la realidad articulatoria, y resulta, además, apoyada por los datos perceptivos y acústicos.

¹⁹ El estudio pormenorizado de la línea bibliográfica que refleja esta polémica durante varias décadas no es en modo alguno el objetivo de este trabajo. Fisher-Jørgensen (1985) traza un panorama suficiente de la cuestión. Fuera de los trabajos mencionados en estas líneas, debe señalarse el lugar destacado que, en la crítica a la hipótesis tradicional, ocupa Wood (1975, 1982).

area function). En esta tarea son básicos –entre otros– los trabajos de Heinz-Stevens (1964), Sundberg (1969), Ladefoged-Anthony-Riley (1971) y Maeda (1972)²⁰.

Para el español, décadas después de los trabajos pioneros mencionados, Quilis (1970) presenta los resultados de una exploración radiológica realizada con la colaboración del Instituto de Fonética de Estrasburgo, sometidos a *un tratamiento artístico y pedagógico por el pintor don Ulises Wensell* (Quilis 1970: 5). El autor presenta los esquemas articulatorios de las cinco vocales tónicas en posición fonética normal, pero su triángulo articulatorio final en modo alguno refleja esas cinco posiciones linguales, sino que se limita a reproducir el esquema más bien fonológico de los tres grados de abertura y de localización, basado en el clásico triángulo de Hellwag:

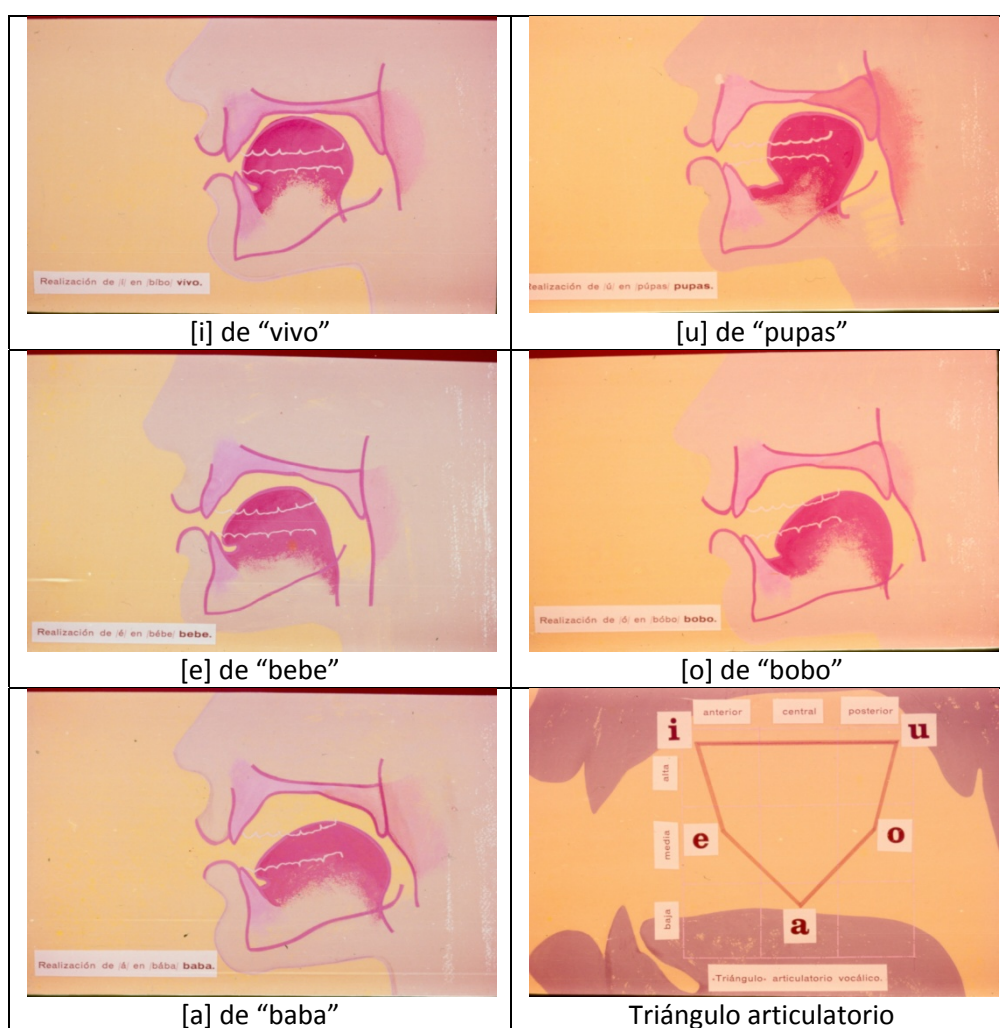


Figura 8.- Imágenes radiológicas y triángulo articulatorio de Quilis (1970)

²⁰ Una exposición mínimamente detallada de los trabajos que fueron avanzando en esta línea de investigación sería excesivamente prolija y, una vez más, excede los límites de esta tesis. Además de los trabajos citados, podrían citarse otros estudios pioneros, como los de Stevens-House (1955), Abramson-Cooper (1963), Anthony (1964), Perkell (1969). La lista podría alargarse enormemente, y llegaría hasta el presente. Algunos trabajos recientes son, por ejemplo, Fontecave-Berthommier (2006, 2009).

Martínez Celdrán (1984) muestra una radiografía de cada vocal, en la que remarca manualmente los labios, el paladar y la lengua. También añade un palatograma estático²¹ y una imagen frontal externa:



²¹ La caracterización palatográfica del vocalismo se tratará en el siguiente apartado.

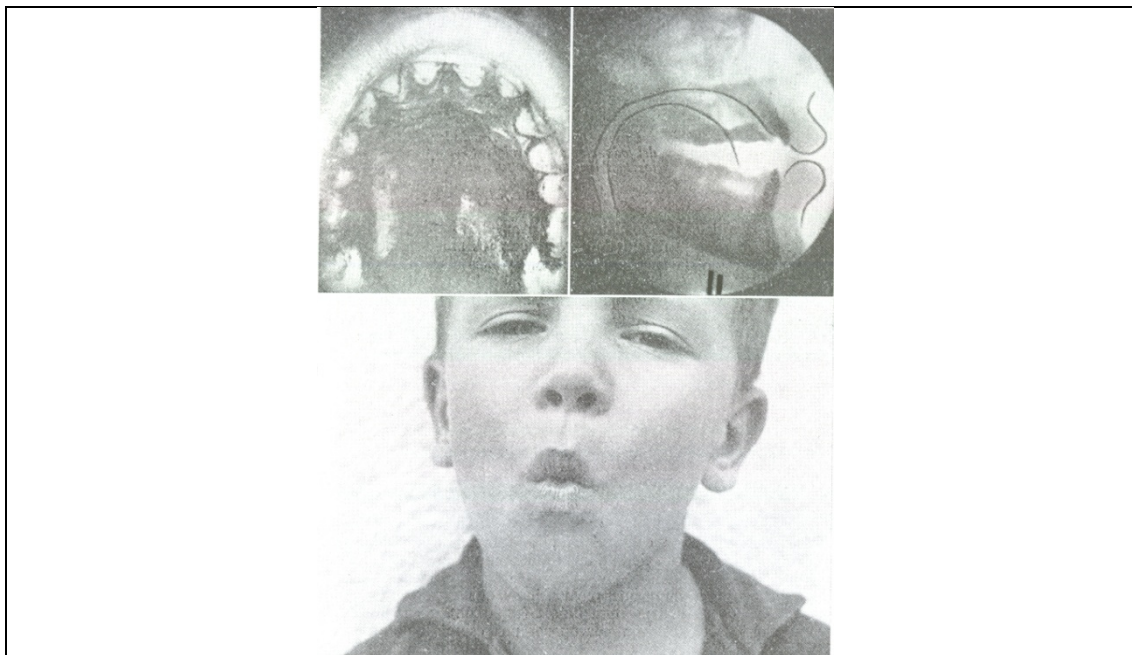


Figura 9.- Imágenes radiológicas, palatográficas y externas (Martínez Celdrán 1984)

Todas estas imágenes radiológicas muestran claramente que –como quedaba dicho al principio de este apartado– la habitual clasificación vocálica en términos de abertura y localización hace referencia a la posición lingual, y no a la zona de mayor constricción articulatoria. Para el castellano, Borzone (1980) –como antes había identificado Wood (1979) de un modo general– señala cuatro zonas de máxima constricción vocálica: palatal para [i, e], faríngea para [a], velofaríngea para [o] y velar para [u].

En cuanto al euskara, puede afirmarse que no se han publicado imágenes radiológicas de sus articulaciones vocálicas.

2.1.3. La descripción palatográfica

Todo lo anterior asume una perspectiva sagital –lateral– de análisis, desde la que las vocales no muestran obstrucción alguna (aunque sí zonas de un marcado estrechamiento). Desde una perspectiva frontal, tampoco puede observarse ninguna obstrucción central en el tracto vocal. Pero eso no significa que no se produzcan contactos linguo-palatales en otras zonas, ya observados por Navarro Tomás mediante técnicas palatográficas. Véase, por ejemplo, el doble esquema articulatorio de [i] presentado en Navarro Tomás (1918: 47):

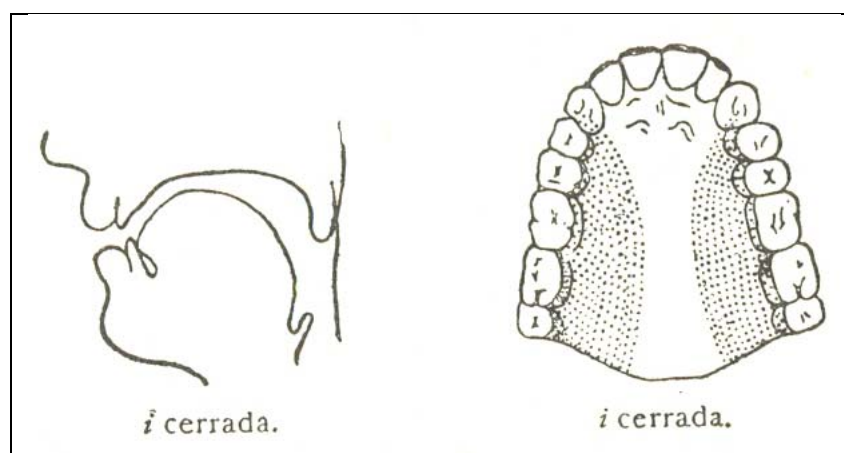


Figura 10.- Esquemas articulatorios de [i] (Navarro Tomás 1918: 47)

Más recientemente, Fernández Planas (2007) estudia estos contactos mediante la electropalatografía (EPG) y ofrece los siguientes gráficos de la articulación que considera representativa de cada vocal del español²²:

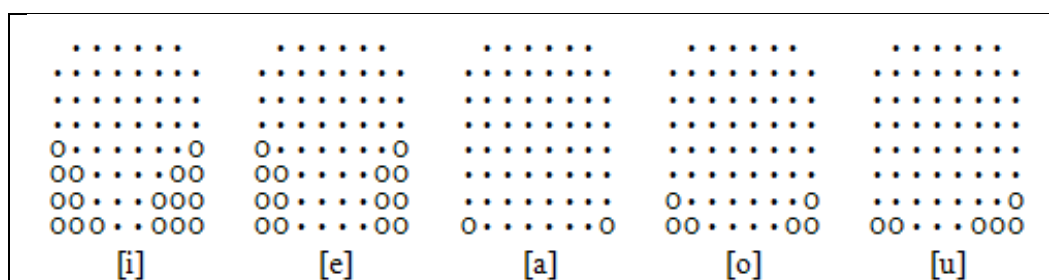


Figura 11.- Modelos electropalatográficos de las vocales del español (Fernández Planas 2007)

La descripción realizada hasta el momento mediante técnicas palatográficas de la articulación vocálica del español se resume en Iribar (2011):

En resumen, la información proporcionada por la electropalatografía permite distinguir fácilmente las realizaciones vocálicas de las consonánticas (sólo estas últimas presentan activación de electrodos en el centro del paladar) y también las vocales entre sí, aunque esto último con menos claridad: el análisis discriminante efectuado por Fernández Planas (2007) clasifica correctamente el 61% de las vocales analizadas. Las vocales anteriores (especialmente [i]) se distinguen bien del resto, mientras que [a, o, u] no siempre van a poder identificarse únicamente por los contactos linguo-palatales.

Para el euskara, existen algunas imágenes de palatografía estática, pero esta técnica se ha aplicado fundamentalmente a los segmentos consonánticos. No se ha llevado a

²² Debe tenerse muy en cuenta que el contexto consonántico puede hacer variar sustancialmente estos modelos. Todos los fenómenos de coarticulación, no obstante, quedan fuera de todo este trabajo.

cabo, hasta el momento y que yo sepa, ningún estudio electropalatográfico acerca del euskara.

2.1.4. La descripción mediante MRI

Siguiendo el curso de los avances tecnológicos en el diagnóstico médico, la exploración radiológica ha sido sustituida –más bien complementada²³– por otras técnicas menos nocivas y más sofisticadas. Entre ellas, la que obtiene imágenes más similares a las radiológicas es la conocida como MRI (*Magnetic Resonance Images*)²⁴.

Aunque los estudios tecnológicos y médicos que condujeron a la creación de la técnica que conocemos como de *resonancia magnética* se produjeron en la década de los setenta (y algunas de sus bases científicas son mucho más tempranas²⁵), el primer prototipo de tomógrafo por resonancia magnética se instaló en un hospital en 1981 (en el hospital Hammersmith de Londres), y la utilización habitual en los centros hospitalarios de estos grandes equipamientos científicos fue extendiéndose paulatinamente durante la segunda mitad de los ochenta, y aun en los primeros años de la década siguiente²⁶.

Como sucedió casi un siglo antes con los rayos X, pronto se percibió la utilidad de la resonancia magnética para los estudios sobre estimación del tracto vocal que, con

²³ En realidad, no han dejado de publicarse estudios sobre imágenes conseguidas con rayos X (a veces junto con otras técnicas). Por ejemplo, Fant (1992) presenta, con este tipo de imágenes, la reconstrucción tridimensional del tracto vocal correspondiente a 13 vocales producidas por una informante femenina. En los últimos años, los análisis suelen realizarse sobre colecciones de imágenes radiológicas antiguas (de los años sesenta y setenta) digitalizadas; un ejemplo de este procedimiento lo constituyen las publicaciones ya citadas de Fontecave-Berthommier (2006, 2009).

²⁴ Por supuesto, no es el MRI la única técnica de obtención de imágenes que ha sido aplicada a los estudios fonéticos. El propio Fant (1965) empleó la radio-tomografía; la tomografía computerizada fue la técnica utilizada por Kiritani et al. (1977), Johansson et al. (1983), Boe et al. (1988) o Perrier-Boe-Sock (1992); Sundberg et al. (1983) combinó la radiología con la tomografía computerizada. Tom et al. (1999) utilizó la tomografía denominada EBCT (*electron beam computed tomography*) para conseguir imágenes de una misma vocal producida en ocho condiciones fonatorias distintas. También se han empleado técnicas de *point-tracking*, como la *x-ray microbeam* (Fujimura et al. 1973) o la magnetometría (Schonle et al. 1987). También se han aplicado técnicas de ultrasonido para la obtención de imágenes dinámicas (Shawker et al. 1984, Shawker-Sonies 1984, Stone 1990). Para una exposición sobre las características de dichas técnicas, véase Maeda et al. (2006).

²⁵ Como el propio teorema de Fourier, cuyos principios básicos fueron enunciados en su célebre *Théorie Analytique de la Chaleur* (1822).

²⁶ El mero bosquejo del proceso científico que condujo a la creación de estos equipos excede ampliamente los límites de esta tesis. Para una visión general, de carácter externo, puede bastar Canals (2008).

imágenes conseguidas por medio de otras técnicas (radiología y tomografía, básicamente), se llevaban realizando al menos desde Fant (1960). Suele citarse a Rokkaku et al. (1986) y a Baer et al. (1987) como los primeros trabajos que utilizan imágenes MRI. A principios de los noventa, las publicaciones comienzan a ser más numerosas. Entre las primeras, pueden destacarse a Lin (1990), Lakshminarayanan et al. (1991) y Baer et al (1991)²⁷.

Durante la siguiente década, se han conseguido modelizaciones del tracto vocálico correspondientes a la producción vocálica de varias lenguas²⁸. Engwall (2002: 10) recuerda algunos de los trabajos pioneros para cada lengua:

- Para el inglés: Story et al. (1996), Tiede et al. (1996), Gick et al. (2000).
- Para el francés: Demolin et al (1996), Badin et al. (1998).
- Para el alemán: Hoole et al. (2000), Kröger et al. (2000).
- Para el japonés: Matsumura et al. (1994)
- Para el coreano: Yang (1996)
- Para el noruego: Foldvik et al. (1993)

La lista se amplía y diversifica considerablemente en el presente siglo. Son, en resumen, numerosísimos los estudios realizados mediante esta técnica (que, a su vez, posee no pocas variantes y subespecificaciones técnicas). La mayor parte de las veces, el objetivo último de estos trabajos no es tanto lingüístico como tecnológico, puesto que en el horizonte científico de los autores está prácticamente siempre la reconstrucción tridimensional de la cavidades resonadoras y, en última instancia, la implementación de sistemas de síntesis articulatoria. De esta manera, los trabajos publicados abordan cuestiones técnicas –es decir, metodológicas o procedimentales– acerca de la mejor manera de modelizar las cavidades resonadoras, la validación de los resultados, etc.

Aunque el objetivo principal de estos trabajos ha sido y es la modelización de las cavidades resonadoras, debe identificarse otro objetivo concomitante: la modelización de la lengua. Desde los primeros modelos bidimensionales y estáticos de Perkell (1974) hasta los sofisticados modelos no lineales en 3D de Gérard (2004) y Gérard et al. (2003, 2006), puede trazarse otra línea de interés en cierto modo secundario, pero que ha

²⁷ Esta última publicación puede considerarse en cierto modo representativa de lo que ofrecerán este tipo de trabajos. Los autores realizan la reconstrucción tridimensional del tracto vocal de dos informantes masculinos. Analizan imágenes axiales, coronales y midsagiales de cuatro vocales. Calculan la función del área de las cavidades, resintetizan los estímulos y los comparan con los originales, acústica y perceptualmente. También calculan la relación entre el *cross-sectional area* y la longitud midsagital en distintas localizaciones del tracto y para diferentes vocales.

²⁸ Y también de otros segmentos fonéticos, como fricativas, líquidas y nasales. Para una breve lista de los primeros trabajos sobre estos elementos, véase Engwall (2002).

discurrido de manera paralela a los trabajos modelización y reconstrucción de las cavidades²⁹. A modo de ejemplo de este ámbito de estudio, se reproduce seguidamente la modelización llevada a cabo por Buchaillard (2007: 115), correspondiente a la [i] oral del francés. A la izquierda se ve el habitual esquema sagital (la línea punteada corresponde a la posición de reposo); a la derecha, la reconstrucción tridimensional antero-lateral de la lengua:

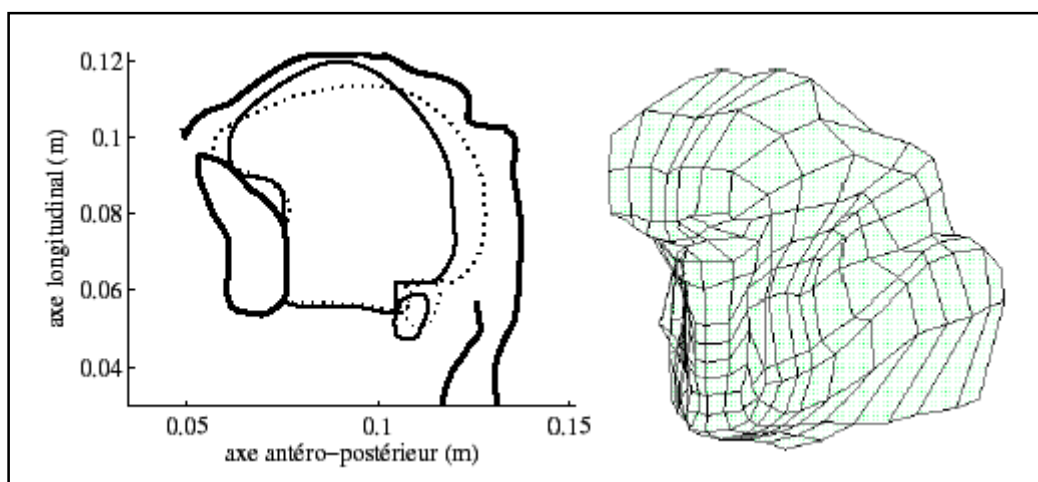


Figura 12.- Modelización 3D de la lengua en [i] (Buchaillard 2007)

A mi juicio, puede establecerse un paralelismo entre todos estos trabajos y los de la numerosa bibliografía acústica publicada por los profesionales del ámbito de las tecnologías del habla. Se trata, en los dos casos, de trabajos de gran relevancia, pero llevados a cabo desde unos parámetros distintos a los lingüísticos. La fonética acústica ha sabido, especialmente en los últimos años, incorporar a sus descripciones la información obtenida por los ingenieros y los informáticos. Desde la perspectiva articulatoria, creo que falta aún por realizar trabajos de revisión, que resuman y ordenen la información acumulada por los técnicos, pero desde una perspectiva netamente lingüística, más específicamente fonética y fonológica.

Para el español, existe un excelente trabajo de Gurlekian-Elisei-Eleta (2004) que analiza las vocales argentinas mediante la técnica de MRI. Se puede considerar como un

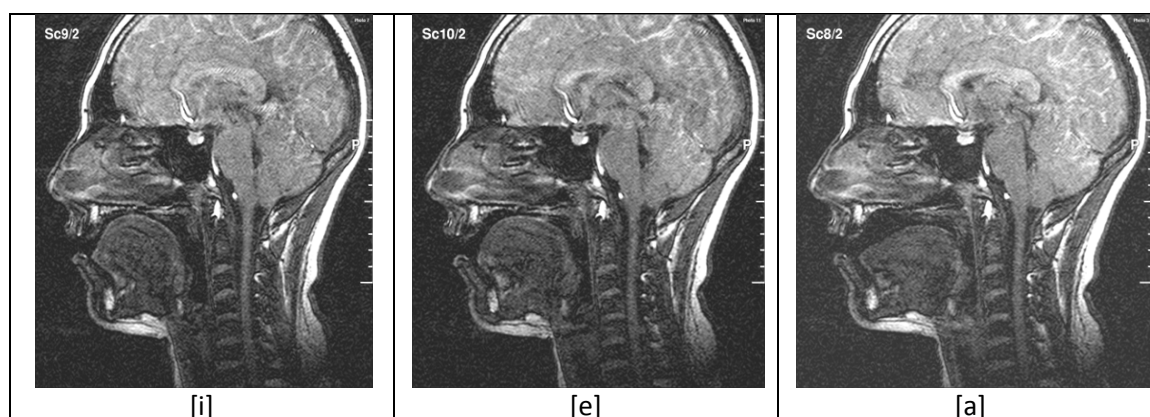
²⁹ Una vez más, mostrar toda esta actividad con un mínimo detalle excedería los propósitos de esta tesis, de modo que recuerdo únicamente algunas de las obras que han ocupado un lugar importante en el proceso. Perkell (1974) plantea un modelo bidimensional de lengua, a la que divide en un determinado número de zonas. Payan (1996), Payan-Perrier (1997) y Perrier et al. (2003) proponen sucesivos modelos continuos (no discretos). A partir de imágenes bidimensionales obtenidas mediante resonancia magnética, Dang-Honda (2002, 2004) y Fujita et al. (2006 a, b) proponen reconstrucciones tridimensionales de la lengua. Muchos años antes, Kiritani et al. (1975, 1976) habían intentado una modelización completa de la lengua básicamente tridimensional, a partir de 44 tetraedros. Kakita et al. (1977, 1985) replica el modelo con 86 tetraedros. Estos modelos 3D eran lineales; el primer modelo no lineal lo realiza Wilhems-Tricarico (1995, 2002, 2005 a,b). Inspirados en estos modelos, pero utilizando otros algoritmos, se destacan los modelos de Gérard et al. (2003, 2004, 2006).

ejemplo típico del modo en el que se aplica esta técnica al estudio fonético, que podemos resumir en los siguientes pasos:

1. Se toman imágenes de MRI de una articulación vocálica estable desde las perspectivas sagital, axial y coronal.
2. Se efectúan unos cortes teóricos –a distancias equidistantes– en las imágenes obtenidas desde las diferentes perspectivas, se miden las longitudes y se calculan las áreas resultantes.
3. Con esas medidas, se reconstruyen los tubos sonoros correspondientes a las cavidades orales, y se calculan las frecuencias de resonancia de dichos tubos.
4. Se comparan dichas frecuencias con las reales, obtenidas mediante análisis acústico-espectrográfico de los propios informantes.

Como puede verse una vez más, el objetivo de la investigación no tiene que ver con las posiciones linguales, que habían ocupado el centro de interés en las descripciones tradicionales, sino con las cavidades que generan dichas posiciones (y otros procedimientos articulatorios, como, por ejemplo, la protrusión labial)³⁰.

Merece la pena reproducir aquí las imágenes analizadas por Gurlekian-Elisei-Eleta (2004):



³⁰ La barrera a la que se hacía antes referencia entre lo técnico y lo lingüístico en la perspectiva articulatoria se manifiesta ahora con mayor claridad. La aplicación de precisas técnicas de análisis instrumental tiene por objeto principal la reconstrucción de las cavidades supraglóticas resonadoras. Sin embargo, la teoría lingüística –en especial la fonológica– no tiene apenas en cuenta, para sus taxonomías iniciales o básicas, dichas cavidades (que, por otra parte, tampoco eran del todo bien conocidas en los momentos fundacionales de dichas teorías), sino sobre todo la posición lingual en los ejes de abertura y antero-posterioridad. El caso es que los estudios técnicos con MRI, como el de Gurlekian-Elisei-Eleta (2004), no consideran estos aspectos. Así, la comunicación entre las dos perspectivas se hace francamente difícil. Un puente entre ellas pueden ser los trabajos que tratan la reconstrucción tridimensional de la lengua, como los indicados anteriormente. Otra posibilidad, técnicamente menos sofisticada, es la que representa la propia línea de investigación desarrollada en el Laboratorio de Fonética de la Universidad de Deusto, en la que se inscribe el presente trabajo, y que persigue analizar parámetros –o rasgos– expresamente fonético-articulatorios en imágenes sagitales bidimensionales (Elejabeitia-Iribar-Pagola 2008 a, c; Iribar-Pagola-Túrriz 2011a).

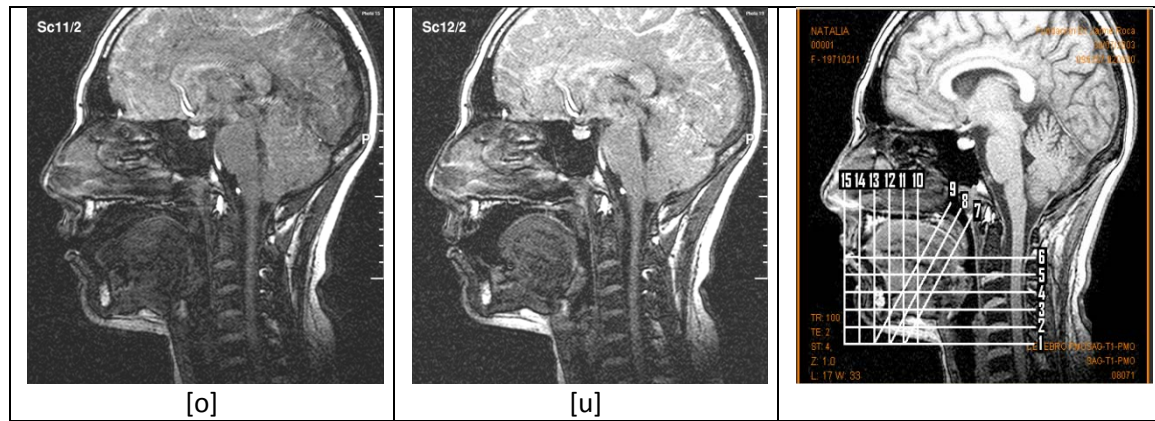


Figura 13.- Imágenes MRI y cortes de Gurlekian et al. (2004)

En la sexta imagen de la figura se reproducen los cortes coronales, oblicuos y transversales (15 en total) que permiten tomar las medidas a través del tracto. Estas medidas se combinan con las obtenidas mediante las imágenes correspondientes a otros cortes de MRI. A modo de ejemplo, coloco algunas de las que utilizan para el análisis de la vocal [a]:

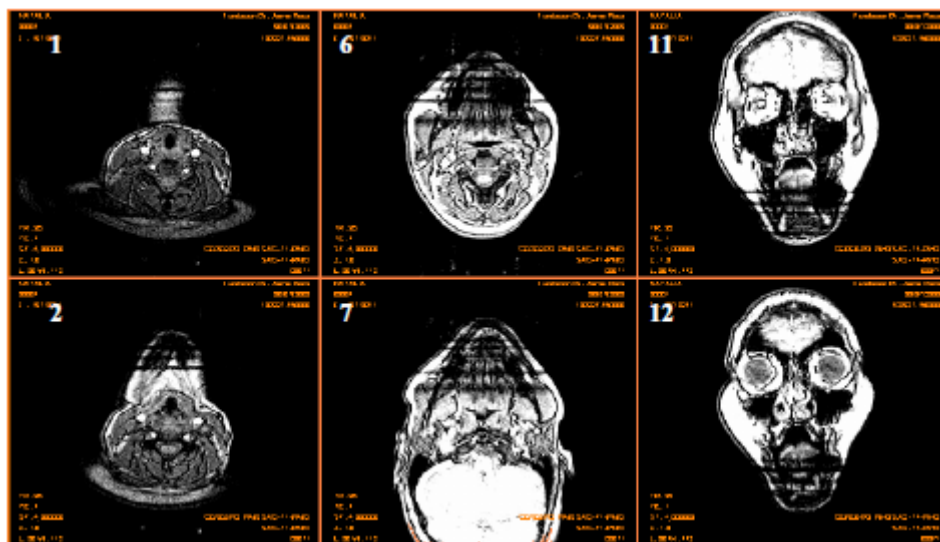


Figura 14.- Ejemplos de imágenes no sagitales de MRI de [a] (Gurlekian et al. 2004)

Tras el proceso de medición, se obtienen las áreas y se calculan los tubos resonadores equivalentes, como muestra la siguiente figura:

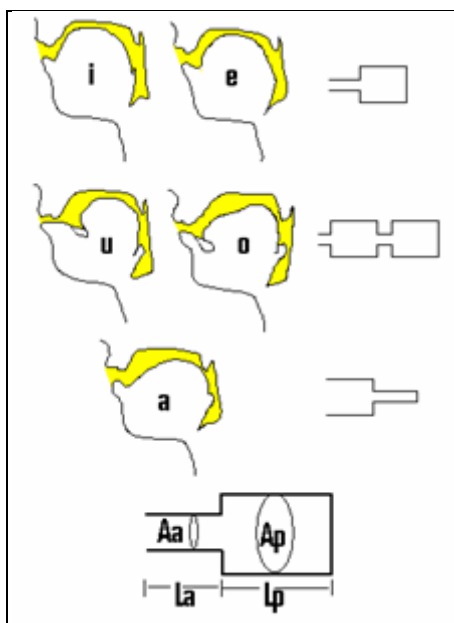


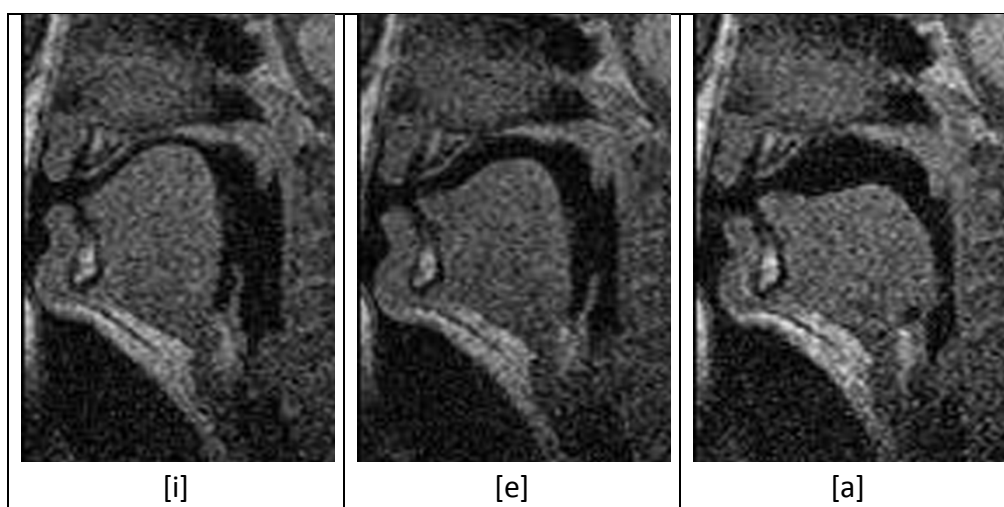
Figura 15.- Esquema articulatorios y tubos resonadores equivalente (Gurlekian et al. 2004)

Una vez más a modo de ejemplo, las medidas del tubo resonador para [i] que proponen los autores son (en cm.):

	Cavidad anterior	Cavidad posterior
Longitud	6,1	7,9
Sección de área	0,89	4

Tabla 2.- Medidas de los resonadores de [i] (Gurlekian et al. 2004)

Recientemente, Iribar (2011) presenta imágenes correspondientes a la articulación de las cinco vocales del español emitidas por un informante masculino, en contextos fonéticamente neutros (entre bilabiales)³¹. La sexta imagen muestra, sobre la [a], el esquema articulatorio correspondiente a las cinco configuraciones linguales anteriores, calculado a partir del punto más alto del dorso lingual en cada caso:



³¹ Imágenes obtenidas en el proyecto de investigación DAREMOSE, ya mencionado (apartado 1.2).

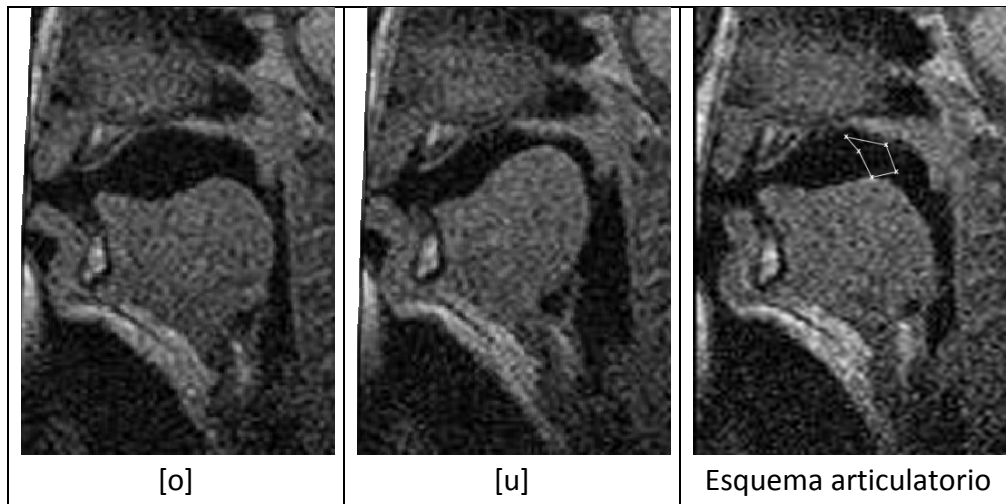


Figura 16.- Imágenes MRI y trapecio vocálico de Iribar (2011)

En este trabajo se proporcionan además algunas medidas articulatorias tomadas sobre dichas imágenes. La tabla siguiente reproduce los datos de Iribar (2011) sobre determinadas distancias (en mm.) y áreas (en mm.²) de las imágenes anteriores:

	Distancias		Cavidades	
	Labio-labio	Lengua-paladar	Bucal	Faríngea
[i]	6,9	2,1	182	1.676
[e]	5,6	6,1	338	1.435
[a]	7,5	17,8	967	1.077
[o]	7,2	14,7	1.109	749
[u]	1,8	3,7	909	1.481

Tabla 3.- Medidas de una articulación de las vocales del español (Iribar 2011)

2.2. LA DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL A PARTIR DE MRI

En este apartado se va a llevar a cabo una descripción articulatoria experimental del vocalismo vasco-románico mediante el análisis de imágenes de producciones vocálicas reales obtenidas mediante la técnica de MRI (*Magnetic Resonance Imaging*).

El trabajo presentado en este apartado se engloba en una línea de investigación en fonética articulatoria experimental desarrollada desde 2003 en el Laboratorio de Fonética de la Universidad de Deusto, y más concretamente en el proyecto DAELPACE (*Descripción articulatoria experimental de la lengua: parámetros articulatorios del castellano y del euskara*)³².

2.2.1. El experimento DAELPACE: presentación y metodología

El proyecto DAELPACE pretende realizar una descripción articulatoria experimental, a partir de las imágenes MRI, de los sistemas consonánticos del castellano y del euskara, además de realizar las oportunas comparaciones entre ambas lenguas. Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

1. Completar una colección de grabaciones de MRI del sistema fonémico del euskara que recoja la articulación de los elementos en *posición fonética normal*.
2. Obtener una colección de grabaciones de MRI adecuada para la descripción del español, con los mismos criterios que en el punto anterior.
3. Establecer una completa colección de parámetros articulatorios de las realizaciones fonéticas del sistema consonántico del español y del euskara.
4. Diseñar una nueva versión, ampliada y mejorada, del programa DicomPas.
5. Obtener, mediante el *software* citado, los valores numéricos correspondientes a las articulaciones analizadas.

³² Este proyecto cuenta con una subvención del MICINN (Referencia FFI2009-10706), y es la continuación de otro anterior, denominado DAREMOSE (*Descripción articulatoria experimental y modelizada de los sonidos del euskara*), que contó a su vez con la financiación del Departamento de Educación del Gobierno Vasco (Referencia PI2004-1). Los periodos de actividad subvencionada son, respectivamente, 2005-2007 y 2010-2012. El proyecto está a cargo de un equipo multidisciplinar. El subequipo lingüístico lo forman Rosa Miren Pagola (investigadora principal), Itziar Túrrez 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, Ibon Ruiz, José Luis Arroyo y Agustín Pérez Izquierdo.

6. Establecer una descripción fonética articulatoria de los sistemas consonánticos del español y del euskara. Realizar la oportuna comparación entre ambas lenguas.
7. Crear una doble colección de imágenes modelizadas que muestre la articulación de los sonidos analizados, utilizando un pre-procesado si fuera necesario.

En cuanto a la metodología general del proyecto, DAELPACE no pretende, al menos en esta fase del proyecto, la reconstrucción tridimensional de las cavidades resonadoras del tracto vocal, sino el establecimiento de una serie de parámetros bidimensionales que den cuenta de las distintas articulaciones, y su medición empírica mediante el *software* DicomPas en las propias imágenes de MRI, de modo que puedan establecerse los valores físicos de los parámetros propuestos³³.

En cuanto a la fase operativa, se recogieron en primer lugar, en sendos cuestionarios, los sonidos vocálicos y consonánticos del español y del euskara, siempre en posición fonética normal (con bilabial sorda [p] para las vocales, con vocal media [a] para las consonantes).

Por otra parte, se seleccionaron los informantes con las condiciones óptimas para el estudio, tanto desde el punto de vista lingüístico-articulatorio como desde la perspectiva fisiológica (configuración orofaríngea normal, ausencia de piezas metálicas en la boca y de incompatibilidades médicas). En el caso del español, los informantes no tienen competencia en euskara; para el euskara, son bilingües con el euskara como lengua materna y de uso habitual. Todos los informantes poseen estudios universitarios y están comprendidos entre los 20 y los 50 años de edad.

Antes de las sesiones de grabación de MRI, estos informantes fueron analizados acústicamente –mediante análisis espectrográfico– en el Laboratorio de Fonética, 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, realizadas en el Hospital Quirón Bizkaia mediante un equipo GE 1,5T. *HealthCare*³⁴. 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 con un plano Sagital.

³³ Un ejemplo de esta línea de investigación se muestra en Iribar-Pagola-Túrriz (2011 a). En este trabajo se presentan evidencias sobre la diferente articulación de la alveolar lateral [l] en euskara y castellano. También pueden encontrarse más explicaciones sobre aspectos metodológicos del proyecto en Pagola-Iribar-Túrriz (2011).

³⁴ El protocolo técnico de grabación de las resonancias fue diseñado y supervisado por el Dr. Estepan Imanol Gainza Jauregi, del Hospital Quirón Bizkaia.

Del conjunto de las grabaciones realizadas, se han seleccionado ocho para el presente trabajo, cuatro de cada lengua. Son los siguientes³⁵:

- C01: EM. Mujer, 49 años³⁶, natural de Bilbao con estudios superiores.
- C02: SP. Mujer, 45 años, natural de Barakaldo (Bizkaia), con estudios superiores.
- C03: IP. Mujer, 47 años, natural de Bilbao, con estudios superiores.
- C04: AA. Hombre, 42 años, natural de Bilbao, con estudios superiores.
- E01: JE. Hombre, 49 años, natural de Azpeitia (Gipuzkoa), con estudios superiores.
- E02: SS. Mujer, 22 años, natural de Gernika (Bizkaia), estudiante universitaria.
- E03: NL. Mujer, 31 años, natural de Donostia, con estudios superiores.
- E04: IL. Mujer, 20 años, natural de Pamplona, estudiante universitaria.

A estas ocho personas, además, se les ha grabado, en el Laboratorio de Fonética, un cuestionario específicamente vocálico, que se detallará en su momento.

Todas las imágenes MRI se han medido mediante un *software* desarrollado *ex profeso* por el subequipo informático del proyecto, denominado DicomPas³⁷. Esta herramienta permite un completo tratamiento de las imágenes MRI:

- Animación de la secuencia completa de imágenes correspondiente a cada articulación.
- Tratamiento de la luz (iluminar y oscurecer la imagen).
- Modificación del *zoom* (acercar o alejar la imagen).
- Exportación de la imagen a formato JPG. La exportación incluye no sólo las imágenes originales, sino también las correspondientes a las mediciones realizadas sobre las mismas.

En lo referente al análisis articulatorio, DicomPas permite:

- Establecer puntos fijos, referidos a un eje de coordenadas.
- Trazar líneas, medidas en milímetros, tanto regulares como irregulares (*poli-lines*).
- Trazar áreas regulares, rectangulares y elípticas (área en mm.² y perímetro en mm.).

³⁵ Los cuatro informantes del castellano se identifican como C01, C02, etc.; los del euskara, como E01, E02, etc.

³⁶ La edad se refiere siempre al momento de realización de la encuesta.

³⁷ La aplicación se basa en el paquete de *software* ImageJ, herramienta para el procesado de imágenes enfocada sobre todo al ámbito médico, creado por el NIH (*National Institutes of Health*). Se trata de una herramienta multiplataforma que puede ser utilizada desde los sistemas operativos más comunes (Windows, Mac OS y Linux); además, se trata de *software* libre, con una arquitectura mediante la cual pueden utilizarse sus funciones internas desde un programa externo, utilizando su API (*Application Programming Interface*).

- Trazar áreas irregulares (área en mm.² y perímetro en mm.), que pueden ser conseguidas de dos maneras: a mano alzada (*free hand*) y mediante polígonos.

Toda esta información reside en una librería de ficheros XML que pueden exportarse a los formatos RTF y XSL (a partir del cual es fácil su tratamiento mediante el paquete estadístico SPSS).

A modo de ejemplo, la siguiente figura muestra una captura de pantalla de la interfaz de DicomPas³⁸ (se ha tachado, en la zona inferior, la información del informante):

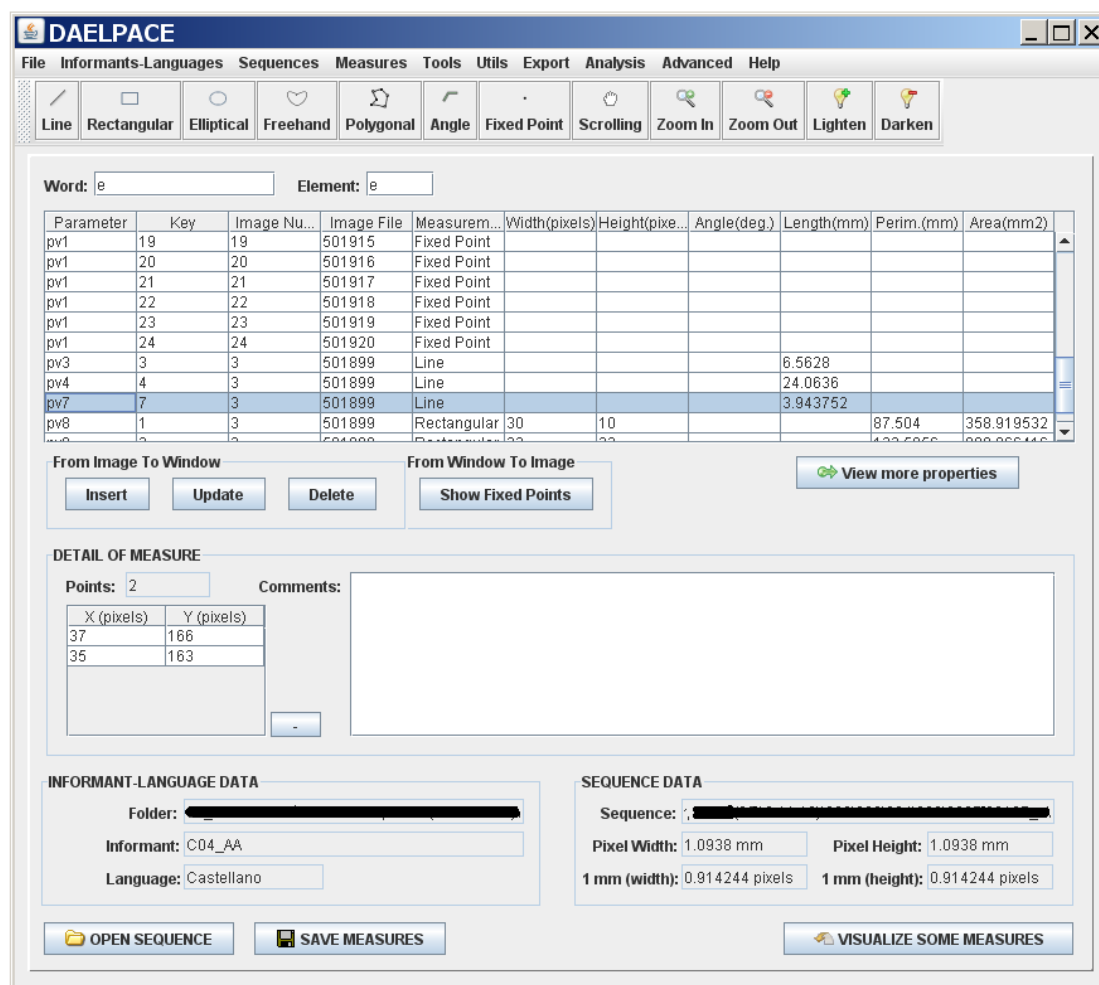


Figura 17.- Interface del software DicomPas

³⁸ Es importante tener en cuenta que el programa DicomPas, como el propio proyecto DAELPACE, está actualmente en fase de desarrollo. Durante el periodo de elaboración de esta tesis, y en parte para cubrir sus necesidades específicas, el *software* ha experimentado cambios notables, que no se reflejan en esta captura. La última versión –por el momento– de DicomPas permite medir nuevos parámetros, calcula automáticamente coeficientes relacionados con la forma de las áreas medidas, calcula asimismo las áreas y las distancias de un triángulo vocálico, ha mejorado los procesos de exportación de datos y figuras, etc. Algunas de estas últimas capacidades se han llegado a incorporar parcialmente en esta tesis. Debo hacer constar en este punto mi agradecimiento a José Luis García Arroyo, por la excelencia de su trabajo y lo extraordinario de su disposición.

Sobre cada una de las imágenes se realizan, para cada elemento analizado, las oportunas mediciones con DicomPas, de acuerdo a los parámetros articulatorios establecidos. Por supuesto, el establecimiento de dichos parámetros es una parte esencial del proceso metodológico; consiste en un bucle de tres fases principales:

1. Observación detallada de las imágenes³⁹.
2. Obtención de parámetros numéricos.
3. Análisis y validación estadística de dichos parámetros.

Como se desprende de lo anterior, la colección de datos numéricos resultante integra una base de datos articulatoria, que se procesa mediante el paquete estadístico SPSS. Este análisis estadístico, que refrenda o invalida los parámetros manejados, se realiza primero de manera independiente para cada informante y cada lengua, tras lo cual se llevan a cabo las oportunas comparaciones entre ambas. Todo el proceso puede repetirse, de ser preciso, varias veces, hasta dar con una colección adecuada de parámetros articulatorios.

2.2.2. La colección de imágenes MRI: primera descripción subjetiva

Los datos analizados en este trabajo consisten en la grabación de una secuencia de imágenes sagitales de MRI por cada vocal emitida por los ocho informantes. Cada captura consta de 24 imágenes de MRI. Por tanto, el total de imágenes asciende a 960 (24 imágenes x 5 vocales x 8 informantes)⁴⁰. En el Anexo1 se muestra una imagen característica del modo en que los ocho informantes pronuncian las cinco vocales.

De una primera observación del conjunto de las imágenes se desprenden algunas observaciones de interés:

- La articulación vocálica varía notablemente de un informante a otro.
- Dentro de cada informante, la articulación –vocálica o consonántica– nunca es completamente estable: todos los articuladores experimentan un movimiento continuo, más o menos acusado.
- Es especialmente destacable el comportamiento de algunos componentes a los que la descripción articulatoria vocálica tradicional apenas ha prestado atención: la úvula⁴¹, la laringe, la epiglotis. Se observan comportamientos

³⁹ Esta observación, obviamente, resulta *guiada* por la teoría fonético-fonológica.

⁴⁰ No obstante, es habitual que alguna de las imágenes no valga para el análisis, porque se producen movimientos inesperados que interrumpen la emisión. El más frecuente de estos movimientos es la deglución de saliva. En definitiva, el total de las imágenes analizadas es algo menor de 960 y será detallado oportunamente.

⁴¹ Fuera de las cuestiones referidas a la nasalidad, como es lógico.

diferentes entre los distintos informantes, así como una no desdeñable variación de sus posiciones relativas dentro de cada captura.

Centrándonos en la observación preliminar de las imágenes-tipo, parece adecuado tratar de establecer algunas características articulatorias generales, que guiarán el establecimiento de los parámetros propuestos para su medición empírica.

2.2.2.1. La constricción articulatoria

Como ya ha sido señalado, las zonas de constricción que caracterizan a las cinco vocales del español son cuatro (Borzone de Manrique 1980):

- Constricción palatal en las vocales [i] y [e].
- Constricción faríngea en la vocal [a].
- Constricción velofaríngea en la vocal [o].
- Constricción uvular en la vocal [u].

Aunque estas zonas de las vocales del euskara no han sido descritas, es lógico suponer que coincidan con las señaladas para el castellano, puesto que parecen constituir un modelo general (Wood 1979).

La observación de la colección de imágenes de MRI sugiere que, al analizar la constricción articulatoria, pueden distinguirse al menos cuatro características o parámetros:

1. Zona de mayor constricción (en adelante, ZMC) o zona de constricción primaria (en adelante, ZCP).
2. Zona –o zonas– de constricción secundaria (en adelante, ZCS).
3. Punto central de la constricción (en adelante, PCC).
4. Punto de mayor constricción (en adelante, PMC).

La vocal [i] presenta una ZMC amplia y anterior, en la que es difícil distinguir un PCC. El PMC varía considerablemente según los informantes: parece situarse hacia los alveolos (E04, por ejemplo), la zona postalveolar (E03), el paladar central (E03) o incluso el postpaladar (C04). El resto del tracto es muy abierto, por lo que no cabe hablar de ZCS.

La vocal [e] presenta una ZMC más reducida que la anterior, y de localización variable: es habitualmente palatal (con diferencias notables en la extensión), pero puede ser postpalatal (E01, C04). También hay diferencias en el grado de la constricción, desde la muy cerrada realización de C02 hasta la relativamente abierta de E02. Las diferentes localizaciones de la ZMC suponen que tanto el PCC como el PMC también varíen, puesto que pueden ser palatales central (C01), prepalatales (E04) o postpalatales (C04). El resto de tracto está en general abierto, pero en alguna ocasión (E04) parece advertirse una ligera ZCS faríngea.

La ZMC más indeterminada corresponde a la vocal [a]. No parece claro que, como supone la teoría, la ZMC esté siempre en la parte baja de la faringe. En no pocos casos (C03, E02, etc.), el acercamiento articulatorio que se observa en la faringe se debe especialmente a la acción de la epiglotis. Pero la epiglotis también parecía acercarse a la pared faríngea en algunos casos de [i] y de [e], y sin embargo entonces no lo habíamos considerado como una posible ZCS⁴². No hay que olvidar, además, que un corte midsagital muestra el punto de mayor acercamiento de la epiglotis: en los sucesivos cortes sagitales que podrían realizarse, la separación de la epiglotis con la pared faríngea sería cada vez mayor. En cualquier caso, considerar o no a este elemento como un articulador supone situar la constricción en distintas alturas de la faringe, como ejemplifica bien C03⁴³.

Sea considerada de una manera u otra, no siempre la constricción faríngea parece con claridad la ZMC de la vocal [a], puesto que en ocasiones (E01, E04) parece situarse en la úvula. El caso es que, además de en la faringe, la vocal [a] presenta otra constricción –que consideraremos de todos modos como ZCS– situada en la cavidad oral. Esta constricción puede ser muy ligera (C01), pero también acusada, dando lugar así a una articulación relativamente cerrada (E01⁴⁴). La ZMC (de esta ZCS) puede ser muy amplia (C01) o bastante reducida (E01). Las dos observaciones anteriores están relacionadas: cuanto más acusada es la constricción, menor espacio ocupa. Además, la ZMC se sitúa habitualmente en torno al paladar blando. El PCC (siempre de la ZCS) está en distintas zonas del paladar blando, aunque puede llegar casi hasta la úvula (E04); lo mismo puede decirse del PMC.

La vocal [o] comparte buena parte de la indeterminación que presenta la vocal [a] en lo referente a su ZMC, teóricamente velo-faríngea. En algunos casos (C02, E04) parece encontrarse, efectivamente, en la zona alta de la faringe, aunque también se registra

⁴² En este punto, es preciso reconocer que la acción de la epiglotis en la articulación vocal resulta un tanto desconcertante. Parece comportarse de distinta manera según la vocal en cuestión, aunque es de suponer que lo haga de manera subsidiaria del movimiento de la raíz lingual. Debo a Agustín Pérez Izquierdo –asesor, como especialista en ORL, del proyecto DAELPACE– la información de que, con una nasoendoscopia flexible, la epiglotis presenta un movimiento acompasado con la vocal emitida por el paciente. Efectivamente, en los vídeos endoscópicos grabados por él al efecto, en los que el paciente emitía sin pausa las cinco vocales, el movimiento de la epiglotis resulta evidentemente significativo. De todas formas, la cuestión no parece tanto comprobar el movimiento de la epiglotis, sino valorar su contribución a las resonancias vocálicas.

⁴³ En caso de considerarla, ¿habría que definir en rigor a la vocal [a] como *epiglotal* en lugar de *lingual*?

⁴⁴ De hecho, en la imagen se advierte que la úvula llega a tocar la lengua. Examinando la secuencia de imágenes de la toma de MRI, parece que tal vez sea un hilo de saliva adherida a la úvula; en cualquier caso, se trataría de un contacto mínimo en un único punto central del tracto, que dejaría completamente libre el paso del aire por los dos lados.

un contacto de la úvula con la lengua que confunde un tanto la articulación⁴⁵. En otros casos (E03, C02), la ZMC se sitúa directamente sobre la úvula (que sería, entonces, el PMC). Finalmente, hay articulaciones (E01, E02) cuya ZMC se sitúa en el paladar blando. En resumen, la vocal [o] presenta una constricción variable, que puede localizarse desde el paladar blando hasta la zona alta de la faringe.

La vocal [u] presenta una ZMC de extensión generalmente reducida y de localización variable, aunque no tanto como en los dos casos anteriores. Efectivamente, la ZMC puede adelantarse incluso al postpaladar (E02), centrarse en el paladar blando (C04) o situarse en la úvula (C02). De este modo, tanto el PMC como el PCC pueden ocupar algún punto a lo largo de dicho espacio. La raíz de la lengua atrasada parece sugerir en ocasiones (E01, E04) la presencia de una ZCS faríngea.

2.2.2.2. Puntos y distancias

Al tratar las zonas de constricción, ya se han observado dos puntos: el de máxima constricción (PMC) y el central de la constricción (PCC). Estos dos puntos originan a su vez dos distancias que pueden ser objeto de análisis: la distancia –hasta el articulador pasivo correspondiente– desde el PMC, es decir, la distancia de la máxima constricción (DMC) y desde el PCC, es decir, la distancia desde el punto central de la constricción (DCC).

Otro punto especialmente significativo es el más alto del dorso o arco lingual (en adelante, PMADAL), con el que se han establecido habitualmente los triángulos articulatorios, que será objeto de un análisis detallado en el apartado siguiente (2.2.3).

También se ha solido manejar, ya desde las descripciones tradicionales (por ejemplo Navarro Tomás 1918: 46-64), la abertura labial, es decir, la distancia existente entre los labios (en adelante, DLL). En nuestra colección de imágenes MRI se observa que la distancia mayor corresponde a [a] y la menor, a [u].

Es sabido que el papel de los labios en la articulación de las cinco vocales no es tanto su mayor o menor abertura, como su abocinamiento en las vocales posteriores [o] y –sobre todo– [u]. Las imágenes parecen mostrar con claridad la protrusión labial en [u], aunque no tanto en [o]. En cualquier caso, no debe perderse de vista que la posición supina que exige la grabación de las imágenes MRI origina ciertas deformaciones en la articulación, básicamente dos en nuestro caso: la raíz lingual tiende a acercarse a la pared faríngea, y la protrusión labial resulta más dificultosa⁴⁶.

⁴⁵ Probablemente haya que considerarlo como en el caso anterior del contacto en la [a] de E01.

⁴⁶ Numerosos trabajos explican con detalle los inconvenientes asociados a esta técnica de obtención de imágenes. Los más importantes son los ligeros desplazamientos articulatorios

2.2.2.3. Áreas y cavidades

La cavidad oral (en adelante, CO) de los informantes, desde la laringe hasta los labios, es un componente básico, puesto que es el lugar en el que se originan las resonancias de los sonidos vocálicos. Esta cavidad –como se ha explicado en el apartado 2.1– se divide habitualmente en dos: la cavidad anterior o bucal (en adelante, CB) y la cavidad posterior o faríngea (en adelante, CF). Es comúnmente aceptado que el tamaño de estas dos cavidades explica la altura frecuencial de los dos primeros formantes de la vocal. Un primer examen subjetivo de las imágenes sirve, al menos, para comprender que la delimitación exacta de la división de la CO es, cuando menos, problemática.

Centrándonos en la observación de la forma lingual, parece claro que las vocales posteriores se asocian con un retraimiento de la raíz lingual. De este modo, el área de la raíz lingual (en adelante, ARL) parece un parámetro manejable en las vocales posteriores y probablemente también en la central, pero difícil de obtener en las vocales anteriores. También la forma del dorso en su conjunto, y por tanto del área dorsal que podría delimitarse partiendo del ápice lingual (en adelante, ADL, es decir, área del dorso lingual), mostraría diferencias asociadas a la vocal en cuestión, no sólo de tamaño, sino especialmente de localización antero-posterior.

2.2.3. El triángulo articulatorio

Tras la primera descripción subjetiva de las imágenes MRI realizada en el apartado anterior, ahora manejaremos parámetros experimentales, expresados en valores numéricos, obtenidos en la colección de imágenes mediante el *software* DicomPas.

La primera tarea de este análisis instrumental pretende obtener los llamados *triángulos articulatorios* de los ocho informantes.

Los triángulos articulatorios, expresión de la posición que la lengua adopta en la producción de cada vocal, se han entendido tradicionalmente (y así lo hace el propio Fant 1960, por ejemplo) como la localización del punto más alto de su dorso o arco lingual (esto es, el PMADAL). Sin embargo, y máxime teniendo en cuenta que las imágenes obtenidas por este método resultan a veces desconcertantemente diferentes de lo que los triángulos acústicos podrían hacer esperar, cabe la posibilidad de intentar otras maneras de localizar el punto característico de la articulación de cada

debidos a la posición (como los señalados) y la hiperarticulación inherente a capturas tan prolongadas. Para más información, pueden verse, entre otros muchos, Badin et al. (1998), Engwall (2003), Maeda et al. (2006); Tiede&Vatikiotis-Bateson (2000) comparan diferentes posiciones mediante MRI y radiología; los efectos de la gravedad en la posición lingual son estudiados por Stone-Crouse-Sutton (2002) por medio de los ultrasonidos.

vocal en un eje de coordenadas. El Anexo 2 explora algunas de esas posibilidades⁴⁷. No obstante, el análisis que se presentará a partir de este momento asume la práctica tradicional y considera, por tanto, el PMDAL como el parámetro que sustenta los triángulos articulatorios. En definitiva, debemos localizar en las imágenes de MRI, con el *software* DicomPas, el PMADAL de la articulación de todas las vocales.

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.

2.2.3.1. Una cuestión previa: la localización de puntos fijos

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 los dos ejes de referencia tiene un rango de 0-255 (las imágenes son cuadradas). Como sabemos en todo momento 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 no es idéntico, como puede comprobarse a simple vista en el Anexo 1, los puntos fijos obtenidos de la manera descrita no resultan comparables entre los distintos informantes⁴⁸.

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 ángulo inferior izquierdo de la primera vértebra. La siguiente figura muestra dicho punto fijo en una [o]:

⁴⁷ Debo agradecer en este punto los valiosos e interesantes comentarios realizados sobre esta cuestión por Eugenio Martínez Celdrán, Ana María Fernández Planas y Rosa Miren Pagola.

⁴⁸ En su momento se expondrá un método de normalización de los datos, que supera el problema de los diferentes encuadres.



Figura 18.- Localización de un punto fijo (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).

Si consideramos el punto fijo de las cinco vocales de C01 (la pequeña variación señalada queda resuelta anotando el valor más frecuente), comprobamos que sí existe a veces una cierta diferencia de encuadre entre las capturas. Por tanto, partiendo del valor de una vocal (por ejemplo, [i]), debemos corregir los valores reales de los puntos fijos medidos en el resto de las vocales, como se muestra en la tabla siguiente:

	Puntos fijos		Corrección	
	X	Y	X	Y
[i]	109	190	0	0
[e]	107	195	+2	-5
[a]	106	200	+3	-10
[o]	109	190	0	0
[u]	108	190	+1	0

Tabla 4.- Corrección de los valores de los puntos fijos (informante C01)

Por tanto, previamente a la localización de cualquier punto fijo, se debe examinar esta cuestión en cada informante, para corregir la pequeña desviación que pudiera existir en cada caso. Para ello, se ha medido el punto fijo de la primera vértebra en cada imagen, para realizar las oportunas correcciones y garantizar así la normalización de las medidas de las cinco vocales de cada informante entre sí. La siguiente tabla muestra los ajustes de cada vocal con respecto a los valores de [i]⁴⁹:

	[e]		[a]		[o]		[u]	
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
E01	0	0	0	0	0	1	0	1
E02	1	0	1	-1	1	0	1	0
E03	0	0	-1	1	0	0	-1	0
E04	2	1	0	1	0	0	-1	0

Tabla 5.- Ajustes de los valores de punto fijo

Por último, como ya se había adelantado en el apartado 2.2.2, 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 adecuada. La siguiente tabla muestra el número de las imágenes desechadas en cada caso:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
C01	9-17	9	3-17	4-23	12-13-22
C02	9-10-21	6-10-11-12-23	4-6-16-19	1-4-11-13-22	16-20
C03	5-7-16-20	8		5-12-17-20-21	19
C04		12	1, 2, 16		
E01	14	2-12-13	9-20	14	12-17
E02	5-24	5-11-22-23	2-5-7-10-14-19-20	8, 21, 22	4-5-15-18-19-23
E03	1-2-13-17	1-5-7-13-15-24	1-3-4-8-15-22	1-3-4-9	1-2-5-10
E04	6-13-21-22	4-7-14-17-24	7-16		11-21

Tabla 6.- Imágenes MRI desechadas para el análisis

2.2.3.2. El informante C01

La siguiente tabla muestra los valores de la media y de la desviación típica de los dos ejes de localización del PMADAL del informante C01⁵⁰:

⁴⁹ Al mismo tiempo, se advierte que la mayor variación entre las vocales del mismo informante está, precisamente, en el examinado con más detalle: C01. El informante E03 no presenta diferencias entre las imágenes, salvo una o dos en cada vocal, cuyo encuadre, por motivos técnicos que no hacen al caso, cambia sustancialmente; se ha optado por despreciar esas imágenes.

⁵⁰ En el Anexo 3 aparecen los valores de los principales estadísticos descriptivos de la distribución de los valores de PMADAL de todos los informantes. Para el tratamiento estadístico de todos los datos manejados en esta tesis, he contado con la inestimable asesoría

		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 7.- Valores de 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 siguiente imagen reflejan la relativa estabilidad articulatoria encontrada⁵¹; por otro lado, en cambio, no permiten conocer cuáles son los valores más repetidos:

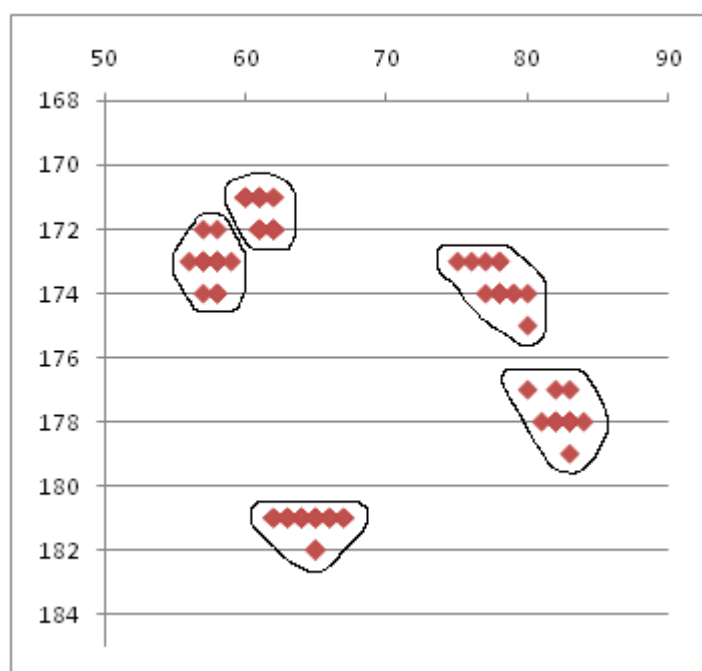


Figura 19.- Áreas de dispersión articulatoria de C01

de Saray Ugarte Bilbao, responsable de estudios estadísticos de la empresa *SK Gestión Integral de Datos*.

⁵¹ 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.

Con los valores medios del PMADAL de las cinco vocales, colocados sobre una imagen de [a], obtenemos el pentágono –mejor que triángulo– articulatorio de C01:

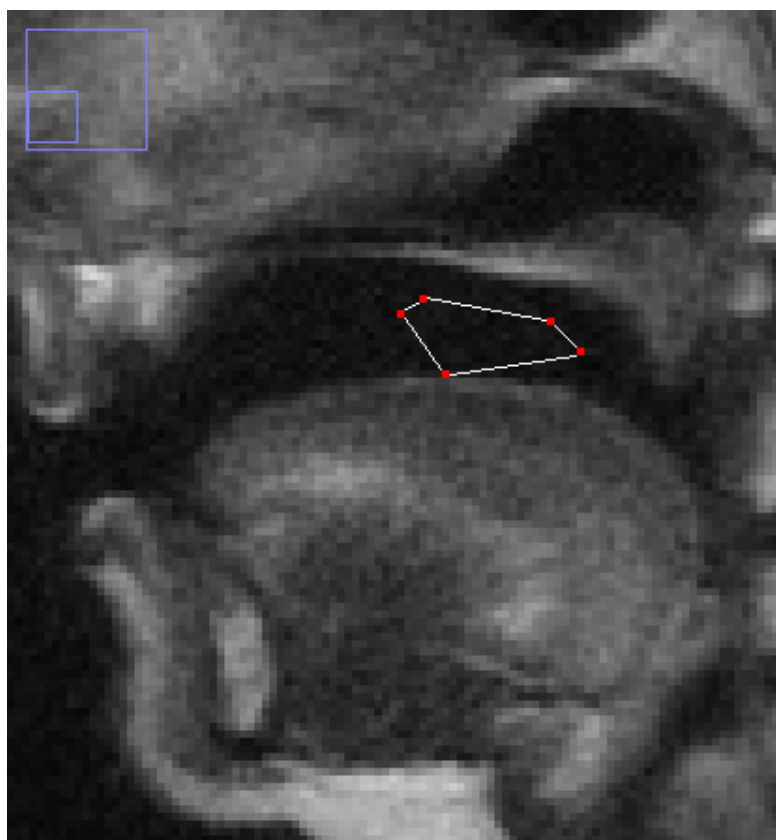


Figura 20.- Pentágono articulatorio de C01

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 diferencia [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 (en mm.) entre las cinco vocales del C01 y el área del pentágono (en mm.²) aparecen en la siguiente tabla:

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 8.- Distancias y área de las vocales de C01

2.2.3.3. El informante C02

Como en el caso anterior, comenzamos colocando 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 9.- Valores de 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, donde se aprecia gráficamente lo señalado para la vocal [u]:

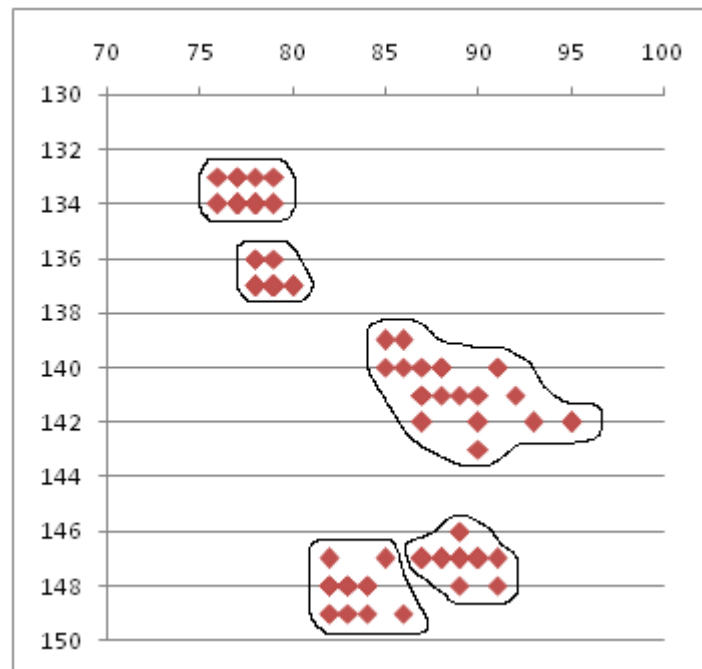


Figura 21.- Áreas de dispersión articulatoria de C02

Con los valores medios de PMADAL, se obtiene el siguiente pentágono articulatorio, mostrado sobre una imagen MRI correspondiente a la vocal [a]:

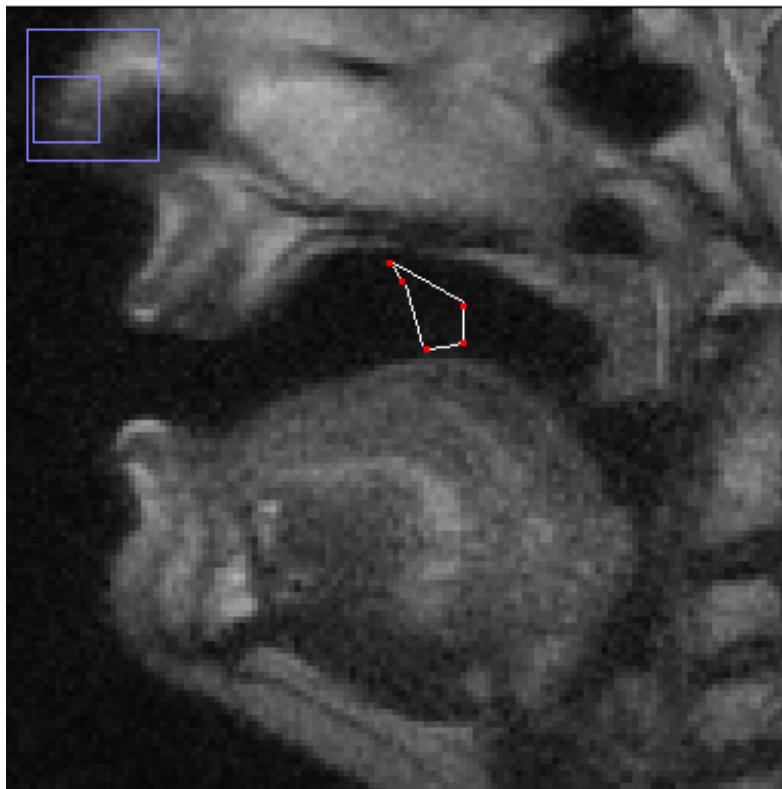


Figura 22.- Pentágono articulatorio de C02

Hay varias características que merecen ser destacadas en este pentágono⁵²: la coincidencia de abertura de [a, o], la proximidad de [e, i], la diferencia de abertura entre la serie anterior y posterior, la idéntica localización antero-posterior de [o, u], etc.

Los valores reales de distancia (en mm.) entre las cinco vocales del C01 y el área del pentágono (en mm.²) aparecen en la siguiente tabla:

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 10.- Distancias y área de las vocales de C01

2.2.3.4. El informante C03

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

		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 11.- Valores de PMADAL de C03

La desviación es siempre mayor en el eje horizontal, aunque en ningún caso alcanza un valor excesivamente reseñable, como muestra las áreas de dispersión de la siguiente figura:

⁵² Este pentágono vocálico se parece notablemente al presentado en Iribar (2011).

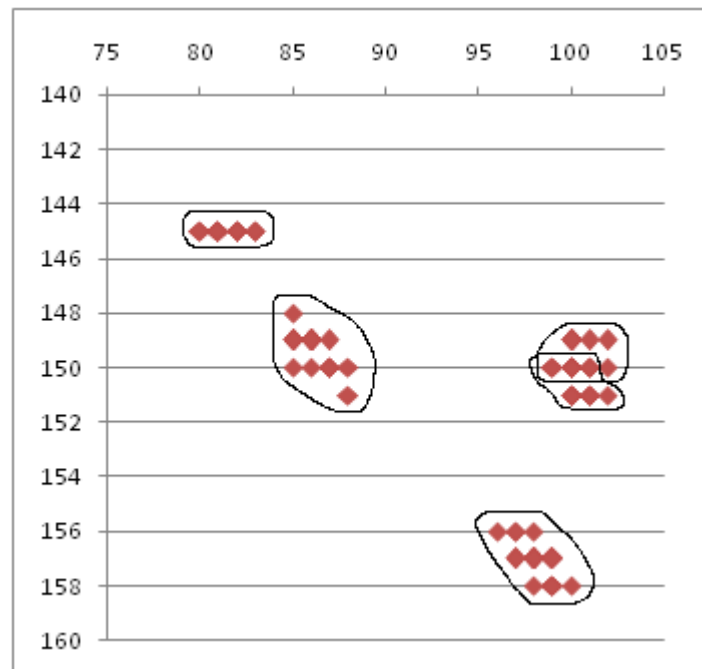


Figura 23.- Áreas de dispersión articulatoria de C03

Tal vez lo más llamativo de esta figura es la inclusión de las áreas respectivas de las dos vocales velares. Por tanto, el pentágono correspondiente a los valores medios muestra una serie anterior claramente diferenciada, y una serie posterior mucho más breve, en la que [o] y [u] ocupan una posición casi contigua:

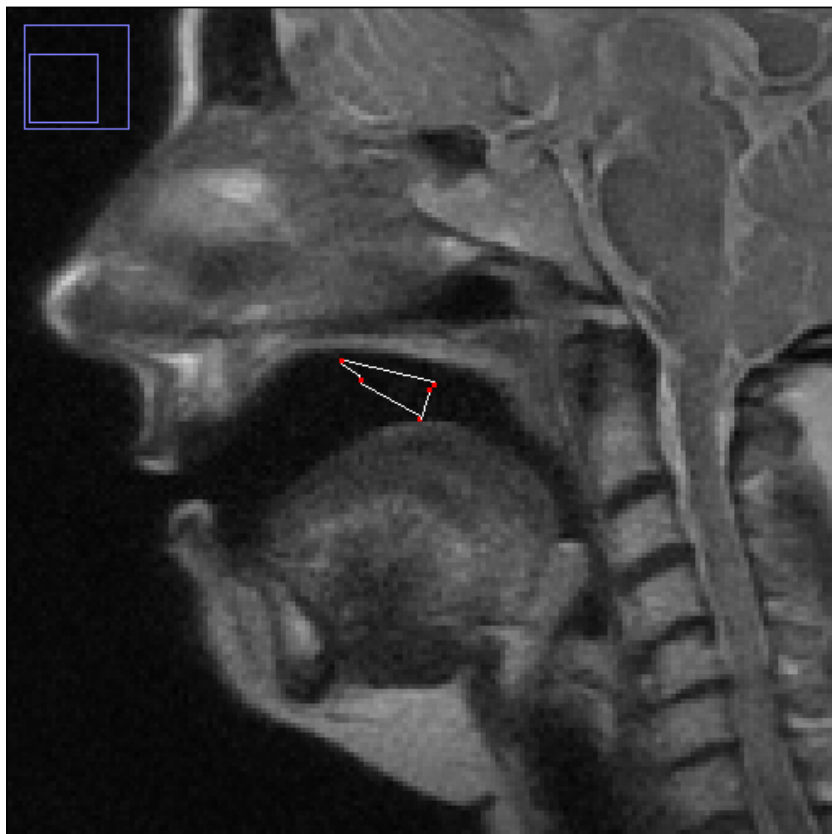


Figura 24.- Pentágono articulatorio de C03

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 (en mm.) entre las cinco vocales del C03 y el área del pentágono (en mm.²) aparecen en la siguiente tabla:

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 12.- Distancias y área de las vocales de C03

2.2.3.5. El informante C04

La tabla 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 13.- Valores de 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 siguiente figura, que muestra las áreas de dispersión, no se aprecie un mayor tamaño en las correspondientes a dichas vocales:

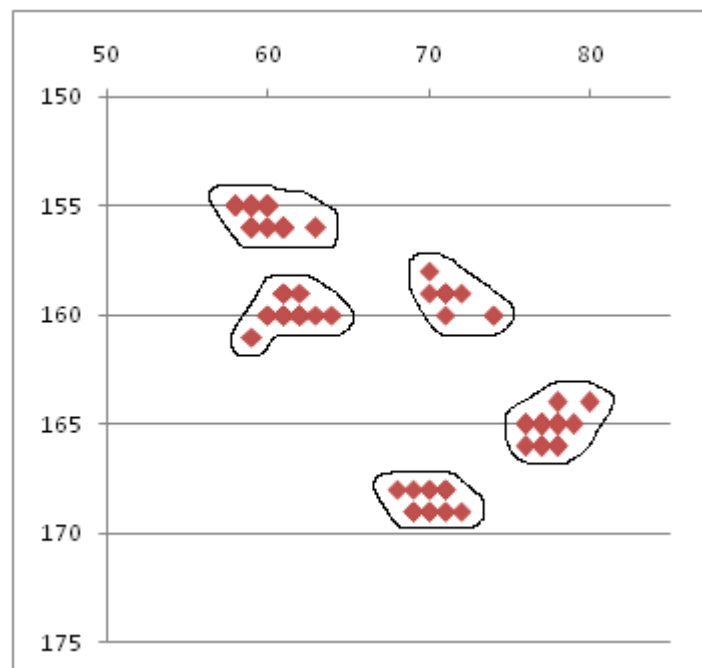


Figura 25.- Áreas de dispersión articulatoria de C04

Colocando los valores medios de las cinco vocales sobre una imagen tipo correspondiente a [a], obtenemos el pentágono articulatorio de C04:

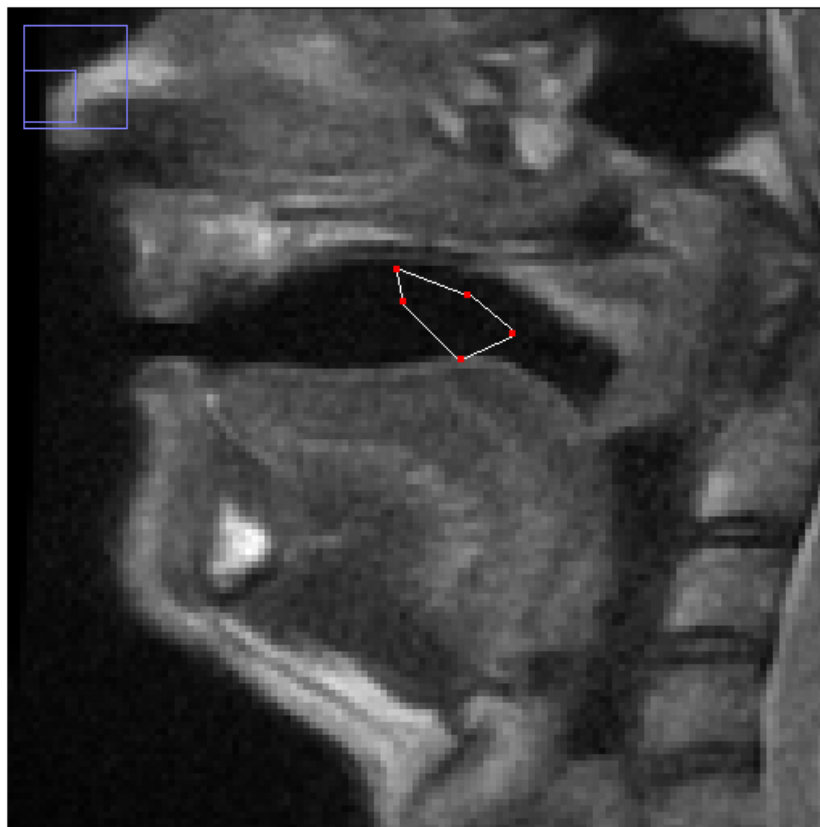


Figura 26.- Pentágono articulatorio de C04

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 (en mm.) entre las cinco vocales del C04 y el área del pentágono (en mm.²) aparecen en la siguiente tabla:

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 14.- Distancias y área de las vocales de C04

2.2.3.6. El informante E01

Como en los casos anteriores, comenzamos con los valores de media y desviación de los dos ejes de localización del PMDAL del informante E01:

		Media	Desviación
[i]	X	80,61	0,78
	Y	131,65	0,64
[e]	X	82,71	0,71
	Y	136,19	0,75
[a]	X	91,73	0,88
	Y	141,00	0,92
[o]	X	93,48	0,89
	Y	141,04	0,82
[u]	X	92,73	0,93
	Y	136,73	0,76

Tabla 15.- Valores de PMADAL de E01

La dispersión está bastante equilibrada en los dos ejes y es, en general, poco apreciable. Destacan, desde luego, los valores medios de las vocales [a – o], muy cercanos entre sí en ambos ejes. Todo ello se refleja gráficamente en las áreas de dispersión articulatoria, en las que se observa la intersección de las correspondientes a dichas vocales:

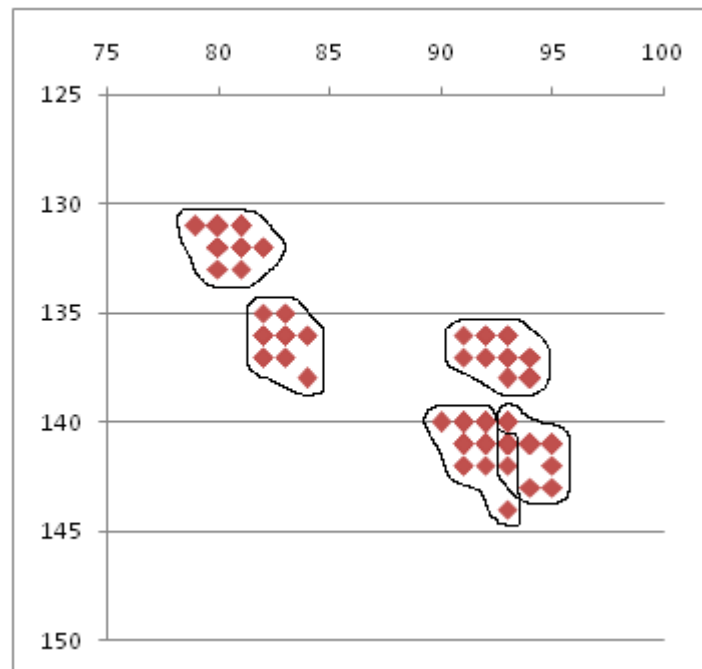


Figura 27.- Áreas de dispersión articulatoria de E01

Con los valores medios de las cinco vocales, obtenemos el pentágono articulatorio del informante E01, que mostramos, como siempre, sobre una imagen de [a]:

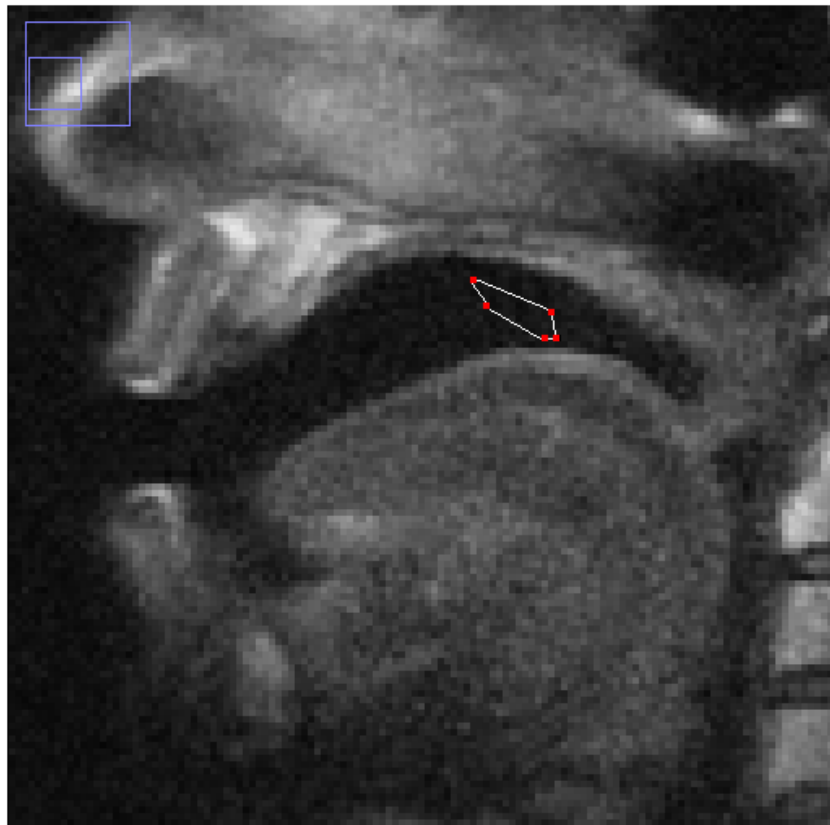


Figura 28.- Pentágono articulatorio de E01

Destaca, desde luego, la cercanía de las vocales [a – o], que ocupan prácticamente el mismo lugar en la gráfica. En cuanto a la localización, las cinco vocales se agrupan en

dos áreas, anterior y posterior. La vocal [i] es claramente la más alta, mientras que [e] y [u] se sitúan a la misma altura. Como es lógico, [a] y [o] comparten también el mismo grado de abertura.

Los valores reales de distancia (en mm.) entre las cinco vocales del E01 y el área del pentágono (en mm.²) aparecen en la siguiente tabla:

Distancias primarias	[i – a]	13,32
	[a – u]	4,78
	[i – u]	11,85
Distancias secundarias	[e – i]	4,19
	[e – a]	9,65
	[e – o]	10,09
	[e – u]	9,37
	[o – u]	3,75
	[o – a]	1,32
	[o – i]	13,52
Área del pentágono		43,06
Área del triángulo [i – a – u]		29,88

Tabla 16.- Distancias y área de las vocales de E01

2.2.3.7. El informante E02

La siguiente tabla contienen los datos de media y desviación del PMADAL de las cinco vocales del informante E02:

		Media	Desviación
[i]	X	75,17	0,65
	Y	96,13	0,54
[e]	X	77,57	1,34
	Y	103,52	0,51
[a]	X	97,06	1,39
	Y	105,00	1,22
[o]	X	94,00	1,18
	Y	99,52	0,60
[u]	X	88,06	1,21
	Y	97,11	0,32

Tabla 17.- Valores de PMADAL de E02

En todas las vocales, la desviación es mayor en el eje horizontal, aunque en las vocales [i] y [a], los dos ejes están bastante equilibrados. Los valores mayores de desviación corresponden a la vocal [a]. Los valores completos del PMADAL generan las siguientes áreas de dispersión articulatoria:

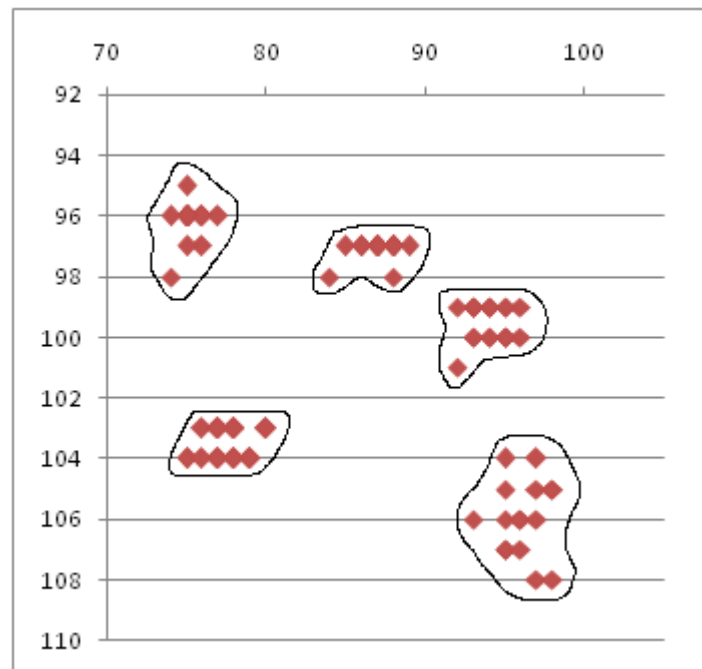


Figura 29.- Áreas de dispersión articulatoria de E02

Las cinco áreas se encuentran bien diferenciadas (algo menos las de [o – u]). Destaca el tamaño de la correspondiente a la vocal [a], claramente mayor que el resto, y que apunta ligeramente a una distribución bimodal.

Con los valores medios, obtenemos el pentágono articulatorio del informante E02:



Figura 30.- Pentágono articulatorio de E02

La figura resulta casi rectangular, más extensa en el eje horizontal que en el vertical. Efectivamente, las dos vocales se agrupan en dos zonas de abertura: [i – u – o] como vocales altas y [e – a] como vocales bajas. En el otro eje, [i – e] aparecen como las vocales anteriores y [a – o] como las vocales posteriores⁵³, mientras que [u] ocupa el lugar de la vocal central.

Los valores reales de distancia (en mm.) entre las cinco vocales del E02 y el área del pentágono (en mm.²) aparecen en la siguiente tabla:

Distancias primarias	[i – a]	22,28
	[a – u]	11,28
	[i – u]	12,22
Distancias secundarias	[e – i]	8,01
	[e – a]	17,83
	[e – o]	15,46
	[e – u]	11,44
	[o – u]	6,28
	[o – a]	5,46
	[o – i]	18,20
Área del pentágono		116,89
Área del triángulo [i – a – u]		42,18

Tabla 18.- Distancias y área de las vocales de E02

2.2.3.8. El informante E03

Los estadísticos de media y desviación de la distribución de los valores del PMADAL del informante E03 se muestran en la tabla siguiente:

		Media	Desviación
[i]	X	91,00	0,45
	Y	173,00	0,32
[e]	X	94,42	0,50
	Y	175,95	0,22
[a]	X	105,28	0,26
	Y	185,28	0,40
[o]	X	107,50	0,68
	Y	178,80	0,52
[u]	X	102,55	0,75
	Y	175,05	0,22

Tabla 19.- Valores de PMADAL de E03

Los valores de desviación son, en general, reducidos. Salvo en el caso de [a], el eje horizontal tiene siempre algo más de desviación que el vertical. Las áreas de dispersión son, pues, pequeñas:

⁵³ De hecho, [a] es incluso algo más posterior que [o].

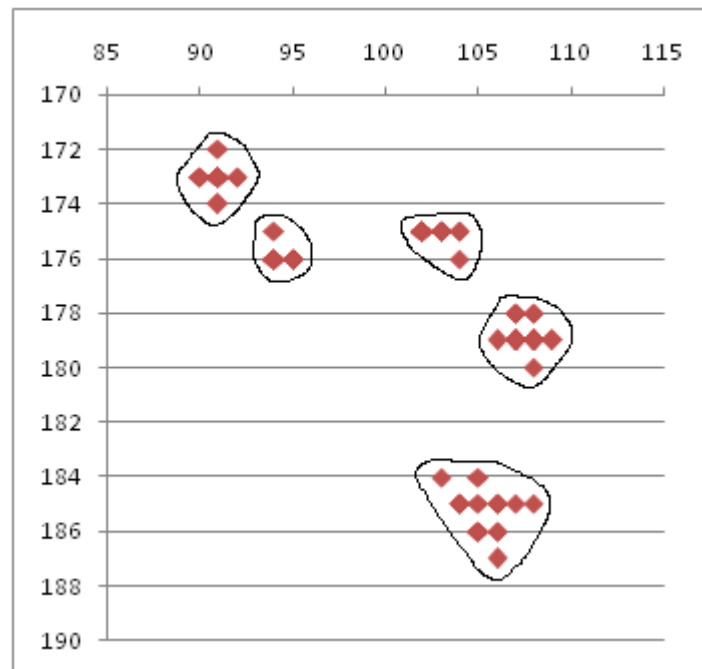


Figura 31.- Áreas de dispersión articulatoria de E03

Las áreas de [i – e] y [o – u] están relativamente cercanas, pero quedan perfectamente diferenciadas debido a su pequeño tamaño. En este sentido, llama la atención el reducidísimo tamaño de [e], que concentra todos sus datos en tres únicos puntos. En el otro extremo, la vocal [a] es, una vez más, la que se extiende más en lo referente a la ubicación de su PMADAL.

Los datos medios de las cinco vocales permiten confeccionar el pentágono articulatorio del informante E03, que se muestra en la siguiente figura:

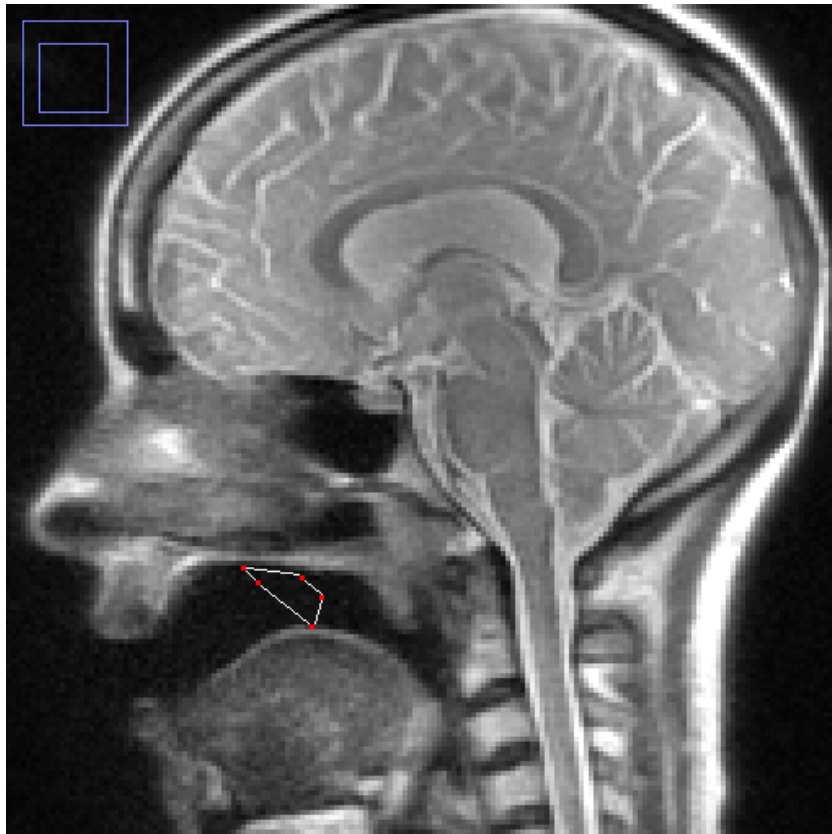


Figura 32.- Pentágono articulatório de E03

Este polígono –casi un tetrágono– articulatório es algo más parecido a los habituales triángulos acústicos. La diferencia fundamental está en la vocal [u], que aquí no sólo no es más posterior que [o], sino que llega a ser incluso algo más anterior que [a]; en realidad, las tres vocales ocupan prácticamente una misma zona posterior. La vocal [a] resulta claramente diferenciada en lo referente a la abertura.

Los valores reales de distancia (en mm.) entre las cinco vocales del E03 y el área del pentágono (en mm.²) aparecen en la siguiente tabla:

Distancias primarias	[i – a]	23,76
	[a – u]	13,14
	[i – u]	15,68
Distancias secundarias	[e – i]	5,46
	[e – a]	18,32
	[e – o]	18,45
	[e – u]	11,67
	[o – u]	8,25
	[o – a]	8,64
	[o – i]	23,23
Área del pentágono		132,94
Área del triángulo [i – a – u]		94,72

Tabla 20.- Distancias y área de las vocales de E03

2.2.3.9. El informante E04

Como siempre, la tabla siguiente muestra los datos de media y desviación de los dos ejes de localización del PMADAL de las vocales del informante E04:

		Media	Desviación
[i]	X	78,40	1,27
	Y	121,05	0,39
[e]	X	84,42	1,12
	Y	127,84	0,68
[a]	X	106,71	1,34
	Y	133,90	0,70
[o]	X	105,08	1,55
	Y	128,04	0,75
[u]	X	96,32	1,49
	Y	122,41	0,66

Tabla 21.- Valores de PMADAL de E04

Las desviaciones son claramente mayores en el eje horizontal, lo que indica una mayor dispersión de los datos en lo referente a la localización. Sin embargo, las áreas de dispersión articulatoria, al no reflejar la concentración de datos reales que se produce en cada punto, no reflejan esa información. A modo de ejemplo, la vocal [e], cuya desviación en el eje X es casi el doble de la correspondiente a Y, tiene un área de dispersión cuadrada.

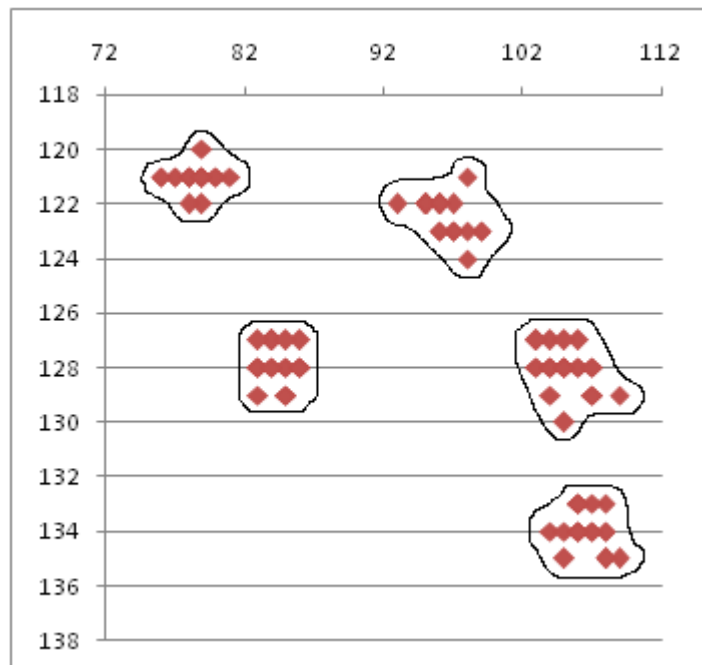


Figura 33.- Áreas de dispersión articulatoria de E04

El pentágono articulatorio que se obtiene con los valores medios del PMADAL es el siguiente (mostrado, como siempre, sobre una imagen de [a]):

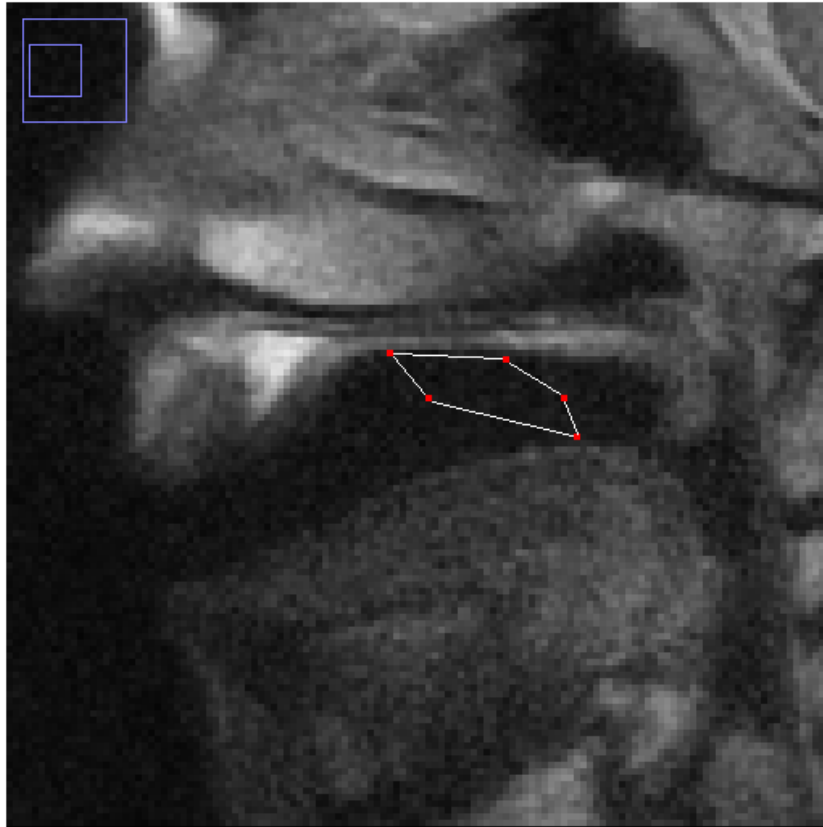


Figura 34.- Pentágono articulatorio de E04

En este pentágono, las vocales [i – u] y [e – o] se agrupan con claridad en cuanto a su abertura, de modo que [a] queda diferenciada como la más baja. En cuanto a la localización, [a] y [o] quedan agrupadas (la segunda es incluso más anterior que al primera), de modo que [u] ocupa una posición intermedia entre las vocales anterior y las posteriores. Las vocales medias [e – o] son más posteriores que sus respectivas vocales cerradas [i – u].

Los valores reales de distancia (en mm.) entre las cinco vocales del E04 y el área del pentágono (en mm.²) aparecen en la siguiente tabla:

Distancias primarias	[i – a]	29,42
	[a – u]	13,93
	[i – u]	17,83
Distancias secundarias	[e – i]	6,76
	[e – a]	24,10
	[e – o]	21,58
	[e – u]	14,82
	[o – u]	9,37
	[o – a]	5,04
	[o – i]	26,14
Área del pentágono		155,56
Área del triángulo [i – a – u]		87,89

Tabla 22.- Distancias y área de las vocales de E04

2.2.3.10. Las vocales 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:

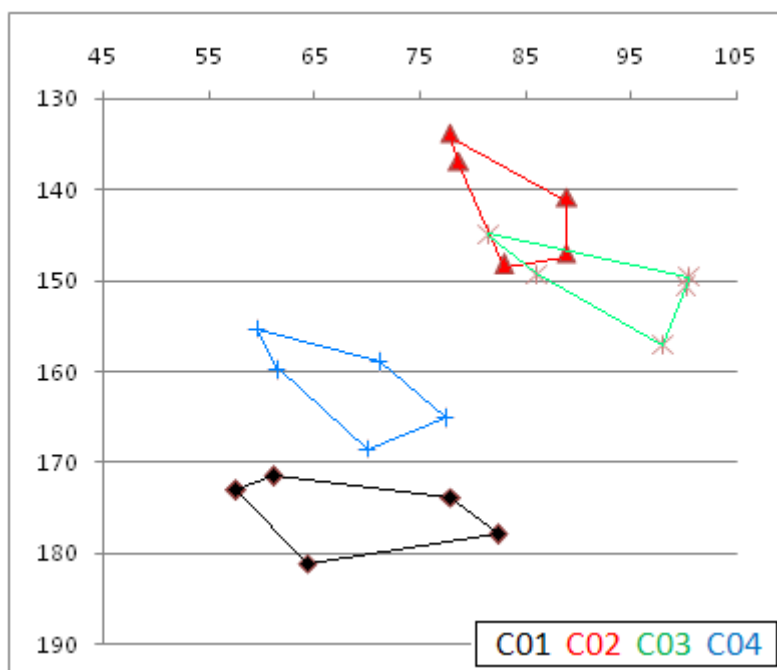


Figura 35.- Pentágonos articulatorios del español

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 estas figuras, 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:

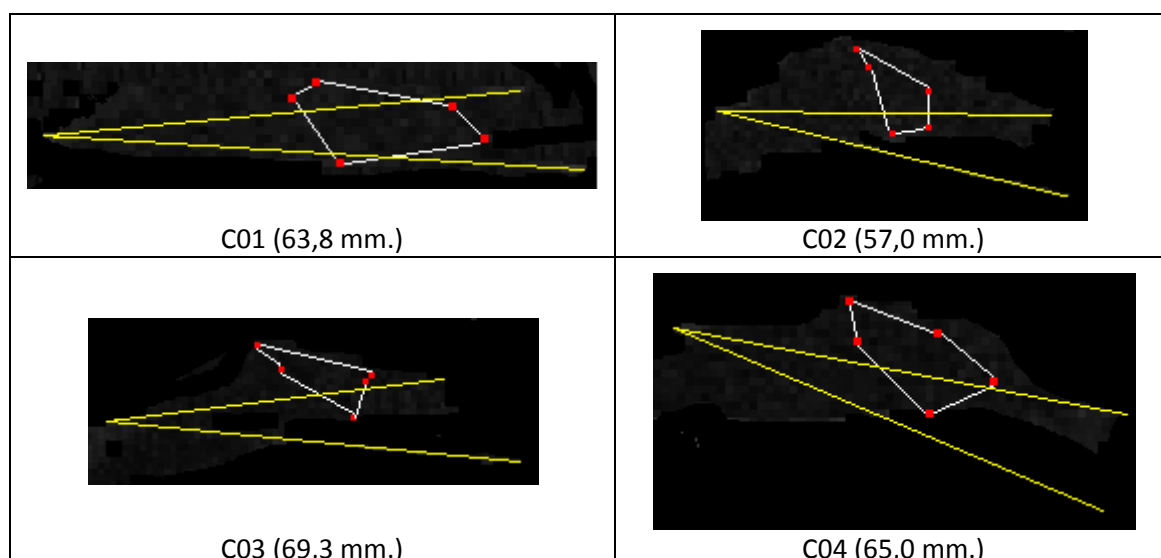


Figura 36.- Pentágonos vocálicos del español con sus ejes de referencia

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 posteriores.

En definitiva, para poder comparar los datos de diferentes informantes, resulta imprescindible normalizar de alguna manera los datos obtenidos mediante Dicompas. Para ello, hemos creado en la base de datos de SPSS dos nuevas variables para los valores de los ejes X e Y, obtenidos por 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 estable⁵⁴. La tabla siguiente 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 23.- Valores originales y normalizados del español

⁵⁴ 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.

Colocando estos datos normalizados en un eje de coordenadas, podemos establecer, 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:

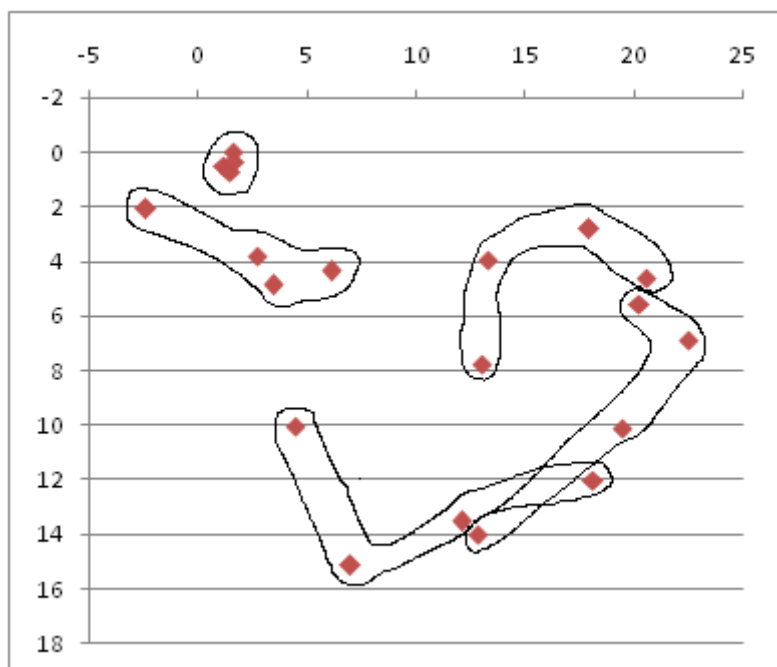


Figura 37.- Áreas de dispersión articulatoria del español

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, obtenemos los cuatro pentágonos articulatorios a partir de los valores normalizados de [i]:

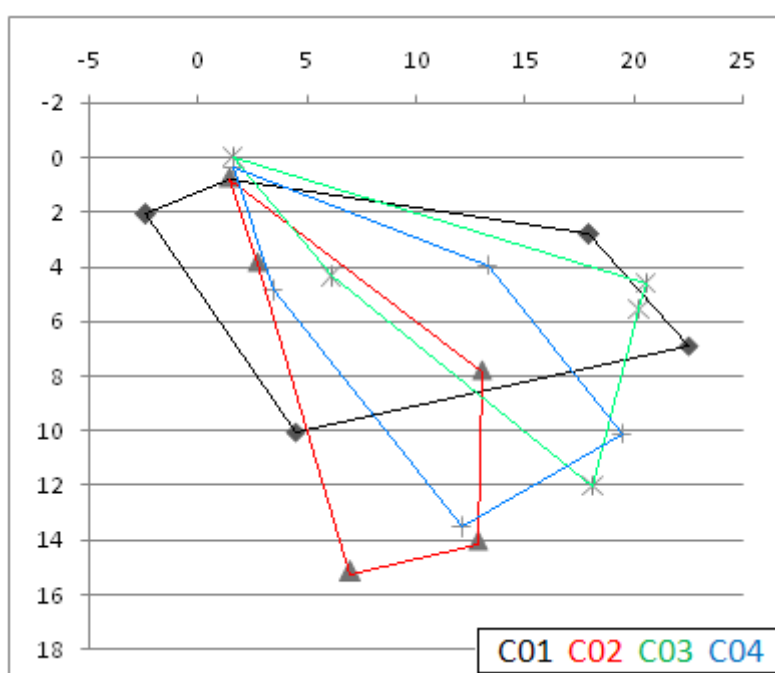


Figura 38.- Pentágonos articulatorios del español (normalizados)

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]⁵⁵ para observar las características generales de los esquemas articulatorios. Para facilitar esta observación, conviene mostrar la figura correspondiente:

⁵⁵ En sentido estricto, [i, u] no son las vocales extremas de C01, ni [u] lo es en el caso de C04.

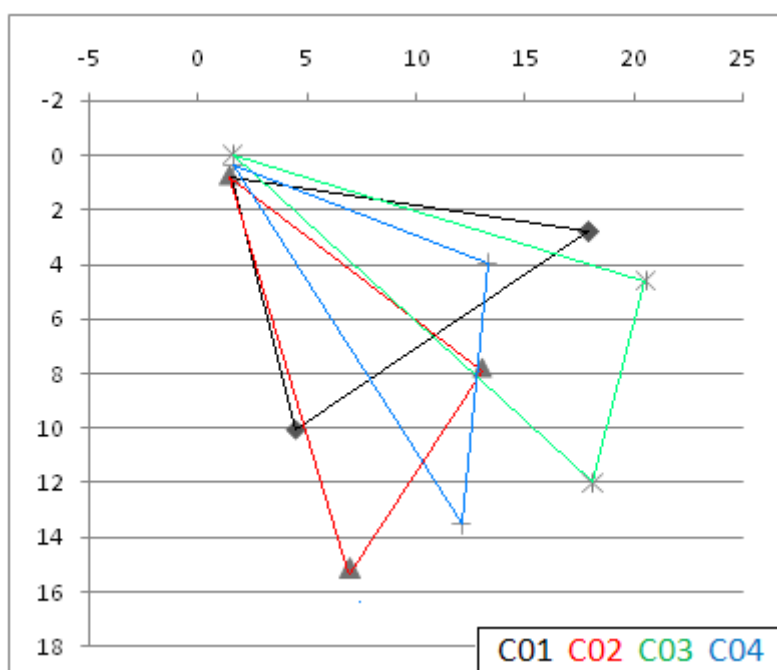


Figura 39.- Triángulos articulatorios [i-a-u] del español

De la figura precedente pueden efectuarse las siguientes observaciones:

- [i] es siempre la vocal más cerrada, con una diferencia bastante notable (especialmente en C02) con respecto al grado de abertura de [u].
- Consiguientemente, [u] no presenta un grado de abertura en principio asimilable al de [i], salvo en C01.
- 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).
- 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 escalonada⁵⁶.

En definitiva, atendiendo a las tres vocales extremas, las cuatro figuras exigen ser representadas por medio de diferentes esquemas articulatorios. Las vocales extremas 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 siguiente figura agrupa los esquemas articulatorios de las vocales extremas de los cuatro informantes:

⁵⁶ En C01, [i-a] es precisamente la distancia más corta, mientras que [a-u] y [u-i] son muy similares.

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

Esquema correspondiente a C01

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

Esquema correspondiente a C02

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

Esquemas correspondientes a C03 y C04

Figura 40.- Esquemas articulatorios de las vocales extremas del español

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

- [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.
- [o] se articula unas veces (C02 y C03) más cerca de [a] que de [u], y otras veces (C01 y C04) al contrario⁵⁷. 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).
- 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.
- 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,

⁵⁷ Llama la atención, en este sentido, la localización en el eje de coordenadas de las vocales [o] y [u] de C03, prácticamente idénticas.

salvo en el caso de C01. En la serie posterior, por el contrario, sólo C03 carece prácticamente de espacio.

- 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 siguiente esquema responde a la cercanía articulatoria que de hecho se produce entre las dos vocales anteriores⁵⁸:

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

Tabla 24.- 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 es éste:

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

Tabla 25.- 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 vocales posteriores, [o] y [u], cuya localización por el PMADAL es prácticamente idéntica, comparten celda. El resultado es el siguiente:

⁵⁸ 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.

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

Tabla 26.- 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 sigue:

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

Tabla 27.- 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 las veinte vocales, con el mismo código de color utilizado en las figuras de los pentágonos:

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

Tabla 28.- Esquema articulatorio de las vocales del español

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. [a] es siempre abierta y mayormente central, pero también se clasifica como anterior⁵⁹ 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

⁵⁹ Aunque es verdad que, forzando mínimamente el esquema de C01, también podría colocarse en la columna central.

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 resultaría, en principio, distinguir con mayor precisión el eje antero-posterior, que es precisamente el parámetro más variable. La siguiente tabla ensaya la clasificación de esta manera:

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

Tabla 29.- Esquema articulatorio de las vocales del español

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, de la siguiente manera:

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

Tabla 30.- Esquema articulatorio de las vocales del español

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 28 (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 que la repetida heterogeneidad de los valores plantea una duda acerca de la conveniencia de manejar datos medios. No obstante, y con las debidas precauciones –que no podrán ser desechadas hasta que, en un futuro, puedan manejarse más datos procedentes de más informantes–, la siguiente tabla 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 31.- Valores medios de 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 siguiente figura, que puede considerarse por el momento como el pentágono articulatorio de las vocales del español:

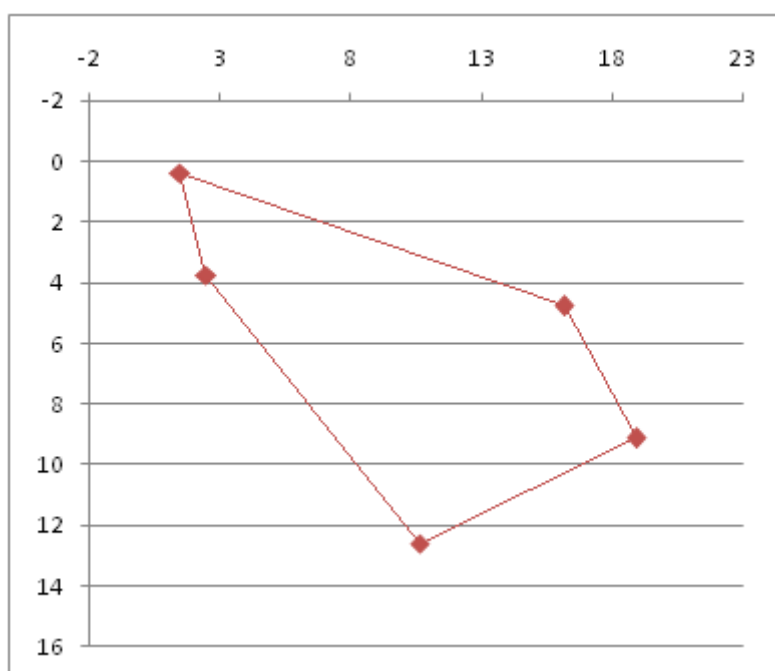


Figura 41.- Pentágono articulatorio del vocalismo del español

La figura es, en rigor, un pentágono, pero podría tratarse como trapecio sin excesivos problemas, habida cuenta de la disposición de la serie anterior [i – e – a], casi en línea recta. En este sentido, sigue destacando la posición de [o], claramente más posterior que la de [u]. La vocal [a] se sitúa ahora claramente en el centro antero-posterior de la figura.

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, de la siguiente manera:

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

Tabla 32.- 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.

2.2.3.11. Las vocales del euskara

Como en el caso anterior, comenzamos el análisis conjunto de los informantes del euskara colocando, en un mismo eje de coordenadas, los cuatro esquemas articulatorios:

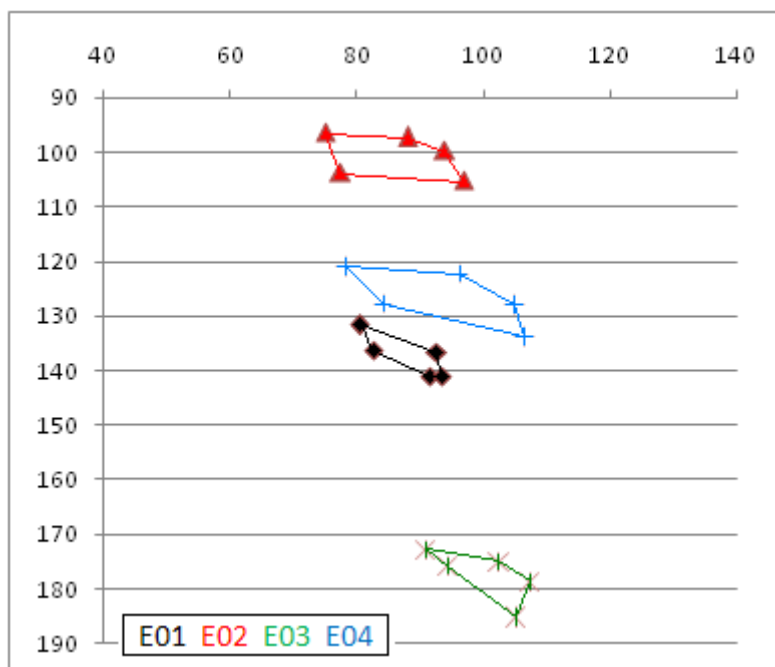


Figura 42.- Pentágonos articulatorios del euskara

Lo más llamativo de la figura es la gran extensión vertical que ocupan los pentágonos, mientras que apenas parecen variar en el eje horizontal. Esta idea es algo inexacta, y está originada en buena medida por el esquema de E03, que se ubica en una escala diferente de la del resto. Esto exige ampliar el rango del eje vertical (hasta 100 mm.) y,

consiguientemente, también el vertical, puesto que de lo contrario se distorsionaría la forma de los pentágonos. Si pudiésemos reducir los ejes al mismo rango utilizado para el español, que era de 60 mm. (por ejemplo, de 60 a 120 mm en el horizontal y de 90 a 150 mm. en el vertical), observaríamos cómo los pentágonos también se desplazarían algo de izquierda a derecha. No obstante, es indudable que los cuatro esquemas articulatorios presentan poca movilidad en el eje horizontal y mucha en el vertical.

Estas diferencias, como se señalaba para el español, no parecen tanto articulatorias como de encuadre de las propias imágenes MRI y de las diferencias fisiológicas entre los hablantes. Para apreciar mejor las diferencias individuales, se coloca cada esquema sobre la referencia de una doble recta:

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 la siguiente figura se observa las diferencias de longitud de la recta de referencia, así como la destacada posición, con respecto a este eje, de las vocales de E01:

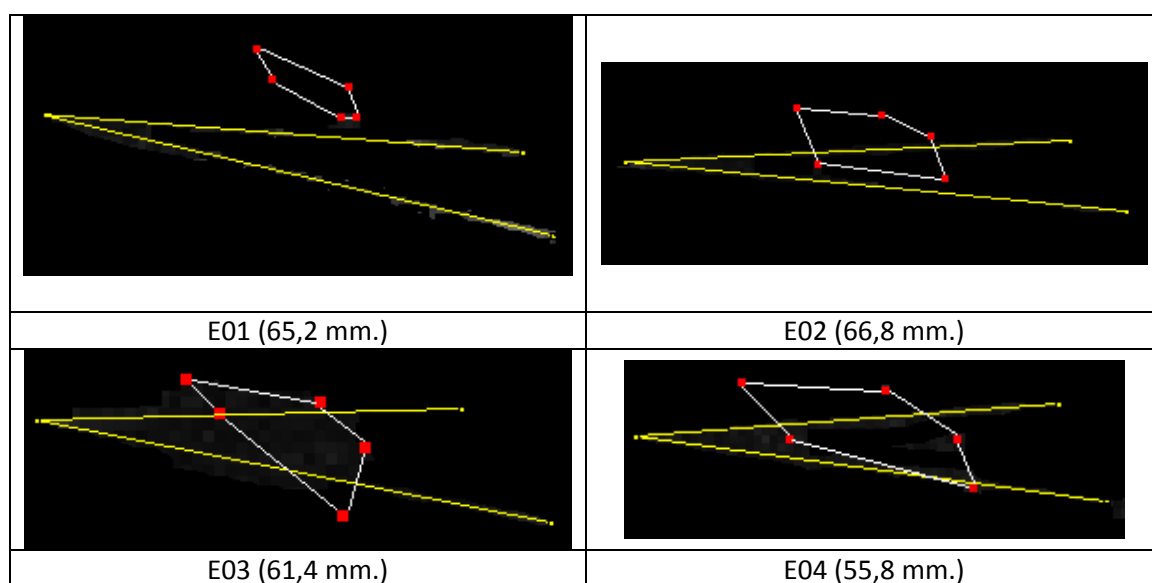


Figura 43.- Pentágonos vocálicos del euskara con sus ejes de referencia

El distinto lugar que ocupa cada esquema en relación a su eje de referencia debe interpretarse no tanto desde una perspectiva estrictamente fonética, sino más bien fisiológica⁶⁰.

⁶⁰ La línea recta que une el inicio de los alveolos con el punto de inflexión entre el paladar blando y el inicio de la úvula suele tener una ligera inclinación hacia la izquierda. Sin embargo, la morfología de E01 parece peculiar, puesto que, en su caso, la inclinación es hacia la derecha: la úvula se sitúa en un plano claramente inferior al de los alveolos.

Para normalizar los datos de los cuatro informantes, repetimos el procedimiento utilizado para el castellano, que consiste en sustraer a cada valor la diferencia entre dicho dato y el punto más extremo de la [i] de cada informante. El resultado se muestra en la tabla siguiente:

		E01		E02		E03		E04	
		Or.	Nor.	Or.	Nor.	Or.	Nor.	Or.	Nor.
[i]	X	80,61	1,60	75,17	1,17	91,00	1,00	78,40	2,40
	Y	131,65	0,65	96,13	1,13	173,00	1,00	121,05	0,05
[e]	X	82,71	3,71	77,57	3,56	94,42	4,42	84,42	8,42
	Y	136,19	5,19	103,52	8,52	175,95	3,94	127,84	6,84
[a]	X	91,73	12,72	97,06	23,05	105,28	15,27	106,71	30,71
	Y	141,00	10,00	105,00	10,00	185,28	13,27	133,90	12,90
[o]	X	93,48	14,47	94,00	20,00	107,50	17,50	105,08	29,08
	Y	141,04	10,04	99,52	4,52	178,80	6,80	128,04	7,04
[u]	X	92,73	13,72	88,06	14,05	102,55	12,55	96,32	20,31
	Y	136,73	5,72	97,11	2,11	175,05	3,05	122,41	1,40

Tabla 33.- Valores originales y normalizados del euskara

Manejando estos datos normalizados, procedemos en primer lugar a calcular las áreas de dispersión articulatoria que suponen los cuatro valores medios de cada vocal:

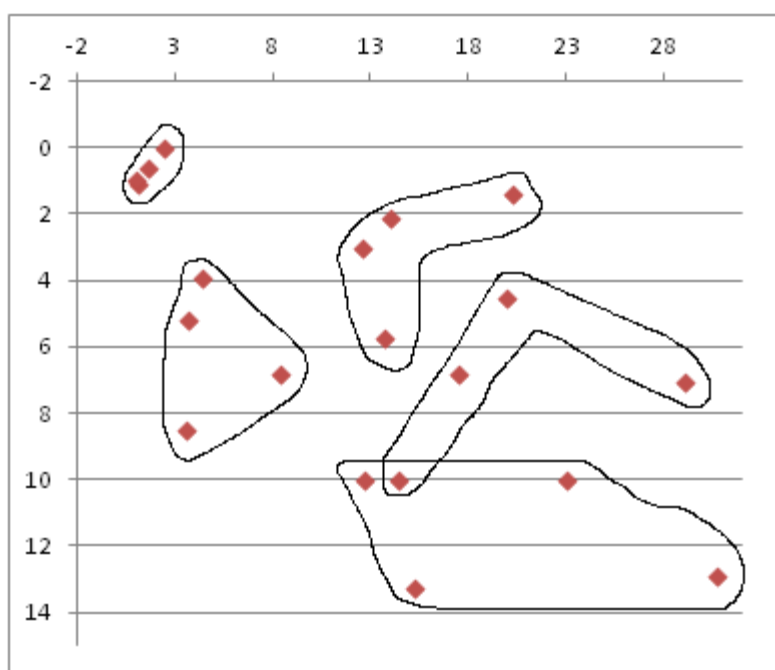


Figura 44.- Áreas de dispersión articulatoria del euskara

La vocal [i], como es lógico, según la normalización llevada a cabo, se concentra en un espacio muy reducido. La [e] presenta dos datos muy cercanos, y otros dos muy separados: uno de ellos (E04) extiende el área en el eje horizontal y el otro (E02) lo hace en el vertical.

La vocal [a] tiene un área de dispersión muy extensa, que parece mostrar una distribución bimodal en los dos ejes. En cuanto a la localización antero-posterior, dos

datos (E01 y E03) parecen centrales y otros dos (E02 y sobre todo E04), claramente posteriores. En cuanto a la abertura, dos datos (E01 y E02) son claramente más cerrados que los otros.

La vocal [o] también se extiende en un área de considerable tamaño y forma muy irregular. Hay un valor (E01) que se incluye en el área de [a], y otro valor (E04) que es notablemente más posterior que el resto. La vocal [u] tiene un área relativamente parecida a la de [o]: también un dato (E01) es bastante más abierto, y también otro (E04) es bastante más posterior, aunque, a diferencia de [o], es además el más cerrado. Como puede verse, en las dos vocales coinciden como valores extremos los de E01 y E04. Aunque no llega a producirse ninguna intersección, las escalas en las que se mueven los valores en ambos ejes sí se solapan.

En términos generales, la áreas de dispersión articulatoria del euskara son de un tamaño apreciable, y se extienden más en el eje de abertura que en el antero-posterioridad, aunque en todas las vocales (descontada la [i]) hay un dato que amplía sensiblemente el área correspondiente hacia la zona posterior. Ese dato corresponde siempre al informante E04, que parece poseer, por tanto, unas vocales más posteriores en lo referente al PMADAL.

Si unimos los puntos correspondientes a cada vocal, obtenemos los cuatro pentágonos articulatorios de los informantes, normalizados a partir de los valores de [i]:

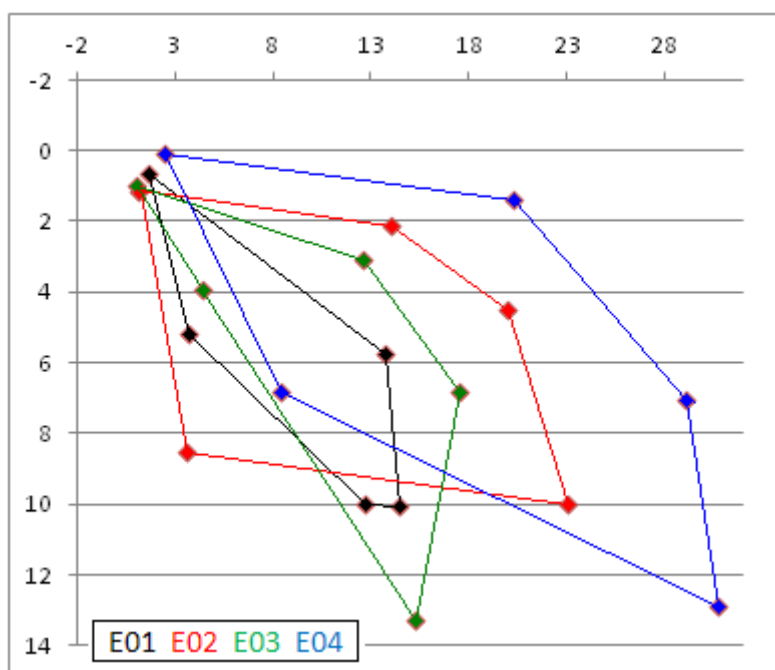


Figura 45.- Pentágonos articulatorios del euskara (normalizados)

Estos esquemas articulatorios son, obviamente, muy distintos. Para comenzar su análisis, y siguiendo el mismo procedimiento desarrollado con las vocales del español,

examinaremos únicamente los triángulos formados por las vocales extremas [i – a – u]. La figura correspondiente queda como sigue:

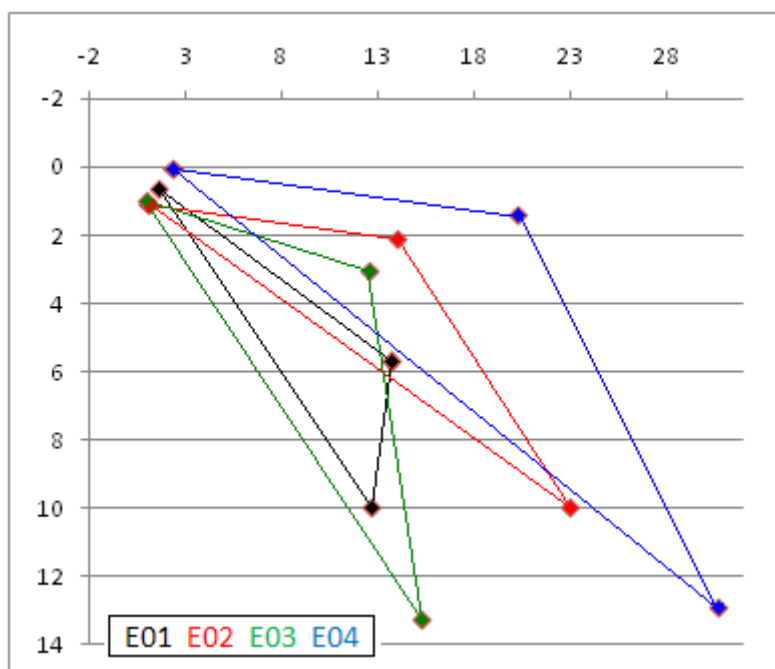


Figura 46.- Triángulos articulatorios [i-a-u] del euskara

A primera vista, destaca la ubicación del triángulo de E04, que se extiende más que el resto hacia la zona posterior. Fijándonos en las tres vocales, pueden señalarse algunas observaciones, pero sin llegar a establecer tendencias o características generales:

- La vocal [i] es siempre la más cerrada. La [u] presenta un grado de cierre similar en E02 y E04 y algo más destacado en E03, pero en E01 es muy diferente, puesto que es mucho más abierta, algo más cercana, de hecho a [a] que a [i].
- La posición de [a] en el eje antero-posterior es claramente bimodal: se ubica como central en E01 y E03, y es posterior en E02 y –sobre todo– en E04.
- La vocal [u] es ligeramente más posterior que [a] en E01, ligeramente más anterior en E03, y mucho más anterior en E02 y E04; en estos dos casos, la [u] se ubica claramente como central en el triángulo.
- La distancia [i – a] es grande y muy variable, de modo que, por ejemplo, el valor que obtiene en E04 es más del doble que el de E01. La distancia [a – u] es mucho más pequeña, pero las proporciones entre E01 y E04 son las mismas. La distancia [i – u] es intermedia entre las dos anteriores, y algo más homogénea. En general, destaca E04 por sus mayores distancias, y E01 por lo contrario; E02 y E03 están en éste aspecto más cerca de E04.

En resumen, las vocales extremas del euskara se pueden clasificar de acuerdo a dos esquemas articulatorios diferentes. En E01 y E03, la vocal [u] presenta el mismo grado de localización de [a], y el mismo grado de abertura de [i] (aunque en E03 es ligeramente más abierta), de modo que un esquema de dos grados en cada eje es

suficiente para su clasificación. En E02 y E04, la vocal [u] tiene el mismo grado de abertura de [i], pero se localiza entre [i] y [a], es decir, como central; de este modo, en este caso es necesario añadir un grado más al eje horizontal. Los esquemas articulatorios quedan de la siguiente manera:

		Localización	
		Anterior	Posterior
Abertura	Cerrada	[i]	[u]
	Abierta		[a]
Esquema correspondiente a E01 y E03			

		Localización		
		Anterior	Central	Posterior
Abertura	Cerrada	[i]	[u]	
	Abierta			[a]
Esquema correspondiente a E02 y E04				

Figura 47.- Esquemas articulatorios de las vocales extremas del euskara

Si consideramos ahora las cinco vocales de cada pentágono, podemos señalar lo siguiente:

- La vocal [e] presenta una abertura intermedia entre [i] y [a] en tres ocasiones⁶¹, pero es casi tan abierta como [a] en E02. En cuanto a la antero-posterioridad, ocupa la misma posición que [i] en E01 y E02, y se sitúa en una posición intermedia entre [i] y [a], aunque mucho más cerca de la primera, en E03 y E04.
- La vocal [o] tiene un grado de abertura intermedio entre [a] y [u] en tres ocasiones⁶², pero se sitúa a la par de [a] en E01. En relación al eje antero-posterior, la [o] ocupa en E02 y E04, una posición intermedia entre [a] y [u], aunque algo más cercana a la vocal abierta; en E01 y E03, [o] es más posterior que [a], pero con una diferencia: en E01 se sitúa al nivel de [u], mientras que en E03 es también más posterior que ésta.
- En relación a la abertura de la vocal [e], la [o] es completamente irregular: se sitúa a la misma altura en E04, es más abierta en E03, mucho más cerrada en E02 y mucho más abierta en E01.
- Los espacios articulatorios de los cuatro esquemas son de diferente tamaño. Destacan los dos extremos: E01, mucho más pequeño, y E04, mucho más grande.
- Los espacios articulatorios de E01 y E03 se extienden especialmente en el eje vertical de abertura; el de E02 y sobre todo el de E04 se extienden más en el horizontal de antero-posterioridad.

⁶¹ En E03 está claramente más cerca de la abertura de [i] que de la de [a].

⁶² Aunque con diferencias de grados: está más cerca de [u] en E02 y E03, y más cerca de [a] en E04.

- El espacio articulatorio de la serie anterior (el formado por el triángulo [i – e – a]), aunque de forma alargada, es muy reducido, salvo en E02. El espacio articulatorio de la serie posterior (el formado por el triángulo [a – o – u]) es algo más amplio, aunque sin alcanzar en ningún caso una gran extensión.
- En general, tal vez podrían asociarse los cuatro pentágonos en torno a dos esquemas (E01 y E03 vs. E02 y E04), pero las diferencias son excesivas como para plantear la existencia de dos modelos.

De acuerdo a todas las observaciones anteriores, resulta muy compleja la tarea taxonómica con las cinco vocales de los cuatro informantes.

En el informante E01, parece claro el establecimiento de tres grados en el eje vertical de abertura, mientras que el horizontal de antero-posterioridad resulta más confuso: en principio, podría bastar con distinguir dos grados, pero de esa manera compartirían celda [a] y [o]; para separarlas habría que distinguir la [a] como central, a pesar de que la diferencia es muy pequeña. En esquema con tres grados en cada eje sería el siguiente:

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

Tabla 34.- Esquema articulatorio de E01

La clasificación de las vocales del informante E02 parece bastante clara, aunque el resultado sea bastante chocante. Las vocales [i – u] comparten grado de abertura, mientras que la [e] se agrupa con la [a]. En el eje vertical, lo llamativo no es tanto la agrupación [a – o] cuanto la ubicación de [u] como vocal central. El esquema es el siguiente:

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

Tabla 35.- Esquema articulatorio de E02

Las vocales de E03 resultan más difíciles de clasificar. En cuanto al eje de abertura, considerar tres grados no parece suficiente, de modo que la mejor opción es distinguir hasta cuatro. En el eje antero-posterior, también cabría distinguir cuatro grados ([i] vs. [e] vs. [a – u] vs. [o]), pero parece suficiente con sólo dos, de la siguiente manera:

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

Tabla 36.- Esquema articulatorio de E03

Por último, el esquema de E04 es similar al de E02, con una salvedad: [e] no se clasifica como abierta, sino como media. He aquí la tabla correspondiente:

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

Tabla 37.- Esquema articulatorio de E04

Estos cuatro esquemas articulatorios, que, como en el caso del español, pretenden únicamente ordenar las vocales según su PMADAL, sin pretender con ello ninguna validez fonológica, no resultan fácilmente explicables mediante un único esquema. Para una mejor comprensión, la siguiente tabla muestra las veinte vocal agrupadas en una única tabla, con el mismo código de colores utilizado para las gráficas:

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

Tabla 38.- Esquema articulatorio de las vocales del euskara

Hay varias vocales difíciles de ubicar en un esquema como éste, que posee más grados que los esquemas de los informantes particulares. Los problemas principales son los siguientes:

- En E01, he colocado a [e] en la casilla de las semicerradas y a [u] en la de las semiabiertas, a pesar de que apenas hay diferencia entre ellas, y ambas parecen como plenamente medias.
- En E02, [e] se coloca como abierta, puesto que está casi a la altura de [a]. Sin embargo, también se podría forzar la clasificación trasladando a [e] a la celda de semiabiertas, aunque no parece razonable. La [o] se clasifica como semicerrada, por su mayor cercanía a [u].
- En E03, la [u] puede clasificarse tanto como cerrada como semicerrada, pero aparece en esta segunda celda por su mayor cercanía a [e].

- En E04, [e – o] son plenamente medias, pero las coloco como semiabierta porque se acerca ligeramente a la abertura de [a] que a la de [i].

Para intentar aclarar la confusión que genera lo anterior, repasamos cada una de las vocales:

- La vocal [i] resulta, obviamente, unívoca: es cerrada y anterior.
- La vocal [e] es anterior y generalmente media, aunque en una esquema de cuatro grados se ubicaría preferentemente como semicerrada. El dato de E02 es discordante, porque su clasificación más obvia es como abierta; no obstante, forzando un tanto la taxonomía, podría llegar a considerarse como semiabierta. En definitiva, la vocal [e] parece ser media, con un amplio margen de libertad en ambos sentidos.
- La vocal [a] es abierta, pero difícil de clasificar en cuanto a la antero-posterioridad. Lo más razonable es considerarla como posterior, porque ya se había señalado que la clasificación de la [a] de E01 como central era una tanto forzada.
- La vocal [o] es posterior y plenamente media. Sólo el caso de E03 responde a una clasificación en cuatro grados. En el caso de considerar los cuatro grados, [o] ocuparía la celda de semiabierta.
- La vocal [u], salvo el caso de E01, se clasifica como central. También es problemática la asignación de su grado de abertura, puesto que podría ordenarse como cerrada y como media; pero parece más razonable que ocupa la celda de cerrada.

Tras todas estas consideraciones, sólo falta averiguar si las media generales de los valores de PMADAL de los cuatro informantes corrobora lo expuesto. La tabla siguiente muestra la media y desviación estadística de los valores normalizados de dichas vocales:

		Media	Desviación
[i]	X	1,53	0,97
	Y	0,72	0,64
[e]	X	4,92	2,18
	Y	6,21	1,84
[a]	X	20,41	7,41
	Y	11,53	1,79
[o]	X	20,45	5,77
	Y	7,17	2,09
[u]	X	15,28	3,31
	Y	3,12	1,78

Tabla 39.- Valores medios de PMADAL del euskara

Trasladado estos valores a una eje de coordenadas, se obtiene la figura que, con las debidas precauciones⁶³, debe entenderse como el pentágono articulatorio de las vocales del euskara:

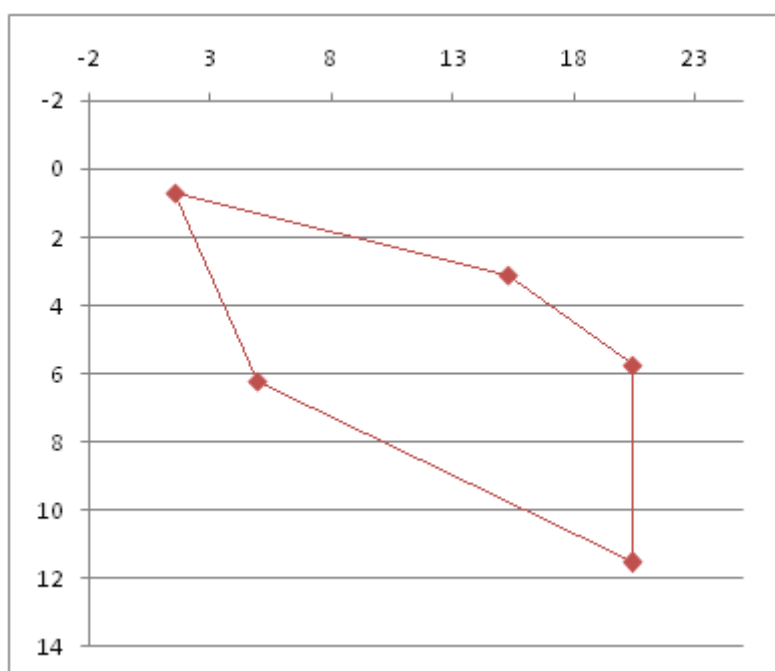


Figura 48.- Pentágono articulatorio del vocalismo del euskara

A la vista de esta figura, la clasificación más razonable de las vocales del euskara es la siguiente:

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

Tabla 40.- Esquema articulatorio de las vocales del euskara (4 grados de abertura)

Bien es verdad que también podría ser consistente (aunque refleja algo peor las proporciones de las distancias entre los elementos) una clasificación más sencilla, con tres grados de abertura:

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

Tabla 41.- Esquema articulatorio de las vocales del euskara (3 grados de abertura)

⁶³ La cautela más importante es la siguiente: el pentágono responde sólo al parámetro PMADAL de cuatro informantes.

En definitiva, las vocales del euskara, al menos en el que respecta al PMADAL, resultan muy variables, y su clasificación es confusa.

2.2.4. Otros parámetros de distancias

Se presentan en este apartado algunos datos sobre determinados parámetros de distancias articulatorias, obtenidos únicamente sobre las imágenes-tipo seleccionadas para cada informante y vocal. El objetivo de este apartado, por tanto, no es completar un análisis exhaustivo de estas cuestiones, sino realizar una primera presentación preliminar.

2.2.4.1. La abertura labial

Como es sabido, la articulación vocálica involucra –como no podría ser de otra forma– la acción de la mandíbula, que, fundamentalmente, hace que los labios se separen más o menos⁶⁴. Se ha medido, en las imágenes modelo seleccionadas, el parámetro denominado DLL, esto es, la distancia existente entre los labios, por medio de una recta oblicua que une el punto central de ambos, de la siguiente manera:

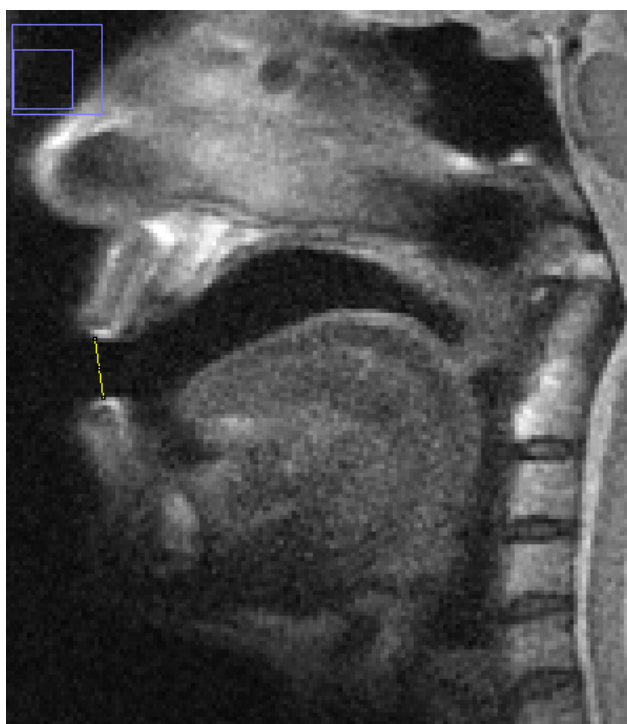


Figura 49.- Parámetro DLL ([a] de E01)

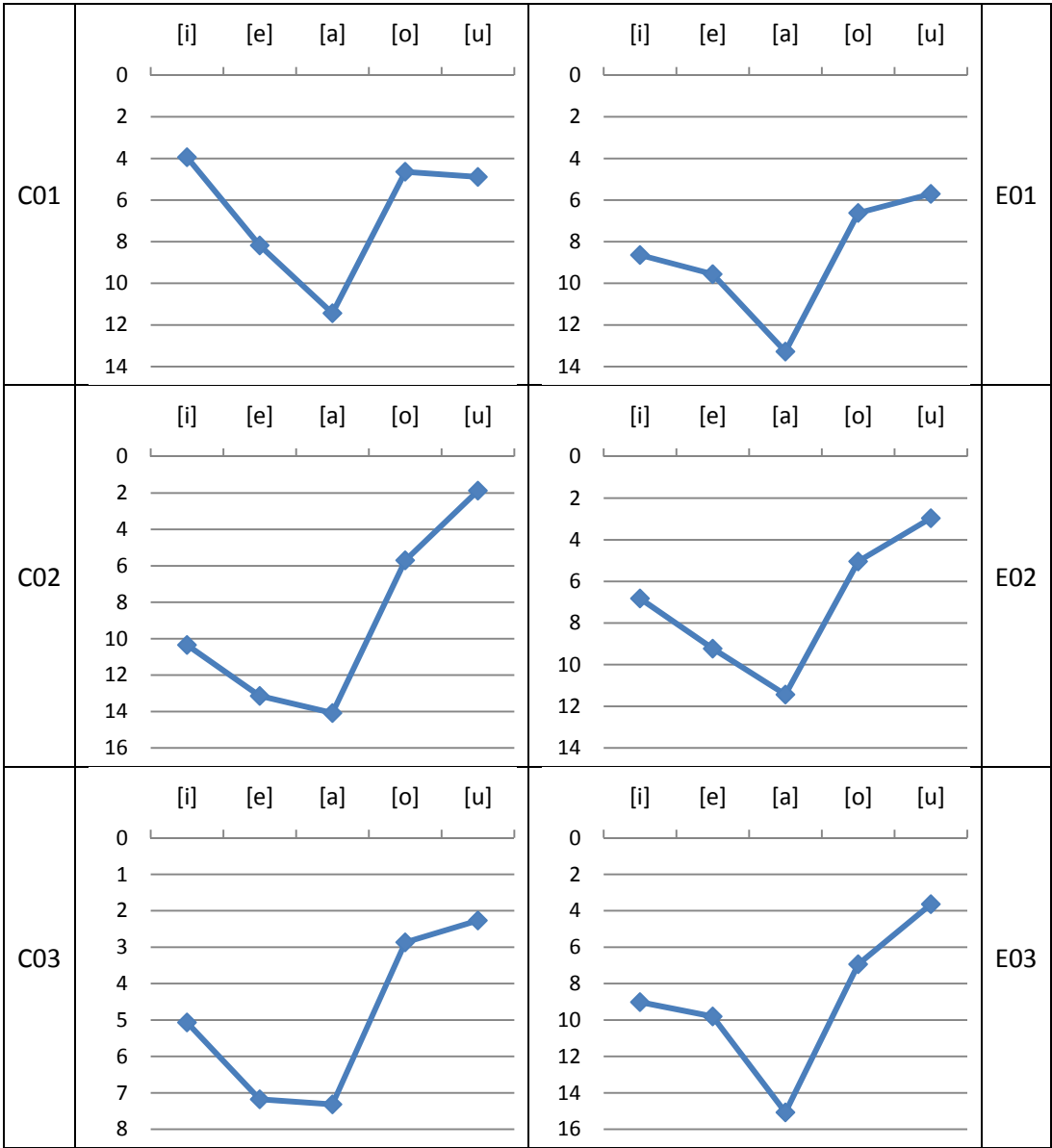
⁶⁴ Por supuesto, los movimientos orofaciales no son tan simples, y la cuestión del comportamiento muscular en la producción vocálica es otro asunto pendiente de análisis específico con las técnicas adecuadas, que nunca podrían ser –al menos de manera exclusiva– de MRI.

Los datos completos (en mm.) de las cinco vocales de los ocho informantes se muestran en la tabla siguiente:

	C01	C02	C03	C04	E01	E02	E03	E04
[i]	3,94	10,35	5,07	7,73	8,64	6,82	9,02	5,92
[e]	8,18	13,15	7,18	9,01	9,56	9,23	9,81	8,89
[a]	11,44	14,09	7,32	5,89	13,28	11,44	15,08	13,42
[o]	4,64	5,70	2,87	6,91	6,62	5,04	6,94	7,13
[u]	4,89	1,87	2,27	2,44	5,70	2,96	3,64	2,09

Tabla 42.- Valores de DLL (imágenes modelo)

Los valores muestran una apreciable diferencia entre los informantes, que no parece en principio achacable ni al sexo ni a la lengua. Aunque con las diferencias señaladas, los datos se relacionan con claridad con la abertura teórica de las cinco vocales, de modo que, llevando los valores a un eje de coordenadas inverso, pueden reproducirse formas parecidas a las habituales de los triángulos vocálicos:



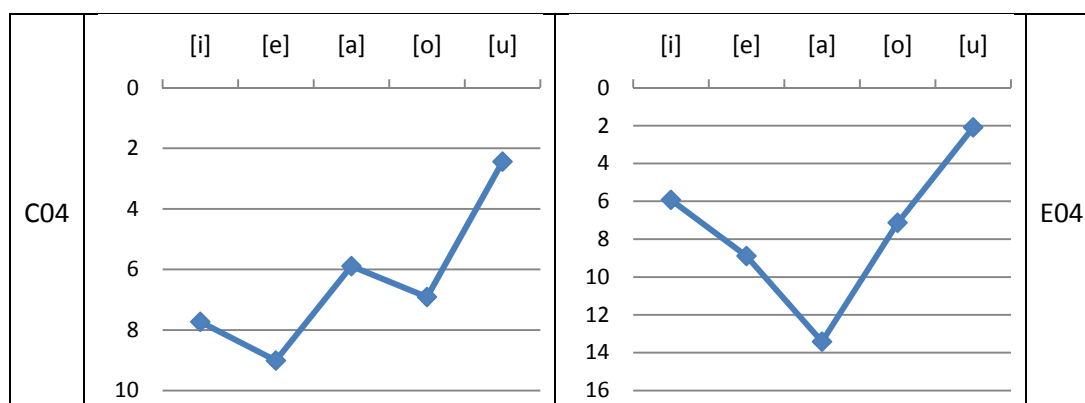


Figura 50.- Triángulos vocálicos de la abertura labial (parámetro DLL)

De la observación de estas figuras pueden extraerse al menos la siguiente información:

- En términos generales, la abertura labial se relaciona directamente con la abertura articulatoria, salvo tal vez el caso de C04.
- [a] es la vocal con mayor DLL (salvo en C04), mientras que [i] y [u] tienen el DLL menor de sus respectivas secciones (con la ligera excepción de C01, cuyo valor de [u] es ligeramente mayor que el de [o]).
- Las vocales posteriores tienen menor DLL que las anteriores (salvo, parcialmente, C01), hasta el punto de que el valor de [o] es menor no sólo que el de [e], sino incluso que el de [i] (excepto en C01 y E04).
- En términos generales, la distancia que separa los valores de [i – e] es bastante similar a la que separa a [o – u], pero existen diferencias apreciables entre los informantes.
- Los datos de euskara están mejor agrupados que los del castellano, que muestran mayores fluctuaciones entre los cuatro informantes.

Podemos realizar una sencilla media entre los valores, agrupándolos por lengua, de modo que puedan mostrarse –con las debidas precauciones, por supuesto– las figuras correspondientes al parámetro DLL de español⁶⁵ y euskara; en esta segunda lengua, la abertura labial es algo mayor y se relaciona mejor con la abertura articulatoria, aunque, en realidad, el único dato claramente diferente es el relativo a [a]:

⁶⁵ En la figura del español aparecen también, en rojo, los valores suministrados por Navarro Tomás (1918), que, como puede verse, son bastante similares, sobre todo en la sección posterior.

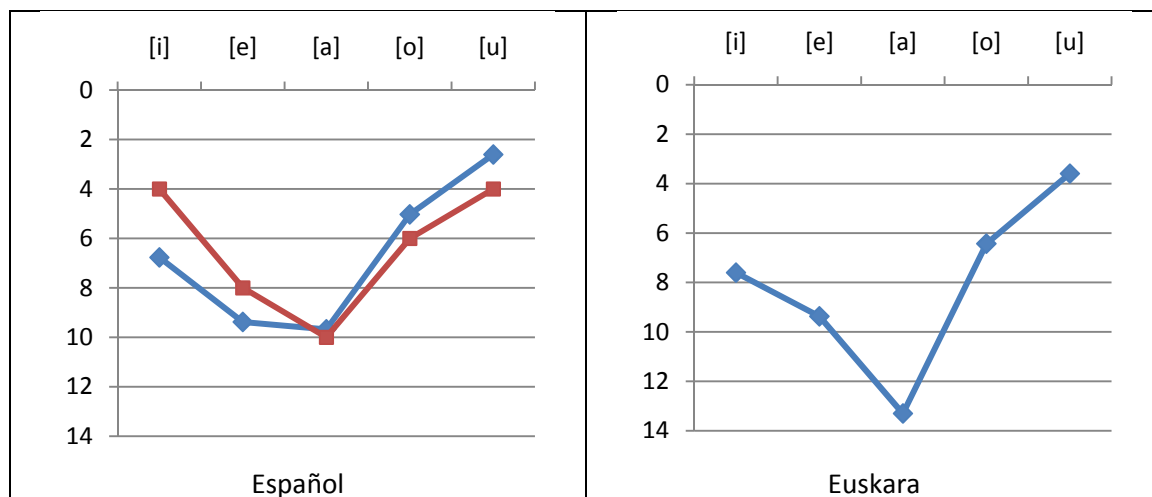


Figura 51.- Triángulos vocálicos de la abertura labial por lengua (parámetro DLL)

2.2.4.2. El redondeamiento

Para medir el grado de abocinamiento labial en una imagen midsagital, se ha optado por delimitar un área rectangular entre el extremo anterior del labio y el punto inicial de los alveolos. En realidad, la altura de dicho rectángulo no es pertinente: sólo lo es su anchura, que sirve de índice de la distancia entre los labios y un punto fijo en la cavidad oral. La siguiente imagen aclara el procedimiento para la obtención de este parámetro de redondeamiento, que hemos denominado RED:

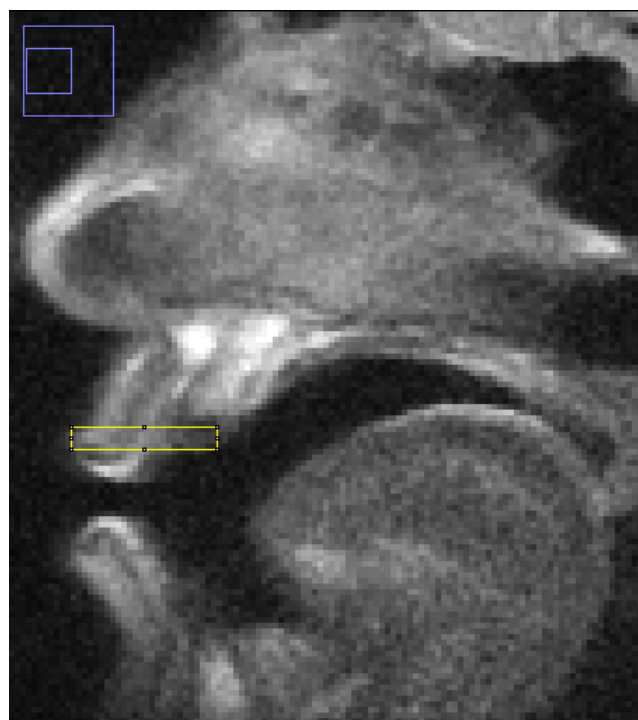


Figura 52.- Parámetro RED ([u] de E01)

La siguiente tabla muestra los datos completos (en mm., y sin decimales) de las cinco vocales de los ocho informantes

	C01	C02	C03	C04	E01	E02	E03	E04
[i]	13	18	19	20	25	21	17	21
[e]	15	19	18	20	25	20	16	22
[a]	18	22	21	20	25	20	17	21
[o]	18	22	20	21	26	20	18	21
[u]	23	25	22	23	26	23	20	24

Tabla 43.- Valores de RED (imágenes modelo)

Como puede verse, la vocal [u] presenta siempre el mayor valor de RED, pero hay varios casos en los que la diferencia con el resto de las vocales, especialmente con las no redondeadas [i – e – a], es muy escasa. La otra vocal redondeada, [o], no se diferencia apenas de las no redondeadas en ningún informante: posee el mismo valor que [a] en varios casos (C01, C02, E02, E04), e incluso puede presentar un valor menor (C03). En los tres primeros informantes del castellano, [o – a] parecen ocupar un posición común, entre [i – e] y [u].

En definitiva, el redondeamiento no parece tener un correlato claro en las imágenes MRI, es decir, no se encuentra un parámetro que resulte un buen índice de dicho fenómeno articulatorio. Claro que, como se ha explicado anteriormente, tal vez la cuestión es, simplemente, que los informantes no realizan la protrusión labial, o lo hacen mínimamente, debido a la posición supina que se ven obligados a adoptar.

2.2.4.3. La distancia de la constricción

En el apartado 2.2.2.1, se han examinado los conceptos de zona de mayor constricción (ZMC), punto central de la constricción (PCC) y punto de mayor constricción (PMC). En el apartado 2.2.2.2, se señalaba que estos dos puntos generaban sus propias distancias con respecto al articulador pasivo correspondiente: la distancia de la máxima constricción (DMC) y la distancia desde el punto central de la constricción (DCC).

Se presentan ahora los valores preliminares de la distancia de la constricción, sin hacer distinguos –no siempre fáciles de realizar, por otra parte– entre DMC y DCC⁶⁶. Son los que aparecen (en mm.) en la tabla siguiente:

	C01	C02	C03	C04	E01	E02	E03	E04
[i]	2,18	1,87	2,27	1,09	3,75	2,81	2,57	1,87
[e]	4,06	4,68	8,12	6,56	7,50	10,31	5,15	6,56
[a]	6,56	6,00	6,50	11,78	7,32	7,13	9,38	5,04
[o]	7,00	3,97	3,66	8,33	5,46	4,68	3,64	7,55
[u]	7,88	4,19	2,27	4,50	4,78	3,75	2,57	3,38

Tabla 44.- Valores de DC (imágenes modelo)

Estos valores resultan bastante confusos. El único valor realmente constante es el de [i], cuya constricción es tan estrecha que deja un canal que en ocasiones apenas

⁶⁶ El punto aproximado en el que se ha efectuado la medición aparece en la Figura 60.

supera 1 mm. de separación. Hay que tener en cuenta, a este respecto, que estas distancias están tomadas sobre un imagen midsagital, y que es de suponer que se registrarían variaciones apreciables en los sucesivos cortes sagitales que pudieran realizarse a lo largo de la lengua.

Además de este hecho regular de la mayor constricción de la [i], tal vez la única conclusión que puede extraerse de estos datos es que la distancia de la constricción no tiene con ver con las distancias entre el dorso lingual y su articulador pasivo correspondiente. Así, vocales con una notable distancia entre la lengua y el paladar pueden tener una constricción muy estrecha en alguna otra zona posterior, como la úvula o la faringe.

Por último, parece que lo heterogéneo de los datos obtenidos exige un mayor cuidado en el proceso de medición. En este sentido, las distinciones observadas en los apartados anteriormente citados entre CMC y DCC pueden resultar muy relevantes.

2.2.5. Otros parámetros de área

Las cavidades resonadoras son, como es bien sabido, las principales responsables de las resonancias vocálicas y, consiguientemente, del timbre de las diferentes vocales. La metodología de análisis articulatorio seguida en esta tesis –enmarcada, como se ha explicado, en la del proyecto DAELPACE– no persigue la reconstrucción tridimensional de dichas cavidades, sino la obtención de determinados parámetros articulatorios, de carácter bidimensional. Estos parámetros han sido presentados en un apartado anterior (2.2.2.3); ahora corresponde examinar los valores que han obtenido en la medición de las imágenes modelo.

2.2.5.1. La cavidad oral

La siguiente tabla muestra los valores (en mm.²) de las áreas que delimita el conjunto completo de la cavidad oral (parámetro CO) de las vocales de los ocho informantes:

	C01	C02	C03	C04	E01	E02	E03	E04
[i]	945,15	937,79	970,58	1488,31	1600,48	794,53	1277,90	924,60
[e]	1223,29	856,93	1272,80	1570,87	1399,21	1180,37	1186,51	948,33
[a]	1345,60	1268,26	1441,95	1485,92	1510,83	1284,08	1616,91	1324,51
[o]	1284,93	1397,46	1355,31	1835,27	1524,90	1204,10	1362,65	1116,21
[u]	1446,44	1280,56	1653,40	1491,90	1805,27	1135,54	1449,07	1236,62

Tabla 45.- Valores de CO (imágenes modelo)

Los datos son muy variables, un tanto confusos y no parece encontrarse en ellos ninguna característica constante en los ocho informantes; pero sí pueden señalarse algunas tendencias más o menos regulares:

- Las áreas menores de CO corresponden a las vocales anteriores, [e] y sobre todo [i]; existen diferentes variantes:
 - La vocal [i] es claramente la de menor área: C01, C03, E02.
 - Las dos vocales poseen aproximadamente la misma área, claramente menor que el resto: E04.
 - La vocal [e] posee el área menor: C02, E03.
 - No se cumple del todo la premisa, porque [a] posee un área similar, o incluso menor que alguno de los dos elementos: C04, E01.
- El CO mayor varía según los informantes:
 - Es [a]: E02, E03, E04.
 - Es [o]: C02, C04
 - Es [u]: C01, C03, E01
- Las vocales anteriores poseen un área de CO menor que la de sus respectivas vocales posteriores:
 - El CO de [i] siempre es menor que el de [u] (aunque en C04 lo es por muy poco).
 - El CO de [e] siempre es menor que el de [o].
- La vocal [a] presenta un CO muy variable:
 - Es el área mayor: E02, E03, E04.
 - Es cercano a las vocales de mayor área: C01, C02, C03.
 - Ocupa un lugar intermedio: E01.
 - Es el área menor: C04
- No resulta clara ninguna asociación por la lengua (salvo, tal vez el mayor tamaño de CO de [a] en euskara), pero sí puede establecerse un relación por sexo, puesto que los valores de CO de los dos informantes masculinos son claramente mayores, como puede observarse en el siguiente gráfico:

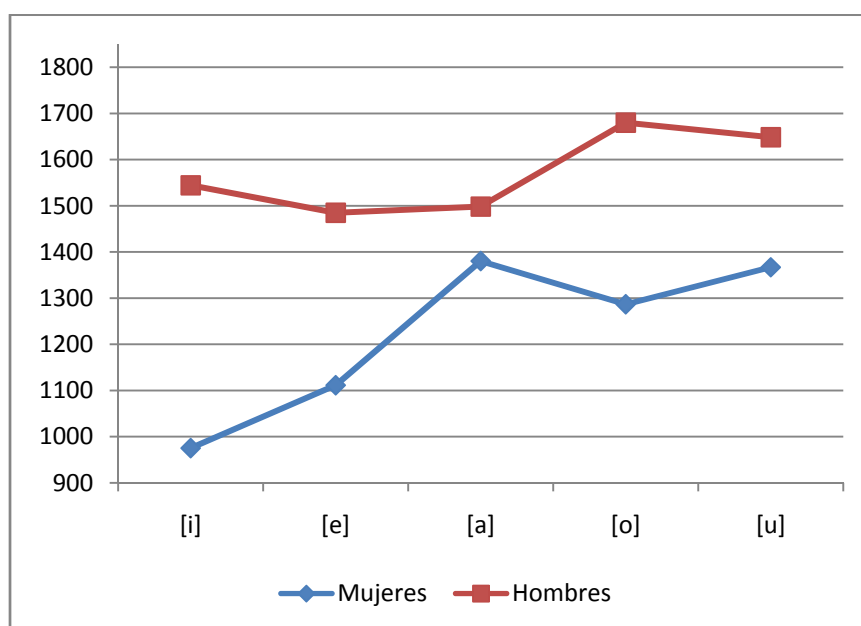


Figura 53.- Valores medios de CO según sexo

En este punto, conviene abrir un paréntesis para examinar la cuestión de si, efectivamente, los informantes varones poseen en general unas medidas de tracto vocal superiores a las de las informantes femeninas. Para ello se han medido dos nuevos parámetros, de orden más fisiológico que fonético.

En primer lugar, se ha calculado el área en la que queda incluido todo el tracto vocal (en adelante, ATT), desde los labios hasta la pared faríngea, y desde el paladar central hasta la laringe. Esta área del tracto vocal se ha medido, además, de dos maneras: tomando como límite inferior derecho el vértice inferior izquierdo de la tercera vértebra (ATT) o bien la propia laringe (ATT'). La siguiente figura aclara esta doble medida:

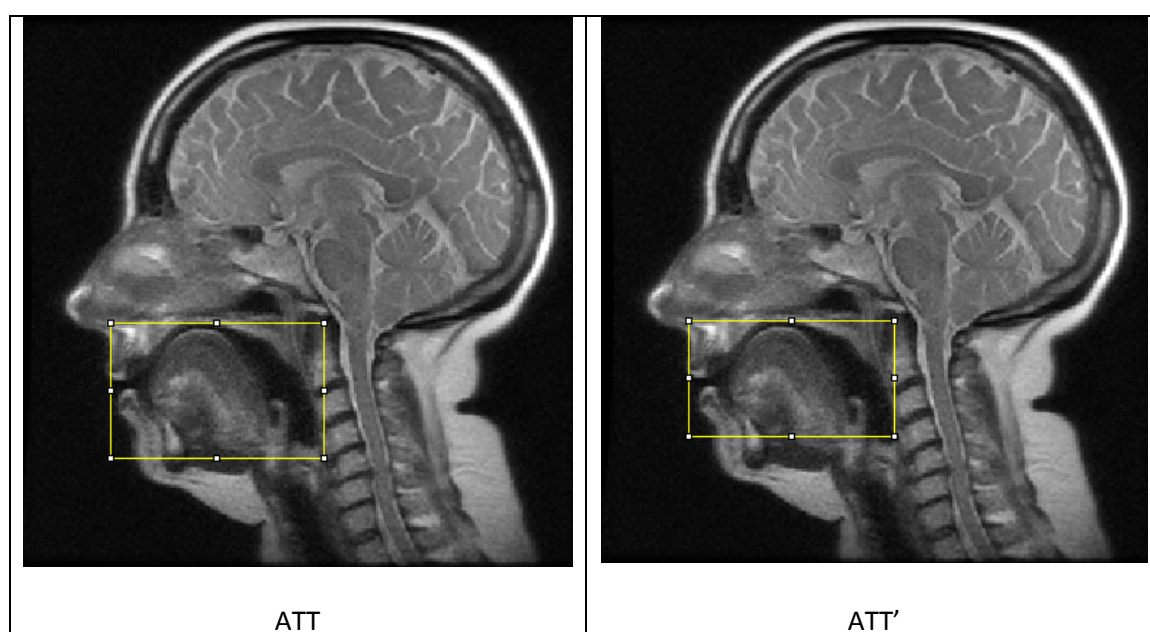


Figura 54.- Parámetros ATT y ATT' (C03)

En segundo lugar, se ha calculado la longitud total del tracto vocal (LTT), de la manera que se muestra en la siguiente figura (que sigue a su vez el procedimiento utilizado por Gurlekian-Elisei-Eleta 2004):

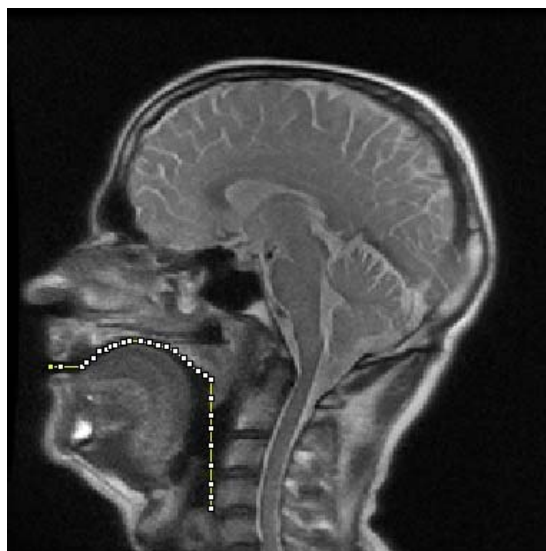


Figura 55.- Parámetro LTT (C04)

Los valores de estos tres parámetros se muestran en la tabla siguiente:

	ATT	ATT'	LTT
C01	6,12	5,33	135,19
C02	6,87	5,06	128,82
C03	6,40	5,45	134,62
C04	7,37	7,27	156,93
E01	8,12	7,45	167,94
E02	7,63	5,38	131,85
E03	7,27	5,04	127,67
E04	5,51	5,02	135,25

Figura 56.- Valores de ATT-ATT'-LTT

Considerando el ATT, hay cuatro informantes que destacan sobre los demás: los dos hombres y dos mujeres más (E02 y E03). Sin embargo, al considerar el parámetro ATT', la división por sexo queda claramente marcada⁶⁷. Lo mismo sucede con el parámetro LTT, cuyos valores oscilan para las mujeres entre 127 y 135 mm., mientras que en los hombres lo hace entre 156 y 167 mm.

Por tanto, nuestros datos confirman que el tracto vocal de los hombres es más largo, y su cavidad, más amplia⁶⁸.

Además de los diferentes tamaños, también es fundamental la forma de la cavidad oral. En la figura siguiente se muestran las formas de todas las cavidades, de las cinco

⁶⁷ En realidad, el parámetro ATT' parece más ajustado, puesto que involucra sólo a elementos del tracto vocal, mientras que ATT, al medir la posición de la vértebra, considera un punto que es, desde luego, más fijo que otro ubicado en la laringe, pero también resulta ajeno a la cavidad oral, y sujeto a otro tipo de variables, de orden puramente fisiológico, e incontrolables desde la perspectiva fonética.

⁶⁸ Sin embargo, la distancia entre el inicio de los alveolos y el punto más bajo de la úvula, examinado en los apartados 2.2.3.10 y 2.2.3.11, no era mayor en los informantes masculinos.

vocales y los ocho informantes. La variedad es, como puede verse, muy grande, pero pueden distinguirse las proporciones características de cada vocal:

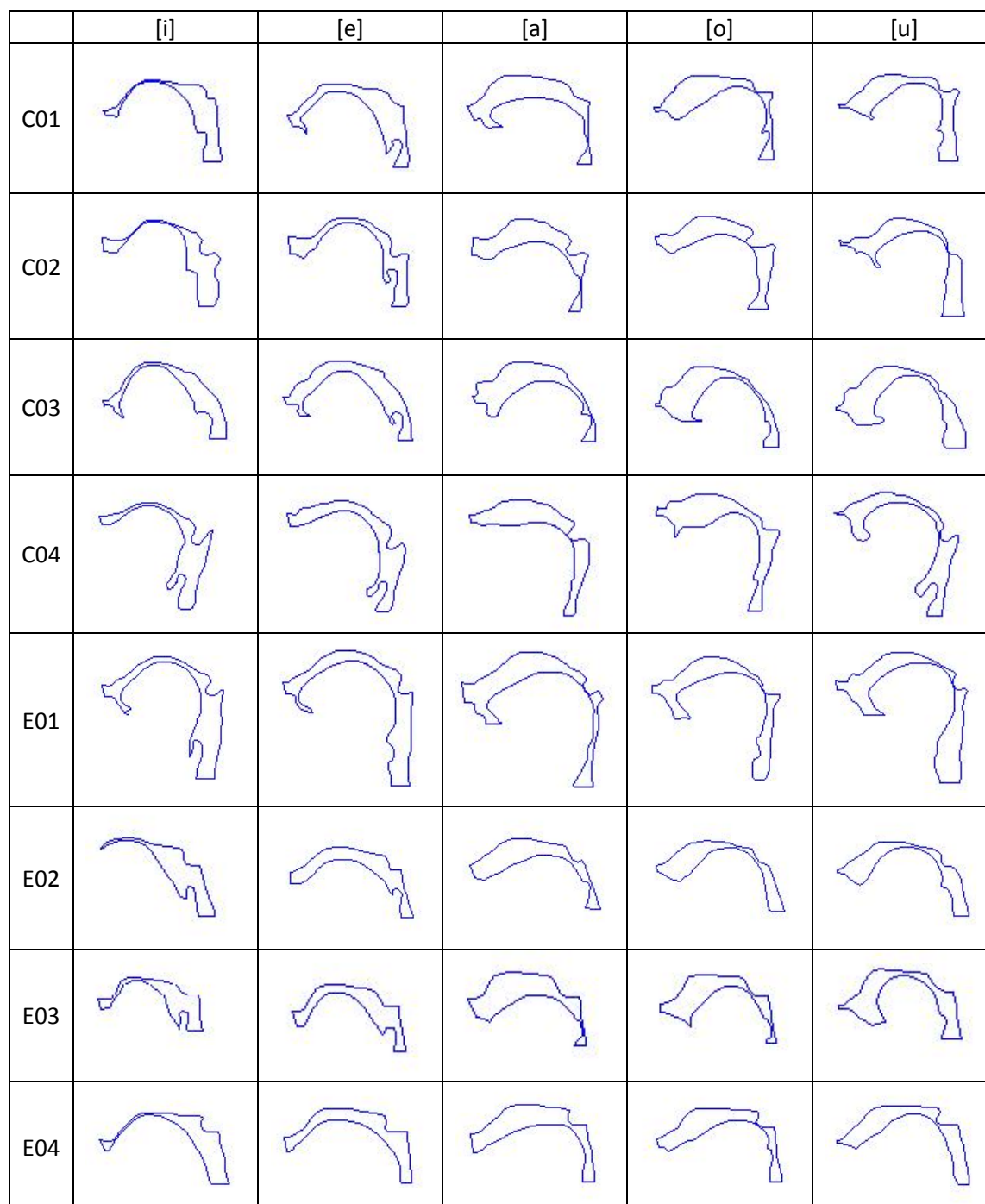


Figura 57.- Cavidades orales (parámetro CO) de las vocales de las informantes

2.2.5.2. Las cavidades bucal y faríngea

¿Cómo separar en dos la cavidad oral? ¿Cómo distinguir dentro de ella la cavidad bucal y la cavidad faríngea? Una primera manera consiste en seguir un criterio exclusivamente fisiológico, y considerar que la úvula sirve en todos los casos para separar la boca de la garganta, esto es, la cavidad bucal de la faríngea. La siguiente

figura ilustra el procedimiento, con la cavidad bucal (en rojo) y la faríngea (en azul), separadas a la altura de la úvula:

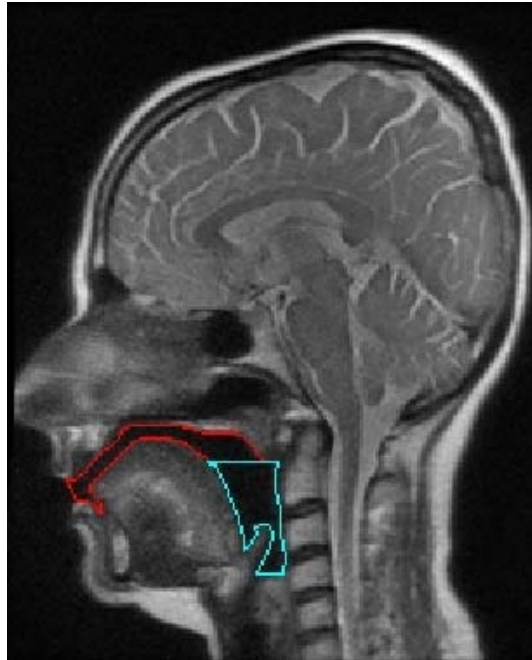


Figura 58.- CB y CF separadas por la úvula ([e] de C01)

Los valores de las dos cavidades calculadas de esta manera se muestran en la tabla siguiente:

		C01	C02	C03	C04	E01	E02	E03	E04
CB	[i]	299,09	340,13	528,09	478,55	609,96	279,49	513,48	337,50
	[e]	605,45	429,78	841,65	851,83	680,27	782,22	661,38	580,07
	[a]	1093,35	968,55	1278,98	1014,54	1198,82	1062,59	1364,32	1032,71
	[o]	1088,72	915,82	1105,70	1247,84	997,55	857,81	1120,03	880,66
	[u]	851,83	755,85	1161,40	768,08	943,94	706,64	997,06	774,31
CF	[i]	646,05	579,19	444,55	954,72	977,34	522,94	764,41	¿?
	[e]	637,43	392,87	427,01	693,91	711,91	381,44	526,78	368,26
	[a]	255,76	247,85	155,74	471,38	299,70	217,96	252,59	292,67
	[o]	256,02	471,09	259,92	586,23	527,34	341,89	239,29	231,15
	[u]	579,05	520,31	494,06	701,08	854,29	447,36	470,28	463,18

Tabla 46.- Valores de CB y CF según la úvula (imágenes modelo)

La proporción entre las dos cavidades se muestra en la siguiente figura, que permite una rápida observación de las características principales de los parámetros medidos. En primer lugar, aparecen los valores de CB, en azul; sobre ellos, en rojo, los de CF:

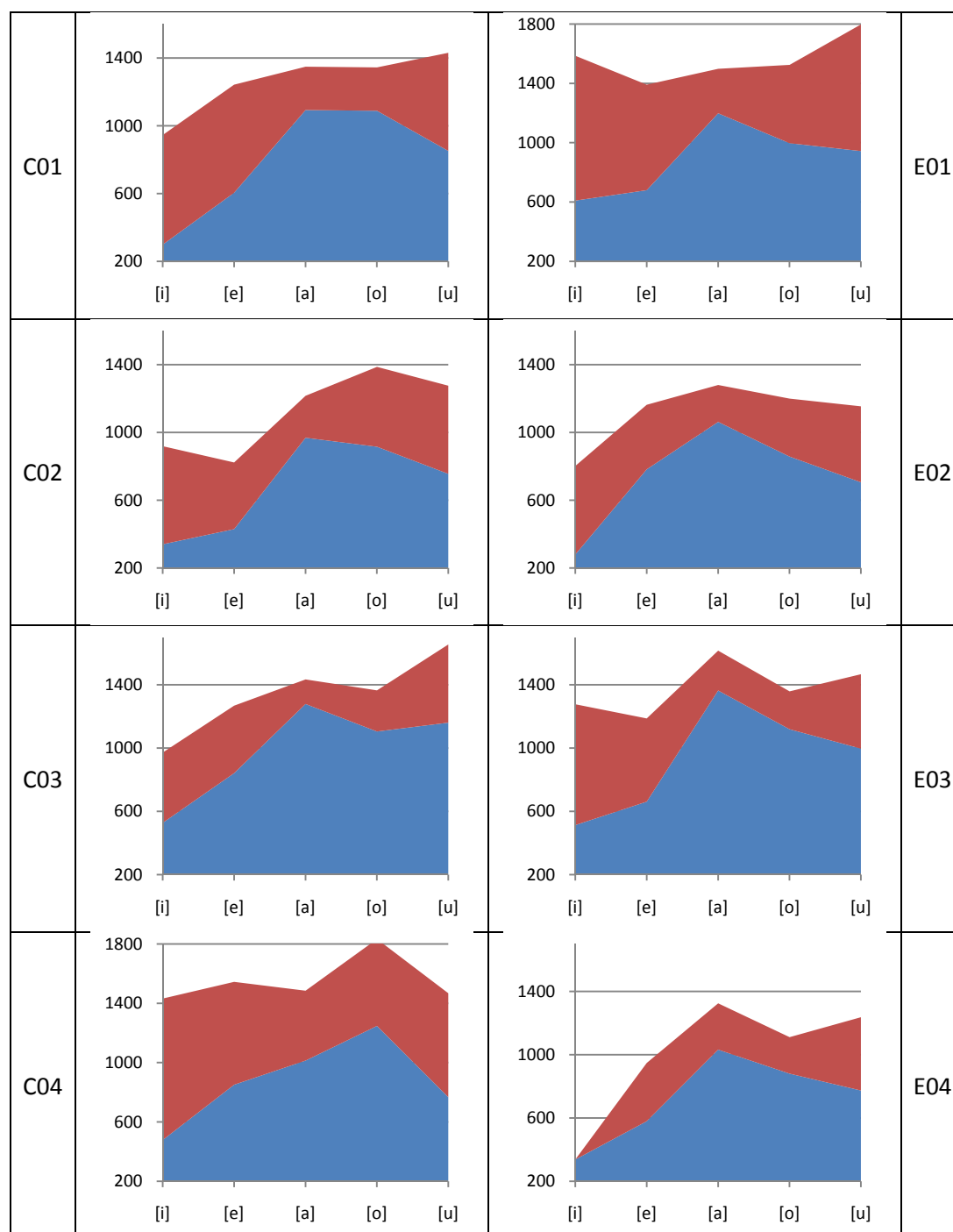


Figura 59.- Proporción CB-CF según la úvula (imágenes modelo)

Una segunda manera de dividir el tracto en dos cavidades, de carácter más específicamente articulatorio, es considerar que la frontera entre ambas debe situarse en la constricción articulatoria (ZMC), que delimita una cavidad anterior y otra posterior (es decir, las cavidades bucal y faríngea). Esta tarea no resulta sencilla, porque, para empezar, ya hemos comprobado (en el apartado 2.2.2.1) las dificultades existentes para situar adecuadamente dicha zona; además, ¿cuál ha de ser el punto exacto de la división, el PCC o el PMC? En cualquier caso, la figura siguiente muestra

con un trazo rojo el punto –siempre aproximado– en el que pueden separarse las dos cavidades, siguiendo el criterio de la zona de la constricción⁶⁹:

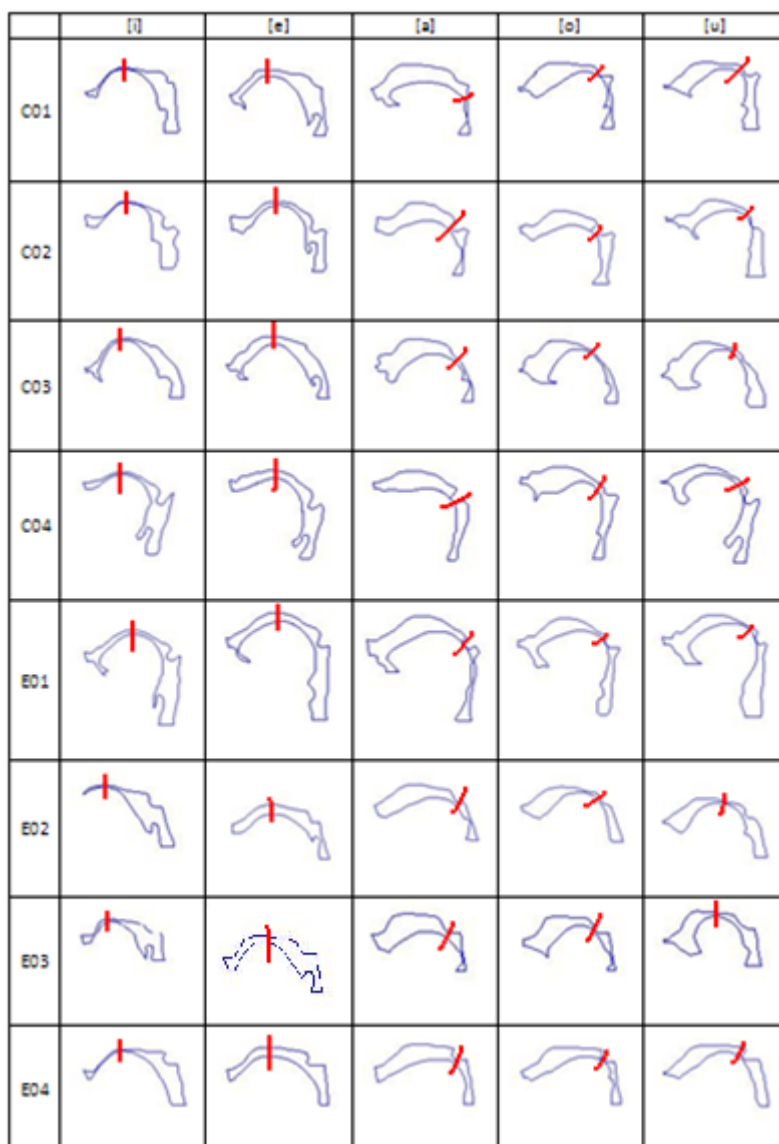


Figura 60.- Esquema de la división de CB y CF

Con este segundo procedimiento, los datos numéricos obtenidos son los siguientes:

		C01	C02	C03	C04	E01	E02	E03	E04
CB	[i]	87,33	141,50	203,19	190,22	380,56	87,01	196,08	87,01
	[e]	254,76	290,91	471,36	427,11	418,35	397,26	314,07	255,76
	[a]	1248,92	1023,92	1268,67	1014,54	1206,73	1074,90	1390,90	1039,74
	[o]	1026,50	915,82	1077,85	1183,23	994, 92	863,08	1108,40	881,54

⁶⁹ Este criterio se ha de seguir de un modo algo laxo casi necesariamente. Por ejemplo, una [a] con una clara constricción faríngea supondría establecer una cavidad bucal que llegase hasta media faringe. En realidad, en esta cuestión de las cavidades como en otras tantas, las cosas resultan relativamente claras con las vocales anteriores, pero bastante menos con las posteriores. Y una vez más, las líneas rojas de separación que se han trazado no siguen el orden antero-posterior de [i – e – a – o – u].

	[u]	820,72	730,37	1090,23	675,96	913,18	605,56	837,53	798,92
CF	[i]	855,42	795,41	768,42	1132,98	1219,92	776,95	1081,81	834,96
	[e]	954,08	562,50	790,08	1119,82	1117,08	810,35	867,44	676,75
	[a]	128,32	236,42	167,09	471,38	307,61	192,48	217,69	287,40
	[o]	257,22	486,03	310,46	652,03	512,40	349,80	239,29	228,51
	[u]	617,34	538,76	559,04	817,14	893,84	529,98	623,16	442,96

Tabla 47.- Valores de CB y CF según la constricción (imágenes modelo)

De esta manera, las proporciones entre estas dos áreas se muestran en la siguiente figura:

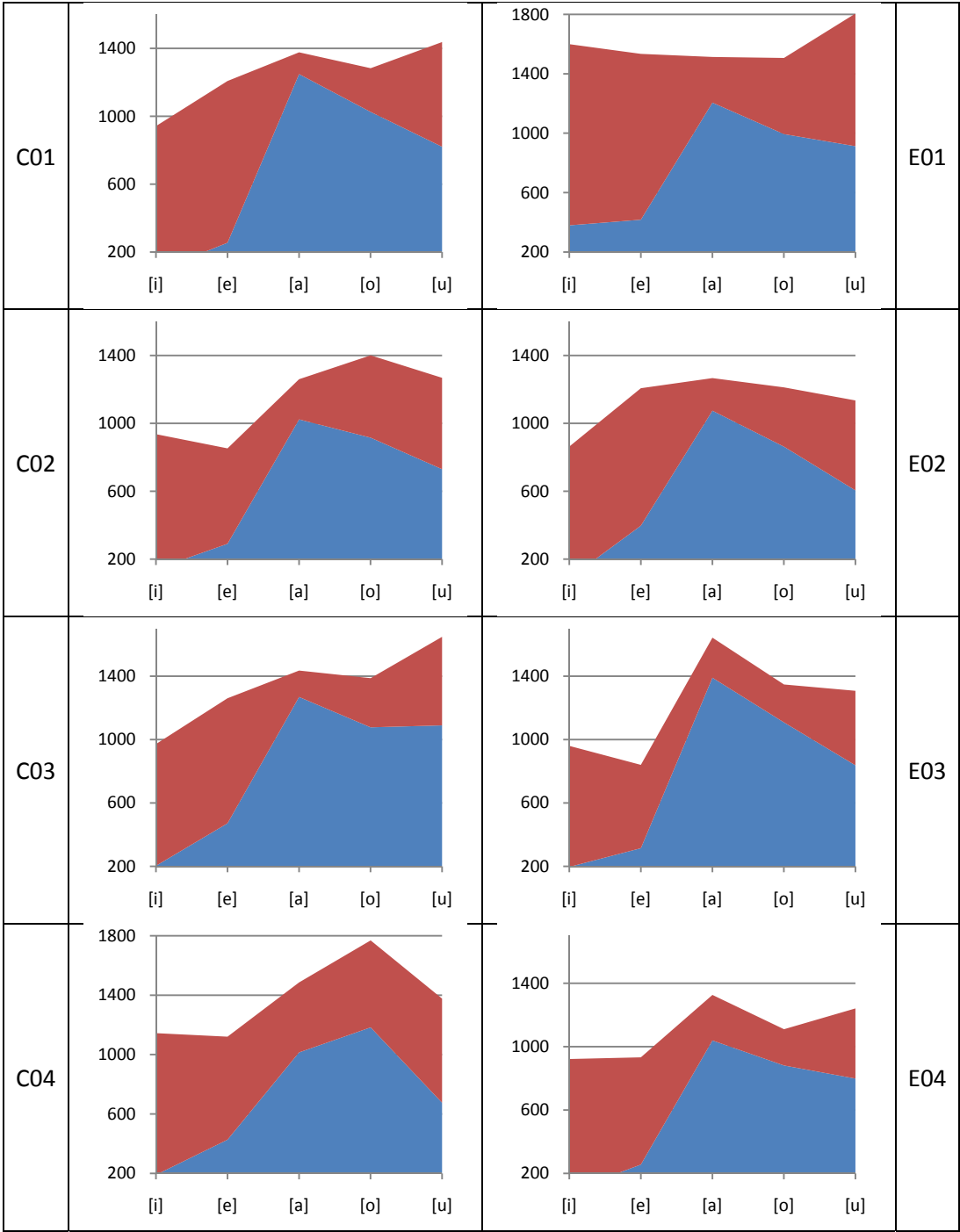


Figura 61.- Proporción CB-CF según la constricción (imágenes modelo)

En esta figura se observan, mejor que en la anterior, algunas tendencias claras en relación a las dos cavidades y sus relaciones.

En cuanto a la cavidad bucal (parámetro CB), ésta resulta muy pequeña en las vocales anteriores, especialmente en [i]. La vocal [a] tiene la CB más amplia (excepto en C04). Las vocales posteriores tienen una CB más cercana a la de [a] que a la de [i – e]. En general, [u] es más pequeña que [o] (salvo en C03), aunque esa diferencia puede ser leve (como en E04) o acusada (como en C04).

En relación a la cavidad faríngea (CF), las vocales anteriores poseen la CF más amplia. La correspondiente a [e] suele ser algo menor que la de [i], pero hay varios casos en los que sucede lo contrario (C01, C03, E02). La vocal [a] tiene la CF más reducida. Las vocales posteriores tienen un área algo menor que las vocales anteriores, aunque la diferencia varía mucho entre los informantes. La CF de [u] es siempre mayor que la de [o], pero ésta puede tener un tamaño parecido al de [a] (C01, C03, E03) o bien ser netamente superior.

En definitiva, CB y CF funcionan de manera compensada, en una relación inversamente proporcional: a mayor CB le corresponde menor CF. Hay notables diferencias de grado entre los informantes, pero no se aprecian diferencias asociadas a la lengua.

A manera de resumen, las cavidades de las cinco vocales son como sigue:

- La vocal [i] posee la CB menor (casi siempre inferior a 200 mm.²) y la CF mayor (entre 800 y 1200 mm.², aproximadamente).
- La vocal [e] posee una CB algo mayor que la de [i] (entre unos valores aproximados de 250 y 450 mm.²) y una CF amplia, de extensión variable (entre unos 700 y 1100 mm.², pero con un rango real de variación de 557).
- La vocal [a] posee la CB más amplia (con unos valores muy homogéneos en torno a una media aproximada de 1160 mm.²) y la CF más reducida (habitualmente menor de 300 mm.²).
- La vocal [o] posee una CB algo menor que la de [a] (entre 860 y 1180 mm.², aproximadamente) y una CF algo mayor (entre 230 y 500 mm.², aunque hay un caso que supera los 650 mm.²).
- La vocal [u] posee una CB algo menor que la de [o], pero sensiblemente mayor que la de [e] (entre 600 y 900 mm.², aunque haya una caso que ronda los 1100 mm.²) y una CF bastante variable, mayor que [o] y menor que [e] (entre 450 y 800 mm.², aproximadamente).

2.2.5.3. El área de la raíz lingual

En muchas vocales, el tercio posterior de la lengua, o raíz lingual, se retrae hacia la pared faríngea⁷⁰, de modo que, trazando una línea vertical imaginaria desde el punto de unión de la epiglotis con la base de la lengua, resultaría un área indicativa de la porción de lengua retraída. Éste es el parámetro ARL (área de la raíz lingual) que se ha medido en las imágenes modelo, de la siguiente manera:

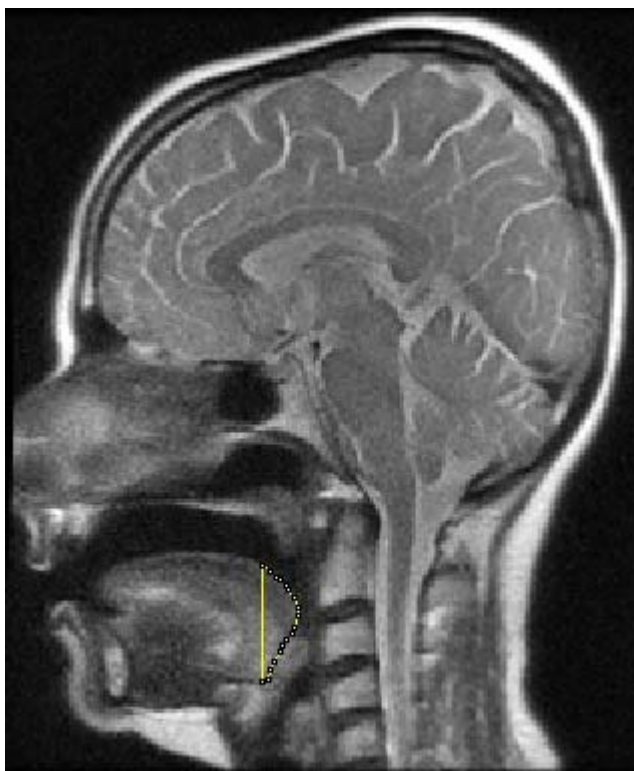


Figura 62.- Parámetro ARL ([i] de E01)

En la mayoría de las vocales anteriores, la lengua está lo suficientemente adelantada para que no quepa la posibilidad de medir área posterior alguna. Los datos (en mm.²) aparecen en la siguiente tabla⁷¹:

	C01	C02	C03	C04	E01	E02	E03	E04
[i]	-	-	-	549,14	436,81	-	-	-
[e]	-	-	-	344,56	573,92	130,95	-	88,76
[a]	256,64	134,47	227,94	374,47	650,39	370,89	360,60	288,28
[o]	333,79	447,36	198,03	855,42	739,16	188,08	280,84	384,96
[u]	547,95	399,90	216,60	799,19	1099,51	261,91	302,44	455,27

Tabla 48.- Valores de ARL (imágenes modelo)

Como era ya de prever, no hay un aumento de ARL siguiendo el orden antero-posterior establecido de las vocales. De hecho, éste sólo se cumple en C01, E01 y E04. En ningún

⁷⁰ Este movimiento es perfectamente predecible en las vocales cuya constricción, principal o secundaria, se produce en la faringe.

⁷¹ No debe olvidarse que la posición supina de los informantes supone, probablemente, una ampliación del área de ARL, difícil de cuantificar.

otro caso es [u] la vocal con mayor índice ARL, posición que ocupan [o] (C02, C04) o [a] (C03, E02, E03). Que la vocal [a] y, en menor medida, [o] posean mayor área de ARL es lo lógico, puesto que su constricción se define como faríngea; son, pues, los tres casos de mayor ARL de [u] los que resultan más bien anómalos y difíciles de explicar.

Por otra parte, resulta curioso que los dos informantes que presentan valores para las dos vocales anteriores [i – e] –y valores elevados, además– sean precisamente los dos informantes varones.

En definitiva, parece que este índice sirve, y no siempre, para distinguir las vocales anteriores de las que no lo son, pero no para distinguir las vocales individualmente.

2.2.5.4. El área del dorso lingual

El dorso lingual adopta formas muy diversas con las diferentes vocales. Un primer intento de cuantificar dicha variación es medir el área superior de lengua, hasta el límite inferior marcado por el punto central del ápice de la lengua⁷². La imagen siguiente muestra un ejemplo de dicho parámetro, denominado ADL (área del dorso lingual):



Figura 63.- Parámetro ADL ([i] de C01)

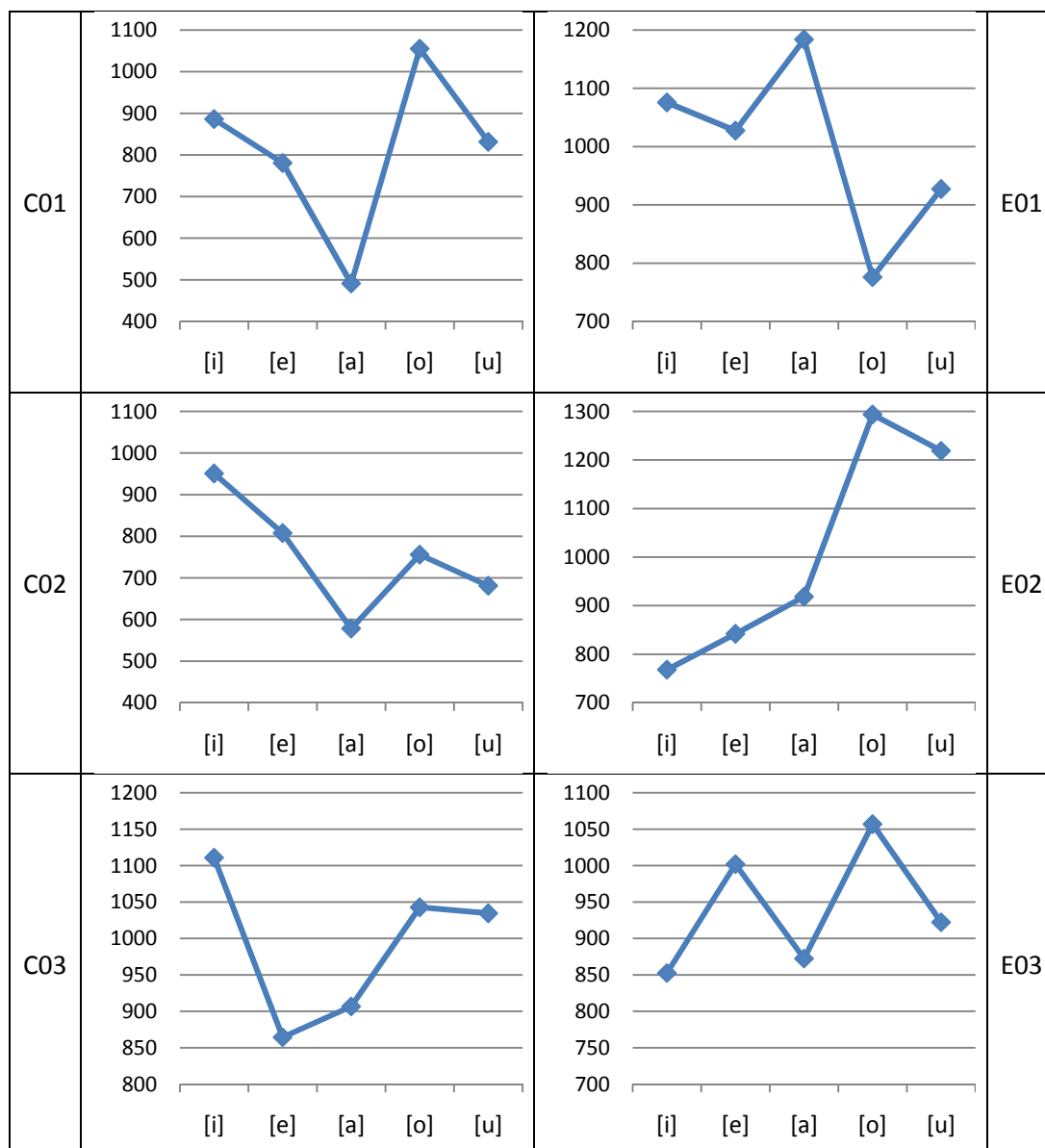
Los valores obtenidos en las imágenes tipo aparecen en la siguiente tabla:

⁷² Como siempre, medir este parámetro no resulta sencillo, porque en muchas imágenes no está claro el punto central del ápice de la lengua, o bien éste descansa en el borde de los incisivos inferiores, como en la imagen que se reproduce como ejemplo.

	C01	C02	C03	C04	E01	E02	E03	E04
[i]	886,19	950,97	1110,86	823,12	1075,78	768,16	852,49	948,33
[e]	780,80	807,71	864,34	617,17	1027,44	841,99	1002,05	814,74
[a]	491,30	578,32	906,63	240,47	1183,88	918,45	872,43	954,49
[o]	1055,22	755,85	1042,78	629,30	776,07	1293,75	1056,89	769,04
[u]	831,49	681,15	1034,53	575,46	927,24	1219,04	922,28	1016,89

Tabla 49.- Valores de ADL (imágenes modelo)

A primera vista, estos valores parecen guardar cierta relación con los grados de abertura de la clasificación vocálica, de modo que, una vez más, pueden colocarse gráficamente en un eje de coordenadas, por si adoptan la característica forma triangular:



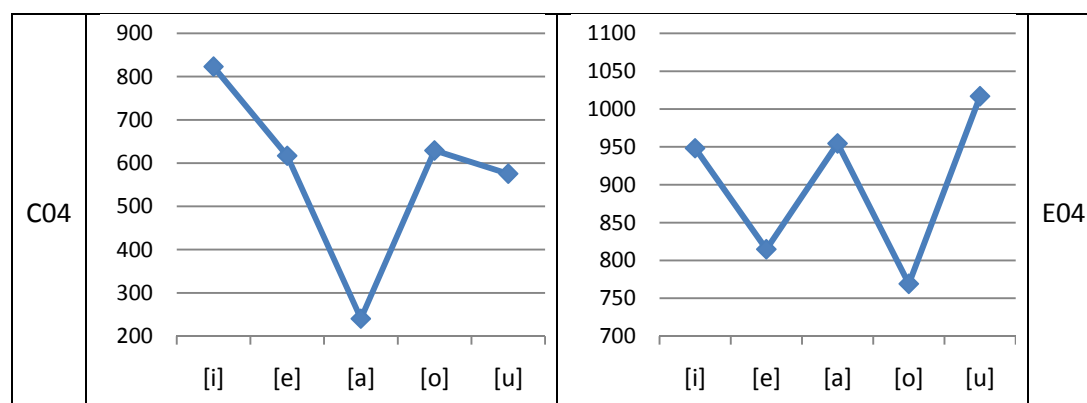


Figura 64.- Triángulos vocálicos a partir del ADL

En castellano, en general, se aprecia una relación indirecta entre abertura y ADL, de modo que cuanto más abierta es la vocal, menos ADL posee. Sin embargo, en el eje posterior, [u] posee siempre un valor menor que [o]. Además, en el caso del informante C03, [a] presenta un valor mayor que [e], aunque menor que [o].

En euskara, en cambio, los datos parecen aleatorios, y no puede señalarse en ellos ninguna tendencia.

Así pues, este parámetro funciona de manera distinta en las dos lenguas: los informantes de español sí muestran –con ciertas salvedades– unas proporciones asimilables a un triángulo vocálico (relacionadas, por tanto, con la abertura teórica), pero los informantes de euskara no consiguen en ningún caso una gráfica semejante. El parámetro ADL, por tanto, permite distinguir, aunque no de manera absoluta, los grados de abertura de las vocales en castellano, pero no en euskara.

En cualquier caso, además del tamaño del área, resulta fundamental observar su forma. La siguiente figura muestra la forma que adopta el parámetro ADL en las cinco vocales de los ocho informantes; lo que no queda bien reflejado en estas secuencias es la ubicación en el eje antero-posterior de cada una de las áreas, que en general va desplazándose de adelante hacia atrás:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
C01					
C02					
C03					
C04					

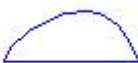
E01					
E02					
E03					
E04					

Figura 65.- Formas de ADL

A simple vista, se aprecia que las formas se diferencian algo más en español que en euskara. En esta segunda lengua, las relaciones no parecen ajustarse a ningún patrón.

TERCERA PARTE

CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA

3.1. LAS CUALIDADES VOCÁLICAS BÁSICAS

Los sonidos vocálicos, como el resto de los sonidos naturales, poseen unas cualidades acústicas básicas: tono, duración e intensidad. Toda vocal ha de durar algo, ha de ser emitida en un determinado tono y con cierta intensidad. Los valores que una vocal presenta en estas tres magnitudes físicas básicas dependen de una gran variedad de factores, que resume Iribar (2011):

1. Factores no lingüísticos, como la fisiología del hablante (sexo, edad, configuración oro-faríngea, etc.), el contexto comunicativo, la intencionalidad expresiva, etc.
2. Factores lingüísticos, como el acento, los sonidos contiguos, la posición en la sílaba y el número de sílabas de la palabra, la posición con respecto a las pausas, la entonación, etc.

Además de todos estos factores, numerosos trabajos han encontrado una relación –o al menos cierta tendencia– entre dichas magnitudes y el timbre vocálico. Con otras palabras: la cuestión que se plantea en nuestro caso es si las cinco vocales del español y del euskara presentan o no unos valores de tono, duración e intensidad que resultan característicos de cada una de ellas, es decir, que pueden considerarse *intrínsecos* a cada vocal⁷³.

3.1.1. Estado de la cuestión

Esta cuestión (en especial el tono intrínseco, por su especial relevancia lingüística) ha sido objeto de estudio desde antiguo y para numerosas lenguas⁷⁴. En general, se ha tratado de dar respuesta a las siguientes interrogantes:

⁷³ Todas las cuestiones –extraordinariamente complejas, por otra parte– acerca de la influencia de las distintas variables lingüísticas en el comportamiento de las cualidades básicas de las vocales quedan fuera del planteamiento de este trabajo, que pretende *sólo* presentar una caracterización general del vocalismo vasco-románico.

⁷⁴ Debo a las profesoras Carmen Isasi y Elena Artaza el recordatorio de que ya la retórica clásica asignaba valores subjetivos a los distintos sonidos de la lengua, consonánticos y vocálicos. Existe toda una tradición de poéticas, latinas y romances, que trata sobre las cualidades sonoras *de las letras*. En general, las vocales se clasifican, por su sonoridad, en tres grupos: [a – o] vs. [e] vs. [i – u], que se corresponden respectivamente a los tres estilos poéticos (alto, medio y bajo). Una magnífica información sobre estas cuestiones puede encontrarse en Vega Ramos (1992).

1. En la lengua examinada en cada caso, ¿se da la relación señalada entre el timbre y las cualidades básicas de cada vocal?
2. Caso de existir la relación, ¿de qué naturaleza es? ¿Es igual para las tres magnitudes y para todas las vocales del inventario?
3. ¿A qué puede deberse esta relación? ¿Cuáles son sus causas?
4. ¿Se trata de un fenómeno fonológico (*aprendido* por tanto en cada lengua) o de un fenómeno de fonética natural? La cuestión es importante, porque si así fuera, estaríamos entonces ante un fenómeno *universal*.

El español cuenta con pocos estudios que traten específicamente este asunto (aunque de buena parte de los numerosos análisis prosódicos puede extraerse información, especialmente sobre el tono intrínseco). En euskara, hasta donde llega mi conocimiento, no se han tratado jamás expresamente estas cuestiones.

3.1.1.1. El tono vocálico

La relación entre el timbre vocálico y su tono fundamental fue señalada por primera vez para el alemán por Meyer (1896-7). Ya en el siglo XX, se ocupó de ello Crandall (1925) para el inglés, y a partir de entonces no ha dejado de estudiarse en numerosas lenguas.

La hipótesis que se pretender probar en estos estudios es la siguiente: existe una relación inversamente proporcional entre la abertura vocálica y el tono fundamental, de modo que, cuanto más abierta sea una vocal, más bajo será su tono fundamental, y viceversa. Esta relación se ha examinado más específicamente para las vocales extremas ([i, u, a]) de cada lengua. Las diferencias tonales observadas suelen presentarse en semitonos, puesto que los valores absolutos de frecuencia dependen del tono fundamental de cada hablante.

Se ha tratado de explicar este fenómeno especialmente desde las perspectivas articulatoria y acústica. La hipótesis articulatoria –o fisiológica– sostiene que la tensión muscular necesaria para elevar la lengua se traslada también a la laringe, de modo que aumenta la frecuencia de vibración de las cuerdas vocales⁷⁵. La hipótesis acústica entiende que el fenómeno es, en esencia, un procedimiento de ganancia acústica: cuando el primer formante de la vocal es muy bajo, como sucede con las vocales cerradas, y cercano por tanto al tono fundamental, se produce un acoplamiento

⁷⁵ Los datos acerca de la abertura vocálica proporcionados por el análisis de las imágenes MRI muestran una realidad algo diferente y más compleja que la considerada habitualmente, que tal vez exigiría una revisión de esta hipótesis articulatoria del IF0.

acústico entre dicho tono fundamental y la frecuencia de resonancia de la cavidad oral, que hace que éste ascienda⁷⁶.

En un importante trabajo, Whalen-Levitt (1995) revisan y ordenan buena parte de los trabajos realizados hasta ese momento⁷⁷, y concluyen que el fenómeno del tono vocálico intrínseco (o IF0 –*intrinsic F0*–, como se le conoce habitualmente) es universal, es decir, se produce en cualquier lengua, porque no está motivado lingüísticamente, sino que obedece a algún tipo de proceso natural, como los apuntados anteriormente.

Sea cual sea la explicación del fenómeno, en los últimos quince años han aparecido cada vez más trabajos que cuestionan la validez de la hipótesis universalista. Así por ejemplo, el IF0 no parece funcionar en los tonos bajos de las lenguas tonales (Connell 2002). Actualmente, ha ganado fuerza la hipótesis que relaciona el IF0 con el tamaño del inventario fonético de cada lengua (Verhoeven-Van Hoof 2007), de modo que el fenómeno no se cumpliría –o al menos no de modo general– en las lenguas con un inventario vocálico reducido, como el español. Según esta hipótesis⁷⁸, en lenguas con un reducido inventario de vocales (cinco o menos), como el español, los elementos se distinguen suficientemente entre sí por medio del timbre vocálico, de modo que los demás valores acústicos (tono fundamental, duración, intensidad) pueden quedar más libres, sujetos por tanto a mayor influencia de distintas variables, lingüísticas y no lingüísticas. Por el contrario, en las lenguas con un elevado número de vocales, éstas no se distinguen suficientemente bien por medio únicamente del timbre vocálico, por lo que necesitan recurrir a otros índices acústicos (tono fundamental, etc.), que de este modo resultan más fijos, menos sujetos a variación.

En definitiva, a día de hoy, y tras casi un siglo de observaciones acumuladas, aún no estamos en condiciones de confirmar o refutar la hipótesis del IF0. No sólo es incierto su carácter universal, sino su propia existencia en una u otra lengua. Iribar (2011) recuerda otras cuestiones que siguen en el aire y resume la situación general:

¿Es el tono intrínseco igual para las series vocálicas anterior y posterior? En ocasiones se ha señalado que [u] suele ser más aguda que [i], y se ha relacionado con la mayor tensión glótica. Admitida la distancia [i/u – a], ¿qué sucede con las vocales medias? ¿Su tono fundamental guarda relación con la proporción articulatoria o acústica? ¿Funciona el IF0 de manera análoga en hablantes

⁷⁶ Para el español, León Valdés-Valdivieso (2002) exploran la hipótesis fisiológica y concluyen que [i, u] demandan más esfuerzo de las cuerdas vocales que [a], aunque no de igual manera: en [i], lo que más se perturba es –según estos autores– el tono; en [u], la amplitud.

⁷⁷ Aunque en su repaso llama la atención la ausencia de trabajos referidos al español.

⁷⁸ En realidad, Verhoeven-Van Hoof (2007) se apoyan en numerosas observaciones similares realizadas anteriormente por otros autores, como, por ejemplo, Ladefoged (2001, 35).

masculinos y femeninos, está sujeto a alguna otra variable sociolingüística? ¿Cómo influyen en el IFO variables fonéticas, como el contexto consonántico, el acento, la sílaba, etc.? Todas estas cuestiones están pendientes. Y también, en realidad, las principales: la relación del IFO con el rango tonal y el tamaño del inventario vocálico, la validación misma de la supuesta universalidad del fenómeno, la aclaración de su origen.

Para el español, los no excesivamente numerosos trabajos que pueden presentarse no permiten llegar a ninguna conclusión segura. Mateo (1988) mide el F0 de las vocales en palabras bisílabas con contextos neutros, en posición tónica y átona⁷⁹, y encuentra el IFO de manera sistemática⁸⁰. La siguiente figura muestra las diferencias en semitonos, partiendo de un valor arbitrario de [i] = 0.

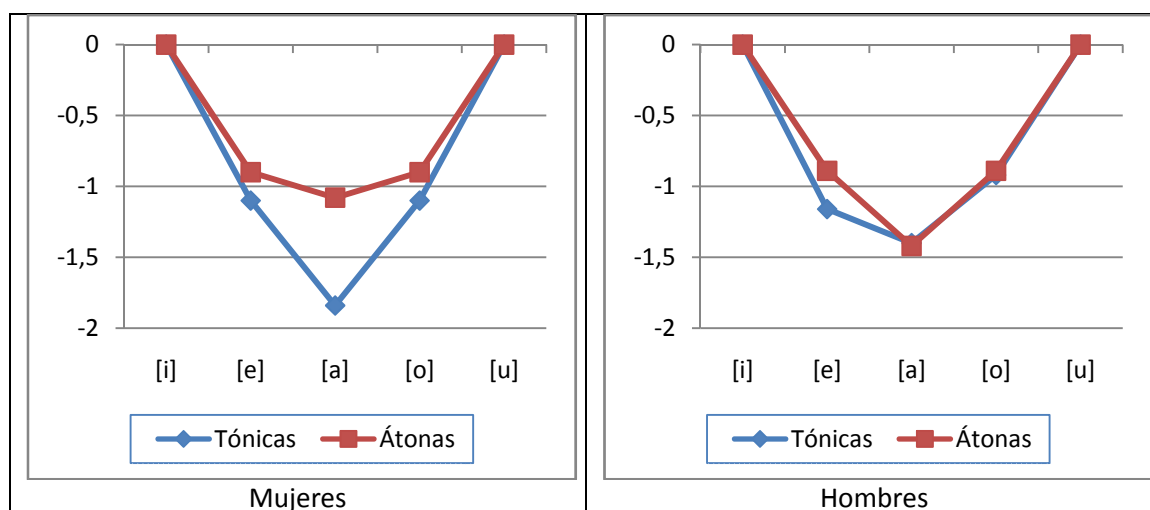


Figura 66.- IFO de las vocales del español según Mateo (1988)

Como puede verse, los resultados de Mateo (1988) son contundentes y sistemáticos, tal vez en exceso⁸¹. Sin embargo, ninguno de los trabajos posteriores corrobora sus resultados.

Figueras-Santiago (1993) distinguen las vocales tónicas y átonas en posición inicial y final, en sílaba de tipo CV con [p, t, k] de un único informante. La relación gradual entre

⁷⁹ Hay que tener en cuenta que, de manera general, las sílabas tónicas suelen tener un F0 más elevado que las sílabas átonas.

⁸⁰ No obstante, la propia autora reconoce que las diferencias encontradas no son estadísticamente significativas. Además, sólo uno de los intervalos tonales encontrados (1,84 st., concretamente) supera el umbral mínimo de percepción tonal propuesto para el español por Pamies et al. (2002), que es de 1,5 st. Del mismo modo, Whalen-Levitt (1995: 356) consideran que la diferencia mínima estadísticamente significativa en los datos que manejan es de 1,65 st.

⁸¹ Por ejemplo, llama la atención que el valor tonal de [u] coincida siempre con el de [i].

altura articulatoria de la vocal y altura tonal sólo se da completamente en uno de los doce grupos manejados: el de las vocales iniciales átonas con velar.

Muñiz (2009) mide la altura tonal de las vocales en un contexto controlado de acuerdo con diversas variables (sexo, modalidad entonativa, posición y acento). Los resultados, como en el caso anterior, muestran que la hipótesis universalista no se cumple, o lo hace en el mejor de los casos de manera muy parcial.

Saz et al. (2009) analizan, para otros propósitos, 129 vocales de 168 estudiantes. El tono fundamental, según estos autores, discrimina las vocales cerradas del resto cuando son tónicas, y sólo la [u] cuando son átonas.

Un trabajo de Albalá et al. (2008) mide 1.867 vocales producidas en habla espontánea por 30 locutores masculinos, en sílaba abierta con oclusivas sordas o [s]⁸². Los datos más relevantes aparecen en la tabla siguiente y, como puede verse, tampoco coinciden con los de Mateo (1988):

	[i]	[e]	[a]	[o]
N (tónicas + átonas)	170 (90+89)	620 (84+536)	353 (270+83)	715 (450+265)
F0	120	115	123	121

Tabla 50.- IF0 de las vocales del español según Albalá et ál. (2008)

En definitiva, ¿se cumple o no en español la hipótesis del IF0? Los datos no son concluyentes⁸³, aunque la mayoría contradice la hipótesis universalista.

3.1.1.2. La duración vocálica

La relación directa entre la mayor abertura vocálica y el aumento de la duración del segmento ha sido encontrada en numerosas lenguas, aunque también se citan casos que contradecirían esta supuesta universalidad (Alioua 1991/92 para el árabe, por ejemplo).

El primero que investigó esta cuestión en el español fue Navarro Tomás (1916b), quien ordena las vocales en una escala [a > o > e > i > u], separadas por un 8% de duración entre cada una de ellas. Según este autor, por tanto, sí se cumple, en general, la hipótesis de la relación directa entre abertura y duración.

Los estudios posteriores presentan resultados contradictorios. Entre los autores que muestran datos contrarios a la hipótesis, pueden señalarse a Monroy Casas (1980)⁸⁴ y

⁸² Hay que destacar que sólo se midieron cuatro vocales, puesto que las apariciones de [u] no cumplían los requisitos mínimos establecidos para el estudio.

⁸³ Hay que tener en cuenta que una pequeña alteración en el protocolo experimental de los trabajos genera unos datos muy diferentes, y en general difíciles de comparar.

⁸⁴ Monroy Casas (1980) sí registra —en sílabas trabadas— una mayor duración para [a] y una menor para [u], pero, entre estos dos extremos, [i] puede durar más que [o].

Massone-Borzone-Signorini (1983)⁸⁵. Además, obras tan importantes como Quilis (1981, 1993), Martínez Celdrán (1984) o Martínez Celdrán-Fernández Planas (2007) ni siquiera se planteen la cuestión de si las vocales poseen unas características propias de duración, lo que parece que deja bastante clara su postura en contra de la hipótesis de la duración intrínseca.

Quilis-Esgueva (1983) presentan los datos de duración de 660 vocales, pero no concluyen nada de toda esa información: únicamente señalan que la duración de las vocales cerradas, en algunos de los 22 informantes analizados, es menor (o ligeramente menor) que la de las vocales medias y la abierta. Un análisis estadístico con los datos suministrados por los autores –que se muestra en el Anexo 4– permite, no obstante, encontrar ciertas relaciones entre la abertura y la duración.

Por otra parte, también pueden citarse trabajos que afirman claramente la hipótesis. Así, según los datos de Marín Gálvez (1995), los tres grados de abertura de las vocales del español se distinguen por su duración intrínseca, como se aprecia si colocamos sus valores en un eje de coordenadas inverso:

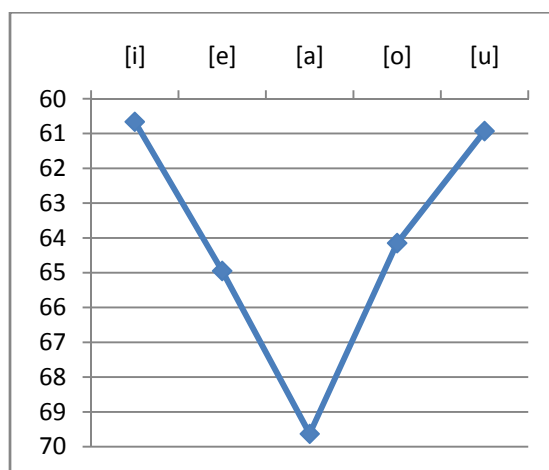


Figura 67.- Duración de las vocales del español según Marín Gálvez (1995)

Estas diferencias de duración son estadísticamente significativas, según Marín Gálvez (1995). Sin embargo, el porcentaje de variación de la duración mínima con respecto a la máxima es de 14,7%, lo que queda muy por debajo del umbral de percepción de diferencias de duración en español, que según Pamies-Fernández Planas (2002) se sitúa en torno al 36%.

También Almeida (1999) encuentra valores conformes con la hipótesis, pero sólo en vocales tónicas entre oclusivas; ante [p] y consonante líquida, la hipótesis se cumple únicamente con las vocales extremas. La siguiente figura muestra, además, que las

⁸⁵ Massone-Borzone-Signorini (1983) otorgan la mayor duración a [a] y la menor a [i], pero señalan que [o, u] pueden alcanzar valores similares a los de [a].

diferencias entre los valores son bastante mayores que las registradas en Marín Gálvez (1995):

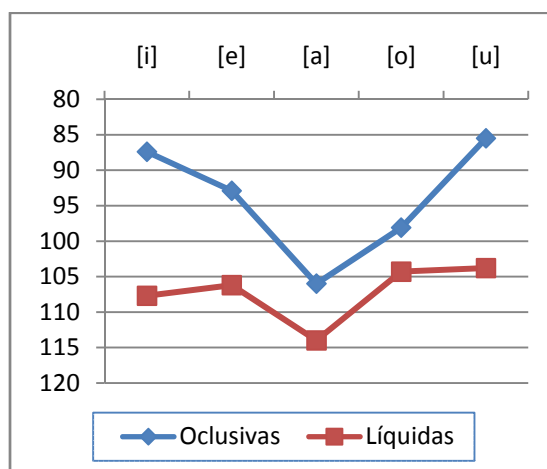


Figura 68.- Duración de las vocales del español según Almeida (1999)

Saz et al. (2009) también miden valores de duración, y concluyen que las vocales más largas son [a, o], seguidas de las cerradas [i, u], de modo que [e] sería, para estos autores, la vocal más breve⁸⁶.

En definitiva, parece que se aprecia en no pocas ocasiones una tendencia a presentar mayor duración en las vocales más abiertas, pero sujeta a un buen número de factores de variación, que hacen que los datos sean muy dispares y no pocas veces contradictorios.

3.1.1.3. La intensidad vocálica

La intensidad intrínseca es tal vez la magnitud que menos interés ha suscitado entre los estudiosos. La razón parece doble: por un lado, la estrecha relación de la intensidad con factores no lingüísticos; por otro, la dificultad técnica y metodológica para medir –y sobre todo para comparar– adecuadamente los valores de intensidad. En cualquier caso, la hipótesis que se plantea es similar a la anterior: la intensidad de la vocal aumenta a medida que lo hace su abertura articulatoria.

Albalá-Marrero (1995) miden la intensidad de todos los fonemas del español. Para las vocales ofrecen unos valores que oscilan entre los 20,5 dB. de [u] y los 25,1 dB. de [a]⁸⁷. Las vocales posteriores, por tanto, resultan menos intensas que las

⁸⁶ Estas proporciones coinciden con las que revela el análisis estadístico de los datos de Quilis-Esgueva (1983), según se muestra en el Anexo 4.

⁸⁷ Las vocales no son, según Albalá-Marrero (1995), los fonemas que se realizan con más intensidad: por delante de ellos en la escala se sitúan los dos fonemas sibilantes. En general, para estas autoras, los fonemas con el rasgo [+vocálico] poseen una intensidad media de 21,01 dB., mientras que los [+consonántico] poseen una intensidad media de 15,78 dB.

correspondientes anteriores. La siguiente figura muestra que, con las salvedades señaladas, las vocales del español sí cumplen, según las autoras, la hipótesis propuesta:

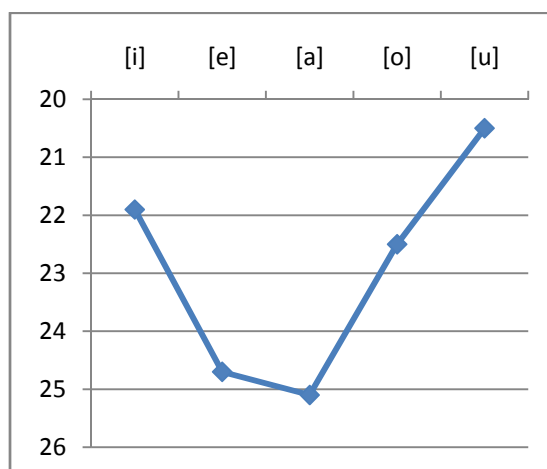


Figura 69.- Intensidad de las vocales del español según Albalá-Marrero (1995)

Por su parte, Blecua-Acín (1995) proponen la siguiente escala de intensidad vocálica, claramente diferente a la anterior: [a > i > o > e > u]. Esta nueva escala coincide en los dos extremos, pero llama la atención el orden de las dos vocales palatales. Las autoras no dan los valores generales de intensidad, sino los correspondientes a cada una de las diferentes condiciones contempladas en su experimento (por ejemplo, las vocales tónicas en posición prepausal y enunciado largo). No obstante, sus valores se mueven en una escala muy distinta de la de Albalá-Marrero (1995), puesto que oscilan entre 0,76 dB. (el valor mínimo, para una [o] átona) y 15,71 dB. (el valor máximo, para una [a] tónica) ⁸⁸.

El rango de intensidad en los dos estudios no es, desde luego, muy amplio: 4,6 dB. en Albalá-Marrero (1995) y 2 dB. en Blecua-Alcín (1995). Las diferencias, por tanto, no parecen muy significativas.

En definitiva, y como en el caso de la duración, parece razonable suponer que la abertura vocálica favorece una mayor intensidad en su producción, pero, una vez más, esta tendencia general está sujeta a gran número de variables, que hacen que en la práctica sea difícil encontrar datos que la corroboren sin ningún género de dudas.

Por último, cabe repetir una importante observación para completar la revisión de la información disponible sobre las cualidades básicas de las vocales del español⁸⁹: al relacionar tono, duración e intensidad con la abertura vocálica, se ha hecho siempre partiendo del esquema teórico de tres grados. Sin embargo, en el capítulo anterior se

⁸⁸ Se pone de manifiesto la dificultad para estandarizar las escalas de medición de la intensidad.

⁸⁹ Recordemos que para el euskara aún no se ha trabajado expresamente sobre estas cuestiones.

ha mostrado que dicho esquema no resulta del todo válido, atendiendo al menos al PMADAL. Por tanto, tal vez la cuestión debería volver a ser examinada en su totalidad, pero buscando la relación entre los valores acústicos y la abertura real de su articulación⁹⁰.

3.1.2. Experimento sobre las cualidades vocálicas básicas

Para tratar de aportar alguna luz en estas cuestiones, se ha realizado un sencillo experimento, con los mismos informantes que han sido estudiados en el apartado articulatorio. El objetivo es examinar las cualidades básicas de una serie de vocales obtenidas en una muestra de laboratorio y tratar de averiguar si puede establecerse alguna relación entre esos valores y el grado de abertura de cada vocal.

3.1.2.1. El protocolo experimental

Se ha confeccionado, en primer lugar, un cuestionario en el que las cinco vocales aparecen en palabras bisílabas (más bien logatomos), en sílabas abiertas entre bilabiales sordas [p] y con distintos acentos (oxítonos y paroxítonos). Las palabras aparecen siempre en una frase-marco, para procurar que los factores prosódicos estén neutralizados en la medida de lo posible. En el Anexo 5 se muestra el cuestionario y la frase-marco, tanto en castellano como en euskara, y se realizan las aclaraciones pertinentes.

Este cuestionario fue grabado por los informantes ya conocidos 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*. El material ha sido analizado con el mismo programa. Se han medido las cualidades básicas de todas las vocales del cuestionario, de la siguiente manera:

- El tono fundamental, mediante el cálculo automático de *pitch*, con un inventariado de 25 mseg. y un rango de análisis ajustado en cada caso al rango tonal del informante. El dato recogido corresponde al momento estacionario de cada vocal (su punto central, normalmente).
- La intensidad, medida en el punto estable más relevante –habitualmente el central– del contorno de intensidad, obtenido con un inventariado de 20 mseg.
- La duración, directamente sobre un espectrograma de banda ancha con un rango de 4 KHz.

Los datos se han almacenado en una base de datos y se han tratado estadísticamente mediante el programa SPSS 18. Se han tenido en cuenta las dos variables señaladas: acento (tónica / átona) y posición silábica (primera sílaba / segunda sílaba).

⁹⁰ Algo similar al respecto se ha ensayado en el Anexo 4.

Es comúnmente aceptado que toda explotación estadística debe comenzar con la depuración de los datos, de modo que se excluyan de las pruebas aquellos valores que, por los motivos que fueran, resultan excesivamente alejados de la distribución normal de las variables en cuestión. En esta ocasión, y conocida la variabilidad de los datos acústicos (de los datos lingüísticos, en general), se han eliminado de la base de datos únicamente los casos que superaban la distancia equivalente a tres desviaciones típicas desde la mediana; por tanto, se han incluido en los cálculos varios valores que superaban las dos desviaciones, y que suelen ser depurados en los análisis de otro tipo de cuestiones⁹¹.

3.1.2.2. El tono vocálico

Examinaremos separadamente el tono vocálico de los informantes de castellano y euskara. El objetivo del análisis es averiguar si se cumplen las previsiones de la hipótesis del IF0, expuestas anteriormente (apartado 3.1.1.1).

3.1.2.2.1. Las vocales del español

Los valores de media y desviación del F0 de las vocales de los cuatro informantes de español, así como los valores generales, se muestran en la siguiente tabla⁹²:

		[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
C01	Media	178,10	176,00	175,95	172,14	175,81
	Desviación	25,72	26,60	21,81	23,51	26,51
C02	Media	274,81	271,52	276,05	262,38	271,57
	Desviación	42,95	42,09	37,63	54,57	53,43
C03	Media	184,43	186,29	192,24	170,33	182,62
	Desviación	22,81	17,11	28,69	18,49	27,24
C04	Media	107,95	106,14	107,95	118,81	112,60
	Desviación	5,92	5,22	6,41	12,52	14,63
Total	Media	186,32	184,99	189,01	180,92	186,53
	Desviación	65,50	64,52	65,27	60,61	65,70

Tabla 51.- F0 de las vocales del español

Si asignamos a la [i] el valor de cero, calculamos las diferencias en semitonos del resto de las vocales con dicho valor, y trasladamos estos datos a un eje de coordenadas, obtenemos una gráfica que, de cumplirse la hipótesis del IF0, debería tener una forma similar al conocido triángulo vocálico. Sin embargo, la siguiente figura muestra que los resultados son bien diferentes:

⁹¹ El procedimiento seguido en la depuración ha sido la confección de sencillos diagramas de caja para cada variable. Como es sabido, SPSS marca con un asterisco los valores situados a más de tres desviaciones típicas, y con un círculo los valores situados a más de dos.

⁹² Los valores estadísticos descriptivos completos se muestran en el Anexo 7.

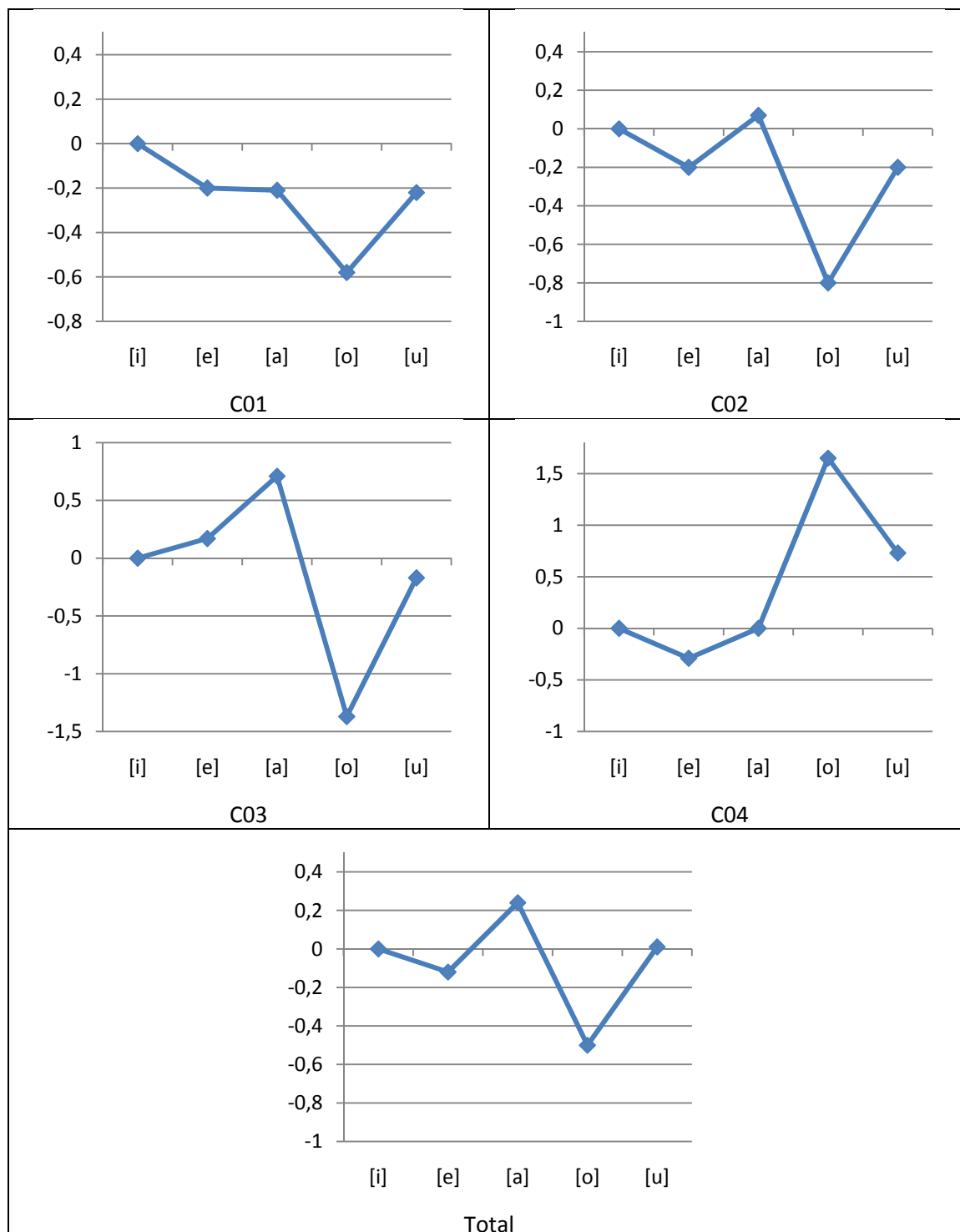


Figura 70.- F0 de las vocales del español

Para corroborar la conclusión que se desprende de estas figuras (a saber, que no se cumple la hipótesis del IF0), debemos calcular los valores estadísticos de U de Mann-Whitney⁹³, que indican si los valores de F0 de las diferentes vocales son o no

⁹³ Se utilizará esta prueba estadística no paramétrica en el análisis de las tres cualidades básicas de los sonidos vocálicos, puesto que en varios casos las variables no cumplen la condición de normalidad necesaria para otros tipo de análisis paramétrico (de tipo *t-test*, por

significativamente diferentes. La siguiente tabla múltiple muestra los niveles de significación asociados al estadístico:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,70	0,69	0,30	0,79
[e]		-	0,87	0,41	0,99
[a]			-	0,61	0,78
[o]				-	0,41
[u]					-
C01					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,59	0,93	0,31	0,92
[e]		-	0,98	0,48	0,68
[a]			-	0,41	0,95
[o]				-	0,44
[u]					-
C02					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,88	0,28	0,03	0,80
[e]		-	0,35	0,00	0,92
[a]			-	0,01	0,26
[o]				-	0,03
[u]					-
C03					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,28	0,96	0,00	0,34
[e]		-	0,45	0,00	0,15
[a]			-	0,00	0,35
[o]				-	0,10
[u]					-
C04					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,71	0,74	0,46	0,92
[e]		-	0,66	0,56	0,87
[a]			-	0,37	0,72
[o]				-	0,42
[u]					-
Total					

Tabla 52.- Significatividad de U de Mann-Whitney del F0 del español (5 vocales)

Con los datos generales, ninguno de los índices obtenidos supera el umbral de significación del 0,05. Si atendemos a los cuatro informantes individualmente, en dos de ellos resultan significativas las diferencias obtenidas por la [o] con respecto al resto de los elementos (salvo con la [u] en C04), pero en sentido contrario: en C03 la [o] es significativamente más grave, y en C04 es significativamente más aguda.

Podría en este punto plantearse la posibilidad de que los datos que no sirven para diferenciar las cinco vocales sí sirvieran para diferenciar los tres grados de abertura de la clasificación teórica o fonológica. Lo comprobamos con los valores de U de Mann-Whitney⁹⁴:

ejemplo). El Anexo 6 contiene los valores de la prueba de normalidad efectuada a todas las variables analizadas.

⁹⁴ En todas las tablas aparecerán siempre los valores de significatividad asociados al estadístico.

	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,42	0,69
[e – o]		-	0,84
[a]			-
C01			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,13	0,20
[e – o]		-	0,04
[a]			-
C03			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,40	0,57
[e – o]		-	0,19
[a]			-
C04			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,46	0,69
[e – o]		-	0,44
[a]			-
Total			

Tabla 53.- Significatividad de U de Mann-Whitney del F0 del español (3 grados de abertura)

Las diferencias resultan no significativas, salvo la excepción de [a] frente a [e – o] en el caso de C03.

Aún cabría hacer una última comprobación, agrupando las cinco vocales de acuerdo a los cuatro grados de abertura que se proponen en el análisis articulatorio efectuado a estos informantes. Veamos los nuevos valores de U de Mann-Wihtney:

	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,70	0,30	0,69
[e – u]		-	0,34	0,79
[o]			-	0,61
[a]				-
C01				
	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,82	0,03	0,28
[e – u]		-	0,00	0,23
[o]			-	0,01
[a]				-
C03				
	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,93	0,00	0,96
[e – u]		-	0,00	0,92
[o]			-	0,00
[a]				-
C04				
	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,79	0,46	0,74
[e – u]		-	0,42	0,65
[o]			-	0,37
[a]				-
Total				

Tabla 54.- Significatividad de U de Mann-Whitney del F0 del español (4 grados de abertura)

Los valores no resultan significativos, salvo los que diferencian a [o] del resto de los grados de abertura en C03 y C04, pero –como se señalaba anteriormente– en sentido contrario en ambos casos.

Por tanto, y de acuerdo a todos estos datos, puede afirmarse que, al menos en este experimento, las vocales del español no cumplen la hipótesis del IF0.

Cabría ahora indagar acerca de si la hipótesis podría cumplirse, siquiera parcialmente, en alguna de las condiciones generadas por las dos variables manejadas: acento y posición de la sílaba. En primer lugar, calculamos, para el conjunto de los valores y las cuatro condiciones, las gráficas de F0 en semitonos a partir del valor de $[i = 0]$:

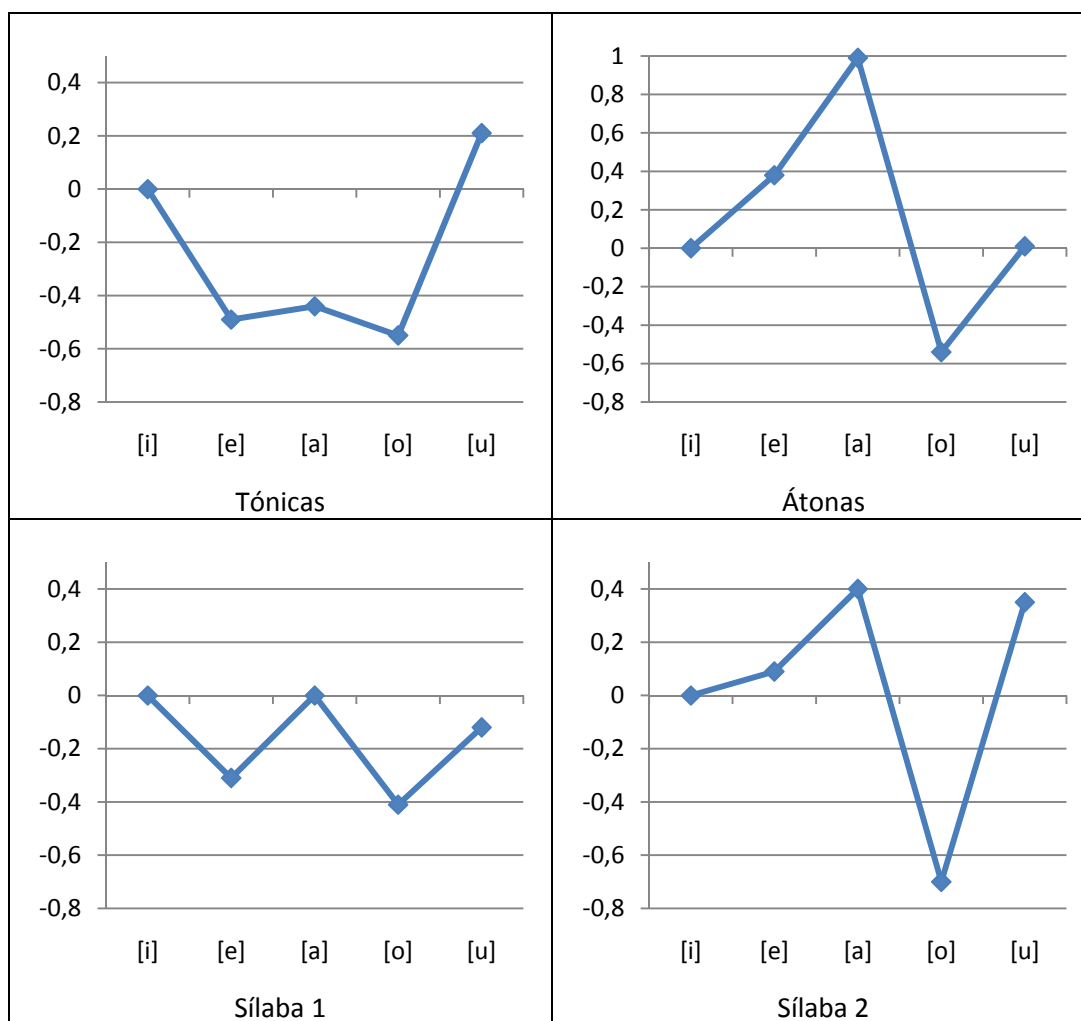


Figura 71.- F0 de las vocales del español (4 condiciones)

Las gráficas de F0 de las vocales tónicas y de las situadas en la primera sílaba guardan – salvo la importante excepción de la posición de [a]– cierta similitud con la forma esperable de la hipótesis del IF0. Sin embargo, los valores de U de Mann-Whitney muestran que ninguno de los elementos presenta diferencias estadísticamente significativas:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,37	0,59	0,36	0,97
[e]		-	0,97	0,76	0,49
[a]			-	0,81	0,61
[o]				-	0,38
[u]					-
Tónicas					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,98	0,39	0,67	0,74
[e]		-	0,53	0,51	0,72
[a]			-	0,26	0,36
[o]				-	0,68
[u]					-
Átonas					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,68	0,90	0,82	0,82
[e]		-	0,98	0,98	0,90
[a]			-	0,97	0,98
[o]				-	0,88
[u]					-
Sílabas 1					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,90	0,56	0,28	0,96
[e]		-	0,60	0,27	0,92
[a]			-	0,16	0,60
[o]				-	0,23
[u]					-
Sílabas 2					

Tabla 55.- Significatividad de U de Mann-Whitney del F0 del español (4 subgrupos)

En las figuras anteriores de las vocales tónicas y las situadas en la primera sílaba, aparece una única oposición que, a simple vista, tal pudiera llegar a ser significativa: [i – u] vs. [e – o]. Sin embargo, los valores de U de Mann-Whitney (0,23 y 0,75 respectivamente) rechazan esa posibilidad.

Por último, podemos combinar las dos condiciones *a priori* más favorables al cumplimiento de la hipótesis, y examinar los valores de la U de Mann-Whitney para las vocales tónicas situadas en la primera sílaba. Puede comprobarse en la siguiente tabla que tampoco alcanzan valores significativos:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,41	0,30	0,34	0,73
[e]		-	0,44	0,60	0,79
[a]			-	0,85	0,44
[o]				-	0,46
[u]					-

Tabla 56.- Significatividad de U de Mann-Whitney del F0 del español (tónicas de primera sílaba)

En definitiva, los datos son concluyentes: la hipótesis del IFO no se cumple en ningún caso, en ningún informante y en ninguna condición.

Aunque no sea en modo alguno el objetivo principal del experimento, los datos también aportan información sobre la influencia de las dos variables (acento y posición silábica) en el tono vocálico. La siguiente figura muestra los valores correspondientes:

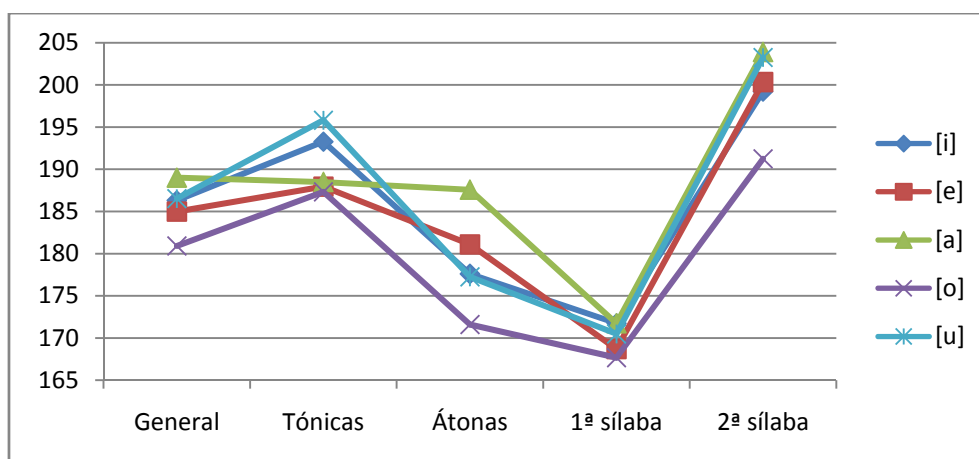


Figura 72.- Influencia del acento y la posición en el F0 de las vocales del español

De modo general, las vocales tónicas son más agudas que las átonas y, sobre todo, las vocales situadas en la primera sílaba son más graves que las situadas en la segunda. La siguiente tabla muestra, para cada contraste, las diferencias en semitonos y el nivel de significación asociado al estadístico U de Mann-Whitney, que indica si dicha diferencia es estadísticamente significativa:

	Tónicas vs. átonas		1ª síl. vs. 2ª síl.	
	Sts.	Sign.	Sts.	Sign.
[i]	1,47	0,21	2,56	0,07
[e]	0,64	0,44	2,97	0,01
[a]	0,08	0,60	2,97	0,02
[o]	1,51	0,11	2,27	0,16
[u]	1,72	0,18	3,04	0,03

Tabla 57.- Diferencias entre el F0 de las vocales

Estos datos permiten observar la relación entre dos tipos de significatividad: la estadística y la perceptiva. Según la primera, sólo es significativa (esto es, menor de 0,05) la diferencia entre los valores de las vocales [e, a, u] situadas en la primera o en la segunda sílaba. En cambio, muchos otros valores superan también la barrera de 1'5 sts., que Pamies et al. (2002) sitúan como umbral de percepción de las variaciones tonales en español⁹⁵.

En cualquier caso, la acusada diferencia de los valores entre las dos variables muestra la tantas veces señalada primacía de los factores entonativos (en nuestro caso, la posición de la sílaba en la frontera sintáctica entre objeto y complemento) sobre los acentuales⁹⁶.

⁹⁵ Recordemos que Whalen-Levitt (1995: 356) aumentaban el umbral hasta los 1,65 st.

⁹⁶ En el ámbito vasco-románico, yo mismo he señalado este hecho en varios trabajos realizados dentro del proyecto AMPER (entre otros, Iribar-Pagola-Túrriz 2011b, Elejabeitia-Iribar-Pagola 2008, Elejabeitia-Iribar-Pagola-Feijóo 2007).

3.1.2.2.2. Las vocales del euskara

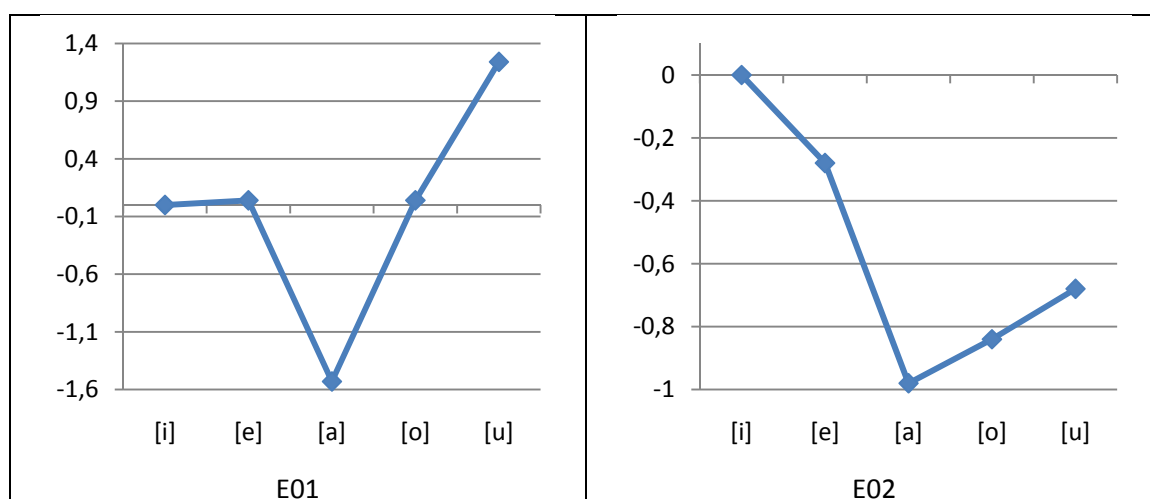
Procedemos de manera análoga a la seguida en el análisis del español, y colocamos, en primer lugar, los valores de media y desviación del F0 de las vocales de cada informante, así como los valores generales⁹⁷:

		[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
E01	Media	98,11	98,35	89,81	98,39	105,41
	Desviación	14,35	12,53	12,74	14,62	13,95
E02	Media	191,22	188,05	180,67	182,16	183,76
	Desviación	13,89	12,36	27,54	16,54	13,47
E03	Media	206,95	204,05	201,93	198,45	204,60
	Desviación	10,98	13,23	18,36	12,79	14,70
E04	Media	216,30	210,55	200,40	210,20	214,84
	Desviación	16,99	21,03	12,28	14,54	20,67
Total	Media	178,84	172,25	166,92	174,09	179,32
	Desviación	49,37	47,82	50,50	45,60	45,30

Tabla 58.- F0 de las vocales del euskara

Los valores de F0 están, en general, bastante agrupados. El comportamiento más destacable es el de [a], que presenta la mayor desviación en dos informantes (E02 y E03) y la menor en los otros dos (E01 y E04). La diferencia de escala entre los informantes, debida, como es sabido, a la particular configuración fisiológica de cada uno de ellos, hace que la desviación de los datos generales sea sensiblemente mayor a la registrada de manera individual.

Para mostrar los valores obtenidos por el F0 de una manera gráfica, asignamos un valor de cero a [i] y calculamos, en semitonos, las diferencias del resto de las vocales con respecto a ese valor cero. Trasladados esos datos a un eje de coordenadas inverso, obtenemos las siguientes figuras⁹⁸:



⁹⁷ Los datos estadísticos descriptivos se muestran con detalle en el Anexo 7.

⁹⁸ Las escalas del eje vertical se calculan de manera independiente, para que quede patente la forma de los datos en cada caso.

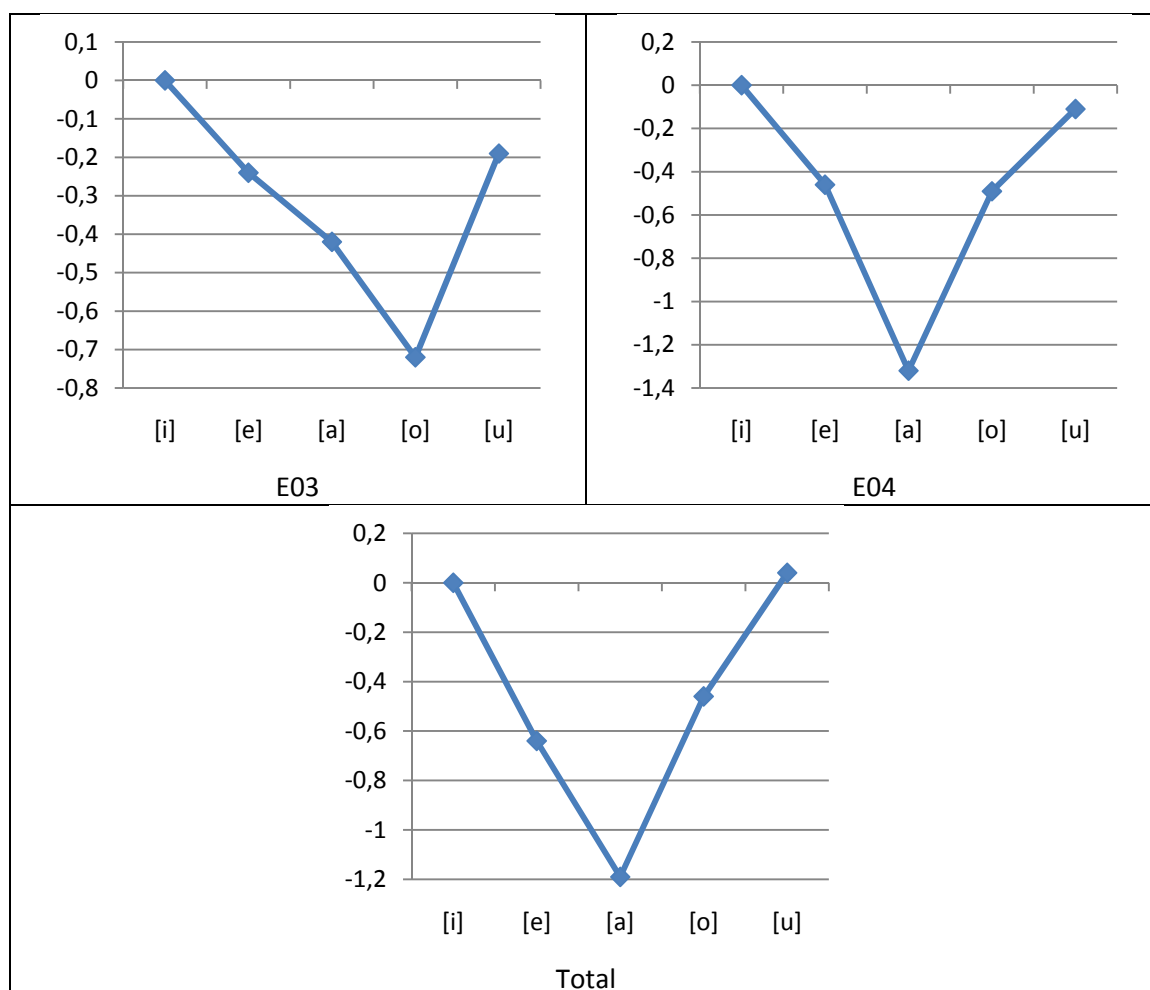


Figura 73.- F0 de las vocales del euskara

En esta ocasión, los datos sí concuerdan con la hipótesis que relaciona la frecuencia fundamental con la abertura vocálica. En todos los casos, las vocales cerradas [i – u] presentan valores mayores que la abierta [a]. La relación entre las dos vocales cerradas no es igual en los cuatro informantes, lo mismo que la posición relativa de [e – o] entre los dos extremos ([i – u] y [a]). De todos modos, atendiendo a los datos generales, parece que la hipótesis del F0 se cumple completamente:

- [i – u] tienen una frecuencia mayor que [e – o], y éstas, a su vez, tienen una frecuencia mayor que [a].
- Las dos parejas [i – u] y [e – o] tienen un F0 parecido. En ambos casos, el elemento posterior es un poco más agudo.

Estas diferencias no superan los umbrales de percepción manejados: 1,65 st. para el vocalismo general (Whalen-Levitt 1995) o 1,5 st. para el español (Pamies et al. 2002). En cualquier caso, aún no se ha calculado el umbral de percepción de las variaciones tonales en euskara, por lo que esta cuestión debe manejarse con precaución.

Lo que sí puede calcularse es la significación estadística de las variaciones registradas. Colocamos en una tabla múltiple el valor de la significatividad de U de Mann-Whitney para las diferencias tonales encontradas entre todas las vocales:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,96	0,07	1,00	0,12
[e]		-	0,04	0,91	0,07
[a]			-	0,09	0,00
[o]				-	
[u]					-
E01					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,36	0,32	0,09	0,10
[e]		-	0,56	0,14	0,31
[a]			-	0,81	0,91
[o]				-	
[u]					-
E02					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,75	0,34	0,06	0,67
[e]		-	0,63	0,17	0,96
[a]			-	0,70	0,63
[o]				-	
[u]					-
E03					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,26	0,00	0,28	0,72
[e]		-	0,26	0,75	0,38
[a]			-	0,05	0,03
[o]				-	
[u]					-
E04					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,28	0,04	0,20	0,71
[e]		-	0,27	0,79	0,55
[a]			-	0,38	0,12
[o]				-	0,38
[u]					-
Total					

Tabla 59.- Significatividad de U de Mann-Whitney del F0 del euskara (5 vocales)

El informante E01 muestra una diferencia significativa entre [a – u], pero no entre [a – i]. La escasísima diferencia del intervalo [i – e] (tan sólo 0,04 st.), consigue que la diferencia tonal entre [e] y [a] sí resulte significativa estadísticamente.

Ni el informante E02 ni el E03 registran ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los valores tonales de sus vocales.

El informante E04 cumple perfectamente con la hipótesis del IF0: las diferencias entre [a] y [i – u] son estadísticamente significativas. También está en el límite de la significatividad la diferencia [a – o].

Considerando los datos generales, la diferencia [i – a] resulta significativa, pero, sorprendentemente, no así la diferencia [u – a], a pesar de que la diferencia entre los valores medios es mayor en este caso que en el primero.

Para corroborar todas estas observaciones, puede calcularse la significatividad de las diferencias entre los tres grados de abertura:

	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,25	0,00
[e – o]		-	0,03
[a]			-
E01			

	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,45	0,59
[e – o]		-	0,83
[a]			-
E02			

	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,21	0,40
[e – o]		-	0,96
[a]			-
E03			

	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,17	0,00
[e – o]		-	0,07
[a]			-
E04			

	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,17	0,04
[e – o]		-	0,26
[a]			-
Total			

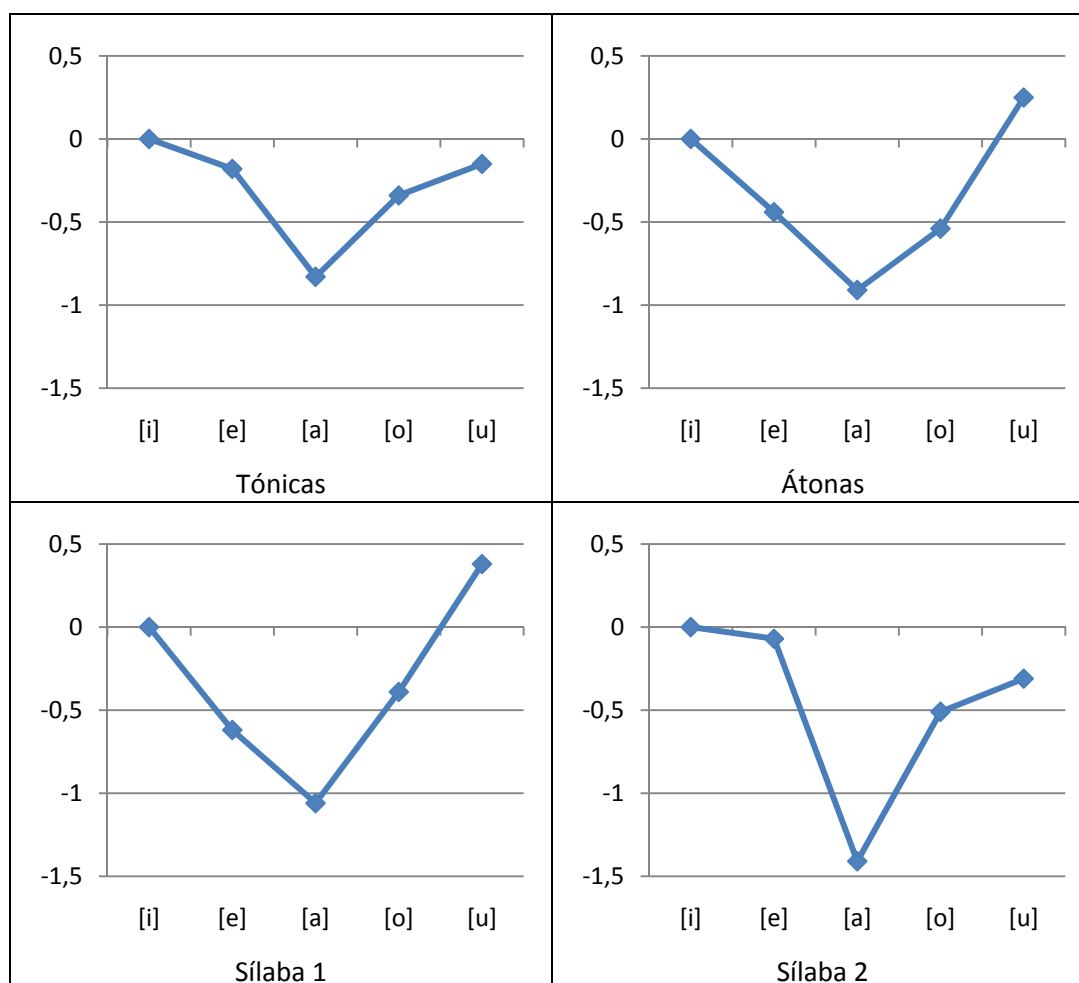


Figura 74.- F0 de las vocales del euskara (4 condiciones)

Las cuatro figuras son triangulares, de modo que, en principio, se entiende que la hipótesis del IF0 se cumple en las cuatro condiciones. Las diferencias tonales son, por supuesto, pequeñas (siempre menores de 1,5 st.), de modo que lo más previsible es que no alcancen el umbral de significatividad estadística en ninguna de las condiciones, salvo acaso alguna diferencia [i – a]. Podemos comprobarlo en la siguiente tabla:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,74	0,16	0,46	0,84
[e]		-	0,43	0,73	0,93
[a]			-	0,44	0,31
[o]				-	0,58
[u]					-
Tónicas					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,16	0,05	0,52	0,71
[e]		-	0,54	0,72	0,19
[a]			-	0,35	0,09
[o]				-	0,38
[u]					-
Sílabas 1					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,85	0,37	0,25	0,32
[e]		-	0,45	0,40	0,54
[a]			-	0,94	0,77
[o]				-	0,83
[u]					-
Sílabas 2					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,28	0,29	0,13	0,38
[e]		-	0,66	0,61	0,81
[a]			-	0,99	0,49
[o]				-	0,49
[u]					-
Átonas					

Tabla 61.- Significatividad de U de Mann-Whitney del F0 del euskara (4 subgrupos)

Incluso considerando únicamente los tres grados de abertura, la diferencia entre las vocales cerradas y la abierta sólo muestra significatividad en una de las condiciones (vocales en la primera sílaba):

	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,55	0,18
[e – o]		-	0,39
[a]			-
Tónicas			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,14	0,03
[e – o]		-	0,37
[a]			-
Sílaba 1			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,73	0,50
[e – o]		-	0,70
[a]			-
Sílaba 2			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,21	0,30
[e – o]		-	0,80
[a]			-
Átonas			

Tabla 62.- Significatividad de U de Mann-Whitney del F0 del euskara (4 subgrupos)

En definitiva, el examen de las condiciones originadas por las dos variables manejadas corrobora la conclusión general: existe en euskara una relación directa entre la abertura vocálica y el tono fundamental, aunque las diferencias son pequeñas y difícilmente superan ningún umbral de significatividad.

Por último, podemos averiguar la influencia directa de las dos variables en los valores frecuenciales de cada vocal, por medio del siguiente gráfico:

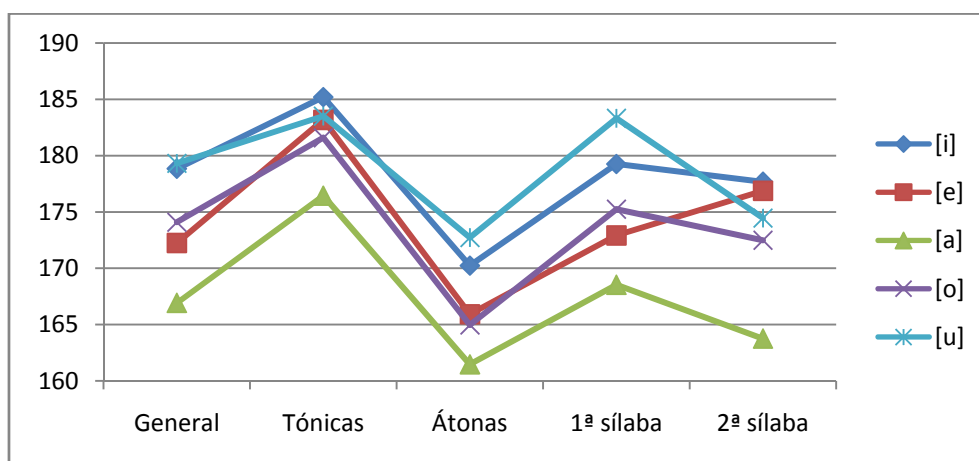


Figura 75.- Influencia del acento y la posición en el F0 de las vocales del euskara

En primer lugar, se observa una vez más el orden de abertura en la altura frecuencial de las cinco vocales: [i] y [u] son las más agudas, y [a] es la más grave. Las diferencias entre las vocales, como se ha venido señalando, son pequeñas.

Las vocales del experimento poseen un tono más elevado en posición tónica que en posición átona, y también son más agudas en la primera sílaba que en la segunda, con la curiosa excepción en esta ocasión de la vocal [e]. ¿Son significativas estas diferencias? Lo comprobamos con la siguiente tabla, que muestra, para cada contraste, las diferencias en semitonos y la significatividad del valor de U de Mann-Whitney:

	Tónicas vs. átonas		1ª síl. vs. 2ª síl.	
	Sts.	Sign.	Sts.	Sign.
[i]	1,45	0,02	0,16	0,66
[e]	1,71	0,02	0,39	0,61
[a]	1,53	0,09	0,49	0,89
[o]	1,66	0,01	0,27	0,46
[u]	1,04	0,07	0,85	0,16

Tabla 63.- Diferencias entre el F0 de las vocales

Las diferencias asociadas al acento son mayormente significativas (y la mayoría supera también el umbral del semitono y medio), pero no lo es ninguna diferencia asociada a la posición silábica. Parece, pues, que no hay ningún factor de orden entonativo –como la frontera silábica en el caso del castellano– que afecte especialmente al tono fundamental de las vocales en euskara.

3.1.2.3. La duración vocálica

Examinaremos ahora la duración vocálica. Como en el caso anterior, distinguimos los informantes de castellano y euskara. El objetivo principal vuelve a ser examinar la relación entre el timbre (con especial atención a la abertura) y la duración de las vocales.

3.1.2.3.1. Las vocales del español

Comenzamos por mostrar los datos generales de media y desviación de los valores de duración de las vocales de los cuatro informantes, así como los valores generales⁹⁹:

		[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
C01	Media	81,86	84,62	81,80	78,33	64,62
	Desviación	30,13	26,01	23,97	31,63	25,87
C02	Media	77,20	69,24	72,19	81,52	77,95
	Desviación	13,77	12,73	16,13	12,69	14,63
C03	Media	55,33	51,52	64,67	53,33	43,57
	Desviación	14,16	15,04	19,82	11,80	11,88
C04	Media	51,05	56,10	63,38	50,14	46,60
	Desviación	5,07	7,48	8,74	5,28	5,09
Total	Media	66,23	65,37	70,37	65,83	58,33
	Desviación	22,40	20,92	19,09	22,89	21,31

Tabla 64.- Duración de las vocales del español

Los altos valores de desviación (salvo los del informante C04, una vez más el más regular) indican la gran variabilidad de la duración vocálica. Si colocamos los valores medios en un eje de coordenadas, la gráfica resultante debería tener un aspecto similar al del triángulo vocálico, siempre y cuando las variables de duración y abertura estuvieran directamente relacionadas.

⁹⁹ Los estadísticos descriptivos, organizados como en el caso del F0, se muestran en el Anexo 8.

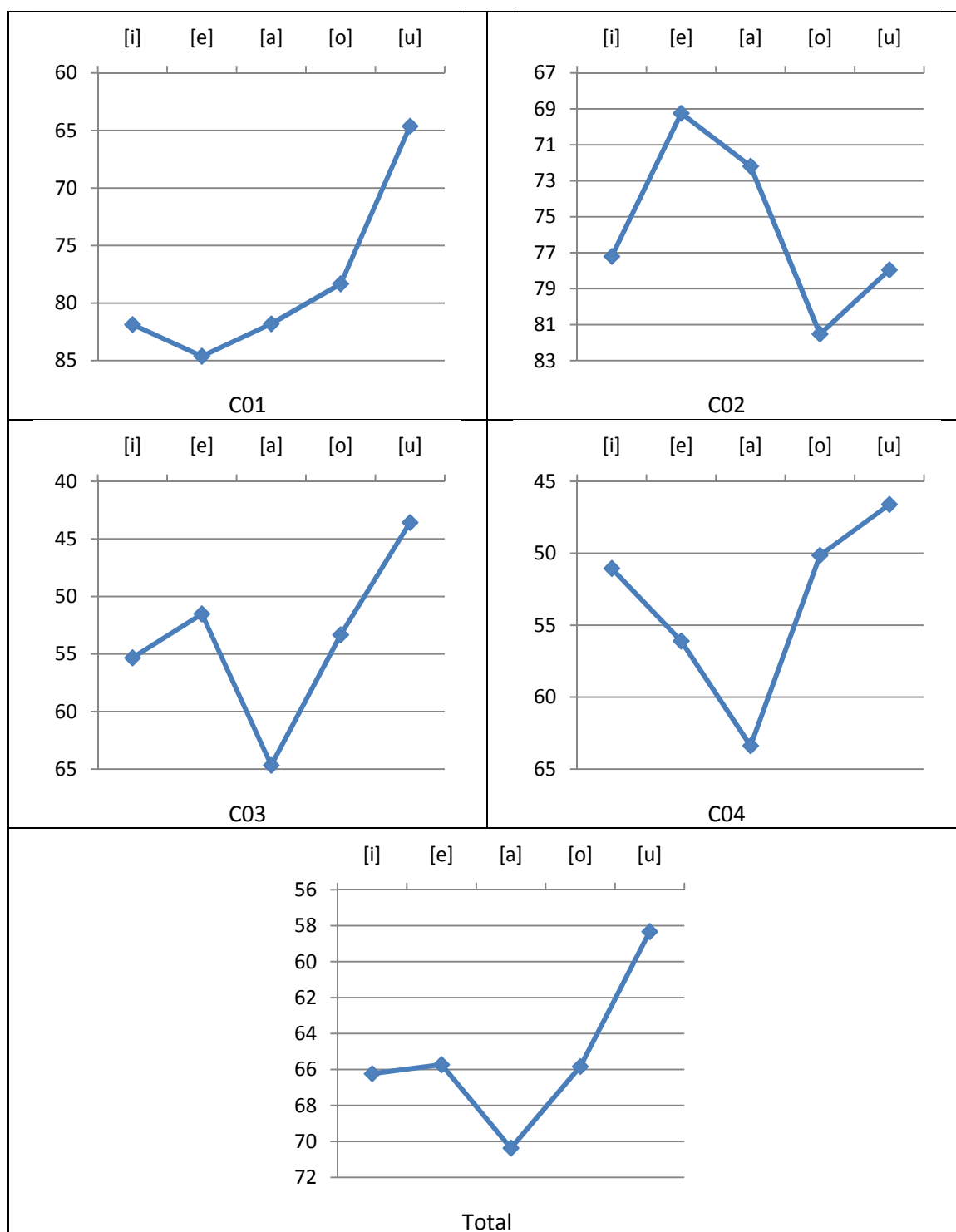


Figura 76.- Duración de las vocales del español

La vocal abierta [a] es la más larga en C02 y C03, y también considerando los valores generales; pero no lo es en C01 y, sobre todo, en C02. Resulta más clara cuál es la vocal más breve: la [u] prácticamente en todos los casos (C02 es nuevamente la excepción). De todas maneras, es necesario averiguar si las diferencias observadas en la figura son o no significativas desde la perspectiva estadística. Para ello, como en el apartado anterior, calculamos los valores de la U de Mann-Whitney:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,58	0,74	0,64	0,03
[e]		-	0,73	0,30	0,02
[a]			-	0,44	0,04
[o]				-	0,12
[u]					-
C01					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,07	0,20	0,37	0,96
[e]		-	0,78	0,00	0,10
[a]			-	0,04	0,19
[o]				-	0,47
[u]					-
C02					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,34	0,15	0,66	0,01
[e]		-	0,04	0,66	0,07
[a]			-	0,06	0,00
[o]				-	0,01
[u]					-
C03					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,03	0,00	0,49	0,00
[e]		-	0,00	0,01	0,00
[a]			-	0,00	0,00
[o]				-	0,05
[u]					-
C04					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,81	0,03	0,81	0,00
[e]		-	0,05	0,66	0,01
[a]			-	0,02	0,00
[o]				-	0,01
[u]					-
Total					

Tabla 65.- Significatividad de U de Mann-Whitney de las duraciones del español (5 vocales)

Atendiendo a los valores generales, la duración de [u] es significativamente diferente a la del resto de las vocales. También lo es la de [a], aunque no tan claramente¹⁰⁰. Las medias indican que esta diferencia es inversa: la [u] es la más breve, y la [a], la más larga. Estos dos extremos concuerdan con la hipótesis que relaciona duración y abertura. La otra vocal extrema [i] se coloca en una posición intermedia, significativamente más breve que [a] y más larga que [u], que no puede explicarse debidamente por la hipótesis de la duración intrínseca¹⁰¹.

De los cuatro informantes analizados, C03 y C04 presentan unos valores muy similares a los generales (algo menos en las vocales medias), mientras que C01 y sobre todo C02 muestran otra distribución de sus valores de duración. Las vocales extremas [i – a – u] se ordenan en un triángulo cuyas diferencias son estadísticamente significativas en C03 y C04¹⁰², y en el que [i] ocupa el lugar intermedio. Esta distribución sólo se cumple

¹⁰⁰ Su diferencia con la duración de [e] está justo en el umbral de significatividad del 0'05.

¹⁰¹ Procede recordar que, en el apartado correspondiente (3.1.1.2.), se ha explicado que algunos autores señalan la [u] como la vocal más breve (Navarro Tomás 1916b, Monroy Casas 1980, Almeida 1999), mientras otros consideran que esta posición le corresponde a [i] (Massone-Borzzone-Signorini 1983, Marín Gálvez 1995). También hay quien presenta datos que colocan a [e] como la vocal más breve (Quilis-Esgueva 1983, Saz et al. 2005).

¹⁰² Con la pequeña excepción de la distancias [i – a] en C03, ligeramente por encima del umbral.

parcialmente en C01, cuya [u] es significativamente más breve, pero que presenta valores de duración muy similares para [i] y para [a]. En C02, por su parte, las duraciones de estas vocales configuran un triángulo inverso, en el que [a] posee la duración menor y las diferencias significativas se producen entre otras vocales.

Comprobemos ahora la significatividad de las diferencias de duración entre los tres grados de abertura de la clasificación teórica del vocalismo del español:

	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,17	0,17
[e – o]		-	0,80
[a]			-
C01			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,52	0,13
[e – o]		-	0,30
[a]			-
C02			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,31	0,00
[e – o]		-	0,02
[a]			-
C03			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,01	0,00
[e – o]		-	0,00
[a]			-
C04			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,08	0,00
[e – o]		-	0,01
[a]			-
Total			

Tabla 66.- Significatividad de U de Mann-Whitney de la duración del español (3 grados de abertura)

Atendiendo a los valores generales, la vocal abierta pose unos valores de duración significativamente diferentes al de las vocales medias y cerradas, pero la diferencia relativa entre dos grupos ([i – u] vs. [e – o]) está ligeramente por encima del umbral de significatividad. Si examinamos separadamente los cuatro informantes, encontramos – como antes – una distribución similar a la general en C03 y C04, pero distinta en C01 y C02, cuyos valores no son en ningún caso significativos.

Es de suponer que, atendiendo a los cuatro grados de abertura propuestos en el análisis articulatorio, las diferencias no presenten grandes diferencias con lo ya analizado, pero, nos obstante, lo comprobamos seguidamente:

	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,35	0,64	0,74
[e – u]		-	0,77	0,33
[o]			-	0,44
[a]				-
C01				
	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,29	0,37	0,20
[e – u]		-	0,04	0,55
[o]			-	0,04
[a]				-
C02				

	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,04	0,66	0,15
[e – u]		-	0,09	0,00
[o]			-	0,06
[a]				-
C03				

	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,76	0,49	0,00
[e – u]		-	0,69	0,00
[o]			-	0,00
[a]				-
C04				

	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,16	0,81	0,03
[e – u]		-	0,27	0,00
[o]			-	0,02
[a]				-
Total				

Tabla 67.- Significatividad de U de Mann-Whitney de la duración del español (4 grados de abertura)

Efectivamente, sólo se registran diferencias significativas en C04 (la [a] frente al resto de grados de abertura) y en C03 ([e – u] frente a [i] y a [a]). Atendiendo a lo general, una vez más es [a] la que presenta unos valores de duración significativamente diferentes a los de los otros grados de abertura.

En definitiva, los datos resultan algo confusos con respecto a la hipótesis de la duración intrínseca. Es verdad que, en general, las vocales cerradas [i – u] son más breves que la abierta [a], pero no es menos cierto que:

- La duración de [i] se acerca más a la de [a] que a la de [u].
- Las vocales medias [e – o] no guardan la proporción que cabría esperar según la hipótesis.
- La división de las vocales en cuatro grados de abertura concuerda aún menos con la hipótesis, puesto que la vocal más cerrada atendiendo al PMADAL no es [u] (la más breve), sino [i].
- Se registra una gran variabilidad en los valores de duración, así como un comportamiento no homogéneo entre los cuatro informantes.

En este punto, cabe plantear la posibilidad de que alguna de las dos variables manejadas en el experimento (acento y orden de sílaba) pueda influir en la confusión reseñada, de modo que, en alguna de las condiciones particulares, los valores sí se muestren de acuerdo a la hipótesis. Colocamos, para examinar la cuestión, las gráficas correspondientes a los valores generales en las cuatro condiciones distinguidas¹⁰³:

¹⁰³ Como en los casos anteriores, ajustamos los rangos de las figuras para destacar sus formas.

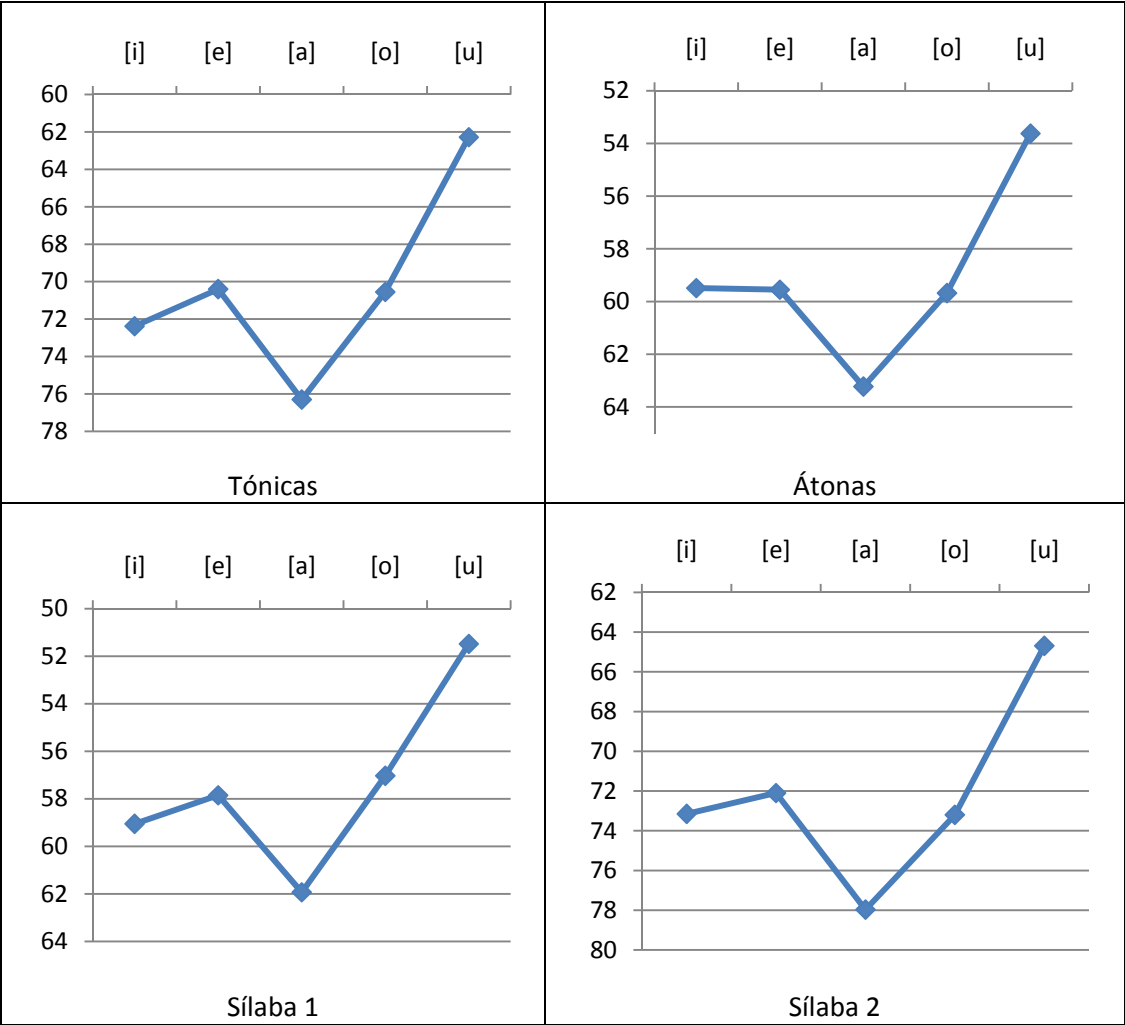


Figura 77.- Duración de las vocales del español (4 condiciones)

Como puede verse, las proporciones de las cuatro figuras son muy similares (entre sí y con respecto a la correspondiente a los valores generales), lo que indica que la relación entre la abertura y la duración se mantiene constante en las cuatro condiciones analizadas. Los valores de la U de Mann-Whitney corroboran esta observación:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,81	0,14	0,64	0,00
[e]		-	0,15	0,40	0,01
[a]			-	0,03	0,00
[o]				-	0,03
[u]					-
Tónicas					

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,82	0,10	0,96	0,07
[e]		-	0,12	0,98	0,11
[a]			-	0,12	0,00
[o]				-	0,09
[u]					-
Átonas					

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,79	0,13	0,44	0,00
[e]		-	0,13	0,38	0,01
[a]			-	0,02	0,00
[o]				-	0,06
[u]					-
Sílabas 1					

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,98	0,19	0,85	0,17
[e]		-	0,17	0,95	0,21
[a]			-	0,23	0,01
[o]				-	0,17
[u]					-
Sílabas 2					

Tabla 68.- Significatividad de U de Mann-Whitney de la duración del español (4 subgrupos)

En las vocales tónicas, [u] es significativamente más breve que el resto de las vocales, mientras que [a] no es significativamente más larga que [i]. En las vocales átonas, sólo se producen diferencias significativas entre [u] y [a – i].

En las vocales situadas en la primera sílaba, [u] es significativamente más breve que el resto de las vocales, a excepción de [o], vocal que, curiosamente, resulta significativamente más breve que [a]. En las vocales situadas en la segunda sílaba, sólo es significativa la diferencia de duración entre [u] y [a].

En realidad, a la vista de las cuatro distribuciones, sólo cabe plantear una diferencia significativa: la que enfrenta a [i – e – o] con la [u], más breve, y con la [a], más larga. Si calculamos los valores de U de Mann-Whitney para semejante agrupación vocálica, los resultados de su significatividad son los siguientes:

	[i – e – o] vs. [u]	[i – e – o] vs. [a]	[u] vs. [a]
Vocales tónicas	0,00	0,04	0,00
Vocales átonas	0,04	0,05	0,00
Vocales 1ª sílaba	0,00	0,03	0,00
Vocales 2ª sílaba	0,10	0,11	0,01
Vocales generales	0,00	0,01	0,00

Tabla 69.- Significatividad de U de Mann-Whitney del F0 del español (agrupación *ad hoc*)

Se comprueba que el grupo [i – e – o] es significativamente más breve que [a] en casi todas las condiciones, y –sobre todo– más largo que [u]. En definitiva, ¿se cumple o no se cumple en español la hipótesis de la duración intrínseca? Parece que no puede afirmarse categóricamente, puesto que hay datos discordantes, pero sí se aprecian ciertas tendencias generales que vinculan la duración con la abertura vocálica. Pero esta relación, desde luego, no es siempre directamente proporcional al grado de abertura relativa de cada vocal.

Por último, y de manera secundaria, el análisis de las duraciones muestra una evidente influencia en la duración vocálica de las dos variables manejadas, como se aprecia en la siguiente figura:

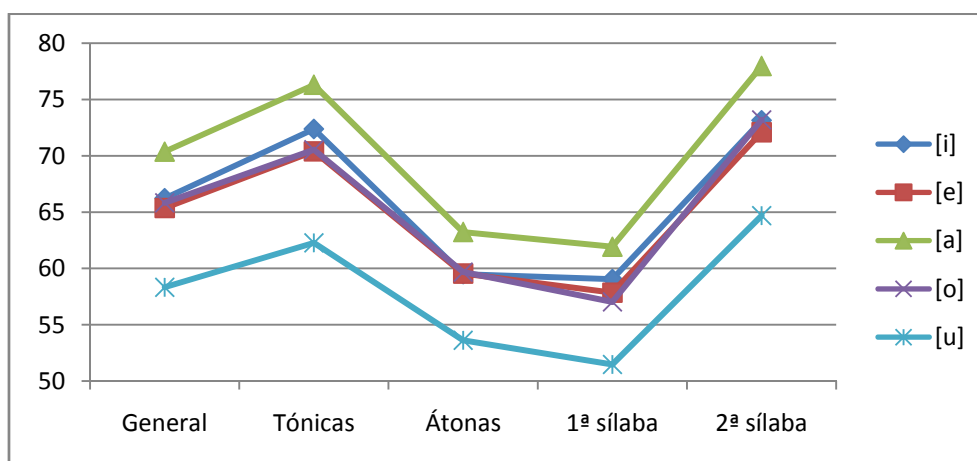


Figura 78.- Influencia del acento y la posición en la duración de las vocales del español

Lo mismo que sucedía con el F0, y es de suponer que por las mismas razones, las vocales tónicas son más largas que las átonas, y las situadas en la primera sílaba son mucho más breves que las de la segunda sílaba¹⁰⁴. Para la siguiente tabla, calculamos el habitual estadístico de significatividad (U de Mann-Whitney) y la proporción que unas duraciones suponen con respecto a otras:

	Tónicas vs. átonas		1ª síl. vs. 2ª síl.	
	%	Sign	%	Sign.
[i]	21,66	0,00	- 23,87	0,02
[e]	18,21	0,00	- 24,63	0,01
[a]	20,67	0,00	- 25,90	0,00
[o]	18,21	0,00	- 28,35	0,00
[u]	16,15	0,02	- 25,66	0,01

Tabla 70.- Diferencias entre la duración de las vocales

También con la duración se observa la diferencia entre la significatividad estadística (que todos los contrastes superan) y el umbral de percepción de las variaciones de duración, que Pamies-Fernández Planas (2002) sitúan para el español en torno al 36%. Según estos autores, por tanto, ninguna de las diferencias de duración analizadas aquí superaría el umbral de la percepción.

3.1.2.3.2. Las vocales del euskara

Examinemos, en primer lugar, los valores generales de duración de las vocales del euskara¹⁰⁵:

		[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
E01	Media	86,80	83,90	74,13	81,37	76,70
	Desviación	33,14	25,17	6,60	28,21	23,78
E02	Media	70,65	72,75	71,73	67,70	61,26
	Desviación	24,76	20,60	10,02	16,77	18,92
E03	Media	61,70	58,90	62,07	60,70	54,20
	Desviación	16,57	11,09	7,29	11,59	13,32
E04	Media	64,20	64,95	67,47	54,85	48,60
	Desviación	13,62	8,02	6,89	5,92	6,62
Total	Media	70,84	70,13	68,93	65,96	60,18
	Desviación	24,88	16,69	8,90	19,77	19,70

Tabla 71.- Duración de las vocales del euskara

En esta tabla encontramos un dato muy llamativo: la desviación de [a] es sensiblemente menor que la del resto de las vocales. Esto se debe a una particularidad del cuestionario¹⁰⁶. Para asegurar la pronunciación con distinto acento de las palabras bisílabas del cuestionario ([ˈpepe] vs. [peˈpe], por ejemplo), se optó por convertir en

¹⁰⁴ Además, la gráfica muestra claramente la ordenación analizada de [u] vs. [i – e – o] vs. [a].

¹⁰⁵ Todos los estadísticos descriptivos están expuestos, como de costumbre, en el Anexo 8.

¹⁰⁶ Esta cuestión se expone en el Anexo 5.

trisílabas las formas oxítonas. Así, por seguir el ejemplo, [pe^lpe] se convertía en [pe^lpea], lo que aseguraba que el acento recaía en la segunda [e]. Esta manera de asegurar el contraste de los cinco pares resultaba vital para el análisis del tono fundamental, pero comprometía el estudio de las duraciones, puesto que:

- Las vocales tónicas en hiato son presumiblemente más largas (Etxebarria-Iribar-Túrriz-Urrutia (1998: 254).
- Las secuencias vocálicas se consiguen con la adición del determinante [-a], pero el euskara no consiente la secuencia vocálica heterosilábica [pe.p^la.a].

En resumen, cuatro vocales ([i , e, o, u]) cuentan con 20 casos de larga duración (por ejemplo, las cinco formas “pipea, pepea, papea, popea, pupea” repetidas por los cuatro informantes), mientras que la vocal [a] carece de esos casos (las teóricas “pipaa, pepaa, papaa, popaa, pupaa”). Por tanto, la desviación de esta vocal es sensiblemente menor y, presumiblemente, también su media. En otras palabras: el dato de la duración de [a] no es fiable, o mejor dicho, no es comparable con los de las otras vocales¹⁰⁷.

Si confeccionamos con estos datos los esquemas habituales, podríamos estar seguros de las relaciones entre cuatro vocales, pero el importantísimo dato de [a] no permitiría extraer conclusiones. Por tanto, conviene sacrificar estos casos que sesgan con seguridad los resultados, y recomponer sin ellos la tabla inicial:

		[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
E01	Media	68,60	70,53	74,13	67,73	64,40
	Desviación	7,53	7,81	6,60	7,98	10,51
E02	Media	57,80	63,00	71,73	59,73	52,64
	Desviación	10,05	11,18	10,02	9,36	12,90
E03	Media	52,87	54,33	62,07	56,20	48,33
	Desviación	3,79	7,59	7,29	7,61	9,10
E04	Media	58,27	64,00	67,47	56,73	46,87
	Desviación	7,37	7,40	6,89	5,45	5,74
Total	Media	59,38	62,97	68,93	60,10	53,07
	Desviación	9,33	10,23	8,90	8,85	11,87

Tabla 72.- Duración de las vocales del euskara (sin tónicas en hiato)

Estos datos resultan indudablemente más homogéneos. Ahora merece mencionarse la mayor agrupación de los datos en E02, y la mayor dispersión que habitualmente presenta la vocal [u]. Para ver hasta qué punto los datos excluidos distorsionaban el conjunto, colocamos en una sencilla figura los valores generales de las cuatro vocales

¹⁰⁷ En la tabla puede observarse que el problema no afecta por igual a los cuatro informantes. A E04, por ejemplo, apenas parece afectarle. Pero los valores totales no dejan lugar a dudas sobre la influencia del cuestionario en los datos obtenidos. Los detalles pueden examinarse en el Anexo 8.

de la tabla, junto con la media de los valores desechados; se observa además, que la diferencia es aún mayor en las vocales anteriores:

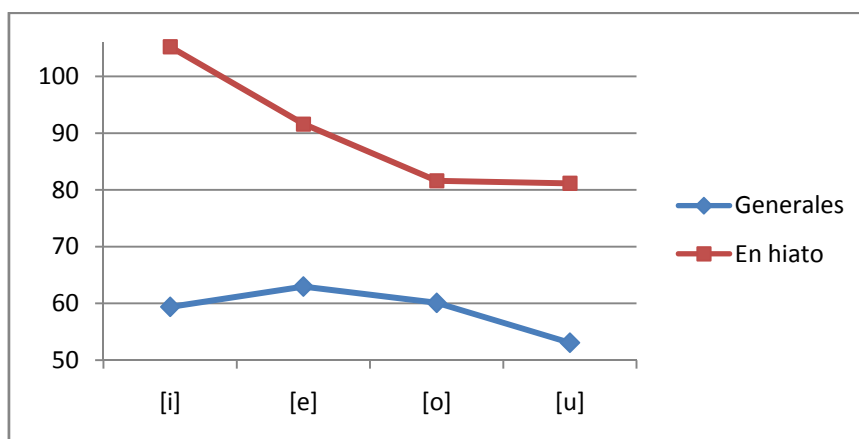
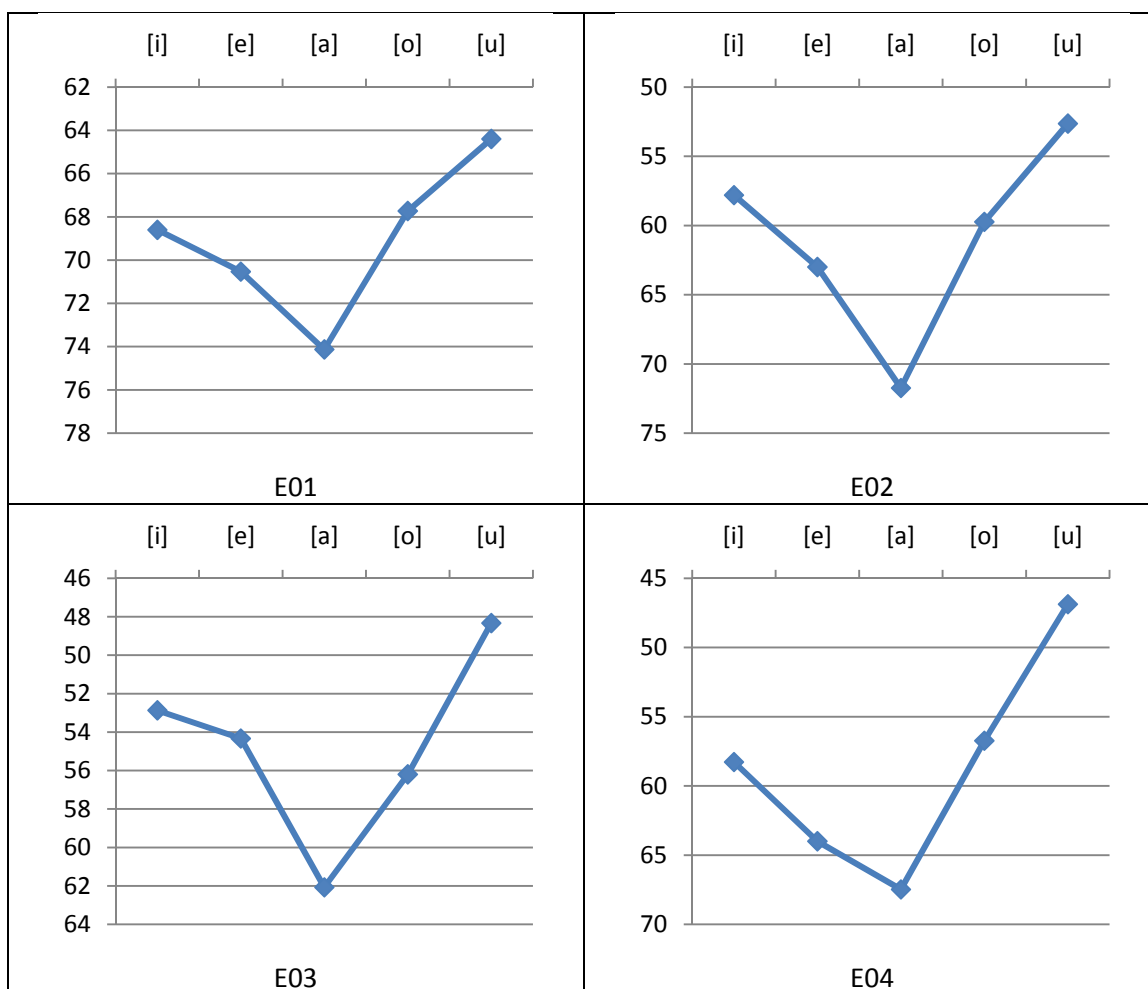


Figura 79.- Diferencia de duración de las vocales generales y en hiato

Trasladamos estos datos más fiables al habitual eje de coordenadas¹⁰⁸, para observar si los valores permiten relacionar la duración con la abertura vocálica:



¹⁰⁸ Como viene siendo habitual, las escalas se calculan individualmente para destacar la forma del triángulo.

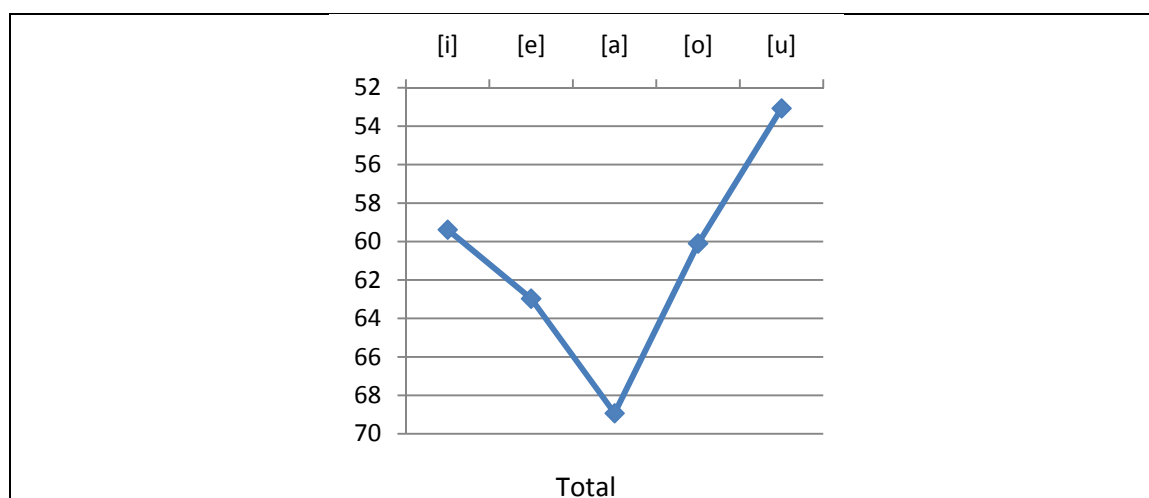


Figura 80.- Duración de las vocales del euskara

Como puede verse, los esquemas de la duración vocálica guardan relación con el triángulo vocálico teórico, de modo que no puede negarse una cierta relación entre la abertura y la duración de las vocales del euskara. Más concretamente:

- En los cuatro informantes, [i – u] son más breves que [a].
- En todos los casos, [a] es con diferencia la vocal más larga.
- Las vocales posteriores son más breves que sus correspondientes vocales anteriores (salvo la excepción de [e – o] en E03).
- La vocal [o] es incluso más breve que [i] en dos informantes (E01 y E04), pero no en los valores generales.

Las diferencias de duración advertidas no superan en ningún caso el umbral del 36% propuesto por Pamies-Fernández Planas (2002)¹⁰⁹, puesto que [a] es el 29,88% más larga que la vocal más breve ([u]), y la proporción es aún menor con respecto a [i]¹¹⁰.

Como en otras ocasiones, indagamos, por medio de la U de Mann-Whitney, si estas diferencias son estadísticamente significativas:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,48	0,03	0,83	0,18
[e]		-	0,28	0,36	0,06
[a]			-	0,04	0,00
[o]				-	0,26
[u]					-
E01					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,16	0,00	1,00	0,05
[e]		-	0,06	0,34	0,00
[a]			-	0,00	0,00
[o]				-	0,02
[u]					-
E02					

¹⁰⁹ Como en el caso del F0, no existe ninguna propuesta específica para el euskara sobre el umbral perceptivo de la duración. Por tanto, podemos tomar como referencia el valor manejado para el castellano, pero con la debida prudencia.

¹¹⁰ No obstante, la diferencia [u – a] alcanza el 36% en E02 y lo supera en E04. La distancia [a – i] es en todos los informantes menor al 36%.

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,32	0,00	0,20	0,17
[e]		-	0,01	0,62	0,06
[a]			-	0,03	0,00
[o]				-	0,01
[u]					-
E03					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,02	0,00	0,41	0,00
[e]		-	0,34	0,01	0,00
[a]			-	0,00	0,00
[o]				-	0,00
[u]					-
E04					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,29	0,00	0,80	0,00
[e]		-	0,00	0,05	0,00
[a]			-	0,00	0,00
[o]				-	0,00
[u]					-
Total					

Tabla 73.- Significatividad de U de Mann-Whitney de las duraciones del euskara (5 vocales)

Como puede apreciarse, las diferencias de duración entre las vocales poseen un alto nivel de significación estadística. En todos los casos, las diferencias entre las vocales cerradas [i – u] y la abierta [a] resultan significativas ($p < 0,05$). También son siempre o casi siempre significativas otras distancias, como [a – o], [u – e] y [u – o].

Puede afirmarse, por tanto, la relación entre duración y abertura vocálica. Esta relación no parece significativa desde la perspectiva perceptiva, pero sí lo es desde el punto de vista puramente estadístico. De todas maneras, pueden señalarse ciertas restricciones en esta relación:

- La duración de [i] ocupa un lugar intermedio entre las duraciones de [u] y de [a], que no corresponde a su grado de abertura (recordemos que [i] es en realidad, atendiendo al PMADAL, más cerrada que [u]).
- Algo similar podría decirse de [e] con respecto a [o]: posee casi siempre más duración, pero no es, de hecho, más abierta.

Como en las ocasiones precedentes, examinamos si la relación observada en los datos generales experimenta alguna variación en cada una de las condiciones particulares generadas por las dos variables manejadas: acento y posición silábica. Los datos aparecen trasladados al habitual eje de coordenadas inverso:

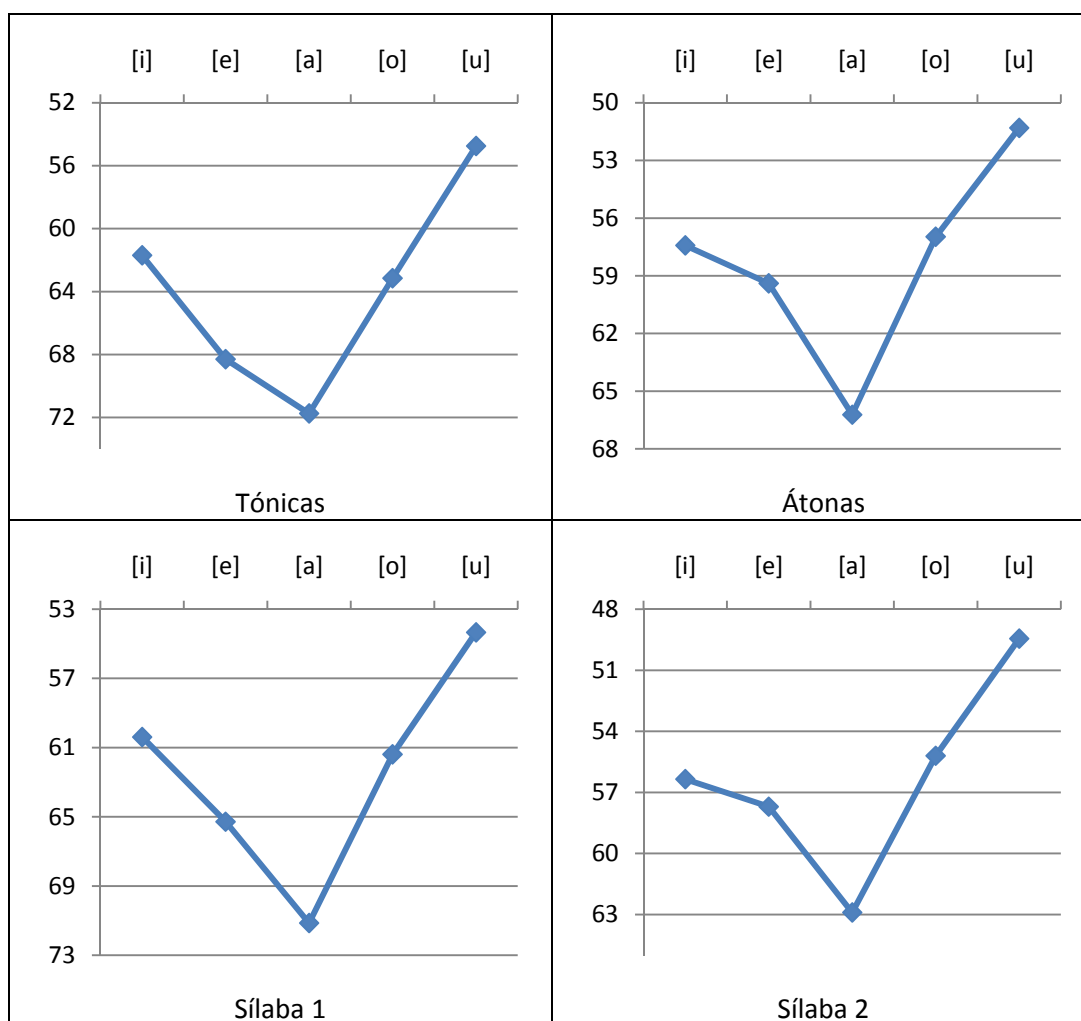


Figura 81.- Duración de las vocales del euskara (4 condiciones)

La forma de cuatros triángulos es bastante similar, lo que indica que las proporciones entre las diferentes duraciones no varían demasiado en las condiciones manejadas. Las características de la duración son muy similares a las ya señaladas anteriormente, con alguna pequeña diferencia menor:

- Las vocales cerradas [i – u] son más breves que la abierta [a].
- La vocal abierta [a] es siempre la más larga. La diferencia con el resto es muy notable (algo menos en las vocales tónicas).
- Las vocales medias [e – o] ocupan una posición intermedia, pero, agrupadas por el orden silábico, la [o] resulta más breve que la [i].
- Las vocales anteriores son más largas que sus respectivas vocales posteriores (hasta el punto de que [o] supera a [i] en las condiciones ya señaladas).
- La distancia [u – i] es siempre mayor que la distancia [e – o]. Del mismo modo, la distancia [i – e] es menor que la distancia [u – o].

Las diferencias observadas nunca superan el umbral perceptivo del 36%¹¹¹; la siguiente tabla muestra los valores de U de Mann-Whitney, que indican su significatividad estadística:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,00	0,00	0,69	0,02
[e]		-	0,12	0,04	0,00
[a]			-	0,00	0,00
[o]				-	0,01
[u]					-
Tónicas					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,42	0,00	0,93	0,00
[e]		-	0,01	0,26	0,00
[a]			-	0,00	0,00
[o]				-	0,00
[u]					-
Átonas					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,01	0,00	0,92	0,00
[e]		-	0,00	0,02	0,00
[a]			-	0,00	0,00
[o]				-	0,00
[u]					-
Sílabas 1					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,67	0,01	0,90	0,01
[e]		-	0,14	0,56	0,01
[a]			-	0,00	0,00
[o]				-	0,01
[u]					-
Sílabas 2					

Tabla 74.- Significatividad de U de Mann-Whitney de la duración del euskara (4 subgrupos)

Como puede verse, la mayoría de las diferencias de duración son estadísticamente significativas en las cuatro condiciones:

- [u] tiene una duración significativamente diferente de las del resto de las vocales.
- [a] tiene una duración significativamente diferente de las del resto de las vocales, a excepción de su diferencia con [e] en las vocales tónicas y en las situadas en la segunda sílaba.
- [i] tiene una duración significativamente diferente a las del resto de vocales a excepción de [o] (y, en ocasiones, también de [e]).

En definitiva, puede concluirse que la hipótesis que relaciona la duración de las vocales con su abertura parece cumplirse en euskara (al menos en el experimento efectuado), aunque, como es lógico, con ciertas matizaciones que no es necesario repetir.

Por último, examinamos la influencia de las dos variables en los valores generales de duración, por medio de la gráfica habitual:

¹¹¹ La distancia mayor, correspondiente a la distancia [u – a] de las vocales tónicas, alcanza el 31,05 %.

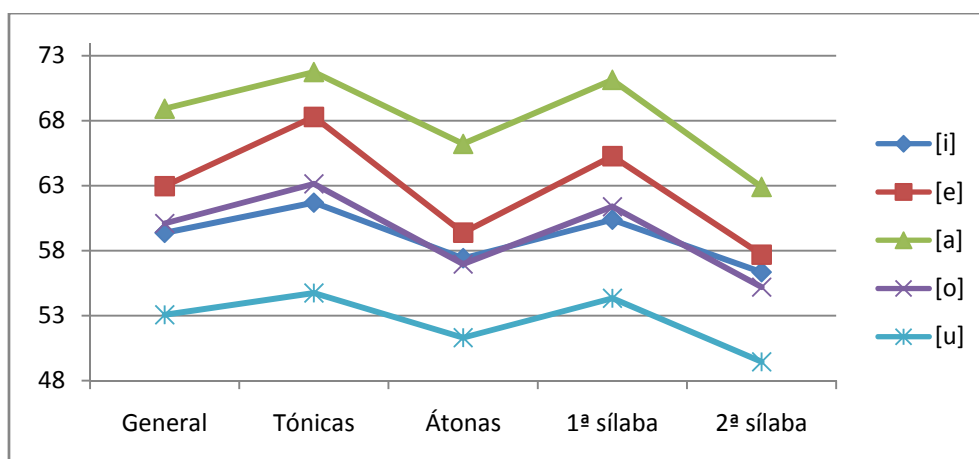


Figura 82.- Influencia del acento y la posición en la duración de las vocales del euskara

La gráfica muestra claramente la mayor duración de [a] y la menor de [u]. Entre estos dos extremos, [e] es algo más larga, mientras que [i] y [o] tienen una duración muy similar.

Las vocales tónicas son algo más largas que las átonas, y las situadas en la primera sílaba son también algo más largas que las situadas en la segunda¹¹². Las diferencias, sin embargo, no parecen muy acusadas; la siguiente tabla muestra las diferencias porcentuales y la significatividad de los valores de U de Mann-Whitney:

	Tónicas vs. átonas		1ª síl. vs. 2ª síl.	
	%	Sign.	%	Sign.
[i]	07,45	0,08	07,16	0,04
[e]	15,00	0,00	13,13	0,01
[a]	08,35	0,01	13,10	0,00
[o]	10,84	0,00	11,21	0,00
[u]	06,70	0,71	09,88	0,12

Tabla 75.- Diferencias entre la duración de las vocales

Una vez más, varias de las diferencias debidas a las dos variables estudiadas resultan estadísticamente significativas ($p < 0,05$), a pesar de su escasa relevancia perceptiva¹¹³. Es curioso que las vocales menos afectadas por estas variables sean precisamente las cerradas.

3.1.2.4. La intensidad vocálica

Llega el turno de analizar la intensidad vocálica. Distinguimos, como es habitual, los informantes de castellano y euskara. El objetivo principal vuelve a ser examinar la

¹¹² Hay que recordar que se han suprimido los valores correspondientes a las vocales tónicas en hiato en la segunda sílaba. De haberlos considerado, las diferencias serían sin duda más acusadas.

¹¹³ Recuerdo, una vez más, que esta afirmación debe manejarse con prudencia, puesto que el euskara carece de un estudio específico que calcule su umbral de percepción de las variaciones de duración vocálica.

relación entre el timbre (con especial atención a la abertura) y la intensidad de las vocales.

3.1.2.4.1. Las vocales del español

Como en los casos anteriores, comenzamos colocando en una tabla los valores de media y desviación de la intensidad vocálica de los cuatro informantes y del conjunto total¹¹⁴:

		[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
C01	Media	62,95	65,05	65,24	68,67	68,38
	Desviación	2,76	3,42	3,76	3,90	4,06
C02	Media	70,14	72,00	72,33	74,52	72,57
	Desviación	3,05	2,25	2,00	2,13	3,07
C03	Media	50,00	57,65	60,29	58,29	52,65
	Desviación	3,20	2,47	3,49	3,98	3,73
C04	Media	63,60	64,65	64,60	67,76	68,14
	Desviación	3,73	4,10	3,66	3,78	3,98
Total	Media	61,65	65,00	65,63	67,31	65,59
	Desviación	8,07	5,87	5,46	6,83	8,40

Tabla 76.- Intensidad de las vocales del español

El rango de variación de la intensidad vocálica es relativamente reducido en cada uno de los informantes, lo que origina a su vez una desviación individual reducida. No obstante, los cuatro rangos se sitúan en escalas diferentes¹¹⁵, lo que hace que la desviación aumente considerablemente en los datos totales.

Colocando los valores medios en un eje de coordenadas invertido, podremos observar si los datos de intensidad del experimento guardan alguna relación con la hipótesis que relaciona intensidad y abertura vocálica:

¹¹⁴ Como con las otras cualidades básicas, los estadísticos descriptivos de la distribución de los datos de intensidad vocálica se exponen en el Anexo 9.

¹¹⁵ El origen de esta variación está tanto en los rasgos particulares de cada hablante (mayor o menor volumen de voz) como en las condiciones de grabación (nivel de entrada, que es prácticamente imposible de equilibrar entre distintas sesiones de grabaciones y con distintos informantes) e incluso en las condiciones anímicas del informante en el momento de la grabación. Esta multiplicidad de factores heterogéneos hace que sea muy difícil, en la práctica, efectuar comparaciones sobre los valores de intensidad de los segmentos fónicos, como se ha señalado en su momento (apartado 3.1.1.3.).

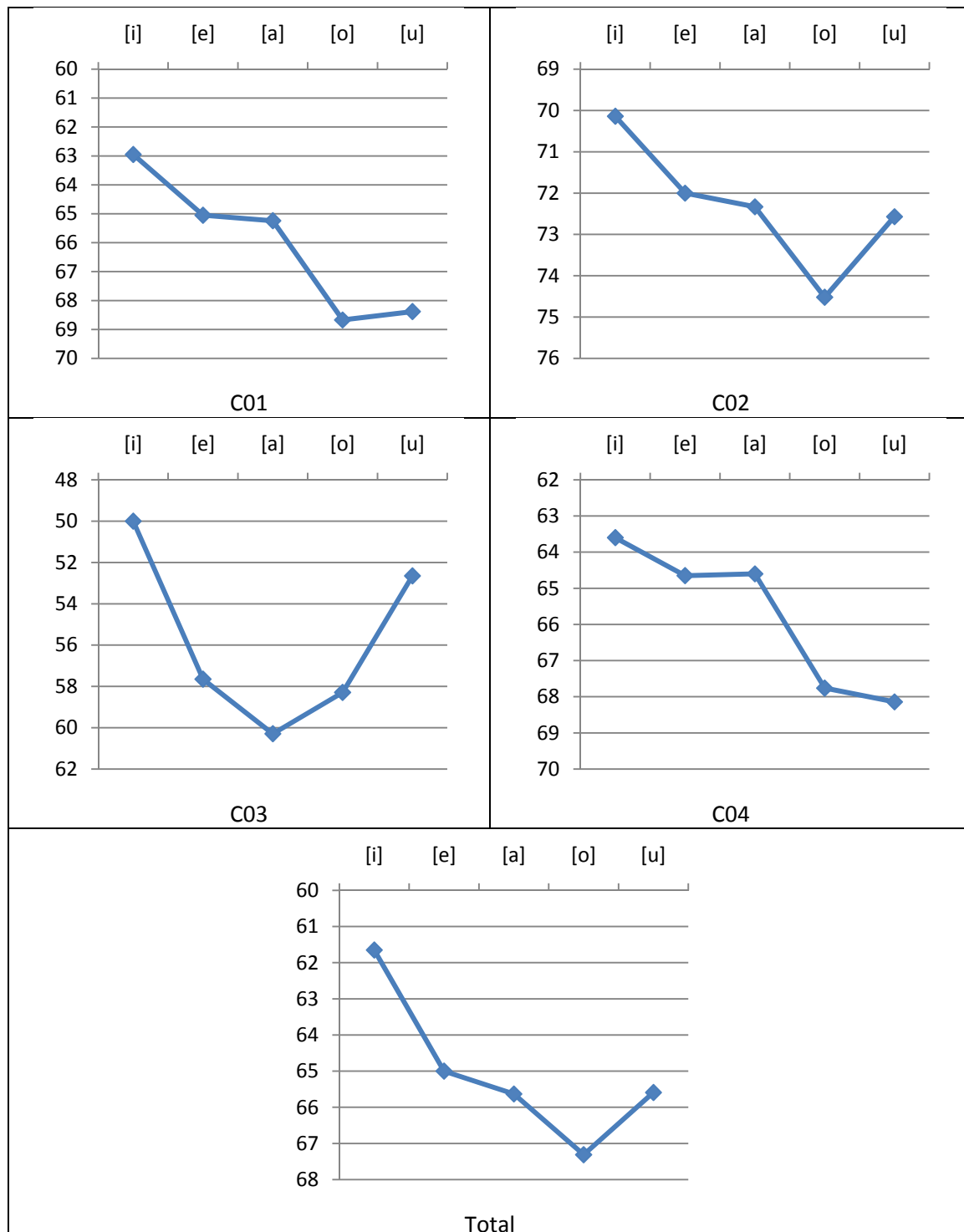


Figura 83.- Intensidad de las vocales del español

Las gráficas muestran claramente una distribución diferente entre los informantes, que presentan dos modelos bien diferenciados: el de C03 frente al del resto. Lógicamente, la gráfica de los valores totales es similar al segundo modelo, que agrupa a tres de los cuatro informantes.

El modelo de C03 responde con precisión a lo esperable según la hipótesis de la intensidad intrínseca, puesto que representa un triángulo casi perfecto: [i – u] son las

menos intensas y [a] es la más intensa; en medio de las vocales extremas, se sitúan [e – o].

El modelo de C01, C02 y C04 (y, por ende, el general) muestra la [i] como la vocal menos intensa, seguida de [e – a] con valores muy parejos entre sí (un poco más intensa la [a] en C01 y C02). La [o] es claramente más intensa que las anteriores; la [u] presenta una intensidad similar en dos informantes (mayor en C04 y menor en C03) y claramente menor –cercano al de la pareja [e – a]– en otro (C02).

De este modo, los valores generales muestran dos vocales claramente diferenciadas del resto: la [i] y la [o], con las intensidades menor y mayor, respectivamente. En medio, [e – a – u] presentan unos valores bastante semejantes.

Conviene ahora determinar si las diferencias apreciadas en estos dos modelos son estadísticamente significativas. Para ello, como siempre, calculamos los valores de U de Mann-Whitney:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,08	0,11	0,00	0,00
[e]		-	0,94	0,00	0,01
[a]			-	0,00	0,01
[o]				-	0,90
[u]					-
C01					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,04	0,00	0,00	0,02
[e]		-	0,38	0,00	0,46
[a]			-	0,00	0,77
[o]				-	0,02
[u]					-
C02					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,00	0,00	0,00	0,01
[e]		-	0,00	0,29	0,00
[a]			-	0,10	0,00
[o]				-	0,00
[u]					-
C03					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,34	0,54	0,00	0,00
[e]		-	0,43	0,03	0,00
[a]			-	0,01	0,00
[o]				-	0,60
[u]					-
C04					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,02	0,00	0,00	0,00
[e]		-	0,50	0,01	0,16
[a]			-	0,05	0,41
[o]				-	0,28
[u]					-
Total					

Tabla 77.- Significatividad de U de Mann-Whitney de las intensidades del español (5 vocales)

La [i] presenta unos valores de intensidad significativamente menores que los del resto de vocales, salvo con [e – a] en C01 y C03. En el lado opuesto, la vocal más intensa, la [o], también es significativamente diferente a la mayoría de las otras vocales, aunque con más excepciones que en el caso anterior:

- No es significativamente distinta de [u] en C01, C03 ni en el cómputo total.

- No es significativamente distinta de [a] en C03 y está en el límite en el cómputo general.
- No es significativamente distinta de [e] en C03.

La vocal [u] no resulta significativamente diferente de [a] en los datos generales (aunque sí lo es en C01, C03 y C04), y es significativamente diferente de [i] en todos los casos.

Estos datos muestran diferencias significativas, aunque no constantes¹¹⁶, entre las tres vocales extremas [i – a – u]. Sin embargo, los valores no pueden explicarse por la relación entre abertura e intensidad, puesto que, salvo la excepción la señalada de C03, no es [a] la vocal más intensa, sino [u].

De esta manera, es de suponer que, al calcular la U de Mann-Whitney distinguiendo los tres grados teóricos de abertura, los resultados corroboren lo observado hasta el momento:

C01				C02			
	[i – u]	[e – o]	[a]		[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,20	0,59	[i – u]	-	0,00	0,16
[e – o]		-	0,12	[e – o]		-	0,22
[a]			-	[a]			-
C03				C04			
	[i – u]	[e – o]	[a]		[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,00	0,00	[i – u]	-	0,86	0,23
[e – o]		-	0,01	[e – o]		-	0,05
[a]			-	[a]			-
Total							
	[i – u]	[e – o]	[a]				
[i – u]	-	0,02	0,27				
[e – o]		-	0,46				
[a]			-				

Tabla 78.- Significatividad de U de Mann-Whitney de la duración del español (3 grados de abertura)

Efectivamente, el informante C03 –y sólo este informante– muestra unas diferencias significativas entre los tres grados de abertura, coincidentes con la hipótesis de la intensidad intrínseca.

¹¹⁶ La diferencia [i – a] no es significativa en C01 y C04. La diferencia [a – u] no es significativa en C02 ni en los valores totales.

En el resto de los casos, se aglutinan dos parejas ([i – u] y [e – o]) con valores muy separados entre sí. Por tanto, las diferencias entre los tres grados no son significativas, salvo la excepción de la oposición de vocales cerradas y medias en C02¹¹⁷.

Considerando los cuatro grados de abertura obtenidos en el análisis articulatorio, los valores estadísticos son los siguientes:

	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,00	0,00	0,11
[e – u]		-	0,08	0,14
[o]			-	0,00
[a]				-
C01				
	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,01	0,00	0,00
[e – u]		-	0,00	0,73
[o]			-	0,00
[a]				-
C02				
	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,00	0,00	0,00
[e – u]		-	0,00	0,00
[o]			-	0,10
[a]				-
C03				
	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,01	0,00	0,54
[e – u]		-	0,34	0,05
[o]			-	0,01
[a]				-
C04				
	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,00	0,00	0,00
[e – u]		-	0,03	0,93
[o]			-	0,05
[a]				-
Total				

Tabla 79.- Significatividad de U de Mann-Whitney de la intensidad del español (4 grados de abertura)

La informante C03, que distingue los tres grados de abertura, tolera en esta ocasión la distinta agrupación de [e – o – u], pero no resiste la distinción entre el tercer y cuarto grado de abertura (es decir, entre [o] y [a]).

El primer grado de abertura ([i]) resulta significativamente diferente de los otros tres, salvo dos excepciones llamativas –C01 y C04–, en las que la diferencia no es apreciable entre los dos grados extremos diferenciados ([i – a]).

El segundo grado ([e – u]) sólo se muestra diferente del resto de los grados en C03. En el resto de los informantes, sus resultados son confusos y no permiten sostener la distinción.

El tercer grado ([o]) es significativamente diferente del primero y del cuarto –salvo en el modelo de C03–, pero no del segundo, cuyos resultados son confusos. Los datos generales, no obstante, camuflan en cierto modo estos resultados.

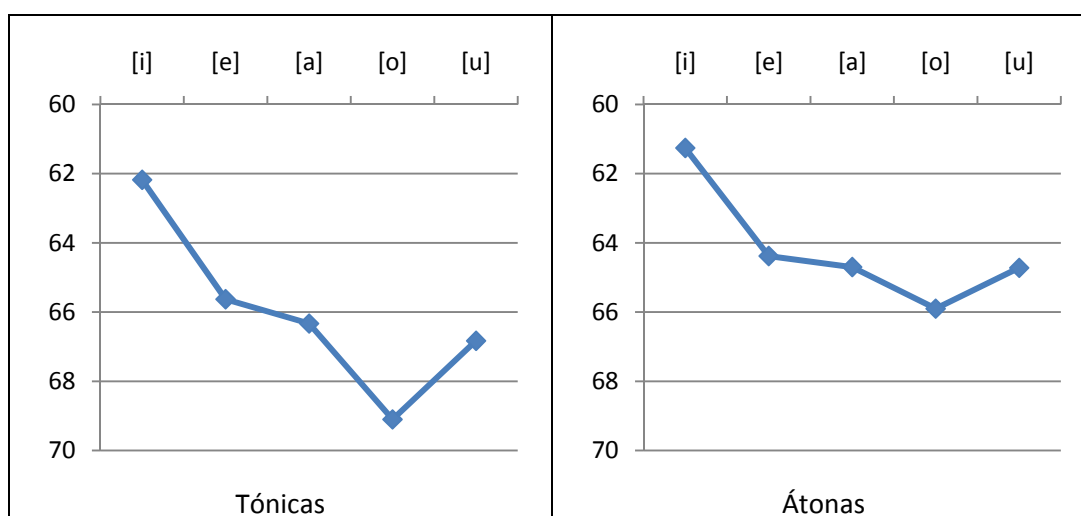
¹¹⁷ Para que esta oposición también resulte significativa en el cómputo general, es fundamental la influencia de los valores de C03.

El cuarto grado de abertura ([a]) no consigue diferenciarse de los otros tres grados en ninguno de los informantes. Considerando los datos generales, resulta significativamente diferente del primer grado e incluso del tercero, pero de ninguna manera del segundo.

En resumen, la agrupación [e – u] no se ve corroborada por los valores de U de Mann-Whitney, mientras que algunos otros resultados tampoco se muestran acordes con la gradación propuesta.

De todo lo anterior, puede concluirse que algunas diferencias de intensidad pueden asociarse con diferencias de timbre; pero no queda en modo alguno claro que la razón de esa asociación sea el grado de abertura de cada timbre vocálico, salvo en el caso de C03. De hecho, al menos para los otros tres informantes, los valores de intensidad podrían relacionarse mucho más claramente con la disposición en el eje antero-posterior¹¹⁸.

Como con las otras cualidades vocálicas básicas, podemos examinar seguidamente si la hipótesis de la intensidad intrínseca se cumple más exactamente en alguna de las condiciones manejadas en el experimento. Colocamos las gráficas correspondientes a los valores generales:



¹¹⁸ Bien es verdad que semejante asociación tampoco correspondería a la teórica [i – e] vs. [a] vs. [o – u], sino a esta otra: [i] vs. [e – a] vs. [o – u], o incluso a esta tercera: [i] vs. [e – a – u] vs. [o]. Una vez más, se comprueba que una diferencia estadísticamente significativa puede carecer de sentido fonético.

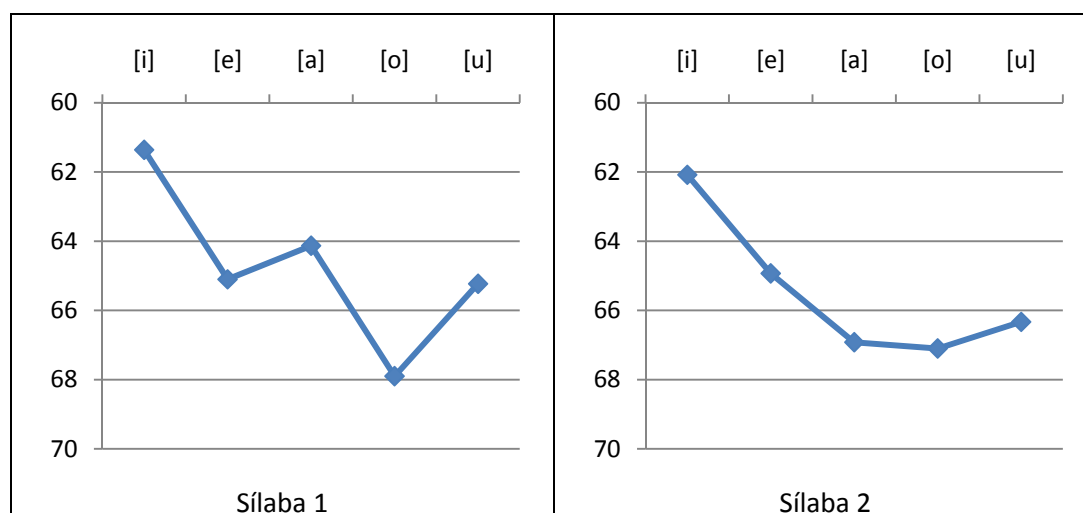


Figura 84.- Intensidad de las vocales del español (4 condiciones)

Como era de prever, la situación no varía demasiado. La gráfica de las vocales tónicas es casi idéntica a la de los valores generales. La de las vocales átonas es muy similar, pero con un rango algo menor, que difumina las diferencias y tiende a igualar los valores de [e – a – o – u]. Algo parecido ocurre con las vocales situadas en la segunda sílaba del logatomo, aunque en este caso parece que [e] se separa un tanto y ocupa una situación intermedia entre [i] y [a – o – u]. Las vocales situadas en la primera sílaba muestran unas intensidades de [e – u] similares, una mayor intensidad de [o], pero una intensidad de [a] curiosamente pequeña. Los valores estadísticos de U de Mann-Whitney apenas aportan más información:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,10	0,02	0,00	0,00
[e]		-	0,53	0,01	0,11
[a]			-	0,04	0,25
[o]				-	0,23
[u]					-
Tónicas					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,13	0,19	0,00	0,02
[e]		-	0,88	0,21	0,50
[a]			-	0,30	0,54
[o]				-	0,59
[u]					-
Átonas					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,06	0,26	0,00	0,00
[e]		-	0,27	0,03	0,35
[a]			-	0,00	0,16
[o]				-	0,20
[u]					-
Sílabla 1					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,21	0,02	0,00	0,01
[e]		-	0,12	0,04	0,08
[a]			-	0,67	0,65
[o]				-	0,99
[u]					-
Sílabla 2					

Tabla 80.- Significatividad de U de Mann-Whitney de la intensidad del español (4 subgrupos)

En las vocales tónicas, sólo las dos extremas (la menos intensa [i] y la más intensa [o]) resultan en la mayoría de los casos significativamente diferentes del resto. En las vocales átonas, estas dos vocales sólo resultan diferentes entre sí (aunque también lo es la distancia [i – o]).

Considerando las vocales situadas en la primera sílaba, sólo resultan significativas las diferencias de intensidad entre [i] y [o – u] y entre [o] y [e – a]. En las segunda sílaba, las diferencias se reducen: [i] con [o – u], pero sólo [o] con [a].

En definitiva, los datos de intensidad, a pesar de mostrar ciertas diferencias significativas entre diferentes combinaciones vocálicas, no permiten sostener la hipótesis que relaciona intensidad con abertura, ni en el conjunto de los datos ni en ninguna de las condiciones en que éstos pueden distribuirse.

Por último, examinamos la influencia de las dos variables manejadas (acento y posición) en la intensidad vocálica, por medio del gráfico habitual:

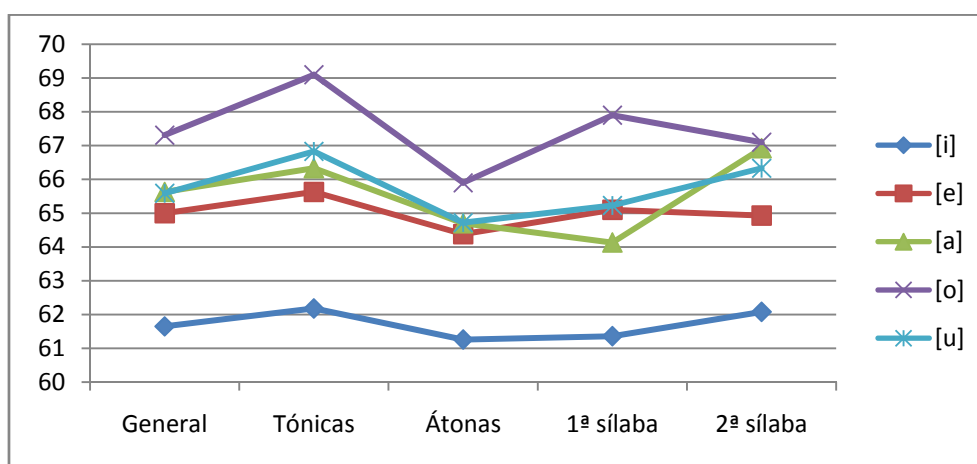


Figura 85.- Influencia del acento y la posición en la intensidad de las vocales del español

El comportamiento de la intensidad con respecto a estas variables es algo diferente del observado con las otras cualidades acústicas¹¹⁹. Las vocales tónicas presentan algo más de intensidad que las átonas (al igual que duración y tono fundamental, aunque con diferencias menos acusadas), pero las situadas en la segunda sílaba, que presentaban unos valores de *pitch* y de duración notablemente mayores que las situadas en la primera sílaba, en este caso no siempre resultan más intensas; de hecho, [o] y [e] son menos intensas. El cálculo de los valores de U de Mann-Whitney corrobora estas apreciaciones; en la tabla siguiente también se coloca, como en ocasiones precedentes, la proporción que supone cada variación de intensidad:

	Tónicas vs. átonas		1ª síl. vs. 2ª síl.	
	%	Sign.	%	Sign.
[i]	1,50	0,49	-1,16	0,49
[e]	1,94	0,42	+0,26	0,99
[a]	2,51	0,18	-4,17	0,02
[o]	4,85	0,05	+1,19	0,78
[u]	3,26	0,15	-1,66	0,11

Tabla 81.- Diferencias entre la intensidad de las vocales

¹¹⁹ Además, la gráfica permite distinguir las dos vocales que en el análisis precedente aparecían regularmente con valores destacados: la más intensa [o] y la menos intensa [i].

Como puede verse, las diferencias de intensidad entre las vocales en las distintas condiciones son muy pequeñas¹²⁰, casi inapreciables en buena parte de los casos. De hecho, sólo hay una diferencia significativa: la de la intensidad de [a] situadas en la primera o en la segunda sílaba. En resumen, la intensidad vocálica apenas se ve modificada por las variables de acento y posición silábica.

3.1.2.4.2. Las vocales del euskara

Colocamos seguidamente los datos de media y desviación de la intensidad de las vocales de los cuatro informantes, así como los correspondientes al conjunto¹²¹:

		[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
E01	Media	58,15	65,20	63,38	64,79	60,40
	Desviación	4,88	6,13	4,57	5,95	5,10
E02	Media	60,45	62,80	60,87	62,85	64,06
	Desviación	4,19	2,82	2,72	2,47	4,89
E03	Media	59,90	64,25	64,33	65,65	66,50
	Desviación	2,71	2,78	2,69	2,25	2,58
E04	Media	63,20	64,70	61,73	65,25	66,15
	Desviación	1,93	3,60	3,15	2,90	4,42
Total	Media	60,43	64,24	62,59	64,63	64,29
	Desviación	3,99	4,09	3,57	3,57	4,93

Tabla 82.- Intensidad de las vocales del euskara

La variación de los valores de intensidad de estas vocales es bastante pequeña, y tampoco hay demasiada variación entre los informantes (E03 posee la escala menor; E01, la mayor), de modo que las desviaciones de los valores totales no exceden de los valores máximos registrados por los informantes particulares. Tampoco cabe asegurar que exista mayor variación de unas vocales con respecto a otras, puesto que la relación varía mucho de un informante a otro. No obstante, tal vez podría señalarse a [u] como la vocal más variable en cuanto a su intensidad.

Confeccionamos la habitual gráfica con los valores de la tabla, para comprobar si cumplen la hipótesis que relaciona intensidad con abertura vocálica:

¹²⁰ Recordemos que las diferencias de duración de las mismas vocales oscilaban entre el 16,15 y el 28,35%.

¹²¹ Como de costumbre, los principales estadísticos descriptivos de la distribución de los valores de la intensidad vocálica se muestran en el Anexo 9.

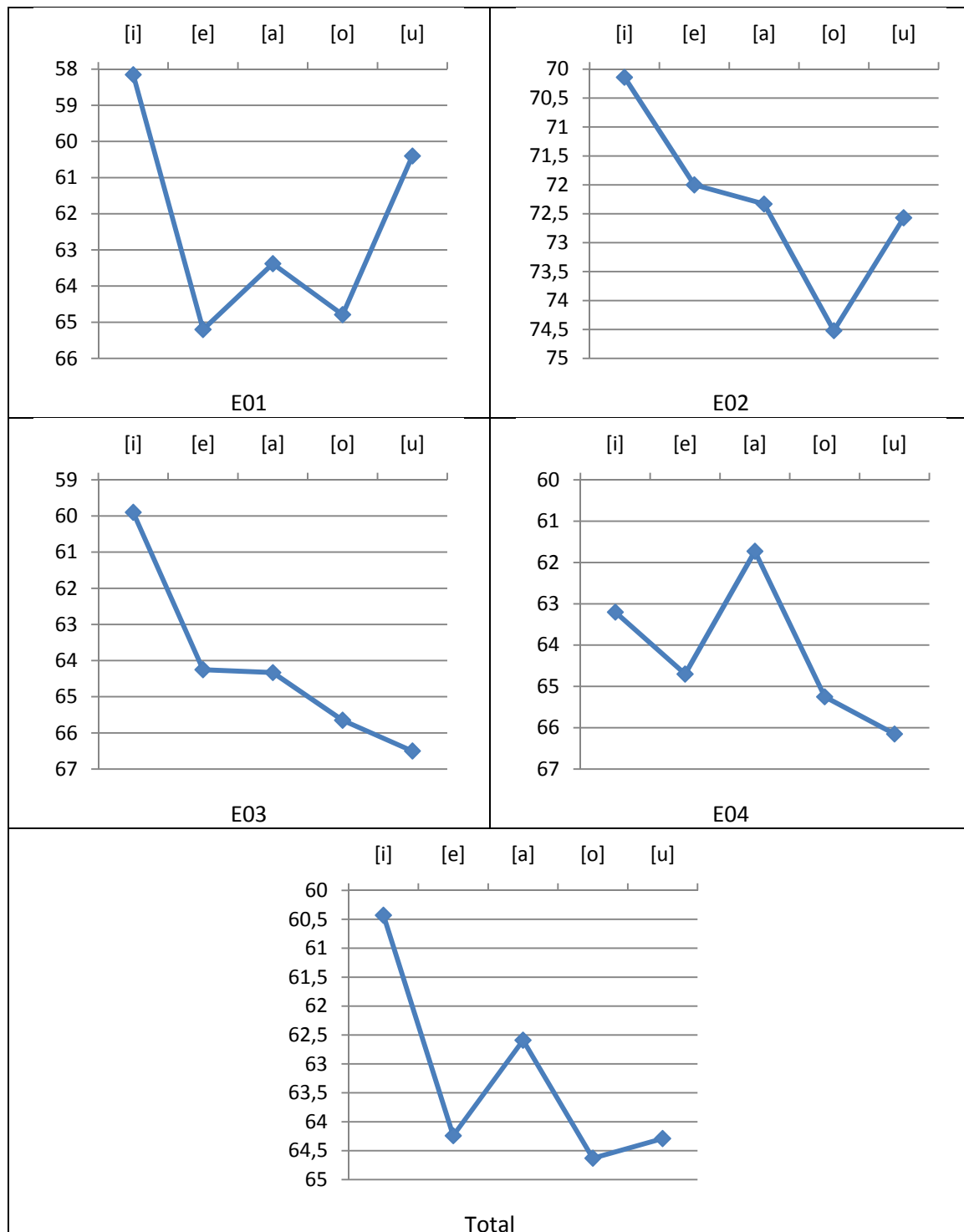


Figura 86.- Intensidad de las vocales del euskara

La relación de los valores de intensidad de las vocales en los cuatro informantes parece, sencillamente, aleatoria. Pueden encontrarse algunas relaciones casi constantes, aunque de dudosa significación fonética:

- [i] es la vocal menos intensa (salvo en E04).
- Las vocales anteriores [i – u] son menos intensas que sus correspondientes vocales posteriores [o – u] (salvo e- o] de E01).

- Tres informantes (E02, E03, E04) parecen poseer un modelo en el que la intensidad aumenta a medida que la vocal se retrasa. En dos de ellos, una vocal rompe esa tendencia: [o] en E02 y [a] en E04.

No parece, por tanto, que la hipótesis de la intensidad intrínseca se cumple en este experimento.

Comprobemos, como siempre, la significatividad estadística de las diferencias de intensidad entre las vocales:

E01						E02					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]		[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,00	0,00	0,00	0,17	[i]	-	0,12	0,80	0,16	0,09
[e]		-	0,29	0,66	0,01	[e]		-	0,06	0,96	0,55
[a]			-	0,48	0,09	[a]			-	0,09	0,08
[o]				-	0,02	[o]				-	0,51
[u]					-	[u]					-
E03						E04					
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]		[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,00	0,00	0,00	0,00	[i]	-	0,13	0,14	0,00	0,00
[e]		-	0,70	0,08	0,00	[e]		-	0,01	0,49	0,09
[a]			-	0,26	0,03	[a]			-	0,00	0,00
[o]				-	0,22	[o]				-	0,19
[u]					-	[u]					-
Total											
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]						
[i]	-	0,00	0,01	0,00	0,00						
[e]		-	0,01	0,45	0,52						
[a]			-	0,00	0,00						
[o]				-	0,93						
[u]					-						

Tabla 83.- Significatividad de U de Mann-Whitney de las intensidades del euskara (5 vocales)

Una rápida comprobación de la significatividad de las diferencias de intensidad entre las vocales extremas de los cuatro informantes muestra que el comportamiento de dicha magnitud no se sujeta a ningún parámetro predecible:

- La vocal [i] no se distingue por su intensidad de ninguna otra vocal en E02 y E03; en cambio, se distingue de todas menos de [u] en E01 y sólo se distingue de [o – u] en E04.
- La vocal [u] se distingue por su intensidad de dos vocales en E01 y E04 (pero se trata de vocales distintas: [e – o] y [i – a], respectivamente); se distingue de tres en E03 ([i – e – o]) y de ninguna en E02.
- La vocal [a] se distingue sólo de [i] en E01, de [i – u] en E03, de [e – o – u] en E04, y de ninguna en E02.

Atendiendo a los valores generales, los resultados son más ordenados: [i] y [a] se diferencian del resto de las vocales, mientras que [u] sólo se diferencia de las otras dos vocales extremas [i – a]. Lo importante, más allá de la significatividad estadística, es que las proporciones de los tres elementos no son las acordes a la hipótesis de la intensidad intrínseca, puesto [a] ocupa la posición intermedia y es [u] la más intensa.

La comprobación de la significatividad estadística agrupando las vocales por su grado teórico de abertura permitirá abundar en lo expuesto:

	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,00	0,01
[e – o]		-	0,30
[a]			-
E01			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,48	0,28
[e – o]		-	0,04
[a]			-
E02			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,05	0,41
[e – o]		-	0,67
[a]			-
E03			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,69	0,00
[e – o]		-	0,00
[a]			-
E04			
	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,00	0,93
[e – o]		-	0,00
[a]			-
Total			

Tabla 84.- Significatividad de U de Mann-Whitney de la duración del euskara (3 grados de abertura)

El resultado de unir los valores extremos de [i – u] es parecido al valor de [a]. Por tanto, no se distingue entre sí, pero sí se distinguen de [e – o]. Las distintas proporciones que presentan los cuatro informantes hacen que las asociaciones de significatividad sean variables e impredecibles.

Examinada la intensidad del conjunto de las vocales analizadas, y las variaciones asociadas a los cuatro informantes, comprobamos seguidamente dicha magnitud vocálica en las cuatro condiciones generadas por las dos variables manejadas: acento y posición silábica. Aparecen seguidamente las gráficas correspondientes:

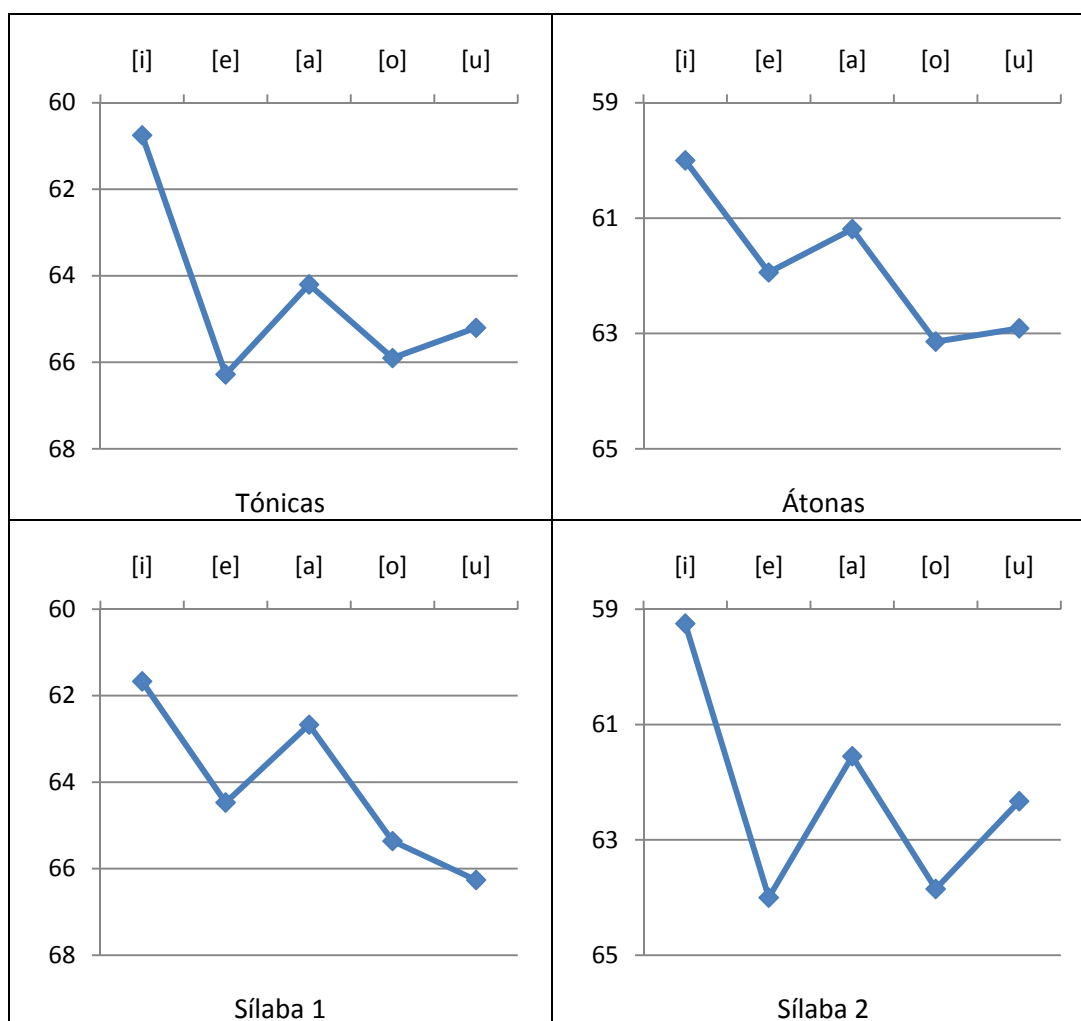


Figura 87.- Intensidad de las vocales del euskara (4 condiciones)

La relación entre las cinco intensidades vocálicas no varía excesivamente en ninguna de las condiciones distinguidas, y es bastante similar a la correspondiente a los valores totales (fig. 86). El rango de la intensidad es mayor en las vocales tónicas que en las átonas, y también lo es en las vocales situadas en la segunda sílaba. Podría aducirse en este caso la posible influencia de las vocales tónicas en hiato. Si se apartaran estas vocales para el cómputo final (como se ha hizo en el apartado 3.1.2.3.2), los rangos de intensidad de las dos condiciones disminuirían considerablemente, como se muestra en la siguiente figura:

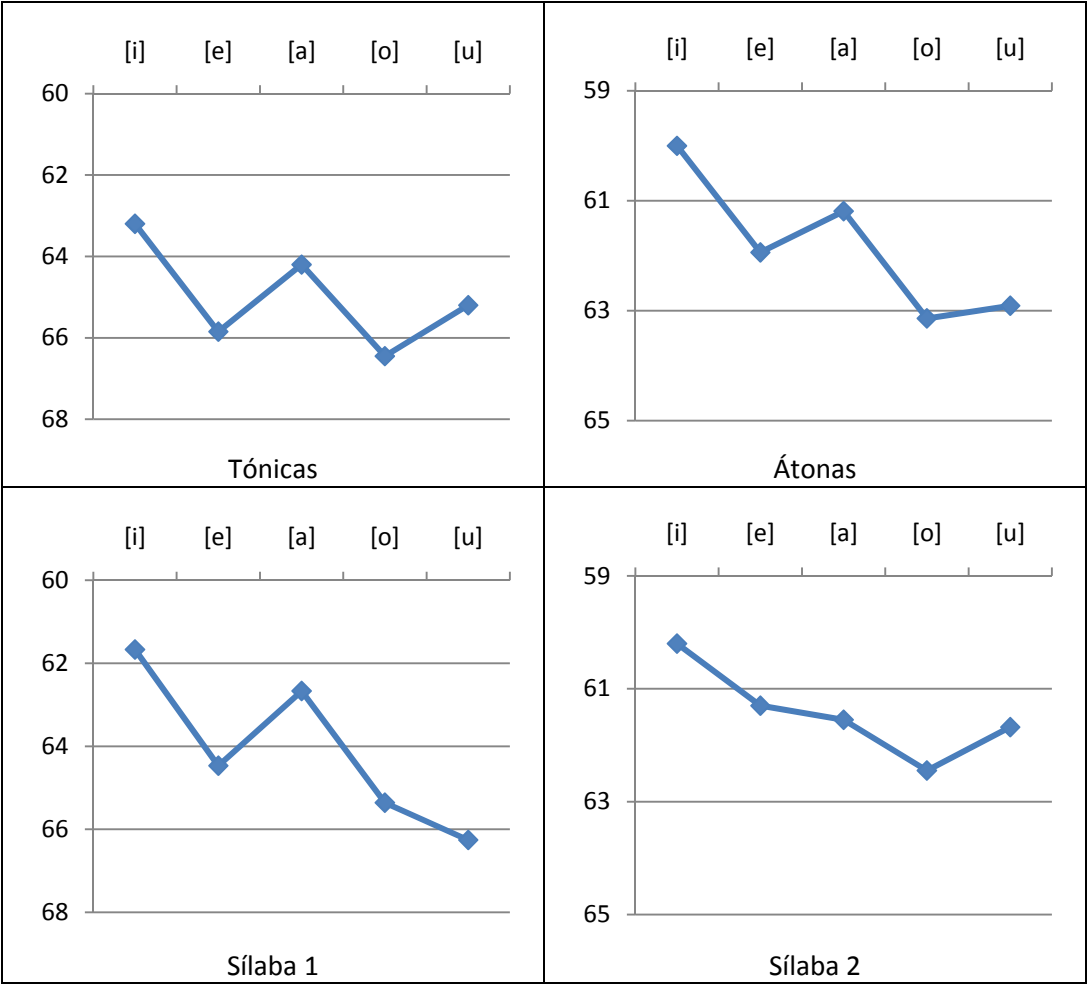


Figura 88.- Intensidad de las vocales del euskara (4 condiciones, sin tónicas en hiato)

En cualquier caso, las relaciones de intensidad parece que puedan deberse más al grado de antero-posterioridad vocálica que al de abertura. Efectivamente, en todas las condiciones puede establecerse la gradación [i – a – u] de menos a más intensidad. Las diferencias son siempre muy pequeñas, y casi nunca superan el umbral de la significatividad estadística, como muestra la siguiente tabla:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,00	0,00	0,00	0,00
[e]		-	0,06	0,59	0,31
[a]			-	0,12	0,26
[o]				-	0,42
[u]					-
Tónicas					

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,09	0,56	0,00	0,00
[e]		-	0,25	0,14	0,13
[a]			-	0,02	0,04
[o]				-	0,80
[u]					-
Átonas					

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,00	0,48	0,00	0,00
[e]		-	0,05	0,23	0,00
[a]			-	0,00	0,00
[o]				-	0,22
[u]					-
Sílabas 1					

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,00	0,06	0,00	0,00
[e]		-	0,05	0,97	0,19
[a]			-	0,01	0,27
[o]				-	0,22
[u]					-
Sílabas 2					

Tabla 85.- Significatividad de U de Mann-Whitney de la intensidad del euskara (4 subgrupos)

En las vocales tónicas, la [i] presenta una intensidad significativamente diferente a la del resto de vocales, cuyos valores son muy cercanos. En las átonas, más agrupadas en su conjunto, son significativas las diferencias de [o – u] frente a [i] y [a].

Agrupadas por su orden de sílaba, la [i] es en ambos casos significativamente diferente del resto de vocales, a excepción de [a]. Por su parte, [a] es significativamente diferente a las vocales posteriores en la primera sílaba, y sólo a [o] en la segunda. La intensidad de [u] es significativamente diferente a la del resto de vocales (salvo la de [o]) en la primera sílaba, pero únicamente distinta de la de [i] en la segunda.

Los datos varían, obviamente, si volvemos a excluir del cómputo a las vocales tónicas en el hiato de la segunda sílaba. Dos son las condiciones afectadas: las vocales tónicas y las situadas en la segunda sílaba; éstos son los datos correspondientes:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,00	0,20	0,00	0,00
[e]		-	0,16	0,52	0,08
[a]			-	0,04	0,00
[o]				-	0,46
[u]					-
Tónicas					

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,60	0,56	0,07	0,19
[e]		-	0,94	0,30	0,53
[a]			-	0,32	0,44
[o]				-	0,79
[u]					-
Sílaba 2					

Tabla 86.- Significatividad de U de Mann-Whitney de la intensidad del euskara (2 subgrupos, sin tónicas en hiato)

Las vocales situadas en la segunda sílaba, excluidas las tónicas, no muestran ninguna diferencia significativa de intensidad. En el cómputo de las tónicas sin dichas vocales en hiato, la vocal [a] deja de ser significativamente diferente a [i], pero ahora sí lo es con respecto a las posteriores [o – u].

Lo importante en este complejo juego de relaciones entre las vocales según las diferentes condiciones de análisis es que, prácticamente en ningún caso, dichas relaciones operan en la dirección esperable por la hipótesis de partida. Puede concluirse, en resumen, que la hipótesis de la intensidad intrínseca, al menos en el experimento realizado, no se cumple en las vocales del euskara.

Como se ha llevado a cabo en el resto de las ocasiones, examinamos ahora la distribución de los valores de intensidad vocálica según las dos variables manejadas, por medio de la gráfica habitual:

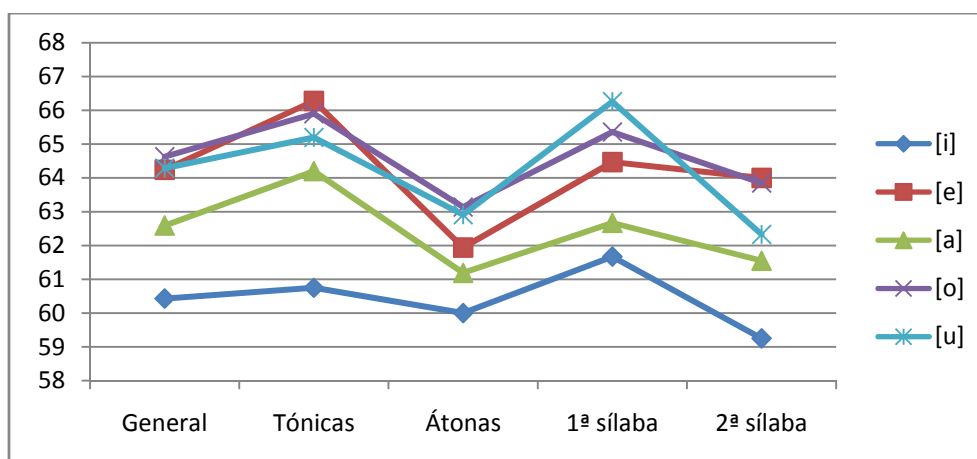


Figura 89.- Influencia del acento y la posición en la intensidad de las vocales del euskara

En primer lugar, se observa gráficamente lo comentado anteriormente: el elemento que se mueve en un rango algo diferente al del resto es [i] y, acaso ligeramente, también [a]. Las relaciones de intensidad no se comportan, desde luego, de acuerdo con la hipótesis.

Por lo demás, las vocales tónicas son más intensas que las átonas, y también lo son las vocales situadas en la primera sílaba. Esta caída de la intensidad en la segunda sílaba con respecto a la primera¹²² es más acusada en las vocales altas [i – u].

Colocamos seguidamente la habitual tabla con los valores porcentuales de variación y su significatividad estadística:

	Tónicas vs. átonas		1ª síl. vs. 2ª síl.	
	%	Sign.	%	Sign.
[i]	1,25	0,58	4,08	0,01
[e]	7,00	0,00	0,73	0,55
[a]	4,91	0,00	1,81	0,29
[o]	4,37	0,00	2,36	0,09
[u]	3,64	0,10	6,30	0,00

Tabla 87.- Diferencias entre la intensidad de las vocales

Una vez más, se observa que diferencias que son estadísticamente significativas ($p < 0,05$) no lo parecen en absoluto desde la perspectiva perceptiva, puesto que su porcentaje de variación nunca sobrepasa el 7%¹²³.

¹²² No parece que pueda argumentarse ninguna razón de índole entonativa para explicar esta caída. Más bien puede tratarse del acento, o mejor dicho, de su diferente influencia según la sílaba: las vocales átonas en segunda sílaba decrecen su intensidad más que lo que la aumentan las tónicas en la misma posición.

¹²³ Estos mismos valores, en la duración, oscilaban entre el 7,16% y el 15,00%.

3.2. EL TIMBRE VOCÁLICO

Tras examinar las cualidades acústicas básicas de los sonidos vocálicos en el ámbito vasco-románico, en este apartado se examinará su timbre vocálico. Sería tan prolijo como innecesario detallar aquí las contribuciones teóricas sobre la caracterización acústica del timbre vocálico. Un resumen suficiente se realiza en Iribar (2011).

En este trabajo asumimos que el timbre vocálico resulta suficientemente descrito desde la perspectiva acústica con la información referida a la altura frecuencial media de los dos primeros formantes fonéticos (F1 y F2) ¹²⁴.

3.2.1. Estado de la cuestión y primeros trabajos

Para revisar la información disponible sobre la cuestión, es necesario acudir a tres trabajos propios anteriores. En el primero (Iribar: 2011) se realiza un resumen cabal de la abundante información referida al castellano. En el segundo (Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar 1995) se proporcionan los datos más completos y fiables existentes hasta el momento sobre el euskara. Es importante destacar que los datos de Iribar (2011) sobre el español conciernen básicamente al español general estándar (sobre todo peninsular), puesto que apenas existen análisis acústicos del vocalismo del español del País Vasco. El único trabajo que trata, aunque de manera muy parcial, esta cuestión es Iribar-Túrriz (2001) ¹²⁵.

3.2.1.1. El timbre vocálico del castellano

Desde hace más de medio siglo se suceden los análisis acústicos acerca de la estructura formántica del vocalismo del español. Los datos de los distintos estudios, como es de prever, no coinciden entre sí, puesto que, para empezar, los protocolos experimentales varían. Iribar (2011) toma algunas de las propuestas más destacadas (Alarcos 1950, Delattre 1965, Quilis-Esgueva 1983, Martínez Celdrán 1984, Albalá et al. 2008) como si fueran valores reales, y confecciona con ellos una gráfica de áreas de dispersión, que en este caso indica las áreas acústicas en las que se sitúan los valores formánticos medios de las vocales del español. No hay que olvidar que, en última instancia, lo importante no es el valor concreto de un formante, sino el área de dispersión en el que dicho valor puede oscilar en el habla real, o lo que es lo mismo, los límites de su libertad de variación tímbrica. Ésta es la figura resultante:

¹²⁴ No obstante, en las páginas siguientes se suministrará información sobre el tercer formante (F3), así como la referida a los anchos de banda y las intensidades de los tres formantes.

¹²⁵ No obstante, en Túrriz (1988) ya se realizan algunas observaciones interesantes sobre el vocalismo del español del País Vasco.

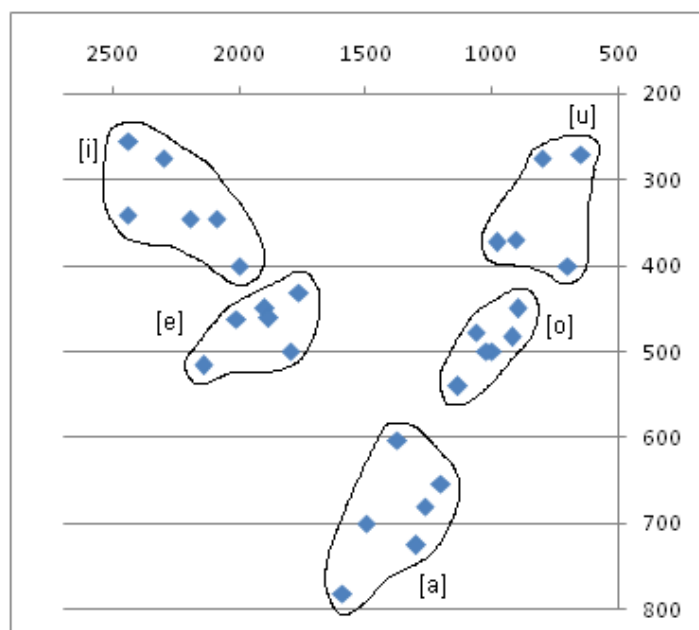


Figura 90.- Áreas de dispersión de los valores medios del vocalismo del español (varios autores)

Para apreciar adecuadamente las características fonéticas de las vocales del español, conviene realizar una comparación con las vocales cardinales (Jones 1917). Para ello, colocamos, en una carta de formantes aritmética¹²⁶, los valores acústicos de las vocales cardinales (según Delattre-Liberman-Cooper-Gerstman 1952) y los valores propuestos para el español en dos trabajos clásicos: Quilis-Esgueva (1983) y Martínez Celdrán (1984):

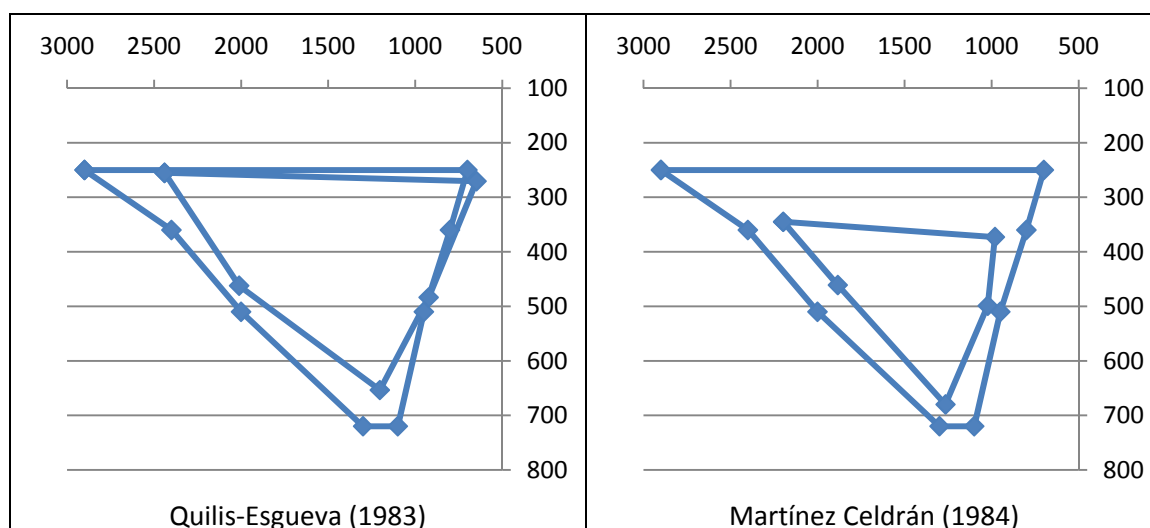


Figura 91.- Triángulos vocálicos del español vs. vocales cardinales

De esta figura pueden extraerse las siguientes observaciones, de carácter general:

¹²⁶ En este trabajo se utilizan cartas aritméticas en lugar de las habituales logarítmicas, por dos razones fundamentales: por una parte, reflejan más exactamente las relaciones frecuenciales, puesto que la escala logarítmica se ajusta más bien a la percepción; por otra, son indudablemente más sencillas de confeccionar y manipular.

- El área acústica del vocalismo del español es algo más reducida que la de las vocales cardinales, tanto en el eje de abertura como en el de localización. Con respecto a este último, el sistema vocálico del español es ligeramente más posterior. La reducción del área acústica es más acusada en la propuesta de Martínez Celdrán (1984).
- En cuanto al eje de abertura:
 - [i, u] son algo más abiertas –algo más la segunda que la primera– que las correspondientes cardinales. En el triángulo de Martínez Celdrán (1984) llegan a acercarse a las cardinales [e, o].
 - [e, o] coinciden más con los valores acústicos de las cardinales [ɛ, ɔ], aunque son más cerradas que éstas. No obstante, los valores acústicos de estas vocales del español suelen estar más cercanos a [i, u] que a [a], lo que justificaría su transcripción como semi-cerradas¹²⁷.
 - La serie posterior es ligeramente más abierta que la anterior.
 - [a] es más cerrada que la correspondiente cardinal.
- En cuanto al eje antero-posterior:
 - El triángulo vocálico del español es más posterior que el de las vocales cardinales, sobre todo en la serie anterior, y sobre todo en el caso de [i].
 - En la serie posterior, la relación con las vocales cardinales es distinta en los dos esquemas presentados.
 - La vocal [a] se encuentra, en la propuesta de Quilis-Esgueva (1983), en el centro de la distancia entre las correspondientes vocales abiertas cardinales, de modo que se define plenamente como central; en la propuesta de Martínez Celdrán (1984), se muestra más como [a] que como [ɑ].

3.2.1.2. El timbre vocálico del euskara

El análisis más completo del timbre vocálico del euskara realizado hasta el momento corresponde a Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995)¹²⁸. En él se ofrecen datos sobre los tres primeros formantes de las vocales de cada uno de los dialectos del euskara, así como los correspondientes a la lengua vasca en su conjunto¹²⁹.

¹²⁷ Esta proporción está menos clara en la propuesta de Quilis-Esgueva (1983).

¹²⁸ En el Anexo 11 se presentan las características generales de dicho trabajo.

¹²⁹ En los últimos quince años se han elaborado no pocos triángulos vocálicos, de desigual valor y referidos casi siempre a hablas concretas. En definitiva, no aportan datos sustanciales que hagan variar la descripción general de Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995).

La siguiente tabla muestra la media (X) y la desviación (S) de los tres primeros formantes de las vocales de los dialectos estudiados¹³⁰:

			[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
Vizcaíno	F1	X	355,5	491,8	670,6	516,0	374,3
		S	48,3	75,1	103,7	70,7	55,4
	F2	X	2171,0	1791,5	1427,2	1096,5	1066,2
		S	226,1	171,5	162,2	148,8	173,5
	F3	X	2799,1	2604,9	2499,0	2291,1	2381,0
		S	289,4	188,6	239,3	317,5	310,8
Guipuzcoano	F1	X	359,7	504,8	706,6	508,8	384,2
		S	43,1	58,9	90,7	62,7	49,9
	F2	X	2184,0	1779,8	1439,0	1013,5	989,6
		S	174,9	162,7	149,4	118,2	221,5
	F3	X	2734,5	2569,4	2518,3	2137,0	2173,9
		S	204,9	197,6	281,8	322,8	393,9
Alto navarro septentrional	F1	X	354,5	492,9	646,7	509,1	386,9
		S	40,0	63,0	75,1	70,1	47,3
	F2	X	2043,6	1743,8	1358,1	1050,0	1044,6
		S	124,9	146,7	176,0	124,7	184,6
	F3	X	2684,8	2682,4	2594,4	2354,2	2437,6
		S	185,7	204,4	337,8	294,3	263,1
Labortano	F1	X	334,2	497,2	773,3	514,7	352,9
		S	48,6	76,0	90,3	91,2	60,4
	F2	X	2366,8	1905,5	1522,6	1073,9	1007,8
		S	205,6	320,3	151,3	216,2	138,1
	F3	X	2958,6	2552,3	2488,1	2201,5	2421,3
		S	336,9	324,8	335,7	327,3	310,8
Bajo navarro occidental	F1	X	380,0	518,1	724,8	548,3	407,6
		S	62,2	55,7	66,6	77,7	64,0
	F2	X	2149,2	1781,2	1412,8	1071,6	964,0
		S	60,4	108,3	119,2	117,4	112,1
	F3	X	2788,0	2476,6	2356,5	2160,0	2280,0
		S	249,7	173,1	189,5	201,5	201,5
Bajo navarro oriental	F1	X	347,9	503,5	730,0	520,6	382,8
		S	54,6	79,6	118,7	83,2	72,0
	F2	X	2277,0	1878,8	1469,1	1058,1	1035,8
		S	230,2	166,8	170,2	113,5	186,8
	F3	X	2920,6	2675,7	2252,7	2281,2	2434,7
		S	260,9	258,0	203,9	319,2	267,0
Suletino	F1	X	352,8	508,5	820,8	504,8	390,0
		S	46,1	91,6	69,0	76,6	61,4
	F2	X	2441,5	2002,0	1448,5	1024,2	948,8
		S	213,6	186,7	132,6	168,8	155,7
	F3	X	3179,0	2744,6	2507,9	2288,4	2403,0
		S	324,4	163,4	224,6	218,1	307,8

Tabla 88.- Valores formánticos de las vocales del euskara (Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar 1995)

¹³⁰ Para facilitar la lectura, se ha eliminado la información referida a la vocal [y], que aparece únicamente en el dialecto suletino.

Podemos manejar los datos medios de los dos primeros formantes de la tabla anterior como si fueran valores reales, y confeccionar con ellos una gráfica de áreas de dispersión vocálica, como se realizó para el castellano en Iribar (2011). Obtenemos así una manera sencilla de mostrar los márgenes de variación dialectal de la estructura formántica básica del vocalismo vasco:

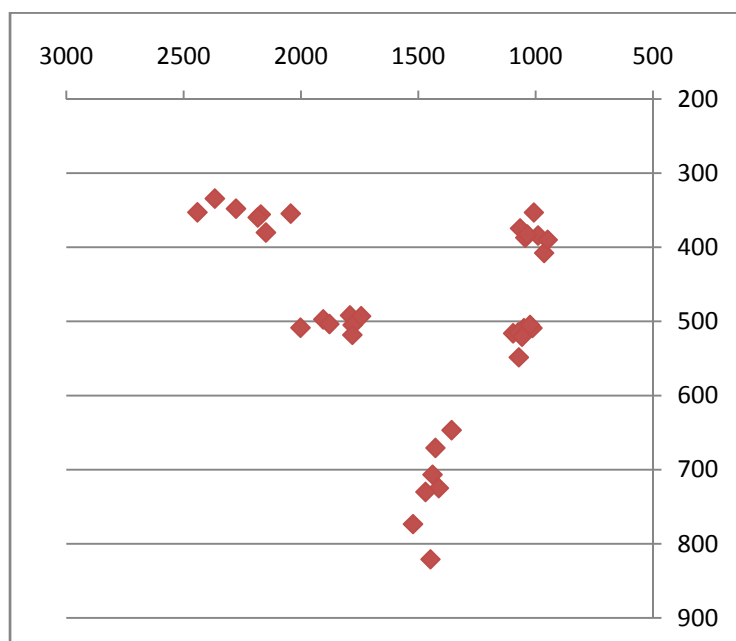


Figura 92.- Áreas de dispersión de los valores medios del vocalismo vasco

Como puede observarse, las vocales posteriores [o, u] presentan unos valores muy fijos, con poco margen de variación dialectal. Las vocales anteriores [i, e] varían más en cuanto al eje antero-posterior, mientras que la vocal central [a] varía sobre todo en cuanto a su abertura.

Con el conjunto de los datos acústicos referidos a todos los dialectos –exceptuando la [y] del suletino– se obtienen la siguiente caracterización acústica general del vocalismo vasco:

	F1	F2	F3
[i]	355,9	2209,3	2839,5
[e]	499,1	1825,1	2661,4
[a]	706,2	1433,3	2474,5
[o]	513,8	1061,2	2254,6
[u]	379,9	1028,9	2350,6

Tabla 89.- Valores formánticos medios de las vocales del euskara (Urrutia-Etxebarria-Túrrez-Iribar 1995)

Llevando los valores de los dos primeros formantes a una carta, obtenemos el siguiente triángulo vocálico, que se propone para el euskara en Urrutia-Etxebarria-Túrrez-Iribar (1995: 260):

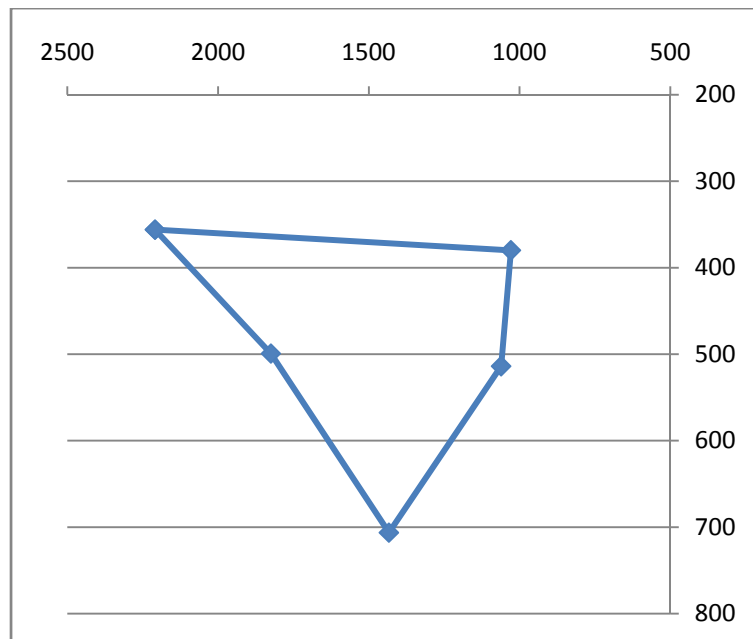


Figura 93.- Triángulo vocálico del euskara (Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar 1995)

En relación con las vocales cardinales, el sistema genera del euskara presenta las siguientes particularidades (Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar, 1995: 261-2):

- El área vocálica del sistema es menor que el de las vocales cardinales, y ocupa un lugar más bajo en la carta.
- La [i] del euskara es mucho más abierta y posterior que la correspondiente cardinal, hasta el punto de que está situada más cerca de la [e] cardinal.
- La [e] del euskara es casi tan abierta como la [ɛ] cardinal, y su localización es intermedia entre la [ɛ] y la [œ] cardinales.
- La [a] del euskara es muy cercana a su correspondiente cardinal, aunque es algo más anterior y ligeramente más cerrada.
- La [o] del euskara es más posterior que su correspondiente cardinal y mucho más abierta, hasta acercarse a la [ɔ] cardinal.
- La [u] del euskara es mucho más abierta y también más anterior que su correspondiente cardinal, de modo que resulta más cercana a la [o] cardinal.

Lo anterior se muestra gráficamente en la siguiente carta de formantes, que reproduce el triángulo del euskara junto con el de las vocales cardinales primarias. Así, se observa que los tres grados de abertura del sistema vocálico del euskara vienen a coincidir con las vocales cardinales semicerradas, semiabiertas y abiertas:

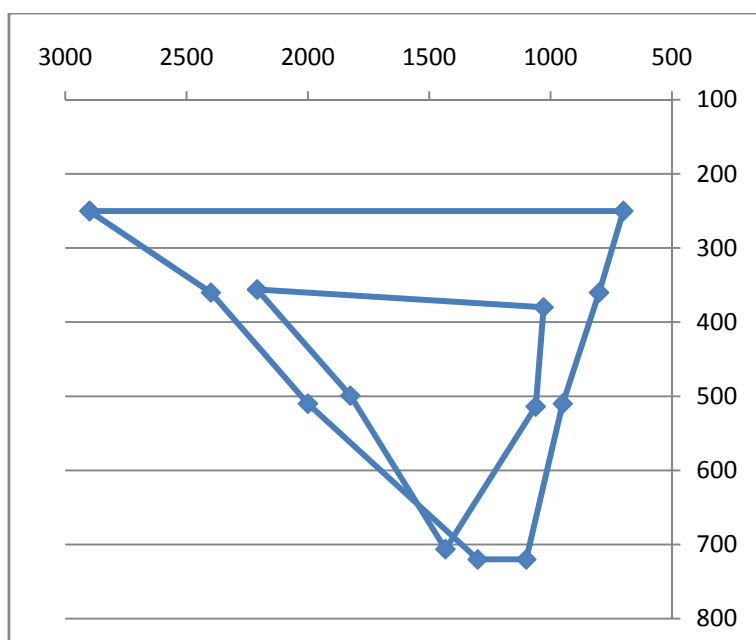


Figura 94.- Triángulos vocálicos del euskara y de las vocales cardinales

3.2.1.3. Comparación del timbre vocálico del euskara y del castellano

Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995) comparan el triángulo vocálico del euskara con el propuesto para el español por Quilis-Esgueva (1983), de la siguiente manera:

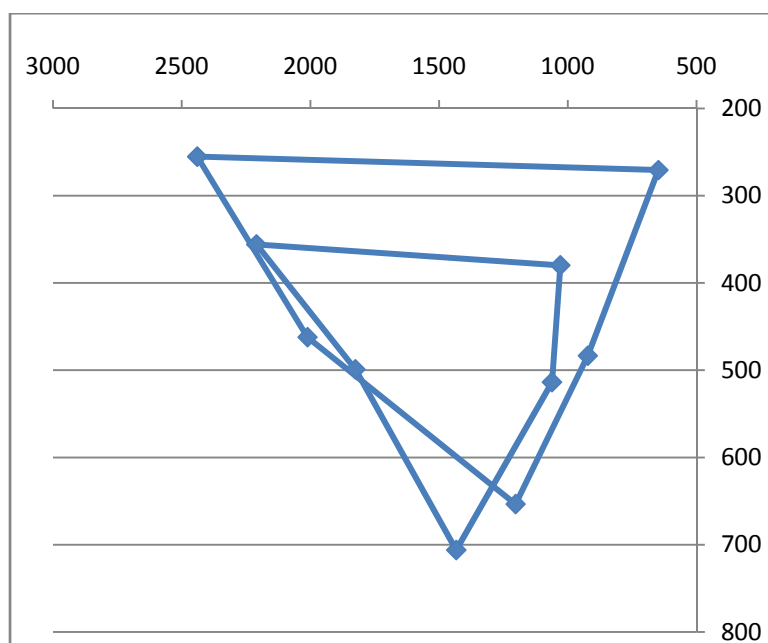


Figura 95.- Triángulos vocálicos del euskara y del español (según Quilis-Esgueva 1983)

De la comparación de los dos triángulos, Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995) extraían las siguientes conclusiones:

- El área ocupada por el triángulo vocálico del euskara es menor que la correspondiente al castellano, especialmente en el eje antero-posterior. Ocupa

un lugar más bajo en la carta (todas las vocales son más abiertas), y algo más anterior.

- En los dos sistemas vocálicos, la [u] es ligeramente más abierta que la [i].
- La [i] del euskara es más posterior, y la [u] mucho más anterior que sus respectivas españolas.
- La [a] del euskara es más abierta y anterior que la del español.
- La [e] del euskara es más posterior que las del español. En el segmento [i – a], la [e] del euskara se localiza hacia dentro del triángulo (más posterior), mientras que en el español lo hace hacia fuera (más anterior).
- La [o] del euskara es algo más abierta y más anterior que la del español.

Es importante señalar que, de efectuarse la comparación con otra propuesta castellana, como, por ejemplo, la de Martínez Celdrán (1984), no pocas de las observaciones precedentes tendrían que cambiar. De hecho, los triángulos de Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995) y de Martínez Celdrán (1984) son casi idénticos.

En realidad, resulta más interesante colocar en una misma carta de formantes los valores de dispersión manejados anteriormente para las dos lenguas (los correspondientes al euskara aparecen coloreados de azul), de modo que puede comprobarse que las áreas de dispersión son muy similares:

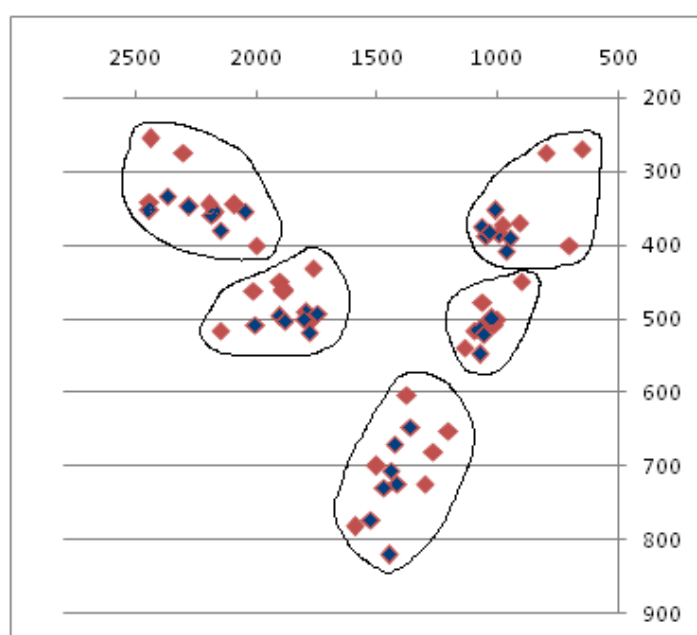


Figura 96.- Áreas de dispersión de los vocalismos de castellano y euskara

A la vista de la figura, las diferencias observables, siempre pequeñas y desde luego nunca concluyentes, son las siguientes:

- En general, las áreas de dispersión del castellano son algo más amplias y generalmente algo más altas en la carta de formantes.
- La [i] del español tiene un área algo más cerrada.

- La [u] del español tiene un área más cerrada y más posterior.
- La [e] del español tiene un área más cerrada.
- Las áreas de la [o] de ambas lenguas son prácticamente idénticas.
- El área de la [a] del español es similar a la del euskara en cuanto a la abertura, pero es más ancha (ocupa más espacio) en el eje antero-posterior.

3.2.1.4. El timbre vocálico del castellano del País Vasco

Iribar-Túrriz (2001) analizan, para un trabajo con otra finalidad, el timbre vocálico del euskara y del castellano de dos hablantes vizcaínos bilingües, con tres grados de formalidad (lectura de palabras, lectura de un texto periodístico y conversación libre). En la siguiente carta de formantes aparecen los seis valores (2 informantes x 3 estilos) obtenidos por cada vocal del castellano:

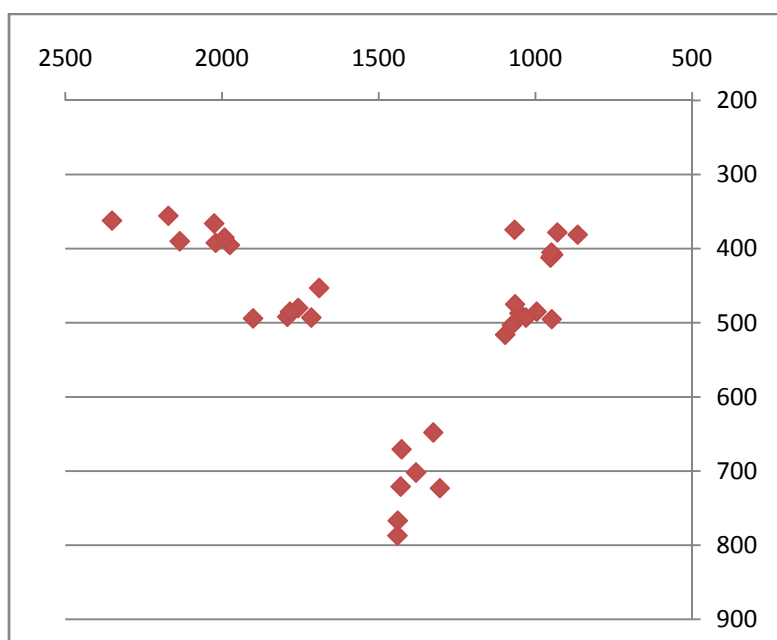


Figura 97.- Áreas de dispersión de las vocales del español del País Vasco

Los valores, una vez más, se presentan bien agrupados (salvo, acaso, la excepción de una [i] excesivamente adelantada). Como en otros casos anteriores, las vocales posteriores muestran menos variación que las anteriores; [i, e, o, u] varían más en el eje de antero-posterioridad, mientras que [a] varía sobre todo en su grado de abertura.

Con la media de los datos relativos a la lectura de palabras de los dos informantes, se obtiene un triángulo acústico que puede proponerse como un modelo para el castellano de Bizkaia. En la siguiente gráfica, aparece conjuntamente con el anteriormente presentado para el español (Quilis-Esgueva 1983):

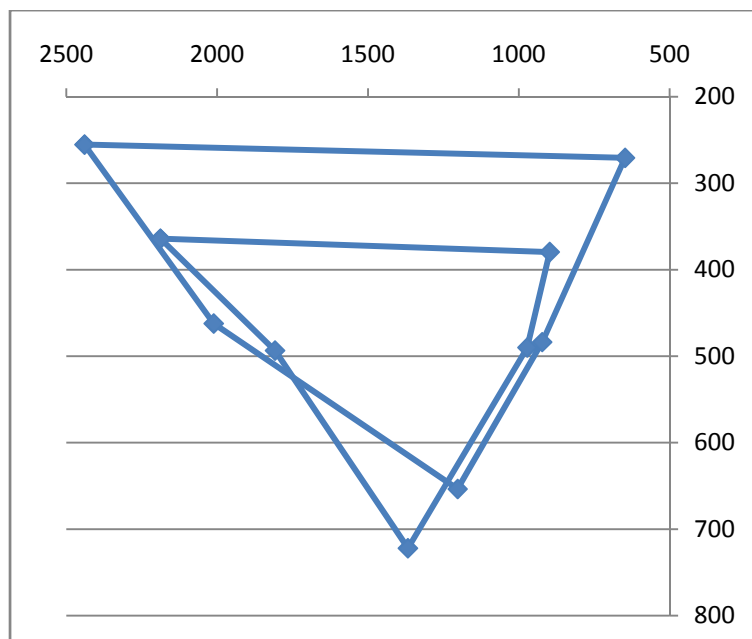


Figura 98.- Triángulo vocálico general del español (Quilis-Esgueva 1983) y del País Vasco

Como puede observarse, el nuevo triángulo se parece mucho al presentado para el euskara (que a su vez se parece al de Martínez Celdrán 1984). Efectivamente, una de las conclusiones del trabajo de Iribar-Túrriz (2001) es que los triángulos vocálicos (euskara y español) de un hablante bilingüe son prácticamente equivalentes.

Por último, podemos comparar el triángulo de Iribar-Túrriz (2001) con el correspondiente al dialecto vizcaíno de Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995), para comprobar que son muy semejantes, sobre todo en las vocales anteriores:

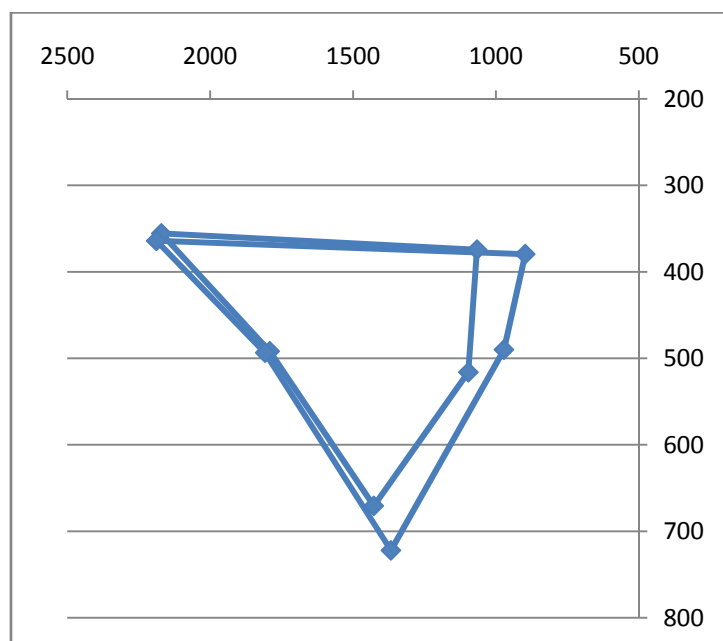


Figura 99.- Triángulo vocálico del euskara y del castellano del País Vasco

3.2.2. Nuevos datos sobre el timbre vocálico

Presentamos en este apartado algunos datos nuevos sobre el timbre vocálico del vocalismo vasco-románico. No pretenden, por supuesto, superar en valía a ninguna propuesta anterior, tanto en lo referente al euskara como al español, pero tal vez puedan suponer al menos un doble aporte:

- Ofrecer los primeros datos medianamente sistemáticos sobre el castellano del País Vasco.
- Mostrar información más novedosa (especialmente para el euskara) sobre los anchos de banda y las intensidades de los formantes vocálicos.

3.2.2.1. El protocolo experimental

El material analizado es el mismo que el utilizado para el estudio de las cualidades vocálicas básicas (apartado 3.1.2.). Por tanto, para las cuestiones relacionadas con los cuestionarios, los informantes, las encuestas, los procedimientos, formatos y soportes de la grabación, la base de datos, el procesamiento estadístico, etc., vale todo lo señalado en su momento.

El análisis específico del timbre vocálico, efectuado también con el programa *Multi Speech*¹³¹, consistió en la obtención de los valores de frecuencia, ancho de banda e intensidad de los tres primeros formantes vocálicos de cada vocal. La técnica de análisis utilizada fue la de LPC¹³². El programa suministra automáticamente (mediante la opción *Produce Numerical Results*) los valores de frecuencia y de ancho de banda; los valores de intensidad se midieron directamente con el cursor sobre la gráfica del LPC. El punto temporal escogido para efectuar el cálculo LPC fue habitualmente uno de los correspondientes a la fase estacionaria de la señal.

Como en el caso anterior, también para el análisis del timbre se han considerado las variables acento y posición de la sílaba en la palabra.

Merece la pena señalar en este apartado algunas consideraciones sobre el proceso de depuración estadística de los datos:

- Los casos depurados no han llegado a la veintena. Los valores más dispersos, que consiguientemente han sufrido una depuración más acusada, han sido los

¹³¹ La obtención de los valores de tono, duración e intensidad y de los valores de timbre se llevó a cabo, lógicamente, mediante un único proceso de análisis.

¹³² En algunos casos dudosos, se ha utilizado también un espectrograma de banda estrecha con un rango de 1 KHz. Para el cálculo del LPC se ha utilizado un pre-énfasis de 0'9, un inventariado de 20 mseg. y un filtro LPC de orden 12; el método utilizado ha sido de autocorrelación y el tipo de ventana, *blackman*.

frecuenciales. Por el contrario, ningún valor de intensidad se ha situado fuera de la distribución normal¹³³.

- En alguna ocasión, el valor calculado primeramente por el LPC correspondía a un valor medio entre dos formantes. Esto ha sucedido especialmente con F2 y F3 de [e] y de [i].
- La variable más problemática ha sido la frecuencia del tercer formante de [o], porque en varias ocasiones el análisis encontraba un pico a media distancia entre los teóricos F2 y F3. Este problema –más bien particularidad– de la [o] no es desconocida para el análisis formántico más tradicional¹³⁴.

A modo de ejemplo, se reproducen a continuación los diagramas de caja finales de los valores frecuenciales de los tres formantes de las vocales del español, donde pueden observarse los valores indicados:

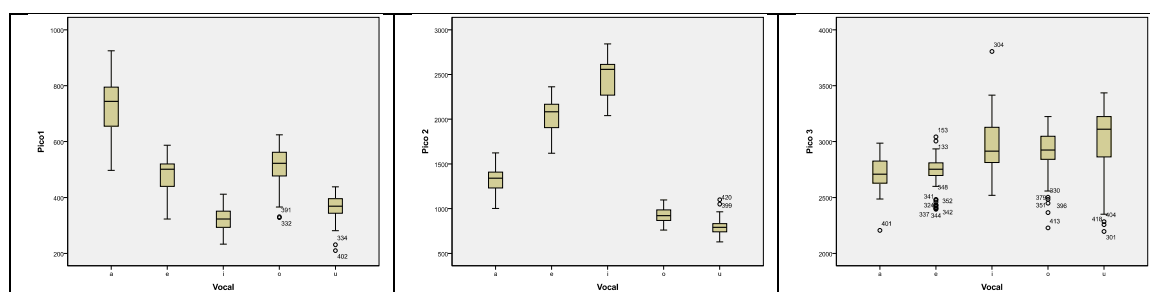


Figura 100.- Diagramas de caja de F1, F2 y F3 de las vocales del español

3.2.2.2. El timbre vocálico del español

Comenzaremos el análisis centrándonos en los valores frecuenciales de los dos primeros formantes, que nos permitirán tratar las cuestiones habituales referidas a los conocidos *triángulos acústicos*.

En primer lugar, es interesante averiguar las zonas de dispersión vocálica de los cuatro informantes. La siguiente figura las muestra, ajustando en cada caso las escalas para obtener una imagen más clara:

¹³³ Lógicamente, cuando se elimina un valor frecuencial, se eliminan asimismo sus valores asociados de ancho de banda e intensidad.

¹³⁴ Efectivamente, este formante de aparición *intermitente* ya había resultado problemático en la elaboración de Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995).

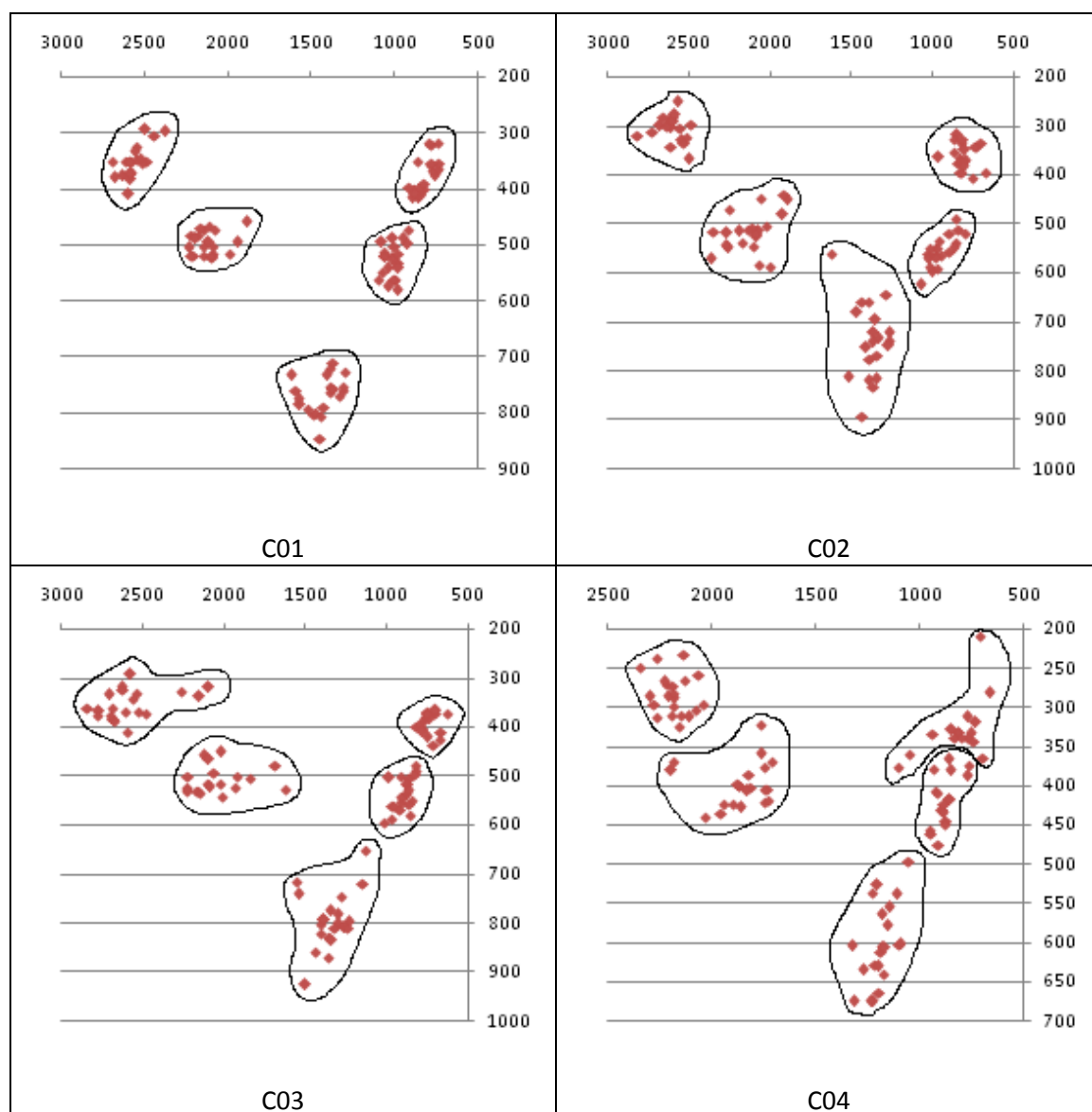


Figura 101.- Áreas de dispersión de las vocales del español

Como puede observarse, las áreas de dispersión de las vocales del español son, en general, bastante pequeñas, de modo que los cinco elementos quedan claramente separados, salvo acaso la excepción de [o – u] en C04. No debe olvidarse que el registro de habla analizado posee un alto grado de formalidad; lo esperable es que las vocales de un registro de habla más descuidado acercaran sus áreas de dispersión, de modo que pudieran aparecer zonas de inclusión de unas vocales en otras.

En el informante C01, las áreas de dispersión – salvo en [e]– muestran algo más de extensión en el eje vertical que en el horizontal, lo que indica que las vocales varían más libremente su abertura que su localización en el eje antero-posterior.

En el informante C02, las áreas son de forma vertical únicamente en dos vocales: [o] y sobre todo [a]. Las vocales cerradas [i – u] son las menos dispersas.

En el informante C03, las vocales anteriores presentan unas áreas de dispersión de forma más bien horizontal¹³⁵, mientras que [o] y –sobre todo– [a] tienen áreas de forma vertical. Como en el informante anterior, el área mayor corresponde a [a] y la menor, a [u].

El informante C04 tiene las áreas de dispersión mayores, hasta el punto de que las áreas de [o] y de [u] se confunden: [o] se incluye en [u], aunque no llega a producirse la intersección de los valores. Se trata de un claro ejemplo de mala adecuación entre lo articulatorio y lo acústico, puesto que este informante era el que mostraba la colección de imágenes MRI más estable, con menos variación. Es llamativa la extensión de [u], que en los otros informantes había resultado la vocal más concentrada. Parece claro que hay un núcleo central más estable, que queda ampliado por tres o cuatro realizaciones más anómalas, excesivamente cerrada en un caso y excesivamente abiertas en otros.

En cuanto a las vocales, puede sostenerse lo siguiente:

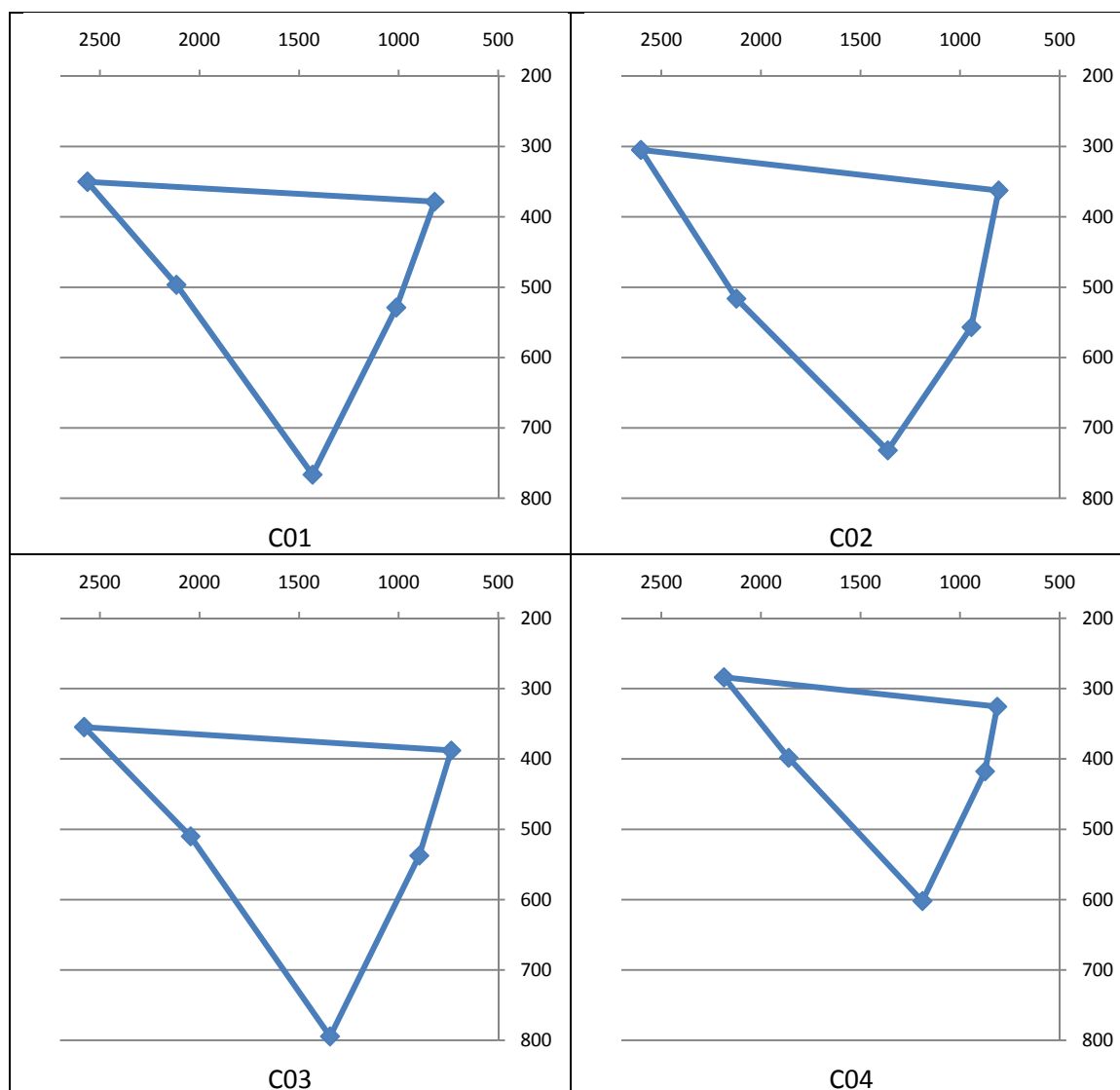
- [i] presenta un área bastante reducida y homogénea. En una informante (C01) se extiende más en el eje vertical y en otro (C03) lo hace en el eje horizontal, pero en este caso lo hace por la influencia de unos pocos valores centralizados.
- [e] presenta un área bien diferenciada de [i] y de extensión variable. En un informante (C03), sólo dos valores centralizados hacen que el área adopte una forma horizontal; en otro informante (C04), sólo dos valores hacen que el área no adopte una forma más bien vertical.
- [a] es la vocal con la mayor área de dispersión. Esta dispersión se produce especialmente en el eje vertical (correspondiente a la abertura)¹³⁶.
- [o] presenta un áreas de dispersión generalmente reducida y de forma ligeramente vertical. Es habitual (salvo en C01) que algún valor de [a] se sitúe muy cerca de su área.
- [u] presenta generalmente un área muy reducida (salvo en C04, que parece poder considerarse como anómalo) y relativamente homogénea. Se encuentra

¹³⁵ Esta forma se origina por unos pocos datos centralizados (3 para [i] y 2 para [e]). Sin ellos, las áreas serían homogéneas en cuanto a los dos ejes.

¹³⁶ El mayor tamaño del área de dispersión de [a] concuerda con la mayor libertad tímbrica que tradicionalmente se le ha atribuido a esta vocal, por el hecho de no tener que dividir el espacio antero-posterior, como sucede en los otros grados de abertura. Sin embargo, ya desde Navarro Tomás (1918: 54-57), esta libertad se ha referido sobre todo al eje horizontal, mientras que, en nuestros informantes, la variación se manifiesta más en el eje vertical de abertura. También en la gráfica de dispersión confeccionada con los valores medios de varias propuestas clásicas para el español (véase la fig. 90), el área de dispersión de [a] adoptaba una forma más bien vertical. Esta distribución puede entenderse como reflejo de una considerable distancia acústica en el eje vertical, lo que, en última instancia, podría aducirse como una razón más para tratar a las vocales medias [e – o] más como medio-cerradas.

a poca distancia del área de [o] (sobre todo si lo comparamos con la distancia [e – i]), pero se distingue bien, salvo en C04.

Si colocamos los valores medios de cada vocal, y los unimos con un trazo recto, obtenemos los triángulos acústicos de los cuatro informantes. La siguiente figura muestra los triángulos de los cuatro informantes, primeramente por separado y luego agrupados en una misma carta¹³⁷; por último, aparece el triángulo general de los cuatro informantes, que puede tomarse como el esquema acústico final del español:



¹³⁷ En este caso, para facilitar la visualización, se ha ampliado la escala del eje vertical, de 800 a 900 Hz.

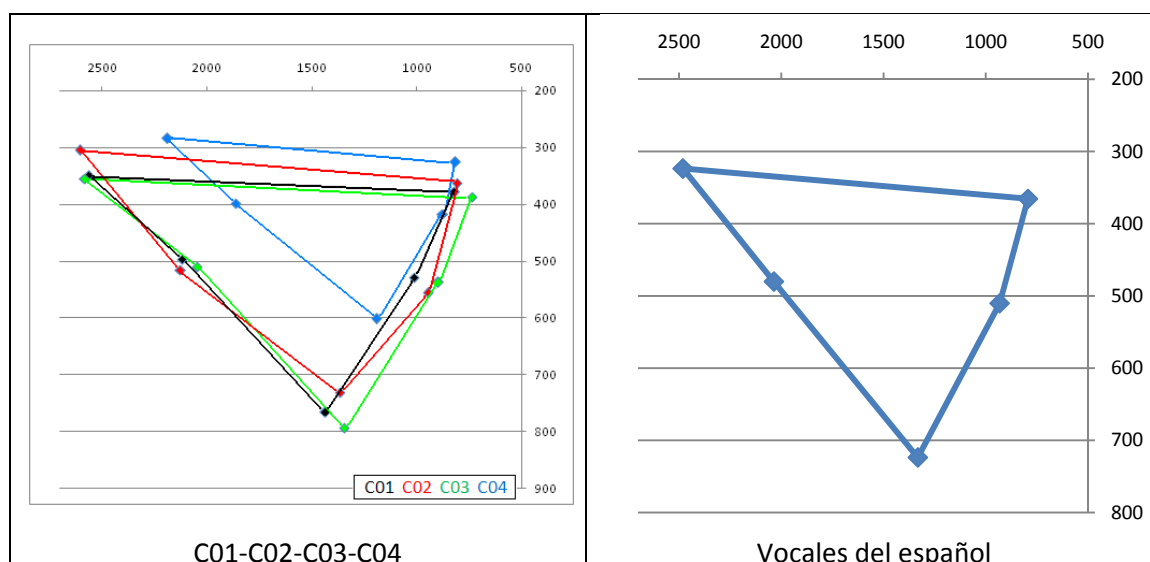


Figura 102.- Triángulos acústicos de los informantes de español

Resulta evidente que los triángulos de los tres primeros informantes son bastante parecidos entre sí, mientras que el del informante C04 es más diferente, puesto que posee un área mucho menor, es más cerrado y más posterior. Una razón plausible para esta diferencia es, sencillamente, el sexo: C04 es el único hombre. Es comúnmente aceptado que los valores de las vocales masculinas son, en general, más graves, de modo que el espacio que ocupan en la carta de formantes tiende a ser más pequeño y más elevado.

Para el español, Martínez Celadrán-Fernández Planas (2007: 179) muestran los siguientes triángulos masculino y femenino¹³⁸, obtenidos a partir de los datos manejados en Martínez Celadrán (1995):

¹³⁸ Los autores realizan dos pruebas estadísticas (*t de Student* y análisis discriminante), que confirman la diferencia significativa entre las dos colecciones de datos. También matizan que F2 discrimina el sexo algo mejor que F1.

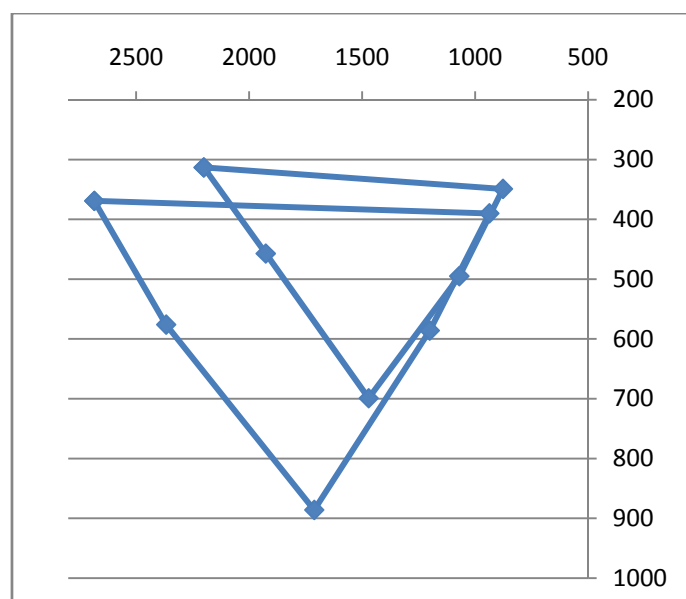


Figura 103.- Triángulos masculino y femenino (Martínez Celdrán-Fernández Planas 2007)

Si comparamos los datos de nuestros informantes, ordenados por sexo (esto es, C01-C02-C03 vs. C04), los valores obtenidos para cada vocal por la frecuencia fundamental y por los tres primeros formantes acústicos resultan significativamente distintos¹³⁹.

Si examinamos la correlación –por medio de la conocida *r de Pearson*– que existe entre la frecuencia del fundamental y la de los tres formantes medidos, obtenemos los siguientes valores:

	F0-F1		F0-F2		F0-F3	
	r	Sig.	r	Sig.	r	Sig.
[i]	0,28	0,00	0,68	0,00	0,66	0,00
[e]	0,76	0,00	0,61	0,00	0,72	0,00
[a]	0,34	0,00	0,43	0,00	0,76	0,00
[o]	0,67	0,00	0,27	0,01	0,59	0,00
[u]	0,15	0,18	0,09	0,41	0,62	0,00

Tabla 90.- Correlación de F0 con F1, F2 y F3 de las vocales del español

Aunque los valores del estadístico no sean especialmente altos en no pocos casos, la significatividad asociada a ellos no deja lugar a dudas acerca de la relación directa existente entre el tono fundamental y la altura de los formantes acústicos de las vocales. No obstante, debe reseñarse la extraña excepción de [u], cuyos dos primeros formantes no muestran correlación, pero sí el tercero. Tal vez la explicación resida en que la correlación parece ser más fuerte a medida que aumenta el valor del formante: en [i] es muy débil con F1 y fuerte con F2 y F3; en la [u], en cambio, sólo es fuerte con F3.

¹³⁹ La prueba realizada es, una vez, más la U de Mann-Whitney, puesto que los datos del grupo femenino no cumple las condiciones de normalidad. Los resultados son siempre menores de 0'05 (salvo un caso: el F2 de [u]).

Sea cual sea la razón de la diferencia de los cuatro triángulos entre sí, consideramos ya sólo los valores generales, y los ponemos en relación con las vocales cardinales, de la siguiente manera:

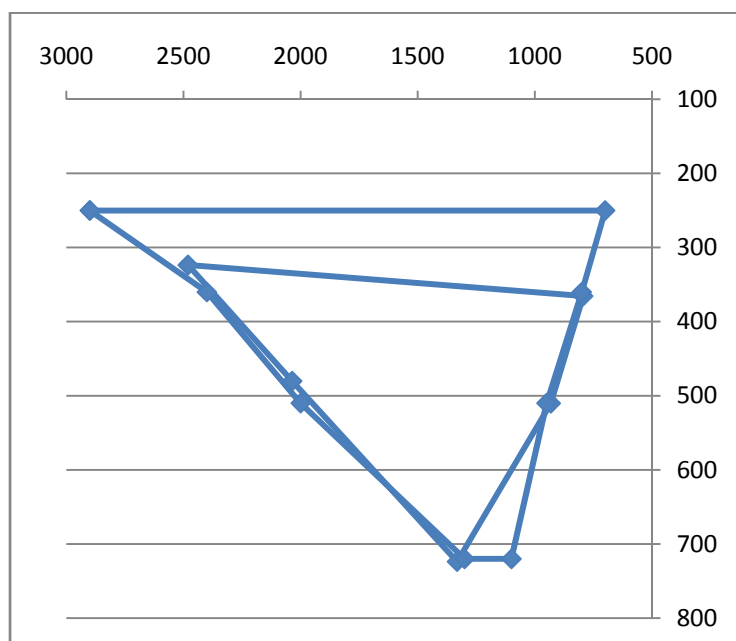


Figura 104.- Triángulos vocálicos del español y de las vocales cardinales

La comparación permite establecer lo siguiente:

- El área general del español es más pequeña que la de las vocales cardinales, y se sitúa en la zona inferior (más abierta) de las mismas.
- En cuanto a la abertura:
 - Las vocales cerradas del español coinciden con las semicerradas cardinales. La [i] es algo más cerrada que la [e] cardinal, pero la [u] es casi idéntica a la [o] cardinal.
 - Las vocales medias del español coinciden con las semiabiertas cardinales. La [e] es algo más abierta que la [ɛ] cardinal, pero la [o] es casi idéntica a la [ɔ] cardinal.
 - La vocal abierta [a] tiene aproximadamente el mismo grado de abertura que la serie abierta cardinal.
- En lo referente a la antero-posterioridad:
 - Tanto las vocales anteriores como las posteriores presentan una localización prácticamente idéntica a la de las vocales cardinales.
 - La [a] corresponde a la anterior [a] (es incluso ligeramente más adelantada).

Para comparar nuestro triángulo con los valores generales propuestos para el español, utilizamos en primer lugar las áreas de dispersión de los valores medios de las principales propuestas (véase la fig. 90):

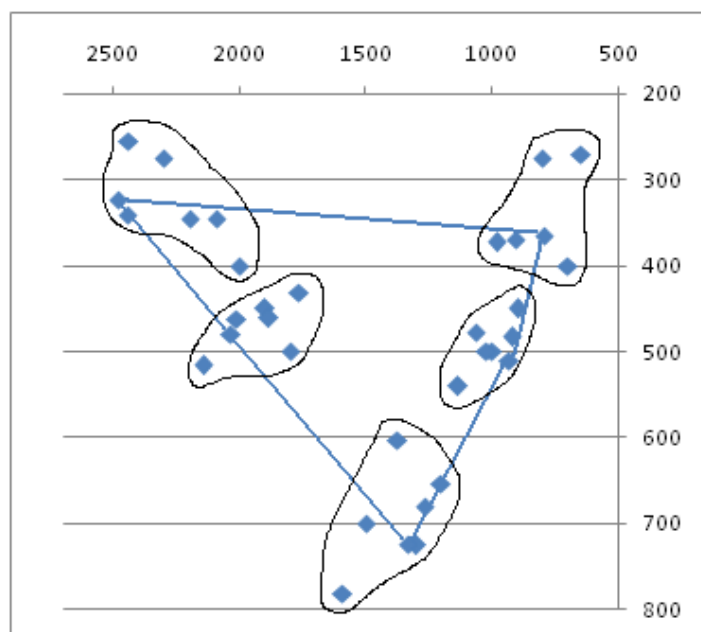


Figura 105.- Triángulo vs. áreas de dispersión del español

Los valores formánticos de las vocales de nuestro triángulo se incluyen siempre dentro del áreas de dispersión del castellano, pero no ocupan el mismo lugar dentro de cada área. En cuanto al eje antero-posterior, las vocales anteriores –sobre todo [i]– ocupan una posición más anterior, mientras que [a] y [o] se sitúan más hacia la zona posterior; la [u] se coloca en el medio. En cuanto al eje de abertura, las vocales presentan una posición más centrada, aunque ligeramente más abierta, especialmente en el caso de [u].

Como ya se señaló oportunamente (apartado 3.2.1.1), según cuál sea la propuesta seleccionada para efectuar la comparación, las observaciones acerca de la relación entre los datos de nuestro experimento y los generales del español pueden llegar a variar considerablemente. Véase la relación del triángulo con las dos propuestas más manejadas en este trabajo, la de Quilis-Esgueva (1983) y la de Martínez Celadrán (1984):

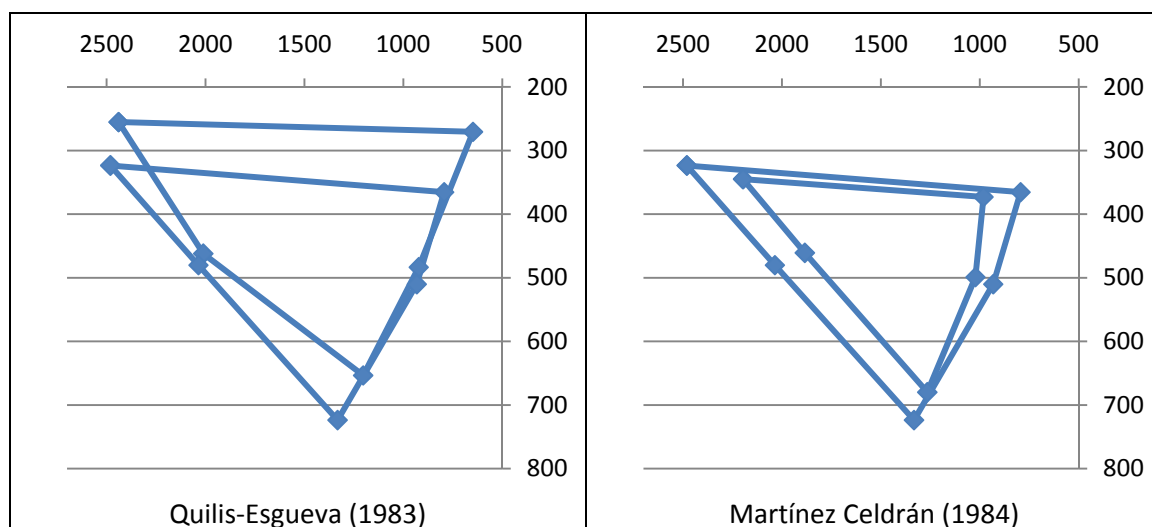


Figura 106.- Comparación de los triángulos del español del País Vasco y general

Como puede verse, nuestro triángulo –correspondiente en principio al español del País Vasco– es parecido al general propuesto por Quilis-Esgueva (1983), aunque más abierto y ligeramente más anterior, mientras que queda incluido dentro del propuesto por Martínez Celdrán (1984), ligeramente esquinado hacia la zona posterior. Los tres triángulos comparten dos características: las vocales anteriores son más cerradas que sus correspondientes vocales posteriores, y la [a] está algo desplazada –en diferentes grados– hacia la zona posterior. En cualquier caso, estas semejanzas y diferencias (y otras que se podrían mostrar, utilizando otros modelos) no parecen ser excesivamente importantes, habida cuenta de la evidente variabilidad del timbre vocálico: en definitiva, todos los triángulos mostrados son esquemas representativos de la cualidad tímbrica básica de las vocales del español.

Una vez establecido y analizado el triángulo acústico general de las vocales del español, debe examinarse la influencia que en él ejercen las dos variables manejadas: acento y posición de la sílaba. Los datos se muestran en la siguiente figura:

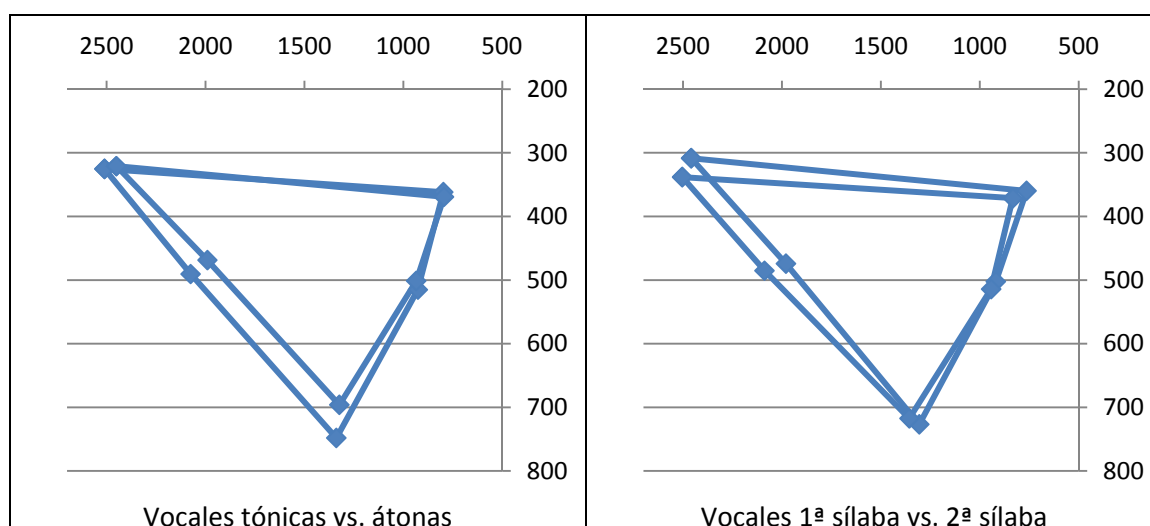


Figura 107.- Triángulos vocálicos del español por acento y posición de la sílaba

Como puede observarse claramente, las dos variables ejercen muy poca influencia en el timbre vocálico¹⁴⁰. El área de las vocales átonas es ligeramente más pequeña que el de las tónicas, y se sitúa hacia la zona posterior del triángulo. Las vocales situadas en la primera sílaba son un poco más cerradas y más posteriores que las situadas en la segunda sílaba, y ocupan un área prácticamente equivalente.

Para concluir el análisis del esquema acústico de las vocales del castellano del País Vasco, resta tratar sobre los criterios para su clasificación fonética¹⁴¹. Esta vez la cuestión está clara: desde el punto de vista acústico, las cinco vocales se clasifican

¹⁴⁰ A diferencia de la notable influencia ejercida sobre sus parámetros básicos (véase el apartado 3.1.2).

¹⁴¹ Debe repetirse aquí la reflexión expuesta en el apartado 2.2.3.10 acerca del carácter no fonológico de estas taxonomías.

perfectamente distinguiendo tres grados en el eje de abertura y otros tres en el de localización antero-posterior. El esquema, por tanto, es el habitual:

		Localización		
		Anteriores	Central	Posteriores
Abertura	Cerradas	[i]		[u]
	Medias	[e]		[o]
	Abierta		[a]	

Tabla 91.- Esquema acústico de las vocales del español del País Vasco

Además de la información referida a la frecuencia de los dos primeros formantes, nuestro trabajo permite aportar más información: la frecuencia, el ancho de banda y la intensidad de los tres primeros formantes. La siguiente tabla muestra los valores generales de media y desviación para las nueve variables:

			[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
Frecuencias	F1	X	323,6	480,1	723,7	510,2	365,4
		S	40,6	56,8	93,8	66,0	39,0
	F2	X	2480,7	2035,8	1332,2	932,0	793,8
		S	208,7	171,5	133,7	78,6	80,9
	F3	X	2956,3	2731,6	2717,8	2906,4	3000,67
		S	220,9	138,6	144,1	214,0	304,1
Anchos de banda	F1	X	54,9	89,4	161,9	100,3	82,2
		S	29,8	50,9	68,3	39,7	44,1
	F2	X	129,9	149,4	183,3	90,2	134,1
		S	54,4	63,9	74,2	43,6	79,3
	F3	X	218,1	186,9	172,0	162,5	191,9
		S	89,3	93,8	90,8	95,2	112,1
Intensidades	F1	X	15,7	15,5	18,0	16,9	15,1
		S	5,4	5,1	5,1	4,7	5,1
	F2	X	11,9	12,4	15,8	14,3	7,2
		S	7,0	5,6	5,5	5,0	6,7
	F3	X	9,8	10,4	7,1	-1,3	-8,3
		S	7,1	6,8	8,1	6,66	6,0

Tabla 92.- Valores acústicos generales del vocalismo del español del País Vasco

No hay mucha información sobre los llamados formantes superiores de las vocales del español. Podemos traer aquí los datos ofrecidos por Quilis-Esgueva (1983) y por Albalá et al. (2008), y compararlos con los obtenidos en nuestro experimento¹⁴². También se incluye la información referida al F4 proporcionada por Albalá et al. (2008), y que nosotros no hemos analizado en esta ocasión:

¹⁴² Albalá et al. (2008) no ofrecen información sobre [u], porque no cumple las condiciones mínimas de aparición en el corpus analizado.

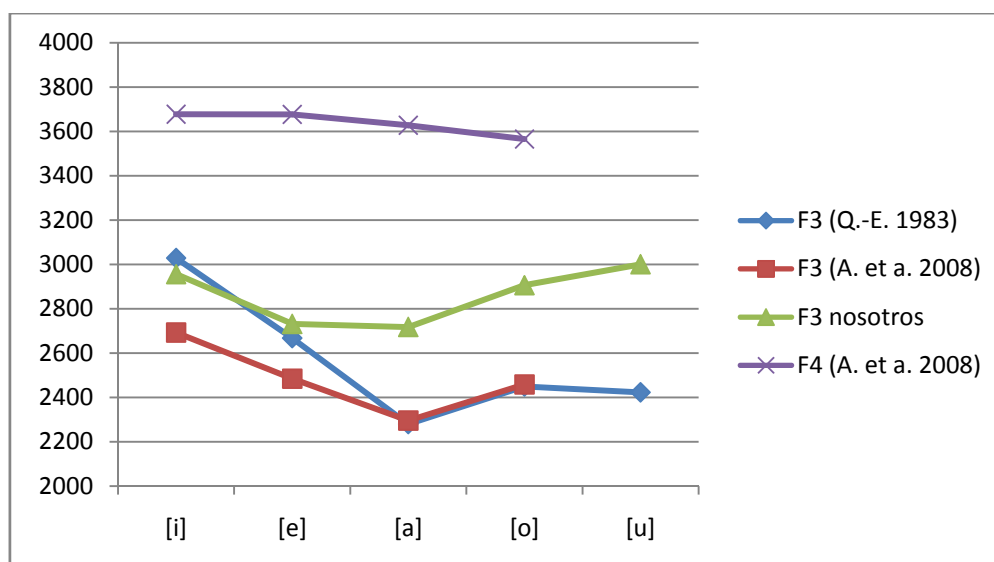


Figura 108.- Formantes superior del español (varios autores)

Como puede apreciarse, los datos no son del todo claros. Las vocales anterior presentan unos valores similares a los de los dos trabajos precedentes, pero no las otras tres vocales, que poseen valores más altos (especialmente la [u], cuyo valor sigue ascendiendo). ¿Podría tratarse en realidad del valor correspondiente al F4? No lo parece, según los datos de la figura: aunque no aparezca el valor de F4 de [u], todo parece indicar que no se hallaría muy lejos del de [o], y lejos, por tanto, del correspondiente a F3. En resumen, parece que los valores obtenidos en nuestro experimento por el F3 de [a – o – u] se encuentran en posición intermedia entre los suministrados por otros autores para F3 y F4, más cercanos al primero que al segundo, pero acercándose a éste a medida que la vocal se atrasa.

Para tratar de entender mejor estos datos, podemos colocarlos en relación con los valores de F3 y F4 suministrados para las vocales equivalentes¹⁴³ de otras lenguas. Así por ejemplo, podemos colocar aquí los valores propuestos para el inglés americano por Hillendrand et al. (1995)¹⁴⁴ y para el catalán por Recasens (1986)¹⁴⁵:

¹⁴³ Por supuesto, no existen en rigor vocales equivalentes en dos lenguas.

¹⁴⁴ Los autores distinguen entre los formantes de hombres, mujeres y niños. Para este gráfico, que sólo pretende un valor aproximativo (no importa tanto su exactitud con relación al sistema vocálico inglés, como el rango frecuencial en el que se mueve), realizamos una sencilla media entre los dos primeros valores. También hay que tener en cuenta que los valores de [a] corresponden en realidad a [ɑ].

¹⁴⁵ Recasens (1986) expone valores de las vocales aisladas (6 informantes) y en las secuencias [sVɔ] (6 informantes) y [CVC] (3 informantes). Además, para [i] y para [u], distingue entre tónicas y átonas. Para confeccionar nuestra gráfica, hemos realizado, como en el caso anterior, y por la misma razón, la media de todas esas medidas.

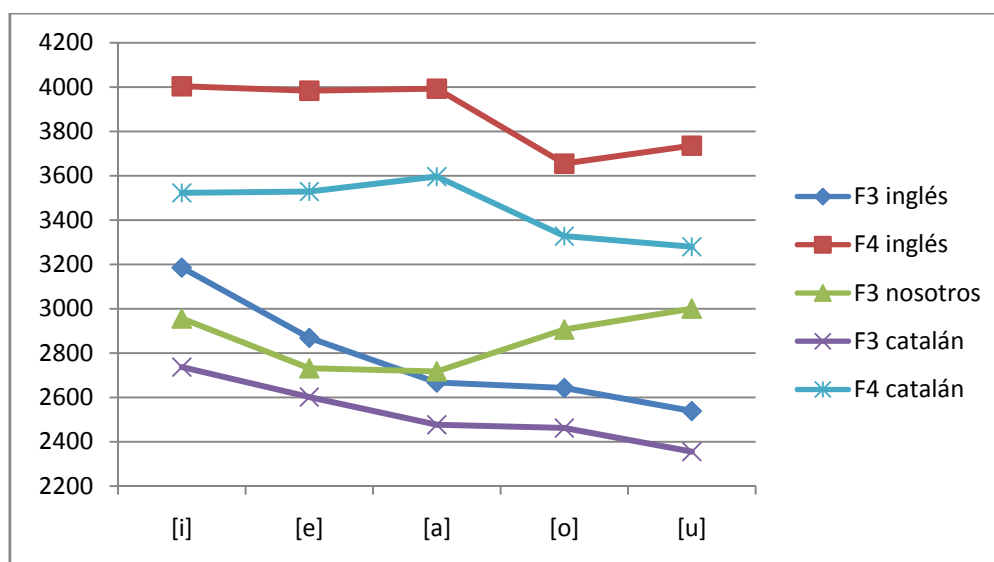


Figura 109.- Formantes superior del español y del inglés

Parece, pues, según esta figura, que nuestros valores corresponden, efectivamente, al F3. La dirección ascendente del tramo [o – u] no sigue el modelo de todos los demás F3 expuestos, y sí el de F4 del inglés (que no del catalán). Por otra parte, la elevada desviación de los valores de [o] y [u] (no tanto en relación a las otras vocales, sino con respecto a las desviaciones de los formantes inferiores, mucho más pequeñas) vuelve a ser un dato que resta credibilidad a sus respectivos valores frecuenciales.

Los anchos de banda oscilan entre 50-100 Hz. los más estrechos (de F1 de [i – u]) y 175-225 Hz. los más anchos (de F3 de [i – u – e]). Los anchos de banda, en general, guardan relación con la altura frecuencial de su formante, de modo que tiende a ser más anchos cuanto más alto es el formante. Así por ejemplo, los anchos de banda del F1 guardan la misma proporción que sus frecuencias, y permitirían componer una imagen de forma triangular. También en el caso de F3, la relación entre la altura frecuencial y su ancho de banda, aunque no completa, puede observarse. Sin embargo, los anchos de banda del segundo formante no guarda esta relación, puesto que el orden de las cinco vocales es [a – e – u – i – o]. Todo esto queda reflejado en la siguiente figura:

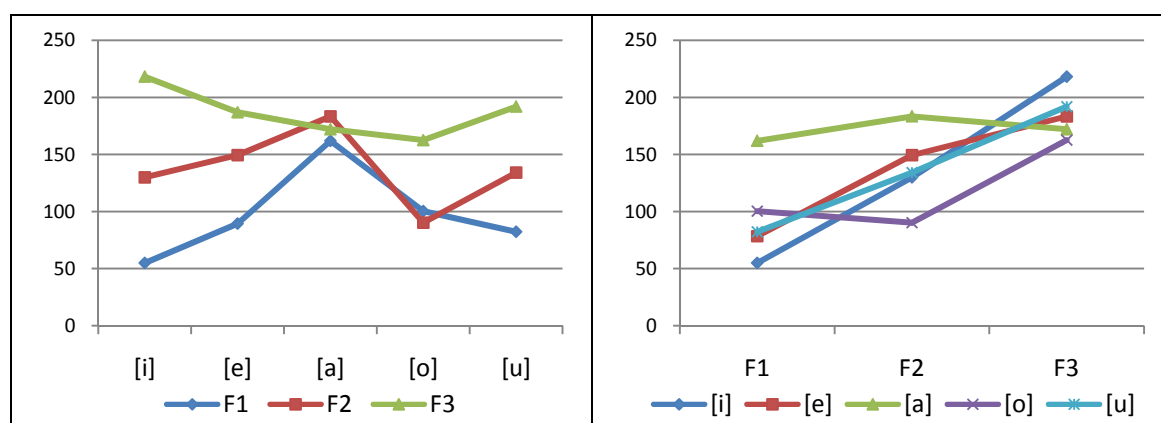


Figura 110.- Anchos de banda de los formantes vocálicos del español

Todos los valores de ancho de banda presentan una considerable desviación. Los correspondientes al F2 son los más estables y los del F3, los más variables. La [u] es la vocal con mayores desviaciones en sus valores de anchos de banda, mientras que las menores desviaciones corresponden a [i].

Por su parte, las intensidades de los formantes guardan la proporción teórica: disminuyen a medida que aumenta la frecuencia del formante. La siguiente figura muestra los valores de intensidad:

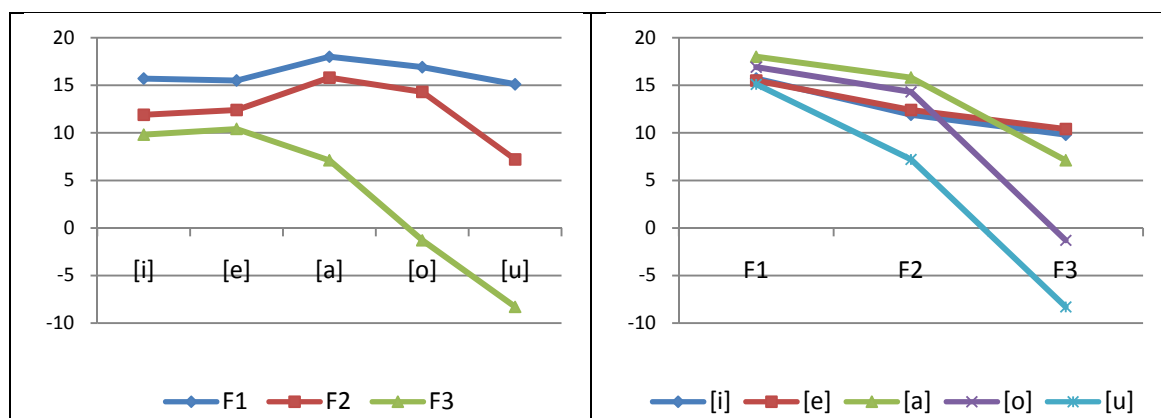


Figura 111.- Intensidades de los formantes vocálicos del español

Efectivamente, la intensidad descende en F2 y, sobre todo, en F3. Este descenso es similar en las vocales anteriores, pero se acentúa a medida que se atrasan las vocales [a – o – u]. El descenso de la intensidad de [o] y –sobre todo– de [u] es tan acusado que sus valores son negativos.

Por otra parte, la intensidad de los dos primeros formantes (sobre todo de F2) guarda cierta relación con la abertura vocálica, de modo que, en general, es mayor en [a] y menor en [e – u]. Vemos, pues, que la hipótesis de la intensidad intrínseca puede reaparecer, no ya en relación a la envolvente de la señal, sino a la intensidad de sus formantes acústicos.

3.2.2.3. El timbre vocálico del euskara

Comenzamos el análisis del timbre vocálico de las vocales del euskara mostrando las áreas de dispersión vocálica de los cuatro informantes¹⁴⁶:

¹⁴⁶ Como en el caso anterior, la escala está ajustada en cada caso para mostrar los datos con mayor claridad.

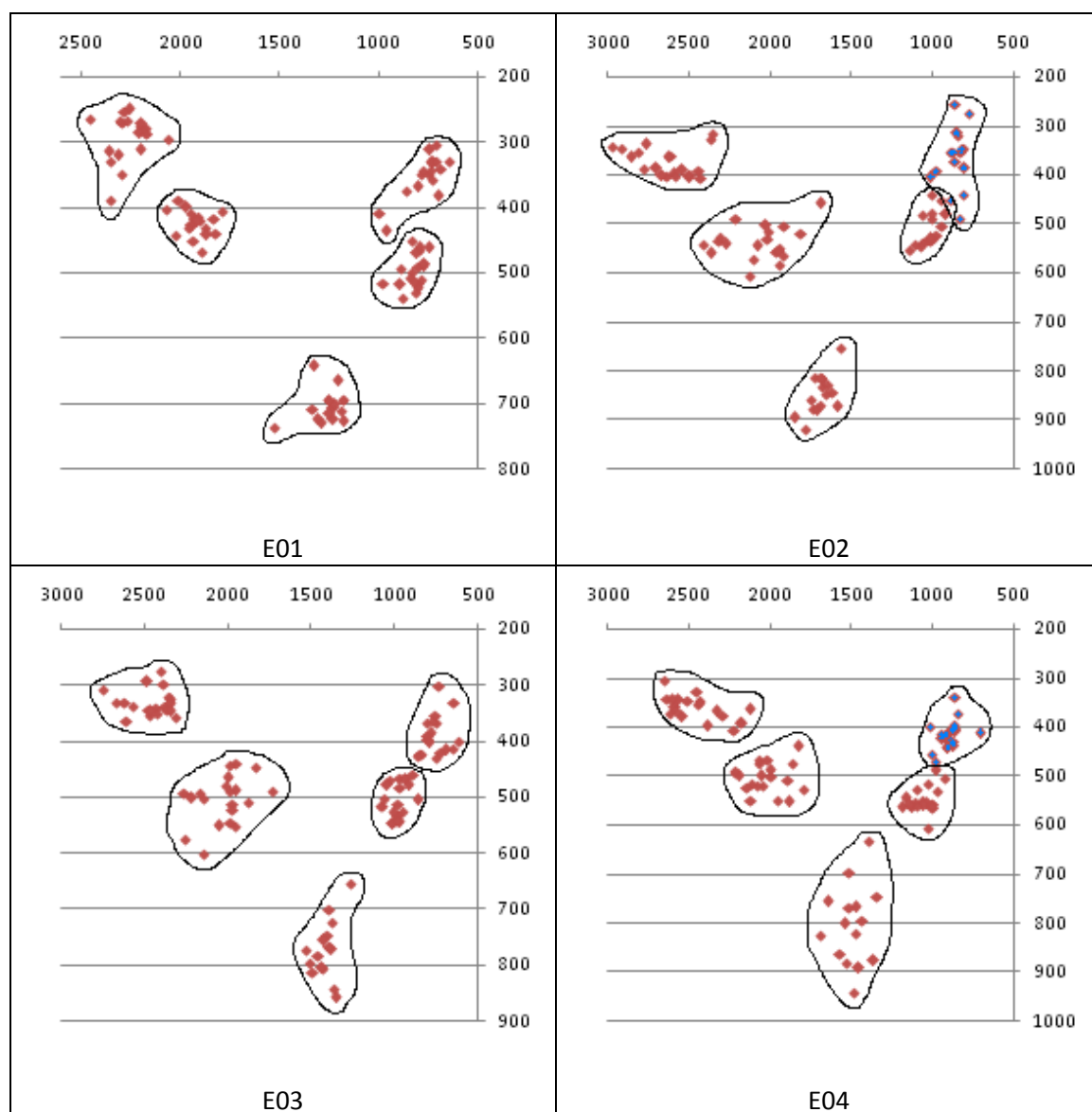


Figura 112.- Áreas de dispersión de las vocales del euskara

En general, las áreas de dispersión son bastante reducidas, aunque hay diferencias apreciables entre las vocales y los informantes. La serie anterior presenta unas áreas perfectamente separadas; no así la serie posterior, o más específicamente las dos vocales posteriores, cuyas áreas están siempre muy cercanas, hasta el punto de llegar a tocarse (E04) o incluso cruzarse (E02).

En el informante E01, unos pocos datos impiden que las áreas sean aún más compactas y diferenciadas de lo que ahora parecen. Así, un único dato de [i] excesivamente abierto hace que su área se acerque a la de [e]; en el extremo posterior, dos valores de [u] excesivamente abiertos y centralizados acercan el área de esta vocal a la de [o]; finalmente, una [a] excesivamente adelantada impide que su área tenga una forma elíptica regular.

El informante E02 muestra unas áreas de dispersión algo más extensas, de forma más bien achatada en la serie anterior (más libertad en cuanto a la antero-posterioridad) y

de forma más bien alargada en la serie posterior (más libertad en lo referente a la abertura). Como en el caso anterior, unos pocos valores de la serie anterior amplían notablemente cada área. De todas maneras, lo más significativo es la gran cercanía de las vocales posteriores [o – u], cuyas áreas llegan a cruzarse¹⁴⁷. Esta intersección es debida no tanto a la extensión de [o] (de hecho, muy compacta), sino a la notable libertad que muestra la [u] en cuanto a su abertura.

Las áreas de dispersión de E03 están bien separadas, aunque [o] y [u] aparezca muy juntas. Llama la atención la gran variabilidad de la abertura de la [a] (aunque es debida fundamentalmente a uno o dos valores extremos), y la extensión anormalmente grande del áreas de [e] (debida sobre todo a dos valores excesivamente abiertos).

En el informante E04, las áreas de [o] y de [u] se tocan, pero sin llegar a cruzarse; al menos en cuanto a su abertura, y casi también por su localización, las dos vocales conforman más un *continuum* que dos áreas separadas¹⁴⁸. Como en varios casos anteriores, destaca la amplitud vertical del área de [a], debida fundamentalmente – también como en otros casos – a una par de valores extremos.

En cuanto al área de dispersión de cada vocal, puede realizarse las siguientes observaciones:

- La vocal [i] muestra un área bien diferenciada y relativamente compacta (algo menos en E01), que se extiende más habitualmente (E02 y E04) en el eje antero-posterior.
- La vocal [e] tiene un área bien diferenciada y de tamaño variable: muy compacta en E01, algo menos en E04 y grande en E02 y E03. El área de [e] está más cerca de la de [i] que de la de [a].
- La vocal [a] posee el área más separada de las cinco. Es de extensión variable (crece ordenadamente desde E01 hasta E04) y de forma más bien alargada y vertical. Curiosamente, es tanto más alargada cuanto mayor es el tamaño del área; por tanto, va alargándose desde E01 hasta E04¹⁴⁹.
- La vocal [o] posee el área más pequeña y compacta de todas las vocales. Es la más pequeña en los cuatro informantes (sobre todo en E02 y E03). Se encuentra mucho más cerca de [u] que de [a].

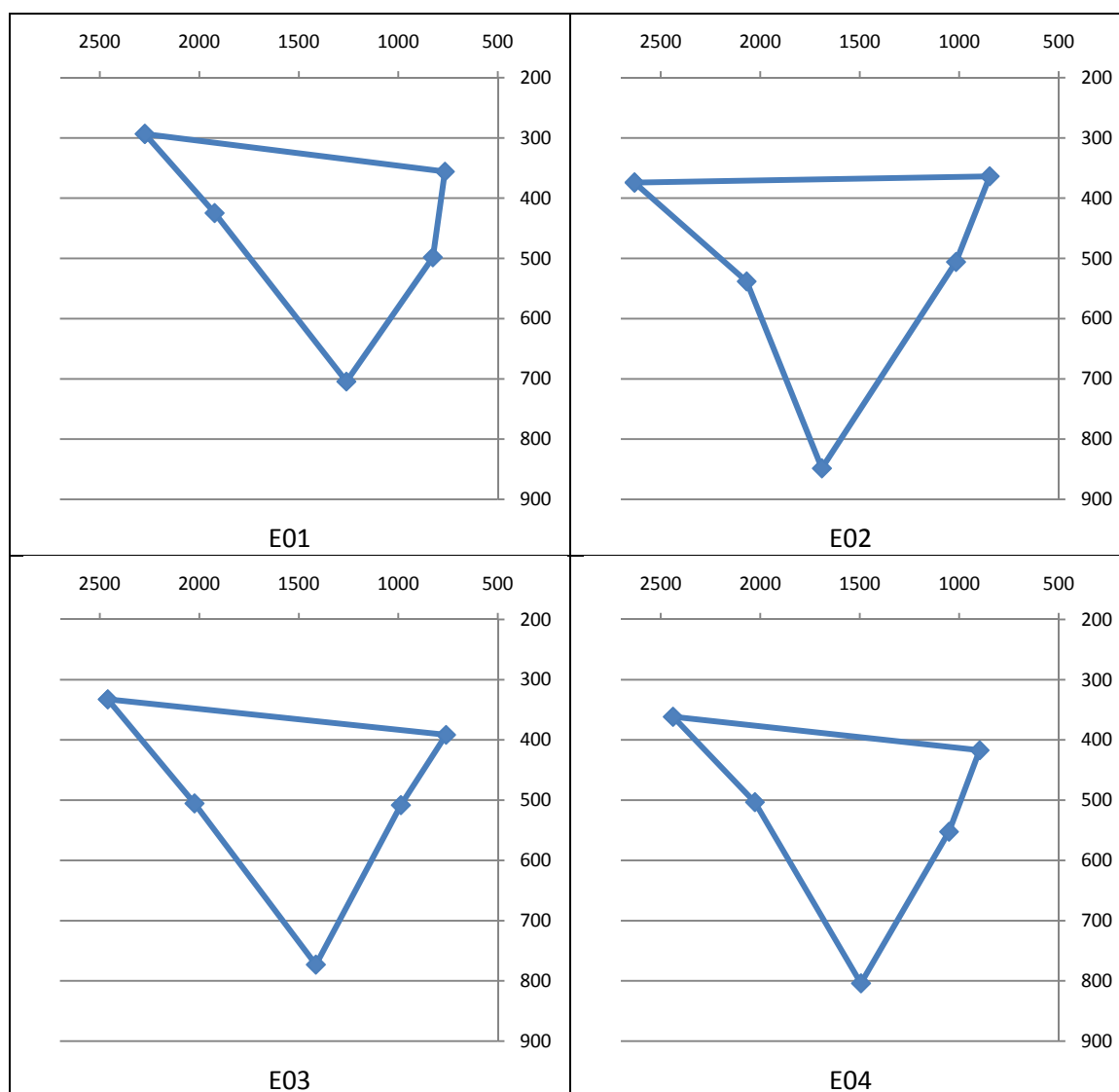
¹⁴⁷ Para facilitar la lectura de la carta de formantes, los valores correspondientes a [u] han sido coloreados de azul en los informantes E02 y E04.

¹⁴⁸ En realidad, [o – u] son un *continuum* en todos los casos menos en E01.

¹⁴⁹ Cabría repetir aquí la observación realizada en el apartado anterior con respecto a la [a] del castellano: a pesar de su libertad teórica en los dos ejes (mayor incluso, en principio, en lo tocante a lo antero-posterior), el área de dispersión de [a] es de forma vertical, es decir, se relaciona especialmente con la abertura. Este hecho puede aducirse como probatorio de la correcta clasificación de [e – o] como semi-cerradas.

- La vocal [u] posee un área de forma más bien alargada (salvo en E04) y muy cercana a la de [o], tanto en la localización antero-posterior como –sobre todo– en la abertura.

Con los valores medios de cada vocal, se confeccionan los triángulos acústicos de los cuatro informantes, así como el general para el euskara, con la totalidad de los valores. Como en el análisis del castellano, aparecen también aquí los cuatro triángulos, con el código de colores habitual, en una misma carta de formantes:



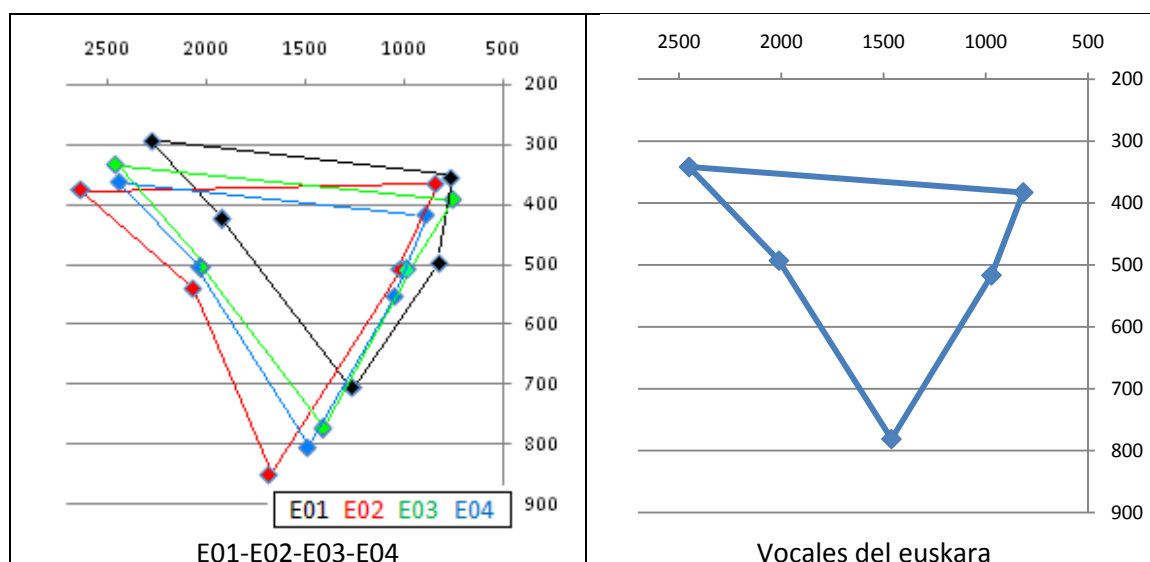


Figura 113.- Triángulos acústicos de los informantes de euskara

Como sucedía con el español, parece claro que el triángulo de E01 es diferente de los otros tres; a diferencia de entonces, los tres restantes no son iguales, puesto que uno de ellos –el correspondiente a E02– resulta también diferente, en especial en la serie anterior.

En el examen de las áreas de dispersión, la serie anterior resultaba más claramente diferenciada que la posterior. Atendiendo ahora a los valores medios, es claro que las vocales posteriores [o – u] se concentran en dos áreas muy reducidas (y, efectivamente, cercanas entre sí), mientras que las vocales anteriores, incluida la central [a], se distribuyen en áreas bien separadas entre sí, pero claramente más extensas.

La razón probable de que el triángulo de E01 sea más cerrado y posterior es la misma que la presentada en el análisis del español: el sexo. Efectivamente, E01 es el único informante varón, y posee una frecuencia fundamental notablemente más baja que el resto. Sin embargo, el tono fundamental no explica la divergencia de E02; de hecho, posee el *pitch* más bajo de las tres informantes femeninas¹⁵⁰. Por tanto, las diferencias observadas se deben a las particularidades propias del timbre vocálico de la informante; en especial, una serie anterior más adelantada y abierta¹⁵¹.

No obstante, merece la pena examinar la correlación existente entre el tono fundamental y los valores de los tres primeros formantes de las vocales de los cuatro informantes analizados. La siguiente tabla muestra los valores obtenidos por la prueba estadística llevada a cabo (*r* de Pearson):

¹⁵⁰ Los valores del tono fundamental se han suministrado en la Tabla 58.

¹⁵¹ De hecho, es el único triángulo en el que los dos elementos de la serie anterior son más abiertos que sus vocales correspondientes de la serie posterior.

	F0-F1		F0-F2		F0-F3	
	r	Sig.	r	Sig.	r	Sig.
[i]	0,61	0,00	0,40	0,00	0,51	0,00
[e]	0,63	0,00	0,30	0,00	0,58	0,00
[a]	0,50	0,00	0,55	0,00	0,43	0,00
[o]	0,34	0,00	0,73	0,00	0,77	0,00
[u]	0,47	0,00	0,38	0,00	0,58	0,00

Tabla 93.- Correlación de F0 con F1, F2 y F3 de las vocales del euskara

Los valores de significatividad asociados al estadístico son rotundos: existe una correlación significativa y constante entre los valores del F0 y los de los tres formantes. No se dan grandes diferencias entre los formantes ni entre las vocales: en general, la correlación parece algo más fuerte para la [o] y algo menos para la [u], y también parece más fuerte para F3 y menos para F2; pero las diferencias son muy pequeñas. Se registra una fuerte correlación en F2 y F3 de [o]. En esta ocasión, no se aprecia que la relación tienda a ser más fuerte en las frecuencias altas y más débil en las bajas.

Considerando ya los valores generales obtenidos para la lengua, procede establecer la comparación entre las vocales del euskara y las cardinales. Colocamos la figura correspondiente:

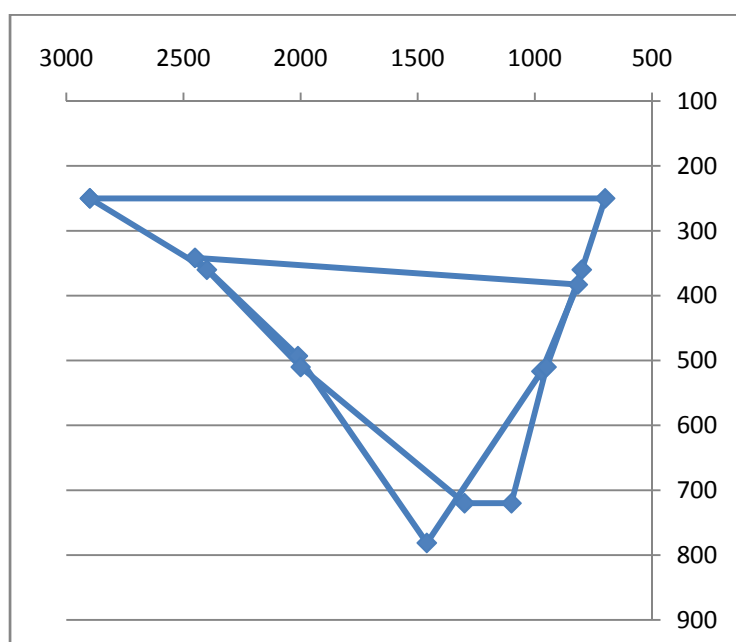


Figura 114.- Triángulos vocálicos del euskara y de las vocales cardinales

La relación del triángulo del euskara con relación al sistema de las vocales cardinales puede concretarse en los siguientes puntos principales:

- El área general del euskara es más pequeña que la de las vocales cardinales, y se sitúa en la zona inferior de las mismas. También resulta algo más anterior, por la situación de [a].
- En cuanto a la abertura:

- o Las vocales cerradas del euskara coinciden con las semicerradas cardinales. La [i] es ligeramente más cerrada que la [e] cardinal, pero la [u] es algo más abierta que la [o] cardinal.
- o Las vocales medias del euskara coinciden con las semiabiertas cardinales. La [e] es un poco más cerrada que la [ɛ] cardinal, pero la [o] es ligerísimamente más abierta que la [ɔ] cardinal.
- o La vocal abierta [a] es notablemente más abierta que la serie abierta cardinal.
- En lo referente a la antero-posterioridad:
 - o Tanto las vocales anteriores como las posteriores presentan una localización prácticamente idéntica a la de las vocales cardinales.
 - o La central [a], en cambio, es notablemente más anterior a la [a] cardinal.

En resumen, cuatro vocales del euskara son prácticamente idénticas a las cardinales, aunque con un grado más de abertura¹⁵², mientras que la quinta vocal del euskara ([a]) es considerablemente más abierta¹⁵³ y más anterior que su correspondiente cardinal.

Para examinar la relación que guarda el triángulo obtenido con otros valores propuestos anteriormente para el euskara, lo colocamos en la misma carta de formante en la que situábamos los valores medios propuestos para todos los dialectos vascos por Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995)¹⁵⁴:

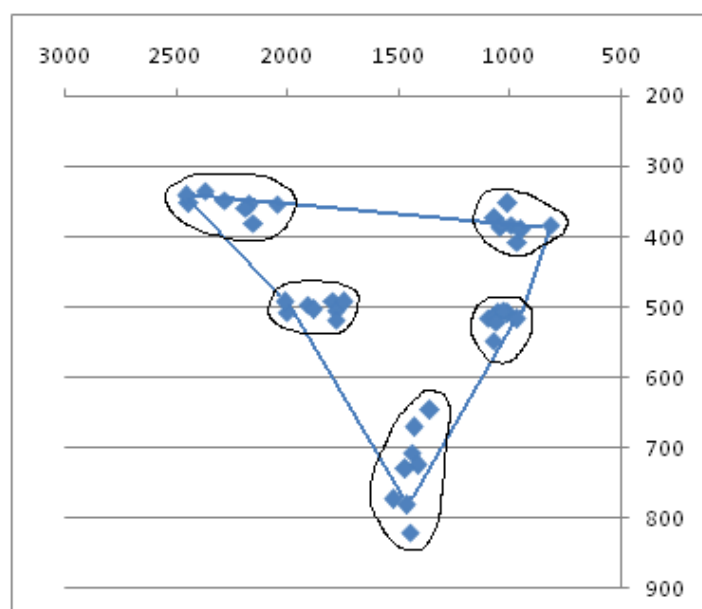


Figura 115.- Triángulo vs. áreas de dispersión del euskara

¹⁵² [i - e] son como las cardinales [e - o], y [e - o] son como las cardinales [ɛ - ɔ].

¹⁵³ Sigue, por tanto, la proporción de abertura de las restantes vocales.

¹⁵⁴ Véase la Fig. 90.

Los valores obtenidos en el experimento no están lejanos, obviamente, de los propuestos para el euskara, pero sólo un caso (el de [a]) se localiza claramente dentro de su correspondiente área de dispersión; en otro caso, el correspondiente a [u], el valor exige ampliar de manera apreciable su área de dispersión; finalmente, las tres vocales restantes se sitúan algo más en el límite de sus respectivas áreas. De manera más pormenorizada:

- Las vocales anteriores [i – e] se sitúan en el extremo anterior de sus respectivas áreas, con un grado de abertura media. La ampliación de las zonas de dispersión que suponen es prácticamente inapreciable.
- La vocal [a] se sitúa en la zona baja (es decir, más abierta) de la zona de dispersión, pero incluida dentro de ésta.
- La vocal [o] está muy cerca de otras medidas propuestas (no en vano es la vocal con el área de dispersión más reducida), pero es ligeramente más posterior, de modo que obliga a ensanchar ligeramente el área.
- La vocal [u] resulta claramente más posterior que el resto de medidas, y se sitúa entre las más abiertas. De este modo, su área de dispersión resulta claramente afectada.

Comparemos, por último, el triángulo obtenido en el experimento con el propuesto por Urrutia-Etxebarria-Túrrrez-Iribar (1995):

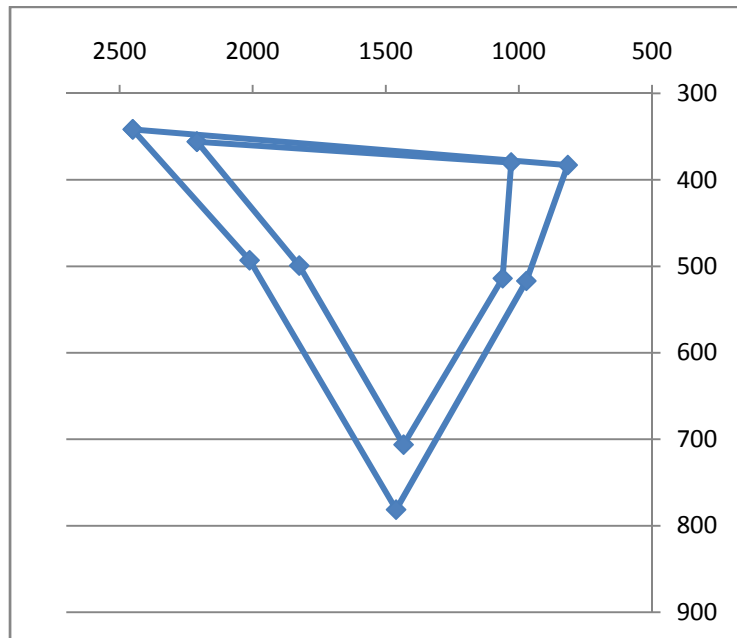


Figura 116.- Comparación de los triángulos del euskara

Se observa claramente que el triángulo vocálico propuesto por Urrutia-Etxebarria-Túrrrez-Iribar (1995) queda incluido dentro del nuestro: las vocales anteriores son más anteriores, las posteriores, más posteriores, y la abierta es más abierta. Con algo más de detalle:

- El área del triángulo vocálico del euskara es mayor que la de la propuesta de Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995), hasta el punto de que éste queda incluido en aquél.
- En cuanto al eje de abertura:
 - Las vocales cerradas y medias poseen prácticamente el mismo grado de abertura en ambos casos.
 - En los dos triángulos, las vocales anteriores son más cerradas que sus correspondientes vocales posteriores.
 - La vocal [a] es, en nuestro experimento, claramente más abierta.
- En cuanto al eje de antero-posterioridad:
 - Las vocales anteriores del experimento son más posteriores que las de la propuesta de Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995), en un grado similar en ambos casos.
 - Las vocales posteriores son más anteriores que las de dicha propuesta, sobre todo en el caso de [u].
 - La vocal central [a] muestra una localización similar, algo más adelantada en nuestro experimento.
- Todos los elementos presentan una desviación parecida con respecto a sus modelos propuestos. Con escasa diferencias, las vocales medias (especialmente [o]) ocupan la posición más cercana, y la vocal abierta [a], la más alejada.
- Las diferencias son en todo caso moderadas, fácilmente explicables por la gran libertad tímbrica del vocalismo vasco. Los dos esquemas representan, básicamente, el mismo sistema vocálico.

Después de establecer y analizar el triángulo acústico del vocalismo del euskara, procedemos seguidamente a examinar la influencia que en él ejercen las dos variables manejadas en el experimentos: acento y posición silábica. La figura siguiente muestra los datos:

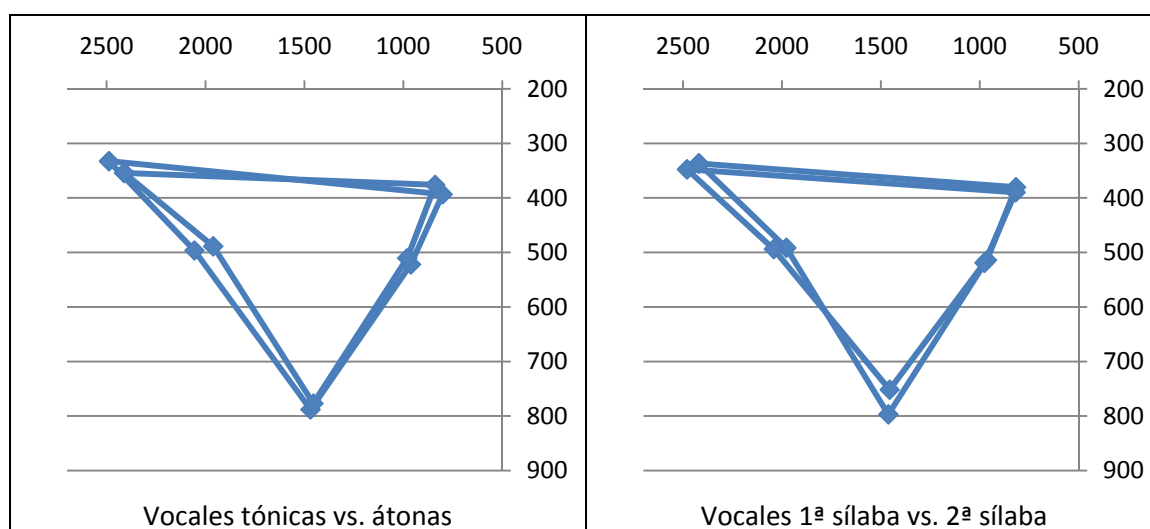


Figura 117.- Triángulos vocálicos del euskara por acento y posición de la sílaba

Como puede verse, la influencia de las dos variables en el timbre vocálico es escasísima, puesto que los dos pares de triángulos son prácticamente idénticos. El área de las vocales átonas es ligeramente más reducida, sobre todo en la serie anterior. También es algo más posterior la serie anterior de las vocales situadas en la primera sílaba, pero su vocal [a] –a diferencia del caso anterior– es más abierta. La vocal [o] es de nuevo la más estable.

En definitiva, del análisis de las alturas frecuenciales de los dos primeros formantes de las vocales estudiadas, se concluye que, desde el punto de acústico, las vocales del euskara quedan perfectamente clasificadas atendiendo a tres grados en los dos ejes manejados, de acuerdo con el esquema tradicional:

		Localización		
		Anteriores	Central	Posteriores
Abertura	Cerradas	[i]		[u]
	Medias	[e]		[o]
	Abierta		[a]	

Tabla 94.- Esquema acústico de las vocales del euskara

Una vez establecido el esquema básico, la tabla siguiente muestra los valores de media y desviación de las nueve variables acústicas analizadas:

			[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
Frecuencias	F1	X	341,62	429,93	781,26	516,75	382,85
		S	41,39	52,87	74,62	38,50	46,89
	F2	X	2450,74	2011,49	1461,28	971,93	816,62
		S	190,58	147,33	176,33	103,99	91,91
	F3	X	2971,38	2812,62	2594,84	2739,54	2682,21
		S	259,87	236,81	283,13	331,15	273,50
Anchos de banda	F1	X	86,72	91,75	174,03	128,65	89,04
		S	48,11	66,62	77,31	54,56	51,28
	F2	X	173,81	199,47	187,87	115,13	170,44
		S	62,62	90,07	68,35	43,09	104,33
	F3	X	204,94	213,77	250,96	176,14	230,68
		S	66,39	83,45	125,92	92,78	93,18
Intensidades	F1	X	12,45	16,51	17,80	15,77	15,55
		S	4,68	5,76	3,41	4,29	5,41
	F2	X	9,78	9,61	15,52	12,89	6,53
		S	6,62	5,01	4,67	4,11	6,33
	F3	X	11,44	8,87	5,80	-4,32	-10,81
		S	6,64	7,83	6,75	6,79	4,80

Tabla 95.- Valores acústicos generales del vocalismo del euskara

Las desviaciones de los valores de frecuencia de los tres primeros formantes son razonablemente pequeñas (nunca llegan al 13% del valor medio), habida cuenta del amplio margen de variación posible en el timbre vocálico. Parece que las vocales anteriores presentan algo más de dispersión en el F1, mientras que dicho formante

parece el menos disperso en [a – o]; la vocal [u] es, con ligera diferencia, la que presenta desviaciones más elevadas en sus frecuencias.

Comparamos a continuación estos valores con los proporcionados por Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995), y también con el valor de F3 propuesto por Etxebarria (1990)¹⁵⁵:

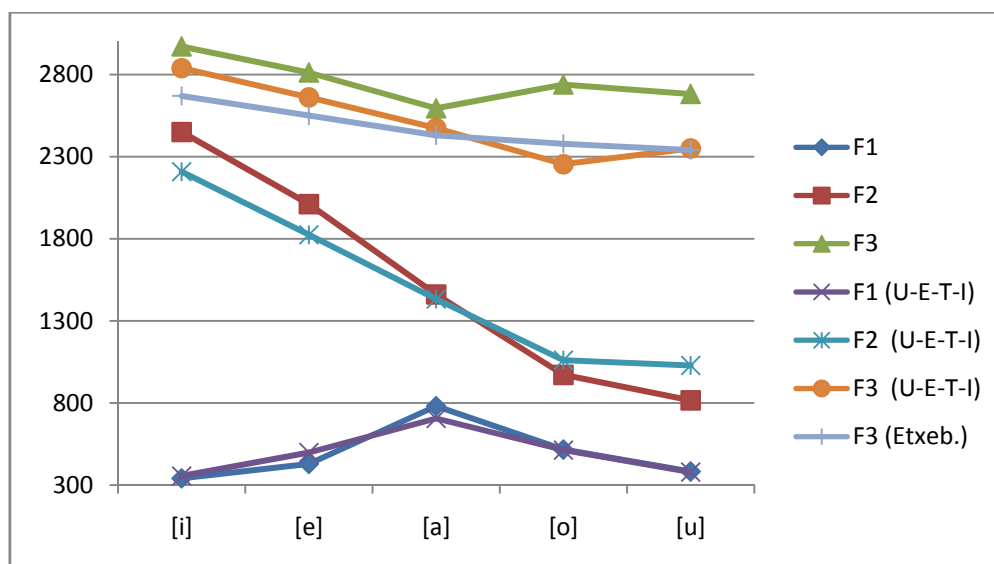


Figura 118.- Comparación de los formantes del euskara

Con las diferencias ya señaladas anteriormente, las trayectorias de los dos primeros formantes corren parejas en el experimento y en Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995). Algo parecido sucede en el tercer formante, salvo la notable excepción de [o] y, en mucha menor medida, también de [u]. Ya se ha señalado en alguna ocasión la especial complejidad de medición del F3 de [o], que parece adoptar una distribución bimodal, con un foco “alto” (que a veces parece confundirse con el F4) y otro “bajo” (que puede parecer un formante suplementario entre el F2 y el F3 anterior). Sin embargo, nuestra medida no puede en ningún caso confundirse con el F4. Además, la desviación del F3 de [o] no es mayor que las otras, lo que indica que no se computan valores especialmente dispersos. Los valores de F3 proporcionados por Etxebarria (1984) son algo más regulares, y transcurren parejos a los de Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995), salvo el valor algo anómalo de [i] en esta segunda propuesta.

Los anchos de banda oscilan entre 86 Hz. (el de F1 de [i]) y 250 Hz. (el de F3 de [a]). En general, el ancho aumenta a medida que asciende la frecuencia, aunque no lo hace de manera homogénea en todas las vocales: las anteriores [i – e] se comportan de manera similar, pero [o] no se comporta como [u], sino como [a]. puede decirse que

¹⁵⁵ Esta autora es prácticamente la única que mide valores de F3 antes de Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995). Presenta los datos distinguiendo las vocales tónicas y las átonas. Como sólo nos interesa un valor de referencia, hacemos una sencilla –aunque, en rigor, incorrecta– media entre ambos. De todos modos, los valores originales son siempre muy cercanos.

los anchos de banda guardan una relación relativamente análoga a la de los correspondientes valores frecuenciales, con la excepción de la [u]. Todas estas observaciones se comprueban gráficamente en las siguientes figuras:

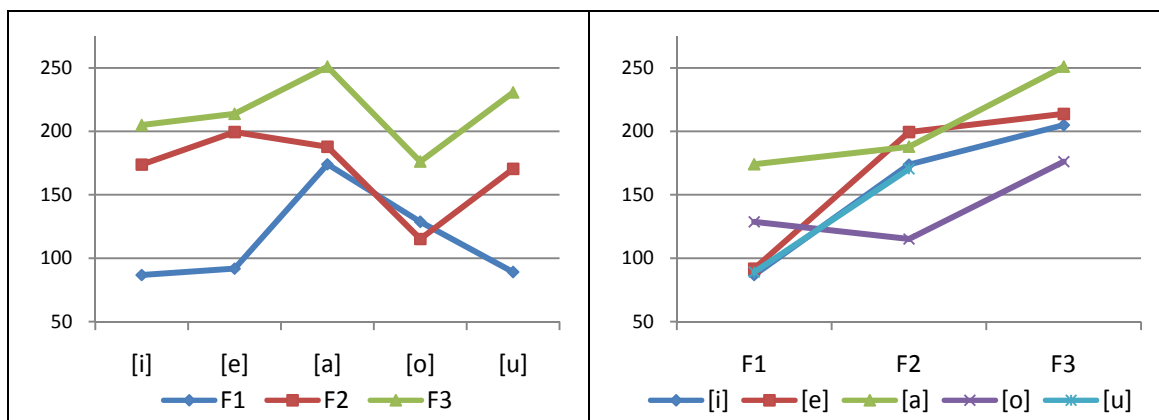


Figura 119.- Anchos de banda de los formantes vocálicos del euskara

Las intensidades de los formantes guarda la gradación teórica, puesto que disminuye a medida que asciende la frecuencia. El descenso fundamental se produce en el F3. La vocal abierta [a] presenta los formantes más intensos y la [u], con gran diferencia, los menos intensos, especialmente en el F3. Por tanto, y como sucedía con el castellano, se observa que la hipótesis de la intensidad intrínseca puede tener su aplicación, pero referida no a la envolvente de la señal, sino a la intensidad de sus formantes acústicos de sus dos primeros formantes. Los valores de intensidad se muestran en la siguiente figura:

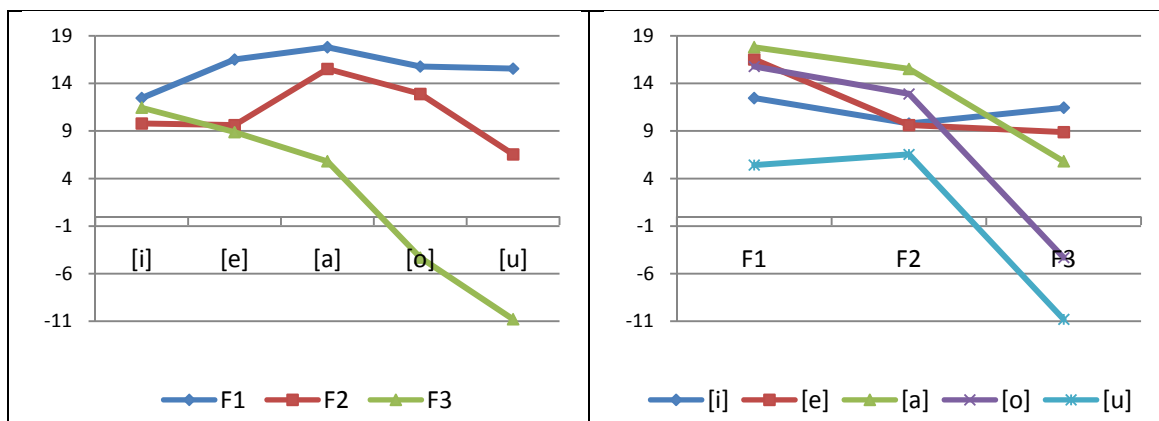


Figura 120.- Intensidades de los formantes vocálicos del euskara

CUARTA PARTE

A MODO DE DISCUSIÓN

4.1. COMPARACIÓN DE LOS DATOS DEL ESPAÑOL Y DEL EUSKARA

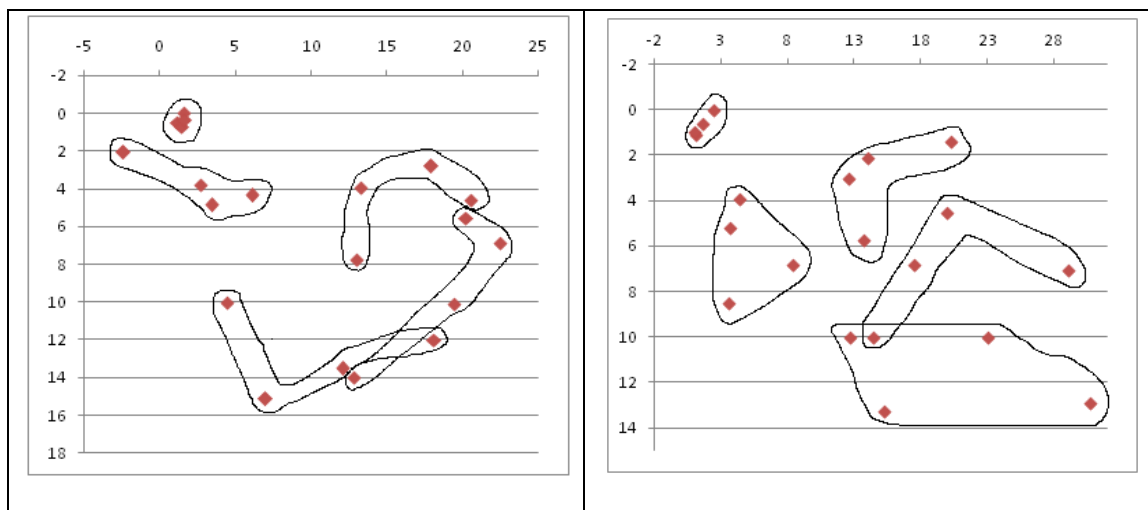
En los dos capítulos anteriores se ha presentado una doble caracterización, articuladora y acústica, del vocalismo del castellano del País Vasco y del euskara, y se ha hecho de manera independiente para las dos lenguas. Llega el momento de comparar los resultados y establecer las oportunas relaciones. Lo haremos siguiendo el orden seguido en la propia caracterización.

4.1.1. Comparación de los datos articulatorios

Aunque el análisis articulatorio efectuado a partir de la colección de imágenes MRI ha relacionado en algunas ocasiones los datos de español y de euskara, en la mayor parte del tiempo se ha estudiado cada lengua de manera independiente. Éste es el momento de comparar la descripción articulatoria efectuada en las dos lenguas.

4.1.1.1. Los pentágonos articulatorios

A continuación se repiten las áreas de dispersión y los esquemas finales de los pentágonos articulatorios de español y euskara:



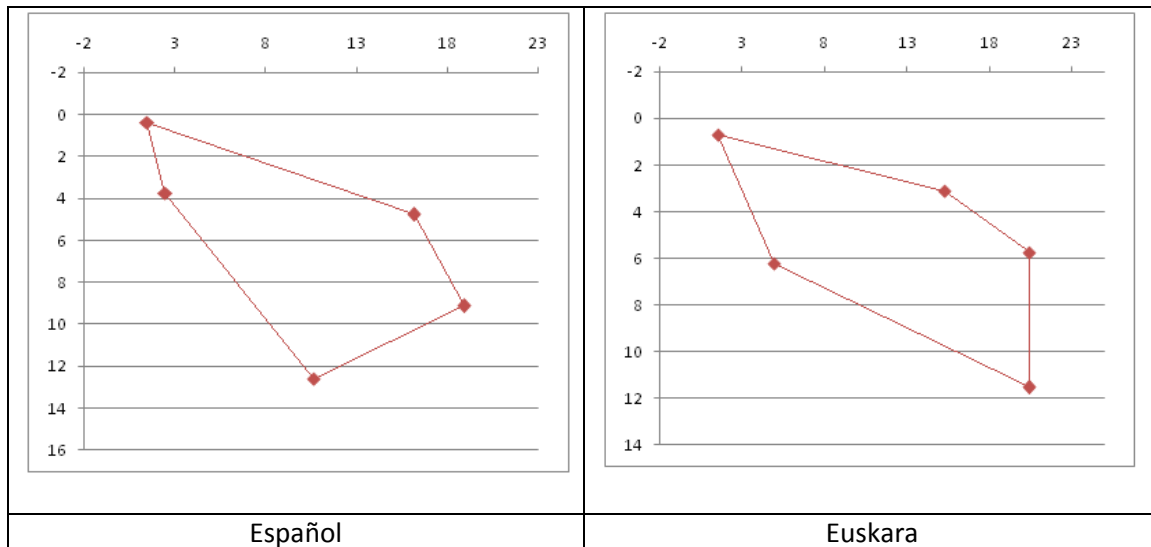


Figura 121.- Pentágonos articulatorios de español y euskara

Las áreas de dispersión tienen formas diferentes en los dos casos, pero no parece oportuno sacar ninguna conclusión al respecto, puesto que sólo cuatro datos por vocal no permiten observar tendencias claras. Los dos pentágonos tienen ciertas similitudes, pero también diferencias notables. En términos generales, el pentágono del euskara se extiende algo más en el eje horizontal y menos en el vertical, es decir, ocupa un área podría decirse que más *apaisada*. La diferencia fundamental entre los dos esquemas viene dado por la distinta ubicación relativa de las vocales [a – u]: una recta que uniera las dos vocales tendría una inclinación contraria en ambas lenguas. Con más detalle, pueden señalarse una serie de similitudes y diferencias, de la siguiente manera:

- Similitudes entre las dos lenguas:
 - [i] es la vocal más alta y ocupa el extremo izquierdo.
 - [a] es la vocal más baja.
 - [o] la vocal más a la derecha.
 - Las dos distancias mayores son [e – a] y [i – u].
- Diferencias entre las dos lenguas:
 - [a] es central en español y posterior en euskara.
 - [u] es posterior en español y central en euskara (aunque no tanto como la [a] en español).
 - [e] tiene la abertura de [o] en euskara, pero la de [u] en español (en esta lengua, [o] es mucho más baja).
 - En español, la distancia [i – e] es menor que la de [u – o]; en euskara sucede lo contrario.

Mediante el *software* DicomPas, pueden obtenerse las medidas de áreas, perímetros y distancias que definen los respectivos pentágonos articulatorios de español y euskara:¹⁵⁶

		Español	Euskara
Distancias primarias	[i – a]	37,64	56,60
	[a – u]	23,97	25,42
	[i – u]	38,78	36,66
Distancias secundarias	[e – i]	8,15	16,80
	[e – a]	30,09	42,40
	[e – o]	44,45	40,04
	[e – u]	34,90	28,15
	[o – u]	12,89	16,50
	[o – a]	23,69	11,60
	[o – i]	49,60	51,77
Pentágono	área	634,79	648,09
	perímetro	113,61	123,98
Triángulo [i – a–u]	área	433,72	353,95
	perímetro	100,40	118,69

Tabla 96.- Áreas y distancias de los pentágonos articulatorios de español y euskara

Según lo señalado en el capítulo correspondiente, la clasificación de las vocales del español de acuerdo a su PMADAL resulta bastante clara, pero no sucede de la misma manera con las del euskara. El problema es que, en esta lengua, no queda claro si conviene o no distinguir cuatro grados de abertura. El esquema del español es el siguiente:

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

Tabla 97.- Esquema articulatorio del español

Para el euskara, un esquema que distinguiera, como en español, cuatro grados de abertura no haría coincidir la ubicación de tres vocales: [e] es semicerrada en español y sería semiabierta en euskara; [u] es posterior en español y sería central en euskara; [a] es central en español y sería posterior en euskara. Ésta es la tabla correspondiente:

¹⁵⁶ Los valores correspondientes a cada vocal del pentágono están redondeados a partir de su media real, porque DicomPas no admite decimales en los píxeles que definen cada punto vocálico.

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

Tabla 98.- Esquema articulatorio del euskara (4 grados de abertura)

En realidad, las vocales del euskara, atendiendo a su PMADAL, pueden clasificarse de manera más sencilla, distinguiendo sólo tres grados de abertura, de la siguiente manera:

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

Tabla 99.- Esquema articulatorio del euskara (3 grados de abertura)

De esta manera, la exacta ubicación de [e] dejaba de ser problemática, puesto que, al no existir subespecificación, queda clasificada como media. Sin embargo, [u] pasaría a ser cerrada, mientras que en español se clasifica como semicerrada.

Estas comparaciones dejan claro que la diferencia fundamental entre las dos lenguas no es una cuestión de abertura, sino de antero-posterioridad: [u] es posterior en español y central en euskara (y además más abierta), y [a] es central en español y posterior en euskara.

En definitiva, desde el punto de vista articulatorio, y teniendo como base del análisis el PMADAL, el vocalismo del español y el del euskara, a pesar de presentar ciertas similitudes, tienen importantes diferencias en sus correspondientes pentágonos articulatorios.

Para corroborar esta conclusión, puede realizarse un análisis de *cluster* jerárquico con los valores del PMADAL, para examinar las agrupaciones que esta prueba efectúa con los ocho informantes. El dendrograma resultante lo muestra de manera gráfica:

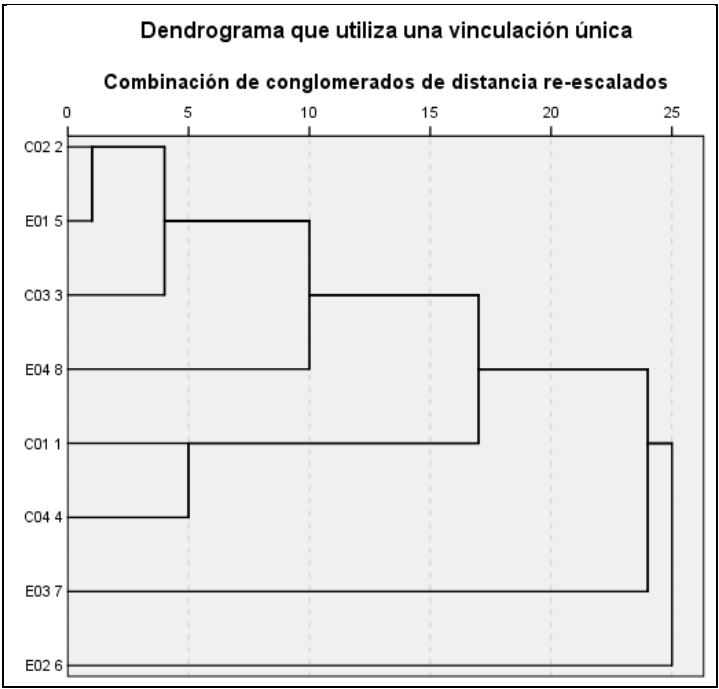


Figura 122.- Dendrograma del PMADAL

Como puede verse, el análisis agrupa primeramente un informante de castellano con otro de euskara (C02 y E01), mientras que el resto quedan separados. Seguidamente, añade otro informante de español al grupo (C03). Más tarde, agrupa otros dos informantes de español (C01 y C04). Las sucesivas agrupaciones muestran que las relaciones entre los ocho conjuntos de datos son en general poco apreciables, y no se realizan en función de la lengua.

También puede realizarse un doble análisis, independiente para cada eje. En ese caso, los dendrogramas muestran las dificultades para agrupar a determinados informantes (lo que significa que sus valores están muy alejados de los demás), pero en ningún caso puede apreciarse ninguna agrupación significativa por lengua:

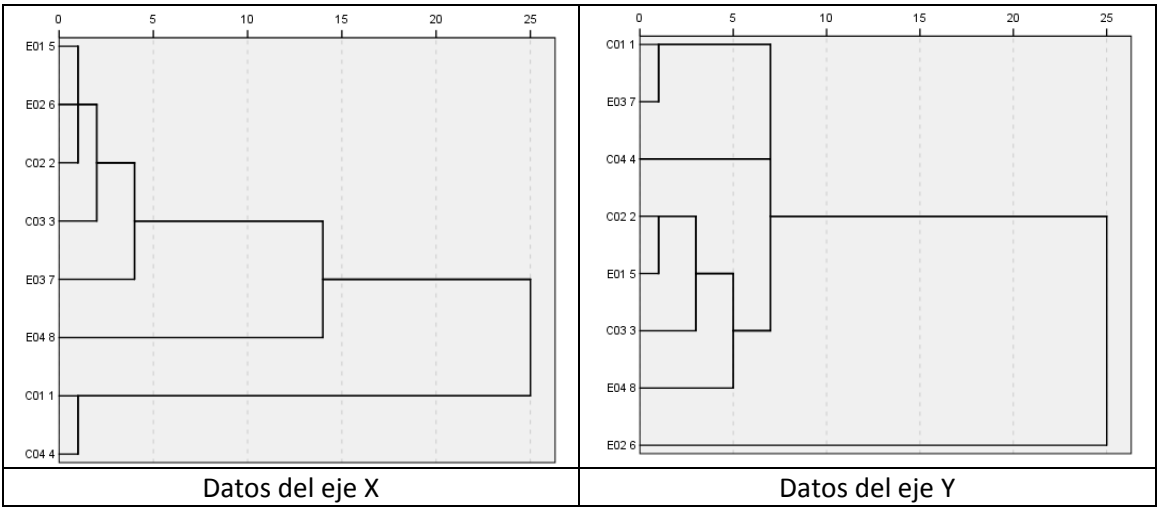


Figura 123.- Dendrogramas del PMADAL

4.1.1.2. Otros parámetros

La abertura labial (parámetro DLL) no ofrece, a primera vista, grandes diferencias entre las dos lenguas. No obstante, los datos del euskara parecen estar mejor agrupados, mientras que los del castellano presentan más variación entre sus cuatro informantes. La única vocal algo diferente en las dos lenguas es [a], que en euskara presenta mayor abertura labial¹⁵⁷. Un análisis de *cluster* jerárquico muestra que, efectivamente, la agrupación por lengua sí funciona (no absolutamente, por supuesto) en esta ocasión, y que los informantes del euskara se agrupan mejor que los del español:

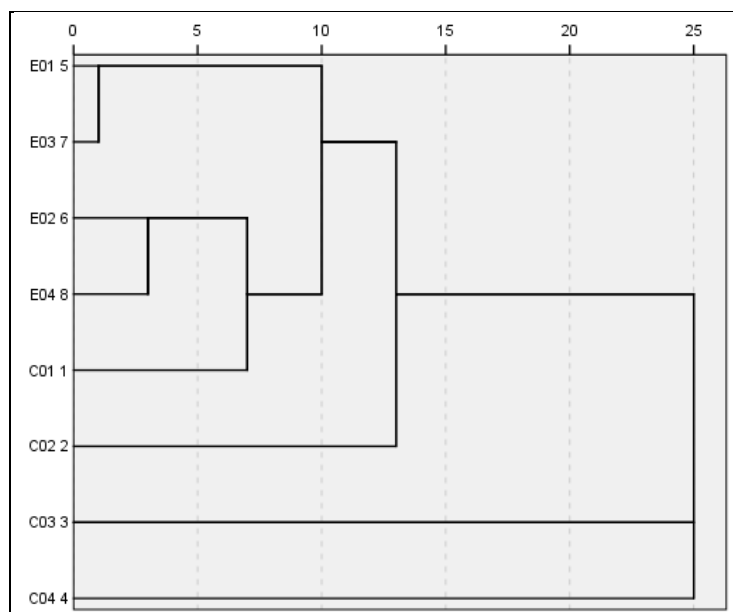


Figura 124.- Dendrograma del DLL

Los datos analizados acerca del redondeamiento labial (parámetro RED) no permiten establecer ninguna comparación entre las dos lenguas. Lo mismo cabría decir de las medidas relativas a la distancia de la constricción (parámetro DC)¹⁵⁸.

El análisis del área de la cavidad oral (parámetro CO) no muestra diferencias entre las dos lenguas, salvo acaso la mayor área de [a] en euskara. Del análisis de las cavidades bucal y faríngea (parámetros CB y CF) tampoco se encuentra ninguna diferencia. Lo mismo cabría decir de las medidas del área de la raíz lingual (parámetro ARL).

Sin embargo, el área del dorso lingual (parámetro ADL) sí muestra una diferencia significativa entre las dos lenguas, porque en español se comporta de acuerdo a la abertura articulatoria (en una relación inversamente proporcional), mientras que en euskara no se encuentra tal relación.

¹⁵⁷ Véase la Figura 51.

¹⁵⁸ En estos casos, y también en los siguientes referidos a las áreas, no se traslada el resultado de los análisis estadísticos efectuados, porque resultan irrelevantes, al no mostrar ninguna asociación significativa entre las lenguas.

Así pues, puede decirse que, en general, no se encuentran diferencias relevantes entre los parámetros articulatorios de euskara y castellano. De este modo, un análisis de *cluster* jerárquico con la totalidad de las variables articulatorias manejadas ofrece unos resultados claros: los informantes no se agrupan por lenguas.

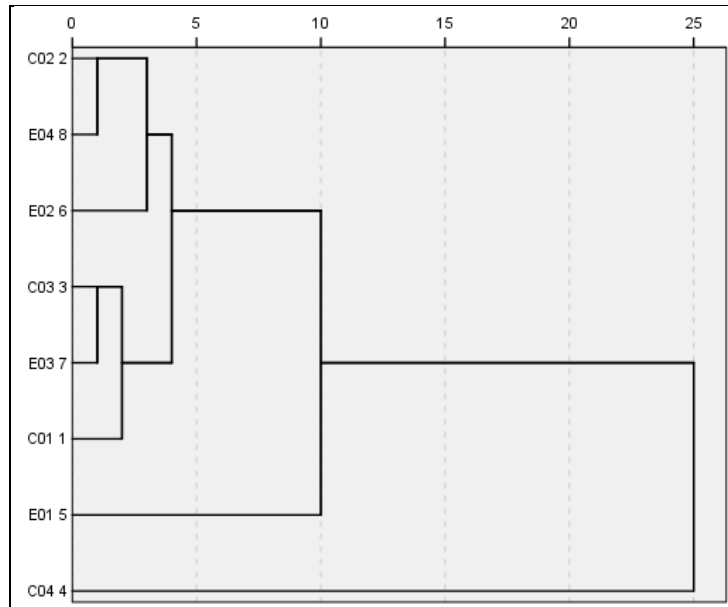


Figura 125.- Dendrograma de la totalidad de los parámetros articulatorios

4.1.2. Comparación de los datos acústicos

Los resultados del análisis acústico efectuado en las dos lenguas ofrecen resultados que resulta interesante comparar, como se podrá comprobar a continuación.

4.1.2.1. Las cualidades básicas

El análisis de las cualidades básicas (tono, duración e intensidad) de los sonidos vocálicos tenía por objeto, además de la propia medición de los valores acústicos, el examen de la hipótesis que relaciona, de manera natural o *intrínseca*, dichas magnitudes físicas con la abertura de cada vocal.

El tono es, con mucho, la cualidad vocálica más estudiada –y más discutida– en las lenguas del mundo. En lo referente al español, los resultados de los estudios precedentes no pueden calificarse de concluyentes, pero los datos de nuestro experimento se alinean claramente con quienes niegan la hipótesis. Sin embargo, los datos referidos al euskara funcionan de manera opuesta, puesto que siguen exactamente las relaciones predichas por la hipótesis denominada IFO (*intrinsic F0*). Véanse los dos esquemas colocados paralelamente:

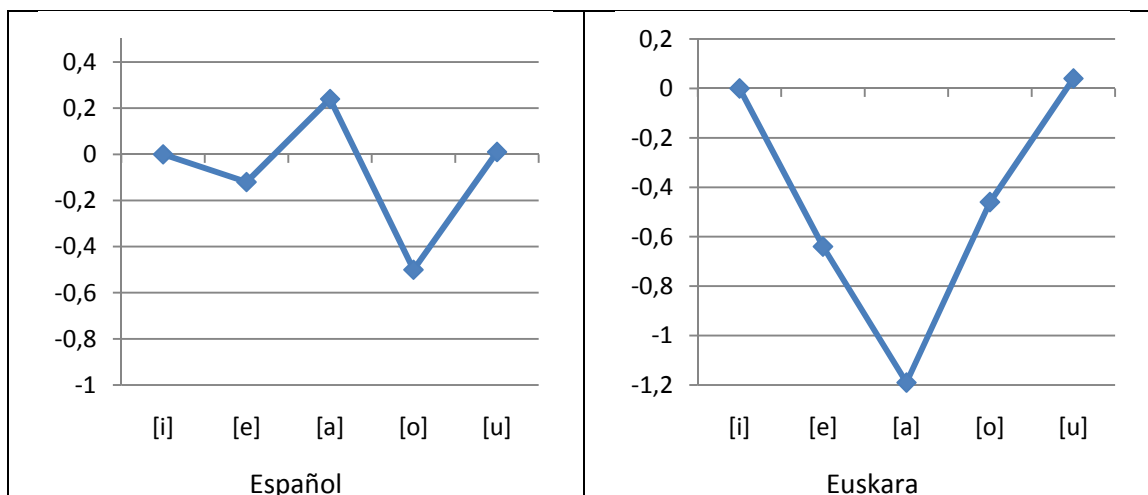


Figura 126.- Tono fundamental de las vocales del castellano y del euskara

Esta divergencia entre las dos lenguas reviste un especial interés, que trasciende la mera descripción del comportamiento de una u otra lengua, puesto que afecta a la propia hipótesis IF0. Nos encontramos con dos lenguas, tipológicamente diferentes pero con dos sistema vocálicos casi idénticos, que conviven en un mismo espacio lingüístico; la hipótesis IF0 se cumple en una de ellas, pero no en la otra. Eso necesariamente quiere decir que el comportamiento del tono no es natural, *intrínseco*, sino aprendido, es decir, *fonológico*. En definitiva, estos datos parecen una prueba concluyente en contra de la hipótesis IF0.

A pesar de que la forma de los dos esquemas de F0 es claramente diferente, los valores tonales de las vocales de castellano y del euskara son muy cercanos desde un punto de vista estadístico. Un análisis de *cluster* jerárquico muestra que, atendiendo a su proximidad estadística, los informantes no se agrupan entre sí de acuerdo a su lengua, sino de una manera que ha de entenderse como aleatoria. El dendrograma resultante del análisis estadístico lo aclara gráficamente¹⁵⁹:

¹⁵⁹ Atendiendo a los valores de F0, la prueba estadística agrupa primeramente a C03, E02 y C01, a E03 y E04, y a C04 y E01, mientras que C02 queda suelto. En un segundo grado de vinculación, los dos primeros grupos quedan a su vez reagrupados (C03-E02-C01-E03-E04). A mucha distancia, C02 se suma al grupo. Por fin, se sumarían los dos informantes restantes (C04-E01). Por tanto, las agrupaciones primarias no tienen que ver con la lengua, ni tampoco las siguientes.

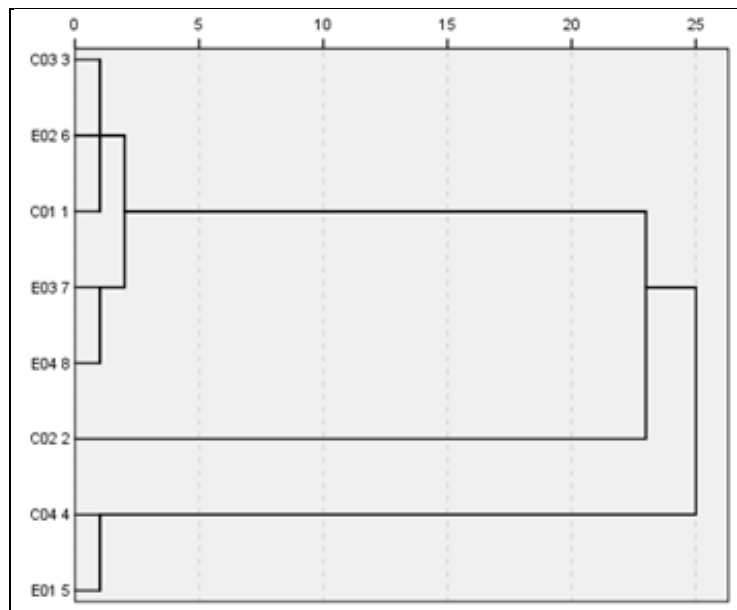


Figura 127.- Dendrograma del F0 vocálico

En definitiva, el análisis de *cluster* obliga a tomar con cierta reserva la conclusión anterior, a saber: que hay una diferencia fundamental entre el comportamiento de las dos lenguas en relación al tono fundamental de sus vocales.

También se observan algunas diferencias interesantes en la influencia que, sobre el tono fundamental, ejercen las variables de acento y posición silábica. Reproducimos los dos gráficos correspondientes:

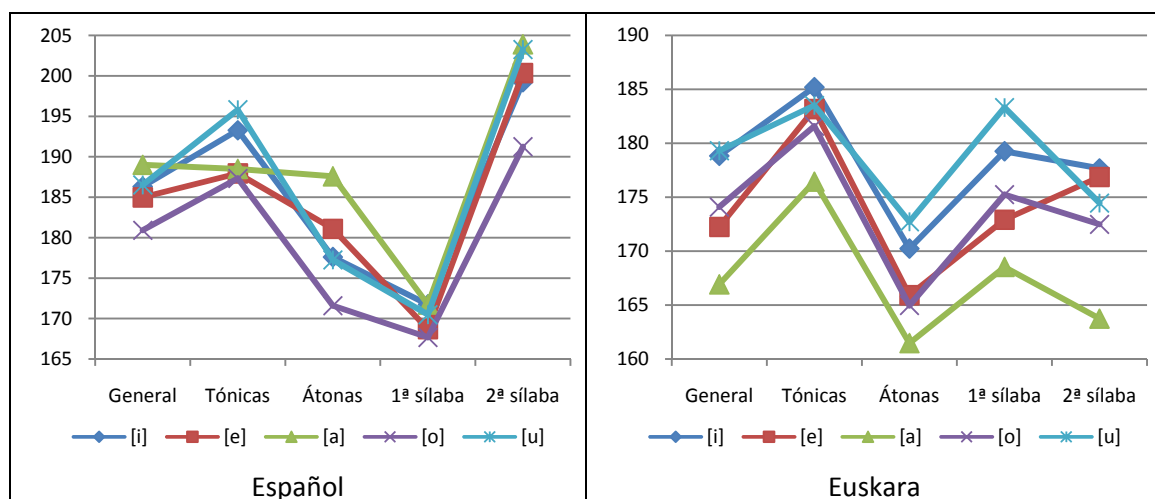


Figura 128.- Influencia del acento y la posición en el tono fundamental de las vocales del castellano y del euskara

Con respecto al castellano, las vocales del euskara se mueven en un rango menor, son más sensibles al acento y mucho menos a la posición de la sílaba en la que se sitúan. Con más detalle:

- El rango de variación de los valores de la frecuencia fundamental es de 3,33 st. para el castellano y de 2,37 para el euskara.

- La variación del tono en función del acento oscila, según la vocal, entre 0,08 y 1,72 st. para el castellano, y entre 1,04 y 1,71 st. para el euskara; estas diferencias no son estadísticamente significativas en la primera lengua¹⁶⁰, pero lo son casi siempre en la segunda.
- La variación del tono en función de la posición de su sílaba oscila, según la vocal, entre 2,27 y 3,04 st. para el castellano, y entre 0,16 y 0,85 st. para el euskara. Estas diferencias son siempre significativas en castellano, y nunca lo son en euskara. Lo importante, en cualquier caso, es el sentido de la variación, opuesto en ambas lenguas.

En resumen, parece que, al menos en lo referente al *pitch*, los factores acentuales y entonativos operan de distinta manera en las dos lenguas.

Examinemos seguidamente las figuras del comportamiento de las duraciones vocálicas en las dos lenguas:

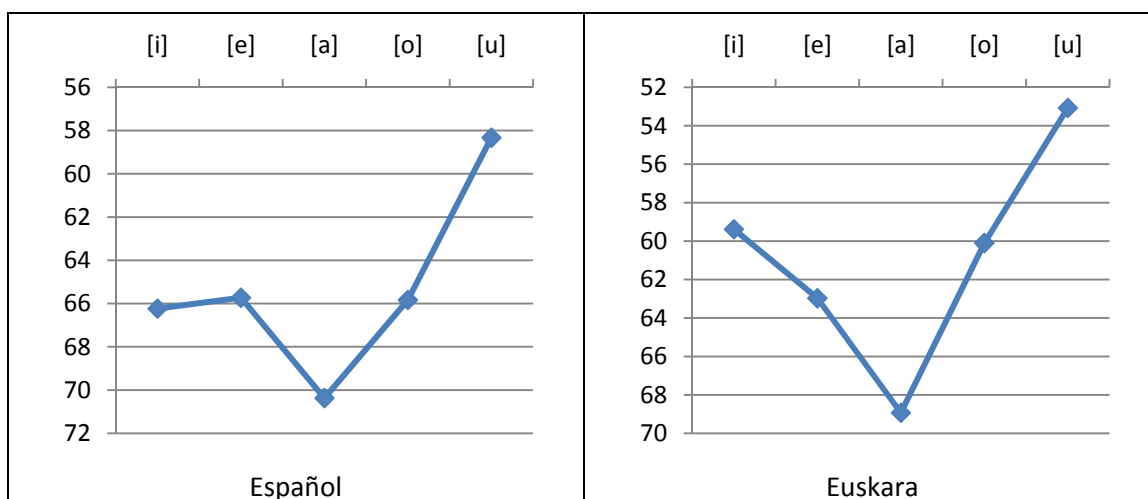


Figura 129.- Duración de las vocales del castellano y del euskara

Puede decirse que los valores de duración de las vocales del euskara se comportan de acuerdo a la previsión de la hipótesis de la duración intrínseca, aunque no de una manera tan *perfecta* como con el F0, puesto que la duración de [i] no es como la de [u], sino como la de [o]. En castellano, no puede negarse cierta relación entre la duración y la abertura vocálica, aunque la vocal [i] no actúa de acuerdo con la hipótesis. En definitiva, en ambas lenguas puede establecerse un cierto grado de relación entre abertura y duración, aunque de manera claramente más imperfecta en castellano.

¹⁶⁰ Para Albalá et al. (2008: 2), la diferencia entre tónicas y átonas es de 0,86 st., y resulta muy significativa ($p > 0,001$), sobre todo por las diferencias registradas en la [i] y, en menor medida, en la [o].

Las agrupaciones efectuadas por el análisis de *cluster* jerárquico son diferentes de las correspondientes al tono fundamental, pero igualmente inconsistentes con la agrupación por lengua. Véase el dendrograma correspondiente:

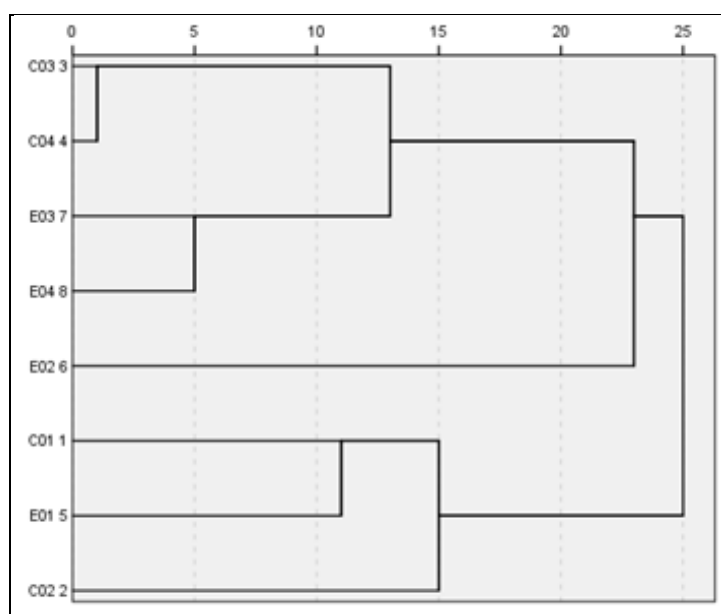


Figura 130.- Dendrograma de la duración vocálica

Las dos variables manejadas influyen de la siguiente manera en la duración de las vocales de las dos lenguas:

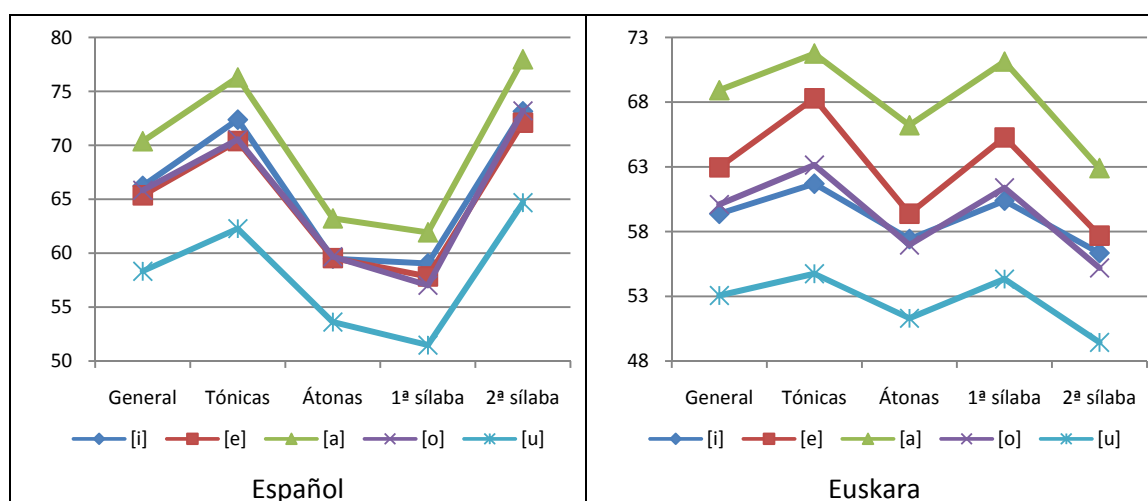


Figura 131.- Influencia del acento y la posición en la duración de las vocales del castellano y del euskara

En comparación con el castellano, la duración de las vocales en euskara oscila en un rango menor, es sensible al acento de manera parecida, pero varía según la posición silábica de manera opuesta. Veámoslo con algo más de detalle:

- En castellano, la vocal más larga posee un 51,45% más de duración que la más breve. Esta proporción, en euskara, es del 45,09%. En general, las vocales del castellano son ligeramente más largas, sobre todo en posición tónica.

- Las vocales tónicas son, en ambas lenguas, más largas que las átonas, pero la diferencia es más acusada en castellano (varía entre el 16,15% y el 21,60%, y de manera significativa en todas las vocales)¹⁶¹ que en euskara (varía entre el 6,70% y el 15,00%, y de modo no significativo en [i – u])¹⁶².
- En castellano, las vocales situadas en la segunda sílaba son significativamente más largas que las situadas en la primera sílaba (entre el 23,87% y el 28,35% más largas)¹⁶³. Por el contrario, en euskara son significativamente más breves (entre un 7,16% y un 13,13% más breves), a excepción de la [u], cuya diferencia no es estadísticamente significativa.

Por tanto, la duración vocálica se comporta de manera similar en las dos lenguas, pero la influencia de los factores entonativos asociados a la posición silábica opera de manera opuesta.

Por último, la siguiente figura muestra la relación que guardan entre sí las intensidades vocálicas en español y en euskara:

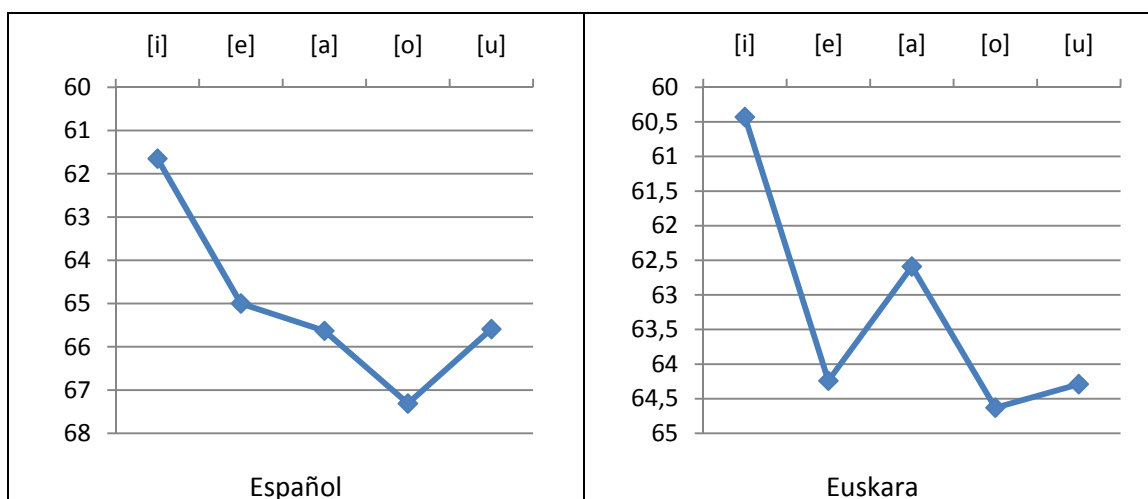


Figura 132.- Intensidad de las vocales del castellano y del euskara

¹⁶¹ Según Quilis-Esgueva (1983: 243), las vocales tónicas son, en su conjunto, el 25,59% más largas que las átonas. Para Marín Gálvez (1995), las vocales tónicas duran el 20% más que las átonas. En nuestro caso, el porcentaje es del 19,06%. Monroy Casas (1980) eleva este porcentaje hasta el 30% e incluso hasta el 46%, pero en sílaba trabada.

¹⁶² Los valores de duración asociados al acento son muy similares a los presentados en Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995). En nuestro caso, la media de duración de las vocales tónicas y átonas es, respectivamente, 63,93 ms. Y 58,26 ms., lo que supone que las primeras son el 9,73% más largas que las segundas. Estos mismos valores, en los dialectos vascos en contacto con el español analizados en Etxebarria-Túrriz-Iribar (1995), son 60,85 ms y 56,13, lo que implica que las tónicas duran el 8,40% más que las átonas.

¹⁶³ Aunque no hay estudios que midan específicamente la duración de las vocales en la sílaba correspondiente a la frontera sintáctica que se da en nuestro cuestionario, sí se ha señalado que la posición en la frase es un factor de variación importante de la duración vocálica en español. Por ejemplo, Marín Gálvez (1995) señala que las vocales en posición prepausal resultan un 47% más largas que en posición no prepausal.

Se observa con claridad que no cabe establecer ninguna relación entre la intensidad y la abertura vocálica, en ninguna de las dos lenguas. De hecho, en los dos casos parece observarse cierta relación, ciertamente imperfecta e incompleta, con la localización vocálica en el eje antero-posterior, que haría que la vocal fuera menos intensa cuanto más anterior fuera su localización. En realidad, esto se cumple si se compara las dos vocales extremas, es decir, [i] y [u]. Las vocales restantes presentan una intensidad cercana a la de [u], con sendas excepciones, ambas aparentemente inexplicables: [o] en castellano (mayor intensidad) y [a] en euskara (menor intensidad).

Las agrupaciones que realiza el *cluster* jerárquico son, una vez más, aleatorias, como muestra el correspondiente dendrograma:

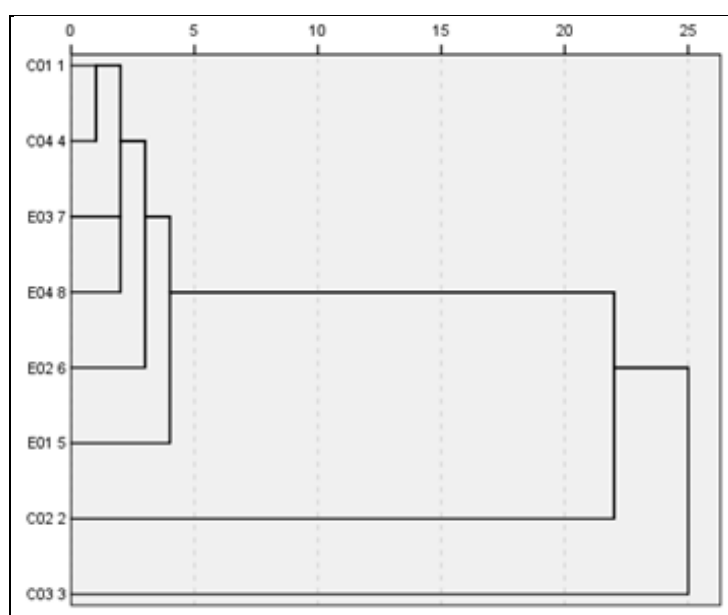


Figura 133.- Dendrograma de la intensidad vocálica

Las variables consideradas ejercen, una vez más, una influencia distinta según la lengua:

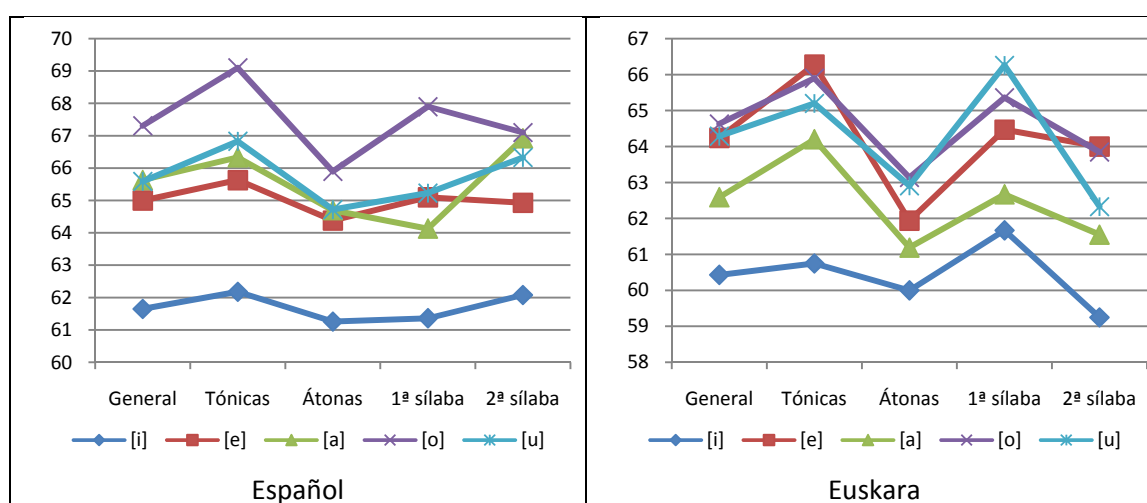


Figura 134.- Influencia del acento y la posición en la duración de las vocales del castellano y del euskara

Las intensidades vocálicas en euskara oscilan en una escala ligeramente menor que en castellano, se ven afectadas por el acento en el mismo sentido (aunque con mayor fuerza) y reaccionan a la posición en sentido contrario. Como siempre, lo examinamos con más detalle:

- Las intensidades del euskara se mueven en una escala algo más baja, pero sus márgenes de variación son similares en las dos lenguas. La vocal más intensa del castellano posee un 12,79% más de intensidad que la menos intensa; en euskara, el mismo porcentaje es del 11,86%.
- Las vocales tónicas son más intensas en las dos lenguas, pero las diferencias no son significativas en castellano (oscilan entre el 1,50% y el 4,85%)¹⁶⁴ y sí lo son en las vocales [e – a – o] del euskara (oscilan entre el 1,25% y el 7,00%).
- En euskara, las vocales en la segunda sílaba son menos intensas (aunque la diferencia es sólo significativa con [i – u]). En castellano, el comportamiento no es similar en las cinco vocales (oscila entre -4,17% y +1,19%), pero la diferencia sólo es significativa en la [a]¹⁶⁵.

En resumen, la intensidad no se comporta de acuerdo a la hipótesis de la cualidad intrínseca, el acento ejerce una influencia similar en ambas lenguas, aunque en dos grados distintos, pero la posición silábica sólo muestra una influencia clara en el euskara.

4.1.2.2. El timbre vocálico

En términos generales, el timbre vocálico del castellano y el del euskara son muy similares, como muestra la gráfica de los triángulos acústicos de ambas lenguas:

¹⁶⁴ Sin embargo, según Blecua-Acín (1995), las vocales tónicas son el 30% más intensas que las átonas, y su diferencia es significativa para una prueba de t-test. Las proporciones, en cambio, resultan muy diferentes para Albalá-Marrero (1995): las vocales en posición interior tónica son de media el 7'67% más intensas que las situadas en posición interior átona.

¹⁶⁵ Aunque no sea del todo equiparable, Blecua-Acín señalan que la diferencia de intensidad entre las vocales en posición prepausal y no prepausal es altamente significativa ($p < 0,0001$)

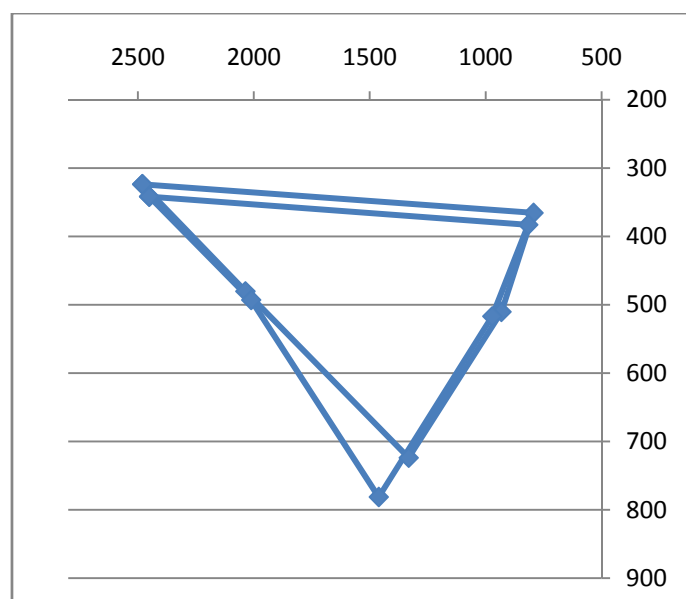


Figura 135.- Triángulos acústicos del español y del euskara

Las vocales cerradas [i – u] del euskara son ligeramente más abiertas que las del castellano; las vocales medias de las dos lenguas son prácticamente idénticas; sólo la [a] presenta una diferencia sensible: la del euskara es más abierta (58 Hz. más) y más adelantada (129 Hz. más). En relación a sus respectivos triángulos, las dos vocales abiertas son centrales, pero la del euskara es más anterior y la del castellano, más posterior.

Las áreas de dispersión de las dos lenguas son, lógicamente, similares, como muestra la siguiente figura:

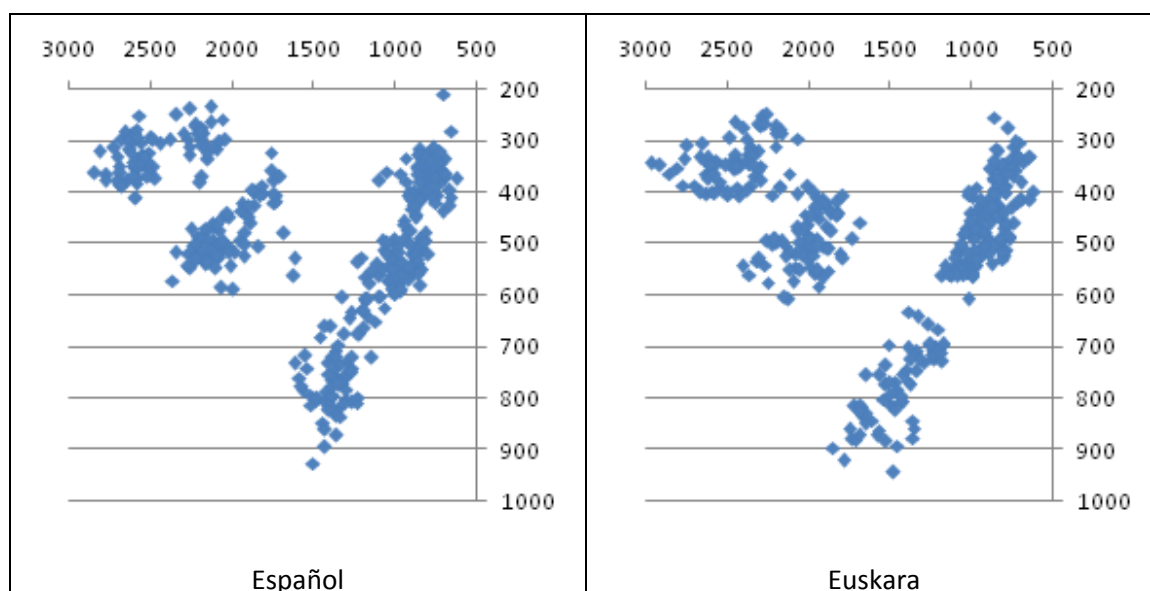


Figura 136.- Áreas de dispersión del español y del euskara

La diferencia más apreciable se sitúa en la serie posterior. En euskara, [o] y [u] forman un continuo prácticamente insegmentable, relativamente alejado de [a]. En castellano, en cambio, los tres elementos están relativamente diferenciados, aunque [o – u] estén

más cercanos que [a]. En español se observan los diferentes valores de uno de los informantes, que hacen que la serie anterior, especialmente [i], parezca tener una distribución bimodal. En las dos lenguas, pero quizá algo más en euskara, la vocal con mayor libertad tímbrica es, como era previsible, la central [a]; pero esa libertad no se ejerce tanto en el eje antero-posterior, sino en el de abertura. Como ya se ha repetido anteriormente, este hecho confirma que entre la vocal abierta y las medias hay más distancia que entre éstas y las cerradas; por tanto, supone una corroboración de la clasificación estricta de las vocales medias de las dos lenguas como semicerradas.

Atendiendo a los valores medios de cada informante, podemos confeccionar un gráfico con las áreas de dispersión de dichos valores para las dos lenguas:

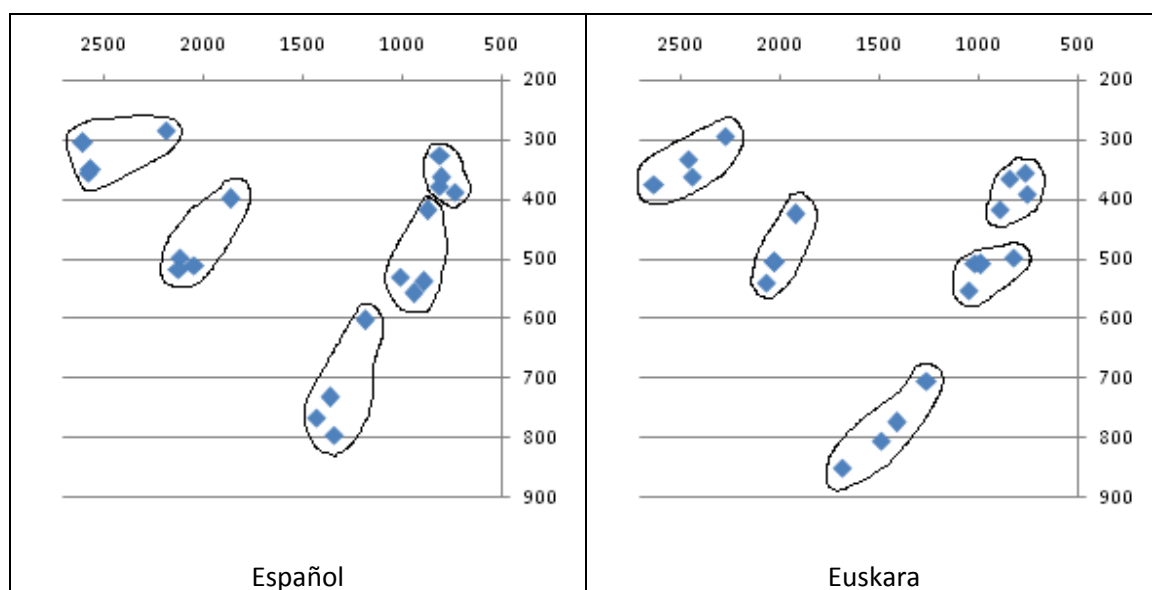


Figura 137.- Áreas de dispersión del español y del euskara

Aparentemente, las áreas del castellano son algo más amplias que las del euskara, pero eso es debido a que, en todas las vocales menos [u], hay siempre un dato claramente separado; ese dato corresponde al informante masculino, cuyas diferencias pueden ser al menos parcialmente explicadas en función de la distancia tonal asociada al sexo. Descontado ese dato, los otros tres valores aparecen muy bien agrupados. Por su parte, el único informante masculino de euskara no presenta unos valores tan separados¹⁶⁶, pero, en cambio, las tres informantes restantes están mucho menos agrupadas.

¹⁶⁶ Sin embargo, el tono fundamental del informante masculino de euskara está más separado del tono medio de las otras tres informantes que el correspondiente al informante masculino de castellano. Por tanto, explicar las diferencias observadas en el triángulo vocálico del informante C04 únicamente por el sexo parece bastante discutible.

Si realizamos la habitual prueba estadística de U de Mann-Whitney¹⁶⁷, los valores de significatividad asociados al estadístico en los tres primeros formantes son los siguientes:

	F1	F2	F3
[i]	0,00	0,12	0,79
[e]	0,25	0,12	0,03
[a]	0,00	0,00	0,00
[o]	0,54	0,00	0,00
[u]	0,01	0,07	0,00

Tabla 100.- Significatividad de la U de Mann-Whitney para la lengua

La diferencia de los formantes de la [a] en español y euskara es estadísticamente significativa. En las vocales medias, las dos [e] son equivalentes, y [o] es significativamente diferente en relación a la localización. Las dos vocales cerradas son significativamente distintas en ambas lenguas en lo referente a la abertura, pero no en cuanto a su localización. Todos los F3 son diferentes en las dos lenguas, a excepción del de la vocal [i].

Estos resultados vuelven a poner de manifiesto la diferencia entre la significatividad estadística y la específicamente fonética, puesto que las diferencias entre los valores formánticos mostrados en la figura 135 parecen, a excepción de [a], fonéticamente irrelevantes, puesto que ocupan prácticamente el mismo lugar en la carta de formantes.

Por último, podemos relacionar los triángulos de las dos lenguas con el correspondiente a las vocales cardinales:

¹⁶⁷ A pesar de que, como se muestra en el Anexo 6, la mayoría de las variables de timbre sí superan la condición de normalidad para la realización de pruebas paramétricas, el hecho de que continúe habiendo variables que no la cumplan hace conveniente seguir utilizando la misma prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, de modo análogo al utilizado hasta el momento.

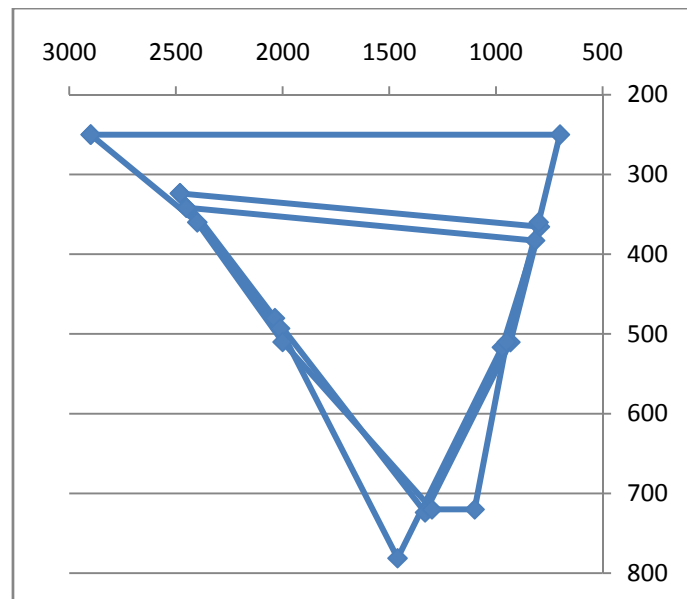


Figura 138.- Triángulos del español y del euskara y vocales cardinales

La comparación permite recapitular las características principales de ambos sistemas:

- Las áreas acústicas de los triángulos de ambas lenguas son más pequeñas que la correspondiente a las vocales cardinales, y se sitúan en la zona inferior –es decir, abierta– de la misma. Pero el área del euskara es aún más abierta, y también más anterior.
- En cuanto al eje de abertura:
 - Las vocales cerradas de las dos lenguas coinciden con las semicerradas cardinales. La [i] es, en ambos casos, algo más cerrada que la [e] cardinal. La [u] es, sólo en euskara, algo más abierta que la [o] cardinal.
 - Las vocales medias de las dos lenguas coinciden con las semiabiertas cardinales. La [e] del castellano es algo más abierta que la [ɛ] cardinal, mientras que la del euskara es algo más cerrada. La [o] es prácticamente igual a la [ɔ] cardinal en ambos casos.
 - Las dos vocales anteriores son más cerradas que sus correspondientes posteriores, pero esa diferencia es algo mayor en las cerradas que en las medias.
 - La [a] del castellano tiene el mismo grado de abertura que la serie abierta cardinal, pero la del euskara es claramente más abierta.
- En lo referente al eje antero-posterior:
 - Las cuatro vocales cerradas y medias tienen una localización prácticamente idéntica a la de sus correspondientes cardinales. Tan sólo la [i], sobre todo en castellano, se sitúa en un punto ligeramente más anterior.
 - La [a] del castellano se corresponde con la [a] anterior cardinal, pero la del euskara es claramente más anterior.

Corresponde ahora averiguar si la influencia ejercida en el triángulo acústico por las dos variables manejadas se manifiesta de igual manera en las dos lenguas. Colocamos nuevamente las gráficas ya presentadas en los apartados correspondientes, comenzando por el correspondiente a la variable acentual:

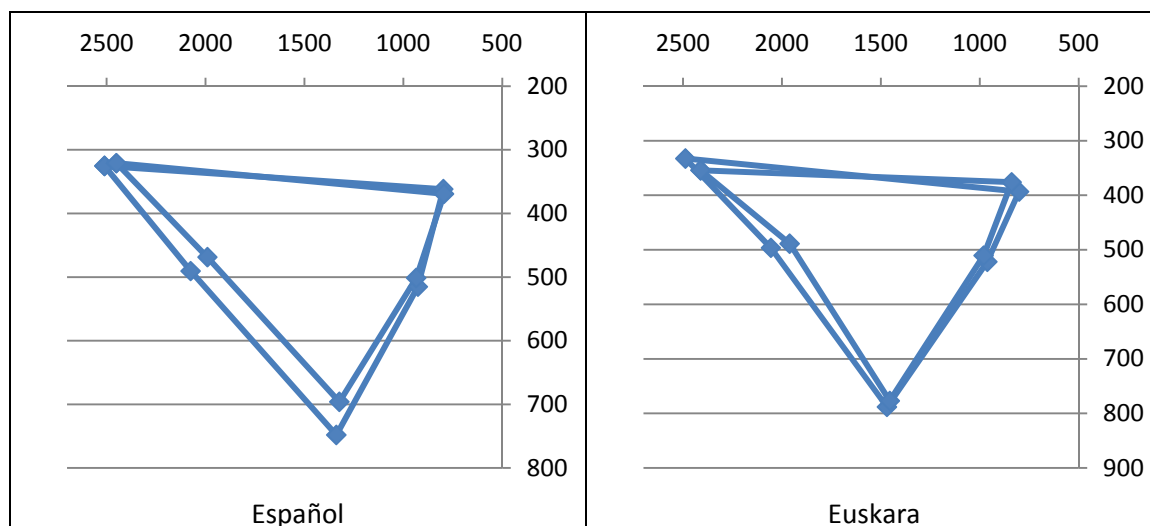


Figura 139.- Vocales tónicas y átonas en español y euskara

En general, el acento no tiene una gran repercusión en el timbre vocálico. En ambos casos, el triángulo de las vocales átonas es ligeramente más pequeño. En español, la reducción es algo mayor, sobre todo en la serie anterior. La tabla siguiente muestra la significatividad asociada a la U de Mann-Whitney acerca de la diferencia entre las dos lenguas, para las dos condiciones acentuales, los tres formantes y las cinco vocales:

	Tónicas			Átonas		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
[i]	0,53	0,49	0,28	0,00	0,15	0,66
[e]	0,98	0,32	0,09	0,10	0,38	0,21
[a]	0,18	0,00	0,03	0,00	0,00	0,12
[o]	0,35	0,07	0,02	0,84	0,02	0,01
[u]	0,01	0,73	0,00	0,55	0,04	0,00

Tabla 101.- Significatividad de la U de Mann-Whitney para la lengua, por acento

La vocal [a] es la más diferente en las dos lenguas, aunque de una manera distinta en las dos condiciones acentuales: en posición tónica, no es diferente el F1; en posición átona, no lo es el F3. En el otro extremo, la vocal más igual en las dos lenguas es [e], que no obtiene ningún resultado aceptable en ninguna condición.

La vocal [i] es significativamente diferente sólo en el F1 de las átonas. La vocal [o] es diferente en el F2 de las tónicas y en el F2 y F3 de las átonas. La [u] es diferente en F1 y F3 de las tónicas y en F2 y F3 de las átonas. Parece, pues, que los formantes vocálicos de las dos lenguas se separan un poco más en posición átona.

Por último, examinamos el comportamiento de las vocales de las dos lenguas en lo relativo a la posición de la sílaba que las contiene. He aquí la gráfica habitual:

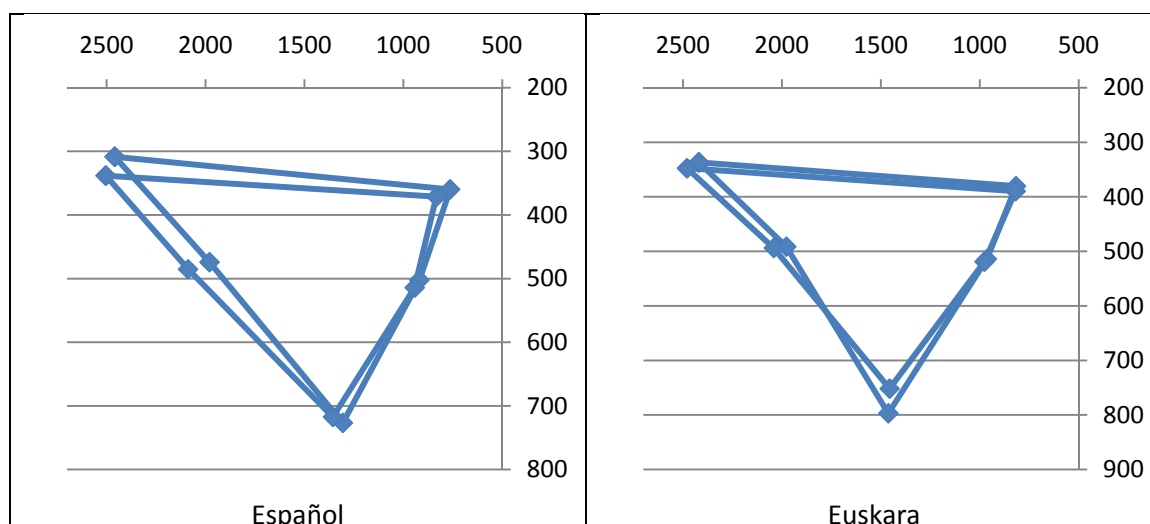


Figura 140.- Vocales en la primera y en la segunda sílaba en español y euskara

En general, la posición no tiene una gran influencia en el timbre vocálico, sobre todo en euskara. En las dos lenguas, las vocales situadas en la primera sílaba son un poco más cerradas y más posteriores, sobre todo en la serie anterior. Esta tendencia se observa un poco mejor en español que en euskara, donde, en realidad, la diferencia mayor está en la mayor abertura de la [a] situada en la primera sílaba. Los valores de significatividad asociada al estadístico habitual aparecen en la tabla siguiente:

	Sílaba 1			Sílaba 2		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
[i]	0,00	0,18	0,74	0,29	0,42	0,71
[e]	0,30	0,64	0,03	0,57	0,13	0,50
[a]	0,00	0,00	0,05	0,21	0,04	0,16
[o]	0,59	0,03	0,01	0,35	0,07	0,03
[u]	0,48	0,00	0,00	0,08	0,71	0,07

Tabla 102.- Significatividad de la U de Mann-Whitney para la lengua, por sílaba

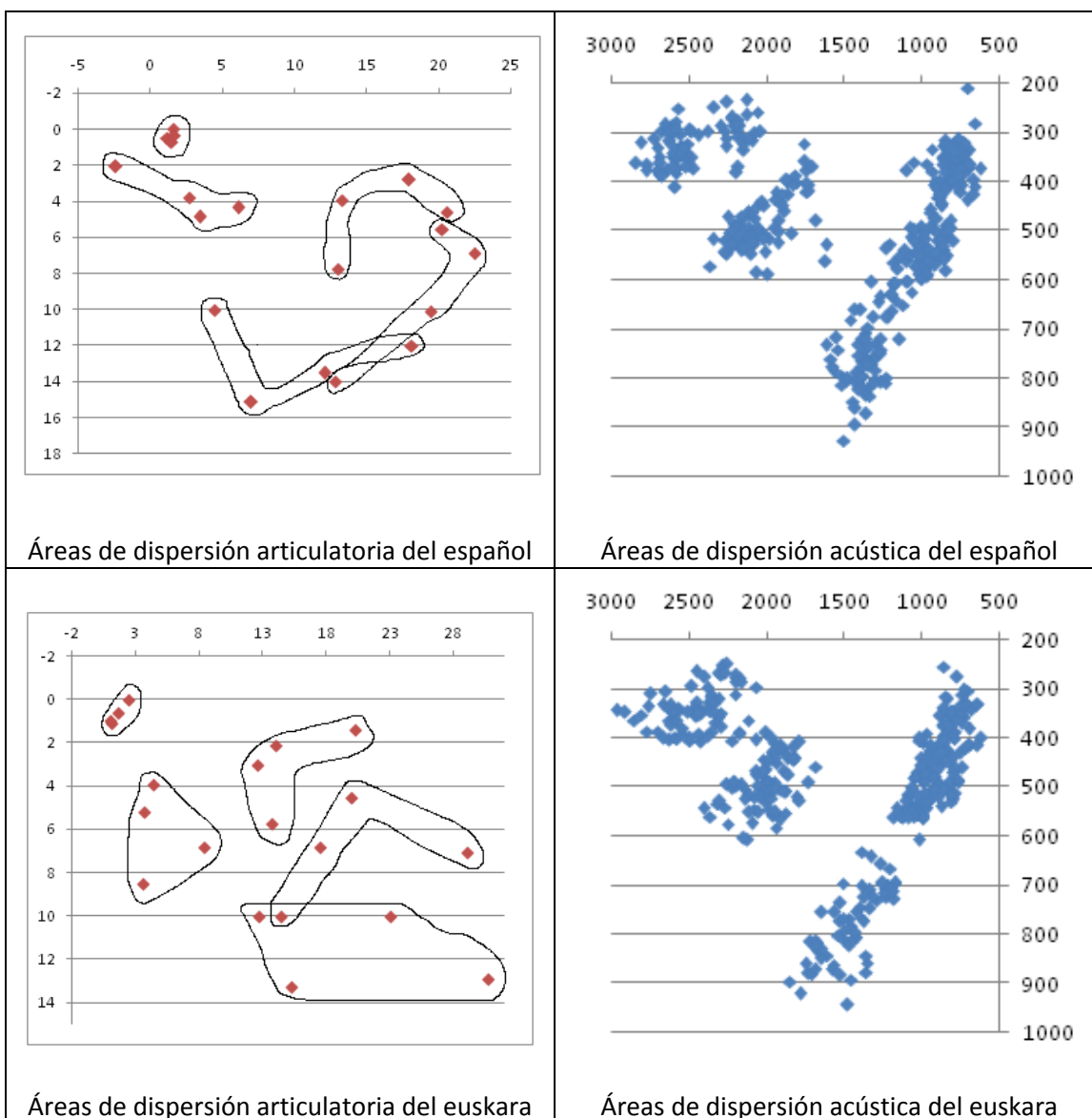
Hay mayor diferencia entre las dos lenguas en las vocales situadas en la primera sílaba (9 de los 15 valores son significativos) que en la segunda (sólo 2 valores). Por vocales, una vez más es [a] es la más diferente, seguida de las dos vocales posteriores, mientras que [i – e] parecen las más iguales.

4.2. COMPARACIÓN DE LOS DATOS ARTICULATORIOS Y ACÚSTICOS

De un modo general, en este apartado se pretende averiguar si la información articulatoria obtenida sobre las vocales del castellano del País Vasco y del euskara, o alguna parte de ella, puede explicar alguna de las características acústicas de las mismas, en especial las características tímbricas responsables de su triángulo acústico.

4.2.1. Los triángulos vocálicos

Podemos comenzar colocando a la par los esquemas articulatorios y acústicos, de la siguiente manera:



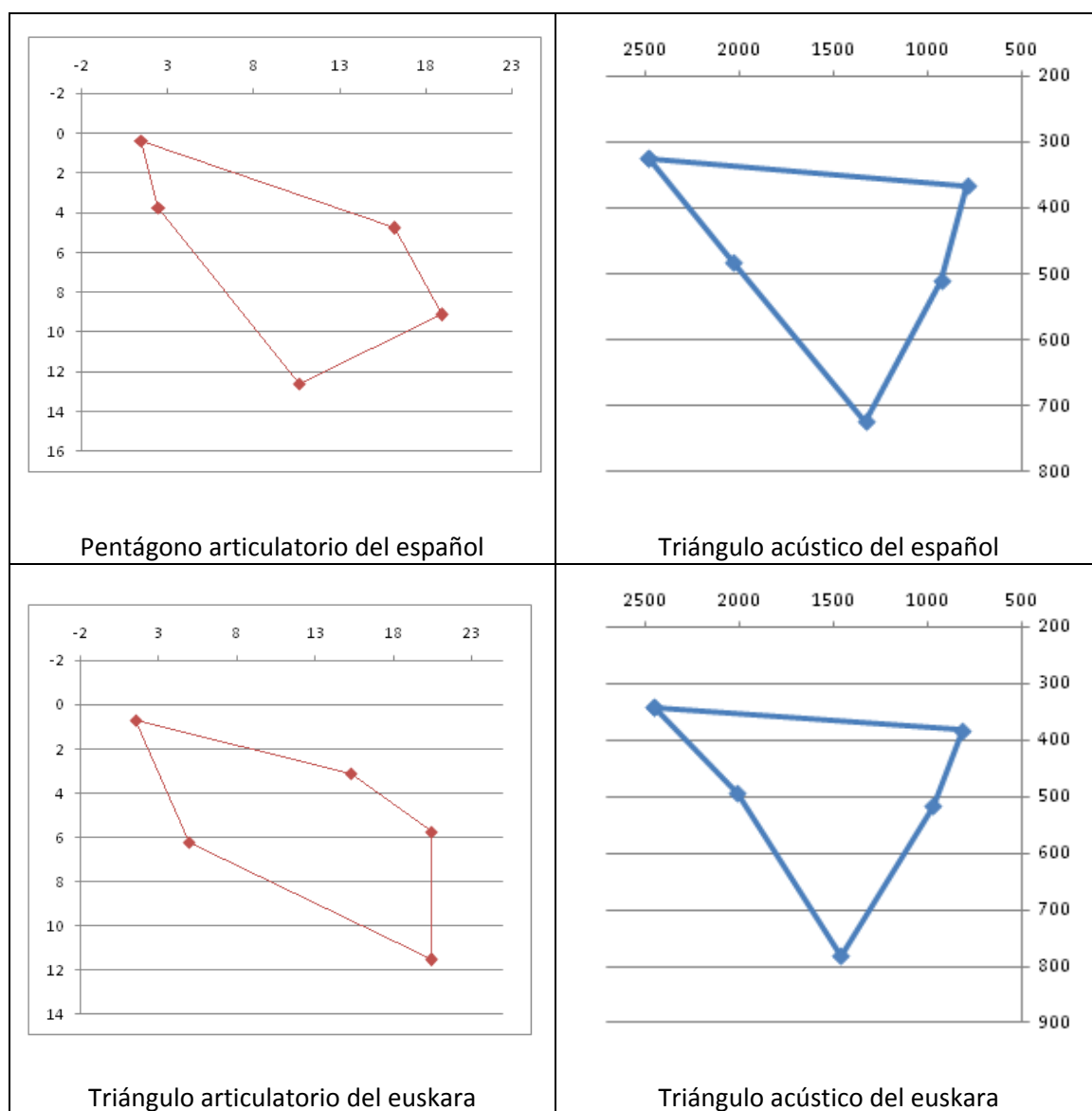


Figura 141.- Comparación de gráficos articulatorios y acústicos

No hace falta aplicar ningún análisis estadístico ni de otro tipo para advertir que no hay una buena adecuación entre los datos articulatorios y los acústicos, fuera del simple hecho de que nos movemos siempre con sistemas de cinco vocales equivalentes.

Las áreas de dispersión muestran varias diferencias notables entre las dos perspectivas. Desde el punto de vista acústico, los datos de las vocales anteriores ocupan un área algo mayor que las posteriores¹⁶⁸; en los gráficos articulatorios, sucede justamente lo contrario. Las áreas acústicas son más bien de forma vertical, pero no sucede lo mismo con las articulatorias. Las áreas acústicas son muy parecidas en las dos lenguas, no así las articulatorias, que presentan formas muy diferentes.

¹⁶⁸ El análisis acústico había mostrado que las variaciones de timbre debidas al acento y a la posición se producían especialmente en la serie anterior. Es lógico, pues, que sus áreas de dispersión sean algo mayores.

En cambio, las áreas de dispersión en español tiene una característica común: en ambos casos los datos están algo más agrupados en la serie posterior¹⁶⁹. En euskara, esta circunstancia no se da en las áreas de dispersión articulatoria. En general, las áreas de dispersión acústica de las vocales del español y del euskara suelen mostrar tres grandes zonas: [i – e], [a], [o – u] (aunque a veces confluyan estas dos últimas). Las áreas de dispersión articulatoria, en cambio, se ajustan algo más –sobre todo en euskara– a las cuatro zonas ([i – e], [a], [o], [u]) que señalaba mediante radiología Wood (1979: 30).

Con la información de los esquemas finales, las diferencias son difícilmente reconciliables: desde la perspectiva acústica, las vocales forman sendos triángulos prácticamente idénticos, mientras que, con los datos articulatorios del PMADAL, se forman dos pentágonos muy diferentes, y también distintos entre sí. Sólo con este último dato, por tanto, puede afirmarse la mala adecuación entre las dos perspectivas, puesto que, partiendo de dos esquemas articulatorios diferentes, se llega a una misma configuración acústica¹⁷⁰.

Desde la perspectiva acústica, las vocales de las dos lenguas 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. De hecho, ni tan siquiera puede establecerse un único modelo con los datos del PMADAL para las dos lenguas. La siguiente tabla resume las clasificaciones manejadas hasta el momento:

	Perspectiva acústica	Perspectiva articulatoria		
	Español – Euskara	Español	Euskara	
			Con 4 grados	Con 3 grados
[i]	Cerrada – Anterior	Cerrada – Ant.	Cerrada – Ant.	Cerrada – Ant.
[e]	Media – Anterior	Semicerr. – Ant.	Semiabierta – Ant.	Media – Ant.
[a]	Abierta – Central	Abierta – Centr.	Abierta – Post.	Abierta – Post.
[o]	Media – Posterior	Semiab. – Post.	Semiab. – Post.	Media – Post.
[u]	Cerrada – Posterior	Semicerr. – Post.	Semicerr. – Centr.	Cerrada – Centr.

Tabla 103.- Clasificación vocálica de español y euskara (diferentes criterios)

La vocal [i] es la única que aparece siempre clasificada de la misma manera, como cerrada y anterior. Hay que tener en cuenta, no obstante, que toda la información

¹⁶⁹ Nótese que se refiere a que las áreas están más juntas, no que sean de menor tamaño.

¹⁷⁰ Este fenómeno, conocido como *compensación articulatoria*, es sobradamente conocido por la fonética desde antiguo. Fue ya intuido desde los inicios de la exploración radiológica de la articulación, y ha sido ampliamente descrito desde la aparición de la fonética acústica experimental (Malmberg 1952, Delattre 1967, etc.). Una explicación suficiente puede leerse en Quilis (1981: 20-22).

articulatoria se normalizó a partir de esta vocal¹⁷¹. La vocal [e] se entiende como anterior y media; la información articulatoria matiza su grado de abertura, que se manifiesta como variable (puede ser, según los casos, semicerrada y semiabierta). En conjunto, las vocales anteriores muestran una información razonablemente semejante desde las dos perspectivas.

Algo parecido a lo señalado para [e] puede mantenerse para su correlato posterior. Efectivamente, la vocal [o] se clasifica siempre como posterior y media, aunque la perspectiva articulatoria matiza su grado de abertura, para considerarla más bien semiabierta. Nótese, en cambio, que tanto [o] como [e], desde el punto de vista acústico, se muestran en sentido estricto como plenamente semicerradas.

Para las dos vocales restantes, las dos perspectivas resultan definitivamente incompatibles. El problema, como ya ha sido señalado, no es tanto la abertura, sino la localización. En cuanto al primer eje, la vocal [a] se clasifica siempre como abierta, mientras que la [u] oscila entre cerrada y semicerrada, una diferencia que, a la vista de todo lo anterior, se antoja asumible. Sin embargo, en cuanto a la antero-posterioridad, la [a], vocal central desde el punto de vista acústico y también desde la perspectiva articulatoria para el español, queda claramente clasificada como posterior en euskara, según el PMADAL. Por su parte, la vocal [u] presenta un problema simétrico: es posterior para la perspectiva acústica y para la articulatoria del español, pero central para la articulatoria del euskara.

4.2.2. Otros parámetros articulatorios

La comparación anterior involucraba los datos de PMADAL, por un lado, y las frecuencias de F1 y F2, por otro. Conviene examinar el resto de los parámetros articulatorios analizados, por si alguno de ellos muestra alguna relación con los valores acústicos.

La tarea más evidente es examinar las áreas de las cavidades bucal y faríngea, puesto que la teoría las supone responsables de las resonancias, y por tanto de las alturas frecuenciales de F1 y F2. En una sencilla gráfica, colocamos los valores medios de CB y CF de cada vocal, para observar si el resultado guarda algún parecido con el triángulo acústico:

¹⁷¹ Pero se escogió esta vocal porque de hecho era la más regular, según las gráficas de los análisis realizados hasta ese momento.

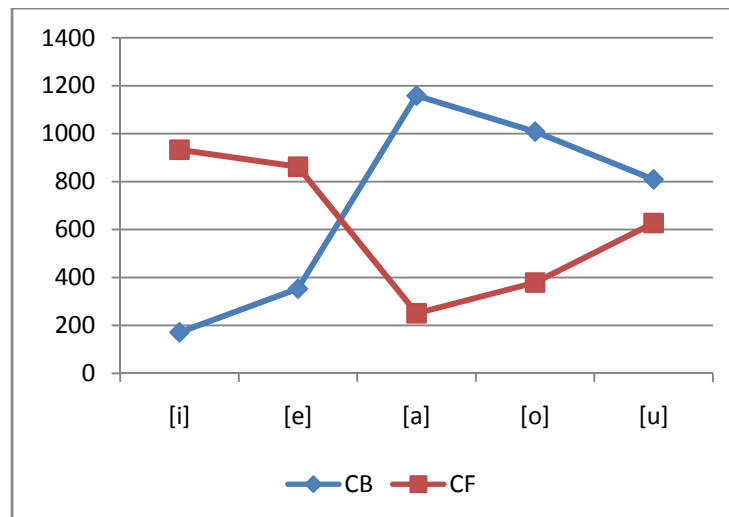


Figura 142.- Trayectorias a partir de CB y CF

Las dimensiones de la CB y de la CF en la serie anterior guardan relación –no absoluta, desde luego– tanto con el F1 como con el F2. La CB es directamente proporcional a la altura de F1 e inversamente proporcional a la de F2; las relaciones con la CF son las opuestas. No obstante, la gran diferencia que separa, en lo articulatorio, a [i – e] de [a] no se da en lo acústico, cuyas distancias son más equilibradas, a pesar de que la distancia [e – a] es mayor que la distancia [e – i] también en lo acústico.

Algo parecido sucede con la serie posterior. Los dos formantes acústicos guardan una relación directamente proporcional con las áreas de CB, e inversamente proporcional con las de CF.

Si bien las dos series –anterior y posterior– presentan relaciones claras entre los dos tipos de datos, articulatorios y acústicos, el problema está en la comparación de los pares [i – u] y [e – o], cuyos valores acústicos de F1 están muy cercanos, mientras que los de DB y CF están muy separados. Así las cosas, la relación no parece ya tan clara, o al menos no opera de manera similar en las dos series vocálicas.

Sin embargo, un análisis de correlación estadística (r de Pearson) entre los valores medios de los ocho informantes muestra que la correlación entre las dos cavidades y los dos formantes, a pesar de lo observado anteriormente, es muy alta y siempre significativa ($p < 0,05$):

	CB		CF	
	r	Sig.	r	Sig.
F1	0,71	0,02	-0,78	0,00
F2	-0,81	0,00	0,70	0,02

Tabla 104.- Correlación CB-CF con F1-F2

La tabla anterior también muestra que la CB se correlaciona ligeramente mejor con el F2, y la CF, con el F1. En cualquier caso, ya el propio Fant (1960) señalaba que las

resonancias son producidas por la totalidad del tracto vocal, y no se puede, por tanto, relacionar un formante determinado con una cavidad concreta, y sólo con ésta.

Otro parámetro que puede ponerse en relación con un hecho acústico es el de la distancia labial (DLL). El triángulo acústico mostraba sólo una diferencia apreciable entre el español y el euskara: la [a] de esta segunda lengua, más abierta y más anterior. La mayor abertura de [a] en euskara queda reflejada en la mayor abertura labial, según las medidas del parámetro DLL. La gráfica siguiente muestra los valores medios para las cinco vocales y las dos lenguas. En general, el euskara presenta una abertura algo mayor, pero la desproporción es mucho más acusada en la vocal [a]:

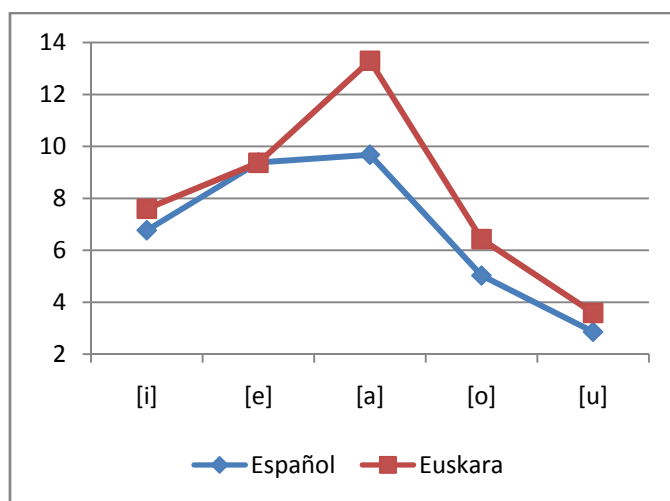


Figura 143.- Valores medios de DLL en español y euskara

Otro de los parámetros articulatorios medidos, el correspondiente al área del dorso lingual (ADL), guarda cierta relación con la abertura vocálica, y por tanto con los valores del F1, pero únicamente en castellano. El resto de los parámetros manejados en la caracterización articulatoria del vocalismo (DLL, RED, DC, CO, ARL) no parecen relacionarse con ningún otro parámetro acústico.

En resumen, es claro que todos los parámetros articulatorios manejados no pueden explicar los valores acústicos de las vocales; pero también es cierto que algunos de ellos (el PMADAL y, especialmente, las áreas de las cavidades) sí permiten establecer relaciones evidentes con lo acústico, aunque éstas no sean completas ni regulares.

4.2.3. Algunas observaciones acerca de las diferencias por sexo

Hay una cuestión en cierto modo menor, o al menos de importancia secundaria en este trabajo, para la que resulta interesante poner en relación la información acústica y la articulatoria: se trata de la diferencia asociada al sexo que, en las dos lenguas estudiadas, muestran los triángulos acústicos. Efectivamente, los valores formánticos de las vocales de los dos informantes varones generan unos triángulos más pequeños, orientados hacia la zona superior derecha de los triángulos algo más amplios

correspondientes a las informantes femeninas, prueba de que la frecuencia de F1 y F2 es algo menor.

En el apartado dedicado a la caracterización acústica, se ha presentado una explicación del fenómeno de índole acústica, y por tanto general: la altura del tono fundamental guarda una correlación significativa y directa con la altura de los formantes, de modo que a un F0 más alto le corresponden formantes vocálicos más altos, y viceversa¹⁷².

En realidad, la correlación no es tanto una explicación como la corroboración matemática de un hecho, puesto que es sabido que una correlación no implica necesariamente una relación causal entre las dos variables correlacionadas.

Ladefoged (2001: 43) plantea una explicación ciertamente acústica, pero basada en un hecho articulatorio, o más estrictamente fisiológico: los hombres, al tener habitualmente la cavidad oral más grande, también tienen algo más grandes sus cavidades resonadoras; al ser más grandes, contienen por tanto más cantidad de aire; al haber más volumen de aire, éste vibra más despacio, y los formantes resultantes son algo más bajos.

Con los datos obtenidos en los análisis articulatorios y acústicos estamos en condiciones de examinar la cuestión de una manera completa¹⁷³. Examinamos la correlación estadística (por medio de la *r* de Pearson) que se establece, para cada vocal, entre el tamaño de las cavidades resonadoras (parámetro CO) y la frecuencia de los dos primeros formantes; repetimos la prueba, sustituyendo el parámetro CO por la media del tono fundamental (F0)¹⁷⁴. Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

		[i]		[e]		[a]		[o]		[u]	
		r	Sig.	r	Sig.	r	Sig.	r	Sig.	r	Sig.
CO	F1	-0,81	0,01	-0,71	0,04	-0,36	0,34	-0,82	0,01	-0,33	0,42
	F2	-0,89	0,00	-0,73	0,03	-0,53	0,17	-0,78	0,02	-0,52	0,18
F0	F1	0,40	0,31	0,82	0,01	0,49	0,20	0,71	0,04	0,53	0,17
	F2	0,77	0,02	0,82	0,01	0,41	0,30	0,63	0,09	0,23	0,58

Tabla 105.- Correlación de CO y CF con F1 y F2

¹⁷² También se observaba, con los informantes del castellano, que esta correlación parecía más potente cuanto más alto se situaba el formante. Sin embargo, los informantes del euskara no corroboraban dicha tendencia.

¹⁷³ El planteamiento es el siguiente: tenemos dos fuentes sonoras de tono diferente, asociadas a dos cavidades resonadoras de forma semejante, pero de distinto tamaño. La fuente más grave se asocia a las cavidades más grandes, y la fuente más aguda, a las más pequeñas. Si las frecuencias resonadoras resultantes del primer caso son más graves, ¿a qué se debe, a la fuente o a las cavidades?

¹⁷⁴ Se repite aquí la prueba de correlación efectuada con el F0, pero sólo con los valores medios de cada vocal. El resultado es menos fino (de hecho, ofrece menos correlación), pero resulta comparable con los valores de CO.

Como puede verse, en general la correlación de la CO con F1 y F2 es alta y de signo negativo, es decir, cuanto mayor es la cavidad, más bajas son las resonancias. Sin embargo, esto es así en las vocales [i – e – o]; para [a – u], la correlación no es significativa.

Por su parte, los datos de correlación de los valores medios de F0 son peores, y sólo resultan significativas las correlaciones con [e], con F2 de [i] y con F1 de [o]. Debe recordarse que la correlación establecida con la totalidad de los datos acústico mejoraba sensiblemente los resultados, en los que sólo [u] no mostraba una correlación significativa.

En definitiva, los datos corroboran la explicación de Ladefoged (2001: 43), puesto que muestran una fuerte correlación entre el tamaño del tracto vocal y la altura de los formantes. Sin embargo, y por motivos desconocidos, esta correlación no funciona con las vocales [a – u].

4.3. VALOR DISCRIMINATORIO DE LOS DATOS OBTENIDOS

La caracterización fonética realizada en las páginas precedentes se basa en los datos correspondientes a 22 variables numéricas, 10 articulatorias (valores de los ejes X e Y de localización del PMADAL, DLL, RED, DC, CO, CB, CF, ARL, ADL) y 12 acústicas (3 cualidades básicas y 3 valores de cada uno de los tres primeros formantes). Es el momento de plantear la siguiente pregunta: ¿tienen todos los datos el mismo valor? Se trata de averiguar si la información que proporcionan las distintas variables sirve para distinguir las cinco vocales, y en qué medida.

Para ello, aplicamos un análisis de *cluster* jerárquico¹⁷⁵ a los valores medios¹⁷⁶ de las variables manejadas, que nos permite conocer las agrupaciones que establece cada variable o cada conjunto de variables.

4.3.1. Valor discriminatorio de los datos articulatorios

Comenzamos con los valores del PMADAL, responsables de los pentágonos articulatorios. Podemos examinar separadamente los valores de los dos ejes X e Y que definen cada punto vocálico en el eje de coordenadas, que guardan relación con los dos ejes de abertura y antero-posterioridad. La siguiente figura muestra los dos dendrogramas correspondientes¹⁷⁷:

¹⁷⁵ Un análisis discriminante, que en principio podría proporcionar valiosa información sobre las combinaciones de variables con mayor poder discriminatorio, no es indicado en este caso, porque las variables no sólo incumplen en varias ocasiones la condición de normalidad (como se mostraba en el Anexo 5), sino también la de homocedasticidad (esto es, igualdad de varianzas).

¹⁷⁶ Manejamos los valores medios porque son suficientes para la exploración que pretendemos llevar a cabo, y también porque realizar análisis de *cluster* jerárquico con la totalidad de los datos generaría resultados prácticamente imposibles de manejar. A modo de ejemplo, el Anexo 11 muestra el dendrograma resultante de una operación con todos los datos vocálicos.

¹⁷⁷ El fichero informático contiene las vocales ordenadas alfabéticamente, primero en castellano y luego en euskara. De este modo, la vocal [a] del castellano es la número 1, la vocal [e] es la número 2, etc. Por tanto, las vocales del castellano se ordenan del 1 al 5, y las del euskara, del 6 al 10. Éstos son los números que se pueden leer en los dendrogramas que se mostrarán en este apartado.

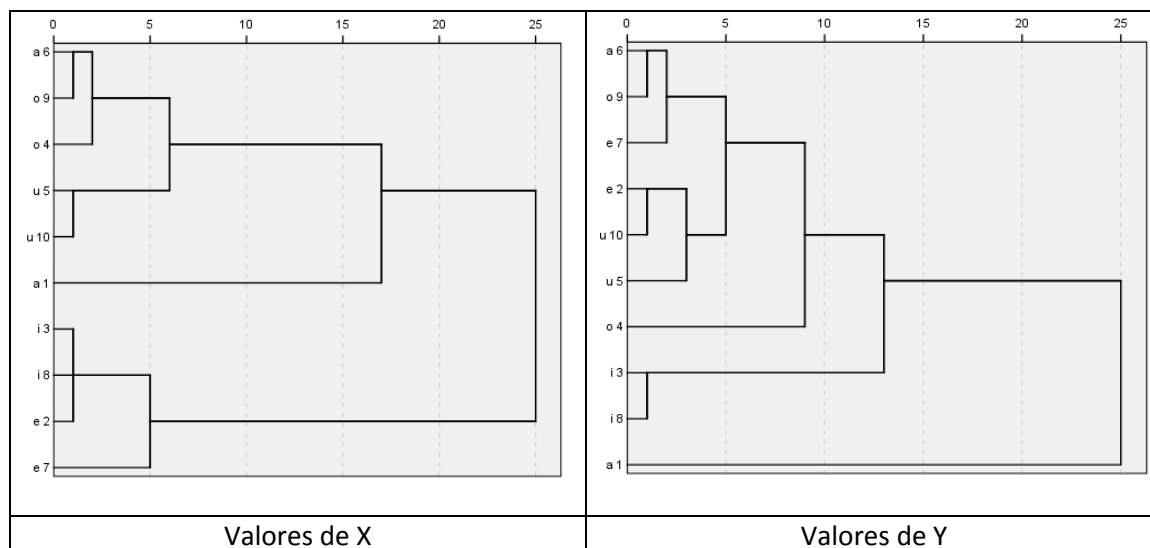


Figura 144.- Dendrogramas de PMADAL (ejes separados)

El eje horizontal X (equivalente a la localización) agrupa en primera instancia a la vocal [u] y a la [i] (aunque a ésta le añade un caso de [e]), pero también agrupa incorrectamente a las [a – o] del euskara. Las agrupaciones posteriores muestran que, en su conjunto, estos valores agrupan bien a las vocales anteriores frente al resto, en el que se producen confusiones entre las vocales [a – o].

El eje vertical Y (equivalente a la abertura) agrupa peor a las vocales. Sólo la [i] se destaca con claridad, mientras que [e – u], e incluso [o] se confunden. También aparecen casos extremos de [o] y de [a].

Tomados conjuntamente, los valores de los dos ejes clasifican bien a [i] y a [u], algo peor a [e], y mal a [o] y –sobre todo– a [a], uno de cuyos valores se asocia a las vocales anteriores y el otro, a las posteriores:

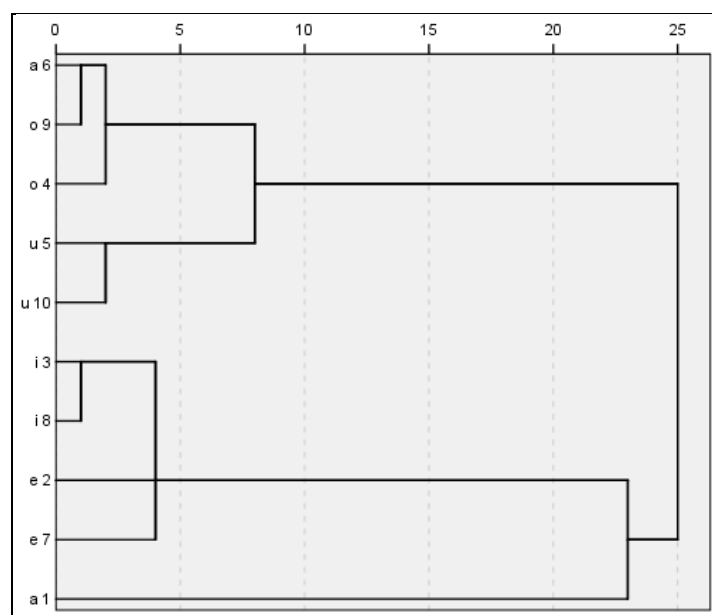


Figura 145.- Dendrograma de PMADAL (ambos ejes)

De los parámetros de distancia, la abertura labial (DLL) ordena mal las diez vocales: tan sólo [u] parece bien agrupada, mientras que [i] se mezcla con [o] y [e] se mezcla con [a]. Lo muestra en dendrograma correspondiente:

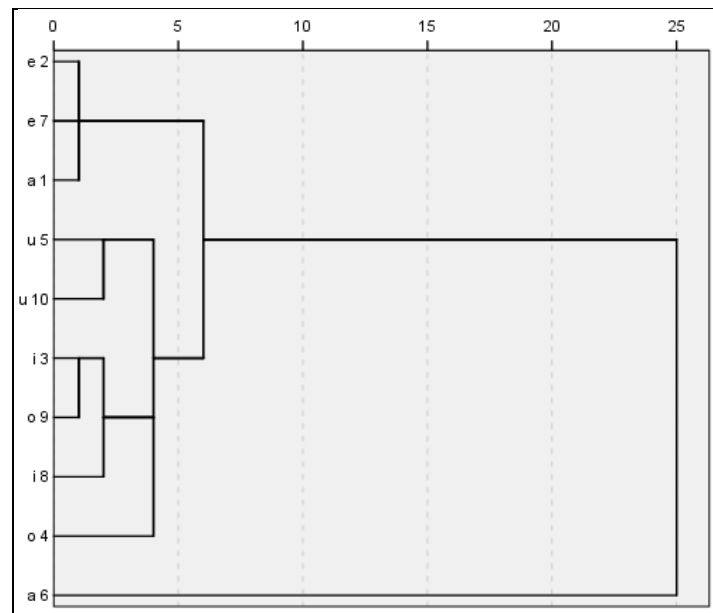


Figura 146.- Dendrograma de DLL

El parámetro del redondeamiento también obtiene muy malos resultados. Ordena bien a la [u], pero hace otra serie de agrupaciones sin sentido y, en definitiva, no permite distinguir las vocales labializadas de las no labializadas, como se muestra en el siguiente dendrograma:

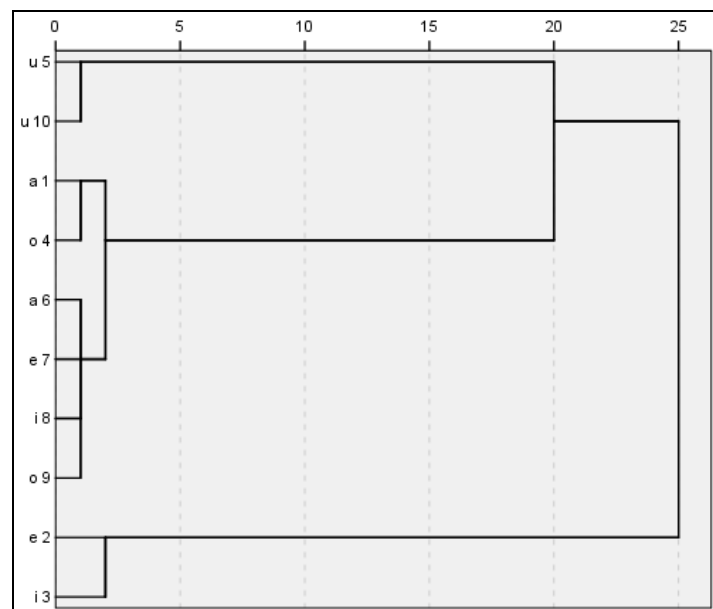


Figura 147.- Dendrograma de RED

Puesto que la abertura labial y el redondeamiento son parámetros en cierto modo relacionados, tiene sentido averiguar si, tomados conjuntamente, clasifican mejor las

vocales. El resultado, sin embargo, es aún peor, como se muestra en el siguiente dendrograma, donde sólo [u], una vez más, consigue una agrupación correcta:

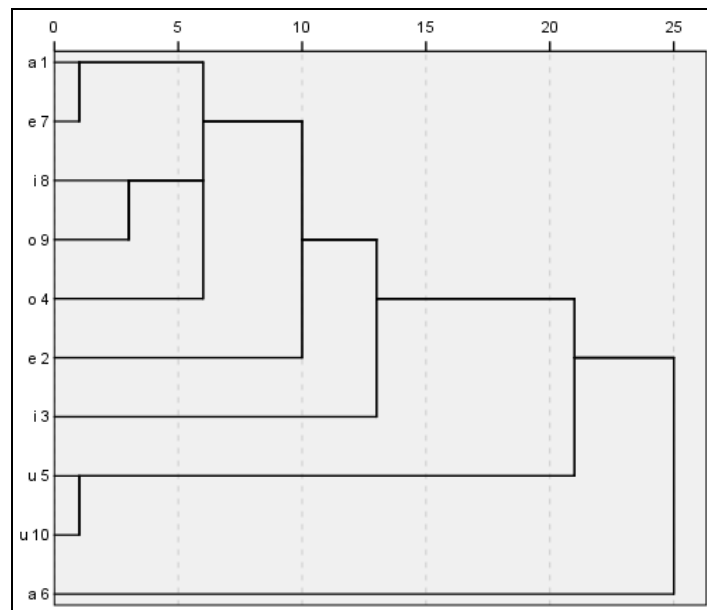


Figura 148.- Dendrograma de DLL-RED

El análisis de *cluster* efectuado con los valores del parámetro DC (distancia de la constricción) no clasifica adecuadamente ni una sola vocal, por lo que no es necesario mostrar el dendrograma resultante.

Así pues, los valores articulatorios de puntos y distancias, tomados de manera individual, tienen un pobre rendimiento en la clasificación vocálica, puesto que consiguen, y no de manera regular, agrupar las vocales anteriores, o también la [u]. Sin embargo, considerados de manera conjunta, mejoran sensiblemente su capacidad de discriminación. El siguiente dendrograma muestra que sólo [a] queda sin una correcta agrupación en primera instancia; las vocales anteriores y las posteriores se separan con claridad, pero hay un caso de [a] clasificado con cada grupo:

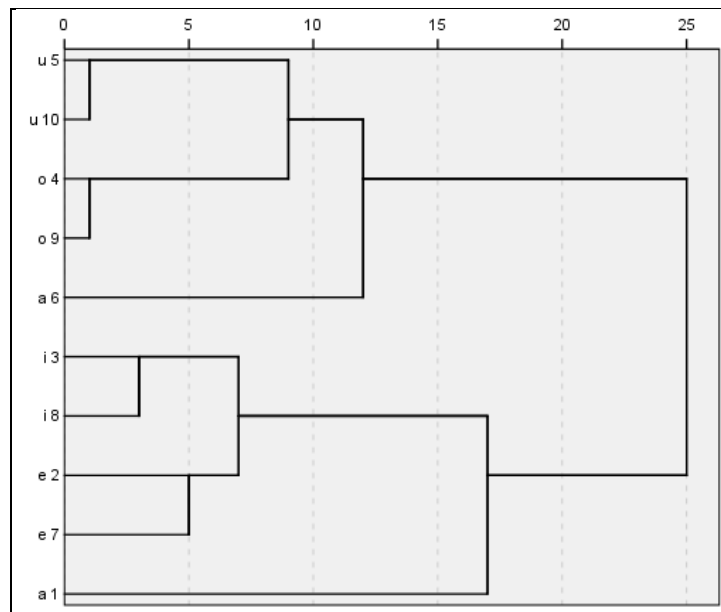


Figura 149.- Dendrograma de PMADAL-DLL-RED-DC

Pasando al análisis de los parámetros de área, la cavidad oral (parámetro CO) no consigue ordenar correctamente ni una sola vocal. Sin embargo, tanto la cavidad bucal (CB) como la faríngea (CF) ordenan correctamente las cinco. También distinguen bien entre vocales anteriores y posteriores, y agrupan con estas últimas a [a]. Los dendrogramas resultantes son similares:

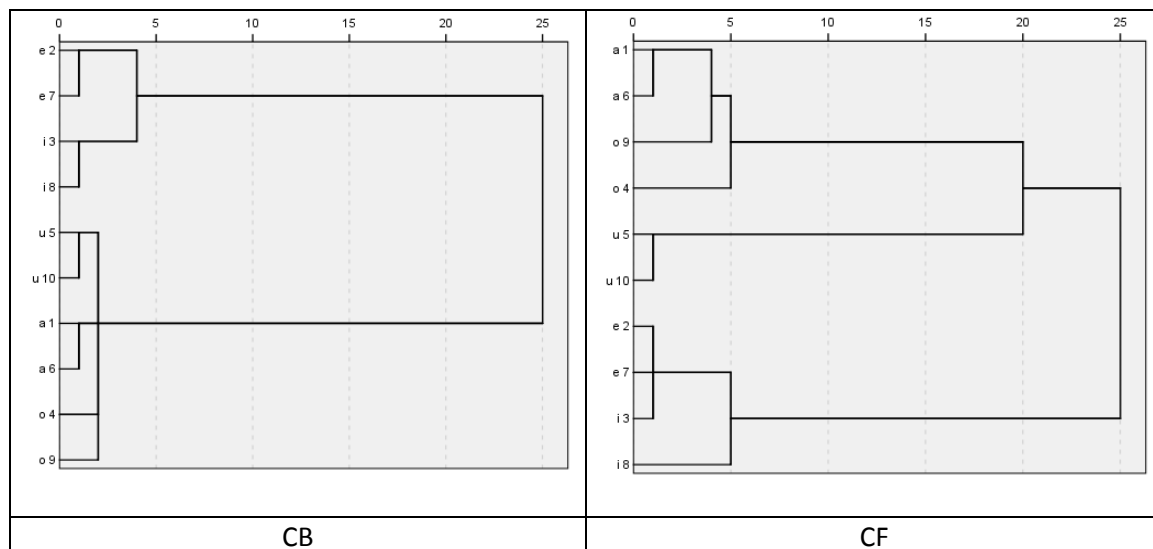


Figura 150.- Dendrogramas de CB y CF

Tomados conjuntamente los parámetros CB y CF, el resultado es prácticamente idéntico al obtenido por cualquiera de ellos considerados independientemente. Si se añade al análisis el parámetro CO, el resultado es ligeramente peor, puesto que las dos vocales [o] tardan un poco más en agruparse.

El parámetro ARL (área de la raíz lingual) ordena bien las vocales posteriores [o – u], pero no tanto las anteriores [e – i]. Como en otras ocasiones, la vocal [a] ocupa un

lugar que podríamos decir intermedio, puesto que en un caso se agrupa con las anteriores y en otro, con las posteriores. Éste es el dendrograma:

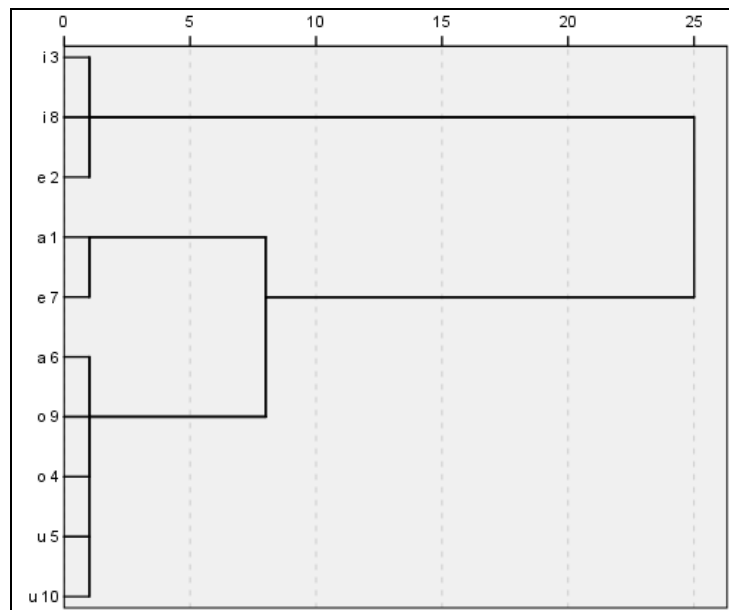


Figura 151.- Dendrograma de ARL

El parámetro ADL (área del dorso lingual) resulta incapaz de ordenar adecuadamente ninguna vocal. Tomados en su conjunto, ARL y ADL tampoco son eficaces en la clasificación vocálica. Más aún, añadidos al análisis realizado a partir de CB-CF, empeoran sensiblemente la clasificación, como puede verse a continuación:

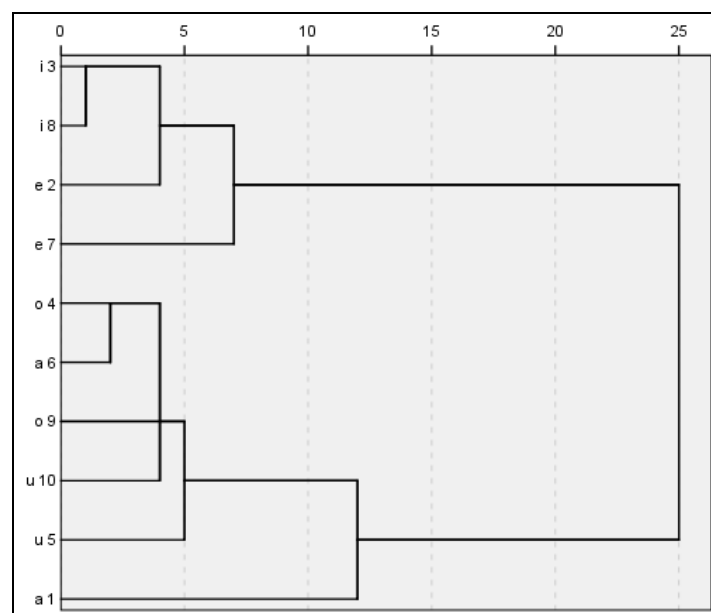


Figura 152.- Dendrograma de CB-CF-ARL-ADL

Así pues, considerados de manera independiente, sólo CB y CF se han mostrado capaces de discriminar las cinco vocales. Otros parámetros –PMADAL, ARL y algún otro– han sido capaces de identificar algunas de ellas, en general las extremas [i – u]. Todos los parámetros de puntos y distancias, tomados conjuntamente, discriminan

bastante bien las vocales. En cambio, añadir más parámetros de área a CB y CF empeora la discriminación. Sólo falta averiguar la discriminación efectuada por el conjunto de los diez parámetros articulatorios. El dendrograma resultante se muestra a continuación:

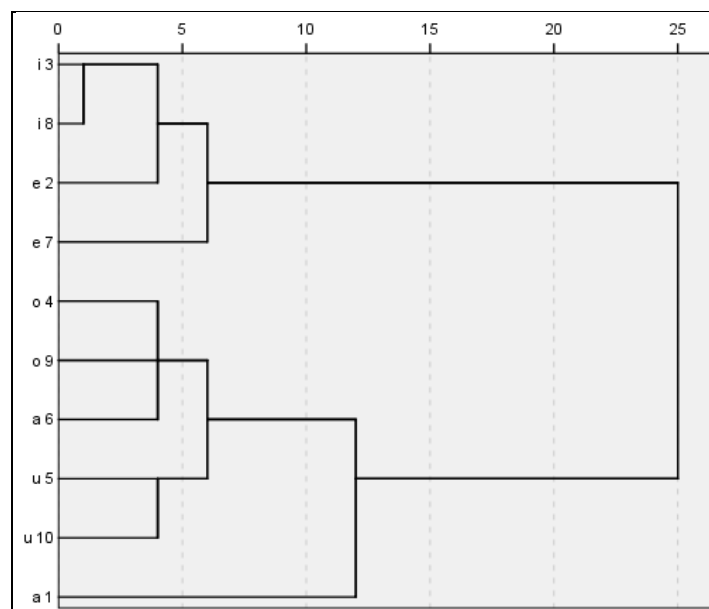


Figura 153.- Dendrograma del conjunto de los parámetros articulatorios

Las vocales se identifican en general bastante bien, aunque sólo la [i] se agrupa en primera instancia. Una vez más, la vocal [a] es la única que presenta problemas para su clasificación, puesto que puede asociarse con [o]. Las series anterior y posterior se separan con claridad, y [a] forma parte de la serie posterior.

4.3.2. Valor discriminatorio de los datos acústicos

Para comenzar, nos planteamos averiguar si la variable del tono fundamental permite agrupar –o lo que es lo mismo: distinguir– las cinco vocales de las dos lenguas. El dendrograma es concluyente: la agrupación más clara funciona más bien en torno a la lengua, puesto que agrupa en tres pasos a cuatro vocales del castellano ([i – u – e – a]); no obstante, las vocales restantes no tienen una agrupación clara. Así por ejemplo, la [i] y la [u] del euskara se agrupan en el primer paso, pero se les une seguidamente la [o] del español, mientras que [o] y [e] de euskara se agrupan independientemente¹⁷⁸. Véase, en fin, en dendrograma:

¹⁷⁸ De paso, estos datos abundan en la idea de que el F0 no guarda relación con las distintas vocales en castellano, y sí lo hace en euskara.

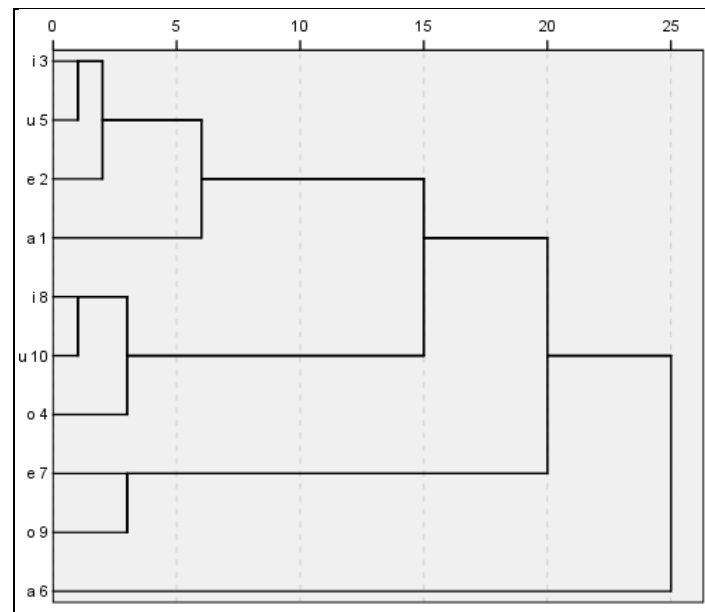


Figura 154.- Dendrograma de F0

Los valores de la duración agrupan bien las dos [u] y también las dos [o], pero a éstas se suman también la [i] y la [e] del castellano. De todas las vocales, son las dos [u] las que muestran unas características comunes y más diferenciadas del resto:

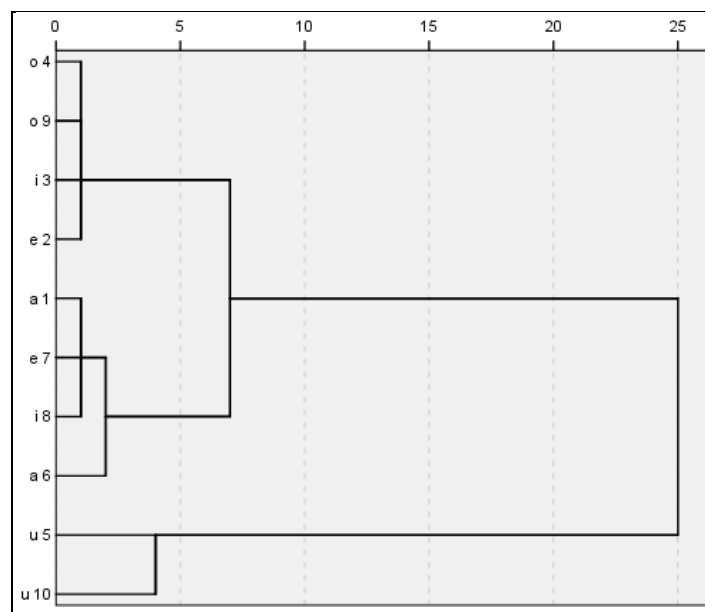


Figura 155.- Dendrograma de la duración

Los valores de la intensidad no permiten establecer ninguna agrupación con sentido, como muestra el dendrograma correspondiente:

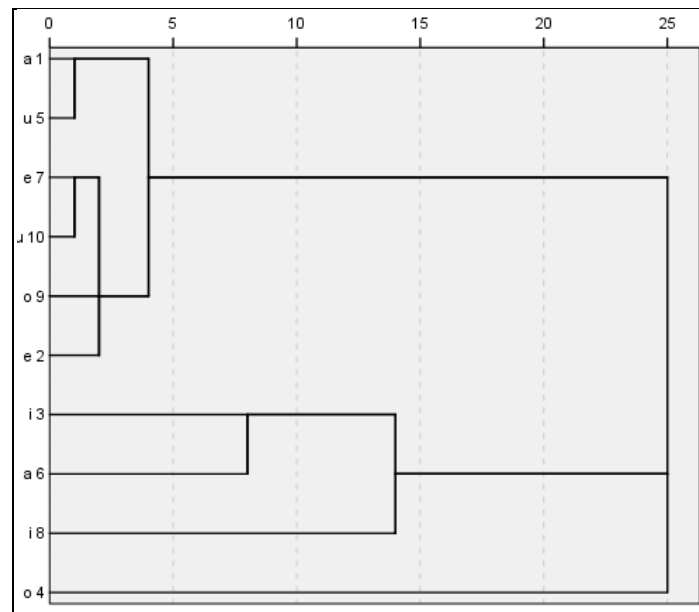


Figura 156.- Dendrograma de la intensidad

Considerados conjuntamente, los valores de las tres cualidades básicas de los sonidos vocálicos permiten las siguientes agrupaciones:

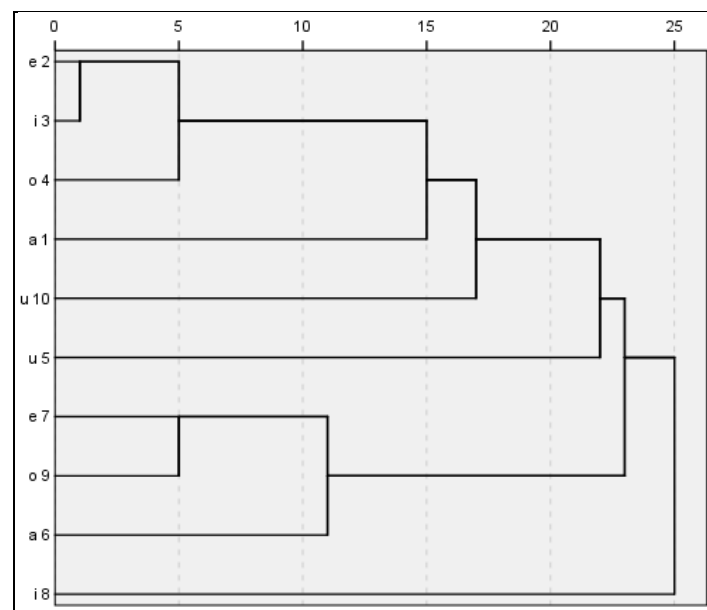


Figura 157.- Dendrograma de las cualidades básicas

Como puede verse, las vocales estudiadas no se pueden agrupar por medio de sus valores de tono, duración e intensidad. Sin embargo, en el apartado 3.1.2 se había concluido que la hipótesis del IFO sí se cumplía en el euskara, y que la duración también parecía mostrar cierta relación con la abertura, incluso en ambas lenguas. Ahora podemos reexaminar la cuestión por medio de este análisis estadístico, de la siguiente manera:

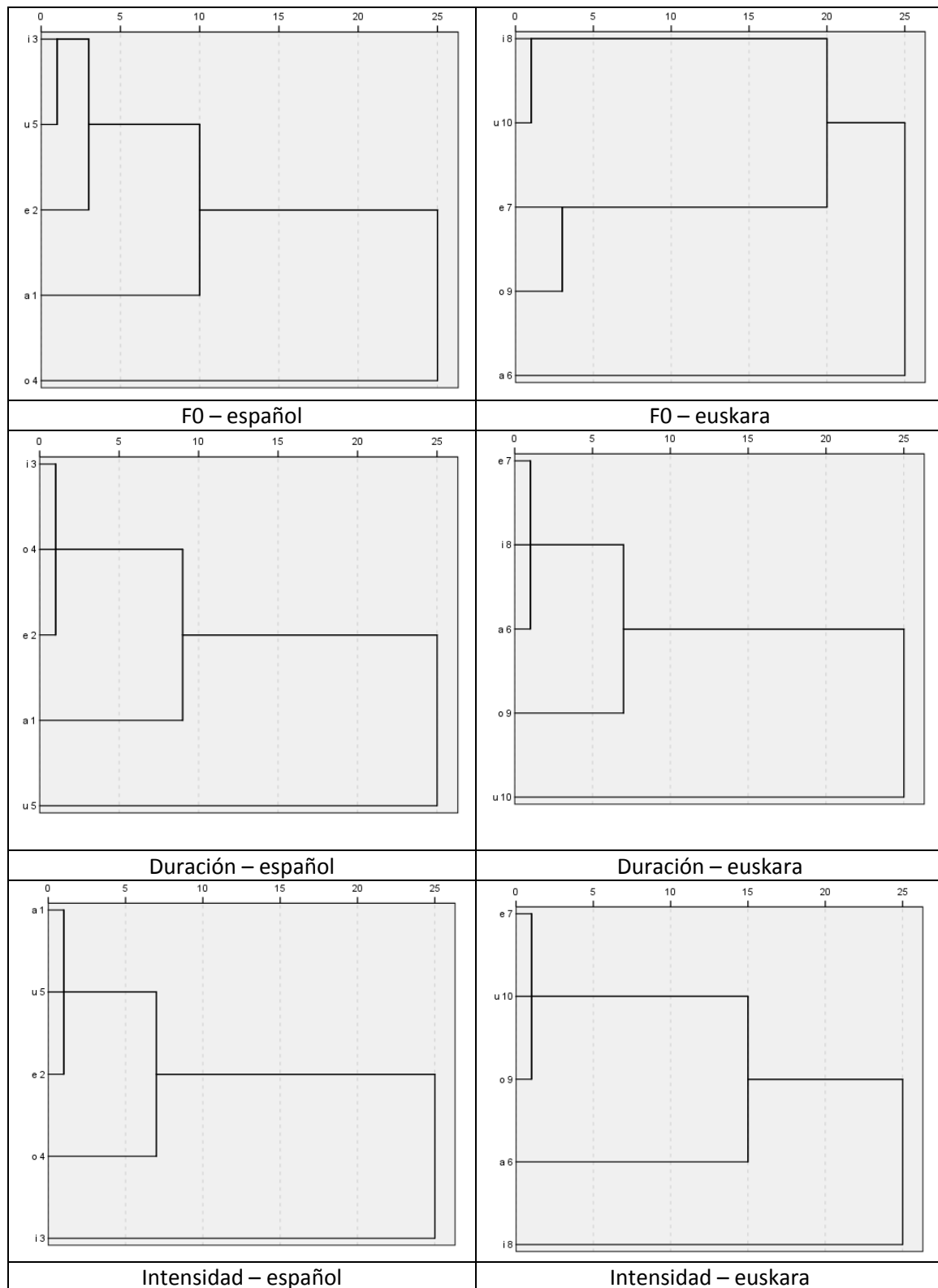


Figura 158.- Dendrogramas de cualidades básicas por lengua

El F0 no identifica debidamente a las vocales del castellano, puesto que agrupa primeramente a [i – u], pero luego les suma [e] y más tarde [a], mientras que [o] queda libre hasta el final. En cambio, en euskara agrupa primeramente a [i – u] y casi a igual distancia a [e – o], mientras que [a] queda libre hasta el final. En definitiva, el análisis

de *cluster* confirma que los valores de F0 se asocian a la abertura vocálica en euskara, pero no en castellano.

Los valores de duración agrupan primeramente a [i – o – e] en castellano y a [i – e – a] en euskara; en ambos casos, [u] queda libre hasta el final. De este modo, el análisis de *cluster* no confirma la relación que se había detectado entre la duración y la abertura vocálica.

Los valores de intensidad agrupan a [a – u – e] en castellano y a [o – u – e] en euskara. El análisis confirma que, como se había concluido en su momento, la intensidad no guarda ninguna relación con la abertura vocálica.

Una vez examinadas las tres variables de tono, duración e intensidad, tratamos ahora de averiguar la validez de las distintas variables de timbre para identificar los cinco elementos en ambas lenguas. Para empezar, la frecuencia del F1 permite agrupar las vocales en los tres conocidos grados de abertura¹⁷⁹:

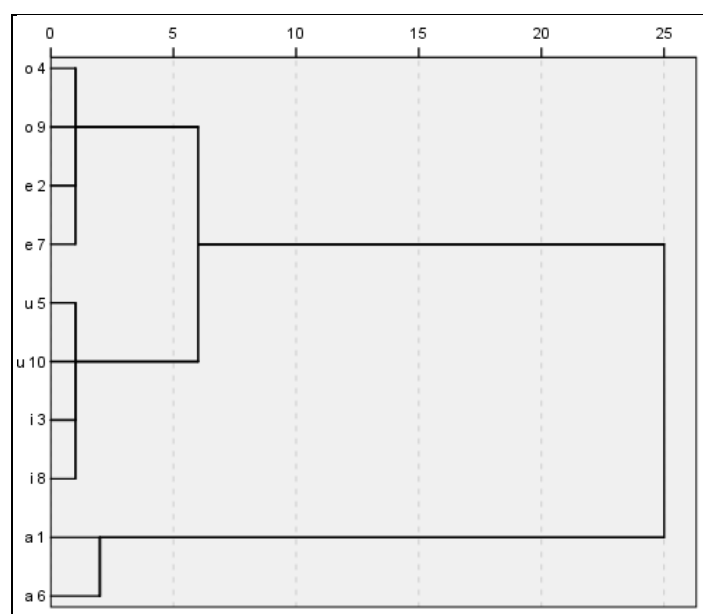


Figura 159.- Dendrograma de F1 (frecuencia)

Como se ve, el análisis hace primeramente tres grupos, con [o – e], [u – i] y [a] de ambas lenguas. Posteriormente, se unen los dos primeros grupos, mientras que [a] se agrupa sólo al final. De este modo, el análisis también confirma la mayor cercanía de las vocales medias con las cerradas, que permite clasificarlas más estrictamente como semicerradas.

Si pretendiéramos establecer las mismas agrupaciones con los valores de ancho de banda e intensidad del primer formante, los resultados no serían los deseados:

¹⁷⁹ Martínez Celdrán (1995) lo hizo para el español, con la frecuencia de los dos primeros formantes, mediante análisis discriminante. El primero discriminaba la abertura y el segundo, la localización. Los dos juntos discriminaban las cinco vocales.

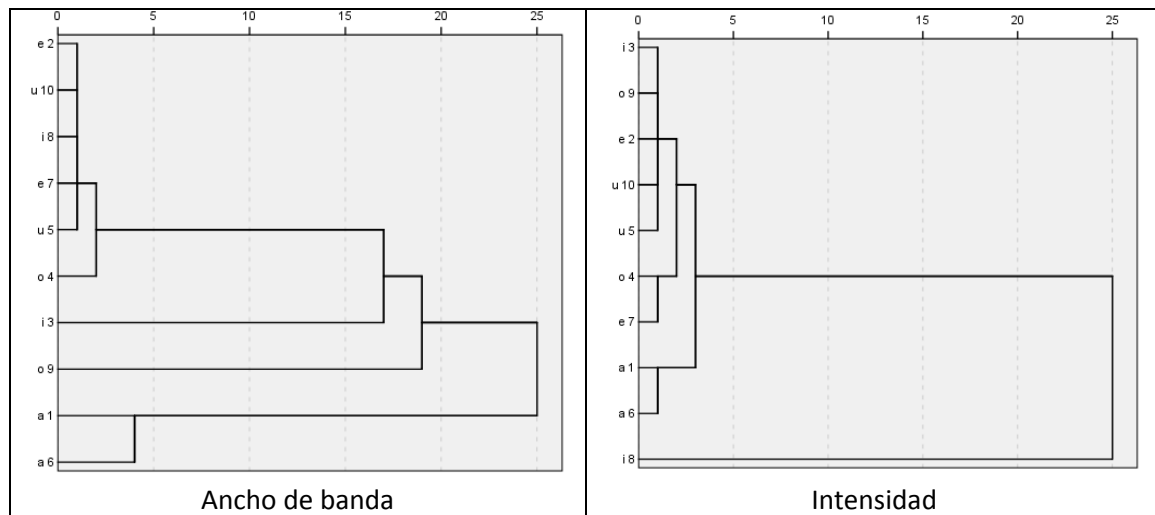


Figura 160.- Dendrogramas de F1 (ancho de banda e intensidad)

Los anchos de banda sólo distinguen con claridad la [a] del resto de vocales. Los valores de intensidad agrupan las vocales de un modo aún más anómalo. Sin embargo, un análisis de *cluster* jerárquico que considere las tres variables de F1 (frecuencia, ancho de banda e intensidad) agrupa las diez vocales del mismo modo que lo hace su altura frecuencial (el dendrograma, por tanto, es equivalente al anterior de la figura 149), lo que indica el mayor peso de dicha variable en la discriminación vocálica.

La misma operación, pero con la frecuencia del F2, permite identificar los tres grados del eje antero-posterior, o lo que es lo mismo, permite agrupar [i – e], [a] y [o – u] en las dos lenguas. Véase el dendrograma:

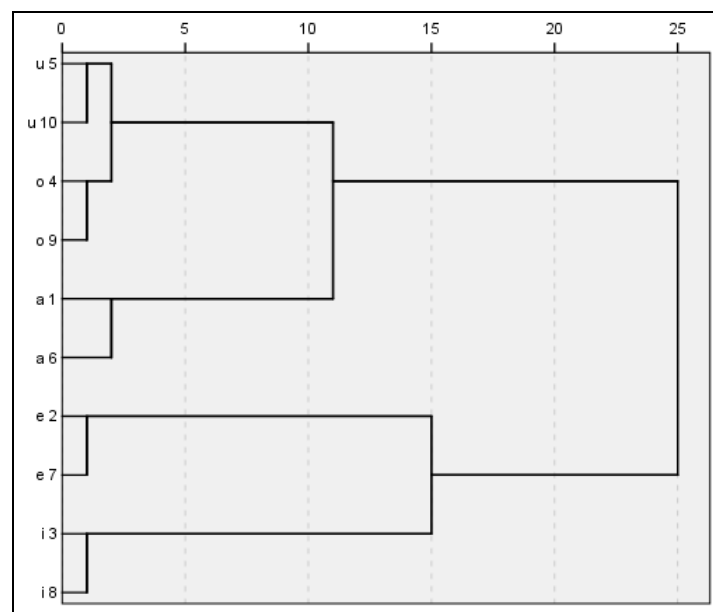


Figura 161.- Dendrograma de F2 (frecuencia)

El análisis también confirma lo que se advertía a simple vista en las gráficas de las áreas de dispersión: que [a] se agrupa antes con las vocales posteriores que con las anteriores, es decir, está más cerca de aquéllas que de éstas¹⁸⁰.

Como en el caso anterior, los valores de ancho de banda e intensidad del F2 no permiten agrupar las vocales como lo hace la frecuencia, aunque la intensidad lo hace bastante mejor que el ancho de banda. Véanse las gráficas correspondientes:

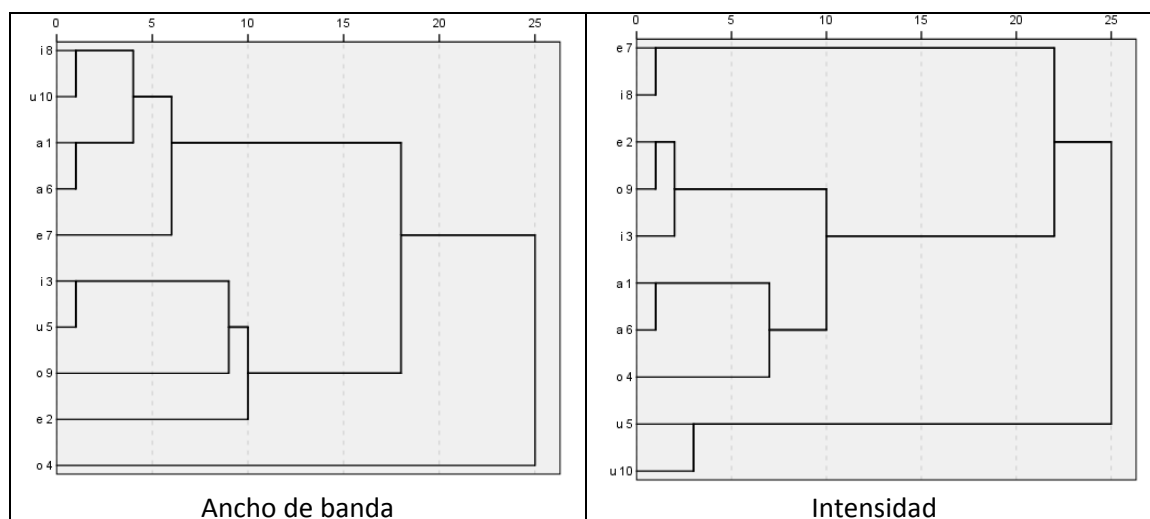


Figura 162.- Dendrogramas de F2 (ancho de banda e intensidad)

También como en el caso anterior, el análisis conjunto de las tres variables de F2 consigue el mismo resultado que el que considera únicamente su altura frecuencial.

La frecuencia del tercer formante no consiste en unas agrupaciones consistentes. Sólo con esta variable, no se agrupa ninguna vocal, salvo la excepción de la [i]. He aquí el dendrograma correspondiente:

¹⁸⁰ Este dato no es suficiente para plantear la redefinición de la vocal abierta como posterior [ɑ]. Tradicionalmente, se ha entendido a la vocal [a] del castellano (Quilis 1993: 163) como plenamente central, y a la del euskara (Urrutia-Etxebarria-Túrriz-Iribar 1995: 262) como más anterior incluso que [a]. Nuestros datos confirman esa información previa. En ambos casos se transcribe como anterior [a] porque las vocales cardinales no poseen ningún símbolo propio para una vocal abierta central, dado que no se ha encontrado ninguna lengua con tres elementos opuestos en este grado de abertura. Es verdad que algunos autores (Smalley 1963) han propuesto el símbolo [ɑ] para esa vocal abierta central, pero sin éxito.

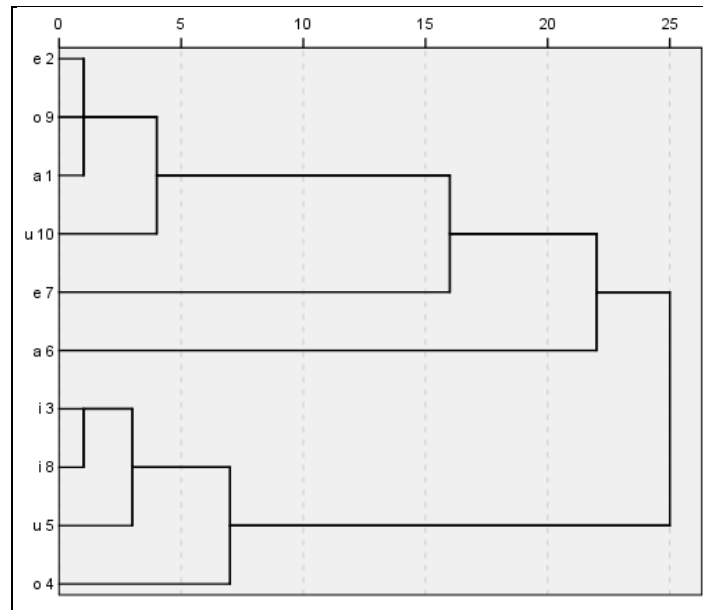


Figura 163.- Dendrograma de F3 (frecuencia)

De la misma manera, únicamente con los valores relativos al ancho de banda o a la intensidad del tercer formante, las agrupaciones del análisis de *cluster* no resultan significativas:

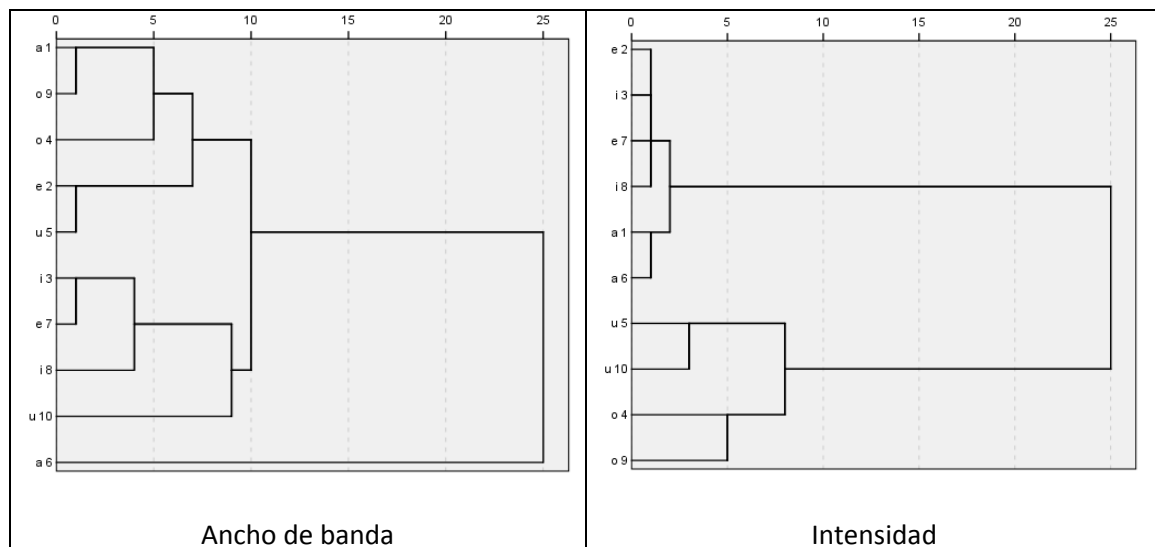


Figura 164.- Dendrogramas de F3 (ancho de banda e intensidad)

En esta ocasión, el dendrograma de la intensidad de F3 permite, al menos, identificar correctamente desde el principio los grupos correspondientes a las vocales posteriores [o – u]. En este formante, por tanto, la información que permite la agrupación más correcta es la de la intensidad, no la de la frecuencia. De hecho, la agrupación efectuada por el análisis conjunto de las tres variables discrimina algo peor las vocales:

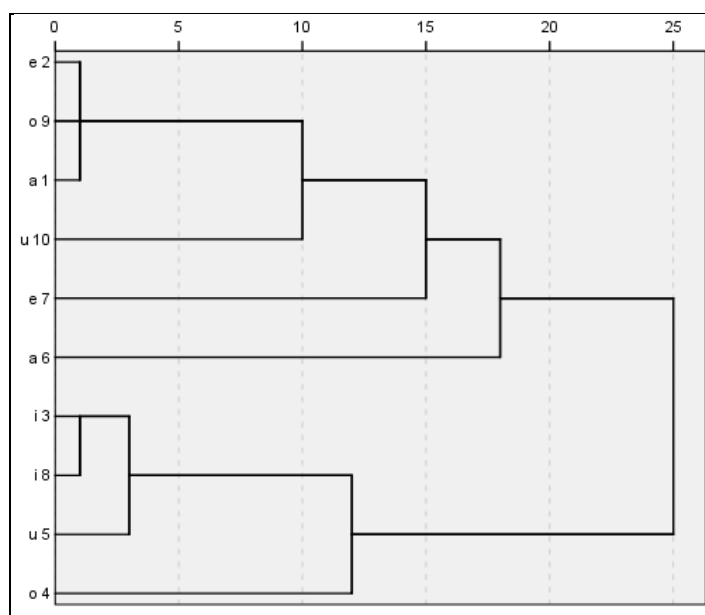


Figura 165.- Dendrograma de F3 (frecuencia, duración e intensidad)

Los valores frecuenciales de los tres formantes, tomados en su conjunto, discriminan perfectamente las cinco vocales de las dos lenguas¹⁸¹. Primero agrupan a [e] y a [i], inmediatamente después a [a] y a [o] y luego a [u]. Las dos vocales posteriores [o –u] se agrupan entre sí mucho antes que las dos anteriores [i – e]. Además, la vocal central se agrupa, una vez más, con las posteriores antes que con las anteriores. Estas relaciones se ven en el dendrograma correspondiente:

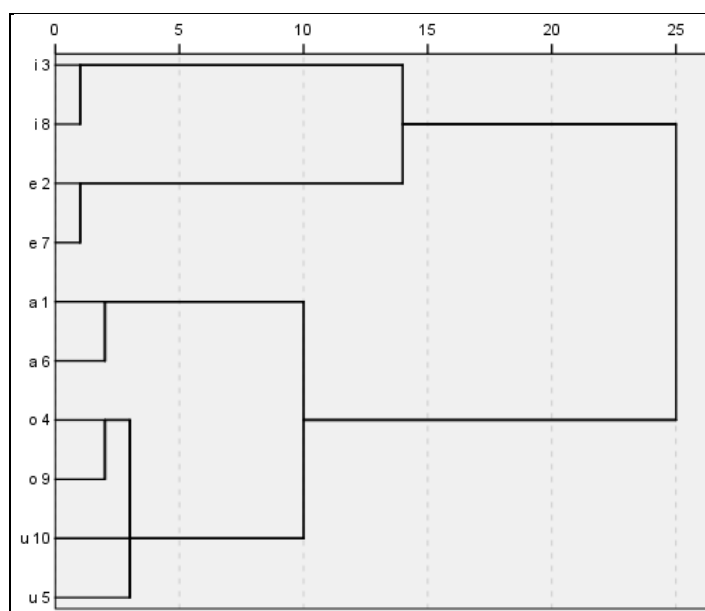


Figura 166.- Dendrograma de F1-F2-F3 (frecuencia)

¹⁸¹ Lógicamente, también lo hacen los dos primeros formantes, puesto que, como hemos visto, el F3 apenas tiene capacidad de identificación.

Los valores de los tres anchos de banda realizan agrupaciones incorrectas, y tan sólo unen debidamente las dos vocales [o], y a una cierta distancia de las primeras agrupaciones. Estas variables no poseen, pues, valor discriminatorio alguno:

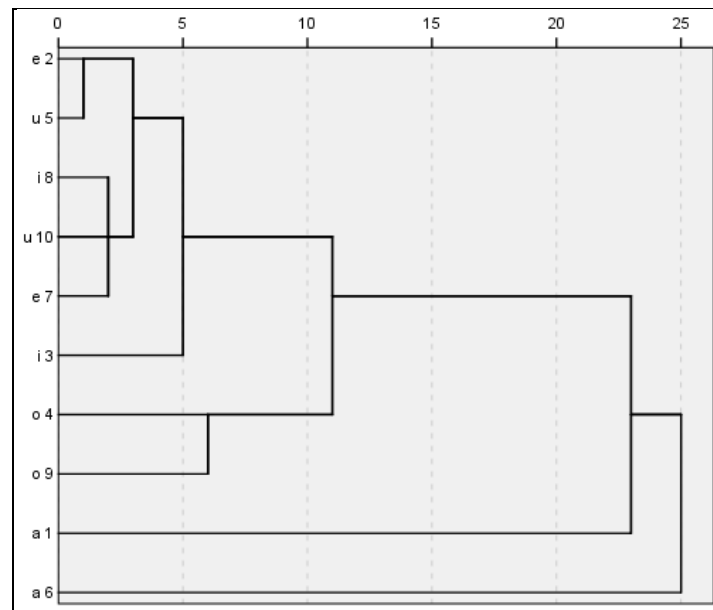


Figura 167.- Dendrograma de F1-F2-F3 (ancho de banda)

Los valores de las tres intensidades, en cambio, clasifican bastante bien (aunque no por completo) las vocales. Estas variables, por tanto, sí poseen un cierto poder discriminatorio:

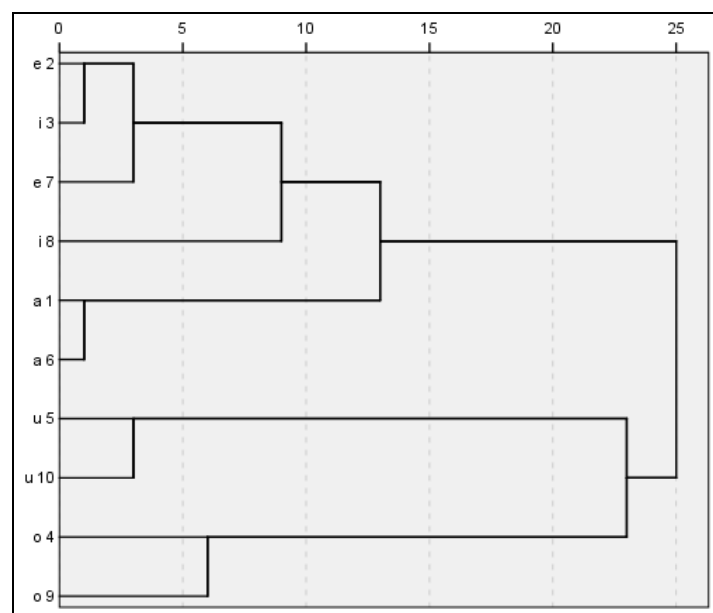


Figura 168.- Dendrograma de F1-F2-F3 (intensidad)

En este caso, la vocal central [a] no se agrupa con las posteriores, sino con las anteriores.

El análisis de *cluster* jerárquico realizado con las doce variables asociadas a los tres primeros formantes acústicos, tomadas en su conjunto, permite agrupar las diez vocales tratadas de manera correcta. Primeros se agrupan [i] y [e], luego la [o] y luego [a] y [u]. Las dos vocales posteriores se unen inmediatamente, mientras que las dos anteriores tardan bastante más. De hecho, antes de agruparse [e – i] se produce la agrupación [a – o – u]. Por tanto, una vez más, la vocal central se agrupa con las posteriores. Véase el dendrograma:

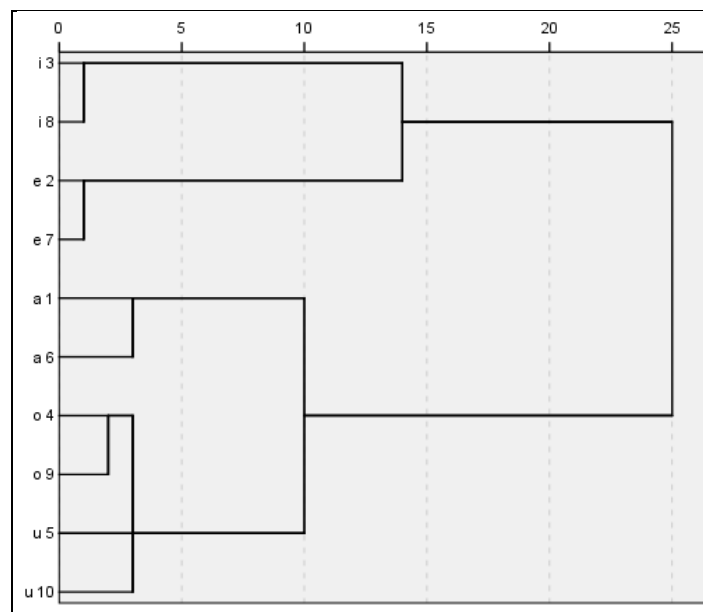


Figura 169.- Dendrograma de F1-F2-F3 (9 variables)

Si añadimos al análisis de *cluster* las tres variables correspondientes a las cualidades básicas (tono, duración e intensidad), el dendrograma resultante es idéntico.

4.3.2. Valor discriminatorio del conjunto de los datos

Las combinaciones posibles de parámetros que pueden utilizarse para el análisis de *cluster* jerárquico son, lógicamente, numerosísimas. En este apartado ensayaremos con las combinaciones que más potencia discriminadora han mostrado en los dos apartados precedentes:

- Desde la perspectiva articulatoria: el conjunto PMADAL-DLL-RED-DC y el par CB-CF.
- Desde la perspectiva acústica: el par F1-F2 y el conjunto de las 9 variables de F1-F2-F3.

El análisis anterior había corroborado que, de acuerdo con la predicción teórica, los valores de frecuencia de F1 y F2, conjuntamente, discriminan correctamente las vocales de las dos lenguas estudiadas. Si añadimos al análisis el conjunto PMDAL-DLL-

RED-DC, o el conjunto CB-CF, ¿qué influencia tendrá en la discriminación? Lo examinamos con los dendrogramas correspondientes:

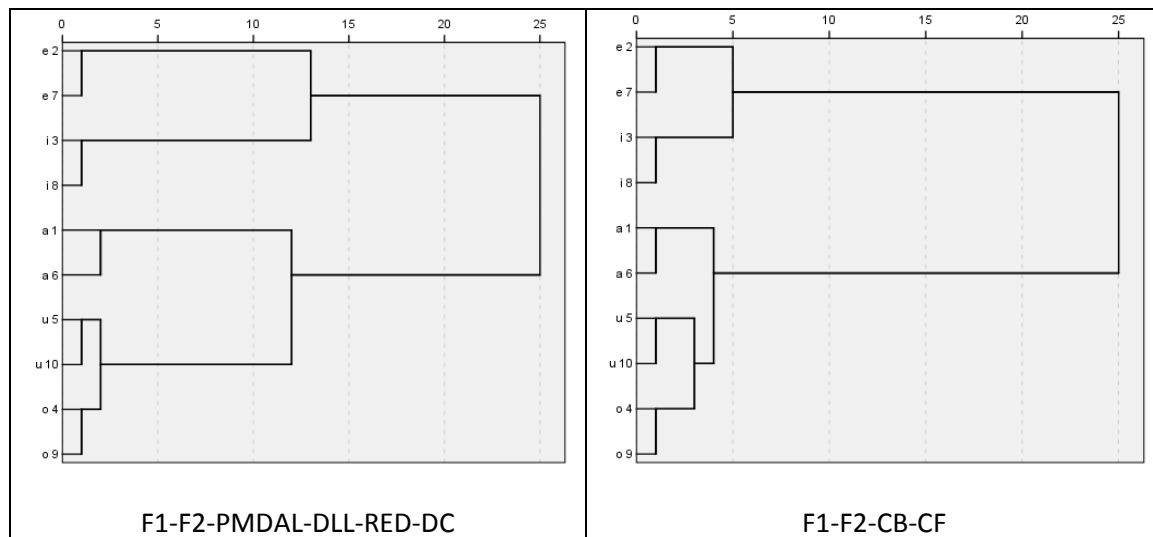


Figura 170.- Dendrogramas de parámetros articulatorios y acústicos

Como puede verse, el resultado es excelente en ambos casos, aunque la clasificación se realiza con una rapidez algo mayor con la segunda combinación de parámetros.

Si se sustituye la pareja F1-F2 por los nueve valores de frecuencia, ancho de banda e intensidad de los tres primeros formantes acústicos, el resultado es el siguiente:

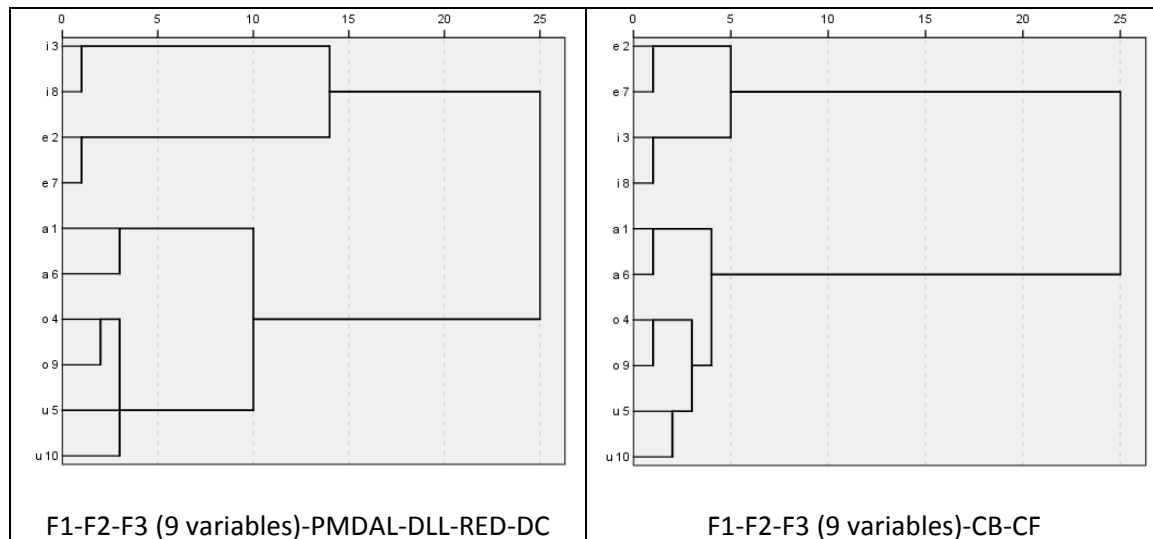


Figura 171.- Dendrogramas de parámetros articulatorios y acústicos

Como en el caso anterior, el resultado es bueno en ambos casos, pero algo mejor –algo más rápido– en el segundo. De este modo, queda corroborado que la combinación CB-CF es más potente, a efectos de clasificación vocálica, que la combinación PMADAL-DLL-RED-DC. Si comparamos el dendrograma de la derecha de estas dos últimas figuras, veremos que son prácticamente idénticos, aunque la agrupación inferior se realiza algo antes sólo con los datos de F1 y F2. En resumen, la frecuencia de F1 y F2,

en lo acústico, y el área de las cavidades bucal y faríngea, en lo articulatorio, se revelan como las variables que mejor discriminan el timbre vocálico¹⁸².

Por último, el siguiente dendrograma muestra el resultado de realizar un análisis de cluster jerárquico con la totalidad de las variables manejadas en el estudio:

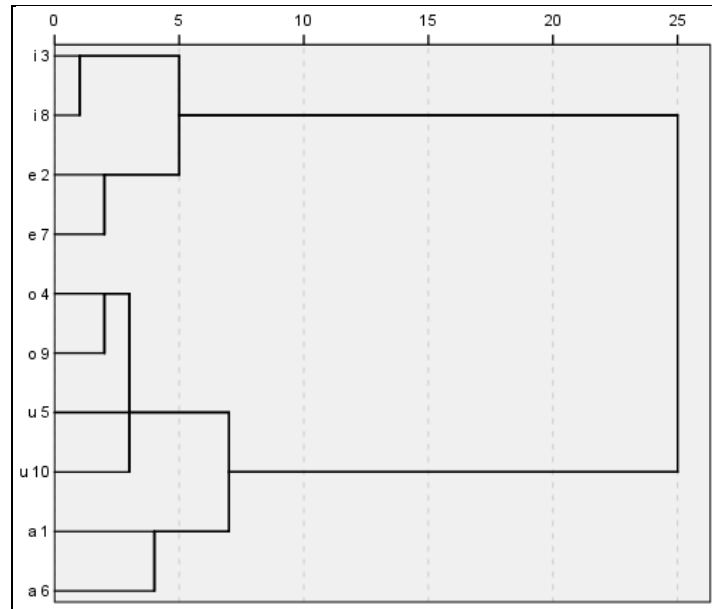


Figura 172.- Dendrograma final (24 parámetros)

La discriminación es buena. Primera se agrupa la vocal [i], luego [e – o], luego [u] y finalmente [a]. Las vocales posteriores [o – u] e agrupan antes que las anteriores [i – e]. La vocal [a] se agrupa la última, y como siempre con la serie posterior.

¹⁸² No en vano otro análisis anterior ya había demostrado la estrecha relación entre las cuatro variables.

QUINTA PARTE

CONCLUSIONES

Si bien los resultados de todo trabajo científico deben siempre ser considerados como provisionales, esta precaución se acrecienta en nuestro caso por dos motivos principales: en primer lugar, el número de informantes analizados es pequeño, especialmente desde la perspectiva acústica; en segunda lugar, el procedimiento de análisis articulatorio utilizado, aunque pueda considerarse una aportación en sí mismo, deberá ser refrendado por otros trabajos similares.

Se ha presentado la primera colección de imágenes de MRI de la articulación vocálica del español y del euskara. Estas imágenes –cortes midsagitales– han sido analizadas mediante el *software* DicomPas, específicamente desarrollado para esta tarea, de modo que se ha obtenido una colección mensurada de parámetros articulatorios 2D que expresa numéricamente los modelos articulatorios de las cinco vocales en las dos lenguas.

Con el parámetro denominado PMADAL se han construido y analizado los denominados triángulos articulatorios, que han resultado ser pentágonos. La tarea se ha realizado para cada informante y para cada lengua. Se han presentado, por tanto, los pentágonos articulatorios del español y del euskara, que son bastante diferentes entre sí, principalmente por dos razones.

En primer lugar, por la distinta posición que, en el eje antero-posterior, ocupan las vocales [a] y [u]. La primera es central en español y posterior en euskara; la segunda, posterior en español y central en euskara.

En segundo lugar, el pentágono articulatorio del español exige, para su correcta comprensión, la distinción de tres grados en el eje antero-posterior y de cuatro en el de abertura. El pentágono del euskara puede ser descrito con las mismas distinciones, pero también con sólo tres grados en el eje de abertura. No obstante, aun distinguiendo cuatro, las vocales no quedan clasificadas de la misma manera que en castellano.

Además del PMADAL, se han proporcionado valores de otros parámetros, de distancias y de áreas. En cuanto a los primeros, la abertura labial (parámetro DLL) se relaciona – como es sabido– con los grados de abertura de las vocales, pero especialmente en euskara, puesto que esta relación no aparece tan claramente en castellano. La medida del redondeamiento (parámetro RED) no ha resultado eficaz para la caracterización de las vocales posteriores, tal vez porque la posición supina que exige la resonancia magnética hace que dicha labialización apenas se produzca. Tampoco la medida de la distancia de la constricción articulatoria (parámetro DC) ha resultado satisfactoria, porque sólo ha podido mostrar de manera regular la gran constricción midsagital con la que se articula la vocal [i]; en este caso, parece razonable suponer que los

parámetros que den cuenta del grado de la constricción articulatoria deben ser diseñados y medidos con mayor exhaustividad que la seguida en este trabajo.

En cuanto a los parámetros de áreas, se han efectuado medidas del área total en la que se incluye el tracto vocálico (parámetros ATT y ATT'), así como de la longitud total de dicho tracto (parámetro LTT, mencionado aquí aunque, en rigor, sea una medida de distancia y no de área), que han mostrado que las dimensiones de los informantes masculinos son, en general, mayores que las de los informantes femeninos. En consonancia con este hecho, el área de la cavidad oral (parámetro CO) de los informantes masculinos es también mayor. Además, este parámetro permite distinguir del resto a las vocales anteriores, cuya área –sobre todo la de [i]– es menor. Además de los valores numéricos, también se proporcionan la figura de cada área, para cada vocal y cada informante.

Se ensayan dos maneras diferentes de distinguir, en la cavidad oral, las cavidades denominadas bucal y faríngea (parámetros CB y CF). Se proporcionan las medidas pertinentes y se comprueba que ambas se compensan en una relación inversamente proporcional: a mayor CB le corresponde menor CF, y viceversa. Se consigue una caracterización de las cavidades correspondientes a cada vocal, lo que implica que estos parámetros se comportan de manera diferente según el timbre vocálico.

También se analiza el área de la porción de raíz lingual que queda retraída en la articulación vocálica (parámetro ARL), y se comprueba que, como CO, permite distinguir las vocales anteriores de las no anteriores. Por último, se examina el área del dorso lingual (parámetro ADL), que muestra una curiosa diferencia de comportamiento entre español y euskara: en la primera, permite distinguir el grado de abertura vocálica, en la segunda, no.

Así pues, además de todo lo relacionado con el PMADAL, otros dos parámetros articulatorios se comportan de diferente manera en las dos lenguas: la abertura labial, que se asocia con la abertura vocálica en español, y el área del dorso lingual, que lo hace sólo en euskara. La diferencia entre las dos lenguas es más clara en el segundo parámetro.

En resumen, se ha efectuado un análisis articulatorio inédito para las dos lenguas, que ha permitido describir de una manera mensurada su articulación vocálica. No obstante, esta caracterización ha mostrado –como era de esperar, por otra parte– no pocas lagunas, carencias, irregularidades e inexactitudes. En definitiva, la mera adición de parámetros bidimensionales estáticos no consigue una descripción verdaderamente eficaz, que probablemente deberá ser tridimensional y dinámica.

En la referente a la caracterización acústica del vocalismo vasco-románico, se han analizado conjuntamente las tres cualidades básicas en ambas lenguas, con especial interés en la validación o refutación de la hipótesis que les adjudica valores

concordantes con la abertura vocálica de manera natural o intrínseca. Los resultados muestran que la intensidad vocálica no responde a dicha hipótesis, que la duración muestra una cierta tendencia en ese sentido, más fuerte en euskara, y que el tono se comporta de manera diferente según la lengua: en euskara cumple perfectamente la hipótesis, pero no la cumple de ninguna manera en castellano. Esto es muy interesante, porque supone una prueba en contra de la hipótesis del tono intrínseco y, por extensión, de las cualidades acústicas intrínsecas de las vocales.

También se examina la influencia que en las tres cualidades ejercen las dos variables manejadas en el trabajo: acento y posición de la sílaba que porta la vocal en cuestión. Efectivamente, las dos influyen en las cualidades vocálicas, aunque de distinta manera según la lengua. En términos generales, las vocales del castellano muestran un rango de variación en función de estas variables mayor que el del euskara.

El acento influye de manera similar en ambas lenguas: las vocales tónicas son más agudas, más largas y más intensas que las átonas. El euskara es más sensible al acento en el tono y en la intensidad; el español, en la duración. La posición silábica influye de modo opuesto en las dos lenguas: en español, las vocales en la primera sílaba son más graves y más breves que en la segunda sílaba (la intensidad no muestra una tendencia clara); en euskara, por el contrario, las vocales en la primera sílaba son más agudas, más largas y más intensas que en la segunda. La razón más probable para estas diferencias entre las lenguas es de índole prosódica.

El análisis del timbre vocálico del vocalismo del castellano del País Vasco y del euskara muestra, como era de prever, unos resultados muy semejantes. Se han presentado las áreas de dispersión y los triángulos acústicos de los ocho informantes y de las dos lenguas. Estos triángulos se han comparado entre sí, con las principales propuestas anteriores para cada lengua (de las que no se apartan apenas), y con las vocales cardinales. También se ha examinado la influencia que ejerce en ellos las variables de acento y posición, que ha resultado ser pequeña en todos los casos. Otros aspectos destacables del análisis son:

- La diferencia mayor entre las dos lenguas está en la vocal [a], que en euskara resulta ser más abierta y anterior.
- Las vocales de las dos lenguas ocupan un área más reducida que las vocales cardinales, y situada en su zona inferior, puesto que ocupan un grado mayor de abertura: las cerradas corresponden a las semicerradas y las medias, a las semiabiertas; la [a] del euskara es más abierta (y más anterior) que la cardinal.
- El triángulo de las vocales átonas es ligeramente más reducido, especialmente en la serie anterior (sobre todo en español).
- Las vocales situadas en la primera sílaba son un poco más cerradas y posteriores, sobre todo en la serie anterior (y sobre todo en español).

De este modo, se comprueba que las dos variables manejadas (acento y posición), de índole prosódica, tienen una influencia escasa en el timbre vocálico, pero notable en las cualidades básicas de tono, duración e intensidad de las vocales, cualidades que están, de hecho, íntimamente ligadas a las cuestiones prosódicas.

El análisis acústico se completa con las medidas generales de frecuencia, ancho de banda e intensidad de los tres primeros formantes de cada vocal y cada lengua, que son objeto de un análisis similar al de los triángulos. De este modo, se consigue una caracterización acústica homogénea y completa del vocalismo vasco-románico.

De la comparación de la información articulatoria y la acústica se extraen las siguientes conclusiones principales:

- Los pentágonos articulatorios no permiten explicar los triángulos acústicos: dos pentágonos diferentes generan dos triángulos acústicos casi idénticos. Consiguientemente, la clasificación vocálica que puede hacerse desde las dos perspectivas no resulta coincidente. Se trata, pues, de un caso más de mala adecuación entre la información articulatoria y acústica, relacionado con el conocido fenómeno de la compensación articulatoria.
- Los parámetros de CB y CF sí permiten establecer una relación clara con las frecuencias de resonancia de las vocales. La CB se correlaciona de manera directa con el F1, y de manera inversa con el F2; la CF opera justo de manera contraria a la CB. La CB se correlaciona ligeramente mejor con F2 y CF, con F1.
- El resto de los parámetros (salvo, parcialmente, la abertura labial y el área del dorso lingual) no pueden relacionarse directamente con ningún valor acústico.
- La diferencia de timbre asociada al sexo se correlaciona tanto con el F0 (la fuente sonora) como con el tamaño de la cavidad oral (la cavidad resonadora).

Por último, se examina la capacidad de discriminación del timbre vocálico que poseen las 24 variables o parámetros manejados en el estudio, individualmente y agrupados de distintas maneras. La conclusión principal es que los parámetros que mejor sirven para diferenciar las cinco vocales son:

- La combinación de la frecuencia de F1 y F2.
- La combinación de las nueve variables formánticas (frecuencia, ancho de banda e intensidad de los tres primeros formantes).
- La combinación de las cavidades bucal y faríngea.
- La combinación de los parámetros articulatorios PMDAL-DLL-RED-DC.

ANEXOS

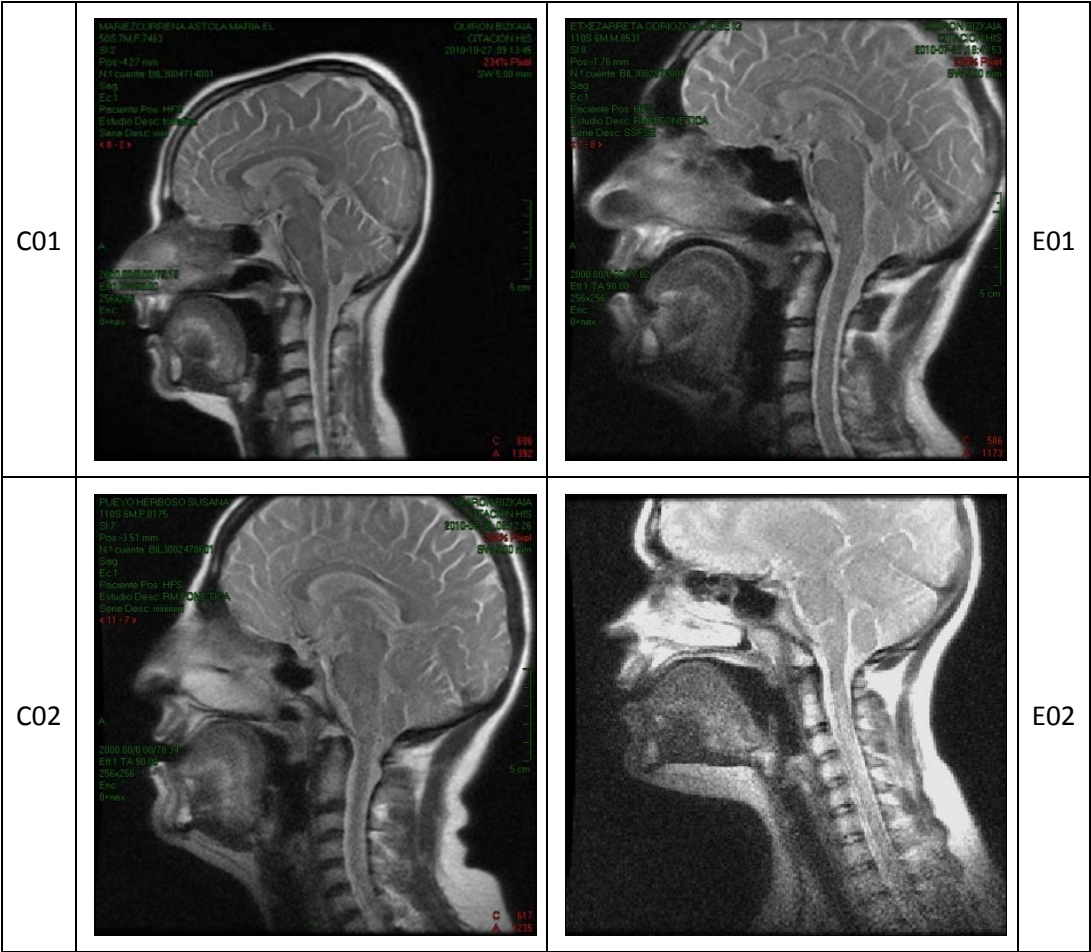
ANEXO 1: IMÁGENES-TIPO DE LA ARTICULACIÓN VOCAL

Se muestra a continuación una imagen característica de la disposición articulatoria de los ocho informantes en la producción vocálica. El número de orden de la imagen seleccionada en cada caso se muestra en la siguiente tabla:

	C01	C02	C03	C04	E01	E02	E03	E04
[i]	2	8	9	4	8	3	9	3
[e]	2	11	11	3	8	3	11	2
[a]	7	10	16	23	16	16	10	23
[o]	8	7	11	18	8	14	3	5
[u]	20	19	8	13	19	3	8	15

Tabla 106.- Número de orden las imágenes-tipo

Vocal [i]



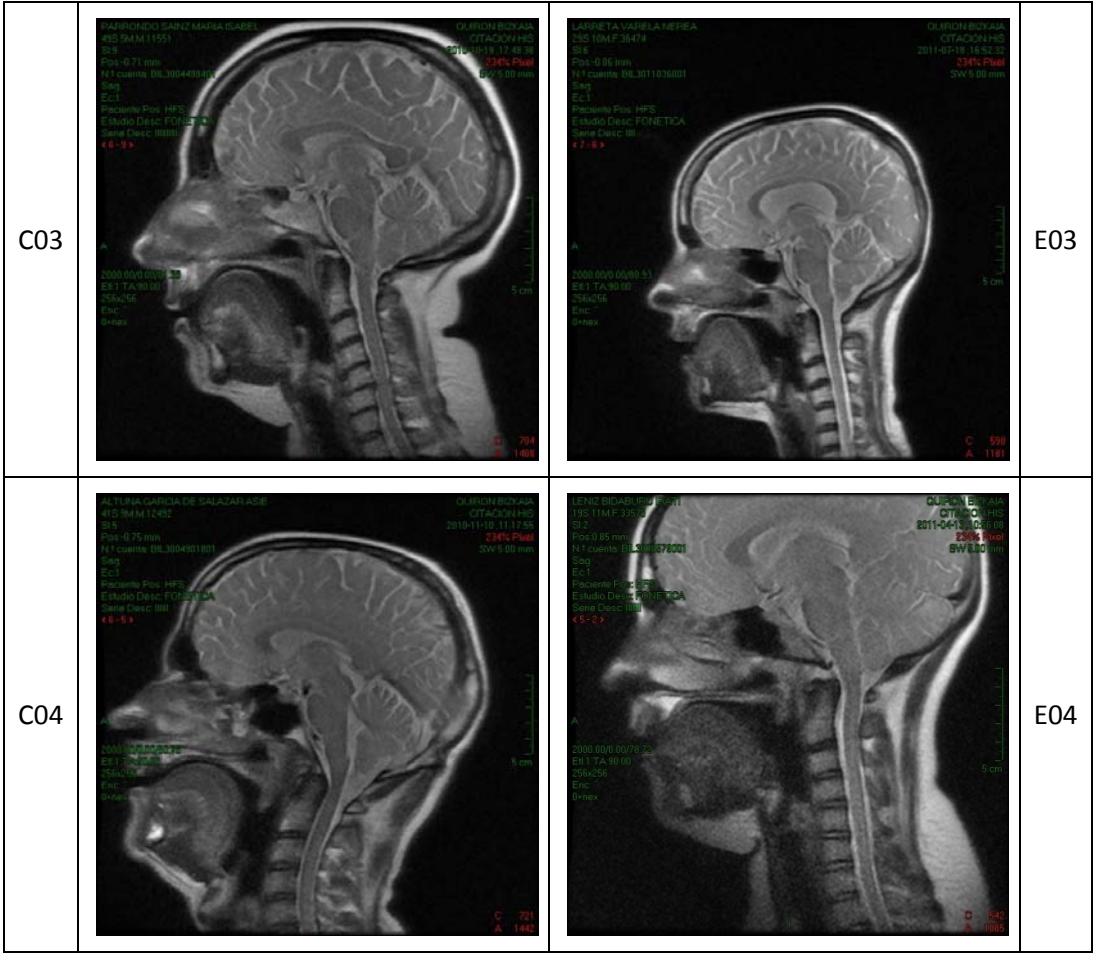
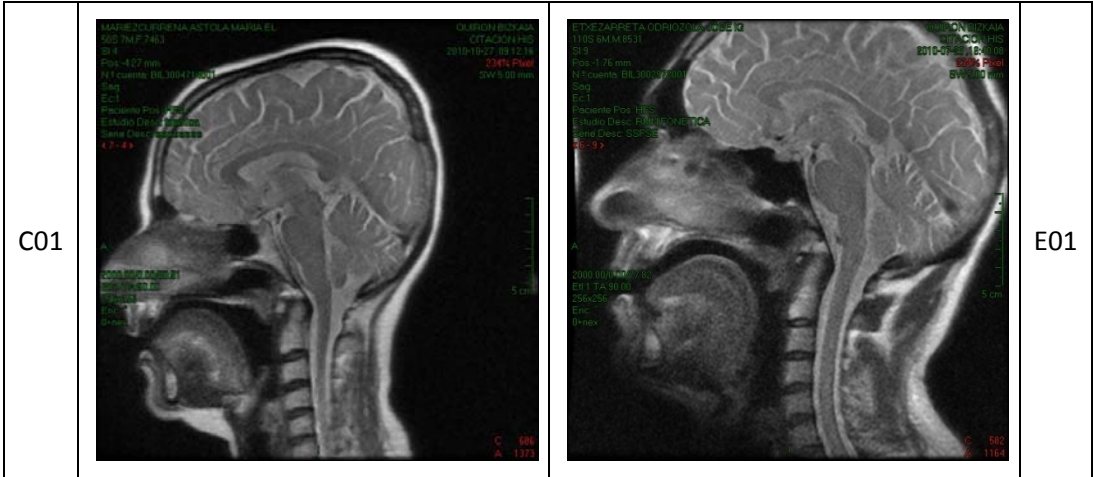


Figura 173.- Imágenes-tipo de [i]

Vocal [e]



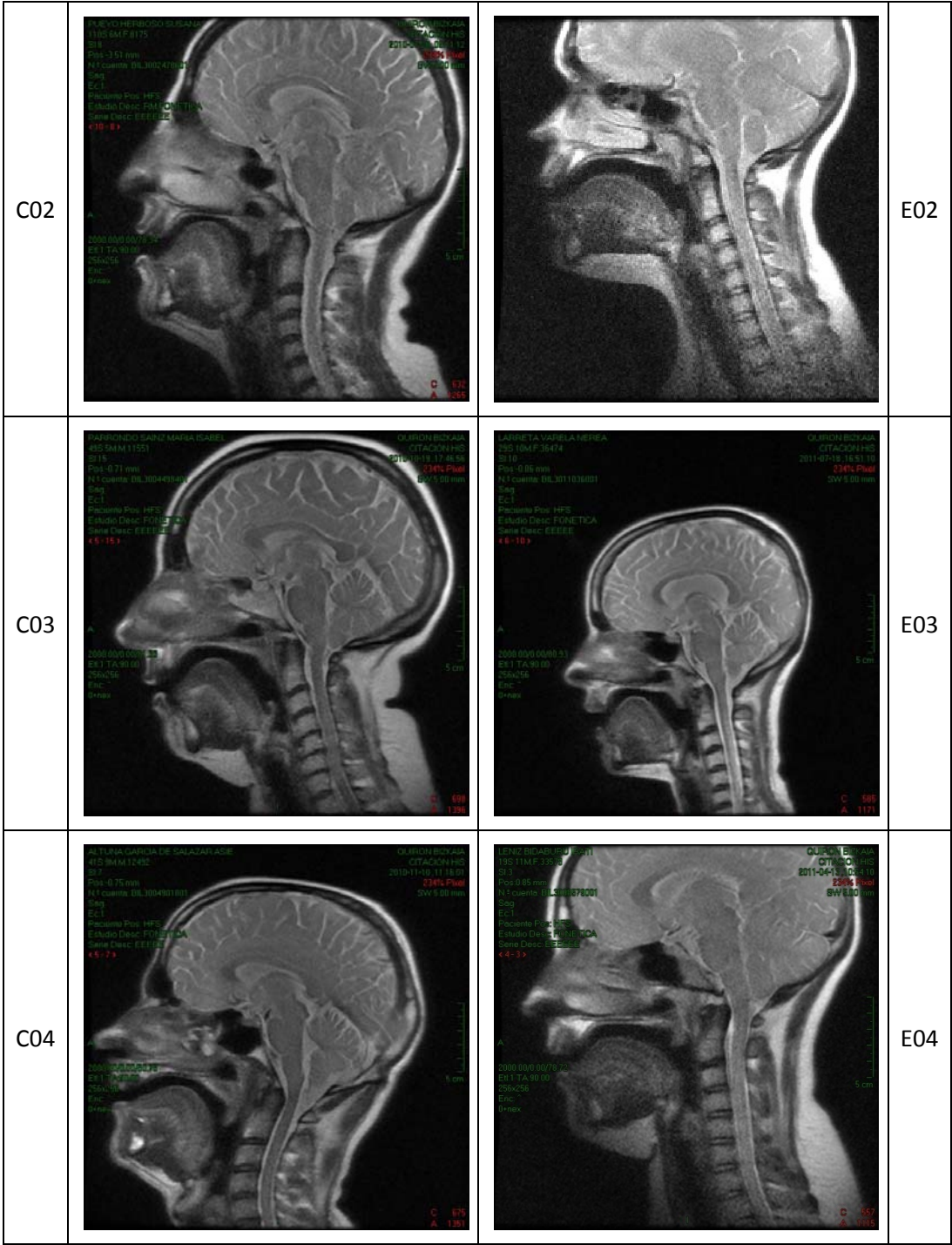
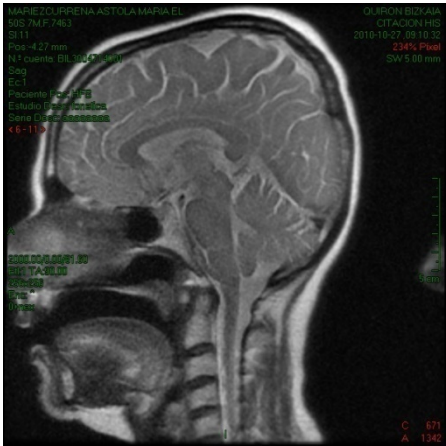
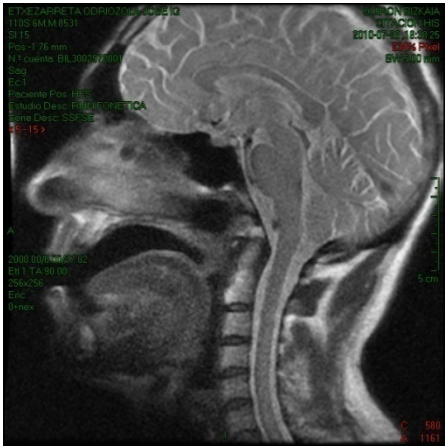
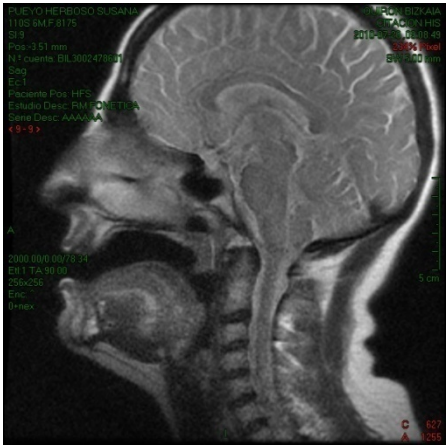
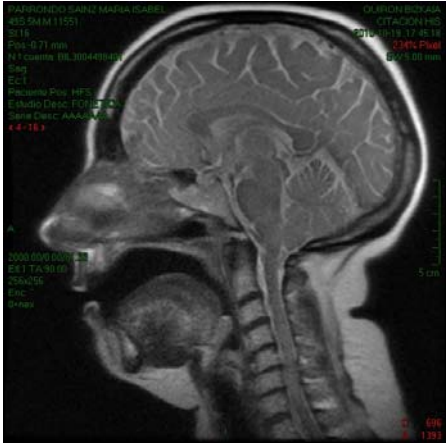


Figura 174.- Imágenes-tipo de [e]

Vocal [a]

C01		E01	
C02		E02	
C03		E03	

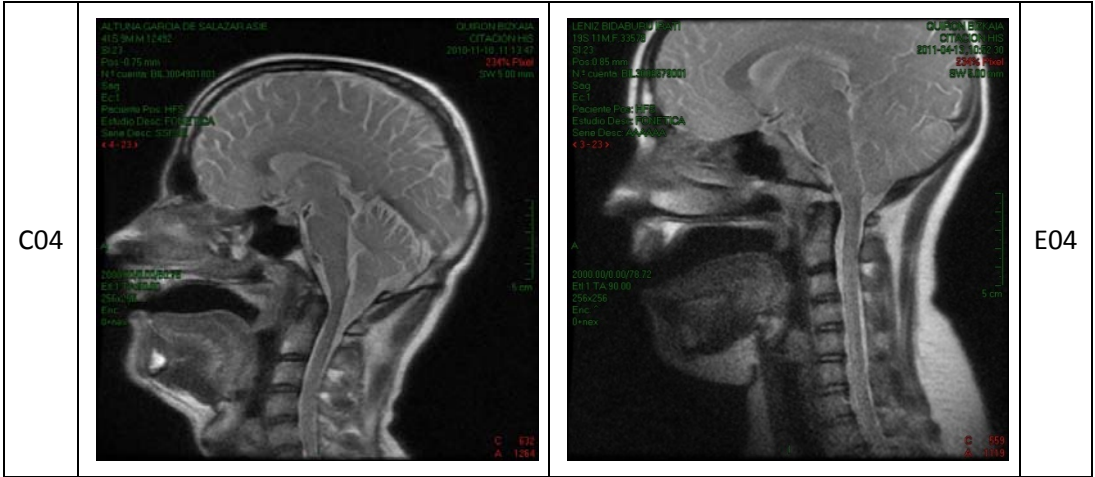
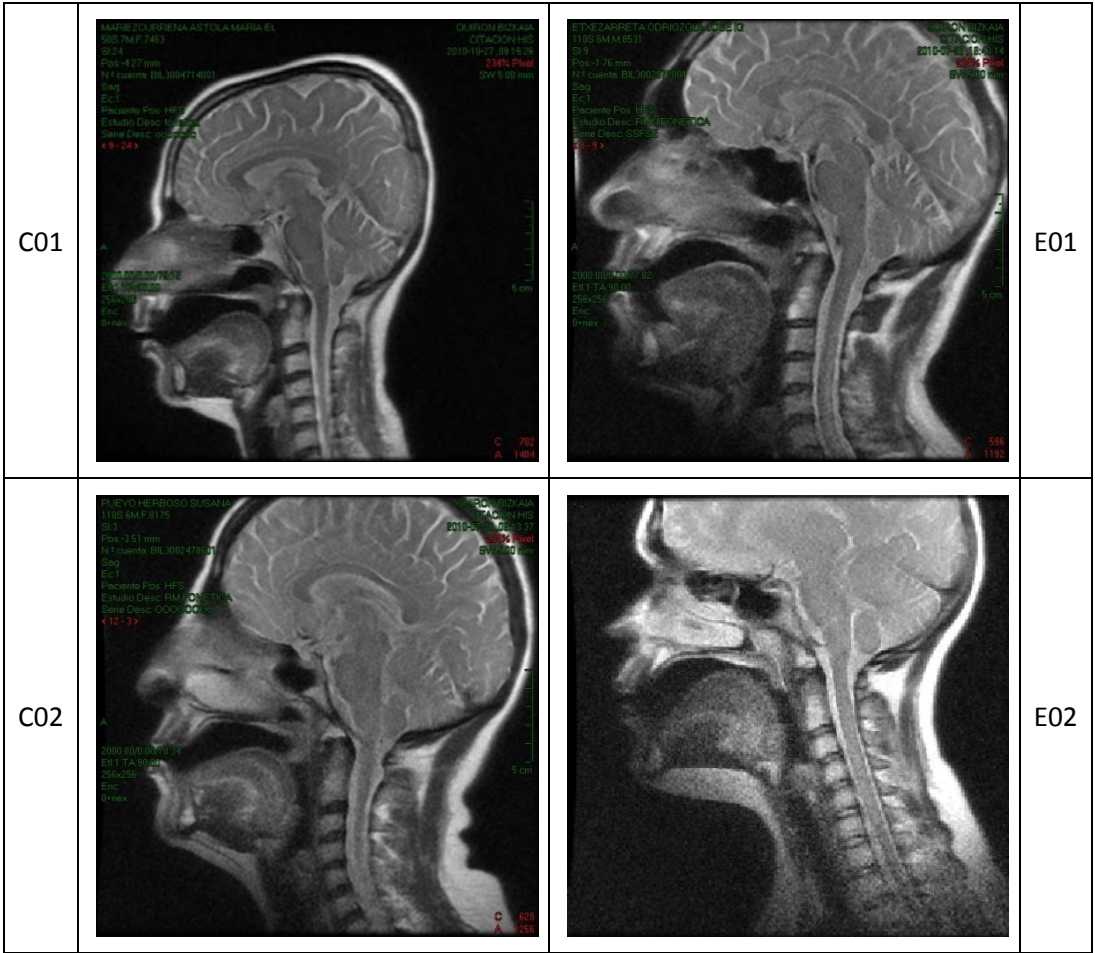


Figura 175.- Imágenes-tipo de [a]

Vocal [o]



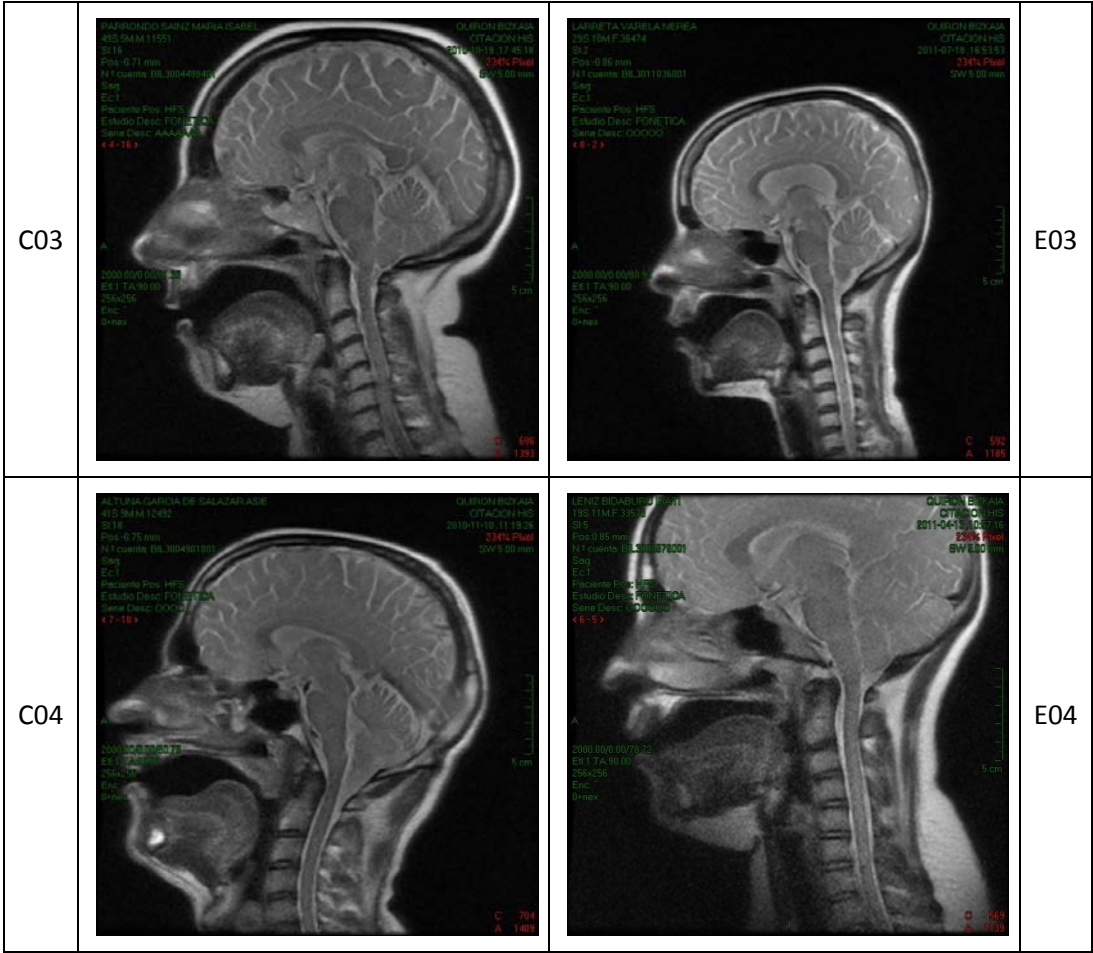
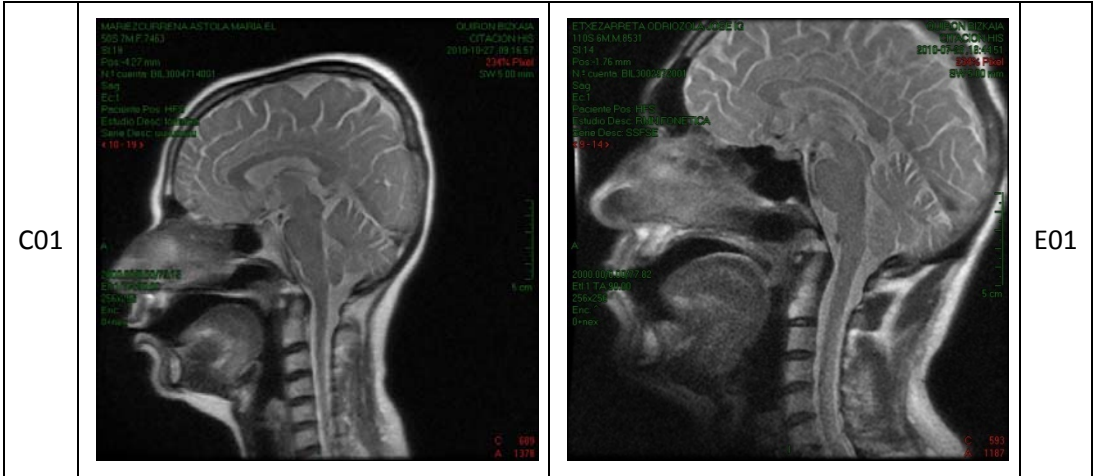


Figura 176.- Imágenes-tipo de [o]

Vocal [u]



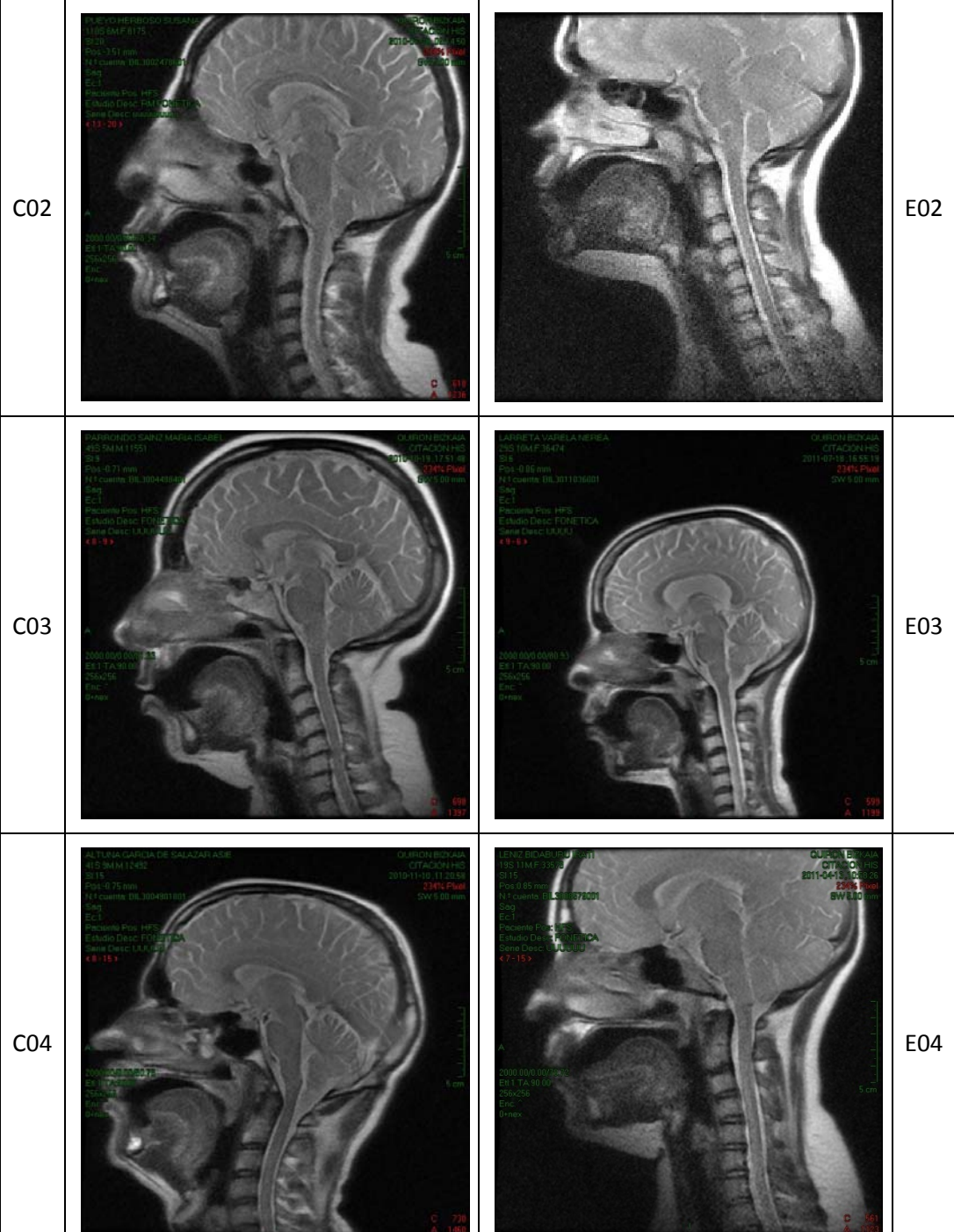
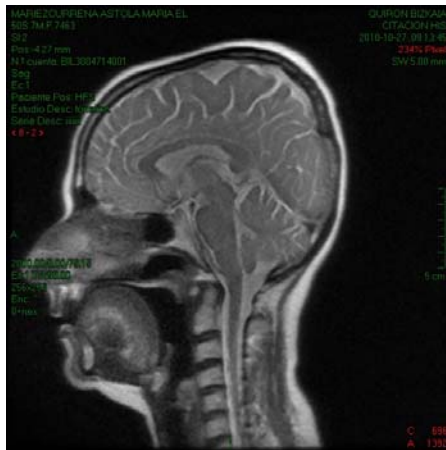


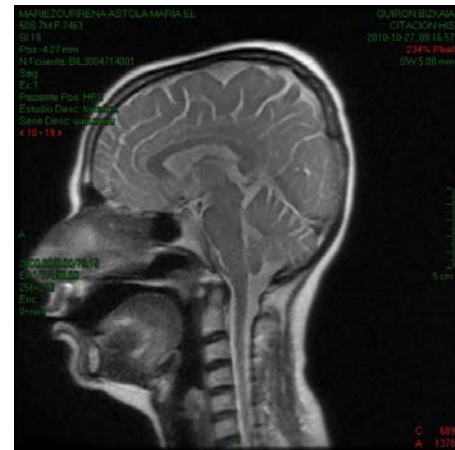
Figura 177.- Imágenes-tipo de [u]

Se muestran a continuación las mismas imágenes, agrupadas para cada uno de los informantes.

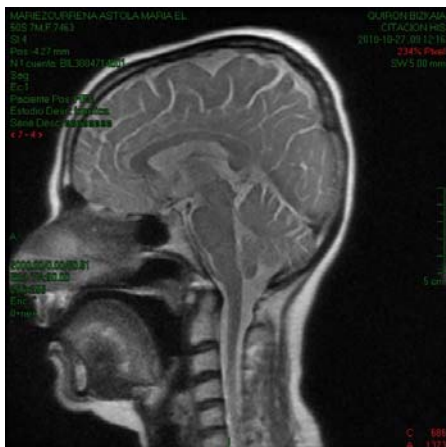
Informante C01



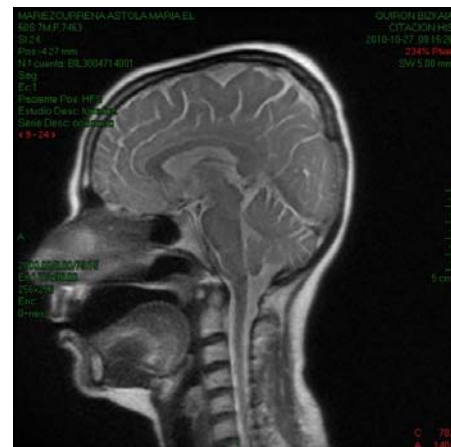
[i]



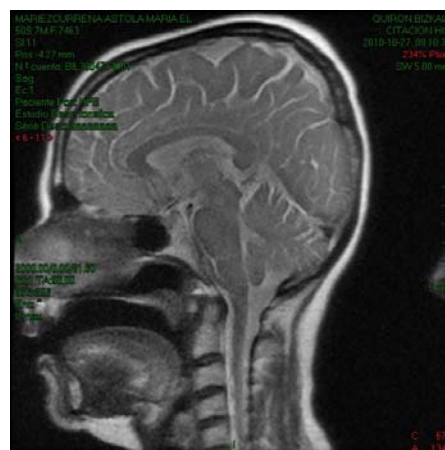
[u]



[e]



[o]



[a]

Figura 177.- Imágenes-tipo de las vocales de C01

PUEBLO HERIBOSO SUSANA
T1W2 RMP.HT75
S27
Plex: 151 mm
M^o Cauda: DL3082/0001
Sms
EC1
Fisicote Plex: HFE
Estudio Disc: FM/0087/00
Sms Caud: normal
431: P2

2000 05/05/79 14
061 TA 39.00
254/256
Foc
01mm

1 cm

C 0/2

PUEYO HERIBERTO DUBIAM
 N 02 RMP 8175
 0225
 Pos: -3.51 mm
 N 1 Cuanta: DLJ002 475431
 Sex: F
 Et: 1
 Placante Pos: HFS
 Estudio Clinic: RM CDM 1000
 Serie: Serie: series 0000
 <137-2>

2008 00/00/00 00 34
 Ex: 1-7/AN/00
 258-258
 Pos: 0000
 Group:

PUEYO HERBOSO SUSANA
 T1W3 MIP 1175
 30.8
 Pos: 363 mm
 M1 Cuanto: BL1002 47801
 30.8
 0.21
 Posicion: Pos: HF-C
 Exordio Desc: FM1 ORS 114
 Canal Desc: FEE 112
 410-6.5

2016-03-01 11:12
 100% Head
 800 500 mm

0000 0000 00/0/34
 EX1 TA 50.00
 000000
 0000
 0000

5 cm

NUEVO HERNÁNDEZ SUSANA
 11/08/2017
 29
 Esp: 3.51 mm
 H1 Cuanto: BA 3002 470017
 Esp
 2.1
 Placante Pos: HF2
 Estudio Clav: PMT 05517A
 Canal Clav: ANA1A
 1.9 8.3

HERNÁNDEZ SUSANA
 11/08/2017
 29
 Esp: 3.51 mm
 H1 Cuanto: BA 3002 470017
 Esp
 2.1
 Placante Pos: HF2
 Estudio Clav: PMT 05517A
 Canal Clav: ANA1A
 1.9 8.3

como antes visto en 34
 EX 1 TA 30.00
 255/256
 1000
 1000

5 cm

Figura 178.- Imágenes-tipo de las vocales de C02

PARRONDO SARNZ MARIA ISABEL
 RES RMH 11551
 58 S
 Flux: 0.71 mm
 N/T: c/sq: 0.44993001
 Sns
 EC1
 Procede: Pila: HFS
 Estudio Desc: FONETICA
 Sns: C/sq: 0.44993001
 4.5 - 5.5

QUIRON BIZVARRA
 CITACION: HFS
 01/10/13 17:45:38
 5.34% Pila
 58:5.00 mm

2008/05/03 00:00
 E81 TA 30 00
 256x256
 E81
 0:1mm

5 mm

PAPRINZIO SAINZ MARIA ISABEL
 RES 34M11981
 028
 Pos: -0.71 mm
 N1 cuantos: DIL3004495.01
 Gan
 Ec: 1
 Píxelante Pos: HFS
 Extensión: 10.0 cm
 Sainz Cere: 10.0 cm
 k8-5.9

GURION BIZYAN
 CT2A200411
 0210-10-19 17:51:41
 0.94% Pix
 20.5.00 mm

2000 000 000 00
 EX 1 TA 90 90
 754256
 0.00
 0.00

[illegible]

PARRONDO GAINZ MAPA ISABEL
 RES: RM (158)
 S116
 Pos: -0.71 mm
 W: 1.00 sec; BL: 3004430.1 Hz
 Seq: F2
 Phase: Pos: HF
 Crystal Desc: FOR
 Spine Desc: AAAAAA
 4-10

GOURON BIZIA
 CTAC24
 19.1745 Hz
 234% Phase
 0.005 mm

2009/09/09 09:00:00
 Ex: 1 TA: 38 NO
 250-255
 0 sec
 0 mm

PANORFONDO SAINZ MARIA ISABEL
 RES: 34111651
 30.16
 Pos: -0.71 mm
 AT cuenta: BL3004439.011
 0.29
 0.21
 Placenta Pos: HPS
 Estudio Desc: FOP
 Canal Desc: AAAAAA
 4-4-18

GUSTAVO BODAS
 CTAC: 29.145
 FOLIO: 19.17.45.18
 2.34% Pixel
 0.05.00 mm

3000 0000 0000
 ES: 1 TA: 30.80
 000406
 0.00
 0.00mm

5 cm

Figura 179.- Imágenes-tipo de las vocales de C03

Informante C04



[i]



[u]



[e]



[o]



[a]

Figura 180.- Imágenes-tipo de las vocales de C04

[illegible][illegible][illegible]

Figura 181.- Imágenes-tipo de las vocales de E01

Informante E02

[i]



[u]



[e]



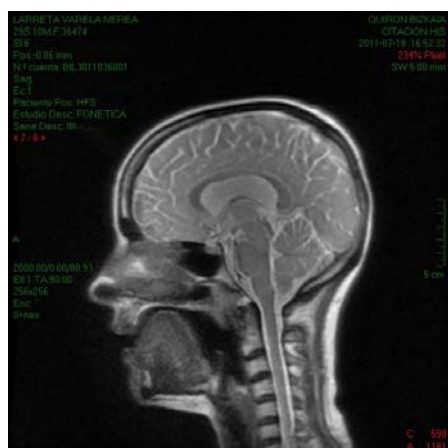
[o]



[a]

Figura 182.- Imágenes-tipo de las vocales de E02

Informante E03



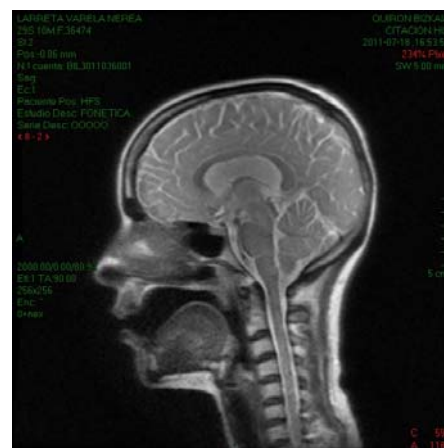
[i]



[u]



[e]



[o]



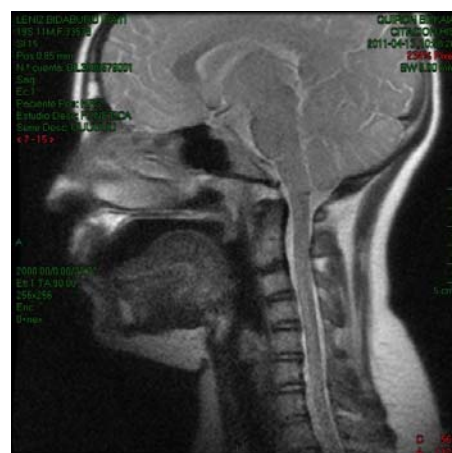
[a]

Figura 183.- Imágenes-tipo de las vocales de E03

Informante E04



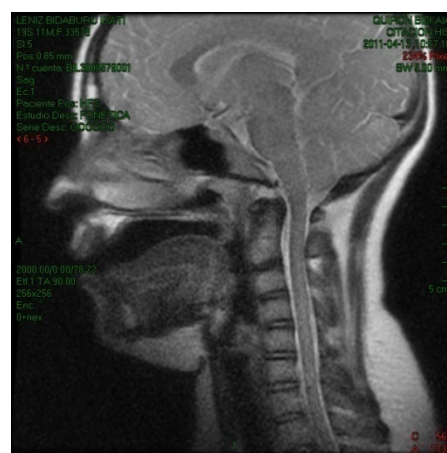
[i]



[u]



[e]



[o]



[a]

Figura 184.- Imágenes-tipo de las vocales de E04

ANEXO 2: DIFERENTES CRITERIOS DE CONSTRUCCIÓN DE LOS TRIÁNGULOS ARTICULATORIOS

La tarea de realizar un triángulo articulatorio es complicada, porque la mera observación de las imágenes deja patente la gran complejidad de la articulación vocálica. Asumimos que el procedimiento habitual para elaborar los triángulos es considerar el punto más alto del arco lingual (Fant 1960), pero eso no implica que no merezca la pena ensayar otros criterios de confección de los esquemas articulatorios, en busca de algún procedimiento que sea un índice mejor tanto de la realidad articulatoria como del resultado acústico de dicha realidad.

Por razones puramente operativas, parece aconsejable que ese ensayo de diversos criterios de confección se lleve a cabo únicamente con la imagen-tipo seleccionada para cada vocal. Es necesario aclarar que los informantes identificados aquí como E02 y E03 son diferentes a los analizados a lo largo de esta tesis.

El primer triángulo articulatorio debe ser el obtenido mediante la medición del PMADAL, y es el que se analiza pormenorizadamente en este trabajo. A continuación, se muestran algunas otras posibilidades de obtención de los esquemas articulatorios del vocalismo.

Segundo triángulo articulatorio

Hay que tener en cuenta que el PMADAL no expresa adecuadamente la posición de la lengua en la cavidad oral, puesto que no siempre coincide con la zona de mayor acercamiento articulatorio en dicha cavidad (que, por supuesto, no debe confundirse con la zona de mayor constricción).

Para procurar reflejar mejor la localización de la constricción oral (sea ésta la mayor de las constricciones, como en [i, e], o no, como en las vocales restantes), se han realizado unos triángulos articulatorios con las medidas del punto medio de dicha constricción. La siguiente figura muestra la localización de este punto en el informante E01:

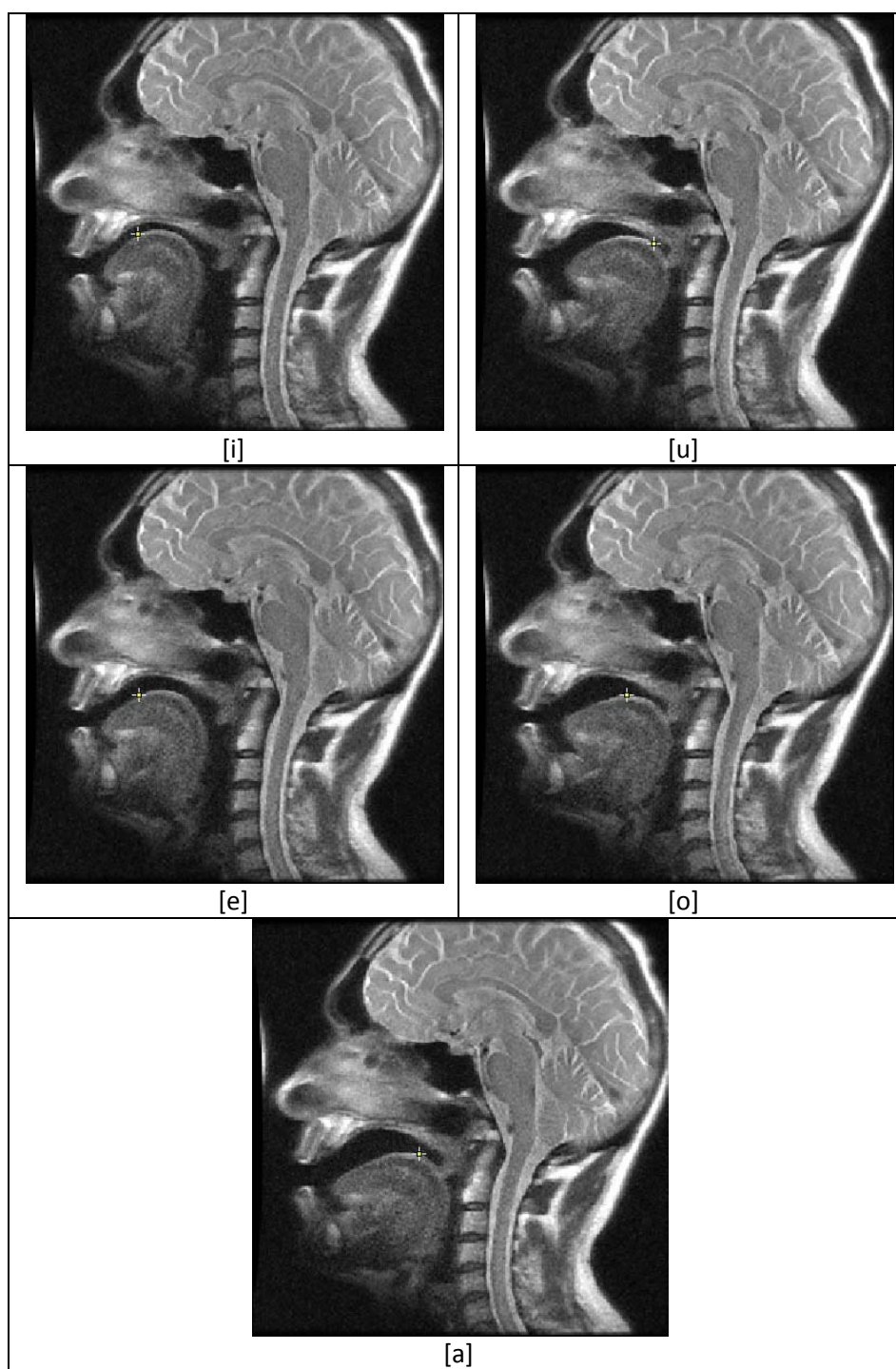


Figura 185.- Ejemplo de localización de la constricción oral (informante E01)

Trasladados a un eje de coordenadas los puntos localizados de todos los informantes, el resultado es el siguiente:

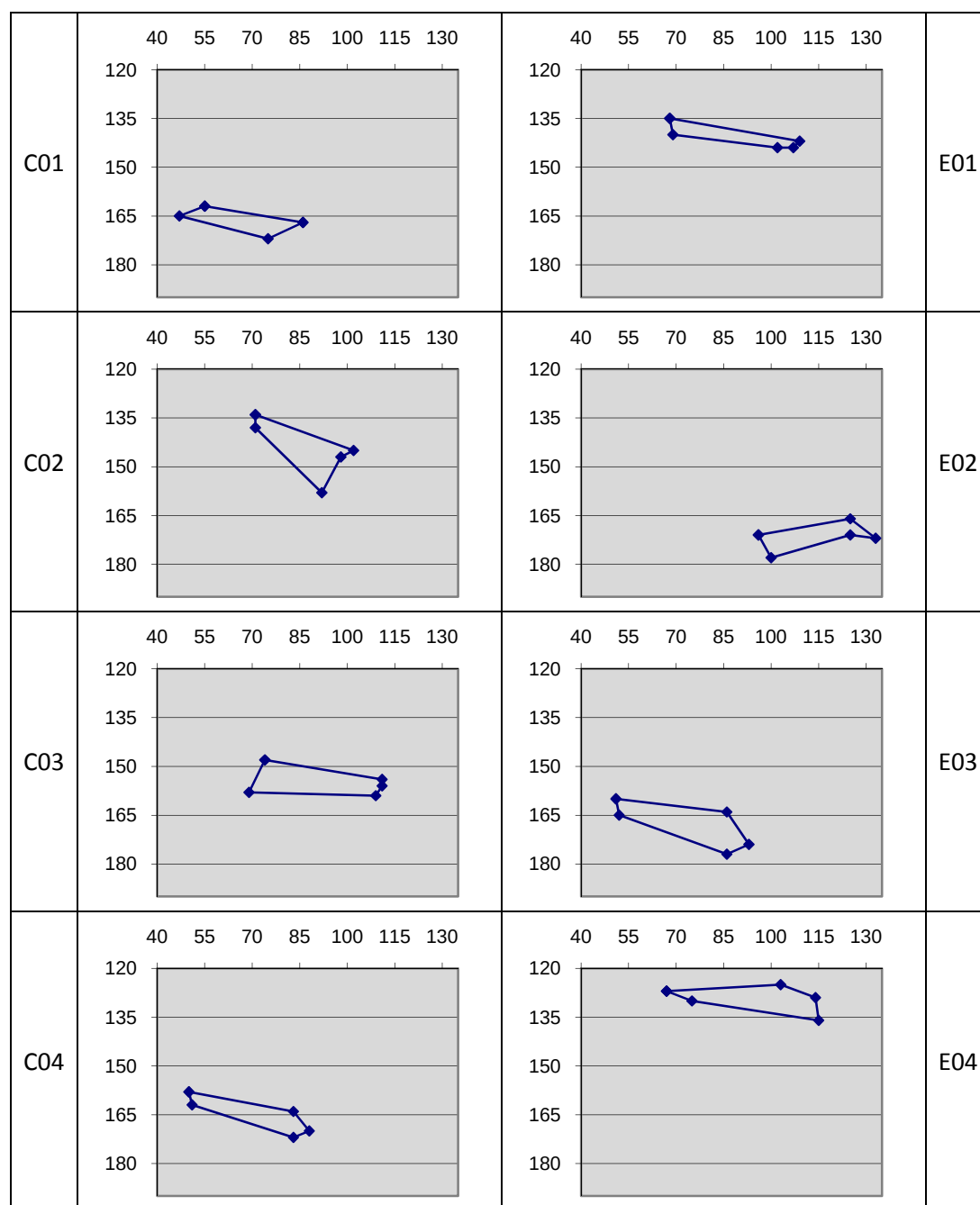


Figura 186.- Triángulos articulatorios – criterio 2

Puesto que el encuadre varía entre los informantes, utilizar una misma escala para las ocho imágenes hace que éstas sean necesariamente muy pequeñas. En realidad, no tiene sentido mantener la unidad de escala en imágenes que no están tomadas con una misma escala. Por tanto, podemos corregir la figura anterior ajustando en cada caso el *zoom* de las imágenes, de la siguiente manera:

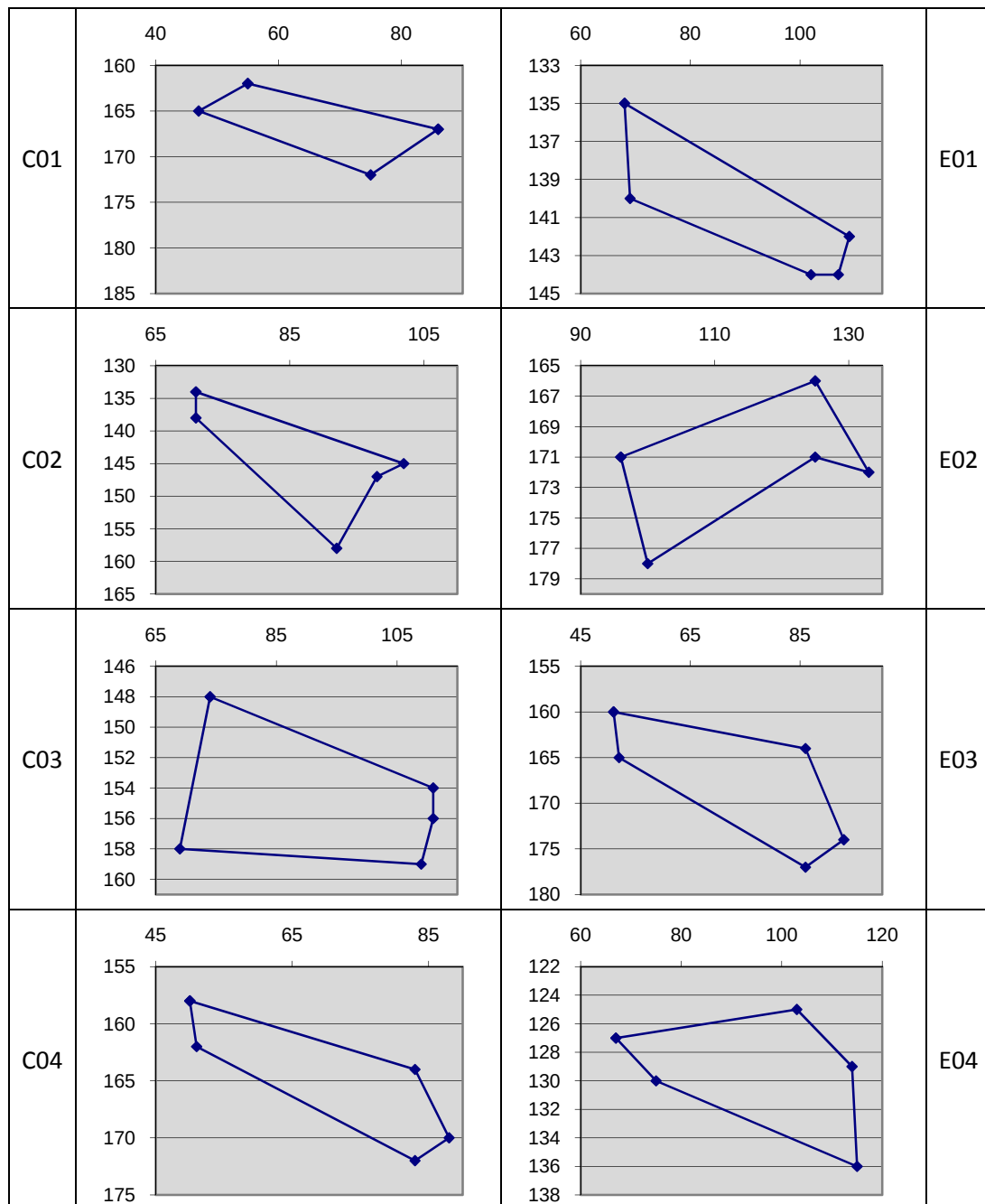


Figura 187.- Triángulos articulatorios – criterio 2 (tamaño grande)

En este caso, los rangos utilizados en estas figuras oscilan entre 40 y 65 mm. en el eje horizontal y 12 y 35 mm. en el vertical. Estos esquemas articulatorios son, por tanto, más grandes que los realizados mediante el PMADAL, lo que indica que el punto medio de las constricciones orales abarca una área mayor que la del PMADAL, especialmente en el eje antero-posterior.

En todo caso, no hay duda de que estos esquemas resultan desconcertantes.

Tercer triángulo articulatorio

La importancia del PMADAL no está tanto en su situación exacta en la cavidad oral, como en la distancia que lo separa del articulador pasivo: distintas zonas del paladar en el eje de abertura, y los alveolos e incluso los labios en el eje de antero-posterioridad. En este eje, puede darse el caso de una vocal cuyo PMADAL coincida con la abertura labial: en ese caso, se ha trazado una línea imaginaria entre los dientes para calcular el punto final de la distancia. La siguiente figura muestra la localización de las dos distancias en el informante E01:

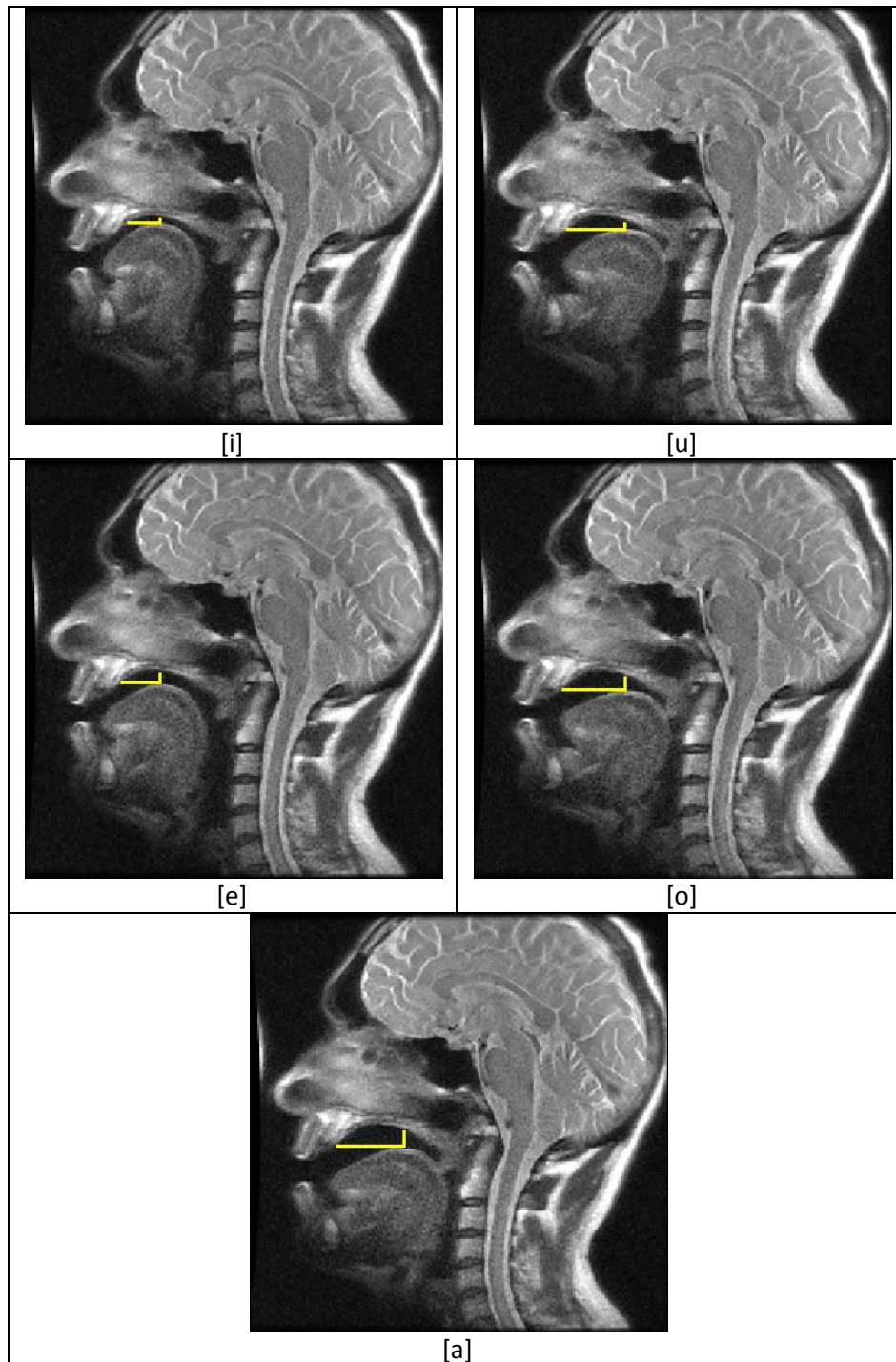


Figura 188.- Ejemplo de distancias articulatorias del PMADAL (informante E01)

Con estas medidas, para los que no hace falta incluir las correcciones del caso anterior, puesto que son valores relativos (indican distancias con respecto a un punto variable), los triángulos articulatorios quedan como sigue:

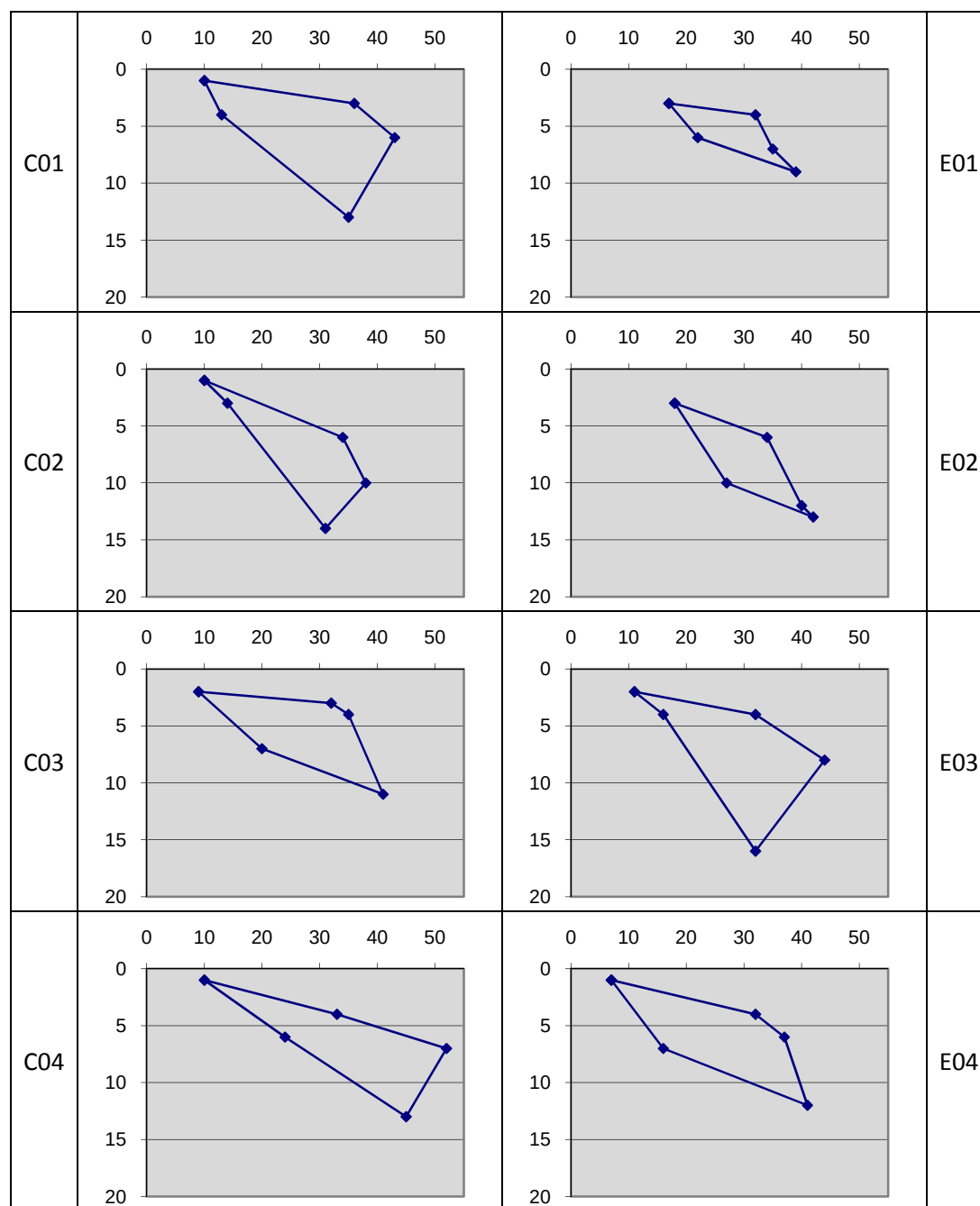


Figura 189.- Triángulos articulatorios – criterio 3

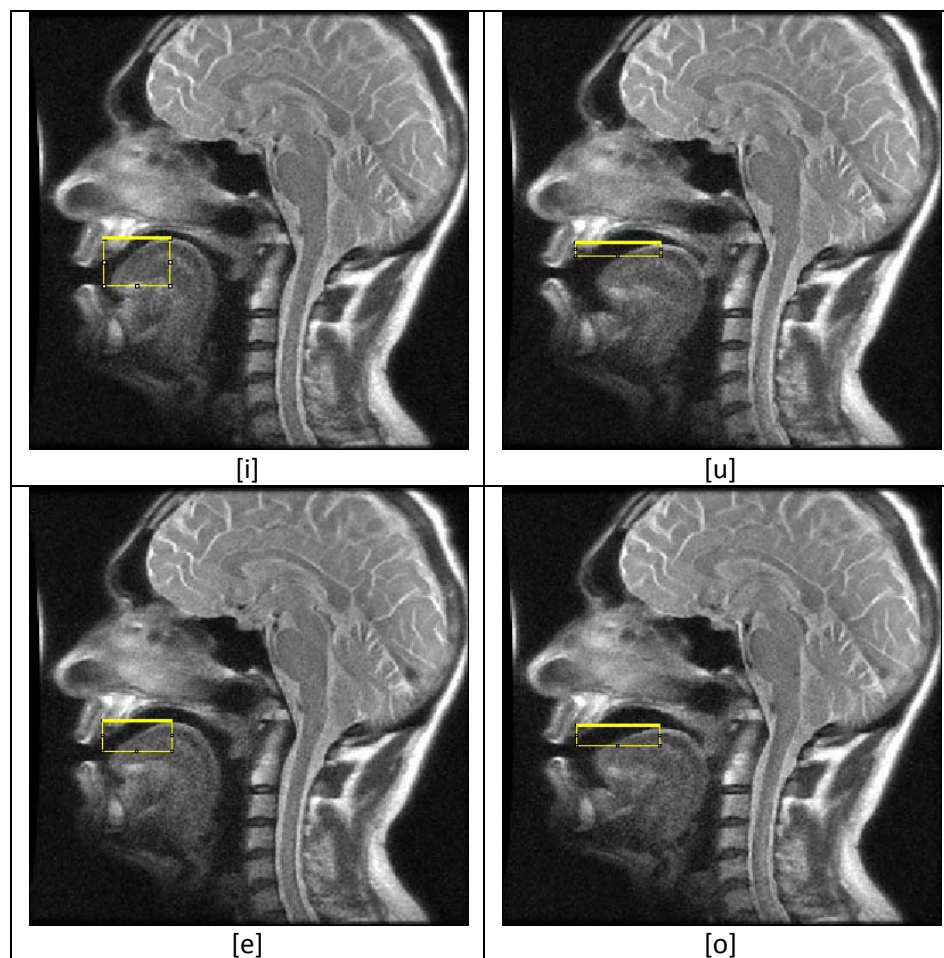
Las diferencias de tamaños entre las figuras son apreciables, pero, a diferencia de los casos anteriores, no resultan exageradas, y son más fácilmente explicables por las lógicas diferencias anatómicas entre los informantes.

En cuanto a la forma, los polígonos no son tan extraños como los anteriores, y guardan un mayor parecido con las gráficas habituales de la representación articulatoria de los

sistemas vocálicos. No obstante, siguen registrándose hechos bastante anómalos, así como grandes diferencias entre los informantes.

Cuarto triángulo articulatorio

Para este triángulo introducimos una diferencia con respecto al anterior en el eje de antero-posterioridad: no calculamos la distancia entre el PMADAL y el articulador pasivo que corresponda a su izquierda, a la altura relativa de la abertura que corresponda en cada caso, sino en relación a un punto siempre fijo del eje antero-posterior, situado en el límite de los alveolos con los dientes. Para realizar la medición, se ha utilizado la opción de áreas rectangulares del *software* DicomPas, de la que, obviamente, se considera el dato relativo a la anchura (cuyo trazo ha sido engrosado posteriormente). La siguiente figura ilustra el procedimiento:



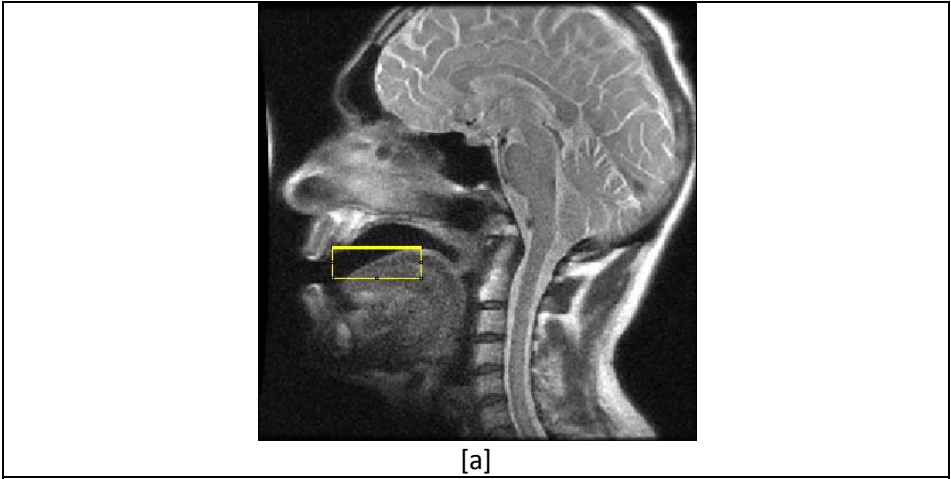
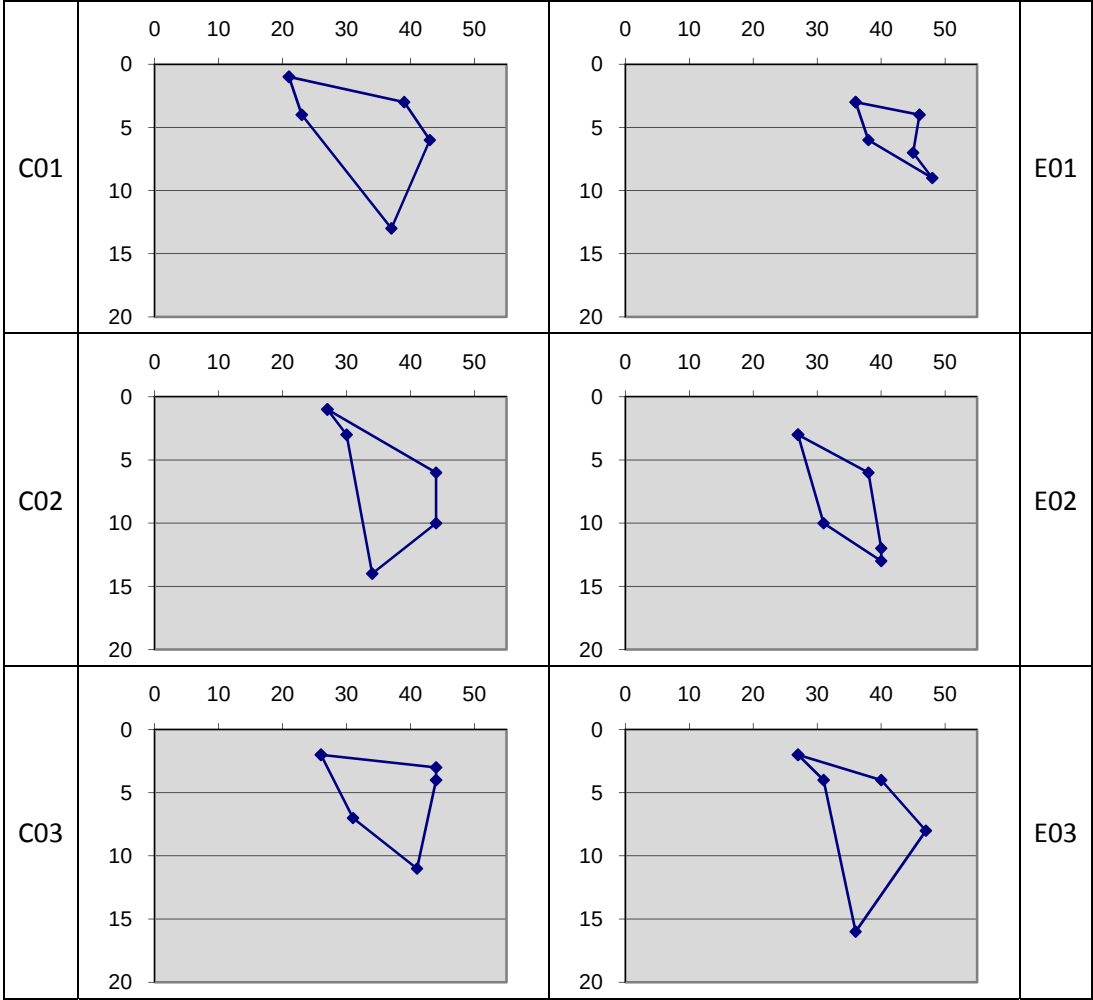


Figura 190.- Ejemplo de medición de la localización del PMADAL (informante E01)

De esta manera, los trapecios articulatorios quedan como sigue:



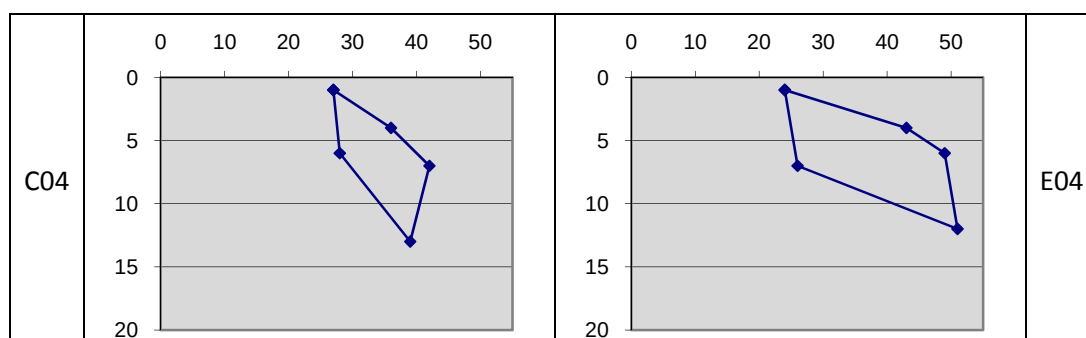
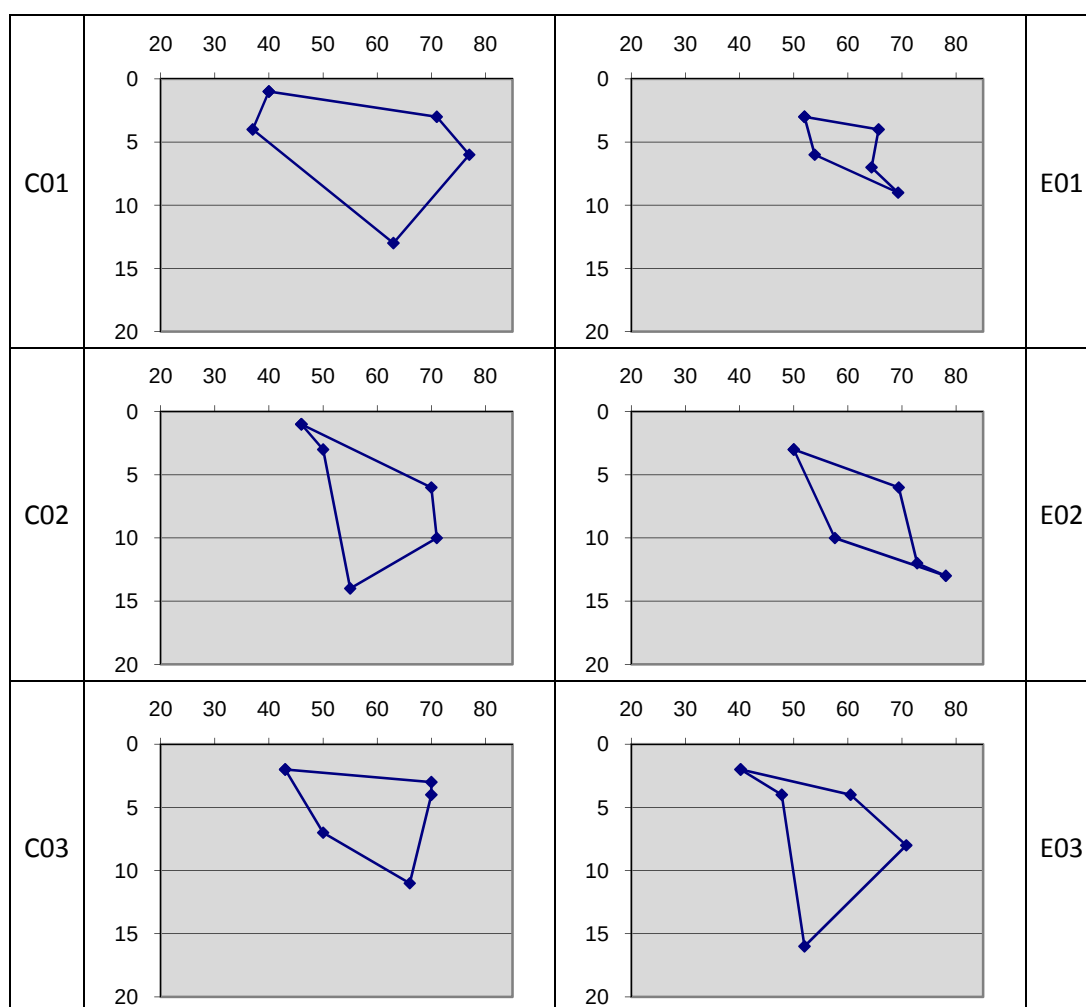


Figura 191.- Triángulos articulatorios – criterio 4

Quinto triángulo articulatorio

Los triángulos anteriores reflejan, en el eje de antero-posterioridad, la distancia del PMADAL con respecto a una posición fija en la zona anterior de la cavidad oral. Lo mismo podría hacer con respecto a una posición fija en la zona posterior, en este caso la úvula. Si consideráramos ambas medidas de manera conjunta, podríamos establecer, para cada caso, el valor porcentual del PMADAL con respecto a esas dos distancias. El triángulo resultante es parecido al anterior, pero el eje horizontal está expresado en términos porcentuales:



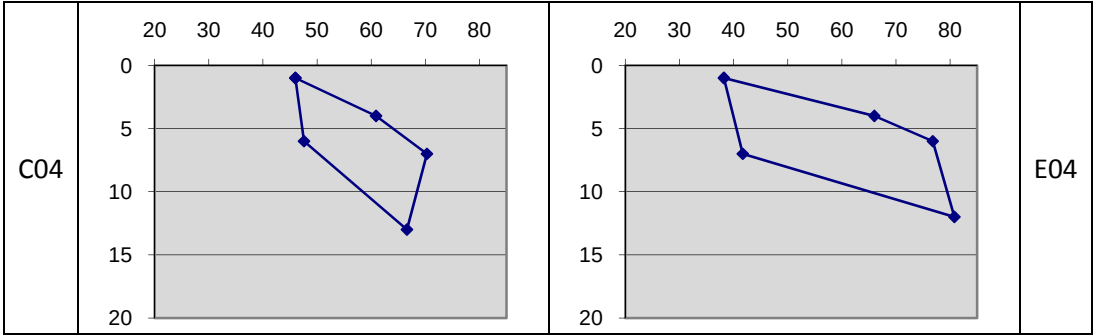


Figura 192.- Triángulos articulatorios – criterio 5

ANEXO 3: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL PMADAL

En la siguiente tabla aparecen los principales estadísticos descriptivos (media, mediana, moda¹⁸³, valor mínimo, valor máximo, rango, desviación, asimetría y curtosis) de la distribución de los valores del PMADAL en los informantes de castellano:

			Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	X	61,18	61	61	60	62	2	0,73	-0,30	-0,97
		Y	171,50	171,50	*171	171	172	1	0,51	0,00	-2,21
	[e]	X	57,61	58	58	56	59	3	0,65	-0,43	0,35
		Y	173,09	173	173	172	174	2	0,51	0,17	1,29
	[a]	X	64,45	64,50	65	62	67	5	1,43	0,04	-0,63
		Y	181,05	181	181	181	182	1	0,21	4,69	22,00
	[o]	X	82,50	83	83	80	84	4	0,85	-1,23	2,38
		Y	177,91	178	178	177	179	2	0,42	-0,63	3,16
	[u]	X	77,95	78	78	75	80	5	1,11	-0,61	2,12
		Y	173,81	174	174	173	175	2	0,51	-0,35	0,60
C02	[i]	X	77,48	77	77	76	79	3	0,81	0,08	-0,21
		Y	133,71	134	134	133	134	1	0,46	-1,02	-1,06
	[e]	X	78,74	79	79	78	80	2	0,65	0,31	-0,50
		Y	136,79	137	137	136	137	1	0,41	-1,54	0,41
	[a]	X	83,00	83	82	82	86	4	1,17	1,09	0,70
		Y	148,15	148	148	147	149	2	0,58	-0,00	0,17
	[o]	X	88,84	89	89	87	91	4	1,30	-0,01	-0,92
		Y	147,00	147	147	146	148	2	0,47	0,00	2,71
	[u]	X	89,00	88	*87	85	95	10	2,91	0,68	-0,21
		Y	140,77	141	140	139	143	4	1,06	0,23	-0,60
C03	[i]	X	81,60	82	82	80	83	3	0,88	-0,08	-0,47
		Y	145,00	145	145	145	145	0	0,00	0,00	0,00
	[e]	X	86,13	86	86	85	88	3	0,92	0,49	-0,36
		Y	149,35	149	149	148	151	3	0,64	0,62	0,70
	[a]	X	98,13	98	98	96	100	4	0,90	-0,26	0,29
		Y	157,04	157	157	156	158	2	0,62	-0,02	-0,11
	[o]	X	100,26	100	100	99	102	3	0,65	1,02	1,91
		Y	150,58	151	151	150	151	1	0,50	-0,34	-2,11
	[u]	X	100,61	100	100	99	102	3	0,83	0,38	-0,63
		Y	149,61	150	150	149	150	1	0,49	-0,47	-1,95
C04	[i]	X	59,67	60	60	58	63	5	1,20	0,71	1,09
		Y	155,33	155	155	155	156	1	0,48	0,75	-1,56
	[e]	X	61,48	62	62	59	64	5	1,03	-0,07	1,37
		Y	159,87	160	160	159	161	2	0,45	-0,59	1,88
	[a]	X	70,11	70	71	68	72	4	1,04	-0,23	-0,71
		Y	168,53	169	169	168	169	1	0,51	-0,11	-2,23
	[o]	X	77,46	77	77	76	80	4	0,93	0,66	1,22
		Y	165,13	165	165	164	166	2	0,53	0,14	0,74
	[u]	X	71,29	71	71	69	74	5	1,23	0,60	0,45
		Y									

¹⁸³ Cuando la distribución es multimodal, se coloca –en ésta y en todas las tablas posteriores– el valor menor, con un asterisco a su izquierda.

		Y	158,96	159	159	158	160	2	0,55	-0,03	0,82

Tabla 107.- Estadísticos descriptivos del PMADAL de las vocales del español

Seguidamente, los mismos valores correspondientes a los informantes de euskara:

			Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	X	80,61	81	80	79	82	3	0,78	0,22	-0,35
		Y	131,65	132	132	131	133	2	0,64	0,47	-0,54
	[e]	X	82,71	83	*82	82	84	2	0,71	0,49	-0,80
		Y	136,19	136	136	135	138	3	0,75	0,45	0,53
	[a]	X	91,73	92	91	90	93	3	0,88	0,14	-0,91
		Y	141,00	141	141	140	144	4	0,92	1,58	4,28
	[o]	X	93,48	93	93	92	95	3	0,89	0,48	-0,51
		Y	141,04	141	141	140	143	3	0,82	0,98	1,31
	[u]	X	92,73	93	93	91	94	3	0,93	-0,16	-0,75
		Y	136,73	137	136	136	138	2	0,76	0,52	-1,04
E02	[i]	X	75,17	75	75	74	77	3	0,65	0,90	2,15
		Y	96,13	96	96	95	98	3	0,54	1,92	6,47
	[e]	X	77,47	78	*77	75	80	5	1,34	-0,09	-0,10
		Y	103,52	104	104	103	104	1	0,51	-0,09	-2,19
	[a]	X	97,06	97	96	94	99	5	1,39	-0,27	-0,22
		Y	105	105	105	103	107	4	1,22	0,00	-0,74
	[o]	X	94,00	94	*93	92	96	4	1,18	0,00	-0,89
		Y	99,52	99	99	99	101	2	0,60	0,66	-0,39
	[u]	X	88,06	88	88	85	90	5	1,21	-1,01	1,31
		Y	97,11	97	97	9	98	1	0,32	2,70	5,97
E03	[i]	X	91	91	91	90	92	2	0,45	0,00	2,98
		Y	173	173	173	172	174	2	0,32	0,00	9,50
	[e]	X	94,42	94	94	94	95	1	0,50	0,34	-2,11
		Y	175,95	196	196	175	176	1	0,22	-4,35	19,00
	[a]	X	105,28	105	106	103	108	5	1,22	0,26	,019
		Y	185,28	185	185	184	187	3	0,75	0,40	0,46
	[o]	X	107,50	107	*107	106	109	3	0,68	0,00	0,08
		Y	178,80	179	179	178	180	2	0,52	-0,29	0,45
	[u]	X	102,55	102	102	102	104	2	0,75	1,01	-0,37
		Y	175,05	175	175	175	176	1	0,22	4,47	20,00
E04	[i]	X	78,40	78,50	79	76	81	5	1,27	-0,17	0,14
		Y	121,05	121	121	120	122	2	0,39	0,53	4,98
	[e]	X	84,42	84	*83	83	86	3	1,12	0,08	-1,31
		Y	127,84	128	128	127	129	2	0,68	0,21	-0,66
	[a]	X	106,71	106	106	104	109	5	1,34	0,03	-0,59
		Y	133,90	134	134	133	135	2	0,70	0,13	-0,76
	[o]	X	105,08	105	105	103	109	6	1,55	0,60	0,14
		Y	128,04	128	128	127	130	3	0,75	0,60	0,82
	[u]	X	96,32	96	*95	93	99	6	1,49	0,05	-0,06
		Y	122,41	122	122	121	124	3	0,66	0,36	0,27

Tabla 108.- Estadísticos descriptivos del PMADAL de las vocales del euskara

ANEXO 4: ANÁLISIS DE LAS DURACIONES VOCÁLICAS DE QUILIS-ESGUEVA (1983)

Gracias a que Quilis-Esgueva (1983) proporcionan todos los datos de sus mediciones, es posible ahora realizar con facilidad algunas pruebas estadísticas que resultaban muy laboriosas hace treinta años. En este caso, se trata de examinar si los valores de duración de las 660 vocales analizadas guardan alguna relación estadística con el timbre vocálico y, más específicamente, con la abertura vocálica.

Para ello, creamos el oportuno archivo con SPSS, que nos permite, en primer lugar, obtener los datos generales de duración (en cs.) de las cinco vocales:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
Media	5,60	5,39	5,93	6,05	5,51
Desviación	1,45	1,30	1,52	1,69	1,54

Tabla 109.- Duración de las vocales del español según Quilis-Esgueva (1983)

Según estos valores medios, la duración vocálica tal vez permita discriminar las vocales [a – o] del resto, como se aprecia en la siguiente figura:

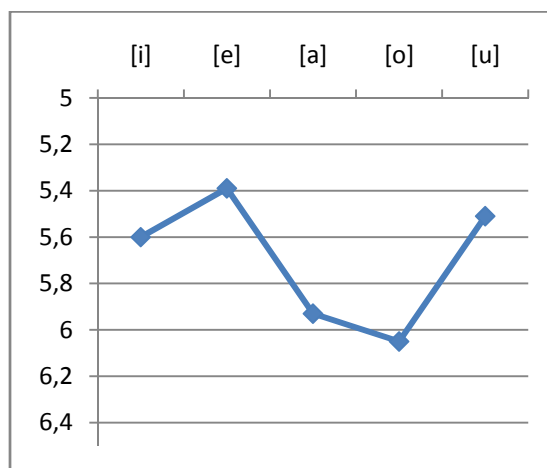


Figura 193.- Duración de las vocales del español según Quilis-Esgueva (1983)

Para comprobar si las duraciones vocálicas son significativamente distintas entre sí, calculamos los valores estadísticos de la U de Mann-Whitney para todas las oposiciones vocálicas, cuya significatividad asociada se coloca en la tabla siguiente:

	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
[i]	-	0,34	0,10	0,03	0,53
[e]		-	0,00	0,00	0,71
[a]			-	0,65	0,03
[o]				-	0,01
[u]					-

Tabla 110.- Valores de significatividad U de Mann-Whitney

De los diez contrastes posibles, la diferencia de duración es estadísticamente significativa en cinco casos ($p < 0,05$), y no lo es en otros cinco. Si lo examinamos de acuerdo a la clasificación de la abertura vocálica, observamos los siguientes contrastes:

- Las vocales cerradas con las medias:
 - La diferencia [i - e] no es significativa.
 - La diferencia [u - o] es significativa.
- Las vocales cerradas con la abierta:
 - La diferencia [i - a] no es significativa.
 - La diferencia [u - a] es significativa.
- Las vocales medias con la abierta:
 - La diferencia [e - a] es significativa.
 - La diferencia [o - a] no es significativa.
- Las vocales de igual abertura:
 - La diferencia [i - u] no es significativa.
 - La diferencia [e - o] es significativa.

Lo anterior puede verse gráficamente en el siguiente triángulo vocálico (el correspondiente a los valores formánticos de Quilis-Esgueva 1983), en el que la significatividad se muestra con líneas verdes:

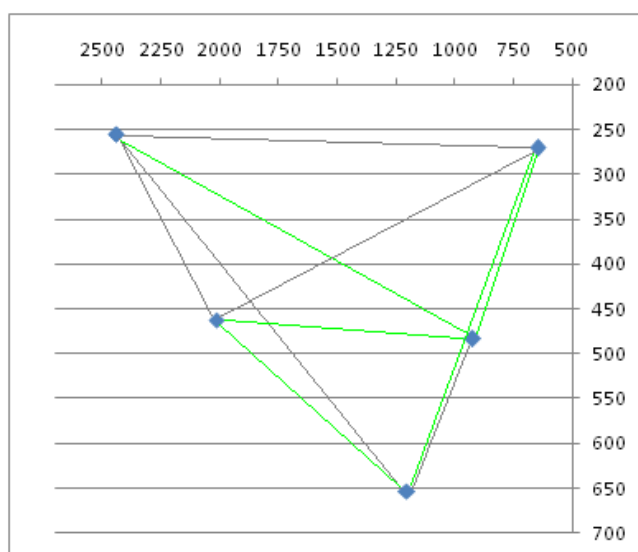


Figura 194.- Relaciones de significatividad entre los valores de duración (esquema acústico)

Con los datos obtenidos hasta el momento, parece claro que las diferencias de duración entre las cinco vocales resultan o no significativas de acuerdo en la misma medida al azar que a alguna razón de orden fonético. Hace falta, por tanto, examinar la cuestión agrupando las vocales por su grado –teórico, al menos– de abertura. De esta manera, los valores de significatividad de U Mann-Whitney son los siguientes:

	[i – u]	[e – o]	[a]
[i – u]	-	0,22	0,03
[e – o]		-	0,21
[a]			-

Tabla 111.- Valores de significatividad de U de Mann-Whitney por abertura

Examinadas las diferencias de duración atendiendo a los grados teóricos de abertura vocálica, sólo resulta significativa la diferencia entre las vocales cerradas [i – u] y la abierta [a].

El caso es que el análisis de las imágenes MRI ha mostrado las deficiencias de la taxonomía teórica del eje de la abertura vocálica. Si repetimos la figura anterior no sobre el triángulo acústico, sino sobre el esquema articulatorio propuesto para el español en el presente trabajo, las relaciones de significatividad entre las cinco vocales resultan más claramente entendibles:

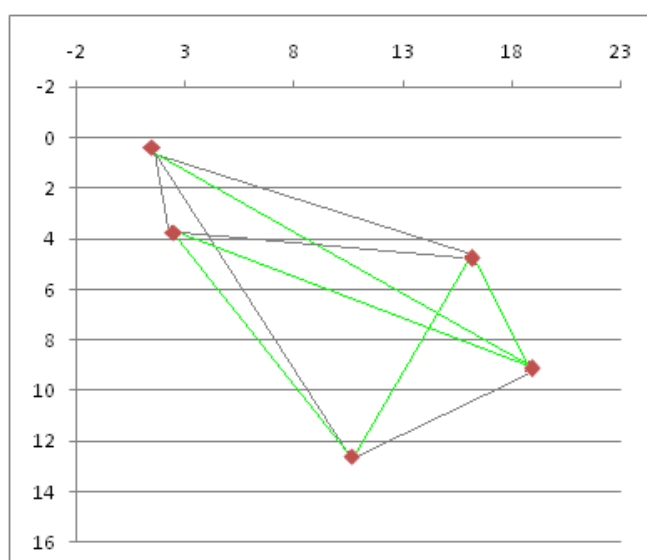


Figura 195.- Relaciones de significatividad entre los valores de duración (esquema articulatorio)

Con este esquema, la relación entre la abertura vocálica y la duración resulta un poco más clara: parece que puede postularse una diferencia significativa entre [i – e – u] (cerrada y semicerradas) y [a – o] (abierta y semiabierta), o, dicho de otra manera, entre las vocales separadas por dos grados de abertura. Quedarían, de todas formas, dos casos sin explicación aparente:

- La diferencia de duración [i – a], la mayor de todas según el esquema articulatorio, debería haber sido significativa.
- La diferencia de duración [o – u] debería haber sido no significativa. Podría argüirse, de acuerdo al dato de [e – o], que en este caso la distancia semicerrada-semiabierta resulta significativa.

Para obtener una idea más precisa de lo anterior, podemos obtener nuevamente los valores de la U de Mann-Whitney, pero esta vez agrupando las vocales según los 4 grados de abertura mostrados en el análisis de las imágenes MRI:

	[i]	[e – u]	[o]	[a]
[i]	-	0,36	0,03	0,10
[e – u]		-	0,00	0,00
[o]			-	0,65
[a]				-

Tabla 112.- Valores de significatividad U de Mann-Whitney (4 grados de abertura)

En esta tabla, sólo aparece un dato aparentemente inexplicable: el de la relación [i – a], que resulta no significativa.

Después de haber examinado las relaciones de duración entre las cinco vocales individualmente y agrupadas según tres y cuatro grados de abertura, merece la pena comprobar si, agrupando las vocales de acuerdo a las relaciones observables en sus propias medias de duración (*vide* Fig. 193), los valores de significatividad se pueden explicar en su totalidad. Para ello, hacemos en primer lugar dos grupos: [i – e – u] frente a [a – o]; el valor de la U de Mann-Whitney es ahora de 0,00: la diferencia es significativa. También podríamos agrupar las vocales de otra manera, algo más fina: [e] frente a [i – u] y frente a [a – o]; en este caso, los valores vuelven a ajustarse a la previsión: [e] no se distingue de [i – u] pero sí de [a – o], mientras que, sin la [e], [i – u] sigue distinguiéndose de [a – o]:

	[e]	[i – u]	[a – o]
[e]	-	0,45	0,00
[i – u]		-	0,00
[a – o]			-

Tabla 113.- Valores de significatividad U de Mann-Whitney (agrupación original)

En resumen, las duraciones medias de las vocales analizadas por Quilis-Esgueva (1983) resultan significativamente distintas atendiendo a su propia agrupación: [i – e – u] frente a [a – o]. Esta agrupación guarda una cierta relación con la habitual clasificación vocálica en tres grados de abertura, pero, si se examina detalladamente, muestra tantas contradicciones que no puede afirmarse la hipótesis que relaciona abertura y duración. Sin embargo, si se ponen en relación los valores de duración con la clasificación vocálica en cuatro grados de abertura propuesta en el análisis realizado sobre las imágenes de MRI, la hipótesis de la duración intrínseca, sin cumplirse totalmente, resulta algo más defendible.

Por último, es necesario puntualizar que todo lo anterior se basa en la significatividad estadística (mantenida para este análisis en el 0,05). Sin embargo, el umbral de percepción de las variaciones de duración se sitúa, para el español, en torno al 36%, según Pamies-Fernández Planas (2002). Si atendemos a este umbral perceptivo,

ninguna de las variaciones de duración de Quilis-Esgueva (1983) resulta significativa, puesto que su mayor diferencia, [e – o], tan sólo supone el 12,24%.

ANEXO 5: EL CUESTIONARIO VOCÁLICO

Aparecen seguidamente las palabras –más bien logatomos– utilizados para el experimento vocálico, así como las frases portadoras:

Cuestionario en español

Frase-marco: “Yo digo ... para ti”.

Pa	Papi	Papí
Pe	Pape	Papé
Pi	Papa	Papá
Po	Papo	Papó
Pu	Papu	Papú
	Pepi	Pepí
	Pepe	Pepé
	Pepa	Pepá
	Pepo	Pepó
	Pepu	Pepú
	Pipi	Pipí
	Pipe	Pipé
	Pipa	Pipá
	Pipo	Pipó
	Pipu	Pipú
	Popi	Popí
	Pope	Popé
	Popa	Popá
	Popo	Popó
	Popu	Popú
	Pupi	Pupí
	Pupe	Pupé
	Pupa	Pupá
	Pupo	Pupó
	pupu	Pupú

Cuestionario en euskara

Frase-marco: “Mikelek ... pentsatu du”.

Pa	papi	Papia
Pe	Pape	Papea
Pi	Papa	
Po	Papo	Papoa
Pu	Papu	Papua
	Pepi	Pepia
	Pepe	Pepea
	Pepa	
	Pepo	Pepoa
	Pepu	Pepua
	Pipi	Pipia
	Pipe	Pipea
	Pipa	
	Pipo	Pipoa
	Pipu	Pipua
	Popi	Popia
	Pope	Popea
	Popa	
	Popo	Popoa
	Popu	Popua
	Pupi	Pupia
	Pupe	Pupea
	Pupa	
	Pupo	Pupoa
	pupu	pupua

Los informantes disponían de otra presentación del cuestionario, en el que las palabras aparecían de la siguiente manera: primero las monosilábicas, después las bisílabas llanas y, por último, las bisílabas agudas (en castellano) o las trisílabas (en euskara).

En relación al euskara, cuyo sistema acentual es diferente del del castellano, se optó por indicar al informante la acentuación paroxítona deseada en la segunda columna; tras esta acentuación, y para no forzar una acentuación oxítona que podría resultar antinatural, se añadió el determinante <-a>, que desplaza automáticamente el acento. Este procedimiento, sin embargo, tiene al menos dos inconvenientes que no han podido soslayarse:

1. Se han perdido los cinco casos de [a + a] (*papaa*, *pepaa*, etc.).
2. Al estar la segunda vocal de estas palabras en una secuencia, su duración resulta afectada en un grado imposible de concretar, además de ser más difícil de segmentar.

ANEXO 6: NORMALIDAD DE LOS VALORES ACÚSTICOS

La tabla siguiente contiene los valores de normalidad de las doce variables acústicas analizadas para cada una de las vocales de las dos lenguas. Marcadas en rojo, aparecen las distribuciones que no cumplen la condición de normalidad en su distribución. Como puede observarse, las cualidades básicas de tono, duración e intensidad incumplen con frecuencia la condición de normalidad, mientras que las variables relacionadas con los tres formantes sólo la incumplen de manera muy esporádica.

	Español					Euskara				
	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]	[i]	[e]	[a]	[o]	[u]
F0	,130	,197	,387	,024	,010	,000	,001	,003	,004	,020
Dur.	,054	,046	,167	,027	,030	,005	,014	,780	,006	,041
Int.	,108	,133	,156	,198	,009	,001	,666	,494	,618	,090
F1	,738	,050	,218	,153	,613	,504	,571	,809	,650	,782
F2	,007	,111	,966	,749	,626	,795	,315	,806	,133	,949
F3	,471	,030	,678	,149	,053	,604	,893	,304	,001	,509
F1-AB	,010	,266	,125	,683	,315	,365	,235	,331	,238	,300
F2-AB	,835	,293	,414	,477	,657	,516	,473	,970	,362	,246
F3-AB	,512	,346	,110	,096	,598	,800	,182	,354	,047	,852
F1-I	,410	,471	,088	,231	,399	,404	,604	,367	,254	,458
F2-I	,495	,141	,886	,452	,089	,491	,502	,359	,775	,120
F3-I	,240	,273	,301	,182	,457	,864	,091	,284	,661	,867

Tabla 114.- Normalidad de las variables analizadas

ANEXO 7: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL F0 VOCÁLICO

Las vocales del español

Se colocan a continuación los valores de los principales estadísticos descriptivos referidos al tono fundamental (F0) de las vocales del español:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	178,10	186	200	131	208	77	25,72	-0,88	-0,58
	[e]	176,00	183	200	128	204	76	26,60	-0,90	-0,65
	[a]	175,95	180	200	139	208	69	21,81	-0,44	-1,06
	[o]	172,14	180	190	123	200	77	23,51	-0,93	-0,34
	[u]	175,81	183	*190	121	204	83	26,51	-0,81	-0,56
C02	[i]	274,81	282	*268	204	369	165	42,95	-0,07	-0,15
	[e]	271,52	268	256	190	344	154	42,09	0,09	-0,38
	[a]	276,05	256	256	225	334	99	37,63	0,38	-1,36
	[o]	262,38	256	256	167	360	193	54,57	0,12	-0,84
	[u]	271,57	275	275	172	344	172	53,43	-0,38	-1,02
C03	[i]	184,43	190	200	138	213	75	22,81	-0,70	-0,75
	[e]	186,29	190	200	145	216	71	17,11	-0,81	0,67
	[a]	192,24	193	212	141	239	98	28,69	-0,09	-0,98
	[o]	170,33	167	167	139	200	61	18,49	-0,05	-0,83
	[u]	182,62	190	190	100	225	125	27,24	-1,41	3,19
C04	[i]	107,95	107	105	98	119	21	5,92	0,11	-1,04
	[e]	106,14	105	105	98	119	21	5,22	0,64	0,55
	[a]	107,95	107	101	98	119	21	6,41	0,25	-1,27
	[o]	118,81	116	128	97	147	50	12,52	0,40	0,25
	[u]	112,60	111	*101	88	155	67	14,63	1,16	2,56
Total	[i]	186,32	186	200	98	369	271	65,50	0,57	-0,28
	[e]	184,99	186	200	98	344	246	64,52	0,54	-0,24
	[a]	189,01	190	256	98	334	236	65,27	0,46	-0,49
	[o]	180,92	172	*167	97	360	263	60,61	1,10	0,90
	[u]	186,53	188	200	88	344	256	65,70	0,70	-0,05

Tabla 115.- Estadísticos descriptivos del F0 de las vocales del español

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales tónicas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	185,70	184	180	172	200	28	8,94	0,54	-0,16
	[e]	185,40	184	180	172	204	32	8,80	0,82	1,39
	[a]	179,30	183	*167	162	193	31	11,36	-0,34	-1,67
	[o]	180,10	181	190	162	200	38	12,62	-0,01	-1,28
	[u]	183,50	182	190	167	204	67	12,91	0,33	-1,39
C02	[i]	277,30	178	*268	256	290	34	12,01	-0,41	-1,07
	[e]	266,70	168	256	256	282	26	10,54	0,33	-1,39
	[a]	266,20	256	256	245	290	45	16,43	0,52	-1,44
	[o]	265,30	256	256	245	306	61	19,82	1,13	0,59

	[u]	284,00	275	275	268	318	50	16,82	1,14	0,37
C03	[i]	198,30	200	200	183	212	29	8,61	-0,26	-0,04
	[e]	189,60	190	*180	180	200	20	8,26	0,16	-1,49
	[a]	189,30	195	212	155	212	57	21,47	-0,48	-1,48
	[o]	182,40	183	*167	167	200	33	12,58	0,15	-1,43
	[u]	193,90	191	*183	183	216	33	10,19	1,19	1,32
C04	[i]	112,20	113	114	101	119	18	4,91	-1,22	2,49
	[e]	110,10	109	*105	105	119	14	4,25	0,98	1,14
	[a]	111,44	114	117	102	119	17	6,38	-0,42	-1,65
	[o]	121,50	115	*109	109	147	38	13,45	1,06	-0,13
	[u]	117,80	114	*103	103	155	52	14,58	2,07	5,26
Total	[i]	193,38	190	200	101	290	189	59,92	0,10	-0,94
	[e]	187,95	186	180	108	282	174	56,65	0,05	-0,93
	[a]	188,49	186	256	102	290	188	56,83	0,15	-0,91
	[o]	187,33	183	190	109	306	197	53,80	0,42	-0,57
	[u]	195,82	190	190	103	318	215	61,86	0,28	-0,79

Tabla 116.- Estadísticos descriptivos del F0 de las vocales tónicas del español

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales átonas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	169,70	173	200	131	208	77	35,23	-0,02	-2,44
	[e]	166,70	169	200	128	204	76	36,07	-0,01	-2,52
	[a]	172,20	173	200	139	208	69	29,97	-0,00	-2,37
	[o]	163,40	168	193	123	193	70	30,12	-0,19	-2,15
	[u]	167,40	169	200	121	204	83	35,29	-0,09	-2,28
C02	[i]	269,20	267	315	204	369	165	61,69	0,26	-1,76
	[e]	274,50	275	334	190	334	154	61,26	-0,10	-2,08
	[a]	281,10	284	324	225	334	109	49,86	-0,02	-2,45
	[o]	251,30	208	*208	167	360	193	73,07	0,47	-1,85
	[u]	254,80	208	*200	172	344	172	73,26	0,41	-2,16
C03	[i]	167,70	162	162	138	200	62	21,61	0,41	-0,92
	[e]	181,20	185	200	145	216	71	22,51	-0,19	-0,88
	[a]	192,80	191	*167	141	239	98	36,00	-0,00	-1,53
	[o]	156,00	158	*162	139	175	36	12,43	-0,02	-1,44
	[u]	167,10	167	*100	100	202	102	30,61	-1,05	1,52
C04	[i]	103,80	104	105	98	112	14	3,79	0,72	1,90
	[e]	102,00	102	*98	98	105	7	2,40	-0,84	-0,23
	[a]	104,20	103	101	98	111	13	4,34	0,39	-1,09
	[o]	115,70	117	128	97	131	34	12,11	-0,40	-1,03
	[u]	104,78	102	101	88	123	35	11,15	0,69	0,27
Total	[i]	177,60	162	200	98	369	271	69,75	1,04	0,65
	[e]	181,10	185	200	98	344	246	71,96	0,86	0,14
	[a]	187,58	191	*101	98	334	246	71,95	0,60	-0,43
	[o]	171,60	258	*128	97	360	263	63,41	1,64	2,54
	[u]	177,26	172	200	88	344	256	68,25	1,17	1,21

Tabla 117.- Estadísticos descriptivos del F0 de las vocales átonas del español

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales situadas en la primera sílaba:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	157,80	159	180	131	183	52	22,90	-0,06	-2,29
	[e]	155,80	155	180	128	183	55	24,76	-0,00	-2,42
	[a]	156,90	157	*141	139	180	41	14,64	0,14	-1,50
	[o]	152,70	156	167	123	180	57	19,86	-0,25	-1,44
	[u]	153,40	156	*172	121	175	54	20,94	-0,29	-1,80
C02	[i]	245,20	246	268	204	290	86	35,03	0,05	-2,16
	[e]	239,70	250	256	190	168	78	26,52	-0,76	-0,50
	[a]	249,30	245	*245	225	290	65	20,62	0,88	0,25
	[o]	229,80	226	256	190	275	85	30,59	0,10	-1,88
	[u]	240,30	240	275	200	290	90	38,77	0,04	-2,36
C03	[i]	176,60	177	*162	145	212	67	21,89	0,10	-1,05
	[e]	174,00	180	180	145	200	55	16,03	-0,43	0,08
	[a]	168,30	167	167	141	200	59	18,06	0,45	-0,11
	[o]	165,60	169	172	139	190	51	16,69	-0,41	-0,58
	[u]	177,00	183	183	145	216	71	21,36	0,18	-0,31
C04	[i]	107,40	105	105	101	115	14	4,52	0,48	-0,97
	[e]	105,30	104	103	98	111	13	4,11	-0,18	-0,67
	[a]	105,89	105	103	98	115	17	5,25	0,39	-0,32
	[o]	122,60	120	*98	98	147	49	14,58	0,17	-0,13
	[u]	109,70	104	103	98	155	57	16,56	2,73	7,98
Total	[i]	171,75	171	105	101	290	189	54,95	0,57	-0,43
	[e]	168,70	176	180	98	268	170	52,34	0,38	-0,85
	[a]	171,74	167	167	98	290	192	53,90	0,50	-0,69
	[o]	167,68	164	*167	98	275	177	44,60	0,78	0,03
	[u]	170,49	172	275	98	290	192	54,49	0,59	-0,28

Tabla 118.- Estadísticos descriptivos del F0 de las vocales en la 1ª sílaba del español

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales situadas en la segunda sílaba:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	197,60	200	200	286	208	22	7,70	-0,53	-0,84
	[e]	196,30	200	200	186	204	18	6,96	-0,55	-1,36
	[a]	194,60	193	200	186	208	22	7,16	0,52	-0,48
	[o]	190,80	190	190	183	200	17	4,54	0,33	1,54
	[u]	197,50	200	*190	190	204	14	6,09	-0,29	-1,91
C02	[i]	301,30	300	*290	256	269	113	31,80	0,78	1,37
	[e]	301,50	294	334	294	344	88	32,74	0,05	-1,88
	[a]	298,00	307	*256	256	334	78	33,71	-0,29	-1,95
	[o]	286,80	298	318	167	360	193	55,69	-0,97	1,30
	[u]	298,50	312	*334	172	344	172	52,33	-1,72	3,48
C03	[i]	289,40	200	200	138	208	70	22,17	-1,82	2,65
	[e]	196,80	196	*190	190	216	26	8,28	1,42	2,40
	[a]	213,80	212	212	190	239	49	16,96	0,52	-1,03
	[o]	172,80	167	167	145	200	55	19,82	0,10	-1,15
	[u]	184,00	191	190	100	204	104	30,92	-2,68	7,64
C04	[i]	108,60	110	114	98	119	21	7,51	-0,18	-1,67
	[e]	106,80	105	105	98	119	21	6,49	0,70	-0,10
	[a]	109,20	109	101	101	119	18	7,23	0,07	-1,83

	[o]	114,60	112	*111	97	128	31	9,90	-0,01	-0,35
	[u]	113,78	116	*88	88	125	37	12,07	-1,46	1,72
Total	[i]	199,23	200	200	98	369	271	71,94	0,41	-0,48
	[e]	200,35	200	200	98	344	246	71,82	0,36	-0,49
	[a]	203,90	200	*101	101	334	233	70,49	0,19	-0,64
	[o]	191,25	188	190	97	360	263	69,05	0,86	0,08
	[u]	203,26	196	190	88	344	256	71,83	0,54	-0,39

Tabla 119.- Estadísticos descriptivos del F0 de las vocales en la 2ª sílaba del español

Las vocales del euskara

Se proporcionan ahora los valores de los principales estadísticos descriptivos referidos al tono fundamental (F0) de las vocales del euskara:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	98,11	102	110	74	114	43	14,35	-0,38	-1,47
	[e]	98,35	102	*82	79	121	42	12,53	-0,02	-1,25
	[a]	89,81	86	79	71	116	45	12,74	0,50	-0,63
	[o]	98,39	104	114	73	114	41	14,62	-0,51	-1,44
	[u]	105,41	109	109	80	128	48	13,95	-0,58	-0,61
E02	[i]	191,22	198	200	155	210	55	13,89	-1,02	1,12
	[e]	188,05	190	190	172	210	38	12,36	0,29	-1,28
	[a]	180,67	186	208	102	208	106	27,54	-1,67	3,99
	[o]	182,16	180	172	152	208	56	16,54	0,02	-1,17
	[u]	183,76	180	*175	160	204	44	13,47	0,18	-1,16
E03	[i]	206,95	204	200	190	232	42	10,98	0,82	0,19
	[e]	204,05	204	216	181	225	44	13,23	-0,29	-1,22
	[a]	201,93	200	190	175	234	59	18,36	0,29	-1,23
	[o]	198,45	200	208	172	225	53	12,79	-0,06	-0,18
	[u]	204,60	205	212	180	225	45	14,70	-0,05	-1,16
E04	[i]	216,30	214	225	190	256	66	16,99	0,51	-0,15
	[e]	210,55	202	200	180	245	65	21,03	0,52	-1,17
	[a]	200,40	200	204	180	225	45	12,28	0,36	-0,24
	[o]	210,20	208	225	190	239	49	14,54	0,40	-0,75
	[u]	214,84	212	216	184	256	72	20,67	0,67	-0,03
Total	[i]	178,84	200	200	74	256	182	49,37	-0,94	-0,52
	[e]	172,25	190	*190	79	245	166	47,82	-0,83	-0,62
	[a]	166,92	190	190	71	234	163	50,50	-0,78	-0,95
	[o]	174,09	190	208	73	239	166	45,60	-0,94	-0,42
	[u]	179,32	192	200	80	256	176	45,30	-0,78	-0,42

Tabla 120.- Estadísticos descriptivos del F0 de las vocales del euskara

En la siguiente tabla, aparecen los mismos valores referidos a las vocales tónicas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	110,10	110	110	102	117	15	3,92	-0,39	1,84
	[e]	108,80	108	111	101	121	20	5,95	0,75	0,59
	[a]	99,40	97	*97	93	105	12	5,36	0,16	-2,40
	[o]	110,78	110	114	107	114	7	2,68	0,15	-1,48
	[u]	113,30	1130	*109	107	128	21	5,88	1,87	4,57

E02	[i]	190,50	195	200	175	200	25	10,75	-0,38	-1,93
	[e]	184,30	186	190	175	190	15	6,44	-0,43	-1,69
	[a]	190,00	190	186	186	195	9	4,06	0,14	-2,40
	[o]	182,10	183	172	162	202	40	12,86	0,13	-0,85
	[u]	182,78	181	172	160	202	42	13,80	-0,08	-0,67
E03	[i]	212,00	212	212	200	225	25	8,36	0,40	-0,49
	[e]	214,10	216	216	204	225	21	6,22	-0,42	0,74
	[a]	218,80	216	*216	212	225	13	5,89	0,24	-2,58
	[o]	207,70	208	208	220	225	25	7,18	1,59	3,64
	[u]	213,90	212	212	200	225	25	9,27	-0,22	-0,79
E04	[i]	228,20	225	225	212	256	44	14,40	1,21	2,13
	[e]	225,50	234	*234	199	245	46	18,78	-0,52	-1,70
	[a]	197,60	199	*190	190	206	16	6,26	0,12	-0,87
	[o]	218,70	218	225	208	239	31	10,56	0,60	-0,49
	[u]	224,00	216	*212	200	256	56	19,78	0,83	-0,64
Total	[i]	185,20	200	225	102	256	154	46,83	-0,79	-0,85
	[e]	183,18	194	216	101	245	144	47,23	-0,69	-0,89
	[a]	176,45	193	*97	93	225	132	47,17	-1,02	-0,62
	[o]	181,59	200	208	107	239	132	42,53	-0,85	-0,76
	[u]	183,51	200	212	107	256	149	46,18	-0,57	-0,97

Tabla 121.- Estadísticos descriptivos del F0 de las vocales tónicas del euskara

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales átonas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	82,75	85	*77	74	89	15	5,80	-0,56	-1,69
	[e]	86,11	85	82	79	94	15	4,93	0,21	-1,03
	[a]	80,22	79	79	71	88	17	4,99	-0,36	0,43
	[o]	84,13	83	*78	73	101	28	8,98	0,96	0,65
	[u]	92,17	87	*80	80	121	41	15,01	1,87	3,70
E02	[i]	191,00	196	*155	155	210	55	18,96	-1,19	1,48
	[e]	190,89	200	*175	172	210	38	16,48	-0,19	-2,40
	[a]	176,44	167	208	102	208	106	35,15	-1,12	1,45
	[o]	179,00	172	200	152	204	52	19,64	0,21	-1,70
	[u]	182,14	175	175	170	200	30	12,53	1,00	-0,99
E03	[i]	198,56	200	200	190	204	14	4,27	-1,27	1,22
	[e]	191,56	190	200	181	200	19	7,24	0,01	-1,47
	[a]	189,00	190	190	175	204	29	8,84	0,35	0,08
	[o]	186,67	190	190	172	193	21	6,67	-1,42	2,22
	[u]	192,00	190	190	180	206	26	8,84	0,42	-0,72
E04	[i]	203,56	200	*200	190	234	44	12,27	2,18	5,99
	[e]	195,11	193	193	180	212	32	9,63	0,23	0,02
	[a]	200,22	204	204	180	225	45	14,46	0,35	-0,52
	[o]	202,67	200	200	190	234	44	13,63	1,69	3,39
	[u]	203,25	199	190	184	239	55	17,94	1,17	1,26
Total	[i]	170,24	200	200	74	234	160	51,60	-1,10	-0,56
	[e]	165,92	188	200	79	212	133	47,82	-1,06	-0,67
	[a]	161,47	184	204	71	225	154	51,86	-0,81	-1,04
	[o]	164,97	188	*190	73	234	161	47,99	-0,99	-0,50
	[u]	172,73	188	190	80	239	159	43,67	-1,23	0,39

Tabla 122.- Estadísticos descriptivos del F0 de las vocales átonas del euskara

En la siguiente tabla, aparecen los mismos valores referidos a las vocales situadas en la primera sílaba:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	100,11	108	*86	86	113	27	12,36	-0,21	-1,40
	[e]	96,56	101	*82	82	111	29	10,37	-0,16	-1,69
	[a]	92,22	93	*97	79	105	29	9,60	0,06	-1,39
	[o]	100,22	110	*83	83	114	31	14,12	-0,37	-2,20
	[u]	105,00	111	114	80	128	48	16,32	-0,40	-0,90
E02	[i]	190,38	200	200	155	200	45	16,05	-1,86	3,43
	[e]	182,78	190	190	172	190	18	8,61	-0,31	-2,45
	[a]	178,67	186	*162	162	195	33	13,85	-0,17	-2,19
	[o]	180,11	186	186	152	202	50	16,77	-0,34	-0,88
	[u]	183,13	185	175	160	202	42	14,14	-0,08	-0,54
E03	[i]	210,00	212	200	200	225	25	10,57	0,40	-1,51
	[e]	208,00	216	216	190	225	35	12,35	-0,27	-1,54
	[a]	207,56	212	190	190	225	35	14,61	-0,22	-1,74
	[o]	202,67	208	*190	190	225	35	12,48	0,44	-0,76
	[u]	210,67	212	225	190	225	35	13,47	-0,37	-1,24
E04	[i]	217,78	216	*204	196	256	60	19,37	0,87	0,38
	[e]	204,33	200	*186	186	239	53	16,25	1,23	1,71
	[a]	195,67	193	*190	186	206	20	6,87	0,24	-1,26
	[o]	218,00	225	225	190	239	49	15,90	-0,55	-0,43
	[u]	225,78	216	*216	190	256	66	22,78	0,05	-1,07
Total	[i]	179,26	200	200	86	256	17	50,33	-0,85	-0,71
	[e]	172,92	190	190	82	239	157	47,23	-0,90	-0,64
	[a]	168,53	190	190	79	225	146	47,21	-0,91	-0,71
	[o]	175,25	190	190	83	239	156	48,16	-0,78	-0,72
	[u]	183,32	195	*216	80	256	176	49,51	-0,73	-0,48

Tabla 123.- Estadísticos descriptivos del F0 de las vocales en la 1ª sílaba del euskara

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales situadas en la segunda sílaba:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	95,78	102	110	74	117	43	17,29	-0,19	-2,13
	[e]	99,40	101	*79	79	121	42	15,11	-0,06	-1,72
	[a]	77,80	79	79	71	84	13	4,76	-0,30	0,80
	[o]	96,00	104	78	73	114	41	16,73	-0,51	-2,01
	[u]	105,75	109	109	83	121	38	13,33	-0,98	-0,18
E02	[i]	191,00	190	*175	175	210	35	13,20	0,27	-1,53
	[e]	191,60	191	*175	175	210	35	14,10	0,00	-2,17
	[a]	186,00	208	208	202	208	106	46,98	-2,22	4,97
	[o]	181,33	172	172	162	204	42	15,71	0,56	-1,56
	[u]	181,88	177	*172	170	200	30	12,31	0,82	-1,05
E03	[i]	201,70	202	*200	190	212	32	6,76	-0,25	-0,11
	[e]	199,30	202	*204	181	216	35	13,31	-0,07	-1,64
	[a]	185,40	183	183	175	200	25	9,12	1,07	2,30
	[o]	193,30	196	*183	172	208	36	11,80	-0,50	-0,87
	[u]	197,10	198	212	180	212	32	12,24	0,03	-1,51

E04	[i]	215,40	218	225	190	239	49	16,46	-0,09	-1,36
	[e]	217,20	219	*234	180	245	65	24,48	-0,16	-1,85
	[a]	205,80	204	204	180	225	45	16,91	-0,77	1,00
	[o]	204,90	206	208	190	225	35	9,84	0,54	1,01
	[u]	203,78	204	*184	184	225	41	13,02	0,06	-0,61
Total	[i]	177,68	200	200	74	239	165	48,93	-1,09	-0,19
	[e]	176,88	191	204	79	245	166	49,17	-0,79	-0,55
	[a]	163,75	184	*204	71	225	154	56,66	-0,81	-1,19
	[o]	172,49	190	200	72	225	152	43,59	-1,19	0,10
	[u]	174,46	186	200	83	225	142	40,61	-1,05	-0,19

Tabla 124.- Estadísticos descriptivos del F0 de las vocales en la 2ª sílaba del euskara

ANEXO 8: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA DURACIÓN VOCÁLICA

Las vocales del español

Se colocan a continuación los valores de los principales estadísticos descriptivos referidos a la duración de las vocales del español:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	81,86	70	*51	44	129	85	30,13	0,23	-1,69
	[e]	84,62	87	63	49	138	89	26,01	0,51	-0,74
	[a]	81,80	76	62	53	124	71	23,97	0,56	-1,14
	[o]	78,33	67	*46	40	133	93	31,63	0,39	-1,44
	[u]	64,62	72	*42	33	113	80	25,87	0,42	-1,06
C02	[i]	77,20	78	85	50	107	57	13,77	-0,26	0,71
	[e]	69,24	70	*70	40	87	47	12,73	-0,60	0,32
	[a]	72,19	68	*60	46	103	57	16,13	0,38	-0,56
	[o]	81,52	81	*66	59	104	45	12,69	0,06	-0,88
	[u]	77,95	77	96	52	104	52	14,63	0,18	-0,94
C03	[i]	55,33	52	*39	33	79	46	14,16	0,22	-1,26
	[e]	51,52	46	41	19	77	58	15,04	-0,06	-0,64
	[a]	64,67	61	61	37	108	71	19,82	0,44	-0,49
	[o]	53,33	56	*56	32	81	49	11,80	0,27	0,09
	[u]	43,57	44	*39	26	64	38	11,88	0,27	-1,01
C04	[i]	51,05	52	48	41	63	22	5,07	0,20	0,86
	[e]	56,10	58	59	45	73	28	7,48	0,27	-0,35
	[a]	63,38	62	*54	47	80	33	8,74	0,15	-0,46
	[o]	50,14	51	*48	41	59	18	5,28	0,14	-0,56
	[u]	46,60	47	*46	34	55	21	5,09	-0,74	0,98
Total	[i]	66,23	60	49	33	129	96	22,40	1,04	0,40
	[e]	65,37	62	65	19	138	119	20,92	1,10	1,93
	[a]	70,37	60	*60	37	124	87	19,09	0,86	0,52
	[o]	65,83	59	59	32	133	101	22,89	1,03	0,39
	[u]	58,33	51	*45	26	113	87	21,31	0,74	-0,29

Tabla 125.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales del español

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales tónicas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	88,20	84	62	51	129	78	31,43	0,10	-2,19
	[e]	86,40	80	63	63	138	75	23,17	0,81	-0,25
	[a]	86,40	81	62	53	124	71	30,94	0,10	-2,28
	[o]	84,50	74	56	46	133	87	34,14	0,30	-1,95
	[u]	64,30	59	*33	33	113	80	26,92	0,52	-0,95
C02	[i]	82,40	83	*75	50	107	57	14,87	-0,74	0,68
	[e]	75,70	78	78	57	87	30	9,56	-1,18	0,63
	[a]	76,60	72	*56	56	100	44	15,20	0,26	-1,37
	[o]	83,80	83	92	67	104	37	11,86	0,11	-0,78

	[u]	84,60	88	*88	60	104	44	14,96	-0,40	-1,23
C03	[i]	65,90	63	63	49	79	30	9,30	-0,20	-0,50
	[e]	62,20	62	62	46	72	26	7,77	-0,79	0,98
	[a]	77,10	76	*61	61	96	35	10,57	0,23	-0,42
	[o]	62,60	59	*56	56	81	25	7,60	1,78	3,50
	[u]	51,30	50	*39	39	64	25	8,08	0,17	-1,00
C04	[i]	53,00	52	52	49	59	11	3,09	0,45	0,68
	[e]	57,30	59	*59	45	65	20	7,46	-0,76	-0,83
	[a]	65,10	63	*61	54	76	22	7,14	0,39	-0,53
	[o]	51,30	51	59	44	59	15	5,16	0,28	-0,91
	[u]	48,90	48	*47	45	55	10	3,28	3,28	0,16
Total	[i]	72,38	63	*52	48	129	81	22,32	1,06	0,25
	[e]	70,40	64	*61	45	138	93	18,44	1,64	3,78
	[a]	76,30	70	*61	53	124	71	19,24	1,05	0,33
	[o]	70,55	61	*56	44	133	89	22,96	1,18	0,68
	[u]	62,28	54	47	33	113	80	21,02	0,84	-0,44

Tabla 126.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales tónicas del español

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales átonas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	75,10	62	*44	44	120	76	30,53	0,45	-1,82
	[e]	82,60	78	101	49	132	83	28,45	0,42	-1,19
	[a]	77,44	78	*60	60	104	44	15,29	0,65	-0,51
	[o]	68,90	63	*40	40	120	80	28,26	0,72	-0,70
	[u]	63,50	61	74	35	111	76	27,17	0,60	-0,94
C02	[i]	73,33	77	*50	50	85	35	10,65	-1,36	2,21
	[e]	64,10	66	70	40	85	45	13,18	-0,37	0,05
	[a]	69,00	64	64	46	103	57	17,25	0,60	0,49
	[o]	78,50	76	*66	59	103	44	13,96	0,39	-0,74
	[u]	72,20	74	*63	52	96	44	12,54	0,26	0,26
C03	[i]	43,00	42	39	33	52	19	5,61	-0,09	-0,22
	[e]	38,30	40	41	19	44	25	7,02	-2,76	8,22
	[a]	47,90	49	*37	37	61	24	8,30	0,11	-1,37
	[o]	43,20	44	*32	32	51	19	5,80	-0,73	0,18
	[u]	33,90	32	*26	26	45	19	6,04	0,51	-0,46
C04	[i]	47,90	48	48	41	54	13	4,06	-0,35	0,08
	[e]	53,20	53	59	46	60	14	5,11	-0,00	-1,47
	[a]	60,00	61	*47	47	75	28	8,51	0,18	-0,51
	[o]	48,10	48	*48	41	55	14	4,53	-0,32	-0,79
	[u]	43,89	45	46	34	52	18	5,86	-0,25	-0,50
Total	[i]	59,49	49	49	33	120	87	21,73	1,33	1,07
	[e]	59,55	54	*41	19	132	113	22,62	1,33	2,08
	[a]	63,23	62	64	37	104	67	16,56	0,73	0,39
	[o]	59,68	51	*41	32	120	88	21,41	1,14	0,53
	[u]	53,62	46	*36	26	111	85	21,66	0,89	0,01

Tabla 127.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales átonas del español

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales situadas en la primera sílaba:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	54,10	52	*51	44	64	20	6,90	0,16	-1,33
	[e]	61,10	63	63	49	68	19	5,64	-1,28	1,40
	[a]	62,40	61	62	53	78	25	7,45	0,92	1,02
	[o]	50,40	49	*46	40	62	22	7,86	0,14	-1,50
	[u]	40,70	41	42	33	48	15	4,90	-0,10	-0,74
C02	[i]	82,20	81	*73	73	94	21	6,40	0,69	0,03
	[e]	68,90	72	*40	40	84	44	13,80	-1,06	0,73
	[a]	70,20	67	*64	60	89	29	8,58	1,16	1,36
	[o]	80,40	79	*66	66	104	38	11,82	0,87	0,30
	[u]	76,10	75	*78	52	99	47	13,72	-0,12	-0,03
C03	[i]	51,00	55	39	33	73	40	12,86	0,25	-0,97
	[e]	46,90	43	38	19	71	52	15,20	-0,14	-0,06
	[a]	56,00	61	61	37	77	40	14,98	-0,25	-2,05
	[o]	50,10	51	59	32	66	34	11,96	-0,17	-1,55
	[u]	40,90	44	45	26	51	25	8,56	-0,66	-0,86
C04	[i]	48,90	48	48	41	59	18	5,21	0,29	0,65
	[e]	54,50	56	59	45	65	20	6,63	-0,12	-1,16
	[a]	59,10	60	*60	47	68	21	6,15	-0,70	0,38
	[o]	47,20	47	52	41	52	11	3,96	-0,29	-1,16
	[u]	48,20	47	46	45	55	10	3,39	1,04	0,08
Total	[i]	59,05	53	49	33	94	61	15,86	0,60	-0,65
	[e]	57,85	59	*63	19	84	65	13,50	-0,41	0,60
	[a]	61,93	62	61	37	89	52	10,91	-0,36	0,75
	[o]	57,03	52	46	32	104	72	16,48	1,00	0,64
	[u]	51,48	46	*45	26	99	73	16,89	1,20	0,94

Tabla 128.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales en la 1ª sílaba del español

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales situadas en la segunda sílaba:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	109,20	113	*70	70	129	59	16,77	-1,43	2,81
	[e]	107,90	103	101	91	138	47	15,94	1,03	0,15
	[a]	104,11	104	*79	79	124	45	16,32	-0,40	-1,06
	[o]	103,00	107	120	67	133	66	22,38	-0,36	-1,22
	[u]	87,10	81	74	72	113	41	15,60	0,82	-0,91
C02	[i]	73,56	75	*50	50	107	57	17,91	0,38	0,37
	[e]	70,90	73	77	50	87	37	12,14	-0,39	-0,82
	[a]	75,40	78	87	46	103	57	21,73	-0,15	-1,70
	[o]	81,90	86	92	59	103	44	14,50	-0,29	-1,21
	[u]	80,70	78	96	60	104	44	16,32	0,08	-1,74
C03	[i]	57,90	55	*40	40	79	39	14,76	0,30	-1,72
	[e]	53,60	52	41	40	72	32	13,07	0,18	-2,08
	[a]	69,00	69	*48	48	96	48	18,30	0,13	-2,01
	[o]	55,70	53	*42	42	81	39	11,83	1,11	1,11
	[u]	44,30	39	*27	27	64	37	13,79	0,31	-1,76
C04	[i]	52,00	52	*48	48	56	8	2,82	-0,33	-1,10
	[e]	56,00	56	*46	46	65	19	6,78	-0,19	-1,35
	[a]	66,00	66	*64	52	76	24	8,57	-0,38	-0,86

	[o]	52,20	52	*48	44	59	15	4,82	-0,05	-0,51
	[u]	44,67	47	47	34	54	20	6,40	-0,33	-0,71
Total	[i]	73,15	67	*48	40	129	89	26,61	0,72	-0,81
	[e]	72,10	64	61	40	138	98	25,01	0,89	0,25
	[a]	77,97	86	*52	26	124	78	22,07	0,38	-0,76
	[o]	73,20	66	*515	42	133	91	25,31	0,79	-0,42
	[u]	64,69	63	96	27	113	86	24,05	0,32	-0,88

Tabla 129.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales en la 2ª sílaba del español

Las vocales del euskara

Se proporcionan ahora los valores de los principales estadísticos descriptivos referidos a la duración de las vocales del euskara:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	86,80	72	72	56	151	95	33,14	1,14	-0,46
	[e]	83,90	75	*65	53	138	85	25,17	1,11	-0,12
	[a]	74,13	74	77	61	89	28	6,60	0,22	1,13
	[o]	81,37	72	*72	56	139	83	28,21	1,34	0,31
	[u]	76,70	66	65	49	119	70	23,78	0,82	-0,82
E02	[i]	70,65	61	*55	39	125	86	24,76	0,92	-0,28
	[e]	72,75	69	96	38	124	86	20,60	0,73	0,63
	[a]	71,73	72	*65	53	88	35	10,02	0,04	-0,35
	[o]	67,70	60	*50	50	102	52	16,77	0,79	-0,56
	[u]	61,26	54	54	37	98	61	18,92	0,73	-0,82
E03	[i]	61,70	55	52	47	102	55	16,57	1,35	0,55
	[e]	58,90	59	59	41	86	45	11,09	0,45	0,60
	[a]	62,07	65	68	51	73	22	7,29	-0,30	-1,49
	[o]	60,70	61	61	45	92	47	11,59	0,98	1,40
	[u]	54,20	52	*47	34	79	45	13,32	0,28	-0,82
E04	[i]	64,20	61	58	43	93	50	13,62	0,85	0,20
	[e]	64,95	67	67	50	79	29	8,02	-0,39	-0,43
	[a]	67,47	68	64	58	80	22	6,89	0,33	-0,88
	[o]	54,85	54	51	45	69	24	5,92	0,71	0,36
	[u]	48,60	49	49	38	64	26	6,62	0,35	0,09
Total	[i]	70,84	62	*54	39	151	112	24,88	1,63	2,29
	[e]	70,13	67	69	28	138	100	19,69	1,53	2,77
	[a]	68,93	68	*68	51	89	38	8,90	0,06	-0,18
	[o]	65,96	61	51	45	139	94	19,77	2,12	4,93
	[u]	60,18	55	49	34	119	85	19,70	1,37	1,58

Tabla 130.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales del euskara

En la siguiente tabla, aparecen todos los valores referidos a las vocales tónicas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	104,20	105	135	56	151	95	39,84	-0,01	-2,34
	[e]	97,70	93	*63	63	138	75	28,91	0,13	-2,06
	[a]	74,40	75	72	72	77	5	2,30	-0,19	-2,71
	[o]	99,67	78	78	68	139	71	31,69	0,31	-2,32
	[u]	91,40	91	*64	64	119	55	23,97	-0,00	-2,28

E02	[i]	87,60	90	65	59	125	66	24,03	0,13	-1,76
	[e]	87,50	87	96	68	124	56	17,52	0,88	0,50
	[a]	79,80	76	76	74	88	14	6,26	0,65	-2,46
	[o]	78,70	78	*77	57	102	45	15,62	0,15	-1,12
	[u]	71,30	77	91	42	98	56	20,98	-0,33	-1,62
E03	[i]	71,30	68	52	52	102	50	18,91	0,35	-1,63
	[e]	67,10	64	59	59	86	27	8,22	1,45	2,32
	[a]	66,80	68	*58	58	73	15	5,54	-1,05	1,94
	[o]	65,00	61	*51	51	92	41	12,79	1,01	0,89
	[u]	60,00	61	47	40	79	30	13,78	-0,01	-1,59
E04	[i]	70,70	63	*58	54	93	39	14,95	0,51	-1,65
	[e]	67,50	67	*67	54	79	25	6,77	-0,31	1,35
	[a]	66,00	64	64	61	73	12	4,63	0,87	0,31
	[o]	53,40	51	51	45	63	18	6,00	0,57	-0,34
	[u]	49,10	47	*44	39	64	25	7,20	0,85	0,83
Total	[i]	83,45	77	58	52	151	99	28,78	0,96	-0,10
	[e]	79,95	72	*68	54	138	84	21,62	1,35	0,82
	[a]	71,75	72	76	58	88	30	7,37	0,28	0,37
	[o]	73,54	67	51	45	139	94	24,72	1,40	1,41
	[u]	67,95	64	*47	39	119	80	23,26	0,80	-0,29

Tabla 131.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales tónicas del euskara

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales átonas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	68,11	69	72	59	81	22	6,80	0,45	0,36
	[e]	68,67	69	*65	53	78	25	8,09	-0,61	0,37
	[a]	73,33	73	*61	61	89	28	8,73	0,54	-0,10
	[o]	64,22	61	72	56	79	23	8,12	0,86	-0,61
	[u]	61,67	59	*49	49	89	40	12,45	1,42	2,27
E02	[i]	53,11	55	55	39	69	30	9,18	-0,18	0,46
	[e]	56,67	57	*38	38	69	31	9,93	-0,54	0,04
	[a]	65,56	65	65	53	74	21	6,59	-0,68	0,29
	[o]	54,11	53	*50	50	60	10	3,98	3,98	0,64
	[u]	49,25	51	54	37	56	19	6,62	-0,95	0,01
E03	[i]	51,56	50	49	47	59	12	4,03	0,82	-0,34
	[e]	50,44	52	*41	41	59	18	6,87	-0,18	-1,72
	[a]	58,78	55	55	51	68	17	6,87	0,28	-2,05
	[o]	54,67	53	*45	45	65	20	7,41	-0,09	-1,56
	[u]	46,78	50	59	34	59	25	9,71	-0,03	-1,75
E04	[i]	56,89	58	49	43	70	27	8,75	-0,17	-0,95
	[e]	61,78	65	67	50	76	26	8,99	0,07	-1,36
	[a]	67,22	68	58	58	80	22	7,72	0,34	-0,89
	[o]	54,89	55	51	51	32	11	3,88	0,69	-0,39
	[u]	47,33	49	49	38	56	18	6,22	-0,20	-0,70
Total	[i]	57,42	56	49	39	81	42	9,70	0,26	-0,24
	[e]	59,39	58	*65	38	78	40	10,67	-0,05	-0,71
	[a]	66,22	66	*65	51	89	38	8,91	0,31	0,05
	[o]	56,97	56	*51	45	79	34	7,26	1,00	1,60
	[u]	51,31	50	49	34	89	55	10,76	1,15	3,31

Tabla 132.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales átonas del euskara

En la siguiente tabla, aparecen los mismos valores referidos a las vocales situadas en la primera sílaba:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	68,00	69	69	56	76	20	5,97	-0,97	1,01
	[e]	68,44	69	65	53	79	26	7,93	-0,67	0,47
	[a]	75,44	75	72	67	89	22	5,98	1,36	3,62
	[o]	69,67	70	78	57	79	22	8,06	-0,30	-1,35
	[u]	66,33	66	*54	54	77	23	6,89	-0,26	0,19
E02	[i]	57,56	59	65	39	78	39	12,41	-0,19	-0,10
	[e]	66,22	68	*51	51	78	27	9,40	-0,55	-1,13
	[a]	73,22	74	*65	59	88	29	9,45	0,17	-0,65
	[o]	60,78	60	57	50	74	24	8,48	0,49	-0,63
	[u]	53,75	47	47	42	91	49	16,30	2,10	4,65
E03	[i]	54,22	54	52	49	59	10	3,27	-0,00	-0,91
	[e]	58,11	59	59	47	65	18	5,39	-0,96	1,30
	[a]	66,33	67	68	58	73	15	4,18	-0,64	1,54
	[o]	58,44	61	61	51	65	16	4,92	-0,69	-0,79
	[u]	49,33	49	*47	34	59	25	8,64	-0,49	-0,44
E04	[i]	61,78	62	58	54	70	16	4,76	0,09	0,10
	[e]	68,33	67	67	65	76	11	3,12	2,12	5,54
	[a]	69,56	69	64	61	80	19	6,14	0,33	-0,62
	[o]	56,67	56	*51	51	63	12	4,41	0,27	-0,82
	[u]	47,89	49	49	39	56	17	5,39	0,07	-0,27
Total	[i]	60,39	60	*52	39	78	39	8,84	-0,29	0,29
	[e]	65,28	67	67	47	79	32	7,86	-0,35	-0,37
	[a]	71,14	71	76	58	89	31	7,33	0,56	0,34
	[o]	61,39	61	61	50	79	29	8,18	0,68	-0,25
	[u]	54,34	51	*47	34	91	57	12,09	0,95	1,14

Tabla 133.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales en la 1ª sílaba del euskara

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales situadas en la segunda sílaba:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	104,40	108	135	59	151	92	39,86	-0,03	-2,32
	[e]	97,90	93	78	64	138	74	28,72	0,13	-2,05
	[a]	70,60	70	*61	61	83	22	8,26	0,69	0,74
	[o]	94,22	72	72	56	139	83	37,05	0,25	-2,32
	[u]	87,20	97	*49	49	119	70	30,11	-0,28	-2,10
E02	[i]	83,60	85	*51	51	125	74	28,01	0,10	-1,98
	[e]	78,90	82	96	38	124	86	27,05	0,03	-0,92
	[a]	66,00	67	*53	53	74	21	8,27	-1,08	1,04
	[o]	72,70	71	*50	50	102	52	20,91	0,23	-1,91
	[u]	67,70	65	54	37	98	61	20,28	0,06	-1,35
E03	[i]	68,90	66	*47	47	102	55	21,32	0,27	-1,84
	[e]	60,20	61	*41	41	86	45	15,08	0,19	-0,96
	[a]	53,20	53	55	51	55	4	1,78	-0,05	-2,32
	E[o]	61,60	57	*45	45	92	47	15,55	0,77	-0,18
	[u]	57,70	58	*36	36	79	43	16,20	-0,09	-1,71

C04	[i]	66,30	59	49	43	93	50	19,00	0,35	-1,76
	[e]	61,60	59	54	50	79	29	10,12	0,61	-0,98
	[a]	61,80	61	58	58	68	10	4,26	0,74	-0,76
	[o]	51,80	51	51	45	62	17	4,56	0,97	2,49
	[u]	48,60	48	52	38	64	26	7,86	0,54	0,30
Total	[i]	80,78	75	49	43	151	108	31,14	0,80	-0,39
	[e]	74,65	69	*69	38	138	100	25,99	0,90	0,04
	[a]	62,90	62	*53	51	83	32	8,74	0,49	-0,31
	[o]	69,46	58	*51	45	139	94	26,48	1,47	1,30
	[u]	65,30	56	49	36	119	83	24,28	0,90	-0,21

Tabla 134.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales en la 2ª sílaba del euskara

Se presentan seguidamente los mismos valores de las tablas anteriores, pero calculados sin contar con las vocales tónicas de la segunda sílaba, cuya duración es notoriamente mayor que el resto y distorsiona por tanto el resultado:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	68,60	69	72	56	81	25	7,53	0,08	-0,63
	[e]	70,53	70	*65	53	83	30	7,81	-0,49	0,28
	[a]	74,13	74	77	61	89	28	6,60	0,22	1,13
	[o]	67,73	70	*72	56	79	23	7,98	-0,11	-1,41
	[u]	64,40	65	65	49	89	50	10,51	0,66	0,85
E02	[i]	57,80	58	*55	39	78	39	10,05	-0,17	0,71
	[e]	63,00	67	*38	38	78	40	11,18	-0,80	0,03
	[a]	71,73	72	*65	53	88	35	10,02	0,04	-0,35
	[o]	59,73	57	*50	50	80	30	9,36	1,01	0,11
	[u]	52,64	51	54	37	91	54	12,90	2,10	6,13
E03	[i]	52,87	52	52	47	59	12	3,79	0,06	-1,19
	[e]	54,33	56	59	41	65	24	7,59	-0,52	-0,83
	[a]	62,07	65	68	51	73	22	7,29	-0,30	-1,49
	[o]	56,20	55	61	45	72	27	7,61	0,29	-0,29
	[u]	48,33	49	*47	34	63	29	9,10	-0,03	-1,11
E04	[i]	58,27	58	58	43	70	27	7,37	-0,52	-0,19
	[e]	64,00	67	67	50	76	26	7,40	-0,76	-0,26
	[a]	67,47	68	64	58	80	22	6,89	0,33	-0,88
	[o]	56,73	55	51	51	69	18	5,45	0,84	0,08
	[u]	46,87	47	49	38	56	18	5,74	0,05	-0,75
Total	[i]	59,38	58	*54	39	81	42	9,33	0,26	-0,02
	[e]	62,97	65	*65	38	83	45	10,23	-0,41	-0,33
	[a]	68,93	68	*68	51	89	38	8,90	0,06	-0,18
	[o]	60,10	59	51	45	80	35	8,85	0,58	-0,45
	[u]	53,07	50	49	34	91	57	11,87	1,07	1,69

Tabla 135.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales del euskara (sin tónicas en hiato)

Éstos son los valores referidos a las vocales tónicas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	67,00	69	*56	56	76	20	8,00	-0,48	-1,14
	[e]	71,40	72	*63	63	79	16	5,94	-0,29	0,91
	[a]	74,40	75	72	72	77	5	2,30	-0,19	-2,71

	[o]	73,40	73	78	68	78	10	4,56	-0,00	-2,57
	[u]	69,20	67	*64	64	77	13	5,58	0,72	-1,61
E02	[i]	66,00	65	65	59	78	19	7,14	1,55	3,15
	[e]	73,00	73	*68	68	78	10	3,60	0,00	1,26
	[a]	79,80	76	76	74	88	14	6,26	0,65	-2,46
	[o]	65,80	64	*57	57	74	17	7,46	0,12	-2,46
	[u]	57,20	47	*42	42	91	49	20,25	1,61	2,33
E03	[i]	54,40	54	52	52	58	6	2,60	0,54	-1,48
	[e]	61,60	62	59	59	65	6	2,60	0,16	-1,81
	[a]	66,80	68	*58	58	73	15	5,54	-1,05	1,94
	[o]	55,80	55	*51	51	61	10	5,02	0,19	-3,03
	[u]	48,20	47	47	40	58	18	6,45	0,59	2,00
E04	[i]	59,40	58	58	54	66	12	4,45	0,60	0,80
	[e]	67,20	67	67	65	69	4	1,48	-0,55	0,86
	[a]	66,00	64	64	61	73	12	4,63	0,87	0,31
	[o]	57,60	54	63	51	63	12	5,27	0,01	-2,09
	[u]	44,40	44	44	39	49	10	3,64	-0,48	1,21
Total	[i]	61,70	60	58	52	78	26	7,58	0,75	-0,16
	[e]	68,30	68	*59	59	79	20	5,70	0,15	-0,58
	[a]	71,75	72	76	58	88	30	7,37	0,28	0,37
	[o]	63,15	62	*51	51	78	27	8,89	0,25	-1,10
	[u]	54,75	48	47	39	91	52	14,16	1,10	,062

Tabla 136.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales tónicas del euskara (sin tónicas en hiato)

Los valores referidos a las vocales átonas coinciden con los generales, puesto que los datos desechados corresponden a las tónicas. Lo mismo sucede con los valores de las vocales situadas en la primera sílaba. Los valores referidos a las vocales situadas en la segunda sílaba sí experimentan un cambio importante con respecto a los totales:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	67,20	64	*59	59	81	22	9,25	0,93	-0,49
	[e]	71,80	70	78	64	78	14	6,09	-0,04	-1,92
	[a]	70,60	70	*61	61	83	22	8,26	0,69	0,74
	[o]	63,60	60	72	56	72	16	7,79	0,46	-3,11
	[u]	60,80	57	*49	49	89	40	16,34	1,85	3,65
E02	[i]	58,00	57	*51	51	69	18	6,70	1,32	2,57
	[e]	55,80	57	*38	38	69	31	12,67	-0,53	-1,04
	[a]	66,00	67	*53	53	74	21	8,27	-1,08	1,04
	[o]	53,80	53	*50	50	60	10	3,76	1,37	2,52
	[u]	50,00	54	54	37	56	19	7,71	-1,68	2,72
E03	[i]	49,60	49	*47	47	54	7	2,70	1,33	2,02
	[e]	47,80	45	*41	41	59	18	7,59	0,90	-0,72
	[a]	53,20	53	55	51	55	4	1,78	-0,05	-2,32
	[o]	49,00	49	*45	45	53	8	4,00	0,00	-3,00
	[u]	43,60	41	*36	36	53	17	7,50	0,45	-2,53
E04	[i]	50,60	49	49	43	58	15	5,68	-0,00	-0,23
	[e]	55,40	54	*50	50	65	15	5,81	1,45	2,37
	[a]	61,80	61	58	58	68	10	4,26	0,74	-0,76
	[o]	54,40	53	51	51	62	11	4,56	1,57	2,42

	[u]	43,40	44	*38	38	49	11	4,82	-0,07	-2,52
Total	[i]	56,35	54	49	43	81	38	9,39	1,12	1,23
	[e]	57,70	56	*52	38	78	40	11,89	0,10	-0,89
	[a]	62,90	62	*53	51	83	32	8,74	0,49	-0,31
	[o]	55,20	53	53	45	72	27	7,27	1,11	1,29
	[u]	49,45	49	49	36	89	53	11,75	1,95	6,18

Tabla 137.- Estadísticos descriptivos de la duración de las vocales en la 2ª sílaba del euskara (sin tónicas en hiato)

ANEXO 9: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA INTENSIDAD VOCÁLICA

Las vocales del español

Se colocan a continuación los valores de los principales estadísticos descriptivos referidos a la intensidad de las vocales del español:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	62,95	64	64	58	67	9	2,76	-0,55	-0,51
	[e]	65,05	65	63	59	71	12	3,42	0,32	-0,49
	[a]	65,24	64	*61	61	73	12	3,76	0,58	-0,83
	[o]	68,67	69	70	60	75	15	3,90	-0,51	0,00
	[u]	68,38	69	*62	61	74	13	4,06	-0,58	-0,87
C02	[i]	70,14	70	71	64	75	11	3,05	-0,14	-0,32
	[e]	72,00	72	*70	68	76	8	2,25	0,28	-0,75
	[a]	72,33	73	74	66	75	9	2,00	-1,61	3,84
	[o]	74,52	75	75	71	79	8	2,13	0,35	-0,49
	[u]	72,57	72	74	67	78	11	3,07	-0,04	-0,49
C03	[i]	50,00	50	49	43	55	12	3,20	-0,52	0,04
	[e]	57,65	57	56	53	63	10	2,47	0,24	-0,29
	[a]	60,29	60	60	52	65	13	3,49	-0,64	-0,04
	[o]	58,29	60	60	49	63	14	3,98	-0,82	-0,07
	[u]	52,65	53	55	44	59	15	3,73	-0,67	0,20
C04	[i]	63,60	63	66	58	72	14	4,10	0,27	-0,85
	[e]	64,65	65	*66	58	70	12	3,66	-0,33	-0,56
	[a]	64,60	63	63	60	74	14	3,78	1,19	1,00
	[o]	67,76	68	71	62	76	14	3,98	0,13	-0,80
	[u]	68,14	69	*69	60	73	13	4,06	-0,81	-0,30
Total	[i]	61,65	64	*64	43	75	32	8,07	-0,48	-0,67
	[e]	65,00	65	70	53	76	23	5,87	-0,06	-0,98
	[a]	65,63	64	63	52	75	23	5,46	0,04	-0,84
	[o]	67,31	68	*63	49	79	30	6,83	-0,53	-0,42
	[u]	65,59	69	72	44	78	34	8,40	-0,81	-0,44

Tabla 138.- Estadísticos descriptivos de la intensidad de las vocales del español

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales tónicas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	63,70	64	64	58	67	8	2,90	-0,78	0,02
	[e]	66,30	65	*63	63	71	8	3,05	0,52	-1,44
	[a]	66,50	67	*61	61	73	12	4,37	0,03	-1,43
	[o]	71,00	71	*67	67	75	8	2,90	-0,27	-1,38
	[u]	70,60	70	*69	67	74	7	2,36	-0,30	-1,34
C02	[i]	70,74	70	*69	69	73	4	1,35	0,77	-0,12
	[e]	72,00	72	72	68	76	8	2,70	0,25	-0,76
	[a]	72,30	72	72	70	75	5	1,70	0,09	-0,99
	[o]	75,70	76	*72	72	79	7	2,31	-0,55	-0,30

	[u]	72,80	73	74	71	75	4	1,54	-0,03	-1,91
C03	[i]	50,50	50	49	48	55	7	2,12	1,17	1,33
	[e]	58,70	58	*57	56	63	7	2,00	0,92	1,33
	[a]	61,20	61	*57	57	65	8	3,12	-0,20	-1,53
	[o]	61,00	61	*60	59	63	4	1,33	0,35	-0,74
	[u]	54,60	55	55	50	59	9	2,79	-0,59	0,32
C04	[i]	64,10	63	*60	58	72	14	4,67	0,47	-1,01
	[e]	65,50	66	*64	58	70	12	3,68	-0,74	0,59
	[a]	65,22	65	65	61	72	11	3,27	0,93	1,47
	[o]	68,70	67	67	63	76	13	4,16	0,38	-0,75
	[u]	69,30	70	72	63	73	10	3,52	-0,48	-1,12
Total	[i]	62,18	64	*67	48	73	25	7,89	-0,51	-1,05
	[e]	65,63	66	70	56	76	20	5,54	-0,02	-0,94
	[a]	66,33	65	65	57	75	18	5,13	-0,02	-1,00
	[o]	69,10	70	*67	59	79	20	6,04	-0,17	-1,29
	[u]	66,83	70	72	50	75	25	7,69	-0,97	-0,50

Tabla 139.- Estadísticos descriptivos de la intensidad de las vocales tónicas del español

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales átonas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	62,50	63	64	58	65	7	2,59	-1,12	0,07
	[e]	64,00	64	65	59	71	12	3,65	0,54	0,11
	[a]	63,90	63	64	61	69	8	2,92	1,12	0,20
	[o]	66,90	68	70	60	70	10	3,51	-1,09	0,20
	[u]	66,80	67	62	61	72	11	4,29	-0,12	-1,81
C02	[i]	69,80	69	*66	64	75	11	4,31	0,11	-1,83
	[e]	72,20	71	*71	70	75	5	1,87	0,27	-1,75
	[a]	72,40	73	74	66	74	8	2,45	-2,31	5,86
	[o]	73,50	73	*73	71	75	4	1,35	-0,50	-0,46
	[u]	72,40	72	*68	67	78	11	4,30	0,08	-1,83
C03	[i]	50,10	51	*52	43	55	12	3,75	-0,72	-0,31
	[e]	56,67	56	55	53	61	8	2,69	0,55	-0,95
	[a]	59,40	60	*60	52	64	12	3,95	-0,72	-0,45
	[o]	55,90	55	*55	49	63	14	4,22	0,07	-0,26
	[u]	50,67	52	*47	44	55	11	3,84	-0,60	-0,78
C04	[i]	62,78	64	66	58	67	9	3,70	-0,19	-2,24
	[e]	63,90	65	65	59	70	11	3,44	-0,03	-0,23
	[a]	63,10	63	63	60	70	10	2,84	1,64	3,86
	[o]	67,30	68	71	62	71	9	3,77	-0,52	-1,59
	[u]	67,60	69	*69	60	71	11	4,27	-1,32	0,32
Total	[i]	61,26	64	66	43	75	32	8,07	-0,38	-0,33
	[e]	64,38	65	65	53	75	22	6,21	0,00	-1,04
	[a]	64,70	63	63	52	74	22	5,66	0,21	-0,50
	[o]	65,90	68	*70	49	75	26	7,20	-0,69	-0,52
	[u]	64,72	68	69	44	78	34	9,04	-0,74	-0,39

Tabla 140.- Estadísticos descriptivos de la intensidad de las vocales átonas del español

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales situadas en la primera sílaba:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	63,10	64	64	58	66	8	2,28	-1,27	1,96
	[e]	64,00	64	*63	63	65	2	0,94	0,00	-2,12
	[a]	62,60	62	61	61	67	6	1,95	1,37	1,77
	[o]	69,10	68	*66	66	75	9	2,92	0,87	0,20
	[u]	67,80	69	*62	62	72	10	3,58	-0,84	-0,64
C02	[i]	68,30	68	66	64	73	9	2,86	0,25	-0,76
	[e]	72,90	93	94	70	76	6	1,96	0,06	-1,22
	[a]	71,40	72	72	66	74	8	2,22	-1,69	3,85
	[o]	75,60	75	*73	73	79	6	2,01	0,27	-0,75
	[u]	70,80	71	74	67	74	7	2,70	-0,03	-1,63
C03	[i]	51,40	51	*51	48	55	7	2,06	0,68	-0,11
	[e]	58,78	59	60	55	63	8	2,53	0,08	-0,57
	[a]	59,60	58	*57	52	63	11	3,56	-0,39	-0,33
	[o]	59,70	60	*60	55	63	8	3,05	-0,46	-1,28
	[u]	53,00	55	55	47	55	12	4,09	-0,49	-0,72
C04	[i]	62,78	63	*60	58	67	9	3,19	0,71	-1,51
	[e]	64,10	65	*65	58	66	8	2,47	-1,96	4,13
	[a]	63,90	63	*63	61	70	9	2,55	1,58	3,24
	[o]	67,20	67	71	62	71	9	3,39	-0,27	-1,39
	[u]	68,10	68	*67	63	71	8	2,47	-0,80	0,67
Total	[i]	61,36	64	*64	48	73	25	6,81	-0,48	-0,79
	[e]	65,10	65	65	55	76	21	5,47	0,31	-0,51
	[a]	64,13	63	63	52	74	22	5,33	0,17	-0,40
	[o]	67,90	68	*63	55	79	24	6,37	-0,21	-0,75
	[u]	65,23	68	*69	47	74	27	7,56	-1,11	0,19

Tabla 141.- Estadísticos descriptivos de la intensidad de las vocales en la 1ª sílaba del español

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales situadas en la segunda sílaba:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
C01	[i]	63,10	64	*58	58	67	9	3,28	-0,55	-0,83
	[e]	66,30	67	*70	59	71	12	4,66	-0,64	-1,32
	[a]	67,80	68	*64	62	73	11	3,55	-0,29	-0,92
	[o]	68,80	70	70	60	74	14	4,63	-0,98	0,14
	[u]	69,60	71	*72	61	74	13	4,16	-1,07	0,48
C02	[i]	71,90	71	*71	69	75	6	2,28	0,57	-1,31
	[e]	71,30	71	*70	68	76	8	2,35	0,75	0,54
	[a]	73,30	74	74	70	75	5	1,41	-1,53	2,73
	[o]	73,60	73	*72	71	77	6	1,89	0,35	-0,79
	[u]	74,40	74	*71	71	78	7	2,54	0,04	-1,00
C03	[i]	49,20	49	49	53	55	12	3,42	-0,08	0,34
	[e]	56,80	56	*55	53	60	7	2,20	-0,15	-0,76
	[a]	62,00	62	*60	56	65	9	2,82	-0,99	0,85
	[o]	57,20	59	*60	49	62	13	4,61	-0,79	-0,86
	[u]	52,50	52	*52	44	57	13	3,74	-1,23	2,18
C04	[i]	64,10	64	*59	58	72	14	4,99	0,212	1,33
	[e]	65,30	66	70	59	70	11	4,47	-0,39	-1,58
	[a]	64,33	63	*60	60	72	12	3,87	0,85	0,54

	[o]	68,80	69	*62	62	76	14	4,44	-0,07	-0,71
	[u]	68,80	71	72	60	73	13	5,09	-1,18	-0,12
Total	[i]	62,08	64	67	43	75	32	8,98	-0,47	-0,84
	[e]	64,93	67	70	53	76	23	6,31	-0,26	-1,29
	[a]	66,92	67	74	56	75	19	5,23	-0,01	-1,18
	[o]	67,10	70	*70	49	77	28	7,26	-0,79	-0,20
	[u]	66,33	71	72	44	78	34	9,20	-0,80	-0,62

Tabla 142.- Estadísticos descriptivos de la intensidad de las vocales en la 2ª sílaba del español

Las vocales del euskara

Se proporcionan ahora los valores de los principales estadísticos descriptivos referidos a la intensidad de las vocales del euskara:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	58,15	57	*52	51	66	15	4,88	0,04	-1,45
	[e]	65,20	68	*70	54	72	18	6,13	-0,46	-1,41
	[a]	63,38	63	*58	57	72	15	4,57	0,24	-0,88
	[o]	64,79	69	70	56	71	15	5,95	-0,33	-1,87
	[u]	60,40	61	*57	51	69	18	5,10	-0,26	-0,81
E02	[i]	60,45	62	63	52	65	13	4,19	-0,97	-0,36
	[e]	62,80	62	62	56	67	11	2,82	-0,57	0,10
	[a]	60,87	62	*62	55	64	9	2,72	-0,86	-0,15
	[o]	62,85	62	*60	59	57	8	2,47	0,19	-1,21
	[u]	64,06	63	*60	56	74	18	4,89	0,46	-0,31
E03	[i]	59,90	60	62	54	64	10	2,71	-0,53	-0,43
	[e]	64,25	64	*63	60	72	12	2,78	0,87	1,77
	[a]	64,33	65	*62	60	68	8	2,69	-0,15	-1,67
	[o]	65,65	65	66	62	70	8	2,25	0,57	-0,23
	[u]	66,50	66	65	60	71	11	2,58	-0,61	0,64
E04	[i]	63,20	63	63	58	67	9	1,93	-0,50	1,94
	[e]	64,70	65	67	57	73	16	3,60	0,07	0,63
	[a]	61,73	61	*61	55	67	12	3,15	-0,36	0,02
	[o]	65,25	65	*65	58	69	11	2,90	-0,73	0,53
	[u]	66,15	67	68	56	73	17	4,42	-1,16	1,23
Total	[i]	60,43	62	63	51	67	16	3,99	-0,79	-0,36
	[e]	64,24	64	*62	54	73	19	4,09	0,01	-0,21
	[a]	62,59	62	62	55	72	17	3,57	0,11	-0,12
	[o]	64,63	65	66	56	71	15	3,75	-0,27	-0,62
	[u]	64,29	65	*65	51	74	23	4,93	-0,64	0,02

Tabla 143.- Estadísticos descriptivos de la intensidad de las vocales del euskara

En la siguiente tabla, aparecen los mismos valores referidos a las vocales tónicas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	61,80	61	61	56	66	10	2,93	-0,54	0,46
	[e]	70,30	70	71	68	72	4	1,33	-0,33	-0,85
	[a]	67,20	66	66	66	70	4	1,78	1,23	0,31
	[o]	70,00	70	70	69	71	2	0,70	0,00	-0,28
	[u]	63,10	62	*60	60	69	9	3,07	0,91	-0,21

E02	[i]	58,80	59	*52	52	65	13	5,11	-0,19	-1,90
	[e]	63,60	64	65	60	66	6	2,17	-0,49	-1,34
	[a]	63,20	63	*63	62	64	2	0,83	-0,51	-0,61
	[o]	62,10	62	62	60	64	4	1,28	-0,61	-0,04
	[u]	62,70	61	61	56	72	16	4,92	0,67	-0,16
E03	[i]	59,30	60	62	54	64	10	3,46	-0,17	-1,68
	[e]	65,50	65	*65	60	72	12	3,10	0,44	2,16
	[a]	66,60	67	67	66	67	1	0,54	-0,60	-3,33
	[o]	66,30	65	*64	62	70	8	2,79	0,11	-1,31
	[u]	66,80	66	*65	63	71	8	2,70	0,09	-1,52
E04	[i]	63,10	63	63	61	67	6	1,72	1,42	2,21
	[e]	65,70	66	67	60	73	13	4,00	0,21	-0,31
	[a]	59,80	60	61	58	61	3	1,30	-0,54	-1,48
	[o]	65,60	65	65	63	69	6	1,83	0,20	0,12
	[u]	68,20	686	68	66	71	5	1,61	0,18	-0,47
Total	[i]	60,75	62	62	52	67	15	3,83	-0,79	-0,23
	[e]	66,28	66	*65	60	73	13	3,69	0,00	-0,87
	[a]	64,20	65	66	58	70	12	3,23	-0,32	-0,69
	[o]	65,90	65	70	60	71	11	3,31	0,02	-1,28
	[u]	65,20	65	69	56	72	16	3,96	-0,34	-0,76

Tabla 144.- Estadísticos descriptivos de la intensidad de las vocales tónicas del euskara

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales átonas:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	53,56	54	52	51	56	5	1,87	0,10	-1,64
	[e]	59,00	60	60	54	63	9	2,95	-0,37	-0,80
	[a]	60,11	60	58	57	65	8	2,61	0,65	-0,30
	[o]	59,00	58	*57	56	65	9	2,73	1,40	2,22
	[u]	56,89	56	57	51	66	15	5,06	0,94	0,04
E02	[i]	62,33	63	*62	57	65	8	2,23	-1,83	4,72
	[e]	62,11	62	62	56	67	11	3,44	-0,33	-0,15
	[a]	59,56	60	*58	55	63	8	2,69	-0,37	-1,02
	[o]	63,33	65	66	59	67	8	3,24	-0,27	-2,21
	[u]	64,67	64	*61	61	69	8	3,01	0,28	-1,02
E03	[i]	60,22	60	59	59	63	4	1,48	0,99	-0,18
	[e]	62,78	63	*61	61	66	5	1,78	0,76	-0,30
	[a]	62,67	62	62	60	67	7	2,12	1,16	2,26
	[o]	64,89	65	66	63	67	4	1,45	-0,07	-1,49
	[u]	66,22	67	68	60	69	9	2,72	-1,62	3,12
E04	[i]	63,89	64	63	62	66	4	1,26	0,26	-0,70
	[e]	63,89	65	*63	57	67	10	3,14	-1,36	2,25
	[a]	62,44	64	64	55	67	12	3,50	-1,15	1,83
	[o]	65,33	66	*64	58	69	11	3,70	-0,94	0,36
	[u]	64,44	65	*56	56	73	17	5,63	-0,43	-0,34
Total	[i]	60,00	62	63	51	66	15	4,33	-0,73	-0,66
	[e]	61,94	62	63	54	67	13	3,32	-0,48	-0,21
	[a]	61,19	62	62	55	67	12	3,00	-0,17	-0,27
	[o]	63,14	64	66	56	69	13	3,76	-0,31	-1,10
	[u]	62,91	65	*65	51	73	22	5,67	-0,57	-0,69

Tabla 145.- Estadísticos descriptivos de la intensidad de las vocales átonas del euskara

En la siguiente tabla, aparecen los mismos valores referidos a las vocales situadas en la primera sílaba:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	58,78	61	61	51	66	15	5,82	-0,13	-1,89
	[e]	65,67	68	69	58	72	14	4,97	-0,36	-1,53
	[a]	64,22	66	66	57	70	13	4,38	-0,69	-0,50
	[o]	65,56	69	*69	57	71	14	5,52	-0,69	-1,41
	[u]	61,89	64	64	54	69	15	5,34	-0,41	-1,27
E02	[i]	62,89	63	62	62	65	3	1,05	1,09	0,61
	[e]	63,56	64	*64	59	66	7	2,50	-1,06	-0,01
	[a]	60,67	62	*63	55	64	9	3,31	-0,65	-1,09
	[o]	62,78	63	*60	60	66	6	2,27	0,26	-1,12
	[u]	66,00	67	*61	61	72	11	4,08	0,12	-1,44
E03	[i]	61,00	62	62	59	64	5	1,80	0,16	-1,17
	[e]	64,33	65	*61	61	67	6	2,29	-0,44	-1,07
	[a]	64,22	66	67	60	67	7	2,90	-0,36	-2,04
	[o]	66,56	66	*63	63	70	7	2,83	-0,05	-1,72
	[u]	68,22	68	*68	65	71	6	1,64	-0,45	1,72
E04	[i]	64,00	64	63	62	67	5	1,50	0,85	0,82
	[e]	64,33	65	67	60	67	7	2,73	-0,54	-1,40
	[a]	61,56	61	61	58	67	9	2,83	0,96	0,53
	[o]	66,56	67	*63	63	69	6	2,35	-0,72	-1,01
	[u]	68,89	68	68	66	73	7	2,14	0,76	0,35
Total	[i]	61,67	62	62	51	67	16	3,64	-1,53	2,29
	[e]	64,47	65	*65	58	72	14	3,25	0,04	0,33
	[a]	62,67	62	*62	55	70	15	3,64	-0,09	-0,74
	[o]	65,36	66	63	57	71	14	3,70	-0,41	-0,67
	[u]	66,26	68	68	54	73	19	4,46	-1,27	1,52

Tabla 146.- Estadísticos descriptivos de la intensidad de las vocales en la 1ª sílaba del euskara

En la siguiente tabla, se muestran los mismos valores referidos a las vocales situadas en la segunda sílaba:

		Media	Mediana	Moda	Xmín.	Xmáx.	Rango	Desv.	Asim.	Curt.
E01	[i]	57,10	56	56	52	63	11	3,98	0,19	-1,32
	[e]	64,30	65	71	54	72	18	7,33	-0,22	-2,08
	[a]	59,80	60	58	58	62	4	1,78	0,05	-2,32
	[o]	63,44	64	70	56	71	15	6,56	0,17	-2,40
	[u]	58,60	60	*60	51	66	15	4,62	-0,38	-0,28
E02	[i]	58,30	57	*52	52	65	13	5,01	0,12	-1,76
	[e]	62,30	62	62	56	67	11	3,16	-0,39	0,74
	[a]	61,20	62	62	58	63	5	1,92	-1,51	2,60
	[o]	62,60	62	62	59	67	8	2,67	0,40	-0,92
	[u]	61,44	61	60	56	67	11	3,46	0,09	-0,52
E03	[i]	58,60	58	56	54	63	9	2,91	0,02	-1,03
	[e]	64,10	63	63	60	72	12	3,41	1,38	2,60
	[a]	63,80	63	62	62	67	5	2,16	0,91	-0,73
	[o]	64,80	65	*64	62	67	5	1,39	-0,47	0,81
	[u]	65,00	65	65	60	69	9	2,49	-0,37	1,18

E04	[i]	63	63	63	61	66	5	1,49	1,00	0,78
	[e]	65,30	65	63	57	63	16	4,39	-0,16	0,72
	[a]	61,40	64	64	55	64	9	3,97	-1,40	1,10
	[o]	64,50	65	66	58	69	11	2,91	-1,05	2,45
	[u]	64,20	65	*56	56	69	13	4,75	-1,11	-0,03
Total	[i]	59,25	60	63	52	66	14	4,13	-0,32	-1,13
	[e]	64,00	63	62	54	73	19	4,80	0,05	-0,52
	[a]	61,55	62	62	55	67	12	2,81	-0,44	0,43
	[o]	63,85	64	*65	56	71	15	3,74	-0,15	-0,41
	[u]	62,33	63	65	51	69	18	4,59	-0,64	-0,15

Tabla 147.- Estadísticos descriptivos de la intensidad de las vocales en la 2ª sílaba del euskara

ANEXO 10: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL TIMBRE VOCÁLICO

Las vocales del español

Colocamos, en tablas separadas para cada vocal, los valores de los principales estadísticos descriptivos de las nueve variables manejadas en el análisis de la cualidad vocálica: las frecuencias de los tres primeros formantes (columnas *Pico1*, *Pico2* y *Pico3*), sus respectivos anchos de banda (*F1_AB*, *F2_AB* y *F3_AB*) y sus intensidades (*F1_dB*, *F2_dB* y *F3_dB*).

Se exponen primero los valores correspondientes a los cuatro informantes del español, y por último se presentan los valores que deben tomarse como generales del español. Además, estos valores generales se presentan también ordenados por las variables acento (vocales tónicas vs. átonas) y posición (vocales en la primera sílaba vs. vocales en la segunda sílaba).

Informante C01

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	350,14	2562,43	2924,62	36,38	122,43	198,00	20,76	18,10	14,85
	Mediana	351,00	2583,00	2895,00	35,00	111,00	195,00	21,00	18,00	14,00
	Moda	351	2587	*2823	*18	*111	*105	24	22	14
	Desv. típ.	28,382	72,647	134,021	18,578	55,178	49,843	5,098	4,549	3,329
	simetría	-,317	-,564	,304	,727	2,623	-,171	,220	-,315	,279
	Curtosis	,389	,990	-,902	-,312	9,096	-,537	-,795	-,897	-,673
	Rango	115	312	449	62	268	181	18	15	12
	Mínimo	294	2382	2701	14	57	105	13	10	9
	Máximo	409	2694	3150	76	325	286	31	25	21
[e]	Media	496,55	2115,52	2754,14	70,95	128,81	151,86	18,20	16,76	15,00
	Mediana	498,50	2116,00	2755,00	63,00	126,00	140,00	19,50	17,00	14,00
	Moda	520	*2095	*2745	42	*72	*81	*14	*16	*14
	Desv. típ.	20,947	88,937	57,917	28,889	33,464	48,701	3,238	2,189	3,146
	simetría	-,287	-,990	,620	,324	,222	1,431	-,117	,178	,447
	Curtosis	-1,281	,946	1,951	-1,568	-,580	3,359	-1,479	-,647	-1,007
	Rango	64	344	262	85	127	221	9	8	9
	Mínimo	459	1891	2651	33	72	81	14	13	11
	Máximo	523	2235	2913	118	199	302	23	21	20
[a]	Media	766,52	1432,52	2717,86	164,24	208,62	118,67	19,00	17,86	13,52
	Mediana	760,00	1410,00	2719,00	164,00	213,00	116,00	20,00	18,00	14,00
	Moda	*732	1388	2719	135	136	*63	21	17	*12
	Desv. típ.	33,010	97,901	64,303	43,374	52,849	36,860	3,050	2,476	3,311

	simetría	,415	,516	,387	-,042	,791	,509	-,351	,312	1,096
	Curtosis	,251	-,731	-,200	-,835	1,481	-,497	-,365	-,378	2,325
	Rango	136	326	262	150	219	127	11	9	14
	Mínimo	710	1295	2601	78	135	63	13	14	9
	Máximo	846	1621	2863	228	354	190	24	23	23
[o]	Media	529,00	1012,05	2858,14	101,00	115,67	134,86	17,57	13,48	1,43
	Mediana	524,00	1008,00	2863,00	105,00	120,00	133,00	16,00	13,00	1,00
	Moda	563	979	*2849	*71	*99	*77	15	12	1
	Desv. típ.	31,574	49,936	49,400	23,782	35,247	37,157	2,541	3,894	3,842
	simetría	-,022	-,153	-,325	-,094	,353	,597	,494	-,477	,117
	Curtosis	-1,117	-,539	,626	-1,354	1,191	,145	-1,446	,349	,811
	Rango	108	180	219	77	156	148	7	15	17
	Mínimo	473	918	2741	64	49	77	15	5	-7
	Máximo	581	1098	2960	141	205	225	22	20	10
[u]	Media	378,38	819,52	2880,44	69,62	111,24	161,83	16,33	8,81	-7,56
	Mediana	391,00	821,00	2898,50	65,00	114,00	148,50	15,00	7,00	-9,00
	Moda	*319	*778	*2913	91	*27	*41	14	6	-4
	Desv. típ.	32,583	54,634	67,920	24,871	53,980	84,229	3,864	5,636	6,410
	simetría	-,630	-,057	-,991	,389	,150	,611	,392	,885	,544
	Curtosis	-,829	-1,184	,353	-,713	-,778	-,267	-,921	,155	-,539
	Rango	97	179	244	88	182	291	14	21	23
	Mínimo	319	732	2723	29	27	41	10	1	-17
	Máximo	416	911	2967	117	209	332	24	22	6

Tabla 148.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico de C01

Informante C02

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	304,75	2602,50	3138,56	54,75	125,50	251,39	15,30	7,55	2,28
	Mediana	300,50	2601,50	3132,00	41,00	131,00	225,00	16,00	6,50	1,50
	Moda	*251	*2486	*2894	24	*36	*168	20	5	0
	Desv. típ.	26,282	78,060	115,857	36,038	66,651	91,980	5,564	5,256	3,770
	simetría	,482	,964	,421	1,152	,126	,742	-,591	,498	,387
	Curtosis	,770	1,744	1,603	-,033	-1,316	,474	-,748	-,435	-,899
	Rango	116	329	522	114	201	370	18	19	12
	Mínimo	251	2486	2894	20	36	93	5	0	-3
	Máximo	367	2815	3416	134	237	463	23	19	9
[e]	Media	516,29	2122,95	2818,67	106,81	130,52	193,95	13,48	8,24	3,33
	Mediana	516,00	2100,00	2799,00	79,00	119,00	189,00	13,00	8,00	3,00
	Moda	514	*1896	*2609	*40	91	*135	6	8	3
	Desv. típ.	41,479	135,365	105,430	73,167	54,076	63,529	5,853	3,632	2,689
	simetría	-,191	,097	,320	,775	,151	,254	,159	-,170	,237
	Curtosis	-,345	-,715	,102	-,700	-1,224	-,848	-1,353	,676	-,195

	Rango	147	466	433	226	179	220	18	16	11
	Mínimo	440	1896	2609	32	42	93	6	0	-2
	Máximo	587	2362	3042	258	221	313	24	16	9
[a]	Media	732,00	1362,86	2904,16	161,52	169,05	179,47	16,71	12,14	-2,37
	Mediana	741,00	1365,00	2915,00	145,00	164,00	164,00	17,00	12,00	-2,00
	Moda	*659	*1365	2957	141	*64	*42	15	*9	-2
	Desv. típ.	81,032	118,616	68,434	59,658	74,055	89,695	3,783	3,902	3,804
	simetría	-,193	-,876	-,865	,828	1,090	1,093	-,931	-,336	,352
	Curtosis	-,005	4,209	,152	,533	2,324	1,412	1,932	,296	,812
	Rango	332	622	250	231	322	360	17	16	16
	Mínimo	562	1002	2736	84	64	42	6	3	-9
	Máximo	894	1624	2986	315	386	402	23	19	7
[o]	Media	556,76	943,47	3056,67	118,00	76,42	219,00	14,05	13,11	-8,00
	Mediana	557,00	968,00	3055,00	116,00	68,00	176,00	15,00	12,00	-10,00
	Moda	550	*801	*2903	*97	*21	166	*12	12	*-12
	Desv. típ.	31,153	75,429	92,070	37,543	42,788	129,670	3,694	4,677	5,425
	simetría	-,033	-,336	,377	1,119	,490	,425	-,252	,501	,452
	Curtosis	,222	-,921	-,153	3,565	-,324	-1,081	-,828	,859	-,194
	Rango	133	268	319	183	153	397	13	20	20
	Mínimo	491	801	2903	50	21	29	8	4	-17
	Máximo	624	1069	3222	233	174	426	21	24	3
[u]	Media	362,48	806,62	3219,10	93,43	135,38	149,20	12,90	4,50	-9,00
	Mediana	365,00	814,00	3213,50	78,00	142,00	130,00	13,00	4,00	-10,00
	Moda	396	823	3320	*49	*120	148	*11	*2	-12
	Desv. típ.	25,916	63,715	63,740	42,959	67,463	96,852	3,646	5,346	5,821
	simetría	-,016	-,073	,285	1,045	,214	,756	,303	,943	,604
	Curtosis	-1,022	1,495	,522	,943	-,305	-,394	-,437	3,116	-,152
	Rango	90	297	267	171	260	322	14	26	20
	Mínimo	318	668	3082	37	14	17	7	-6	-18
	Máximo	408	965	3349	208	274	339	21	20	2

Tabla 149.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico de C02

Informante C03

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	354,71	2578,67	3027,95	73,43	120,95	198,57	13,52	15,33	15,33
	Mediana	362,00	2623,00	2981,00	74,00	123,00	183,00	13,00	16,00	16,00
	Moda	*318	*2096	*2673	*25	*54	*105	*11	*15	*11
	Desv. típ.	29,848	194,098	240,278	32,077	42,879	113,437	4,131	4,841	4,851
	simetría	-,225	-1,366	1,580	,154	,621	,765	-,043	-1,552	-1,909
	Curtosis	-,495	1,516	4,558	-1,045	,464	,407	-1,035	3,988	5,705
	Rango	120	745	1133	102	163	431	14	22	22
	Mínimo	292	2096	2673	25	54	41	6	0	-1

	Máximo	412	2841	3806	127	217	472	20	22	21
[e]	Media	510,19	2044,50	2764,15	71,05	179,30	151,45	18,24	14,55	15,30
	Mediana	522,00	2091,50	2749,50	79,00	158,00	111,50	17,00	15,50	16,00
	Moda	*531	2227	*2807	100	173	*58	15	*7	16
	Desv. típ.	26,869	172,839	68,788	30,472	85,035	117,078	4,170	6,004	6,053
	simetría	-1,092	-1,196	-,433	-,255	,954	3,056	,893	-,467	-,882
	Curtosis	,159	1,018	-,039	-1,166	,214	10,794	,131	-,520	1,505
	Rango	92	609	255	98	303	531	16	22	26
	Mínimo	450	1620	2600	22	67	58	12	2	-1
	Máximo	542	2229	2855	120	370	589	28	24	25
[a]	Media	794,52	1344,48	2692,35	115,48	177,81	176,00	23,19	20,71	11,85
	Mediana	801,00	1348,00	2682,50	111,00	165,00	155,50	23,00	22,00	11,00
	Moda	793	*1126	*2512	*104	*74	*52	22	23	*11
	Desv. típ.	58,921	112,837	89,730	26,212	93,076	106,575	2,015	4,766	5,733
	simetría	-,282	,010	,009	-,057	1,366	,963	-,490	-1,231	-,083
	Curtosis	1,276	-,004	-,212	,837	1,839	,297	,763	,949	,110
	Rango	274	430	347	112	358	387	8	18	23
	Mínimo	651	1126	2512	53	74	52	18	9	0
	Máximo	925	1556	2859	165	432	439	26	27	23
[o]	Media	537,48	896,38	3049,25	73,76	58,81	108,70	21,62	19,48	2,20
	Mediana	542,00	876,00	3042,50	72,00	59,00	87,00	20,00	19,00	4,00
	Moda	562	876	3069	43	*28	*82	*16	*18	6
	Desv. típ.	33,434	56,023	103,174	36,882	18,416	59,591	4,674	2,620	6,246
	simetría	-,011	,505	,209	,465	,143	1,447	,890	,731	-,783
	Curtosis	-1,002	-,647	-,624	,050	-,554	1,778	,230	-,282	-,309
	Rango	117	193	359	147	65	225	17	9	22
	Mínimo	479	819	2865	16	28	37	16	16	-11
	Máximo	596	1012	3224	163	93	262	33	25	11
[u]	Media	387,90	735,95	3108,08	73,33	105,16	215,08	18,10	12,95	-6,54
	Mediana	381,00	747,00	3187,00	52,00	81,00	240,00	19,00	13,00	-6,00
	Moda	*372	*754	*2196	85	*18	*76	14	*10	-5
	Desv. típ.	23,448	48,267	343,949	54,478	88,791	82,006	6,164	6,249	5,724
	simetría	,586	-,544	-1,928	1,624	1,328	-,319	-,658	-,035	,605
	Curtosis	-,491	-,109	3,701	3,202	1,038	-,998	,128	-,889	-,304
	Rango	87	186	1240	221	313	267	22	22	19
	Mínimo	351	629	2196	20	18	76	5	2	-14
	Máximo	438	815	3436	241	331	343	27	24	5

Tabla 150.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico de C03

Informante C04

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	283,90	2185,00	2714,00	55,10	150,76	232,24	13,48	6,52	5,12

	Mediana	286,00	2184,00	2700,00	48,00	153,00	213,00	15,00	6,00	5,00
	Moda	286	*2040	*2520	48	190	*120	16	10	0
	Desv. típ.	25,727	78,475	123,428	17,768	49,165	85,192	3,430	5,372	4,986
	simetría	-,453	,036	,178	,762	-,021	,836	-,343	,071	,305
	Curtosis	-,563	-,289	-,905	-,349	-,929	-,170	-,779	-,744	-1,338
	Rango	92	303	390	65	181	297	13	19	15
	Mínimo	233	2040	2520	31	60	120	7	-2	-2
	Máximo	325	2343	2910	96	241	417	20	17	13
[e]	Media	398,48	1860,71	2485,83	107,95	160,52	295,17	12,38	10,33	6,67
	Mediana	402,00	1831,00	2446,50	101,00	160,00	290,00	12,00	9,00	8,50
	Moda	*370	1743	*2395	52	*68	*214	*12	16	*2
	Desv. típ.	28,421	138,455	99,162	46,795	63,140	75,033	4,129	5,598	5,123
	simetría	-,860	1,315	1,230	,433	,404	1,742	,090	,009	-,270
	Curtosis	,988	1,328	,331	-,727	-,909	4,384	-,669	-1,116	-1,699
	Rango	117	485	302	159	212	281	15	20	14
	Mínimo	323	1712	2395	38	68	214	5	0	-1
	Máximo	440	2197	2697	197	280	495	20	20	13
[a]	Media	602,10	1189,10	2566,25	206,57	178,00	217,15	13,24	12,48	4,70
	Mediana	606,00	1188,00	2581,00	237,00	161,00	202,00	12,00	12,00	4,00
	Moda	674	*1052	*2206	249	*64	134	*8	9	*1
	Desv. típ.	51,534	67,890	99,904	94,168	70,783	92,293	5,281	5,278	7,072
	simetría	-,343	,082	-2,587	,151	,441	,934	,955	,865	,238
	Curtosis	-,650	,225	8,943	-,545	,000	,489	,080	,738	1,054
	Rango	177	272	459	352	270	360	19	20	32
	Mínimo	497	1052	2206	54	64	70	7	5	-11
	Máximo	674	1324	2665	406	334	430	26	25	21
[o]	Media	417,76	874,75	2496,90	108,57	109,85	243,40	14,67	10,90	-4,00
	Mediana	418,00	880,00	2530,00	97,00	105,50	232,50	16,00	10,00	-6,50
	Moda	*328	*761	*2228	82	92	*117	17	*7	*-7
	Desv. típ.	51,174	51,664	123,195	45,487	47,234	89,644	3,877	4,564	5,869
	simetría	,473	-,690	-1,286	1,163	,397	,618	-,614	1,397	,660
	Curtosis	1,330	,406	1,367	,913	,242	-,206	-,275	1,542	-,609
	Rango	225	191	396	172	184	294	14	17	18
	Mínimo	328	761	2228	48	31	117	6	6	-11
	Máximo	553	952	2624	220	215	411	20	23	7
[u]	Media	325,59	813,40	2400,50	94,82	201,27	374,67	12,88	1,73	-13,60
	Mediana	338,00	772,00	2392,00	90,00	219,00	386,50	13,00	1,00	-16,00
	Moda	*333	*662	*2257	*35	219	*244	*13	2	*-18
	Desv. típ.	45,688	125,958	127,307	46,715	78,499	114,234	4,715	4,044	5,030
	simetría	-1,591	1,290	,402	1,104	-,272	-,145	-,942	,927	1,042
	Curtosis	2,126	1,078	-1,082	1,339	-,266	-2,490	,993	2,687	-,338
	Rango	166	438	332	179	280	258	18	18	12
	Mínimo	210	662	2257	35	62	244	2	-6	-18

	Máximo	376	1100	2589	214	342	502	20	12	-6

Tabla 151.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico de C04

Valores generales

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	323,60	2480,70	2956,31	54,92	129,96	218,19	15,77	11,93	9,83
	Mediana	323,00	2558,00	2915,00	47,00	123,00	208,00	16,00	12,00	11,00
	Moda	351	2587	2823	*24	*111	105	16	*5	14
	Desv. típ.	40,667	208,733	220,964	29,813	54,414	89,357	5,442	7,005	7,178
	simetría	-,005	-,648	,576	,908	,709	,706	,281	-,194	-,243
	Curtosis	-,650	-,807	1,605	,081	,854	,725	-,010	-,885	-1,210
	Rango	179	801	1286	120	289	431	26	27	24
	Mínimo	233	2040	2520	14	36	41	5	-2	-3
	Máximo	412	2841	3806	134	325	472	31	25	21
[e]	Media	480,18	2035,82	2731,65	89,41	149,43	186,93	15,54	12,45	10,42
	Mediana	501,00	2083,00	2752,50	85,00	133,00	168,00	16,00	14,00	11,00
	Moda	*516	2095	2745	79	91	204	14	16	*3
	Desv. típ.	56,867	171,575	138,650	50,938	63,904	93,863	5,140	5,649	6,893
	simetría	-,636	-,475	-,815	1,174	1,099	1,657	-,124	-,238	-,022
	Curtosis	-,295	-,607	,810	1,260	1,534	4,388	-,463	-,825	-1,016
	Rango	264	742	647	236	328	531	23	24	27
	Mínimo	323	1620	2395	22	42	58	5	0	-2
	Máximo	587	2362	3042	258	370	589	28	24	25
[a]	Media	723,79	1332,24	2717,83	161,95	183,37	172,06	18,04	15,80	7,13
	Mediana	744,00	1341,50	2708,50	145,50	170,50	151,50	19,00	15,50	9,00
	Moda	*674	*1370	2719	*111	165	134	21	*9	*1
	Desv. típ.	93,879	133,725	144,159	68,300	74,280	90,813	5,159	5,540	8,106
	simetría	-,460	-,018	-,193	1,051	,849	1,172	-,491	-,068	-,195
	Curtosis	-,468	-,208	,780	1,210	1,175	1,050	-,611	-,707	-,791
	Rango	428	622	780	353	368	397	20	24	34
	Mínimo	497	1002	2206	53	64	42	6	3	-11
	Máximo	925	1624	2986	406	432	439	26	27	23
[o]	Media	510,25	932,07	2906,44	100,33	90,28	162,50	16,98	14,31	-1,30
	Mediana	522,50	922,00	2925,00	100,00	92,00	144,00	17,00	14,00	,50
	Moda	562	979	3069	*97	*21	166	16	12	1
	Desv. típ.	66,050	78,663	214,080	39,714	43,677	95,279	4,774	5,081	6,686
	simetría	-,930	,089	-1,011	,701	,582	1,265	,461	,077	-,281
	Curtosis	,240	-,760	1,054	1,520	,090	1,150	1,321	-,753	-,786
	Rango	296	337	996	217	194	397	27	21	28
	Mínimo	328	761	2228	16	21	29	6	4	-17
	Máximo	624	1098	3224	233	215	426	33	25	11
[u]	Media	365,49	793,86	3000,67	82,20	134,16	191,95	15,16	7,29	-8,35

	Mediana	369,00	790,50	3111,00	72,00	120,00	182,00	15,00	6,00	-9,50
	Moda	374	*732	*2913	*44	*182	*148	15	2	*-12
	Desv. típ.	39,032	80,964	304,193	44,135	79,337	112,196	5,137	6,764	6,094
	simetría	-1,258	1,033	-1,030	1,280	,553	,748	,011	,578	,510
	Curtosis	3,404	2,727	,464	2,111	-,358	,227	,070	-,218	-,452
	Rango	228	471	1240	221	328	485	25	30	24
	Mínimo	210	629	2196	20	14	17	2	-6	-18
	Máximo	438	1100	3436	241	342	502	27	24	6

Tabla 152.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico del español

Valores generales: vocales tónicas

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	325,35	2510,30	2971,41	51,50	133,30	231,81	16,23	11,78	9,57
	Mediana	321,00	2588,50	3021,00	44,50	131,50	220,00	16,00	13,00	11,00
	Moda	351	*2522	*2534	*40	113	*158	16	22	*0
	Desv. típ.	35,040	202,429	197,989	27,645	51,726	78,623	5,356	8,405	7,614
	simetría	-,084	-,844	-,428	,791	,462	1,157	,389	-,162	-,237
	Curtosis	-,997	-,656	-,657	,067	-,379	1,641	-,077	-1,396	-1,523
	Rango	136	682	783	111	195	358	22	27	24
	Mínimo	249	2096	2534	14	46	105	6	-2	-3
	Máximo	385	2778	3317	125	241	463	28	25	21
[e]	Media	490,55	2075,15	2752,11	75,50	153,28	202,97	16,65	12,60	11,23
	Mediana	515,50	2095,00	2784,00	70,50	141,50	176,00	16,50	14,00	11,00
	Moda	520	*2088	2730	*42	*133	*135	17	18	3
	Desv. típ.	54,808	144,789	122,914	37,607	50,316	111,504	4,560	5,728	7,240
	simetría	-1,346	-,776	-1,282	1,052	,519	1,723	-,296	-,362	,059
	Curtosis	,953	-,295	1,574	1,441	-,371	3,840	-,089	-,913	-1,056
	Rango	225	527	513	175	199	517	20	22	27
	Mínimo	323	1743	2421	22	68	72	5	0	-2
	Máximo	548	2270	2934	197	267	589	25	22	25
[a]	Media	748,30	1338,60	2714,51	145,78	174,85	187,97	19,05	16,55	7,26
	Mediana	770,00	1351,50	2689,00	132,50	165,00	167,00	20,00	17,50	7,00
	Moda	*674	1370	*2512	*164	165	217	*20	23	*1
	Desv. típ.	86,990	106,558	128,103	59,589	57,481	91,397	4,909	5,491	8,334
	simetría	-,882	,056	,564	1,553	,393	1,017	-,709	-,287	,205
	Curtosis	-,103	,285	-,489	2,787	,320	,710	-,231	-,890	-1,150
	Rango	345	524	462	273	270	375	19	21	30
	Mínimo	526	1097	2512	77	64	64	7	5	-7
	Máximo	871	1621	2974	350	334	439	26	26	23
[o]	Media	515,15	926,57	2933,47	89,80	99,89	141,83	18,68	14,59	1,17
	Mediana	538,50	915,00	2956,50	88,00	105,00	115,50	18,00	15,00	3,00
	Moda	562	*876	3069	*58	*105	*82	*17	13	-7

	Desv. típ.	65,837	81,237	202,650	37,747	42,108	88,581	4,768	5,278	6,433
	simetría	-1,224	-,074	-,924	,626	,392	1,620	,708	,093	-,716
	Curtosis	,700	-,708	1,012	1,130	,164	3,076	1,757	-,596	-,635
	Rango	267	315	859	189	187	382	25	21	23
	Mínimo	328	761	2365	16	28	29	8	4	-12
	Máximo	595	1076	3224	205	215	411	33	25	11
[u]	Media	361,82	797,89	3016,37	83,36	121,69	181,87	15,49	8,08	-7,79
	Mediana	366,00	779,00	3159,00	71,00	109,00	148,00	15,00	6,50	-9,00
	Moda	*333	754	*2913	44	89	*148	15	2	*-5
	Desv. típ.	37,087	88,599	306,626	53,374	82,198	116,318	5,866	7,036	5,206
	simetría	-1,583	1,717	-1,158	1,346	,939	1,347	,039	,562	,293
	Curtosis	6,404	4,051	,910	1,656	,372	1,500	-,236	-,147	-,815
	Rango	217	429	1240	221	328	447	25	30	18
	Mínimo	210	671	2196	20	14	55	2	-6	-17
	Máximo	427	1100	3436	241	342	502	27	24	1

Tabla 153.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico del español (vocales tónicas)

Valores generales: vocales átonas

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	320,97	2450,79	2933,39	59,00	129,15	193,08	15,10	11,62	9,86
	Mediana	320,00	2533,00	2895,00	49,00	122,00	184,50	15,00	11,00	11,00
	Moda	*297	*2544	*2823	*24	*54	*105	*14	*10	14
	Desv. típ.	45,597	213,539	243,185	30,374	58,285	88,303	5,481	5,378	6,916
	simetría	,115	-,470	1,376	,979	,889	,506	,302	-,229	-,225
	Curtosis	-,603	-,804	3,652	,137	1,881	,014	,474	-,522	-,878
	Rango	179	801	1286	114	289	376	26	22	24
	Mínimo	233	2040	2520	20	36	41	5	0	-3
	Máximo	412	2841	3806	134	325	417	31	22	21
[e]	Media	468,77	1990,59	2716,94	103,54	147,15	169,09	14,44	11,87	9,26
	Mediana	471,00	2018,00	2745,00	93,00	121,00	150,00	14,00	13,00	11,00
	Moda	*370	*1620	*2691	*23	*91	*103	14	16	14
	Desv. típ.	57,765	190,367	148,014	59,309	77,334	72,132	5,562	5,459	6,482
	simetría	-,036	-,066	-,406	,892	1,279	,715	,197	-,228	-,233
	Curtosis	-,287	-,763	,784	,253	1,401	-,369	-,451	-,830	-1,370
	Rango	228	742	647	235	328	273	22	22	21
	Mínimo	359	1620	2395	23	42	58	6	0	-1
	Máximo	587	2362	3042	258	370	331	28	22	20
[a]	Media	696,20	1323,30	2719,14	181,50	193,43	158,76	16,60	14,60	6,35
	Mediana	721,00	1316,50	2719,00	183,50	194,50	134,00	17,00	14,50	9,00
	Moda	721	1388	*2719	*104	*138	*42	17	*9	*0
	Desv. típ.	92,463	159,487	164,623	73,478	88,378	91,914	5,183	5,108	7,361
	simetría	-,376	,055	-,561	,712	,824	1,433	-,247	-,013	-,905

	Curtosis	-,609	-,697	1,177	,697	,467	1,821	-,766	-,167	-,240
	Rango	397	622	780	353	361	388	20	22	27
	Mínimo	497	1002	2206	53	71	42	6	3	-11
	Máximo	894	1624	2986	406	432	430	26	25	16
[o]	Media	501,53	934,80	2896,18	108,60	82,78	181,88	15,43	13,93	-4,06
	Mediana	509,00	920,00	2911,50	102,50	71,50	157,00	16,00	12,50	-3,00
	Moda	*513	979	2884	*94	*21	*157	16	12	1
	Desv. típ.	66,577	77,831	216,952	39,902	45,517	100,728	4,308	5,111	5,689
	simetría	-,692	,355	-1,170	,945	,809	1,047	,177	,121	-,342
	Curtosis	,192	-,784	1,742	2,528	,366	,326	,650	-,951	-,416
	Rango	293	285	994	206	184	364	21	19	25
	Mínimo	331	813	2228	27	21	62	6	5	-17
	Máximo	624	1098	3222	233	205	426	27	24	8
[u]	Media	369,27	794,22	2976,72	78,78	140,36	207,40	15,05	6,83	-9,74
	Mediana	374,00	802,50	3082,00	75,00	151,50	226,00	15,00	5,00	-11,00
	Moda	396	*796	3320	*49	*64	*17	14	*1	*-18
	Desv. típ.	38,471	73,565	314,418	32,678	76,184	111,268	4,472	6,763	6,566
	simetría	-1,386	-,015	-,921	,652	,369	-,058	-,276	,489	,806
	Curtosis	3,100	,286	,202	-,002	-,431	-,654	,212	-,485	-,116
	Rango	189	336	1133	137	304	425	20	28	23
	Mínimo	231	629	2257	29	27	17	4	-6	-18
	Máximo	420	965	3390	166	331	442	24	22	5

Tabla 154.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico del español (vocales átonas)

Valores generales: vocales situadas en la primera sílaba

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	308,52	2458,55	2910,30	57,35	141,68	205,81	15,45	10,35	9,73
	Mediana	304,00	2526,00	2885,00	48,50	137,00	193,00	15,00	10,00	10,00
	Moda	*282	2486	*2823	49	*79	*105	*15	22	14
	Desv. típ.	32,715	184,127	175,417	31,021	50,626	83,588	5,892	7,618	8,099
	simetría	-,145	-,487	,279	,921	,092	,182	,682	,287	-,059
	Curtosis	-,708	-1,055	-,905	,244	-,726	-,045	,708	-1,185	-1,543
	Rango	130	675	666	120	198	362	26	26	24
	Mínimo	237	2096	2589	14	43	41	5	-1	-3
	Máximo	367	2771	3255	134	241	403	31	25	21
[e]	Media	474,23	1979,98	2701,14	70,33	143,18	187,14	17,54	13,38	11,00
	Mediana	495,00	2007,50	2734,00	55,00	127,00	163,00	19,00	14,00	12,00
	Moda	*495	*2088	*2745	*40	91	*103	20	*6	*3
	Desv. típ.	55,279	173,240	142,258	42,083	63,403	101,471	5,216	5,177	6,971
	simetría	-,862	-,311	-,914	1,213	2,063	1,956	-,368	-,252	,141
	Curtosis	-,106	-,875	,149	,987	5,491	6,057	-,304	-,996	-,986
	Rango	225	648	539	175	303	531	23	19	26

	Mínimo	323	1620	2395	22	67	58	5	3	-1
	Máximo	548	2268	2934	197	370	589	28	22	25
[a]	Media	726,90	1305,72	2702,95	173,60	167,88	153,42	17,27	16,13	7,97
	Mediana	741,00	1318,00	2663,00	152,00	164,00	147,00	17,50	16,00	10,50
	Moda	*721	1370	*2553	111	*82	*159	*17	23	13
	Desv. típ.	97,024	129,430	144,721	70,417	66,715	73,552	5,383	5,858	7,841
	simetría	-,730	,330	,711	,650	,676	1,197	-,353	-,250	-,352
	Curtosis	-,165	,311	-,440	-,573	,705	2,337	-,812	-,787	-,745
	Rango	397	569	499	272	290	355	20	23	32
	Mínimo	497	1052	2487	78	64	42	6	3	-9
	Máximo	894	1621	2986	350	354	397	26	26	23
[o]	Media	502,43	918,89	2915,94	96,45	92,26	160,66	17,43	14,50	-,59
	Mediana	517,00	905,00	2931,00	94,00	98,00	129,50	17,00	13,50	1,00
	Moda	*488	*876	*2884	*90	*32	144	16	*13	1
	Desv. típ.	62,208	83,872	202,922	36,380	39,289	99,113	4,308	5,114	5,735
	simetría	-,837	,199	-,749	,669	,256	1,334	,457	,161	-,332
	Curtosis	,435	-,690	,563	2,185	-,424	,819	1,541	-,768	-,715
	Rango	264	319	859	193	159	363	23	19	21
	Mínimo	331	761	2365	27	32	48	6	6	-12
	Máximo	595	1080	3224	220	191	411	29	25	9
[u]	Media	359,82	763,53	3005,79	99,79	151,68	223,68	13,21	5,76	-11,32
	Mediana	365,00	770,50	3132,00	90,00	146,50	204,00	14,00	5,00	-12,00
	Moda	*319	*732	*2196	85	*64	204	14	6	*-17
	Desv. típ.	37,844	54,765	322,985	46,696	78,794	115,376	4,194	6,153	5,080
	simetría	-1,454	-,306	-1,022	1,307	,340	,472	-,064	,409	1,117
	Curtosis	5,353	-,255	,522	1,868	-,644	-,126	1,239	,014	1,061
	Rango	217	235	1240	207	317	447	21	26	19
	Mínimo	210	629	2196	34	14	55	2	-6	-18
	Máximo	427	864	3436	241	331	502	23	20	1

Tabla 155.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico del español (primera sílaba)

Valores generales: vocales situadas en la segunda sílaba

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	338,23	2503,87	2996,19	53,00	120,56	219,81	15,90	13,08	9,69
	Mediana	351,00	2587,00	3020,00	44,00	113,00	208,50	16,00	14,00	12,00
	Moda	351	2587	2895	*24	*36	*93	*16	16	15
	Desv. típ.	42,334	231,587	254,391	27,180	57,359	87,457	4,941	6,166	6,310
	simetría	-,369	-,847	,541	,832	1,321	1,051	-,225	-,712	-,633
	Curtosis	-,506	-,597	1,881	-,072	3,129	1,243	-,827	,314	-,846
	Rango	179	801	1286	107	289	370	18	26	22
	Mínimo	233	2040	2520	20	36	93	6	-2	-3
	Máximo	412	2841	3806	127	325	463	24	24	19

[e]	Media	485,23	2088,21	2767,91	107,88	157,51	184,91	13,63	11,08	9,49
	Mediana	499,50	2121,00	2773,00	98,50	154,00	168,00	14,00	13,00	11,00
	Moda	520	2217	2807	79	116	*135	14	16	11
	Desv. típ.	58,794	156,787	122,964	52,920	66,074	89,041	4,378	5,787	6,831
	simetría	-,516	-,610	-,485	1,222	,267	1,409	-,340	-,222	-,191
	Curtosis	-,393	-,271	1,565	1,152	-,907	2,802	-,710	-1,052	-1,287
	Rango	228	619	610	220	238	419	15	22	23
	Mínimo	359	1743	2432	38	42	76	6	0	-2
	Máximo	587	2362	3042	258	280	495	21	22	21
[a]	Media	717,60	1356,18	2730,58	153,68	200,40	194,08	18,38	15,03	5,66
	Mediana	747,50	1385,50	2732,00	141,50	195,00	172,50	20,00	15,00	7,50
	Moda	793	1388	*2795	164	*111	*134	21	*9	11
	Desv. típ.	89,725	137,308	147,976	66,650	79,362	104,778	4,944	4,822	7,761
	simetría	-,431	-,360	-1,028	1,595	,960	,904	-,547	-,052	-,089
	Curtosis	-,942	-,037	2,863	4,161	1,141	-,126	-,430	-,461	-,445
	Rango	324	622	761	353	358	369	18	20	34
	Mínimo	536	1002	2206	53	74	70	8	5	-11
	Máximo	860	1624	2967	406	432	439	26	25	23
[o]	Media	514,25	942,49	2911,38	101,95	89,77	165,56	16,68	14,00	-2,63
	Mediana	548,50	933,00	2936,50	100,00	75,00	162,50	16,00	13,00	-2,00
	Moda	550	979	*2849	97	*21	166	15	12	1
	Desv. típ.	70,147	73,295	219,201	43,119	49,478	95,551	5,279	5,277	7,223
	simetría	-1,083	,190	-1,327	,770	,715	1,199	,591	,079	-,108
	Curtosis	,363	-,832	2,197	1,516	,098	1,695	1,324	-,785	-,938
	Rango	296	277	994	217	194	397	25	20	28
	Mínimo	328	821	2228	16	21	29	8	4	-17
	Máximo	624	1098	3222	233	215	426	33	24	11
[u]	Media	371,38	832,41	2990,63	61,46	107,94	162,15	17,46	9,32	-6,19
	Mediana	376,00	826,50	2992,00	51,00	95,00	126,00	18,00	7,50	-6,00
	Moda	*374	*754	*2949	*44	120	*17	16	2	-9
	Desv. típ.	37,133	90,164	297,478	31,768	74,230	105,052	5,321	7,235	5,526
	simetría	-1,537	,999	-1,086	1,229	1,127	1,099	-,508	,480	,106
	Curtosis	4,218	1,857	,555	1,844	1,503	1,483	,344	-,893	-,431
	Rango	185	435	1063	146	324	460	23	25	23
	Mínimo	231	665	2257	20	18	17	4	-1	-18
	Máximo	416	1100	3320	166	342	477	27	24	5

Tabla 156.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico del español (segunda sílaba)

Las vocales del euskara

Los datos correspondientes al euskara se exponen de la misma manera que los del castellano.

Informante E01

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	293,44	2273,55	2695,00	88,83	161,10	208,80	12,17	16,50	18,95
	Mediana	282,00	2286,00	2696,00	64,50	152,50	196,00	13,00	17,00	19,00
	Moda	267	2204	*2427	*48	119	271	*12	17	19
	Desv. típ.	36,154	93,603	120,643	74,814	63,597	73,675	4,176	4,443	4,322
	simetría	1,236	-,131	-,054	2,251	,601	,577	-1,141	,006	,359
	Curtosis	1,481	,264	,039	4,355	-,501	-,230	1,226	-,061	-,024
	Rango	140	390	492	257	230	263	16	17	16
	Mínimo	249	2063	2427	32	67	112	2	9	13
	Máximo	389	2453	2919	289	297	375	18	26	29
[e]	Media	424,70	1923,05	2525,55	36,15	255,95	190,80	22,00	12,95	19,05
	Mediana	423,50	1923,00	2517,00	34,00	248,00	161,50	22,00	13,00	20,00
	Moda	*389	*1790	2562	*17	*122	354	23	13	*18
	Desv. típ.	18,793	70,458	81,936	17,878	89,119	85,009	3,524	4,048	5,286
	simetría	,283	,132	,269	1,171	,255	,908	,561	,402	-,872
	Curtosis	,318	,130	-,937	1,394	-,744	-,455	1,741	-,439	,775
	Rango	79	282	275	70	309	270	16	15	21
	Mínimo	389	1790	2414	12	122	84	15	6	6
	Máximo	468	2072	2689	82	431	354	31	21	27
[a]	Media	704,44	1260,75	2294,33	111,75	151,88	227,92	21,56	20,56	12,42
	Mediana	708,00	1240,50	2277,50	110,50	139,00	173,50	22,00	21,00	13,50
	Moda	*694	*1178	*2131	106	*60	*84	23	*19	*12
	Desv. típ.	24,457	88,211	143,981	26,009	66,902	121,800	1,965	3,777	5,282
	simetría	-1,208	1,944	1,723	,414	,704	1,212	-,197	,126	-,743
	Curtosis	1,762	4,948	3,963	-,607	-,205	,699	-,693	-,373	,578
	Rango	94	349	541	86	238	412	7	14	19
	Mínimo	642	1178	2131	78	60	84	18	14	2
	Máximo	736	1527	2672	164	298	496	25	28	21
[o]	Media	498,16	826,67	2184,94	87,32	119,94	167,94	20,00	16,06	2,25
	Mediana	507,00	809,50	2195,00	79,00	116,50	132,50	20,00	15,50	2,00
	Moda	*461	*745	2228	70	*93	*58	*20	15	2
	Desv. típ.	25,825	54,317	76,241	27,274	51,886	95,606	2,925	4,036	6,017
	simetría	-,446	1,351	-,371	,490	1,065	1,059	-,238	,021	-,150
	Curtosis	-,966	2,428	,933	-,627	2,536	,545	-,713	,865	-,149
	Rango	87	233	302	93	232	339	10	17	23
	Mínimo	451	745	2031	49	32	58	15	8	-10
	Máximo	538	978	2333	142	264	397	25	25	13
[u]	Media	355,85	765,89	2305,00	102,25	210,06	181,38	13,65	4,33	-6,75
	Mediana	346,00	735,50	2245,50	97,50	169,00	178,50	12,00	4,50	-6,50
	Moda	*330	*644	*2198	48	*61	*94	*8	0	-5
	Desv. típ.	34,495	91,989	135,160	53,976	120,879	67,445	5,040	4,270	3,196

	simetría	,742	1,529	1,343	,159	,884	,004	,807	,169	,083
	Curtosis	,023	2,040	,130	-1,550	-,293	-1,979	,041	-,713	-1,446
	Rango	132	353	348	159	404	171	18	15	9
	Mínimo	304	644	2198	24	61	94	8	-3	-11
	Máximo	436	997	2546	183	465	265	26	12	-2

Tabla 157.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico de E01

Informante E02

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	374,10	2631,40	3245,75	62,55	218,95	176,00	14,25	4,90	8,15
	Mediana	386,50	2619,50	3199,00	59,00	217,50	178,50	14,00	6,00	9,00
	Moda	364	*2355	3168	*48	*117	*112	14	*6	9
	Desv. típ.	29,006	176,963	180,216	18,506	61,695	49,424	3,076	3,669	3,977
	simetría	-,582	,243	,436	,716	-,058	,535	,450	-1,765	-,591
	Curtosis	-,999	-,701	-1,057	-,132	-,878	-,310	-,500	3,345	2,217
	Rango	91	615	544	66	220	180	11	15	19
	Mínimo	316	2355	3009	35	117	112	9	-6	-2
	Máximo	407	2970	3553	101	337	292	20	9	17
[e]	Media	538,20	2068,00	3117,50	119,25	221,60	208,85	14,30	6,75	4,70
	Mediana	541,50	2021,50	3138,00	79,00	207,00	207,50	16,00	6,00	5,00
	Moda	*458	*1687	3238	73	*149	158	16	3	*2
	Desv. típ.	33,965	193,724	111,325	97,716	84,902	81,550	6,053	3,768	4,390
	simetría	-,351	,160	-,850	1,467	1,024	,953	-,297	,282	,104
	Curtosis	,660	-,564	,207	1,070	,444	1,432	-,515	-,608	-,640
	Rango	148	721	419	344	310	348	22	14	16
	Mínimo	458	1687	2846	22	96	72	3	0	-3
	Máximo	606	2408	3265	366	406	420	25	14	13
[a]	Media	848,53	1689,87	2951,93	214,60	182,87	154,07	15,07	14,27	8,60
	Mediana	847,00	1683,00	2931,00	191,00	198,00	132,00	15,00	15,00	9,00
	Moda	814	*1563	*2829	*107	237	118	*14	15	7
	Desv. típ.	40,558	74,994	81,894	80,903	61,724	76,686	2,789	2,219	3,996
	simetría	-,531	,314	,283	1,207	-,062	,885	,081	-,524	-,179
	Curtosis	,915	,389	-1,065	,789	-1,072	,487	,530	-,041	-,123
	Rango	165	288	256	277	193	275	11	8	15
	Mínimo	754	1563	2829	107	85	56	10	10	1
	Máximo	919	1851	3085	384	278	331	21	18	16
[o]	Media	505,94	1016,11	3088,44	138,50	115,72	139,75	14,00	11,28	-4,88
	Mediana	527,50	1009,00	3067,00	131,50	106,50	119,00	14,00	11,50	-4,00
	Moda	*531	1002	*2974	77	131	*64	*9	12	-9
	Desv. típ.	42,079	56,167	66,891	54,268	39,624	77,152	3,789	3,643	5,123
	simetría	-1,011	,394	,021	1,368	1,100	2,687	-,358	,160	-,293
	Curtosis	,286	,352	-1,363	2,856	1,158	8,846	-,354	-,566	-1,031

	Rango	149	223	211	217	147	333	14	13	16
	Mínimo	405	917	2974	77	68	64	6	5	-14
	Máximo	554	1140	3185	294	215	397	20	18	2
[u]	Media	363,73	846,93	3166,67	120,20	165,73	251,67	11,93	5,60	-12,00
	Mediana	354,00	844,00	3173,00	100,00	152,00	220,00	13,00	4,00	-12,00
	Moda	347	885	*3082	100	*33	*195	13	12	*-13
	Desv. típ.	63,091	47,412	81,684	52,880	101,769	77,513	4,250	6,695	1,414
	simetría	,337	1,331	-,347	1,029	,534	1,532	-,726	,299	
	Curtosis	,121	3,046		,151	-,930		-,317	-,619	
	Rango	235	198	163	174	319	145	14	23	2
	Mínimo	255	778	3082	60	33	195	3	-4	-13
	Máximo	490	976	3245	234	352	340	17	19	-11

Tabla 158.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico de E02

Informante E03

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	332,60	2460,10	2943,74	104,35	178,10	221,00	9,60	4,90	6,16
	Mediana	338,00	2429,50	2912,00	106,50	175,50	214,00	9,00	4,00	5,00
	Moda	*332	2349	*2753	*106	*120	*166	*7	4	*1
	Desv. típ.	22,890	122,668	168,425	29,393	46,742	62,336	4,005	4,951	4,902
	simetría	-1,101	1,000	1,066	-,872	,352	2,311	1,201	,217	,700
	Curtosis	,860	,152	,049	,164	,627	6,960	1,147	-,266	-,687
	Rango	89	439	543	104	200	271	15	19	15
	Mínimo	275	2312	2753	37	94	161	5	-5	0
	Máximo	364	2751	3296	141	294	432	20	14	15
[e]	Media	505,45	2024,00	2756,00	110,15	132,15	277,56	13,10	9,25	2,94
	Mediana	497,50	1991,00	2750,50	114,00	120,50	261,00	13,00	9,00	2,50
	Moda	*440	*1736	2820	*125	*67	*221	11	11	*0
	Desv. típ.	43,221	138,475	90,195	35,454	43,849	64,779	3,144	4,128	3,733
	simetría	,518	,088	-,138	,327	,641	,177	,970	,416	,194
	Curtosis	,068	-,178	-1,036	,430	-,553	-,716	1,062	-1,012	-1,463
	Rango	163	525	301	148	145	244	13	13	11
	Mínimo	440	1736	2597	46	67	157	8	4	-2
	Máximo	603	2261	2898	194	212	401	21	17	9
[a]	Media	773,07	1414,33	2422,79	151,20	218,93	357,79	16,67	11,60	-,21
	Mediana	773,00	1404,00	2434,00	134,00	225,00	343,50	16,00	11,00	,00
	Moda	*655	*1264	*2250	*91	*225	*226	15	11	0
	Desv. típ.	52,852	68,312	83,973	57,296	46,019	86,791	1,952	2,165	2,778
	simetría	-,601	-,178	-,155	1,002	,235	,558	,941	,550	,208
	Curtosis	,582	,594	,912	,108	-,319	-,100	,505	,099	1,621
	Rango	203	269	342	179	165	301	7	8	11
	Mínimo	655	1264	2250	91	150	226	14	8	-5

	Máximo	858	1533	2592	270	315	527	21	16	6
[o]	Media	508,35	987,20	2814,00	128,00	123,20	210,95	14,20	10,15	-6,84
	Mediana	514,50	982,50	2799,00	122,00	118,00	205,00	13,00	10,00	-7,00
	Moda	*478	*860	2773	*103	130	205	13	10	*-11
	Desv. típ.	30,434	58,987	61,748	31,875	45,271	84,875	1,824	2,681	5,199
	simetría	-,225	-,292	,318	,505	,589	1,075	,539	-,287	-,458
	Curtosis	-1,486	-,034	-,438	-,764	-,182	,824	-,927	-,877	-,142
	Rango	88	225	231	111	159	319	6	9	19
	Mínimo	460	860	2702	78	61	97	12	5	-19
	Máximo	548	1085	2933	189	220	416	18	14	0
[u]	Media	391,55	759,89	2833,00	59,60	167,74	231,80	19,35	7,89	-11,70
	Mediana	399,00	774,00	2836,50	47,50	166,00	211,00	21,50	5,00	-11,50
	Moda	*390	*619	*2722	27	*18	*97	22	*3	*-15
	Desv. típ.	34,483	69,332	62,450	43,762	94,999	103,313	5,029	6,632	4,244
	simetría	-1,106	-,671	-,287	1,916	,015	,406	-,869	1,223	,558
	Curtosis	,957	-,290	-,680	4,320	-,769	-,950	,159	,036	-,701
	Rango	128	242	200	179	312	305	19	20	12
	Mínimo	302	619	2722	19	18	97	7	2	-17
	Máximo	430	861	2922	198	330	402	26	22	-5

Tabla 159.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico de E03

Informante E04

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	361,50	2437,90	2999,65	91,35	137,10	214,75	13,75	12,80	12,25
	Mediana	362,00	2449,00	2954,50	105,00	126,50	214,50	11,00	13,00	14,50
	Moda	345	*2121	*2715	22	106	*107	*10	*13	16
	Desv. típ.	24,483	168,007	205,168	46,901	50,180	72,713	5,830	4,175	4,962
	simetría	-,227	-,558	,399	-,088	,039	,013	,522	-,123	-1,634
	Curtosis	,226	-,945	-1,286	-1,185	-1,346	-1,277	-1,318	-,815	2,548
	Rango	101	528	625	147	161	228	17	14	19
	Mínimo	305	2121	2715	22	55	107	7	6	-2
	Máximo	406	2649	3340	169	216	335	24	20	17
[e]	Media	503,35	2026,50	2847,53	101,45	191,00	182,68	16,65	9,65	8,16
	Mediana	500,50	2048,50	2882,00	105,00	177,50	167,00	15,50	12,00	8,00
	Moda	*499	*1793	*2593	*16	*69	*81	12	13	*8
	Desv. típ.	30,217	126,997	97,994	53,143	90,011	71,370	5,499	6,063	5,091
	simetría	-,116	-,270	-1,217	-,011	,634	,589	,748	-,444	,242
	Curtosis	-,284	-,798	1,202	-1,229	-,553	-,569	-,504	-1,246	1,878
	Rango	113	425	374	178	299	241	18	19	24
	Mínimo	439	1793	2593	16	69	81	10	0	-3
	Máximo	552	2218	2967	194	368	322	28	19	21
[a]	Media	804,13	1493,53	2660,70	222,73	200,20	274,40	17,67	15,33	2,10

	Mediana	801,00	1483,00	2673,50	215,00	182,00	306,00	17,00	15,00	-50
	Moda	*632	1512	*2474	*108	227	*64	*14	*12	-2
	Desv. típ.	80,985	96,022	124,989	75,941	81,226	123,355	2,920	4,655	6,350
	simetría	-,374	,377	,164	,403	,895	-,543	,500	-,382	1,341
	Curtosis	,158	,085	-,669	-,846	1,118	-,882	-,353	,215	1,279
	Rango	311	348	401	256	320	367	9	17	20
	Mínimo	632	1339	2474	108	71	64	14	5	-4
	Máximo	943	1687	2875	364	391	431	23	22	16
[o]	Media	552,55	1051,63	2843,78	159,70	101,53	179,06	14,90	14,32	-7,00
	Mediana	558,00	1033,00	2851,50	168,00	101,00	127,50	13,50	13,00	-8,50
	Moda	563	*926	2790	*53	*45	100	13	*11	-14
	Desv. típ.	30,116	70,729	61,429	68,819	34,006	104,016	5,036	3,318	6,739
	simetría	,102	,288	-,737	-,062	,104	,894	,324	,547	,165
	Curtosis	1,391	-,708	,343	-1,400	-,494	-,457	-1,167	-,045	-1,611
	Rango	134	259	235	216	127	330	16	13	20
	Mínimo	488	926	2703	53	45	72	8	9	-17
	Máximo	622	1185	2938	269	172	402	24	22	3
[u]	Media	417,21	897,47	2686,54	81,53	139,32	255,31	16,42	8,05	-12,58
	Mediana	417,00	896,00	2704,00	85,00	132,00	254,00	16,00	7,00	-14,00
	Moda	409	*860	*2328	*85	51	*85	*14	7	*-15
	Desv. típ.	29,423	68,356	136,088	36,989	94,015	99,158	4,439	7,083	5,213
	simetría	-,784	-,824	-1,505	,744	,525	,312	,100	,178	1,203
	Curtosis	1,728	2,858	3,313	,550	-1,213	-,119	-,873	-1,189	2,041
	Rango	130	310	527	143	268	366	15	22	19
	Mínimo	340	703	2328	29	36	85	9	-2	-19
	Máximo	470	1013	2855	172	304	451	24	20	0

Tabla 160.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico de E04

Valores generales

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	341,62	2450,74	2971,38	86,72	173,81	204,94	12,45	9,78	11,44
	Mediana	345,50	2434,00	2923,00	77,00	173,00	195,00	12,00	9,00	11,00
	Moda	364	*2204	*2764	48	119	166	14	*6	*9
	Desv. típ.	41,397	190,582	259,877	48,117	62,624	66,392	4,684	6,624	6,644
	simetría	-,389	,442	,358	1,818	,320	,776	,310	,037	,091
	Curtosis	-,582	-,076	-,604	5,608	-,470	,787	-,280	-,411	-,361
	Rango	158	907	1126	267	282	325	22	32	31
	Mínimo	249	2063	2427	22	55	107	2	-6	-2
	Máximo	407	2970	3553	289	337	432	24	26	29
[e]	Media	492,93	2011,49	2812,62	91,75	199,47	213,77	16,51	9,61	8,87
	Mediana	496,50	1990,00	2820,00	74,00	184,00	200,00	16,00	10,00	8,00
	Moda	*490	*1881	*2562	73	149	*158	16	13	8

	Desv. típ.	52,876	147,339	236,817	66,622	90,076	83,455	5,768	5,019	7,833
	simetría	-,044	,536	,156	1,655	,756	,469	,122	,013	,589
	Curtosis	-,850	,113	-,882	3,782	-,189	-,586	-,365	-,702	-,553
	Rango	217	721	851	354	364	348	28	21	30
	Mínimo	389	1687	2414	12	67	72	3	0	-3
	Máximo	606	2408	3265	366	431	420	31	21	27
[a]	Media	781,26	1461,28	2594,84	174,03	187,87	250,96	17,80	15,52	5,80
	Mediana	773,00	1455,00	2523,00	160,00	181,00	245,00	17,00	15,00	6,00
	Moda	*694	*1512	2672	106	227	*118	17	*11	0
	Desv. típ.	74,621	176,338	283,139	77,312	68,356	125,924	3,410	4,678	6,753
	simetría	,052	,184	,197	1,077	,353	,322	,124	,464	,253
	Curtosis	-,858	-,874	-1,273	,609	,127	-,844	-,575	-,075	-1,056
	Rango	311	673	954	306	331	471	15	23	26
	Mínimo	632	1178	2131	78	60	56	10	5	-5
	Máximo	943	1851	3085	384	391	527	25	28	21
[o]	Media	516,75	971,93	2739,54	128,65	115,13	176,14	15,77	12,89	-4,32
	Mediana	518,00	997,00	2837,00	118,00	111,00	149,00	15,00	13,00	-4,00
	Moda	517	*980	*2228	100	130	100	13	*11	0
	Desv. típ.	38,500	103,992	331,153	54,561	43,099	92,786	4,298	4,115	6,796
	simetría	-,190	-,360	-,861	,901	,875	1,065	,126	,350	,136
	Curtosis	,323	-,530	-,496	,438	1,283	,340	-,597	,054	-,398
	Rango	217	440	1154	245	232	358	19	20	32
	Mínimo	405	745	2031	49	32	58	6	5	-19
	Máximo	622	1185	3185	294	264	416	25	25	13
[u]	Media	382,85	816,62	2682,21	89,04	170,44	230,68	15,55	6,53	-10,81
	Mediana	390,00	809,00	2734,50	82,00	161,00	214,00	15,00	5,00	-11,00
	Moda	409	*860	*2198	*48	*51	*111	*14	*0	-11
	Desv. típ.	46,892	91,917	273,506	51,282	104,339	93,189	5,417	6,331	4,802
	simetría	-,286	,060	-,287	,803	,641	,443	,043	,647	,369
	Curtosis	-,221	-,420	-,299	-,040	-,161	-,390	-,759	-,241	-,457
	Rango	235	394	1047	215	447	366	23	26	19
	Mínimo	255	619	2198	19	18	85	3	-4	-19
	Máximo	490	1013	3245	234	465	451	26	22	0

Tabla 161.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico del euskara

Valores generales: vocales tónicas

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	332,53	2488,10	3045,05	90,40	175,25	221,59	11,45	9,78	11,74
	Mediana	340,00	2471,00	3033,00	92,00	171,50	206,00	12,00	8,00	10,00
	Moda	364	*2204	*2575	131	94	*166	14	7	*5
	Desv. típ.	44,100	223,224	291,113	38,476	68,073	63,562	3,796	6,387	6,218
	simetría	-,241	,304	,095	,236	,340	,939	,385	,183	,307

	Curtosis	-,846	-,789	-1,187	-1,122	-,446	1,889	-,231	-,459	-,920
	Rango	158	849	978	137	282	320	16	27	23
	Mínimo	249	2121	2575	32	55	112	5	-5	1
	Máximo	407	2970	3553	169	337	432	21	22	24
[e]	Media	496,30	2056,00	2833,44	78,97	197,13	216,72	17,45	10,58	9,79
	Mediana	493,50	2000,50	2852,00	73,00	173,50	199,00	16,00	11,00	8,00
	Moda	*488	1944	*2820	73	156	165	23	13	6
	Desv. típ.	51,837	157,846	244,481	48,338	84,004	79,652	5,565	4,744	7,378
	simetría	,057	,608	,064	,471	,775	,320	,543	-,126	,583
	Curtosis	-,814	-,755	-,769	-,718	-,212	-,930	-,648	-,705	-,515
	Rango	204	587	851	182	321	276	21	17	29
	Mínimo	399	1821	2414	12	71	81	10	2	-3
	Máximo	603	2408	3265	194	392	357	31	19	26
[a]	Media	788,10	1468,90	2561,05	183,50	195,80	262,79	17,75	15,50	5,58
	Mediana	798,50	1488,50	2523,00	175,50	202,50	245,00	17,00	15,00	7,00
	Moda	*655	*1179	*2201	106	*237	*119	17	*11	9
	Desv. típ.	75,549	195,413	286,380	76,997	57,197	113,003	1,832	4,274	6,535
	simetría	,132	,024	,372	,968	-,241	,336	1,210	,398	-,007
	Curtosis	-,509	-,867	-1,272	,203	-1,140	-,765	1,390	-,433	-1,370
	Rango	288	672	847	268	196	381	7	16	21
	Mínimo	655	1179	2201	96	82	119	15	9	-5
	Máximo	943	1851	3048	364	278	500	22	25	16
[o]	Media	521,97	961,89	2755,32	139,28	103,84	169,30	15,05	13,34	-4,32
	Mediana	526,00	982,50	2840,00	129,00	96,50	140,00	13,00	12,50	-3,00
	Moda	505	*999	*2228	*77	*66	*97	13	12	0
	Desv. típ.	36,096	97,982	331,921	56,798	38,852	87,663	4,454	4,425	7,000
	simetría	,494	-,487	-,773	,573	,912	1,260	,379	,472	,173
	Curtosis	,611	-,914	-,718	-,478	1,275	1,106	-,793	,473	-,116
	Rango	161	332	1043	219	188	358	17	20	32
	Mínimo	461	772	2134	50	32	58	8	5	-19
	Máximo	622	1104	3177	269	220	416	25	25	13
[u]	Media	393,29	800,97	2694,55	79,55	160,49	217,20	16,71	7,28	-10,89
	Mediana	413,50	807,00	2794,50	77,50	154,00	206,00	16,50	6,00	-11,00
	Moda	*330	*872	*2198	*36	61	*85	14	4	*-15
	Desv. típ.	51,743	95,715	321,293	43,880	90,850	87,057	5,040	6,050	5,109
	simetría	-,262	,046	-,244	,712	,418	,604	,189	,563	,597
	Curtosis	-1,225	-,730	-,782	-,231	-,742	-,053	-,982	-,510	-,139
	Rango	186	385	1047	164	322	317	18	23	19
	Mínimo	304	619	2198	19	33	85	8	-3	-19
	Máximo	490	1004	3245	183	355	402	26	20	0

Tabla 162.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico del euskara (vocales tónicas)

Valores generales: vocales átonas

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	354,18	2410,94	2889,75	82,59	172,81	189,44	13,88	10,06	11,19
	Mediana	350,00	2406,00	2878,00	70,50	174,00	182,00	13,50	11,50	12,00
	Moda	347	*2063	*2764	48	*119	*166	10	*6	16
	Desv. típ.	33,563	141,568	191,975	58,996	59,841	65,544	5,324	6,832	6,964
	simetría	-,459	-,084	-,020	2,429	,258	,847	-,065	-,159	-,065
	Curtosis	,064	,076	-,339	6,917	-,780	,508	-,456	-,069	,109
	Rango	141	638	797	267	225	268	22	32	31
	Mínimo	265	2063	2427	22	72	107	2	-6	-2
	Máximo	406	2701	3224	289	297	375	24	26	29
[e]	Media	488,78	1960,89	2787,23	105,14	205,97	206,17	15,56	8,23	7,77
	Mediana	502,50	1971,00	2763,00	78,50	186,00	171,00	16,00	8,00	7,00
	Moda	*490	*1881	*2562	*41	149	158	21	*3	8
	Desv. típ.	51,592	124,551	224,537	81,633	100,481	90,035	5,896	5,140	8,374
	simetría	-,353	-,120	,255	1,653	,651	,759	-,266	,337	,730
	Curtosis	-1,065	-,260	-,901	2,525	-,422	-,127	-,489	-,279	-,386
	Rango	184	523	781	349	364	348	25	21	30
	Mínimo	389	1687	2429	17	67	72	3	0	-3
	Máximo	573	2210	3210	366	431	420	28	21	27
[a]	Media	776,92	1454,64	2614,63	175,78	180,69	257,59	17,33	15,08	4,48
	Mediana	771,00	1428,50	2474,00	165,00	174,50	248,00	16,00	14,50	4,00
	Moda	*724	1512	*2131	168	*163	118	14	15	0
	Desv. típ.	74,369	168,380	296,949	81,006	76,053	135,167	3,971	4,837	5,840
	simetría	-,048	,319	,108	1,013	,684	,253	,298	,724	,287
	Curtosis	-,864	-,828	-1,342	,621	,485	-,871	-,955	,741	-1,062
	Rango	287	607	954	306	331	471	15	23	20
	Mínimo	632	1178	2131	78	60	56	10	5	-5
	Máximo	919	1785	3085	384	391	527	25	28	15
[o]	Media	510,47	980,03	2724,71	119,44	128,48	180,25	16,29	12,09	-4,50
	Mediana	517,00	1000,00	2835,00	105,50	128,00	140,50	16,00	12,00	-4,00
	Moda	517	1002	*2031	100	*72	*100	16	13	*-9
	Desv. típ.	40,826	108,602	337,912	51,532	44,697	100,559	4,034	3,811	6,472
	simetría	-,614	-,531	-1,017	1,396	,909	1,035	-,101	,196	,032
	Curtosis	-,252	-,211	-,100	2,787	1,776	,219	,312	-1,111	-,406
	Rango	159	419	1154	245	219	330	18	13	27
	Mínimo	405	745	2031	49	45	72	6	6	-17
	Máximo	564	1164	3185	294	264	402	24	19	10
[u]	Media	376,00	838,40	2693,58	92,19	183,80	258,33	14,91	5,80	-11,27
	Mediana	378,50	823,00	2717,00	85,00	165,50	260,50	14,50	5,00	-11,00
	Moda	*368	*735	*2328	85	169	*97	19	*0	-5
	Desv. típ.	33,428	82,557	166,684	52,289	121,153	104,229	5,281	6,573	4,429

	simetría	-,949	,570	-,986	,823	,647	,084	,174	,954	-,031
	Curtosis	1,686	-,365	,726	,229	-,352	-,395	-,906	,480	-1,017
	Rango	160	314	572	210	447	354	19	26	13
	Mínimo	276	699	2328	24	18	97	6	-4	-18
	Máximo	436	1013	2900	234	465	451	25	22	-5

Tabla 163.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico del euskara (vocales átonas)

Valores generales: vocales situadas en la primera sílaba

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	336,83	2419,72	2915,61	89,29	175,39	205,28	11,54	9,36	10,19
	Mediana	342,00	2427,00	2903,00	99,00	187,00	200,00	10,00	8,00	9,00
	Moda	*327	*2204	3178	*53	*94	*166	10	*4	9
	Desv. típ.	38,634	152,130	198,456	33,149	69,574	65,067	3,633	6,762	6,524
	simetría	-,037	,123	,098	,166	,367	,685	,689	,046	,109
	Curtosis	-,543	-,182	-,596	-,697	-,530	,269	-,145	-,409	-,827
	Rango	142	652	750	134	282	268	14	28	26
	Mínimo	265	2121	2575	35	55	107	6	-6	-2
	Máximo	407	2773	3325	169	337	375	20	22	24
[e]	Media	491,56	1977,54	2803,43	82,42	201,31	207,69	16,78	9,46	8,57
	Mediana	494,50	1958,00	2822,00	73,00	173,00	183,00	16,00	10,00	8,00
	Moda	550	1958	2763	*41	*69	*158	16	13	8
	Desv. típ.	50,756	108,289	244,078	48,071	96,821	76,760	5,238	4,533	7,961
	simetría	-,192	,214	,023	,752	,571	,553	,655	,059	,608
	Curtosis	-,847	-,133	-,930	-,104	-,894	-,767	,290	-,564	-,578
	Rango	194	474	824	182	337	287	23	17	29
	Mínimo	389	1736	2414	12	69	81	8	2	-3
	Máximo	583	2210	3238	194	406	368	31	19	26
[a]	Media	797,11	1462,00	2595,28	195,17	187,81	261,24	17,89	15,61	4,14
	Mediana	803,00	1456,50	2572,00	187,50	180,50	248,00	17,00	15,00	2,00
	Moda	*796	*1178	*2201	106	*163	312	17	15	*-2
	Desv. típ.	72,848	184,397	265,783	88,988	54,434	116,863	3,059	3,901	6,496
	simetría	-,028	,183	,178	,651	-,240	,119	,257	,534	,292
	Curtosis	-,850	-,837	-1,291	-,629	-,985	-1,004	,532	-,186	-1,291
	Rango	288	673	847	305	196	443	15	16	21
	Mínimo	655	1178	2201	79	82	57	10	9	-5
	Máximo	943	1851	3048	384	278	500	25	25	16
[o]	Media	513,94	963,77	2738,48	125,94	115,09	158,73	15,60	12,57	-4,36
	Mediana	523,00	980,00	2826,00	115,00	109,00	136,00	15,00	13,00	-4,00
	Moda	*466	*980	*2738	*72	*66	*100	13	*11	*-9
	Desv. típ.	34,858	101,784	331,838	53,607	40,338	76,393	4,188	4,097	6,721
	simetría	-,357	-,620	-1,016	1,258	,956	1,395	,103	-,095	,612
	Curtosis	-1,206	-,705	-,060	1,055	,815	1,888	-,766	-,822	-,084

	Rango	113	359	1154	216	160	339	16	16	27
	Mínimo	451	745	2031	53	60	58	8	5	-14
	Máximo	564	1104	3185	269	220	397	24	21	13
[u]	Media	380,48	816,72	2613,38	76,76	186,09	213,48	16,33	5,28	-10,55
	Mediana	386,00	807,50	2684,00	63,00	168,50	203,00	16,00	4,50	-10,50
	Moda	*390	806	*2198	48	238	*111	19	*4	-5
	Desv. típ.	44,768	77,893	239,066	42,259	94,541	84,292	5,066	5,601	4,536
	simetría	-,236	,501	-,765	,734	,147	,554	,112	,975	,204
	Curtosis	-,342	,027	-,765	-,278	-,512	-,088	-,896	1,046	-1,006
	Rango	194	309	724	148	358	308	19	24	15
	Mínimo	276	695	2198	24	24	94	7	-4	-17
	Máximo	470	1004	2922	172	382	402	26	20	-2

Tabla 164.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico del euskara (primera sílaba)

Valores generales: vocales situadas en la segunda sílaba

		Pico1	Pico 2	Pico 3	F1_B	F2_B	F3_B	F1_dB	F2_dB	F3_dB
[i]	Media	347,54	2480,20	3021,18	84,59	172,93	206,97	13,49	10,40	12,67
	Mediana	349,00	2451,50	2937,00	69,00	169,00	195,00	13,00	10,00	14,00
	Moda	*267	*2063	2764	48	216	*166	14	6	*14
	Desv. típ.	42,541	219,454	298,006	59,812	59,190	67,862	5,350	6,416	6,425
	simetría	-,851	,374	,182	2,021	,218	,874	-,067	-,004	,085
	Curtosis	,083	-,565	-1,078	4,845	-,680	1,664	-,456	-,091	,280
	Rango	157	907	1126	267	222	320	22	31	31
	Mínimo	249	2063	2427	22	72	112	2	-5	-2
	Máximo	406	2970	3553	289	294	432	24	26	29
[e]	Media	493,80	2041,43	2818,90	99,43	201,20	215,36	16,35	9,50	9,08
	Mediana	496,50	2005,00	2811,00	83,50	185,50	219,00	16,00	9,50	8,00
	Moda	494	*1881	*2429	*73	*149	*165	*11	*0	7
	Desv. típ.	52,810	174,909	229,125	80,220	87,885	91,384	6,262	5,501	7,895
	simetría	-,091	,277	,334	1,637	,916	,493	-,172	,043	,601
	Curtosis	-,875	-,600	-,752	2,821	,551	-,533	-,686	-,782	-,401
	Rango	204	721	836	350	364	348	25	21	30
	Mínimo	399	1687	2429	16	67	72	3	0	-3
	Máximo	603	2408	3265	366	431	420	28	21	27
[a]	Media	751,75	1455,65	2587,76	148,60	183,00	257,18	16,75	14,55	6,29
	Mediana	750,50	1415,50	2445,00	159,50	165,00	245,00	15,50	13,50	6,00
	Moda	746	1512	*2131	168	*60	*56	14	11	0
	Desv. típ.	69,372	166,996	337,487	44,745	92,774	141,995	3,796	5,717	5,229
	simetría	,003	,235	,265	-,047	,731	,438	,548	,869	,272
	Curtosis	-,834	-,911	-1,555	-,756	-,205	-,651	-,854	,590	-1,312
	Rango	238	559	954	155	331	471	13	23	15
	Mínimo	632	1190	2131	78	60	56	11	5	0

	Máximo	870	1749	3085	233	391	527	24	28	15
[o]	Media	519,08	976,69	2745,91	133,82	115,50	189,78	15,66	12,94	-4,44
	Mediana	517,00	999,50	2845,50	129,00	115,50	176,50	15,50	12,00	-3,00
	Moda	*505	*999	*2773	*70	*72	*64	13	12	0
	Desv. típ.	41,953	104,641	337,900	56,602	46,347	106,131	4,419	4,289	6,839
	simetría	-,134	-,368	-,746	,624	,888	,859	,170	,869	-,354
	Curtosis	1,079	-,431	-,782	,235	1,929	-,293	-,328	,798	-,310
	Rango	217	392	1021	245	232	352	19	19	29
	Mínimo	405	772	2156	49	32	64	6	6	-19
	Máximo	622	1164	3177	294	264	416	25	25	10
[u]	Media	389,76	818,66	2848,45	92,97	157,06	269,18	15,49	7,85	-12,00
	Mediana	399,00	821,00	2855,00	85,00	132,00	265,00	15,00	6,50	-12,50
	Moda	*330	861	*2328	*60	*18	*85	16	*10	-9
	Desv. típ.	45,111	103,258	269,262	51,919	113,841	105,682	5,342	6,716	5,395
	simetría	-,101	-,042	-,483	,760	1,080	-,012	,204	,460	1,050
	Curtosis	-,633	-,713	,309	,093	,516	-,433	-,861	-,722	2,020
	Rango	188	394	917	215	447	366	20	25	19
	Mínimo	302	619	2328	19	18	85	6	-3	-19
	Máximo	490	1013	3245	234	465	451	26	22	0

Tabla 165.- Estadísticos descriptivos del timbre vocálico del euskara (segunda sílaba)

ANEXO 11: RECENSIÓN

Las vocales en euskara (1995)

El libro de *Las vocales en euskara* (1995) es el cuarto volumen de la serie *Análisis acústico de la lengua vasca*, que comenzó con *Las sibilantes en el vizcaíno* (1988), continuó con *Las sibilantes en el guipuzcoano* (1989) y *Las sibilantes en los dialectos orientales* (1991), y finalizó con *Las secuencias vocálicas en euskara* (1998)¹⁸⁴. El equipo de investigación inicial, responsable de los tres primeros volúmenes, estaba formado por Hernán Urrutia, Maitena Etxebarria, Itziar Túrrez y Juan Carlos Duque. En los libros referidos al vocalismo, Juan Carlos Duque es sustituido por Alexander Iribar. Toda la serie contó con la supervisión científica de Antonio Quilis.

El material lingüístico analizado en toda la serie se consiguió mediante 33 encuestas lingüísticas realizadas en otras tantas localidades pertenecientes a las variedades del euskara señaladas por Yrizar (1981: 39-45). Los 33 informantes encuestados son varones de entre 35 y 87 años, con el euskara como lengua materna y sin alfabetizar en dicha lengua. La encuesta utilizó el procedimiento de traducción inversa: el informante debía dar la expresión en euskara del término que el encuestador le proporcionaba en castellano o francés, según los casos.

Prácticamente todas las encuestas se realizaron en el domicilio del informante. Las entrevistas fueron grabadas en cintas BASF (Ferro LH HiFi DP 26 de 366 m/1201' de duración) mediante una grabadora UHER 4000 Report Monitor.

El cuestionario se compone de 277 términos o preguntas, correspondientes al léxico común, en su mayoría sustantivos. Los contextos vocálicos específicos, tanto tónicos como átonos, son los siguientes:

- Vocal inicial (sílabas libres)
- Vocal inicial + consonante (sílabas trabadas)
- Consonante + vocal medial (sílabas libres)
- Vocal medial + consonante (sílabas trabadas)
- Consonante + vocal final (sílabas libres)
- Vocal final (sílabas libres)

Puesto que analizar todas las vocales recogidas era materialmente imposible, se seleccionó una amplia muestra (varios miles, en total) de las vocales de cada informante, manteniendo la variedad de contextos indicada.

¹⁸⁴ Todo el trabajo se desarrolló gracias a sucesivas ayudas a proyectos de investigación otorgadas por el Ministerio de Educación y Ciencia. Este volumen, en concreto, corresponde al proyecto de investigación financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y tecnología (C.I.C.Y.T.) del Ministerio de educación y Ciencia durante el período 1993-1996.

El análisis acústico se realizó mediante un sonógrafo DSP 5500 de la Kay Elemetric Corporation. Se midió la duración y la altura media de los tres primeros formantes de cada vocal, directamente sobre la gráfica de un análisis espectrográfico obtenido con una frecuencia de entrada de 8 KHz. y un ancho de banda de 300 Hz.

Los datos obtenidos se procesaron con el programa estadístico SPSS. Se tuvieron en cuenta las siguientes variables lingüísticas, además de las propias de identificación de cada caso:

- Elemento anterior
- Elemento posterior
- Posición tónica/átona
- Posición libre/trabada
- Duración
- F1
- F2
- F3

Los resultados del análisis se presentan separadamente en cada uno de los siete dialectos distinguidos (según Yrizar 1981: 39-45). Se proporcionan los datos acústicos, y los triángulos resultantes, de las vocales tónicas y átonas, libres y trabadas. Se cruzan seguidamente los datos de las dos variables, y se presentan, por último, los datos generales del vocalismo del dialecto en cuestión.

Para el presente trabajo, puede tener interés colocar, en una misma carta de formantes, los triángulos vocálicos de los tres dialectos relacionados con el castellano: vizcaíno, guipuzcoano y alto navarro septentrional:

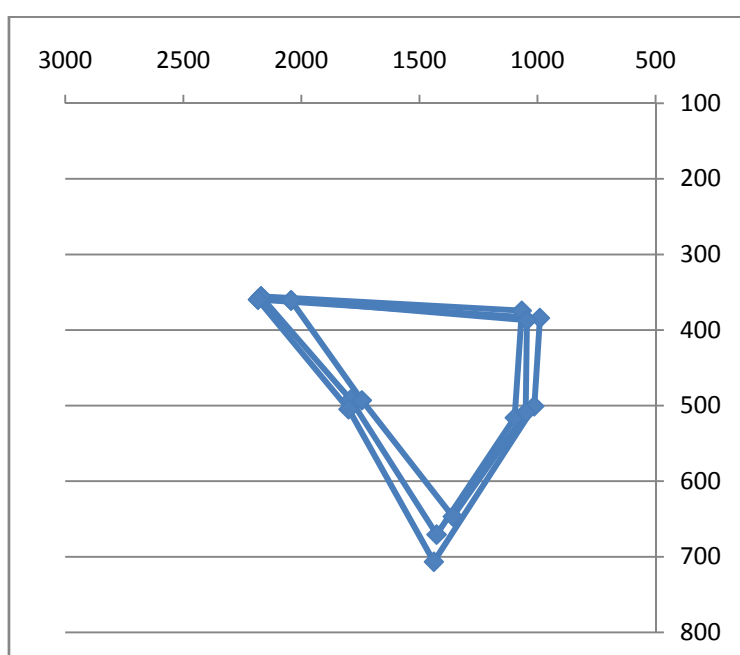
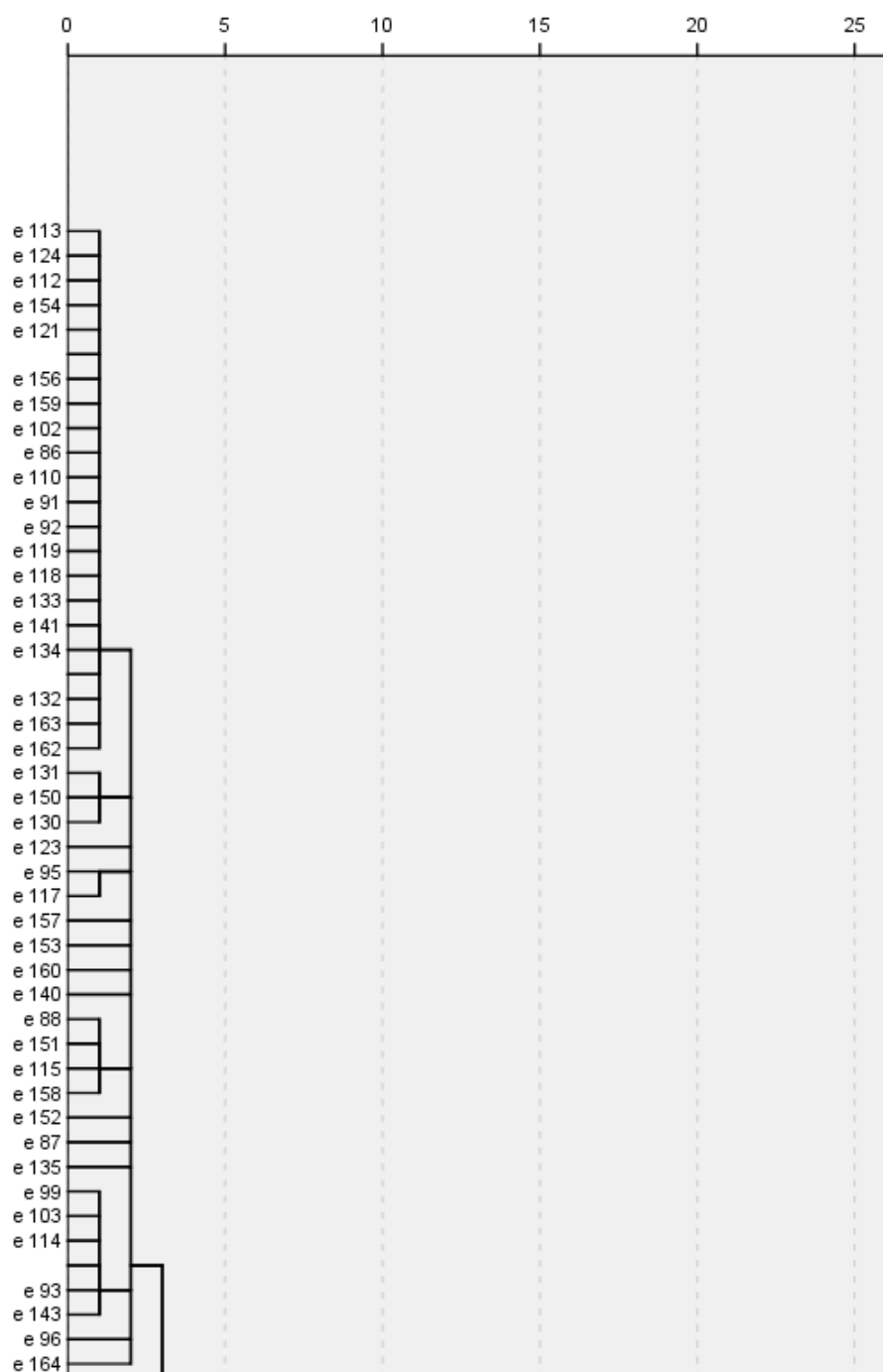
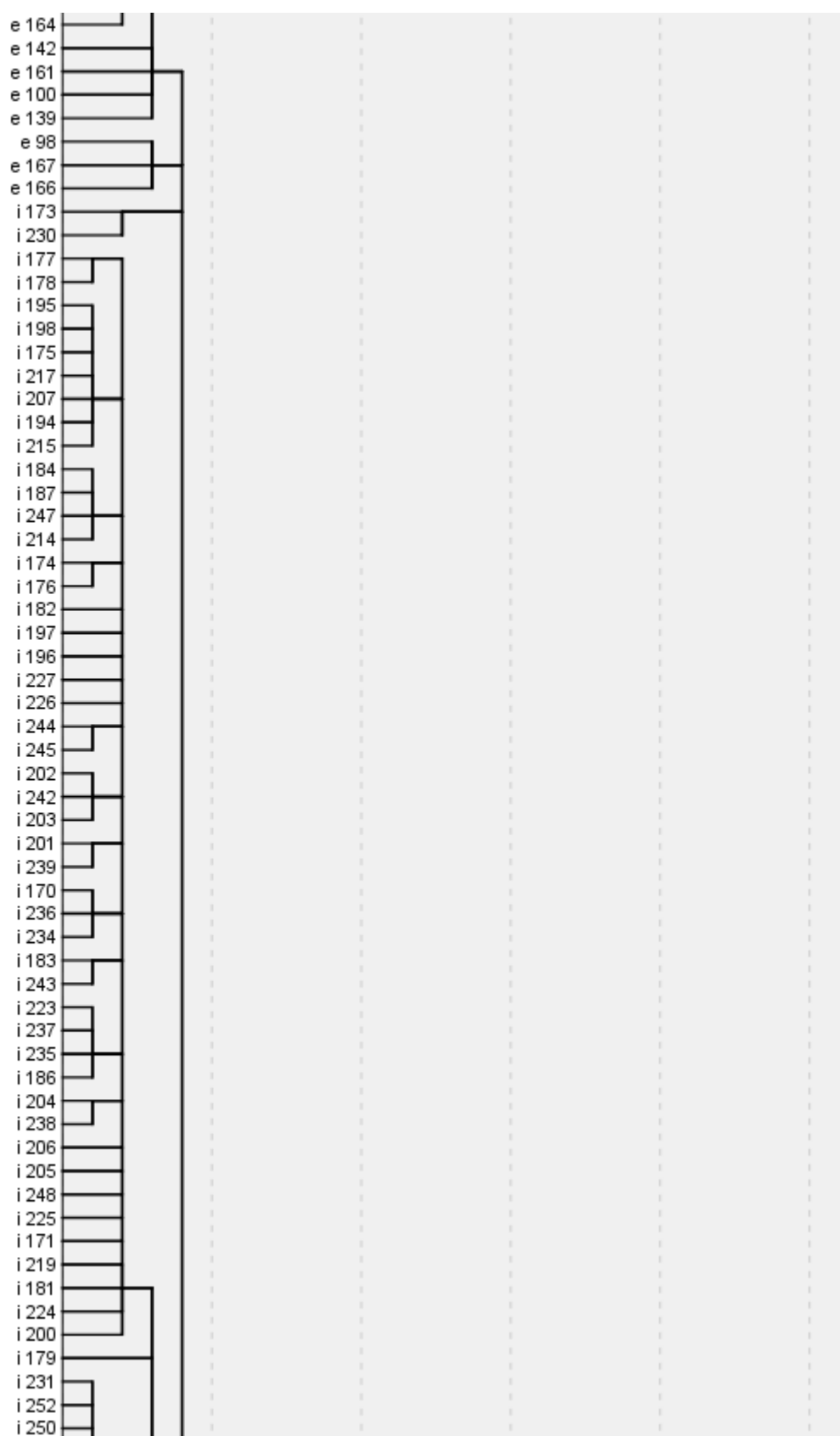


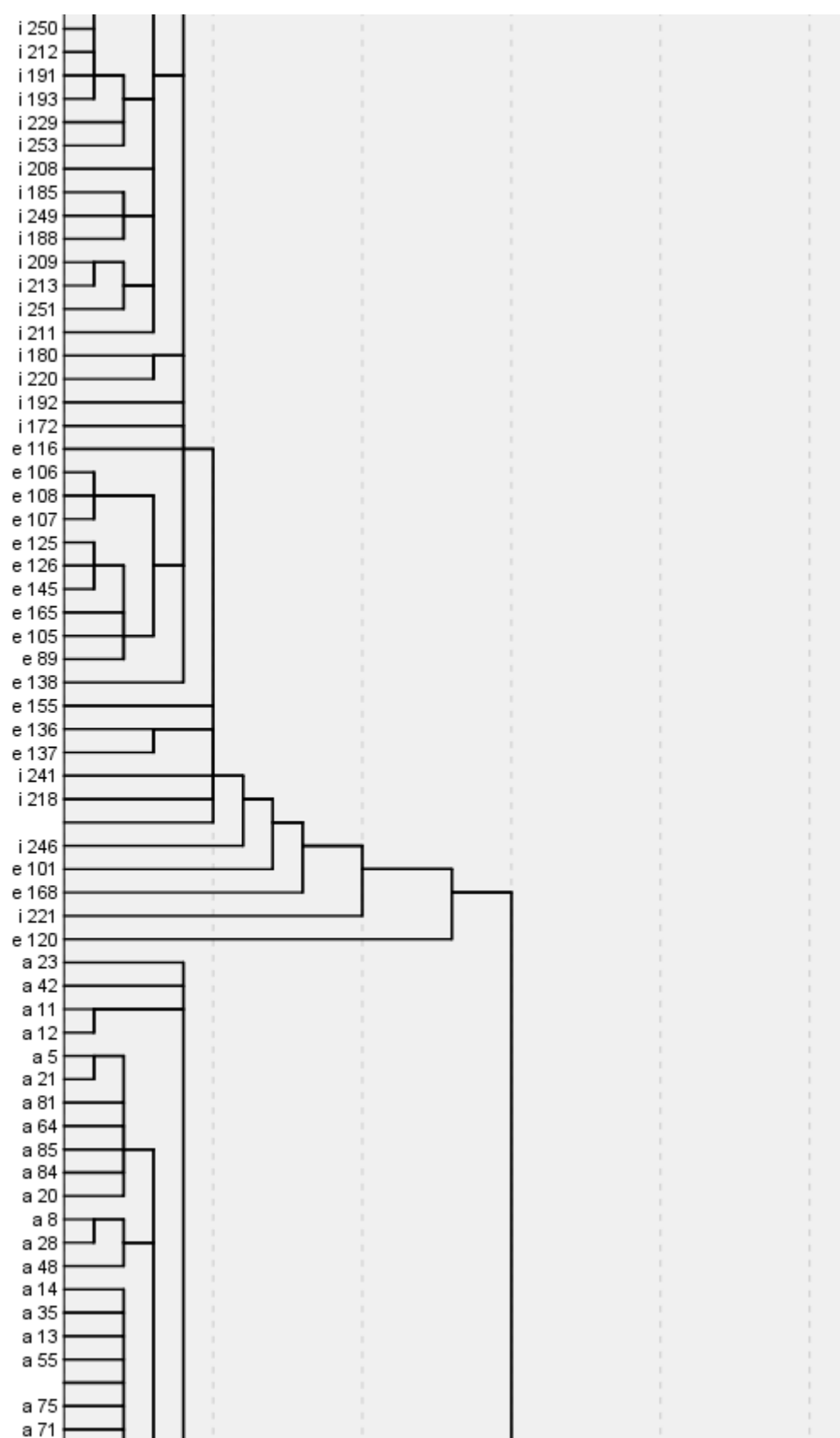
Figura 196.- Triángulos vocálicos de tres dialectos vascos

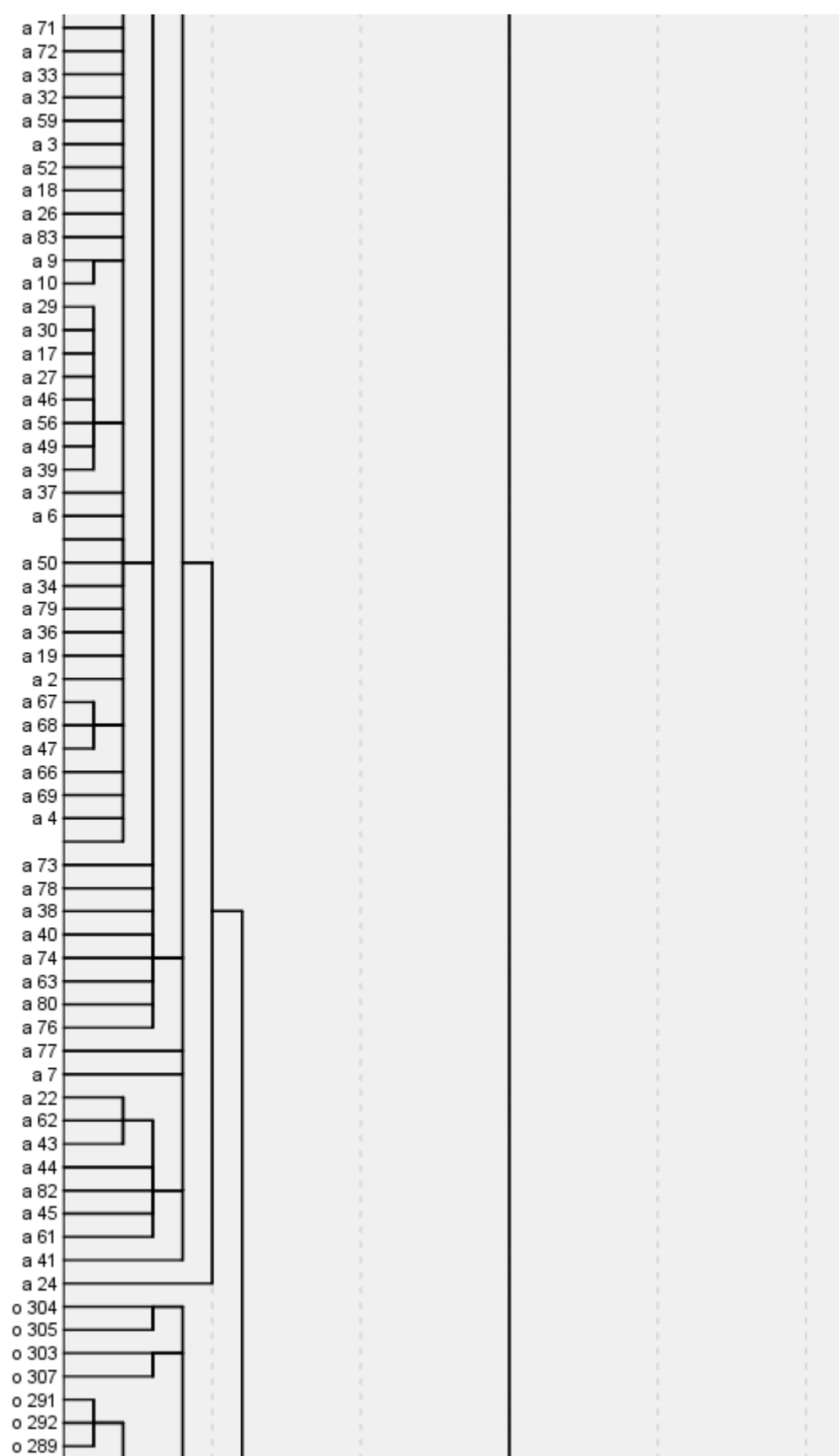
ANEXO 12: DENDROGRAMA DE DATOS COMPLETOS

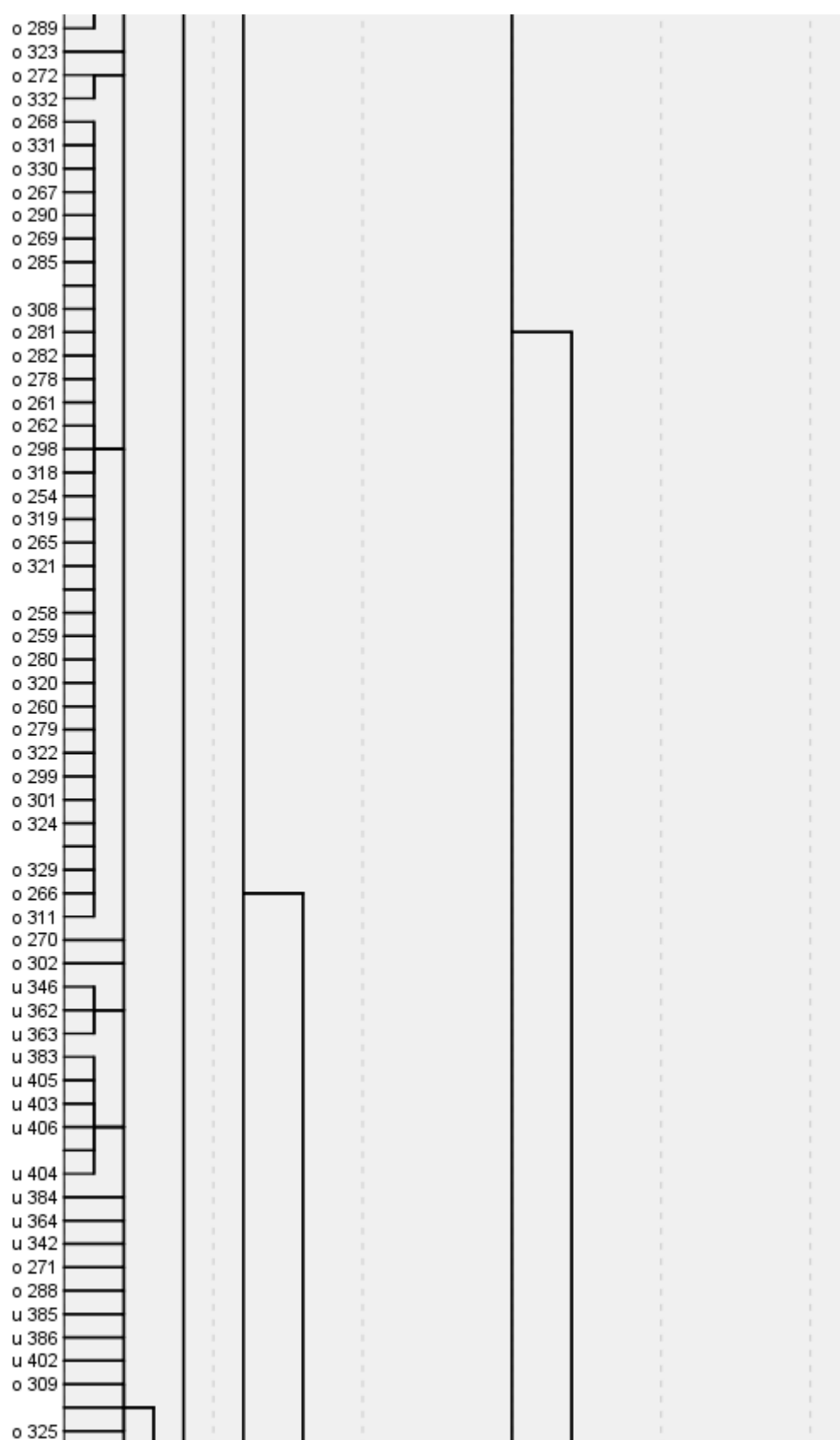
A continuación se muestra un ejemplo de dendrograma obtenido con la totalidad de las vocales manejadas en el estudio. La combinación de variables manejada para la prueba no importa; basta observar que las vocales quedan bien ordenadas, con las inevitables inclusiones de algunos pocos casos de vocales cercanas. En cierto modo, este dendrograma, frente a otro equivalente que se realizase sólo con los datos medios, vendría a ser como un gráfico de áreas de dispersión frente a otro con el triángulo acústico de los valores medios correspondientes.











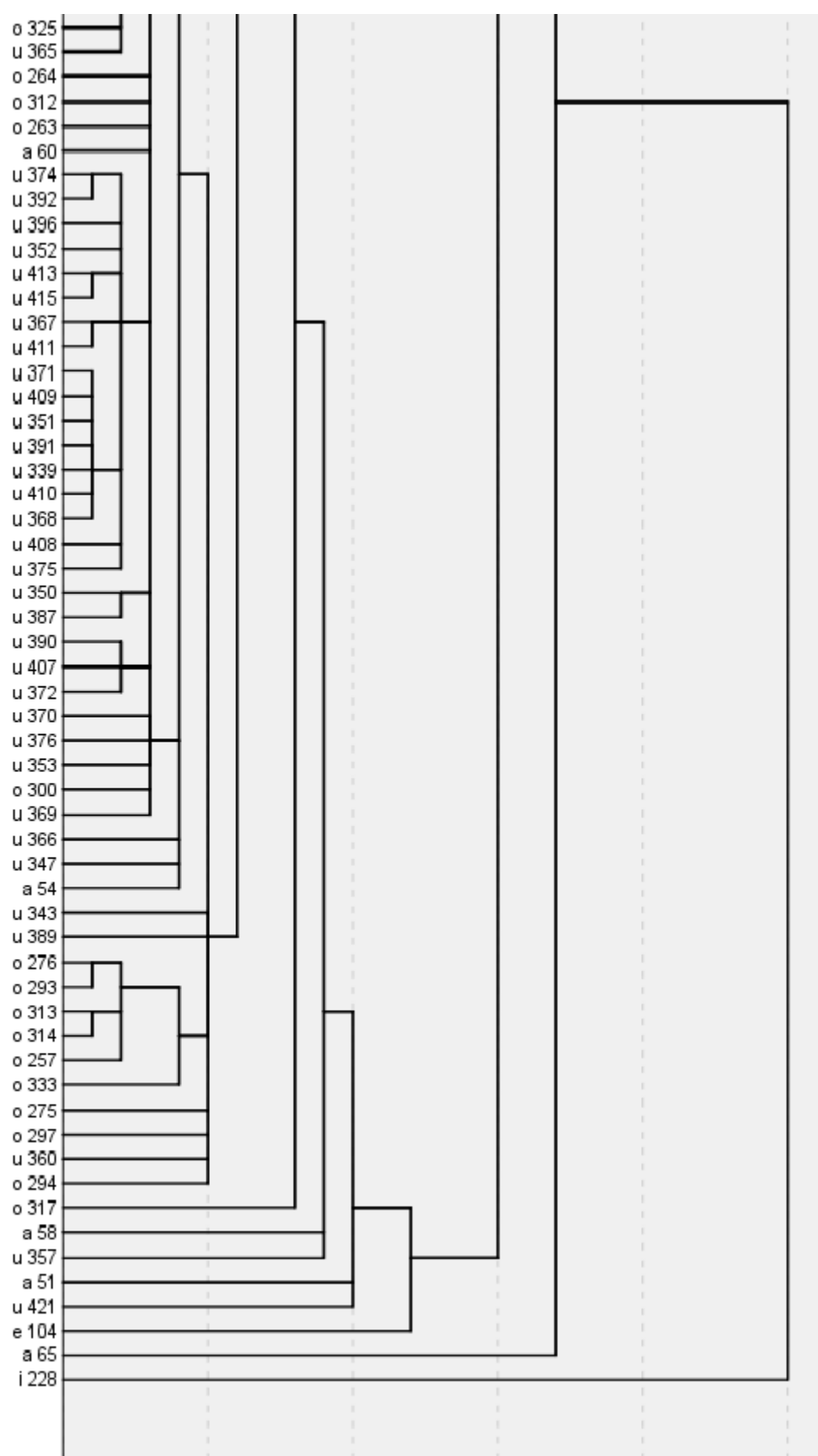


Figura 197.- Dendrograma del conjunto de los datos

REFERENCIAS

- Abramson, A.S.; Cooper, F.S. (1963): "Slow motion x-ray pictures with stretched speech as a research tool", *Journal of the Acoustical Society of America*, 35, pp. 1888-1889.
- Alarcos, E. (1950): *Fonología española*, Madrid: Gredos.
- Albalá, M.^a J. et al. (2008): "Vile: nuevos datos acústicos sobre vocales del español", en Pamies, A.; Melguizo, E. (eds.): *New trends in experimental phonetics: selected papers from the IVth international conference on experimental phonetics*, Language design, special issue, Granada, pp. 1-14. [On line: http://liceu.uab.cat/~joaquim/phonetics/VILE/VILE_IVCFE08_Vocales.pdf]
- Albalá, M.^a J.; Marrero, V. (1995): "La intensidad de los sonidos españoles", *Revista de Filología Española*, 75, 1-2, pp. 105-132. [On line : <http://digital.csic.es/bitstream/10261/12448/1/20090420141501740.pdf>]
- Alioua, a. (1991/1992) : "De la corrélation entre la durée et l'aperture des voyelles brèves en arabe littéral", *Travaux de l'institute de phonétique de Strasbourg*, 22, pp. 1-8.
- Almeida, M. (1999): *Tiempo y ritmo en el español canario. Un estudio acústico*, Madrid: Iberoamericana.
- Anthony, J.F.K. (1964): "Replica of the vocal tract", *UCLA Working Papers in Phonetics*, 1, pp. 10-14.
- Arai, T. (2001): "The replication of Chiba and Kajiyama's mechanical models of the human vocal cavity", *Journal of the Phonetic Society of Japan*, vol. 5, n.º 2, pp. 31-38. [On line: http://www.splab.net/papers/2001/2001_06.pdf]
- Arai, T. (2004): "History of Chiba and Kajiyama and their influence in modern speech science", *Form Sound to Sense*, MIT, C-115-120. [On line: <http://www.rle.mit.edu/soundtosense/conference/pdfs/fulltext/Saturday%20Posters/SB-Arai-STS.pdf>]
- Badin, P.; Bailly, G.; Raybaudi, M.; Segebarth, C. (1998): "A tree-dimensional linear articulatory model based on MRI data", *Proceedings of the Third ESCA/CODOSCA International Workshop on Speech Synthesis*, pp. 249-254.
- Badin, P.; Perrier, P.; Boë, L.-J.; Abry, C. (1990): "Vocalic nomograms: Acoustic and articulatory considerations upon formant convergences", *Journal of the Acoustical Society of America*, 87, pp. 1290-1300.
- Baer, T.; Gore, J.C.; Boyce, S.; Nye, P.W. (1987): "Application of RMI to the analysis of speech production", *Magnetic Resonance Imaging*, 5, pp. 1-7.

- Baer, T.; Gore, J.C.; Gracco, L.W.; Nye, P.W. (1991): "Analysis of vocal tract shape and dimensions using magnetic resonance imaging", *Journal of the Acoustical Society of America*, 90, pp. 799-828.
- Bell, A.M. (1867): *Visible Speech*, London.
- Blecua, B.; Acín, V. (1995): "Propuesta de un modelo de intensidad vocálica del castellano y el catalán aplicable a un sistema de conversión de texto a habla", *Procesamiento del lenguaje natural*, 17, pp. 257-271.
- Boe, L-J.; Perrier, P.; Sock, R. (1988): "Exploitation du modèle articulatoire du CNET. Mise en place d'une base de données articulatoire", *Rapport intermédiaire. Institut de la Communication Parlée*, Unité Associée au C.N.R.S. No. 368, Institut de Phonetique de Grenoble, Juillet.
- Borzzone, A.M. (1980): *Manual de fonética acústica*, Buenos Aires: Hachette.
- Buchaillard, S. (2007): *Activations musculaires et mouvements linguaux: modélisation en parole naturelle et pathologique*, tesis doctoral, Universidad Grenoble-I, Grenoble. [on line: www.afcp-parole.org/doc/theses/these_SB07.pdf]
- Canals, M. (2008): "Historia de la resonancia magnética desde Fourier a Lauterbur y Mansfield: en ciencias, nadie sabe para quién trabaja", *Revista chilena de radiología*, 14-1, pp. 39-45. [On line: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082008000100009]
- Catford, I. (1981): "Observations on the recent history of vowel classification", *Towards a History of Phonetics. Papers contributed in honour of David Abercrombie*, R.E. Asher & E.J.T. Henderson (eds.), Edinburgh: Edinburgh University Press, pp. 19-32.
- Chiba, T.; Kajiyama, M. (1941): *The vowel: Its nature and structure*, Tokio: Tokyo-Kaiseikan Pub. Co. Ltd.
- Connel, B. (2002): "Tone languages and the universality of intrinsic f0: evidence from Africa", *Journal of Phonetics*, 30, pp. 101-129. [On line: <http://www.orthographyclearinghouse.org/Papers%20for%20website/Tone%20languages%20and%20the%20Universality%20of%20Intrinsic%20F0.pdf>]
- Cortés Carreres, S. García Perales, V. (eds.) (2009): *La historia interna del Atlas Lingüístico de la Península Ibérica (ALPI). Correspondencia (1910-1976)*, Valencia: Universitar de València.
- Crandall, J. B. (1925): "The sounds of speech", *Bell System Technical Journal*, 4, pp. 586-626.

- Dang, J.; Honda, K. (2002): "Estimation of vocal tract shapes from speech sounds with a physiological articulatory model", *Journal of Phonetics*, 30(3), pp. 511–532. [On line: <http://www.jaist.ac.jp/~jdang/DangLabHomePage/Dangjianwu-speech%20production-Jphonetics-2002.pdf>]
- Dang, J.; Honda, K. (2004): "Construction and control of a physiological articulatory model", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115(2), pp. 853–870.
- Delattre, P. (1951): "The Physiological interpretation of sound spectrograms", *PMLA*, 66-5, pp. 863-875. [On line: <http://web.haskins.yale.edu/Reprints/HL0005.pdf>]
- Delattre, P. (1965): *Comparing the phonetic features of english, french, german and spanish*, Heidelberg: Chilton, Groos.
- Delattre, P. (1967): "Acoustic or articulatory invariance", *The General Phonetic Characteristics of Languages*, Santa Bárbara, Universidad de California, pp. 176-219.
- Delattre, P., Liberman, A. M., Cooper, S. F., Gerstman, L. J. (1952): "An experimental study of the acoustic determinants of vowel color: observations on one- and two-formant vowels synthesized from spectrographic patterns", *Word*, 8-3, 195-210. [On line: <http://www.haskins.yale.edu/Reprints/HL0009.pdf>]
- Demolin, D.; Metens, T.; Soquet, A. (1996): "Three-dimensional measurements of the vocal tract by MRI", *Proceedings of the 4th ICSLP*, vol. 1, pp. 788-792. [On line: <http://www.asel.udel.edu/icslp/cdrom/vol1/766/a766.pdf>]
- Elejabeitia, A.; Iribar, A.; Pagola, R.M. (2008a): "Nuevos datos acerca de la articulación de las sibilantes vascas", en Pamies, A.; Melguizo, E. (eds.): *New trends in experimental phonetics: selected papers from the IVth International Conference on Experimental Phonetics*, Language Design, Special Issue, 1, págs. 55-62. [On line: http://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Presentaciones/2008_DAREMOSE_IVCFE/2008_Daremore_IVCFE.ppt]
- Elejabeitia, A.; Iribar, A.; Pagola, R.M. (2008b): "La prosodia del castellano en tres ciudades vascas: oraciones con y sin expansión en el SN", en Pamies, A.; Amorós, M.C.; Pazos, J.M. (eds.): *Experimental Prosody*, Language Design, Special Issue, 1, págs. 147-154. [On line: http://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Presentaciones/2008_AMPER_IVCFE/2008_AMPER_IVCFE.ppt]
- Elejabeitia, A.; Iribar, A.; Pagola, R.M. (2008c): "El cine-MRI aplicado a la descripción de las sibilantes vascas", *Estudios de Fonética Experimental*, XVIII, págs.145-160. [On line: <http://stel.ub.edu/labfon/sites/default/files/XVIII-13.pdf>]

- Elejabeitia, A.; Iribar, A.; Pagola, R.M.; Feijóo, B. (2007): "Rasgos prosódicos del castellano de Araba", en Dorta, J. (ed.): *La prosodia en el ámbito lingüístico románico*, La Página ed., Santa Cruz de Tenerife, págs. 245-269. [On line: http://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Trabajos/AMPER_Tenerife_cap11.pdf]
- Engwall, O. (2002): *Tongue talking. Studies in intraoral speech synthesis*, tesis doctoral, KTH, Estocolmo. [on line: <http://www.speech.kth.se/prod/publications/files/828.pdf>]
- Engwall, O. (2003): "Combining MRI, EMA & EPG in a three-dimensional tongue model", *Speech Communication*, 41, pp. 303-329. [On line: <http://aune.lpl.univ-aix.fr/~ghio/doc/bib-2003-spcom-engwall.pdf>]
- Etxebarria, P. (1990): *Zaldibiako bokalen azterketa akustikoa*, Donostia: Mundaiz, Universidad de Deusto.
- Etxebarria, M.; Iribar, A.; Túrrez, I.; Urrutia, H. (1998): *Fonética vasca 5. Las secuencias vocálicas en euskera*, Bilbao: FBV.
- Fant, G. (1960): *Acoustic theory of speech production. With calculations based X-ray studies of Russian articulations*, The Hague-Paris: Mouton, 1970.
- Fant, G. (1965): "Formants and cavities", *Proceedings of the Fifth International Congress of Phonetic Sciences*, Zwirner, E.; Bethge, W. (eds.), Karger, Basel, pp. 120-140.
- Fant, G. (1992): "Vocal tract area functions of swedish vowels and a new three parameter model", *Proceedings of the 2nd ICSLP*, pp. 807-810.
- Fernández Planas, A.M.^a (1993): "Estudio del campo de dispersión de las vocales castellanas", *Estudios de Fonética Experimental*, V, pp. 129-162. [On line: <http://www.raco.cat/index.php/EFE/article/viewFile/144360/257235>]
- Fernández Planas, A.M.^a (2007): "Cuestiones metodológicas en la palatografía dinámica y clasificación electropalatográfica de las vocales y de algunas consonantes linguales del español peninsular", *Estudios de fonética experimental*, XVI, pp. 11-80. [On line: <http://stel.ub.edu/labfon/sites/default/files/XVI-5.pdf>]
- Figueras, C.; Santiago, M. (1993): "Investigaciones sobre la naturaleza del acento a través del visi-pitch", *Estudios de Fonética Experimental*, V, pp. 81-112. [On line: <http://www.raco.cat/index.php/EFE/article/viewFile/144358/260366>]

- Fischer-Jørgensen (1985): "Some basic vowel features", *Phonetic Linguistics. Essays in Honor of Peter Ladefoged*, V.A. Fromkin (ed.), Orlando: Academic Press, pp. 79-99.
- Foldvik, A-K., Kristianse, U.; Kvaerness, J. (1993): "A time-envolving three-dimensional vocal tract model by means of magnetic resonance imaging (MRI)", *Proceedings of Eurospeech'93*, pp. 557-558.
- Fontecave, J.; Berthommier, F. (2006): "Articulatory Synthesis driven by geometrical contours of the vocal tract extracted from cineradiographic data", *7th International Seminar on Speech Production*, Ubatuba, Brazil. [On line: <http://membres-timc.imag.fr/Julie.Fontecave/issp06.pdf>]
- Fontecave, J.; Berthommier, F. (2009): "A Semi-Automatic Method for Extracting Vocal-Tract Movements from X-Ray Films", *Speech Communication*, 51-2, pp. 97-115. [On line: <http://membres-timc.imag.fr/Julie.Fontecave/icslp06.pdf>]
- Fourier, J.B. (1822): *Teoría analítica del calor*, Madrid: Universidad politécnica, 1992.
- Fujita, S.; Dang, J.; Honda, K. (2006a): "A study on articulatory movements of pathological tongue based on a 3D physiological articulatory simulator", *Conference on Motor Speech: Motor Speech Disorders and Speech Motor Control*.
- Fujita, S.; Dang, J.; Suzuki, N.; Honda, K. (2006a): "Modeling asymmetrical movements of normal and pathological tongue", *Proceedings of the 7th International Seminar on Speech Production*, Ubatuba, Brasil, pp. 387-394. [On line: <http://cs.tju.edu.cn/faculty/jdang/myPaper/ISSP06fujita.pdf>]
- Fujimura, O.; Kiritani, S.; Ishida, H. (1973): "Computer controlled radiography for observation of movements of articulatory and other human organs," *Computers in Biology and Medicine*, 3-4, pp. 371-378.
- Gérard, J.-M. (2004): *Un modèle biomécanique tridimensionnel de la langue*, tesis doctoral, Institut National Polytechnique de Grenoble. [On line: http://membres-timc.imag.fr/Yohan.Payan/PhD/PhD_Manuscript_Gerard_2004.pdf]
- Gérard, J.-M.; Perrier, P.; Payan, Y. (2006): "3D biomechanical tongue modelling to study speech production", *Speech Production: Models, Phonetic Processes, and Techniques*, Harrington, J.; Tabain, M. (eds.), New-York: Psychology Press, pp. 85-102.
- Gérard, J.-M.; Wilhelms-Tricarico, R.; Perrier, P.; Payan, Y. (2003): "A 3D dynamical biomechanical tongue model to study speech motor control", *Recent Research Developments in Biomechanics*, 1, pp. 49-64. [On line: <http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0606/0606148.pdf>]

- Gick, B.; Kang, M.; Whalen, D. (2000): "MRI and x-ray evidence for commonality in the dorsal articulation of English vowels and liquids", *Proceeding of the 5th Speech Production Seminar: Models and data & CREST Workshop on Models of Speech Production: Motor Planning and Articulatory Modelling*, pp. 69-72. [On line: <http://aune.lpl.univ-aix.fr/~ghio/doc/Bib-2000-SProd-Gick.pdf>]
- Gurlekian, J.A.; Elisei, N.; Eleta, M. (2004): "Caracterización articulatoria de los sonidos vocálicos del español de Buenos Aires mediante técnicas de resonancia magnética", *Revista fonoaudiológica*, 50:2, pp. 7-14. [On line: <http://www.lis.secyt.gov.ar/papers/ResonanciaMagnetica.pdf>]
- Harrington, J.; Cassidy, S. (1994): "Dynamic and target theories of vowel classification: Evidence from monophthongs and diphthongs in Australian English", *Language and Speech*, 37, pp. 357-373.
- Heinz, J.M.; Stevens, K.N. (1964): "On the derivation of area functions and acoustic spectra from cineradiographic films of speech", *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol, 36, pp. 1037-1038.
- Hellwag, Christoph Friedrich (1781): *Dissertatio inauguralis physiologico-medica de formatione loquela*, Tubinga.
- Hillendrand, J.; Getty, L.A.; Clark, M.J.; Wueeler, K. (1995): "Acoustic characteristics of American English Vowels", *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 97-5, pp. 3099-3111.
- Hoole, P.; Wismueller, A.; Leinsinger, G.; Kroos, C.; Geumann, A.; Minoue, M. (2000): "Analysis of the tongue configuration in multi-speaker, multi-volume MRI data", *Proceedings of the 5th Speech Production Seminar: Models and data & CREST Workshop on Models of Speech Production: Motor Planning and Articulatory Modelling*, pp. 157-160. [On line: <http://aune.lpl.univ-aix.fr/~ghio/doc/Bib-2000-SProd-Hoole.pdf>]
- Iribar, A. (2003): *Apuntes elementales de fonética* [On line: <http://paginaspersonales.deusto.es/fonetica/apuntes/apuntes.html>]
- Iribar, A. (2011): "Vocales: descripción fonética", *Fonética y fonología de la lengua española*, J. Gil & J. Listerri (eds.), en preparación.
- Iribar, A.; Pagola, R.M.; Túrrez, I. (2011a): "Observaciones sobre la articulación de la lateral alveolar en euskara y castellano", *Actas del V Congreso de Fonética Experimental*, en preparación.

- Iribar, A.; Pagola, R.M.; Túrrez, I. (2011b): "Datos para la descripción de la prosodia del castellano en Navarra", *Actas del V Congreso de Fonética Experimental*, en preparación.
- Iribar, A., Túrrez, I. (2001): "Algunos factores de variación vocálica", *Letras de Deusto*, 31: 92, 229-241. [On line: [//paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Trabajos/Varvoc/Varvoc.html](http://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Trabajos/Varvoc/Varvoc.html)]
- Jenkins, J. J.; Strange, W.; Edman, T. R. (1983): "Identification of vowels in 'vowelless' syllables", *Perception & Psychophysics*, 34, pp. 441-450.
- Johansson, C.; Sundberg, J.; Wilbrand, H.; Ytterbergh, C. (1983): "From sagittal distance to area: A study of transverse, cross-sectional area in the pharynx by means of computer tomography", *STL-QPSR*, 4/1983, pp. 39-49. [On line: http://www.speech.kth.se/prod/publications/files/qpsr/1983/1983_24_4_039-049.pdf]
- Jones, D. (1917): *An english pronouncing dictionary*, Cambridge: Cambridge University Press, 17 edición, 2006.
- Joos, M. (1948): *Acoustic Phonetics*, Language Monographs, 23, Linguistic Society of America, Baltimore: Waverly Press.
- Kakita, Y.; Fujimura, O. (1977): "Computational model of the tongue: A revised version", *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 62-1, pp. 15-16.
- Kakita, Y.; Fujimura, O.; Honda, K. (1985): "Computation of mapping from muscular contraction patterns to formant patterns in vowel space", *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 74-1, p. 117.
- Kiritani, S.; Miyawaki, K.; Fujimura, O. (1976): "A computational model of the tongue", *Annual Report of the Research Institute of Logopedics and Phoniatrics*, Tokyo University, 10, pp. 243-252.
- Kiritani, S.; Miyawaki, K.; Fujimura, O.; Miller, J.E. (1975): "Computational model of the tongue", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 57, pp. 39-159.
- Kiritani, S.; Tatenno, Y.; Iinuma, T.; Sawashima, M. (1977): "Computed tomography of the vocal tract," *Dynamic Aspects of Speech Production*, Sawashima, M.; Cooper, F. (eds.), Tokyo: Univ. of Tokyo Press, pp. 203-206.
- Kröger, B.; Winkler, R.; Mooshammer, C.; Pompino-Marschall, B. (2000): "Estimation of vocal tract area function from magnetic resonance imaging: preliminary results", *Proceedings of the 5th Speech Production Seminar: Models and data & CREST Workshop on Models of Speech Production: Motor Planning and Articulatory*

- Modelling*, pp. 333-336. [On line: http://www.phonetik.phoniatrie.rwth-aachen.de/bkroeger/documents/Kroeger_2000.pdf]
- Ladefoged, P. (2001): *Vowels and Consonants*, Oxford: Blackwell Publishers.
- Ladefoged, P.; Anthony, J.F.K.; Riley, C. (1971): "Direct measurement of the vocal tract", *UCLA Working Papers in Phonetics*, 19, pp. 4-13. También en *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 49, 1971, pp. 104.
- Ladefoged, P.; DeClerk, J.; Lindau, M.; Papçcun, G. (1962): "An auditory-motor theory of speech production", *UCLA Working Papers in Phonetica*, 22, pp. 48-75.
- Lakshminarayan, A.V.; Lee, L. et al. (1991): "MR imaging of the vocal tract during vowel production", *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 1, pp. 71-76.
- Lin, Q. (1990): *Speech production. Theory and articulatory synthesis*, tesis doctoral, KTH, Estocolomo.
- Maeda, S. (1972): *On the conversion of vocal tract X-ray data into formant frequencies*, Murray Hill: Bell laboratories.
- Maeda, S.; Berger, M.-O.; Engwall, O.; Laprier, Y.; Maragos, P.; Potard, B.; Schoentgen, J. (2006): "Acoustic-to-articulatory inversion: methods and acquisition of articulatory data", ASPI Project Document (ref. ASPI/2006/D1/v1.0). [on line: aspi.loria.fr/Save/survey-1.pdf]
- Malmberg, B. (1952): "Le problème du classement des sons du langage et quelques questions connexes", *Studia Linguistica*, 6, pp. 1-56. Recogido en Malmberg, B. (1971): *Phonétique générale et romane*, The Hague, Mouton, pp. 67-108.
- Marín Gálvez, R. (1995): "La duración vocálica en español", *Estudios de lingüística de la Universidad de Alicante*, 10, pp. 213-226. [On line: http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/6389/1/ELUA_10_11.pdf]
- Martínez Celadrán, E. (1984): *Fonética*, Barcelona: Teide.
- Martínez Celadrán, E. (1995): "En torno a las vocales del español: análisis y reconocimiento", *Estudios de Fonética Experimental*, VII, 195-218. [On line: <http://www.raco.cat/index.php/EFE/article/viewFile/144415/256847>]
- Martínez Celadrán, E., Fernández Planas, E.M^a (2007): *Manual de fonética española*, Barcelona: Ariel.
- Massone, M.I.; Borzone de Manrique, A. M.^a; Signorini, A.M. (1983): "Rasgos prosódicos: organización temporal del español", *Fonoaudiológica*, 29, pp. 92-101.

- Mateo, A. (1988): "Experimento sobre el tono intrínseco de las vocales castellanas", *Estudios de Fonética Experimental*, III, pp. 157-179. [On line: <http://www.raco.cat/index.php/EFE/article/viewFile/144226/257218>]
- Matsumura, M.; Miikawa, T.; Shimizu, K, Hashimoto, Y., Morita, T. (1994): "Measurement of 3D shapes of vocal tract, dental crown and nasal cavity using MRI: vowels and fricatives", *Proceedings of the 3rd ICSLP*, vol. 2, pp. 619-622.
- Meyer, E. A. (1896-7): "Zur tonbewegung del Vokals im gesprochenen und gesungenen einzelwort", *Phonetische Studien*, 10, pp. 1-21.
- Meyer, E. A. (1910): "Untersuchungen über Lautbildung", *Die neuen Sprachen*, 18, pp. 166-248.
- Monroy Casas, R. (1980): *Aspectos fonéticos de las vocales españolas*, Madrid: Sgel.
- Muñiz, C. (2009): "La relevancia del tono intrínseco de las vocales en la entonación", *Estudios de Fonética Experimental*, XVIII, pp. 273-285. [On line: <http://stel.ub.edu/labfon/sites/default/files/XVIII-20.pdf>]
- Navarro Tomás, Tomás (1916a): "Siete vocales españolas", *Revista de Filología Española*, III, pp. 51-62.
- Navarro Tomás, T. (1916b): "Cantidad de las vocales acentuadas", *Revista de Filología Española*, III, pp. 387-407.
- Navarro Tomás, T. (1918): *Manual de pronunciación española*, Madrid: CSIC, 1989.
- Pagola, R.M.; Iribar, A.; Túrrez, I. (2011): "La descripción articulatoria de los sonidos en euskara y castellano: el proyecto DAELPACE", en Acillona, M. (ed.): *Marcos interpretativos de la realidad social contemporánea*, Bilbao: Universidad de Deusto, pp. 107-118.
- Pamies, A., Fernández Planas, A. M.^a (2002): "La percepción de la duración vocálica en español", en Luque, J. (ed.): *Actas del V Congreso Andaluz de Lingüística General. Homenaje al profesor José Andrés de Molina Redondo*, Granada: Granda lingüística, 2006, pp. 201-224.
- Pamies, A.; Fernández Planas, A. M.^a; Martínez Celdrán, E.; Ortega, A.; Amorós, M.^a C. (2002): "Umbrales tonales en español peninsular", *Actas del II Congreso de Fonética Experimental*, Sevilla: Universidad de Sevilla, pp. 272-278. [On line: <http://stel.ub.edu/labfon/sites/default/files/2002-13.pdf>]
- Parmenter, C.E.; Treviño, S.N.; Bevans, C.A. (1931): "A technique for radiographing the organs of speech during articulation", *Zeitschrift für Experimental-Phonetik*, I, pp. 63-84.

- Parmenter, C.E.; Treviño, S.N. (1932a): "An X-Ray Study of Spanish Vowels", *Hispania*, vol. 15, 5/6, pp. 483-496.
- Parmenter, C.E.; Treviño, S.N. (1932b): *Vowel positions as show by X-Ray*, Chicago.
- Parmenter, C.E.; Bevans, C.A. (1933): "Analysis of Speech Radiographs", *American Speech*, VIII, 3, pp. 44-56.
- Payan, Y. (1996): *Modèle biomécanique et contrôle de la langue lors de la production de la parole*, tesis doctoral, Institut National Polytechnique de Grenoble, Grenoble.
- Payan Y.; Perrier, P. (1997): "Synthesis of V-V sequences with a 2D biomechanical tongue model controlled by the equilibrium point hypothesis", *Speech Communication*, 22(2-3), pp. 185-205.
- Perkell, J.S. (1969): *Physiology of Speech Production: Results and Implications of a Quantitative Cineradiographic Study*, MIT Press Research Monograph, Cambridge, MA: MIT.
- Perkell, J.S. (1974): *A physiologically oriented model of tongue activity in speech production*, tesis doctoral, MIT.
- Perrier, P.; Boë, L.-J.; Sock, R. (1992): "Vocal Tract Area Function Estimation From Midsagittal Dimensions With CT Scans and a Vocal Tract Cast: Modeling the Transition With Two Sets of Coefficients", *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, pp. 53-67. [On line: http://benoit.danielpape.info/tutorial2/Perrier_Boe_Sock_JSHR92.pdf]
- Perrier, P.; Payan, Y.; Zandipour, M.; Perkell, J.S. (1993): "Influence of tongue biomechanics on speech movements during the production of velar stop consonants: A modeling study", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 114-3, pp. 1582-1599.
- Pfitzinger, H.R.; Niebuhr, O. (2011): "Historical development of phonetic vowel system – the last 400 years", *ICPhS*, XVII, pp. 160-162. [On line: <http://www.linguistik.uni-kiel.de/downloads/ICPhS11vow.pdf>]
- Polland, B.; Hála, B. (1926): *Les radiographies de l'articulation des sons tchèques*, Praga.
- Quilis, A. (1970): *Fonética española en imágenes*, Madrid: La Muralla.
- Quilis, A. (1981): *Fonética acústica de la lengua española*, Madrid: Gredos.
- Quilis, A. (1993): *Tratado de fonología y fonética españolas*, Madrid: Gredos.

- Quilis, A.; Esgueva, M. (1983): "Realización de los fonemas vocálicos españoles en posición fonética normal", *Estudios de Fonética I*, Collectanea Phonetica VII, CSIC, Madrid, pp. 159-252.
- Recasens, D. (1986): *Estudis de fonètica experimental del català oriental central*, Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Monserrat.
- Rokkaku, M.; Hashimoto, K.; Imaizumi, S.; Niimi, S.; Kiritani, S. (1986): "Measurements of the three dimensional shape of the vocal tract based on the magnetic resonance imaging technique", *Ann. Bull. Res. Inst. Logopedics and Phoniatrics*, 20, pp. 47-54.
- Romero, J. (1988): "Campos de dispersión auditivos de las vocales del castellano. Percepción de las vocales", *Estudios de Fonética Experimental*, III, pp. 181-206. [On line: <http://www.raco.cat/index.php/EFE/article/viewFile/144227/257219>]
- Russell, G.O. (1928): *The vowel. Some X-Ray and photo laryngoperiskopik evidence*, Columbus: The Ohio University Press.
- Russell, G.O. (1929): "The Mechanism of Speech", *Journal of the Acoustical Society of America*, I, pp. 83-109.
- Russell, O.G. (1931): *Speech and Voice*, New York: Macmillan.
- Russell, G.O. (1936): "Synchronised X-ray, oscillograph, sound and movie experiments showing the fallacy of the vowel triangle and open-closes theories", *Proceedings of the IInd International Congress of Phonetic Sciences*, D. Jones & D.B. Fry (eds.), Cambridge: Cambridge University Press, pp. 198-205.
- Saz, O.; Simón, J.; Rodríguez, W-R.; Lleida, E.; Vaquero, C. (2009): "Analysis of Acoustic Features in Speakers with Cognitive Disorders and Speech Impairments", *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, vol. 2009. [On line: <http://asp.eurasipjournals.com/content/pdf/1687-6180-2009-159234.pdf>]
- Schonle, P. W.; Grabe, K.; Wenig, P.; Hohne, J.; Schrader, J.; Conrad, B. (1987): "Electromagnetic articulography: use of alternating magnetic fields for tracking movements of multiple points inside and outside the vocal tract", *Brain Language*, 31, pp. 26-35.
- Shawker, T. H.; Sonies, B.C. (1984): "Tongue movement during speech: a real-time ultrasound evaluation," *Journal of Clinical Ultrasound*, 12, pp. 125-133.
- Shawker, T. H.; Sonies, B.C.; Stone, M. (1984): "Soft tissue anatomy of the tongue and floor of the mouth: an ultrasound demonstration", *Brain Language*, 21, pp. 335-350.

- Smalley, W. (1963): *Manual of articulatory phonetics*, New York: ed. Tarrytown.
- Stevens, K.N.; House, A.S. (1955): "Development of a quantitative description of vowel articulation", *Journal of the Acoustical Society of America*, 27, pp. 484-493.
- Stone, M.; Lundberg, A. (1996): "Three-dimensional tongue surface shapes of English consonants and vowels", *Journal of Acoustical Society of America*, 99, pp.3728-3737.
- Stone, M.; Crouse, U.; Sutton, M. (2002): "Exploring the effects of gravity on tongue motion using ultrasound image sequences", *Journal of the acoustical Society of America*, vol. 111, 5, pp. 2476-2477.
- Story, B.; Titze, I.; Hoffman, E. (1996): "Vocal tract area function from magnetic resonance imaging", *Journal of the Acoustical Society of America*, 100, pp. 537-554.
- Straka, G. (1965): *Album phonétique*, Québec: Les Presses de l'Université Laval.
- Strange, W. (1987): "Information for vowels in formant transitions", *Journal of Memory and Language*, 26-5, pp. 550-557.
- Sundberg, J. (1969): "On the problem of obtaining area functions from lateral x-ray pictures of the vocal tract", *Royal Inst. Technol. STL-QPSR*, 1, pp. 43-45.
- Sundberg, J., Johansson, C.; Wilbrand, H.; Ytterbergh, C. (1983): "From sagittal distance to area: a study of transverse, vocal tract cross-sectional area", *Phonetica*, 44, pp. 76-90. [On line: http://www.speech.kth.se/prod/publications/files/qpsr/1983/1983_24_4_039-049.pdf]
- Tom, K.; Titze, I.; Hoffman, E.; Story, B. (1999): "3-D vocal tract imaging and formant structure: varying vocal register, pitch and loudness", *Status and Progress Report*, National Centre for Voice and Speech, University of Iowa, 14, pp. 101-113.
- Tiede, M.; Vatikiotis-Bateson, E. (1994): "Extracting articulator movement parameters from a video-clip based cineradiographic database", *Proceeding of the 3rd ICSLP*, pp. 45-48.
- Tiede, M.; Yehia, H.; Vatikiotis-Bateson, E. (1996): "A shape-based approach to vocal tract area function estimation", *Proceeding of the First ESCA Tutorial and Research Workshop on Speech Production Modeling*, pp. 41-44.
- Túrriz, I. (1988): "Características fonéticas del español en el País Vasco", *Letras de Deusto*, vol. XVIII, n.º 40, pp.65-79.

- Vega Ramos, M.^a J. (1992): *El secreto artificial. Maronolatría y tradición pontiana en la poética del renacimiento*, Madrid: CSIC-Universidad de Extremadura.
- Verhoeven, J.; Van Hoof, S. (2007): "Intrinsic vowel pitch in Dutch and Arabic", *Proceedings of the XVI International Conference of Phonetic Sciences*, Saarbrücken, 1785-1788. [On line: <http://www.icphs2007.de/conference/Papers/1198/1198.pdf>]
- Whalen, D. H.; Levitt, A. G. (1995): "The universality of intrinsic F0 in vowels", *Journal of Phonetics*, 23, pp. 349-366. [On line: <http://www.haskins.yale.edu/Reprints/HL0966.pdf>]
- Wilhelms-Tricarico, R. (1995): "Physiological modeling of speech production: methods for modeling soft-tissue articulators", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 3085–3098.
- Wilhelms-Tricarico, R. (2000): "Development of a tongue and mouth floor model for normalization and biomechanical modeling", *Proceedings of the 5th speech production seminar and CREST Workshop on models of speech production*, Kloster Seeon (Alemania), pp. 141–148.
- Wilhelms-Tricarico, R. (2005a): *Geometric representation of a human tongue for computational biomechanical modelling*. [on line: <http://webpages.charter.net/reinerwt/JSHLRmanuscript.pdf>]
- Wilhelms-Tricarico, R. (2005b): *Wilhelms-tricarico's current 3D tongue model*. [on line: <http://webpages.charter.net/reinerwt/themodel.htm>]
- 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.
- Yang, B. (1996): "Measurement and synthesis of the vocal tract of Korean monophthongs by MRI", *Proceedings of the 4th ICSLP*, pp. 793-796. [On line: <http://aune.lpl.univ-aix.fr/~ghio/doc/Bib-1999-ICPHS-Yang.pdf>]

[Los enlaces han sido comprobados el 24-09-2012]