



ORIGINAL

Índice de perturbación, de precisión vocal y de grado de aprovechamiento de energía para la evaluación del riesgo vocal

Jorge A. Gurlekian^{a,*} y Nancy Molina^b

^a Hospital de Clínicas, Universidad de Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, Argentina

^b Carrera de Fonoaudiología, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

Recibido el 30 de agosto de 2011; aceptado el 8 de marzo de 2012

Disponible en Internet el 19 de septiembre de 2012

PALABRAS CLAVE

Voz;
Riesgo vocal;
Análisis objetivo;
Prevención profesional

Resumen Este trabajo presenta la aplicación de un método adecuado para el análisis del riesgo vocal debido a las alteraciones de voz. Se obtienen 3 índices: a) un índice de perturbación que agrupa 4 parámetros clásicos como el Jitter, el Shimmer, la relación armónico ruido y la amplitud del cepstrum; b) un índice de precisión vocal vinculado con la estabilidad articulatoria y medido como la inversa de la desviación estándar de los primeros 5 formantes, y c) un índice asociado al grado de aprovechamiento de energía que evalúa tanto la coincidencia entre los armónicos con los formantes como las pérdidas de energía que se producen en el tracto vocal, medidas como la inversa de los anchos de banda. Para esta presentación, los índices mencionados se evalúan en 84 voces de docentes con distintos grados de alteración de voz, durante la emisión de la vocal /a/.

El índice de perturbación se calcula a partir de las contribuciones parciales sobre una diagonal que va desde valores normales en un extremo hasta valores patológicos en el otro. El índice de precisión vocal se presenta con un gráfico de las áreas de formantes normalizadas respecto de la frecuencia fundamental. El índice de aprovechamiento de energía muestra una gráfica inversa de los anchos de banda a lo largo de un continuo. La agrupación de las voces de docentes en normales, con riesgo vocal y alteradas se presenta en relación a los respectivos diagnósticos laringológicos verificando su utilidad en la evaluación masiva de los profesionales con riesgo vocal.

© 2011 AELFA. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Voice;
Vocal risk;
Acoustic analysis;
Professional prevention

Perturbation, precision and extra energy gain indexes for the evaluation of vocal risk

Abstract This study describes the application of an acoustic analysis method that can be used for vocal risk evaluation. Three indexes are calculated: (i) a perturbation index, with classical perturbation parameters, such as jitter, shimmer, harmonic-to-noise ratio, and cepstrum amplitude; (ii) a precision index related to articulatory stability, measured by the inverse of the standard deviation of the first five formants, and (iii) an extra energy gain index due to both

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: jgurlekian@hospitaldeclinicas.uba.ar, anagraf99@hotmail.com (J.A. Gurlekian).

optimal harmonic/formant alignment and losses at the vocal tract, measured by the inverse of the first five formant bandwidths. The above indexes were evaluated in 84 school teachers with distinct grades of voice alterations during emission of the vowel /a/.

The perturbation index is calculated on the basis of the partial scores along a diagonal line ranging from normal at one end to altered measurements at the other. The precision index is represented as a formant plot — normalized to fundamental frequency — which shows the contributions of both formant one and formant two to the precision index. To verify energy management at the vocal tract, formant bandwidths are measured and their inverse is drawn as points along a non-contribution/contribution line. The teachers' voices were automatically classified in three groups: normal, at risk and altered, all of which were successfully compared with their laryngologist's diagnosis. The method employed is a promising application for vocal risk evaluation.

© 2011 AELFA. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La disfunción vocal se manifiesta de manera distinta en los diferentes grupos de pacientes en función de las demandas vocales en su vida cotidiana (amas de casa, locutores, maestros, profesores). El profesional de la voz nota inmediatamente cuándo su rendimiento vocal va disminuyendo, dado que su desempeño profesional y laboral se ve afectado. Actualmente existen métodos objetivos computarizados para la evaluación de la voz que permiten al fonaudiólogo verificar y corroborar lo observado por el paciente y por su propio oído clínico (Fernández González, Marques Girbau y Vázquez de la Iglesia, 2006; Señaris González, Nuñez Batalla, Corte Santos y Suárez Nieto, 2006). En este contexto, la detección del riesgo vocal como forma de prevenir alteraciones puede realizarse a partir de la medición de alteraciones que el oído humano no detecta claramente, provocando diferencias en los criterios de evaluación subjetiva por diferencias en los umbrales individuales de detección. En los casos de normalidad y riesgo la percepción humana no es confiable debido a los bajos niveles de correlación hallados cuando se realiza la evaluación repetida de una misma voz (Rabinov, Kreiman, Gerrat y Bielamowics, 1995), aun cuando los métodos objetivos también presentan inconvenientes debido a la selección del inicio del segmento a analizar y más aún en los casos de patologías severas. Por otra parte, cabe mencionar que la confiabilidad de la percepción humana aumenta en los casos de evaluar patologías severas, y es allí donde disminuye la confiabilidad de los métodos objetivos basados en mediciones derivadas de la teoría clásica.

La determinación de *riesgo vocal* es una necesidad en la tarea de prevención por la creciente demanda de instituciones que realizan la asistencia¹: centros, servicios, establecimientos sanitarios, organismos de medicina laboral como los entes de ingreso o de control de licencias y asistencias médicas y aseguradoras de riesgo de trabajo. La función de la medicina laboral es verificar el estado de salud de los ingresantes y cubrir las enfermedades o acciden-

tes inculpables —de causa no laboral—. En algunos países, la legislación indica que los daños —enfermedad o accidente laboral— provocados por el trabajo deben ser asistidos por las aseguradoras de riesgo de trabajo privadas². Los 3 grupos de profesionales que están más expuestos al riesgo vocal son:

- Maestros o profesores de educación básica, media o universitaria.
- Actores profesionales, locutores, cantantes y otros trabajadores de las artes o espectáculos.
- Telefonistas. Operadores encargados de ventas, reclamos e información.

En virtud de esta demanda se ha desarrollado y propuesto un sistema inédito de evaluación objetiva del riesgo vocal para obtener un pronóstico de alteración en la voz profesional. La aplicación de esta nueva herramienta permitirá al fonaudiólogo detectar la disminución de la eficacia funcional —habilidad para hacer uso intensivo de la voz por un determinado tiempo sin que aparezca la fatiga y manteniendo la calidad vocal inicial— y el deterioro vocal inducido por el uso laboral. Esta evaluación es de suma utilidad para la toma de decisiones clínicas, facilitando los controles ORL a las personas con más riesgo vocal, la mejora de la calidad de la atención y educación del paciente, el aprovechamiento de los recursos acortando los tiempos del tratamiento, y fundamentalmente para la reducción de los costos y de los riesgos desde el punto de vista legal.

Este trabajo se organiza así: en el *desarrollo experimental* se describe la aplicación del nuevo método utilizado y los fundamentos de cada uno de los índices empleados. En *resultados* se presentan las distribuciones obtenidas con el índice de perturbación y se verifica su validez. Luego se presentan los valores de referencia de los otros 2 índices a partir de la distribución inicial. Las *conclusiones* resumen los resultados más relevantes.

¹ Ley de Prevención de riesgos laborales española 31/1995.

² Ley de Riesgo de trabajo argentina 24557, Art. 6, Decreto 658/96 y Resolución 37/2010.

Desarrollo experimental

Sujetos

Las voces que se evalúan en este trabajo corresponden a 84 docentes en actividad de la provincia de Buenos Aires.

Material analizado

Las grabaciones corresponden a la vocal /a/. Se realizaron en 16 bits y 22.050 Hz, en una cámara acústica con nivel de ruido menor a 35 dB SPL.

Equipamiento

Sistema de grabación: placa de sonido de un canal con rango dinámico y relación S/R mayor a 90 dB, micrófono dinámico vocal Shure 8700 y sistema de análisis acústico.

La tarea de prevención en este grupo piloto se inició en el año 2009, continuó el 2010 y comprendió una evaluación fonoaudiológica de las docentes que estaban en actividad y de las nuevas ingresantes. La tarea docente ha afectado el desempeño vocal en muchas de ellas. Con carácter preventivo todas las docentes fueron derivadas al médico ORL, que realizó la evaluación orgánica y funcional de la laringe.

La intención de la tarea preventiva ha sido detectar las voces con riesgo vocal y derivar a las docentes para su tratamiento ORL y/o fonoaudiológico. Así mismo las voces normales son controladas cada 6 meses. Las voces patológicas por causa laboral son admitidas en las aseguradoras, donde son tratadas por sus propios equipos médico-fonoaudiológicos.

Sistema de evaluación del riesgo vocal

Descripción del método

Consiste en la obtención de mediciones acústicas que han mostrado ser indicadores confiables en los casos de normalidad y de disfonías leves.

El primer indicador es el índice de perturbación. Las mediciones de perturbación que utilizamos son: el Jitter, el Shimmer, la relación armónico ruido A/R (anexo 1) y una medida del grado de correlación entre ciclos denominada «amplitud del cepstrum» (Rabiner y Schaffer, 1978; Dejonckere, 1998; Alonso, Ferrer, Leon y Travieso, 2006). Las 4 mediciones mencionadas se integran en el índice de perturbación. Esta integración puede observarse gráficamente en la figura 1.

Los valores centrales, mínimos y máximos de las escalas se corresponden a los valores umbrales estadísticos de normalidad y valores extremos hallados en este corpus de datos (anexo 2) y en trabajos anteriores utilizando los mismos algoritmos (Cecconello, Farías y Gurlekian, 2008; Cecconello, Farías, Gurlekian y Elisei, 2009). La escala de Jitter es logarítmica por semejanza a la percepción de cambios de frecuencia y amplitud que siguen una ley de proporciones no lineales (Guirao, 1980). La escala de Jitter va del 0,1 al 1% en el segmento de normalidad, y del 1 al 10% en el segmento de alteración. Las escalas de Shimmer y A/R relativas a las energías son lineales, pues los valores

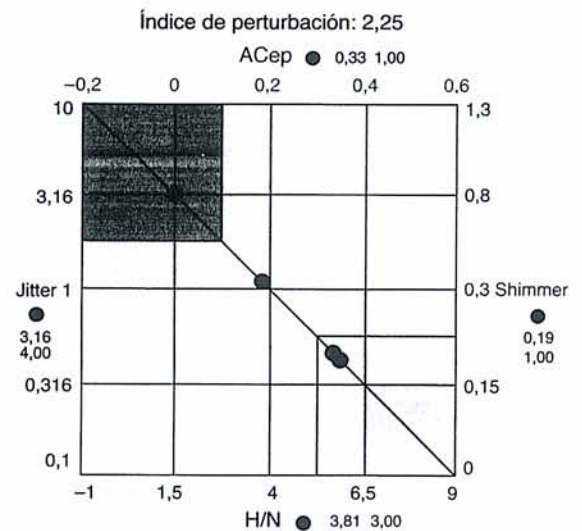


Figura 1 Cálculo del índice de perturbación. Se visualizan círculos sobre la diagonal que se corresponden con el valor del Jitter, Shimmer, A/R (H/N) y amplitud del cepstrum y su contribución al índice de perturbación según la zona en que quedan incluidos.

se expresan en decibelios. La escala de Shimmer va de 0 a 0,3 dB en el segmento de normalidad y de 0,3 a 1,3 dB en el segmento de alteración. Para la relación A/R el rango es de 4 a 9 para la zona de normalidad y de 4 a -1 en la zona de alteración. La amplitud del cepstrum que evalúa la correlación de ciclos es lineal, va de 0,2 a 0,6 en la zona de normalidad y de 0,2 a -0,2 en el segmento de alteración. La diagonal va desde el área de normalidad en un extremo —abajo a la derecha— hasta el área de alteración en el otro extremo —arriba a la izquierda— (fig. 1). En su recorrido pasa por las zonas de riesgo ubicadas hacia el centro de la diagonal. El cálculo numérico del índice de perturbación se obtiene a partir de la contribución parcial de cada índice según la tabla del anexo 3. Este cálculo determina la posición de cada círculo sobre la diagonal. Se asigna en forma arbitraria un índice parcial que es 0, 1 o 2 para la zona de normalidad, o de 3, 4 o 5 para las zonas de alteración. La escala numérica así definida comprende un rango de valores de transición que se denomina zona de riesgo vocal que comprende índices de perturbación comprendidos entre 2 y 3. Consecuentemente, los índices de normalidad corresponden al rango de 0 a 2, y los de alteración, al rango de 3 a 5.

El sistema presenta además el grado de aprovechamiento de energía y el grado de precisión vocal. Para los detalles del cálculo del índice de perturbación, consulte el anexo 1. Esta descripción permitirá obtener el índice de perturbación a partir de otros programas que empleen algoritmos de cálculo con diferentes umbrales de normalidad, y diferentes valores máximos y mínimos para cada medición mediante una transformación sencilla.

El aprovechamiento de energía a nivel resonancial se calcula a partir de la medición del ancho de banda de los formantes. La coincidencia entre las frecuencias de los formantes y las frecuencias de energía armónica o inarmónica más próximas se refleja en la medición de esta banda. A



Figura 2 Los puntos representan cada medición de ancho de banda de los formantes. Se contabilizan para el aprovechamiento los puntos en el segmento central y en el segmento a la derecha.

menor coincidencia, mayor ancho en la banda y menor aprovechamiento de la energía en la cavidad resonante. Además, debido a que existen pérdidas de energía debidas al componente de radiación, a las paredes del tracto vocal, a la viscosidad y a la conducción por calor, los anchos de banda son cada vez mayores a frecuencias más altas (Fant, 1960). Para calcular el índice de aprovechamiento se calcula el porcentaje de anchos de banda menores o iguales a los esperados para cada formante (Stevens, 2000) sobre el total de mediciones. El resultado se visualiza en la ventana de evaluación del riesgo vocal, como se muestra en la figura 2.

Se discriminan además los valores de aprovechamiento de los 3 primeros formantes respecto del cuarto y quinto, dado que existen alteraciones que presentan un componente de ruido importante en las frecuencias altas.

La segunda medida es la de precisión vocal, calculada a partir de las desviaciones estándar de los valores de frecuencia de los 5 formantes. La precisión se asocia con el mantenimiento de los valores de formantes a lo largo de la emisión. Un mínimo grado de imprecisión produce un efecto acústico similar al efecto positivo del vibrato y permite un

Tabla 1 Estadísticos descriptivos de las mediciones de perturbación

N=84	Mín	Máx	Med	Des
Jitter	0,51	9,62	2,33	2,04
Shimmer	0,09	2,31	0,42	0,36
A/R	-1,0	9,46	4,97	2,51
Cepstrum	0,02	0,53	0,19	0,14

Tabla 2 Valores medios y desviación estándar de cada índice en cada uno de los grupos conformados

Grupo	Jitter	Shimmer	ACep	A/R
1 Media	0,81	0,21	0,25	7,30
N	30	30	30	30
Desv.	0,29	0,07	0,16	1,15
2 Media	1,87	0,33	0,20	5,02
N	25	25	25	25
Desv.	1,16	0,15	0,14	1,28
3 Media	4,30	0,70	0,12	2,37
N	29	29	29	29
Desv.	2,12	0,49	0,08	1,53

Grupo 1: normales; grupo 2: con riesgo vocal; grupo 3: con alteración.

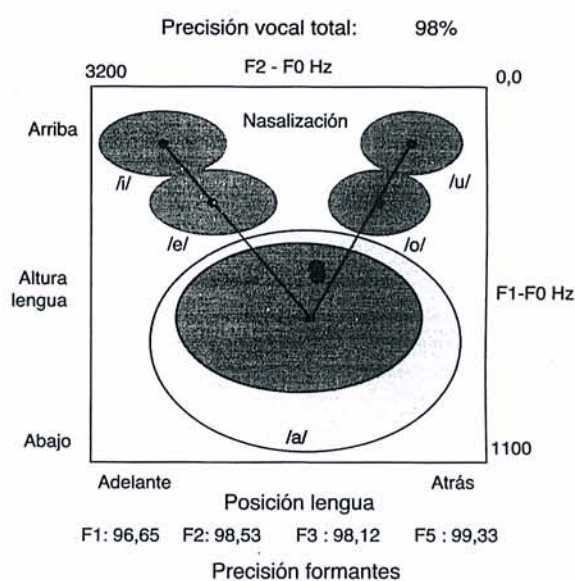


Figura 3 Gráfico de áreas vocálicas normalizadas. Lo puntos negros indican las múltiples mediciones en la vocal /a/ en el plano F1-F2.

ajuste por realimentación para obtener mayor energía a la salida. Cuando la imprecisión es mayor y no controlada el efecto desaparece y puede corresponderse con una alteración. La imprecisión se observa en el gráfico de la figura 3 en el plano F1-F2 como una dispersión de puntos.

Resultados

Índice de perturbación

El rango de valores obtenidos para las mediciones se muestra en la tabla 1. Los valores medidos que exceden los máximos y mínimos de las escalas en la figura 1 se hacen corresponder al valor extremo más próximo.

Las mediciones determinaron —a partir del método que se describió para la figura 1— índices parciales y un índice de perturbación para cada docente. Este índice permitió separar 3 grupos de docentes: con voz normal, los de riesgo y los que poseían alteración, como se indica en la tabla 2.

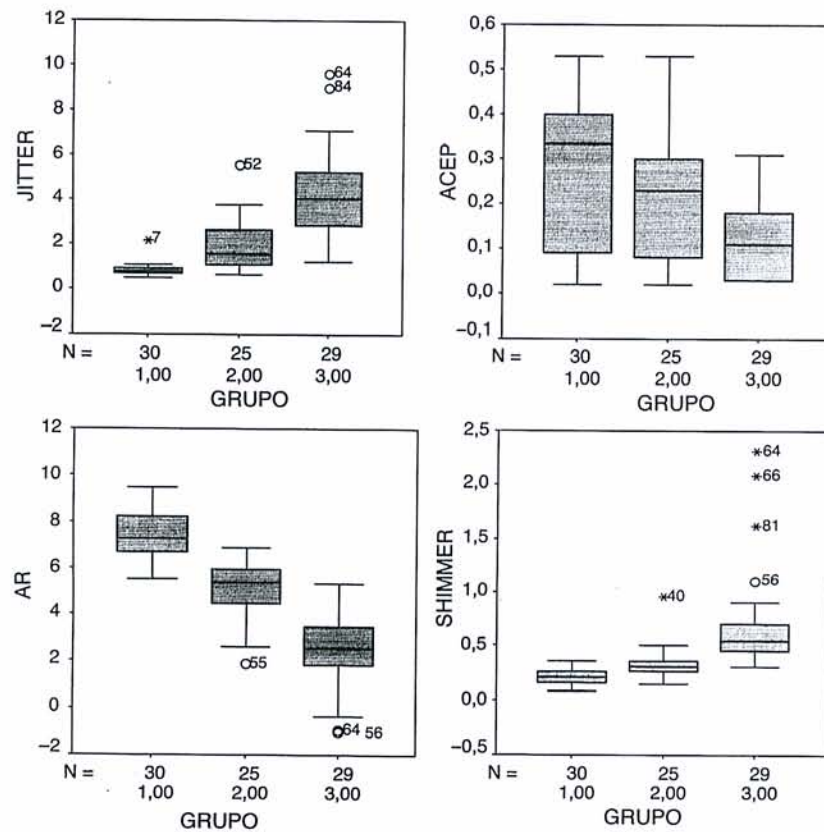


Figura 4 Gráficos de caja para los cuatro parámetros de perturbación agrupados de acuerdo al índice de perturbación descrito para –la figura 1.

La distribución de los valores medidos se representa, con la mediana y sus rangos intercuartiles, en la figura 4. Se observa para cada parámetro que existen claras diferencias entre los grupos de normalidad, riesgo y alteración.

El análisis mediante el cálculo de ANOVA verifica que las diferencias son altamente significativas: A/R ($df=2$, $F=105,84$, $p<0,000$); Jitter ($df=2$, $F=46,84$, $p<0,000$); Shimmer ($df=2$, $F=21,04$, $p<0,000$); A.Cep ($df=2$, $F=6,60$, $p<0,002$). Se comprueba además que la contribución de cada una de las mediciones utilizadas para obtener el índice de perturbación distingue claramente a los 3 grupos: el de sujetos con voz normal, el de riesgo vocal y el de sujetos con alteración. La figura 5 verifica que el cálculo promedio de cada contribución por separado es consistente con el orden establecido para la normalidad (0 a 2), el riesgo vocal (2 a 3) y la alteración (3 a 5).

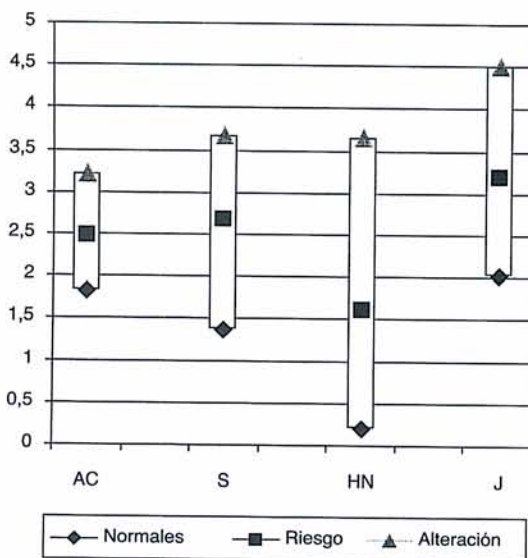


Figura 5 Valores promedio de amplitud del cepstrum, Shimmer, HNR y Jitter, convertidos en índices parciales (0 a 5) de acuerdo al método descrito en la figura 1.

Resultados de aprovechamiento de energía y precisión

Las mediciones estadísticas de aprovechamiento de energía y de precisión de los 5 formantes promediados se indican en la tabla 3.

Tabla 3 Estadísticos descriptivos de aprovechamiento de energía y precisión

N=84	Mín	Máx	Med	Des
Aprovechamiento de energía	0,00	67,96	19,18	14,26
Precisión	25,00	98,00	82,27	16,70

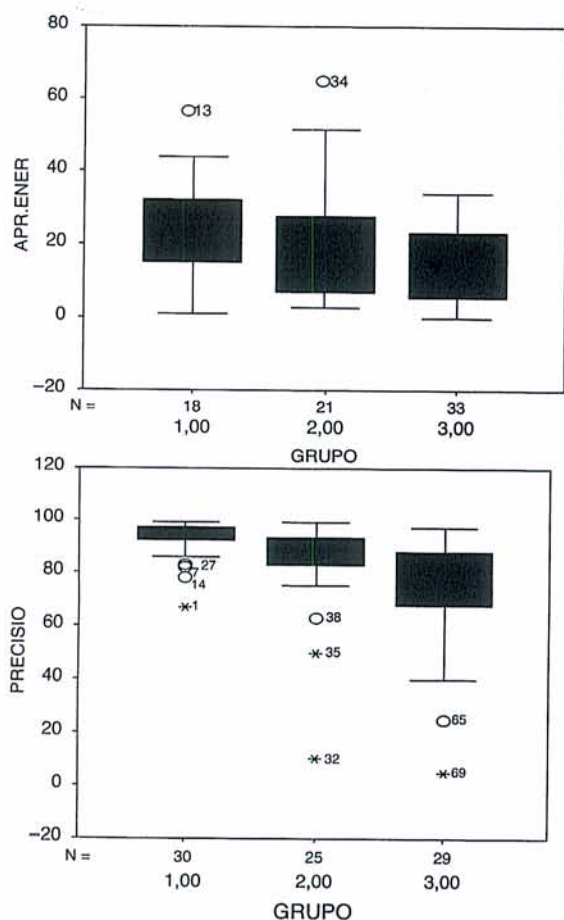


Figura 6 Gráficos de caja para el aprovechamiento de energía (arriba) y para la precisión vocal (abajo). Valores promedio para los 5 formantes.

Empleando la subdivisión en grupos obtenida previamente por el índice de perturbación, las mediciones se agrupan de acuerdo a la figura 6.

Las diferencias en aprovechamiento son medianamente significativas entre el grupo normal y de alteración ANOVA ($df = 2$, $F = 2.783$, $p < 0,06$). El grupo de riesgo posee valores de aprovechamiento más variados.

Para la precisión, los grupos normales y riesgo difieren significativamente del grupo de mayor alteración. ANOVA ($df = 2$, $F = 4.538$, $p < 0,014$).

Discusión

Como se indicó en la tabla 2, los 3 grupos quedaron conformados por 30 docentes con voces normales, 25 en condición de riesgo y 29 con alteraciones. Dado que todos los docentes fueron derivados al médico ORL, resulta de interés enumerar los diagnósticos o características de los profesionales encontrados en cada uno de los grupos (tabla 4).

De la población evaluada (84 docentes) solo 30 personas fueron consideradas con voz normal. Es necesario aclarar que dicha población está conformada por docentes en actividad, es decir, con cierto deterioro vocal debido a su trabajo. En el 30% del grupo de personas con voces normales no se evidenció alteración estructural laríngea (según la evaluación

Tabla 4 Diagnósticos ORL de los docentes agrupados según los 3 grupos obtenidos en este trabajo

Grupo voces alteradas	29
Alteraciones estructurales mínimas	9
Pólipos	5
Nódulos	6
Edema de Reinke	3
Cierre glótico incompleto	4
Distonías	3
Grupo voces con riesgo	25
Alteraciones estructurales	7
Edema cordal	4
Nódulos	7
Cierre glótico incompleto	5
Temblor vocal	1
Grupo voces normales	30
Sin patología	6
Esbozos nodulares	4
Cierre glótico incompleto	3
Hiperfunción	3
Postoperados de patología cordal	2

ORL), seguramente por haber adquirido cierta técnica vocal (estudiaron canto); el resto tenía alteraciones funcionales leves. La única patología encontrada consistió en esbozos nodulares (4 personas), sin afectación acústica de la voz.

En el grupo de riesgo se detectó que el 75% tenían patologías orgánicas mínimas, y en el grupo con alteraciones se observaron patologías más severas, como pólipos (además de nódulos), edema de Reinke y distonías.

A partir de los agrupamientos obtenidos por el índice de perturbación se calcularon los valores de referencia de los otros 2 índices. El análisis de la figura 6 a la izquierda determina que el índice de aprovechamiento de energía normal en base a los datos presentados debe ser mayor al 20%. En la misma figura a la derecha obtenemos que el índice de precisión normal o control articulatorio-acústico debe superar el 90% durante la emisión de la vocal /a/.

Conclusiones

Se ha presentado la aplicación de un método de evaluación del riesgo vocal que complementa el análisis acústico que realiza el fonoaudiólogo en profesionales de la voz.

Los resultados muestran una gran consistencia de las mediciones de perturbación clásicas utilizadas para discriminar grupos con voz normal, voces con riesgo vocal y voces alteradas.

Las mediciones de precisión vocal y aprovechamiento de energía promedio complementan la evaluación de perturbación discriminando a 2 de los grupos respecto del tercero.

La evaluación y la re-evaluación de voces permitirán en trabajos futuros definir el grado de confianza de las escalas propuestas.

Financiación

Con soporte del proyecto UBACYT 2009 y de la Agencia de promoción Científica Tecnológica del Ministerio de Ciencia y

Tecnología (MINCYT) de la República Argentina y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Anexo 1. Parámetros empleados

- *Jitter porcentual* es el promedio de las diferencias de la frecuencia fundamental ciclo a ciclo normalizadas al promedio de la F0 y multiplicada por 100.

$$J(\%) = 100 * \left[\left(\sum_{i=1}^{N-1} |F_i - F_{i+1}| / N - 1 \right) / \left[\sum F_i / N \right] \right]$$

donde F_i es la frecuencia del tono fundamental ciclo a ciclo, y N , el número de ciclos.

- *Shimmer en dB* es el promedio de las diferencias de amplitud ciclo a ciclo convertidas a decibelios.

$$Sh(dB) = 20 \log_{10} * \left[\left(\sum_{i=1}^{N-1} |A_i - A_{i+1}| \right) / N - 1 \right]$$

donde A_i es la amplitud del tono fundamental ciclo a ciclo, y N , el número de ciclos.

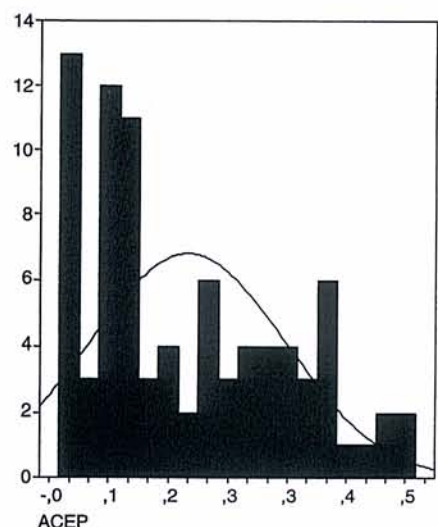
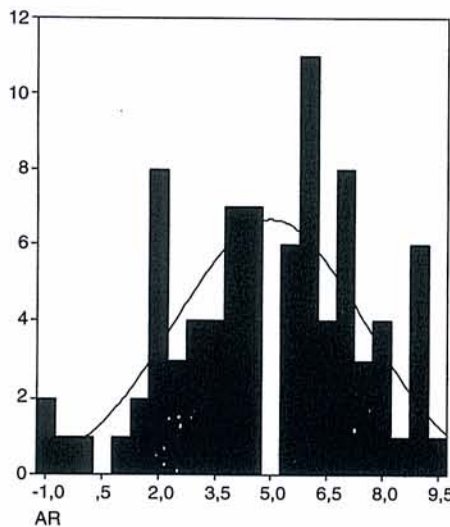
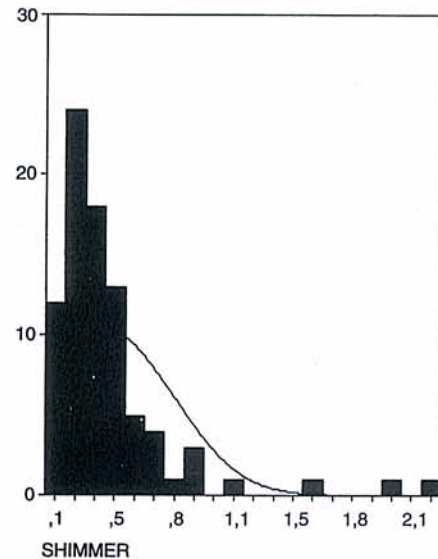
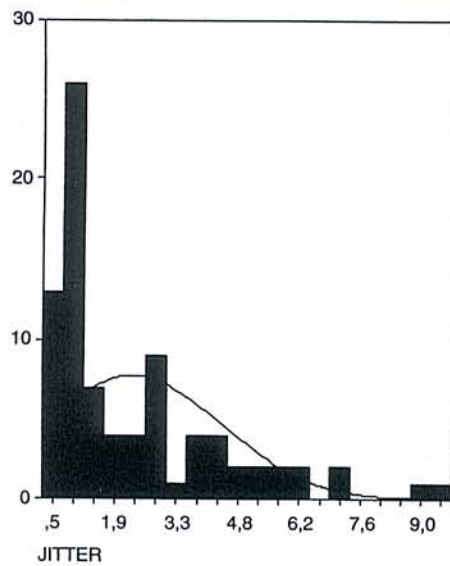
- *Relación Armónico/Ruido* es la diferencia entre la intensidad armónica y la intensidad de ruido (Yumoto, Gould y Baer, 1982).

$$RA/R = [(10 \log_{10} * RMS_{vocal}) - (10 \log_{10} * RMS_{ruido})] / N$$

Donde RMS es la raíz cuadrática media, y N , el número de ciclos.

- *Amplitud del pico de cepstrum* es el pico de mayor amplitud en la zona de bajas frecuencias del cepstrum. La posición temporal determina la frecuencia fundamental y su amplitud informa sobre el grado de correlación de los ciclos. El cepstrum se calcula como la transformada inversa de Fourier del logaritmo del espectro de Fourier.

Anexo 2. Histogramas de las mediciones obtenidas para los cuatro parámetros de perturbación en las 84 mástras



Anexo 3. Contribución de cada parámetro al índice de perturbación

Contribución	0	1	2	3	4	5
Jitter		$\geq 0,316$	$\geq 0,562$	$\geq 1,0$	$\geq 1,77$	$\geq 3,162$
Min = 0,1; Max = 10	$< 0,316$	$< 0,562$	$< 1,0^a$	$< 1,77$	$< 3,162$	
Shimmer		$\geq 0,15$	$\geq 0,225$	$\geq 0,3$	$\geq 0,55$	$\geq 0,8$
Min = 0; Max = 1,3	$< 0,15$	$< 0,225$	$< 0,3^a$	$< 0,55$	$< 0,8$	
Armónico Ruido	$> 6,5$	$> 5,25$	$> 4,0$	$> 2,75$	$> 1,5$	$\leq 1,5$
Min = -1; Max = 9		$\leq 6,5$	$\leq 5,25$	$\leq 4,0$	$\leq 2,75$	
Amplitud Cepstrum	$> 0,4$	$> 0,3$	$> 0,2^a$	$> 0,1$	> 0	≤ 0
Min = -0,2; Max = 0,6		$\leq 0,4$	$\leq 0,3$	$\leq 0,2$	$\leq 0,1$	

^a Valores correspondientes a los umbrales de normalidad.

La aplicación del método propuesto con otros algoritmos requiere:

1. Los valores umbrales de normalidad de cada parámetro de perturbación.
2. Los valores extremos máximos y mínimos hallados en una población extensa de voces normales y patológicas.
3. La construcción de una escala logarítmica para el Jitter y de escalas lineales para el Shimmer, relación armónico ruido y amplitud del cepstrum a partir de los umbrales de normalidad.
4. La contribución de valor 0 corresponde a un rango de valores entre el punto medio 1 (definido entre el valor umbral y el valor extremo (el mínimo para el Jitter y Shimmer, y el máximo para la relación A/R y la amplitud del cepstrum) y el valor extremo correspondiente.
5. La contribución de valor 1 corresponde a un rango de valores entre el punto medio 2 (definido entre el valor umbral y el punto medio 1) y el punto medio 1.
6. La contribución de valor 2 corresponde a un rango de valores entre el punto medio 2 y el valor umbral.
7. La contribución de valor 5 corresponde a un rango de valores entre el punto medio 4 (definido entre el valor umbral y el valor extremo (el máximo para el Jitter y Shimmer y el mínimo para la relación A/R y la amplitud del cepstrum) y el valor extremo correspondiente.
8. La contribución de valor 4 corresponde a un rango de valores entre el punto medio 3 (definido entre el valor umbral y el punto medio 4) y el punto medio 4.
9. La contribución de valor 3 corresponde a un rango de valores entre el punto medio 3 y el valor umbral.

análisis acústico. *IV Jornadas de Tecnología del habla, Zaragoza*, 8 al 10 de Nov.

- Cecconello, L., Fariás, P., & Gurlekian, J. A. (2008). Aplicación del cepstrum en la clínica vocal. 30.º Congreso Argentino de ORL. *Revista de la Federación Argentina de Sociedades de ORL (edición especial)*, 15, 12-14.
- Cecconello, L., Fariás, P., Gurlekian, J. A., & Elisei, N. (2009). *El cepstrum como indicador de la calidad vocal. XIX World Congress of Otorhinolaryngology*. Brasil: San Pablo., 1-5.
- Dejonckere, P. H. (1998). Cepstral voice analysis: link with perception and stroboscopy. *Revue de Laryngologie - Otologie - Rhinologie*, 119, 245-246.
- Fant, G. (1960). *Acoustic Theory of Speech Production*. In Mouton. The Hague.
- Fernández González, S., Marques Girbau, M., & Vázquez de la Iglesia, F. (2006). Discapacidad vocal. *Revista de Medicina de la Universidad de Navarra*, 50, 73-80.
- Guirao, M. (1980). *Los Sentidos, Bases de la Percepción*. Madrid: Alhambra.
- Rabiner, L. R., & Schaffer, R. W. (1978). *Digital Signal Processing of Speech Signals*. Englewoods Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Rabinov, R., Kreiman, J., Gerrat, B., & Bielamowics, S. (1995). Comparing reliability of perceptual rating of roughness and acoustic measurements of Jitter. *J. Speech Hear Res*, 38, 26-32.
- Señaris González, B., Núñez Batalla, F., Corte Santos, P., & Suárez Nieto, C. (2006). Índice de Incapacidad Vocal: factores predictivos. *Acta ORL Española*, 57, 101-108.
- Stevens, K. (2000). *Acoustic Phonetics*. Cambridge, Massachusetts, USA: MIT Press.
- Yumoto, E., Gould, W. J., & Baer, T. (1982). Harmonics-to-noise ratio as an index of the degree of hoarseness. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 71, 6.

Bibliografía

- Alonso, J., Ferrer, M., Leon, J., & Travieso, C. (2006). Cuantificación de la calidad de la voz para su evaluación clínica por medio del