
EVALUACIÓN DE LA FRECUENCIA DE LA SEÑAL DE LA VOZ COMO INDICADOR DE SOMNOLENCIA: UN ESTUDIO CON SUJETOS PRIVADOS DE SUEÑO

Evaluation of the frequency of the voice signal as an indicator of sleepiness: A study in subjects with sleep deprivation

Avaliação da frequência do sinal de voz como indicador de sonolência: um estudo com sujeitos privados de sono

RECIBIDO: 05 febrero 2020 / ACEPTADO: 12 Octubre 2020

Ariel Segovia¹

¹ CITIAPS: Centro de Innovación en Tecnologías de la Información para Aplicaciones Sociales Universidad de Santiago de Chile

RESUMEN

Palabras Clave:

Voz, Somnolencia, Calidad de Vida, Bienestar, Tic's, Privación de Sueño.

Key words:

Voice, Drowsiness, Quality of Life, Wellbeing, Tic's, Sleep Deprivation.

Palavras-chave:

Voz; sonolência; qualidade de vida; bem-estar; TIC's; privação de sono.

Los efectos de la somnolencia en los accidentes han sido identificados como una de las causas de los accidentes laborales. La necesidad de contar con mediciones no invasivas y efectivas ha sido una demanda para diferentes disciplinas científicas, entre ellas las neurociencias y ciencias del comportamiento. Estas disciplinas, pueden mostrar sistemas basados en la evidencia que ayuden a prevenir accidentes en la industria y ciudades. Este estudio corresponde a una investigación pre experimental exploratoria de tipo transaccional. El objetivo fue evaluar la señal de la voz como indicador de somnolencia en sujetos con privación de sueño en una condición bajo control. Método; tres sujetos fueron sometidos a privación total de sueño por 24 horas. Se aplicó la escala de Epworth para evaluar el grado de somnolencia de los participantes previa al estudio. Se utilizó una lectura de párrafos como indicador que fue grabada y posteriormente se analizaron tres segmentos de voz durante siete mediciones a través del tiempo post privación de sueño mediante software acústico del habla PRAAT. Resultados; los datos obtenidos muestran una disminución en la frecuencia de la voz sostenida en el tiempo y estadísticamente significativa. Los resultados arrojan evidencia que la somnolencia tiene un efecto sobre la señal de la voz a través del tiempo, pudiendo ser este, un método eficaz, no invasivo y de bajo costo para su detección.

ABSTRACT

The effects of drowsy driving have been identified as one of the causes of labor accidents. The need for non-invasive and accurate measurements has been a demand for many scientific disciplines, among them, neuroscience and behaviour sciences. These specific disciplines can display evidence-based systems that might help prevent industrial and urban accidents. This research is an transnational, exploratory, pre experimental one. Its aim was to assess the voice signal as a drowsy driving indicator in sleep deprived individuals, in a controlled situation. Three individuals were sleep-deprived for 24 hours. The Epworth scale was applied to know the drowsiness degree the participants had before the study. Paragraphs were read, recorded and later analyzed along 7 measurement sessions using PRAAT voice software – The results obtained show evidence that drowsiness has an effect on the voice signal along time, enabling this method as a technologically efficient, non-invasive and low-cost alternative.

RESUMO

Os efeitos da sonolência têm sido identificados como uma das causas dos acidentes de trabalho. A necessidade de contar com medições não invasivas e efetivos tem sido uma demanda para diferentes disciplinas científicas, entre elas as neurociências e ciências do comportamento. Estas disciplinas, podem mostrar sistemas baseados em evidência que ajudem a prevenir acidentes na indústria e nas cidades. Este estudo corresponde a uma pesquisa pré-experimental exploratória do tipo transacional. O objetivo foi avaliar o sinal da voz como indicador de sonolência em sujeitos com privação de sono em uma condição controle. Método: três sujeitos foram submetidos a privação total de sono por 24 horas. Foi aplicada a escala de Epworth para avaliar o grau de sonolência dos participantes antes do estudo. Foi utilizado como indicador uma leitura de parágrafos com gravação da mesma e posteriormente foram analisados três segmentos de voz durante sete medições no tempo pós-privação de sono, através do software acústico da fala PRAAT. Resultados: os dados obtidos mostram uma diminuição da frequência da voz, mantida no período e estatisticamente significativa. Os resultados apontam evidências de que a sonolência tem um efeito sobre o sinal da voz ao longo do tempo, podendo ser este, um método eficaz, não invasivo e de baixo custo para sua detecção.

Introducción

La voz es una señal acústica, que permite expresar información a dos niveles – implícitas y explícitas. Además de contener información sobre el mensaje que se desea transmitir, la voz contiene información sobre las emociones y estados fisiológicos del hablante transformándose en una potencial fuente de información y registro (Delgado, León, Jiménez & Izquierdo, 2017). Paralelamente la ciencia ha estudiado los mecanismos de producción de voz humana y se han creado sistemas capaces de simular y reconocer la voz electrónicamente (Raut, Kolte, Pachare & Shinde, 2017). Trabajos interdisciplinarios se han llevado a cabo para poder reconocer el estado de ánimo de los usuarios mediante tecnologías desarrolladas para ello. En este sentido se han utilizado los sistemas de Interacción Humano Computadora –IHC- que brinda información relevante al sistema, retroalimentándolo y haciéndolo capaz de reaccionar y adaptarse (Sánchez & Pérez, 2007, Pérez-Espinoza, 2010). Estos sistemas se han estado utilizando por distintos profesionales como ingenieros, informáticos y psicólogos. Los sistemas de IHC pueden adaptarse, por ejemplo, al estado emocional, de concentración, fatiga, cansancio y somnolencia del usuario, tal como lo hacemos los humanos al conversar, alcanzando una interacción más natural, eficiente y amigable, utilizando la señal de la voz como fenómeno de estudio (Grane, 2017; Hernández, Sucar & Conati, 2008; González, 1999; Mundt et al. 2007). Con toda esta evidencia y avances, algunas investigaciones han abordado el reconocimiento de la voz para el estudio y evaluación de aspectos emocionales en particular (Luengo, Navas, Hernández & Sánchez, 2005, Morales, Echeverry & Orozco 2007, Rachuri et al. 2010). Diversos autores han investigados en reconocer aspectos psicológicos tal como el estrés (Rothkrantz, Wiggers, Willem & Van Vark, 2004), la depresión (Mundt, Vogel, Feltner & Lenderking 2012) y la fatiga (Bagnall, Dorrian, & Fletcher 2011) por medio del análisis de la señal de la frecuencia de la voz. Estas investigaciones, han abordado el tema del procesamiento de la señal de la voz con el fin de encontrar patrones que permitan la identificación del locutor, el reconocimiento de palabras, o la generación de voz sintetizada y la aplicación para el estudio de las emociones, comunicaciones y respuestas fisiológicas entre otras.

Sueño y Somnolencia

El sueño es un proceso neurofisiológico esencial y que está relacionado directamente con la calidad de vida y bienestar de las personas. Antagónico al sueño se encuentra la somnolencia, la cual se entiende como la tendencia a quedarse dormido o como la propensión a dormirse (Miró, Cano-Lozano & Buela-Casal, 2005). Se han propuesto dos clasificaciones, la somnolencia normal, como resultado del ritmo circadiano y la somnolencia patológica resultado de un sueño alterado – ya sea por factores fisiopatológicos, enfermedades médicas, farmacológicas y/o psicológicas- que lleva al déficit del sueño. La somnolencia diurna excesiva afecta casi al 20% de la población general, y tiene consecuencias negativas para la salud y el bienestar de las personas (Rosales & De Castro, 2011). Por otra parte, el sueño restringido en los conductores genera una mayor propensión a distraerse, presentando una mayor probabilidad de un rendimiento deficiente al volante (Anderson & Horne, 2003, Sunwoo, Hwangbo, Kim, Chu, Yun & Yang, 2017). Datos de CONASET (2017), muestran que entre el 2010 y 2012, en la ciudad de Santiago de Chile (Región Metropolitana) el número total de accidentes de tránsito debido a fatiga o cansancio del conductor fue de 1.529 con un total de 2.460 lesionados, entre ellos 54 muertos y más de un centenar con lesiones graves y menos graves. La conducción por fatiga ya se ha convertido en una causa importante de accidentes de tránsito. Aproximadamente el 32% de los conductores en los Estados Unidos conducen mientras están fatigados al menos una vez al mes (National Sleep Foundation, 2008). Además, el 14% de los conductores de Estados Unidos se han quedado dormidos durante la conducción, y cerca del 2% de ellos han estado involucrados en accidentes relacionados con la fatiga o la somnolencia (Vanlaar et al., 2008).

Diversos estudios han establecido la relación entre los diferentes patrones de sueño y la salud en general, también se conocen los impactos negativos en el funcionamiento físico, psicosocial, y la influencia de la somnolencia en la calidad de vida, generando estrés, falta de concentración, accidentes y muertes debido a esta alteración (Alonso, Esteban, Useche & López de Cózar 2016; Czeisler et al., 2016; Miró, Ibáñez & Cano-Lozano, 2002). Con todos estos antecedentes, algunas investigaciones se han orientado a la detección de la somnolencia y han desarrollado sistemas inteligentes con el objetivo potencial de prevenir accidentes (Flores, Armingol & De la Escalera, 2011; He et al., 2017; Varma, Abhi, Arote, Bharti & Singh 2012; Wan, Yulian & Najiah 2011; Wang, Yang, Ren & Zheng, 2006).

Por otra parte, la voz se ha usado también como un sistema de control biométrico para el acceso y la autenticación de sujetos (Daqrouq & Tutunji, 2015; Galka, Masior & Salasa, 2015). Investigaciones recientes muestran que el uso de esta técnica biométrica alcanza un porcentaje de precisión del 98% (Raouf, 2017). También se ha identificado y relacionado la falta de sueño con la mala calidad de la voz (Rainho & Behlau, 2017). También se ha estudiado el tono de la voz en los trastornos de la conducta alimentaria como potencial screening predictor (García-Santana, Capilla & Blanco, 2017). Considerando estos antecedentes la medición de la voz puede ser una alternativa eficiente y eficaz para el monitoreo de la somnolencia con todo el potencial de aplicación para entre otras prevenir accidentes en ambientes laborales en industrias y ciudades.

De esta forma, el objetivo del presente estudio de carácter cuasi experimental, fue verificar si la somnolencia influye en la señal de la voz y si esta variable puede relacionarse como un indicador del grado de alteración de los niveles de alerta.

Método

Participantes:

Participaron tres sujetos sanos, todos hombres adultos de 29, 31 y 63 años de edad con privación total de sueño por un periodo de 24 horas previas al experimento.

Instrumentos

Escala de somnolencia de Epworth (Johns, 1991): escala auto- administrada que evalúa el grado de somnolencia diurna como indicador de calidad del sueño. Consta de 8 ítems con respuesta valoradas según una escala de tipo Likert de cuatro puntos, con un rango que varía desde 0 (nunca se dormiría) hasta 3 (alta posibilidad de que se duerma). Los ítems reflejan situaciones en las que aparece en mayor o menor grado el estado de somnolencia. La escala presenta una adecuada consistencia interna ($\alpha = 0.85$). Se ha utilizado previamente en diversas investigaciones para detectar somnolencia en conductores (Baiardi, La Morgia, Sciamanna, et. al., 2018., Bener, Yildirim, Özkan & Lajunen, 2017). Hasta la fecha la escala de Epworth ha sido una de las principales escalas de referencia para evaluar somnolencia excesiva diurna.

Software acústico PRAAT: Es un programa para el análisis científico del habla, permite sintetizar y manipular señales de habla, es de libre acceso y se actualiza constantemente, Praat es capaz de grabar la voz en varios tipos de archivos de audio y mostrar los espectrogramas, además permite el análisis de la [entonación](#), la intensidad o volumen, los [formantes](#), copleagrama, etc. Praat también puede ser automatizado para análisis más complejos, para lo cual se pueden calcular valores de jitter, shimmer, entre otros, y utilizarlos para la clínica de análisis acústico (Correa, 2014., Nuñez, González, Belén et. al., 2014, Lovatto, De Colle, Giacomelli et. al., 2017., Manfredi, Lebacq, Cantarella. et al. 2017).

Procedimiento:

Al inicio del estudio a los tres sujetos se les explicó el sentido general de la investigación, se instruyó a los sujetos a como participar y todos firmaron su consentimiento autorizando su participación voluntaria. Para dar cumplimiento a la privación del sueño, todos los participantes se reunieron en un mismo lugar a cargo de un tutor para apoyar la investigación y controlar la mayor cantidad de variables que pudieran intervenir y así permitir que se mantuvieran despiertos. Todos los participantes se levantaron a las 9:00 am del día uno y se mantuvieron despiertos por las siguientes 24 hrs. Durante toda la jornada estuvieron acompañados por dos personas que velaron por el cumplimiento de este objetivo. No consumieron estimulantes ni activadores del sistema nervioso, realizaron sus actividades normales durante el día, en la noche algunos jugaron con video juegos, a momentos vieron T.V, y se alimentaron según correspondía en el transcurso de las horas, todo esto con el objetivo que los sujetos pudieran llevar su vida lo más normal posible solo alterando la posibilidad de dormir. Al día siguiente, las evaluaciones comenzaron a las 9:00 am.

Al comenzar las evaluaciones, todos los participantes contestaron la escala de autoevaluación de Somnolencia Epworth (Johns, 1991). Posteriormente fueron ingresando individualmente a la sala de medición. Se instaló un micrófono de alta calidad al computador, marca Samson modelo Meteoro Mic, el cual se colocó orientado mínimamente por debajo de la boca de cada participante y a unos 15 centímetros de distancia, a cada uno de los participantes se les pidió que leyeran en su tono habitual párrafos previamente seleccionados para grabar su lectura. En total fueron siete lecturas distintas para cada sujeto con un tiempo total de 130 segundos por párrafo leído. Las lecturas entre un participante y otro fue con un intervalo de tiempo de 15 minutos. De manera similar se realizaron todos los registros para cada participante hasta el registro número siete y final. En la tabla número 1 se presentan fragmentos de algunos de los párrafos leídos.

Tabla 1.

Extractos de algunos párrafos seleccionados para la lectura.

Extracto Párrafo número 1	<i>Atardecía en la isla gomera y las chalupas aún estaban llevando agua, leña y sacos de alimentos a bordo de la Santa María, la Pinta y la Niña. Cristóbal Colón, aparentemente tranquilo, se paseaba por la cubierta de la carabela capitana dando las últimas instrucciones del embarque. Al día siguiente, antes del alba, las tres naves zarparían de las canarias rumbo a las indias. El nerviosismo propio de la partida se hacía sentir en las ordenes secas y en las caras tensas. Pero el único de verdad asustado era Gabriel, un niño flaco y chico de solamente doce años de edad, que había logrado esconderse dentro de un saco y ser lanzado como un bulto en la bodega de la Santa María. Estaba semiahogado en la harina, pero no se atrevía a mover ni el dedo meñique de miedo a que lo descubrieran antes de zarpar. En la bodega oscura donde estaba se oían los gritos de los marineros y las carreras de los ratones</i>
Extracto Párrafo número 3	<i>La vida de Gabriel en la Santa María se llenó inmediatamente de mil obligaciones. Se pasaba los días barriendo el piso de la cámara, frotando los vidrios, limpiando instrumentos, desempolvando libros, enrollando mapas, sirviéndole la comida al almirante y remendándole la ropa. Y por las tardes, a la luz de una vela, leía en voz alta algún capítulo de la Biblia, mientras la carabela se balanceaba y Colón, sentado en su sillón, lo hacía con los ojos cerrados. Luego, llegada la noche, se echaba en un jergón a los pies de la cama del marino, y se dormía feliz de estar en medio del océano y de ser un hombre de mar, como lo había sido su padre.</i> <i>Pero no todo era paz y alegría para el muchacho. Los otros grumetes y marineros, envidiosos de la atención que el almirante le prestaba, no perdían el tiempo oportunidad de molestarlo.</i>

**Extracto Párrafo
número 4.**

Cristóbal Colón se lo quedó mirando muy serio; luego le acarició la cabeza y le dijo que dejara de leer por ese día y se fuera a dormir.

Esa noche el almirante se paseó durante largo tiempo por su cámara con las manos tras la espalda y el semblante ensombrecido.

“Este inocente niño-se decía- no hace más que repetir lo que la tripulación le ha dicho. Él no me preocupa: sus dudas y desconciertos pasarán. Pero si mis hombres no tienen fe, ¿cómo van a resistir este viaje a lo desconocido? ¿con qué fuerzas van a perseverar si pasan los días y este océano, por el cual nunca nadie se ha aventurado antes, no nos muestra ninguna tierra? ¡No querrán seguir adelante! ¿Y qué sacaría yo entonces con hablarles de cosmografía y cálculos astronómicos?”. La preocupación de Colón no era vana. Hacía más de dos semanas que había zarpado de las Canarias y ya las miradas de soslayo y los murmullos súbitamente interrumpidos cuando él se acercaba a algún grupo de hombres eran más que notorio.

Análisis de Datos:

Cada segmento leído para evaluar la tonalidad de voz duro aproximadamente 30 segundos. Se eliminaron los primeros 5 segundos y los 5 segundos al final de cada grabación, de modo de eliminar, tanto el efecto sorpresa como el efecto del término de la presentación de los estímulos que pudieran afectar a la variable voz. Con esto, del total restante se seleccionaron tres grupos de segmentos de voz, 30 segundo al comienzo, 30 segundo en la mitad de cada evaluación y 30 segundos al final. Estos tres segmentos fueron analizados mediante el software estadístico SPSS 25, se obtuvieron datos descriptivos de la frecuencia de la voz por sujeto. Se aplicó análisis estadísticos no paramétricos para observar las variaciones del tono de la voz.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la investigación segmentados, en puntajes de los indicadores de somnolencia, parámetros acústicos de la voz y finalmente las tendencias de los participantes durante el transcurso del tiempo y de cada lectura.

Puntajes escala de somnolencia de Epworth.

En la tabla número 2 se presentan los puntajes obtenidos en la escala de somnolencia de Epworth por cada sujeto. Los resultados muestran que todos los participantes presentaron un puntaje sobre 9, lo que indica somnolencia moderada a severa de acuerdo a los criterios de la prueba (Johns, 1991).

Tabla 2.

Puntajes escala de somnolencia de Epworth de cada participante.

Participantes	Puntaje escala Epworth
Sujeto 1	17*
Sujeto 2	19*
Sujeto 3	12*

*> 9 = Somnolencia moderada a severa

Análisis de la voz.

Para el análisis de la voz, se realizó un análisis descriptivo, considerando el promedio de cada lectura de los tres participantes, así como una inspección visual de cada uno de ellos. En la tabla 3 se observa la media y desviación estándar de los participantes durante las siete mediciones de registro de la voz.

Tabla 3.

Media y Desviación Estándar de los registros de lecturas y frecuencias de la voz expresadas en Hertz en los participantes.

Registros	Media	DS	Mínimo	Máximo
1	154,6250	21,01174	129,00	185,40
2	162,4127	6,47996	156,61	174,47
3	155,9984	8,78916	144,52	169,97
4	156,1418	8,35253	143,67	168,86
5	151,1112	11,00355	130,91	166,20
6	150,0392	6,81912	139,56	159,79
7	148,5891	10,67565	130,83	162,47

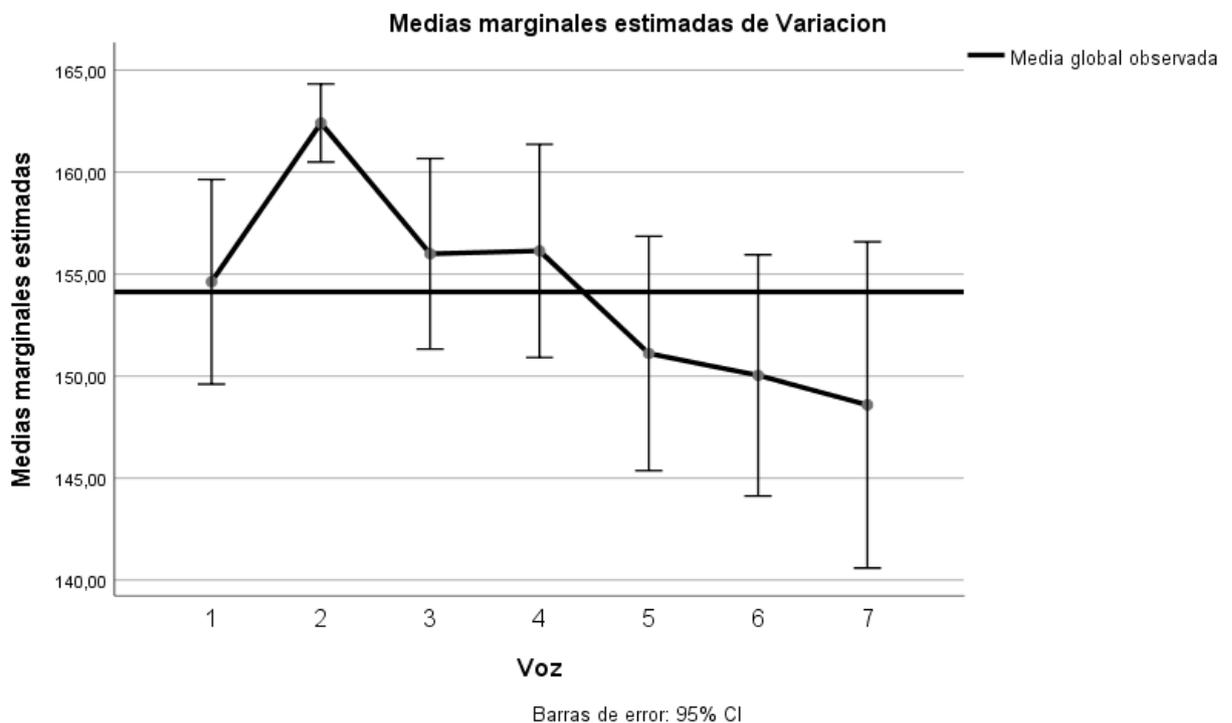
Para analizar y observar los cambios que tuvo la voz durante el transcurso de las mediciones y a través del tiempo, se consideró el promedio de registros por lectura de los tres participantes. El tono de voz para los hombres suele ser grave, sin embargo, las modificaciones que se presentaron en el presente estudio mostraron que los registros variaron desde lo grave a lo agudo a través del paso del tiempo. Resultado relevante para los objetivos de este estudio. Aun así, todos los participantes presentaron un tono vocal no esperado según su edad y su género. Inadecuado y alto ya que el valor normativo de la frecuencia de la voz en hombres suele ser de 112 Hz (Jackson-Menaldi, 2002, Rodero, 2001, Rodero, 2002).

El análisis estadístico de Friedman arrojó un χ^2 15,762 $p < 0,015$, lo cual confirma lo observado en la inspección visual de los datos y que si existió variación a través de las medidas de la voz en el tiempo en los sujetos.

A continuación, se presentan la tendencia de la tonalidad de la voz de los sujetos en las siete mediciones.

Figura 1.

Evolución de los registros de la voz del participante post privación de sueño durante las siete mediciones.



Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la existencia de evidencia que permita verificar si la somnolencia influye en la señal de la voz y que permitiera su caracterización bajo condiciones controladas. Acorde a lo presentado, los indicadores de somnolencia mostraron que luego de transcurrir un periodo de 24 hrs. de privación total de sueño, todos los participantes presentaron indicadores de somnolencia excesiva según la escala de utilizada internacionalmente para su medición. Así, se confirmó que la situación de privación de sueño fue adecuada para producir somnolencia de manera controlada. Estos resultados coinciden con lo que plantea la literatura al respecto, donde puntuaciones sobre 9 en la escala de Epworth corresponderían a somnolencia severa o moderada (Johns, 1991). Por otra parte, en la evaluación acústica analizada con el software de voz PRAAT, los tres sujetos presentaron variaciones a través del paso del tiempo de privación de sueño. Así, el tono de la voz en todos los participantes mostró un desplazamiento inicial que fue desde los polos graves hacia los tonos agudos a medida que pasó el tiempo y aumentaron las horas de privación de sueño. Esto se reflejó tanto en la variación de cada sujeto como también en relación al valor normativo de la voz. En este sentido los resultados apuntan a lo planteado en el objetivo e hipótesis de esta investigación, respecto a la influencia que ejercería la somnolencia en la señal de la voz. Es necesario resaltar que los tres participantes presentaron desde la primera medición un indicador por sobre la media esperada de los indicadores normalizados de la prueba. Esto sugiere que al presentar un alto indicador desde el comienzo de las mediciones pueda deberse más aun a la influencia de la situación experimental que se ve agudizada a través del tiempo. Con los resultados obtenidos se pudo confirmar el momento del aumento significativo de la agudeza de la voz. De esta forma, podemos afirmar que la privación produjo una alteración en el tono de la voz y que fue posible registrar su mayor alteración a través del tiempo.

El presente estudio presenta varias limitaciones a tener presente a la hora de analizar los resultados. Una primera y quizás la más importante es el tamaño de la muestra. Si bien considero solo tres participantes necesarios para poder mantener las variables y condiciones controladas, lo arrojado y sugerido en los resultados necesita de ser corroborado en una muestra mayor bajo las mismas condiciones y variables controladas. Esto permitiría corroborar modelos teóricos y empíricos y analizar patrones complejos de relaciones entre variables involucradas (Ortiz & Fernández-Pera, 2018).

Por otra parte, el estudio solo considero sujetos masculinos por lo que futuros estudios deberán considerar la variable genero para poder extrapolar los resultados a la población general.

Otro resultado interesante que arroja una posible limitación es lo obtenido particularmente en uno de los sujetos con edad sobre los otros dos. Es sabido en la literatura científica que la voz y su tonalidad cambia a través de los años sufriendo de ciertas modificaciones (Jackson-Menaldi, 1992). Por lo mismo los futuros estudios deben considerar mayor control en la edad de los participantes. Lo encontrado en nuestro estudio muestra que, si bien la tendencia del resultado fue similar a todos los participantes, específicamente el participante de mayor edad mostro una influencia diferente a los sujetos de menor edad.

Respecto al registro de la señal de la voz se sugiere que exista un registro basal de la señal, para así poder comparar ambas señales en un diseño pre y post, de modo de constatar estos datos con los registros del mismo sujeto, esto permitiría despejar otras variables que podrían estar afectando los resultados. Por otra parte, se sugiere considerar registros con vocales sostenidas y abiertas – A, E por ej.- de corta duración. Esto permitiría que los registros sean los mismos, no haya una memorización del contenido del discurso, palabra o párrafo, ya que la vocal es universalmente parte de la cultura lingüística de cada sociedad. Además, esto permitiría que la comparación se pueda realizar inter-sujeto observando la variación a medida que transcurre el tiempo debido a que no se pueden comparar estructuras de textos distintas porque existe una variación en cuanto al componente armónico entre una vocal y otra e incluso, a nivel de frecuencias entre consonantes y/o vocales (García-Santana, Capilla & Blanco, 2017).

Dentro del marco de la psicología, las tecnologías de la información y comunicación (TIC) se han aplicado en diferentes ámbitos como educación, psicología experimental, clínica, social, salud, entre otros con el objetivo de promover, evaluar, monitorear y mejorar el bienestar de las personas en su vida diaria (Botella, 2010; Ruiz-Herrera, Guillén-Riquelme, Díaz-Román, Cellini & Buela-Casal, 2020; Villalta, Vera-Villarroel, Assael & Segovia, 2019; Vera-Villarroel, et al, 2016; Vera-Villarroel, Celis-Atenas, Elgueta & Segovia, 2014). De esta forma, el desarrollo de tecnologías o metodologías que midan estados de somnolencia o activación de modo no invasivo permitirá entregar herramientas a las Neurociencias y Psicología en particular para contar con sistemas de medición, monitoreo y herramientas objetivas para intervenir en las conductas de

riesgo de accidentes para los seres humanos. Los datos del presente estudio apoyan esta tendencia y entregan datos y evidencia en esta línea de investigación y aplicación.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio permiten afirmar que la somnolencia influyó en la señal de la voz, a medida que los sujetos presentaron privación de sueño y esta se hace más larga en el tiempo. De la misma forma, los tonos de los participantes variaron desde el polo grave al más agudo. Los resultados entregan evidencia preliminar hacia el aporte y desarrollo de tecnologías o metodologías que midan estados de somnolencia o activación de modo no invasivo. Esta evidencia puede aportar para el desarrollo de herramientas a la Psicología y las Neurociencias para monitorear e intervenir en las conductas de riesgo de accidentes para los seres humanos.

REFERENCIAS

- Alonso, F., Esteban, C., Useche, S., López de Cózar, E. (2016). Prevalence of physical and mental fatigue symptoms on Spanish drivers and its incidence on driving safety, *advances in psychology and neuroscience.1*, 10-18. doi: 10.11648/j.apn.20160102.12
- Al-nasheri, A., Muhammad, G., Alsulaiman, M., Ali, Z., Mesallam, T. A., Farahat, M., ... & Bencherif, M. A. (2017). An investigation of multidimensional voice program parameters in three different databases for voice pathology detection and classification. *Journal of Voice*, 31(1), 113-e9. doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.03.019
- Anderson, C., Horne, J. (2003) Driving drowsy also worsen driver distraction. *Sleep Medicine*, 14 (5), 466-468 <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2012.11.014>
- Bagnall, A. D., Dorrian, J., & Fletcher, A. (2011). Some vocal consequences of sleep deprivation and the possibility of "fatigue proofing" the voice with Voicecraft® voice training. *Journal of Voice*, 25(4), 447-461. doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.10.020
- Balcells, J. (sin año de publicación) El polizón de la santa María, Ed. Andrés Bello. Chile
- Bener, A., Yildirim, E., Özkan, T., & Lajunen, T. (2017). Driver sleepiness, fatigue, careless behavior and risk of motor vehicle crash and injury: Population based case and control study. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 4(5), 496-502. doi.org/10.1016/j.jtte.2017.07.005
- Boersma, P., Weenink, D. (1992) Software PRAAT version 5.8.68. Universidad de Amsterdam.
- Botella, C. (2010) Tratamientos Psicológicos basados en la evidencia, Ed. Servicio de comunicación y publicaciones, Universitat Jaume I.
- Comisión nacional de seguridad del tránsito CONASET, <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/biblioteca-observatorio/estadisticas-generales/> consultada en Octubre 2017.
- Correa, J. (2014) Manual de análisis acústico del habla con PRAAT. Series Minor (49). Instituto Caro y Cuervo. Imprenta Patriótica, Bogotá
- Czeisler, C. A., Wickwire, E. M., Barger, L. K., Dement, W. C., Gamble, K., Hartenbaum, N., Ohayon, M., Pelayo, R., Phillips, B., Strohl, K., Teff, B., Rajaratnam, S., Malhotra, R., Whiton, K., & Hirshkowitz, M. (2016). Sleep-deprived motor vehicle operators are unfit to drive: a multidisciplinary expert consensus statement on drowsy driving. *Sleep Health: Journal of the National Sleep Foundation*, 2(2), 94-99. doi: 10.1016/j.sleh.2016.04.003.
- Daqrouq, K., & Tutunji, T. A. (2015). Speaker identification using vowels features through a combined method of formants, wavelets, and neural network classifiers. *Applied Soft Computing*, 27, 231-239.
- Delgado, Jonathan, & León, Nieves M^a., & Jiménez, Alejandra, & Izquierdo, Laura M. (2017). Análisis acústico de la voz: medidas temporales, espectrales y espectrales en la voz normal con el Praat en una muestra de hablantes de español. *Revista de Investigación en Logopedia*, 7(2), 108-127 [fecha de Consulta 4 de febrero de 2020]. ISSN. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3508/350854088001>
- García-Santana, C., Capilla, P., & Blanco, A. (2016). Alteraciones en la voz de las pacientes con anorexia nerviosa restrictiva: un estudio piloto. *Clinica y Salud*, 27(2), 73-80.
- Rainho, B., & Behlau, M. (2017) The influence of sleep disorders on voice quality. *Journal of voice*, in Press. doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.08.009
- Sanchez, C. D., & Pérez, M. M. (2007). *Caracterización de voz empleando análisis tiempo-frecuencia aplicada al reconocimiento de emociones* (Tesis doctoral), Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Física y Ciencias de la Computación.
- Sunwoo, J. S., Hwangbo, Y., Kim, W. J., Chu, M. K., Yun, C. H., & Yang, K. I. (2017). Sleep characteristics associated with drowsy driving. *Sleep Medicine*, 40, 4-10. doi.org/10.1016/j.sleep.2017.08.020
- Flores, M. Armingol; & J. De la Escalera, A (2011). Sistema avanzado de asistencia a la conducción para la detección de la somnolencia. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 8, 216-228. doi.org/10.1016/j.riai.2017.05.001
- García, C., & Tapias, D. (2000). La frecuencia fundamental de la voz y sus efectos en el reconocimiento de habla continua. *Procesamiento del lenguaje natural*, 26.
- Galka, J., Masiar, M., & Salasa, M. (2014). Voice authentication embedded solution for secured access control. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 60(4), 653-661. doi:10.1109/TCE.2014.7027339
- González G.M. (1999) Bilingual computer-assisted psychological assessment: an innovative approach for screening depression in chicanos/latinos. *Report University of Michigan*.
- Grane, C. (2017). Assessment selection in human-automation interaction studies: The Failure-GAM 2 E and review of assessment methods for highly automated driving. *Applied Ergonomics*. 66, 182-192 doi.org/10.1016/j.apergo.2017.08.010
- He, J., Choi, W., Yang, Y., Lu, J., Wu, X., & Peng, K. (2017). Detection of driver drowsiness using wearable devices: A feasibility study of the proximity sensor. *Applied Ergonomics*, 65, 473-480 doi:10.1016/j.apergo.2017.02.016
- Hernández Y. Sucar L. E. & Conati C. (2008) An Affective behavior model for intelligent tutors. *Journal Intelligent Tutoring Systems*, 819-821.
- Jackson-Menaldi, M^a. C. (2002). Aspectos generales del trabajo vocal. *La voz patológica*. 207-227. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana

- Johns, M. (1991) A new method for measuring daytime sleepiness: The Epworth sleepiness scale, *Journal American Sleep Disorders, Association and Sleep Research Society*, 14, 540-545 <https://doi.org/10.1093/sleep/14.6.540>
- Luengo, I. Navas, E. Hernández, I. Sánchez, J. (2005) Reconocimiento automático de emociones utilizando parámetros prosódicos. *Revista Procesamiento del Lenguaje Natural*, 35,13-20
- Manfredi, C., Lebacqz, J., Cantarella, G., Schoentgen, J., Orlandi, S., Bandini, A., & DeJonckere, P. H. (2017). Smartphones offer new opportunities in clinical voice research. *Journal of Voice*, 31(1), 111-e1. doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.12.020
- Miró, E., Ibáñez, M., & Cano-Lozano, M. (2002) Patrones de sueño y salud. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 2, 301-326.
- Miró, E., Cano-Lozano, M., Buela-Casal, G. (2005) Sueño y calidad de vida. *Revista colombiana de psicología*, 14 (1) 11-27.
- Morales, M. Echeverry, J. Orozco, A. (2007) Reconocimiento de emociones empleando el procesamiento digital de la voz. *Revista Scientia Et Technica*, 13 (37) 45-150 Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Mundt, J. Snyder, P. Cannizzaro, M. Chappie, K. Geralts, D. (2007) Voice acoustic measures of depression severity and treatment response collected via interactive voice response (IVR) technology. *Journal Neurolinguistics* 20 (1) 50-64 doi: [10.1016/j.jneuroling.2006.04.001](https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2006.04.001)
- Mundt, J. Vogel, A. Feltner, D. Ienderking, W. (2012) Vocal acoustic biomarkers of depression severity and treatment response. *Society of Biological Psychiatry*. 72 (7) 80-587 doi: [10.1016/j.jneuroling.2006.04.001](https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2006.04.001)
- Mwengue, B. Rodestein, D. (2009) Evaluación de la somnolencia. *Revista de Bronconeumología*. 45, (7) 349-357
- Núñez, F. B., González, R. M., Peláez, M. G., González, I. L., Fernández, M. F., & Morato, M. G. (2014). Acoustic voice analysis using the Praat program: comparative study with the Dr. Speech program. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 65(3), 170-176. doi.org/10.1016/j.otorri.2013.12.004
- National Sleep Foundation, 2008. State of the States Report on Drowsy Driving.
- Ortiz, M & Fernández-Pera, M. (2018). Modelo de ecuaciones estructurales: una guía para ciencias médicas y ciencias de la salud. *Terapia Psicológica*, 36, 51-58.
- Pérez-Espinoza, H. (2010). Reconocimiento de emociones a partir de la voz, basado en un modelo emocional continuo. (*Tesis doctoral*). Instituto de astrofísica, óptica y electrónica, Tonantzintla, Puebla.
- Rachuri, K. Musoli, M. Mascolo, C. Rentfrow, P. Longworth, C. Aucinas, A. (2010) EmotionSense: A mobile phones based adaptative platform for experimental social psychology research. University of cambridge. UbiComp'10 Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing 281-290
- Raouf, A. R. (2017). Security of iris recognition and voice recognition techniques. *Ibn AL-Haitham Journal For Pure and Applied Science*, 26(1), 346-357.
- Raut, P., Kolte, S., Pachare, S., & Shinde, A. (2017). A review on two level authentication using image selection and voice recognition. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4, (2), 1237-1238.
- Rodero, E. (2001). El tono de la voz masculina y femenina en los informativos radiofónicos: Un análisis comparativo. Presentada en el Congreso Internacional Mujeres, Hombres y Medios de Comunicación, Junta de Castilla y León, Valladolid, noviembre de 2001. Biblioteca On-line de Ciências da Comunicação. <http://www.bocc.ubi.pt/pag/rodero-emma-sono-voz-femenina.pdf>
- Rodero, E. (2002). La voz informativa radiogénica. *Revista Mexicana de Comunicación*, 79, 36-41.
- Rosales Mayor, Edmundo, & Rey De Castro Mujica, Jorge. (2010). Sleepiness: What it is, what causes it, and how measure it. *Acta Médica Peruana*, 27(2), 137-143.
- Rothkrantz, L. Wiggers, P. Willem, J. Van Vark, R. (2004) Voice stress analysis, *Text Speech and Dialogue*. 3206, 449-456 Springer- Verlag, Berlin Heidelberg.
- Ruiz-Herrera, N., Guillén-Riquelme, A., Díaz-Román, A., Cellini, N., Buela-Casal, G. (2020). Sleep among presentations of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Analysis of objective and subjective measures. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 20, 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2019.08.001>.
- Sampieri, R. Collao, C. Baptista, P. (2010) Metodología de la investigación, ed. Mc Graw Hill.
- Vanlaar, W., Simpson, H., Mayhew, D; & Robertson, R., 2008. Fatigued and drowsy driving: a survey of attitudes, opinions and behaviors. *Journal of safety research* 39 (3), 303–309. doi.org/10.1016/j.jsr.2007.12.007
- Varma, Abhi R., S. V. Arote, C. Bharti & K. Singh. (2012) Accident prevention using eye blinking and head movement. Emerging trends in computer science and information technology. *Journal of Computer Applications*, 18-22.
- Vera-Villarroel, P., Contreras, D., Lillo, S., Beyle, C., Segovia, A., Rojo, N., Moreno, S., & Oyarzo, F (2016). Perception of Safety and Liking Associated to the Colour Intervention of Bike Lanes: Contribution from the Behavioural Sciences to Urban Design and Wellbeing. *Plos One*, 11 (8): e0160399. doi: 10.1371/journal.pone.0160399.
- Vera-Villarroel, P., Celis-Atenas, K. Elgueta, T & Segovia, A. (2014). Tecnologías y bienestar: las tecnologías de la información y comunicación (tics) y psicología. En Oyanedel, JC, Bilbao, M, Paez, D. Estudios sobre Bienestar en Chile Vol I. RII Editores.
- Villalta, MA., Vera-Villarroel, P. Assael, C. & Segovia, A (2019). Eye tracking and conversational structures in Chilean rural and urban elementary education classrooms. *Interciencia*, 44, 266-273.
- Wan, W. Yulian, E. Najiah, A. & Farah, N. (2011) The application of quality function deployment (QFD) and rapid prototyping (RP) technology in improving the design of anti sleep driving alarm. *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* Kuala Lumpur, Malaysia, Department of manufacturing and materials Engineering, International university Malaysia.
- Wang, Q. Yang, J. Ren; & M. Zheng, Y. (2006). Driver fatigue detection: A survey. *IEEE, Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation*. 2, 8587-8591. doi.org/[10.1109/WCICA.2006.1713656](https://doi.org/10.1109/WCICA.2006.1713656)