

**RELACIONES ENTRE EL PROCESAMIENTO AUDITIVO Y EL RENDIMIENTO
ACADÉMICO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS**



JHONATHAN ALEJANDRO PINEDA PALENCIA

MIGUEL ÁNGEL MALDONADO ROZO

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESPECIALIZACIÓN EN AUDIOLOGÍA

BOGOTÁ D.C.

ENERO 2018

**RELACIONES ENTRE EL PROCESAMIENTO AUDITIVO Y EL RENDIMIENTO
ACADÉMICO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS**



JHONATHAN ALEJANDRO PINEDA PALENCIA

MIGUEL ÁNGEL MALDONADO ROZO

AMANDA TERESA PÁEZ PINILLA

Docente director

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESPECIALIZACIÓN EN AUDIOLOGÍA

BOGOTÁ D.C.

ENERO 2018

CONTENIDO

INTRODUCCION	6
1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	8
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	8
1.2. ANTECEDENTES TEÓRICOS	11
1.2.1. Procesamiento Central Auditivo (PCA).....	11
1.2.2. Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Larga (ARL).....	18
1.2.3. Rendimiento académico	24
1.3. JUSTIFICACIÓN	26
1.4. PROBLEMA	28
1.5. OBJETIVOS	29
1.5.1. General.....	29
1.5.2. Específicos	29
2. METODO.....	33
2.1. TIPO.....	33
2.2. POBLACIÓN	33
2.3. PROCESOS.....	34
2.4. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	35
2.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS	39
3. RESULTADOS	40
4. DISCUSIÓN.....	46
5. CONCLUSIONES	52
BIBLIOGRAFIA	54
ANEXOS	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Generadores anatómicos de los diferentes componentes del complejo P1-N1-P2 de los ARL.....	22
Tabla 2. Definición de variables	30
Tabla 3. Montaje de los electrodos en el ARL.....	37
Tabla 4. Resultados de los Potenciales Evocados Auditivos ARL.	40
Tabla 5. Resultados de la encuesta de autopercepción de las habilidades de procesamiento auditivo	41
Tabla 6. Análisis de componentes principales para los valores Inputs.	42
Tabla 7. Eficiencia para cada uno de los estudiantes.	42
Tabla 8. Correlaciones entre las pruebas de procesamiento auditivo central vs eficiencia académica.....	43
Tabla 9. Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson.....	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cronograma de actividades.	35
Figura 2. Correlación entre Binauralidad del BEPADI vs Eficiencia académica.....	45
Figura 3. Correlación entre oído izquierdo del BEPADI vs eficiencia académica.....	45

INTRODUCCION

Según Navarro (2003)¹ el rendimiento académico se define como una intrincada red de articulaciones cognitivas generadas por el hombre que sintetiza las variables de cantidad y calidad como factores de medición y predicción de la experiencia educativa y que contrariamente de reducirlo como un indicador de desempeño escolar, se considera una constelación dinámica de atributos cuyos rasgos característicos distinguen los resultados de cualquier proceso de enseñanza aprendizaje.

Dada la complejidad de los múltiples factores que intervienen en el rendimiento académico, es importante centrar la atención en uno de sus aspectos, para poder profundizar en los resultados obtenidos en estudiantes universitarios. En este estudio se pretende realizar énfasis en los aspectos relacionados con el procesamiento auditivo y sus posibles relaciones con las dificultades que pueden estar presentando algunos alumnos para procesar la información auditiva que reciben en las aulas de clase, mediante estrategias como la memoria auditiva, la comprensión y el análisis del lenguaje oral, las habilidades para tomar notas en clase, y otras habilidades auditivas. Lo anterior obedece a la necesidad de profesionales y docente de detectar y abordar los problemas de aprendizaje y bajo rendimiento académico que pudieran estar siendo causados por dificultades de procesamiento auditivo.

Para la medición del procesamiento auditivo se propone utilizar una batería básica con audiometría, logoaudiometría e impedanciometría, con el complemento de pruebas avanzadas como la batería de evaluación del procesamiento auditivo dicótico (BEPADI) y los potenciales evocados auditivos de latencia larga corticales (ARL).

Para la medición del rendimiento académico se propone utilizar un análisis de componentes principales utilizando información de cada estudiante clasificada en variables de entrada y variables de salida, del semestre anterior, tomada de los registros objetivos institucionales. Por otro lado, se propone aplicar una encuesta de

¹ Edel Navarro, R. (2003). El rendimiento académico: concepto, investigación y desarrollo. REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 1 (2), 0.

autopercepción de habilidades de procesamiento auditivo, que busca identificar los aspectos subjetivos de la interpretación individual del rendimiento académico.

Finalmente se espera determinar cuáles de los instrumentos de evaluación o pruebas audiológicas aplicadas pueden ser útiles y confiables para predecir dificultades en el rendimiento académico, mediante un análisis multivariado de los datos recolectados. Los resultados pueden ayudar a generar conciencia en los docentes universitarios acerca de la importancia de estimular las habilidades de procesamiento auditivo para alcanzar mejores resultados académicos en los estudiantes, también pueden ayudar a los estudiantes a generar y utilizar técnicas de estudio que les permita potencializar sus aptitudes e intereses.

Para alcanzar los objetivos propuestos se realiza inicialmente una sustentación teórica de las principales variables sujetas a estudio; se plantean las características metodológicas del presente estudio y posteriormente se describe los resultados obtenidos y se dan consideraciones finales acerca de los principales hallazgos y aportes de los mismos.

1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En la elaboración del presente marco conceptual, se revisan nociones importantes para la comprensión y análisis del tema de estudio, con el fin de encontrar una relación entre el rendimiento académico y el procesamiento central auditivo. A la luz de varios autores, y teniendo en cuenta las evidencias científicas producto de estudios previos, bajo una misma línea investigación, se ha revisado publicaciones, textos, estudios de caso, entre otros; con el fin de suplir la necesidad de información para el presente estudio.

1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

A continuación, se presenta la revisión bibliográfica de las investigaciones relacionadas con el presente estudio o que en su efecto aportan paradigmas que sirven como punto de partida para el análisis.

El procesamiento auditivo central encierra habilidades primordiales para el desarrollo integral del estudiante en el aula de clase. De acuerdo con Mourad, Hassan, El-Banna, Asal & Hamza (2015)², en un estudio con 69 alumnos de grados cuarto, quinto y sexto quienes fueron examinados con una batería completa de procesamiento central auditivo y evaluados para determinar el coeficiente de inteligencia y las dificultades del aprendizaje, afirman que las habilidades de procesamiento auditivo central en la educación primaria pueden clasificarse como habilidades robustas que soportan condiciones auditivas desafiantes, habilidades vulnerables que se manifiestan en condiciones desafiantes y habilidades deficientes que se manifiestan incluso en las mejores condiciones de escucha.

² Mourad, M., Hassan, M., El-Banna, M., Asal, S., & Hamza, Y. (2015). Screening for Auditory Processing Performance in Primary School Children. *Journal Of The American Academy Of Audiology*, 26(4), 355-369. <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.26.4.4>

Por otra parte, Skarzynski y colaboradores (2015)³, con el objetivo de evaluar la utilidad de prueba de dígitos dicóticos (DDT, por sus siglas en ingles) en la detección de trastornos auditivos centrales en niños de edad escolar, examinaron exactamente 235,664 niños (7-12 años) en 9,325 escuelas bajo programas de detección auditiva realizados en Polonia en 2008-2010, de los cuales 7.642 fueron examinados usando la prueba de DDT para desorden de procesamiento auditivo central. Encontrando claras ventajas en el oído derecho para estímulos de habla, lo cual es un conocido fenómeno que indica la maduración del sistema auditivo.

Páez (2014)⁴ caracterizo el procesamiento auditivo, sus relaciones con el rendimiento académico y con variables psicosociales, en estudiantes de fonoaudiología de la universidad Nacional de Colombia. No evidencio una correlación significativa entre las variables estudiadas, según la autora, posiblemente porque el instrumento numérico utilizado para medir el rendimiento académico, el promedio académico ponderado PAPA, no arroja aspectos específicos del aprendizaje de los estudiantes y no identifica diferencias individuales relacionadas con dificultades puntuales.

Boets y colaboradores (2011)⁵, realizaron una investigación con 62 niños nativos de habla holandesa con audición normal, sin antecedentes neuro-otológicos, evaluados con pruebas para el procesamiento temporal auditivo como la detección de la modulación de frecuencia auditiva (FM)), pruebas de percepción de habla, pruebas de conciencia fonológica y finalmente pruebas de alfabetización. Estos investigadores evidenciaron que la sensibilidad a la frecuencia FM y la percepción del habla en ruido en el kínder, contribuyen de manera única al desarrollo de la capacidad de lectura, incluso después de controlar el conocimiento de las letras y la conciencia fonológica. Estos hallazgos

³ Skarzynski, P., Wlodarczyk, A., Kochanek, K., Pilka, A., Jedrzejczak, W., & Olszewski, L. et al. (2015). Central auditory processing disorder (CAPD) tests in a school-age hearing screening programme – analysis of 76,429 children. *Annals Of Agricultural And Environmental Medicine*, 22(1), 90-95. <http://dx.doi.org/10.5604/12321966.1141375>

⁴ Páez, A. T. (2014). Caracterización del procesamiento auditivo, sus relaciones con el rendimiento académico y con variables psicosociales, en estudiantes de Fonoaudiología de la Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Libre. Bogotá. p.98.

⁵ Boets, B., Vandermosten, M., Poelmans, H., Luts, H., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2011). Preschool impairments in auditory processing and speech perception uniquely predict future reading problems. *Research In Developmental Disabilities*, 32(2), 560-570. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2010.12.020>

indican que las deficiencias en el procesamiento auditivo y la percepción del habla no son simplemente un efecto secundario de los problemas de lectura.

Heine & Slone (2008)⁶, reportaron 3 casos de adolescentes de 14 años que presentaron una evaluación clínica para DPAC. Todos fueron remitidos por el personal de la escuela con inquietudes sobre el rendimiento académico inexplicado y una variedad de dificultades (por ejemplo: Seguimiento de instrucciones, inatención, susceptibilidad a frustración, dificultades de concentración). Encontraron que un desorden de procesamiento auditivo central (DPAC) leve puede causar problemas educativos como consecuencia del aumento de las demandas académicas durante este periodo. También puede deberse a modelos instructivos aurales u orales más intensos y múltiples tareas de aprendizaje. Incluso afirman que pueden generar un deterioro significativo en la adolescencia, atribuible a los desafíos significativos de esta etapa, definidos por el establecimiento de identidad personal, autonomía y consolidación de roles sociales.

Castex, Castro, Sandoval, Seguel, & Vera (2006)⁷ con el fin de describir el rendimiento de un grupo de adolescentes en las pruebas de procesamiento auditivo central y su relación con el déficit del discurso oral, aplicaron el Procedimiento para evaluar el discurso (PREDI), y tres pruebas de procesamiento auditivo central: RGDT, dígitos dicóticos y habla filtrada, en 50 estudiantes de 2º años, 25 sin déficit del discurso oral y 25 con déficit del discurso. Evidenciando una correlación positiva entre la prueba de dígitos dicóticos, la prueba de habilidades semánticas y la prueba de discurso. Se atribuyó la razón de la existencia de correlación positiva en estas tres pruebas en particular a que las competencias involucradas en tareas de escucha dicótica, habilidades semánticas y producción de discurso comparten estructuras corticales durante su funcionamiento, lo que explicaría la relación entre los resultados obtenidos.

⁶ Heine, C., & Slone, M. (2008). The Impact of Mild Central Auditory Processing Disorder on School Performance During Adolescence. *Journal Of School Health*, 78(7), 405-407. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1746-1561.2008.00321.x>

⁷ Castex, C., Castro, Y., Sandoval, X., Seguel, V., & Vera, G. (2006). *Rendimiento en pruebas de procesamiento auditivo central de adolescentes con y sin déficit del discurso oral*. Santiago: Univesidad de Chile. Facultad de Medicina. Escuela de Fonoaudiología.

Finalmente, Walker, Shinn, Cranford, Givens & Holbert (2002)⁸, afirman que hay correlaciones significativas entre las medidas de capacidad de lectura y las habilidades de procesamiento temporal, específicamente en el reconocimiento de palabras y el procesamiento del patrones de duración, lo que sugiere una relación entre las habilidades de procesamiento temporal auditivas de bajo nivel y la eficiencia de decodificación. Hallazgos en 18 estudiantes universitarios de la Universidad de East Carolina, todos diagnosticados con trastornos de lectura, a los cuales se les aplicó una batería de prueba de comportamiento que implicó la discriminación del patrón de presentación de las tríadas de tonos en el que los componentes individuales difirieron en frecuencia o duración. También se administró una prueba adicional que involucra la medición de los límites de diferencia de frecuencia para tonos de larga y corta duración.

1.2. ANTECEDENTES TEÓRICOS

1.2.1. Procesamiento Central Auditivo (PCA)

1.2.1.1. Definición

Según la ASHA (1996)⁹, el procesamiento auditivo (central) [(C)AP por sus siglas en inglés] se refiere a la eficiencia y eficacia con la cual el sistema nervioso central (SNC) utiliza la información auditiva. Bellis (2003)¹⁰ afirma que el PAC se refiere al procesamiento perceptual de la información auditiva en el SNC y la actividad neurobiológica que subyace a ese procesamiento y da lugar a los potenciales auditivos

⁸ Walker, M., Shinn, J., Cranford, J., Givens, G., & Holbert, D. (2002). Auditory Temporal Processing Performance of Young Adults With Reading Disorders. *Journal Of Speech Language And Hearing Research*, 45(3), 598. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2002/048](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2002/048)

⁹ American Speech-Language-Hearing Association. (1996). Central auditory processing: Current status of research and implications for clinical practice. *American Journal of Audiology*, 5, 41–54.

¹⁰ Bellis, T. J. (2003). *Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting: From science to practice* (2nd ed.). Clifton Park, NY: Delmar Learning.

electrofisiológicos y Katz & Wilde (1994)¹¹ lo describe de manera más sencilla afirmando que se trata de lo que el cerebro hace con o que escuchan los oídos.

Por su parte Plomp (1976)¹² reafirma que la audición no es una habilidad sensorial-perceptual unitaria, a esta le subyace un sistema complejo con múltiples componentes y niveles de organización paralela y secuencial pero interactiva denominado Sistema Nervioso Central Auditivo (CANS por sus siglas en inglés). Anatómicamente este sistema incluye núcleos y vías en tronco cerebral, subcortex, áreas primarias y de asociación en la corteza y el cuerpo caloso. Tyler (1992)¹³ se refiere al procesamiento auditivo central como un proceso preconsciente, es decir que ocurre antes de que el oyente sea consciente de este, experimentando solamente un evento perceptivo auditivo.

1.2.1.2. *Habilidades de Procesamiento Auditivo Central*

De acuerdo Chermak & Musiek (1997)¹⁴, Musiek (1999)¹⁵, Jerger & Musiek (2000)¹⁶ el PCA incluye los mecanismos auditivos que subyacen a las siguientes habilidades o destrezas: *Localización y lateralización del sonido* que tiene lugar en el complejo olivar superior permitiendo determinar la dirección y la distancia de la fuente sonora, teniendo en cuenta las diferencias de intensidad y tiempo; *discriminación auditiva* que se da a nivel del mesencéfalo y permite diferenciar si dos sonidos son iguales, resaltando los sonidos del habla en ambientes ruidosos e identificando los rasgos del habla que dan lugar a la comprensión de determinados significados o instrucciones; *reconocimiento auditivo de patrones* los cuales se procesan en el mesencéfalo y permiten diferenciar sonidos de la misma sonoridad, altura y duración; *aspectos temporales de la audición*, incluyendo *integración temporal*, *discriminación temporal*, *enmascaramiento temporal* que permite

¹¹ Katz, J. & Wilde, L. (1994). Auditory processing disorders. In J. Katz (Ed.), Handbook of clinical audiology (4th ed., pp. 490). Baltimore: Williams & Wilkins.

¹² Plomp, R. (1976). Aspects of tone perception. London: Academic.

¹³ Tyler, L. K. (1992). Spoken language comprehension: An experimental approach to disordered and normal processing. Cambridge, MA: MIT Press.

¹⁴ Chermak, G. D., & Musiek, F. E. (1997). Central auditory processing disorders: New perspectives. San Diego, CA: Singular.

¹⁵ Musiek, F. (1999) Central auditory tests. Scandinavian Audiology, 28 (Suppl.. 51), 33 – 46.

¹⁶ Jerger, J. & Musiek, F. (2000). Report of the Consensus Conference on the Diagnosis of Auditory Processing Disorders in School-Aged Children. J Am Acad Audiol. Oct;11(9):467-74.

detectar los estímulos enmascarados entre los demás sonidos presentes, y *ordenamiento temporal* que se refiere al espacio de tiempo necesario para resolver eventos acústicos; *rendimiento auditivo en señales acústicas competitivas* (incluyendo escucha dicótica) que permite detectar la presencia del sonido en ambientes con más de una señal acústica de fondo y *rendimiento auditivo con señales acústicas degradadas* que permite percibir la totalidad del mensaje cuando este se encuentra interrumpido por otras señales acústicas.

Para Johnson, C.D., Benson, P.V., & Seaton, J.B. (1997)¹⁷; Nevins, M.E., & Garber, A. (2006)¹⁸; Roeser, R.J., & Downs, M.P. (2004)¹⁹ el término procesamiento auditivo se refiere a como el cerebro recibe e interpreta la información sonora, para esto varias habilidades determinan la capacidad de procesamiento y el éxito auditivo. Según ellos estas habilidades se desarrollan en una jerarquía general de cuatro pasos, sin embargo, todos trabajan conjuntamente y son esenciales para escuchar a diario; afirman además que a pesar de que los investigadores no están de acuerdo en la jerarquía exacta de las habilidades generalmente concuerdan en que todas son esenciales para el éxito del procesamiento auditivo.

Paso 1: Conciencia auditiva

- Conciencia auditiva: la capacidad de detectar el sonido
- Localización de sonido: habilidad para localizar la fuente del sonido
- Atención auditiva / figura-fondo auditiva: habilidad para atender a la información auditiva importante incluyendo la atención en un medio ruidoso competitivo

Paso 2: Discriminación auditiva

¹⁷ Johnson, C.D., Benson, P.V., & Seaton, J.B. (1997). Educational audiology handbook. San Diego: Singular Publishing Group.

¹⁸ Nevins, M.E., & Garber, A. (2006, May). Auditory skill development. Cochlear Americas Habilitation Outreach for Professionals in Education.

¹⁹ Roeser, R.J., & Downs, M.P. (2004). Auditory disorders in school children: The law, identification, remediation 4th ed. New York: Thieme Medical Publishers, Inc

- Discriminación auditiva de sonidos ambientales: habilidad para detectar diferencias entre los sonidos ambientales
- Discriminación auditiva de suprasegmentales: capacidad para detectar diferencias entre los aspectos no fonemáticos del habla como la velocidad, la intensidad, la duración, el tono y la prosodia general.
- Discriminación auditiva de segmentos: capacidad de detectar diferencias entre sonidos específicos del habla.

Paso 3: identificación auditiva

- Identificación auditiva (asociación auditiva): capacidad para dar sentido a los sonidos y al habla
- Retroalimentación auditiva / autocontrol: capacidad para cambiar la producción del habla en función de la información que se obtiene al oírse hablar.
- Conciencia fonológica (Análisis auditivo): capacidad de identificar, mezclar, segmentar y manipular la estructura del lenguaje oral

Paso 4: comprensión auditiva

- Comprensión auditiva: habilidad para entender mensajes auditivos largos, incluyendo la conversación, el seguimiento de instrucciones y la comprensión de historias.
- Cierre auditivo: capacidad de dar sentido a los mensajes auditivos cuando falta una pieza de información auditiva, rellenando los espacios en blanco.
- Memoria auditiva: capacidad para retener información auditiva de forma inmediata y después de un retraso.
- Procesamiento auditivo lingüístico: capacidad de interpretar, retener, organizar y manipular el lenguaje hablado para el aprendizaje y la comunicación de nivel superior.

Por su parte investigadores como Bellis (1996)²⁰, DeConde (1984)²¹, Gillet (1993)²² y Keith (1995)²³ concuerdan en que existe una jerarquía de habilidades auditivas que es básica para el proceso de escucha y comunicación que además se superponen y son esencialmente inseparables y las describen como sigue:

- *Sensación* es la habilidad para identificar la presencia del sonido
- *Discriminación* es el proceso usado para diferenciar entre sonidos de diferente frecuencia, duración o intensidad (alto / bajo; largo / corto; fuerte / suave). Un problema con la discriminación auditiva puede afectar el seguimiento de indicaciones, la lectura, la ortografía y la escritura.
 - *Localización* es la habilidad para determinar la localización de la señal acústica relativa a la posición del oyente en el espacio. Esta habilidad a la eficacia auditiva general.
 - *Atención auditiva* es la capacidad de dirigir la atención a las señales acústicas relevantes, en particular a los estímulos del habla o lingüísticos y mantener esa atención durante un período de tiempo apropiado para la edad.
 - La *figura-fondo auditiva* es la capacidad de identificar la fuente de sonido primaria, lingüística o no lingüística mientras se tiene ruido de fondo. Un ejemplo de esto sería un aula de clase donde la voz del maestro es la señal principal y las conversaciones de los alumnos y otros ruidos del aula componen el ambiente ruidoso competitivo. Cuando la señal primaria y los niveles de ruido son casi iguales, fácilmente se puede presentar una dificultad para escuchar.
 - *Discriminación auditiva* es la habilidad necesaria para discriminar entre palabras y sonidos que son acústicamente similares. Cuando hay ruido, se hace cada vez más difícil discriminar entre palabras acústicamente similares como casa / tasa o sol / col, sin la posibilidad de confiar en pistas visuales adicionales o pistas contextuales.

²⁰ Bellis, T. (1996). Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting. San Diego: Singular Publishing Group.

²¹ DeConde, C. (1984). Children with auditory processing disorders. In R. Hull & K. Dilka (Eds.), The hearingimpaired child in school (pp. 141-162). Orlando, FL: Grune & Stratton

²² Gillet, P. (1993). Auditory processes. Novato, CA: Academic Therapy Publications.

²³ Keith, R. (1995). Tests of central auditory processing. In R. Roeser & M. Downs (Eds.), Auditory disorders in school children (3rd ed.) (pp. 101-116). NY: Thieme Medical Publications.

- *Cierre auditivo* es el término utilizado para describir la capacidad de comprender la palabra o mensaje completo cuando falta una parte. En entornos ruidosos, esta habilidad se utiliza a menudo para comprender mensajes. En los adultos con una base rica en lenguaje y experiencia, esta tarea es mucho más fácil que para los estudiantes que están desarrollando habilidades lingüísticas.
- La *síntesis auditiva* es la capacidad de sintetizar, es decir combinar o fusionar fonemas aislados en palabras. Esta habilidad es crítica para el proceso de lectura.
- El *análisis auditivo* es la capacidad de identificar fonemas o morfemas incrustados en palabras. Esta habilidad es importante para distinguir los tiempos verbales y otros marcadores morfológicos que pueden estar acústicamente distorsionados o enmascarados por el ruido de fondo.
- La *asociación auditiva* es la capacidad de relacionar la señal acústica a un determinado significado. Requiere que el oyente identifique una señal acústica y la asocie con su fuente, etiqueta de un sonido o experiencia lingüística o no lingüística. Esta habilidad es fundamental para desarrollar la memoria auditiva.
- La *memoria auditiva* se refiere a la recuperación de la señal acústica después de haber sido etiquetada, almacenada y luego recordada. Esta habilidad también requiere recordar y evocar varios estímulos acústicos de diferente longitud o número. Parte de la información debe recordarse en el orden exacto para ser útil. Las habilidades de memoria auditiva implican el almacenamiento y la recuperación a corto y largo plazo. La memoria auditiva a corto plazo es la capacidad de retener información auditiva tal como se presenta de inmediato. La memoria secuencial auditiva es la capacidad de recordar el orden de una serie de detalles.

La ASHA (2005)²⁴ aclara al referirse al PAC que aunque las habilidades como la conciencia fonológica, la atención y memoria auditiva, la síntesis auditiva, la comprensión e interpretación de la información presentada de forma auditiva y las demás habilidades

²⁴ American Speech-Language-Hearing Association. (2005). (Central) auditory processing disorders [Technical Report]. Available from www.asha.org/policy.

similares que pueden depender o estar asociadas a una función auditiva central, se consideran de orden superior cognitivo-comunicativo y/o funciones relacionadas con el lenguaje; por lo tanto no están incluidas en la definición de Procesamiento Auditivo Central.

1.2.1.3. *Desorden de Procesamiento Auditivo Central (DPAC)*

Según la ASHA (1996)²⁵, el Desorden de Procesamiento Auditivo (central) [(C)APD] por sus siglas en inglés, se refiere a las dificultades en el procesamiento perceptivo de la información auditiva en el sistema nervioso central y se hace evidente por el bajo rendimiento en una o más de las habilidades que lo integran. Dicho en otras palabras, es un déficit en el procesamiento neuronal de estímulos auditivos que no se debe a factores de orden superior relacionados con el lenguaje o cognición. Continúa afirmando que, aunque el DPAC puede coexistir con otros trastornos (por ejemplo, un Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), deterioro del lenguaje y déficit de aprendizaje) no es el resultado de estos trastornos.

La naturaleza específica y el diagnóstico diferencial del DPAC ha sido de gran debate entre los investigadores; las definiciones de DPAC de algunos autores como Cacace & McFarland (1998)²⁶, Jerger & Musiek (2000)²⁷, McFarland y Cacace, (1995)²⁸, entre otros, implican (o afirman rotundamente) que este diagnóstico puede aplicarse solo cuando se demuestra un déficit (perceptual) en el sistema auditivo y en ningún otro lugar. De esta manera los individuos con déficit de procesamiento auditivo temporal que también muestran déficits temporales pansensoriales no cumplirían con los criterios diagnósticos para DPAC. En contraposición a lo anterior investigadores en neurociencias cognitivas (Poremba y colaboradores (2003)²⁹, Salvi, R. J. y colaboradores (2002)³⁰) han

²⁵ Ibid. American Speech-Language-Hearing Association. (1996).

²⁶ Cacace, A. T., & McFarland, D. J. (1998). Central auditory processing disorder in school-aged children: A critical review. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41, 355–373.

²⁷ Ibid. Jerger, J. & Musiek, F. (2000).

²⁸ McFarland, D. J., & Cacace, A. T. (1995). Modality specificity as a criterion for diagnosing central auditory processing disorders. *American Journal of Audiology*, 4, 36–48.

²⁹ Poremba, A., Saunders, R. C., Crane, A. M., Cook, M., Sokoloff, L., & Mishkin, M. (2003). Functional mapping of the primate auditory system. *Science*, 299, 568–571.

³⁰ Salvi, R. J., Lockwood, A. H., Frisina, R. D., Coad, M. L., Wack, D. S., & Frisina, D. R. (2002). PET imaging of the normal human auditory system: Responses to speech in quiet and in background noise. *Hearing Research*, 170, 96–106.

demostrado que hay muy pocas áreas completamente compartimentadas en el cerebro que sean las únicas responsables de una única modalidad sensorial. Por esta razón la ASHA ha definido y contextualizado la definición de DPAC de manera consistente con la forma en que ocurre el procesamiento auditivo y la relación con el sistema nervioso central.

1.2.1.4 Batería de Evaluación del Procesamiento Auditivo Dicótico (BEPADI)

La Bateria de Evaluación del procesamiento Auditivo Dicótico – BEPADI es un instrumento diseñado por la Audióloga Amanda Teresa Páez Pinilla y adaptado a la población colombiana; permite la evaluación rápida, económica y con alto nivel de especificidad del Sistema Nervioso Auditivo Central (SNAC) a través del estudio de 10 habilidades auditivas biaurales (siete dicóticas), las cuales corresponden a procesos funcionales de redes neuronales auditivas centrales, relacionadas pero independientes.

1.2.2. Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Larga (ARL)

1.2.2.1. Potenciales Evocados Auditivos (PEA)

Para Kraus & Nicol (2009)³¹ un Potencial Evocado Auditivo (PEA) (AEP por sus siglas en inglés), es la actividad neural específica derivada de la estimulación acústica, caracterizada por un patrón de fluctuaciones de voltaje que dura alrededor de medio segundo. Con suficientes repeticiones de un estímulo acústico, el promedio de la señal permite que los PEA emerjan del fondo de la actividad neuronal espontánea, y puedan ser visualizados en forma de una onda voltaje – tiempo. Cuando el tiempo (denominado latencia) después de la estimulación auditiva aumenta la respuesta, el generador neural se hace más central, determinando así las tres clasificaciones de respuesta normalmente utilizadas, basadas en la latencia de respuesta: latencia corta (primeros 10 ms), latencia media (10 – 80 ms) y tardía o larga (80 ms a más de 500 ms). Se describe de manera general que estas se corresponden respectivamente con tronco cerebral, el tálamo / corteza y la corteza auditiva.

³¹ Kraus, N., & Nicol, T. (2009). Auditory Evoked Potentials. En M. Binder, N. Hirokawa, & U. Windhorst, Encyclopedia of Neuroscience (págs. 214-218). Berlin: Springer.

Burkard, Eggermont & Don (2007)³², clasifican los potenciales evocados auditivos en dos categorías principales: a) los potenciales exógenos, en los que las características del estímulo como la intensidad, la frecuencia o duración, son esenciales para desencadenar los componentes y b) los potenciales endógenos en los cuales, los componentes surgen por procesos psicológicos llevados a cabo por el propio sujeto.

Ferraro & Durrant, (1994)³³, afirman que mediante la utilización de diferentes PEA es posible estudiar niveles centrales de la vía auditiva. Para su clasificación existen diversos sistemas, siendo el de latencia, definido como el tiempo transcurrido (milisegundos, ms) desde la presentación del estímulo y la visualización de las respuestas, el más utilizado. A partir de esta clasificación es posible agrupar a los PEA como de latencia corta, potencial evocado auditivo de tronco cerebral, PEATC (I, II, III, IV, V), media AMRL (Pa, Na, Nb y Pb), larga ARL (P1, N1, P2, P3), potencial auditivo cognitivo (P300) y potencial de disparidad también denominado Mismatch Negativity (MNN), entre otros menos usados.

Los primeros estudios en este campo de la audiolgía por respuestas eléctricas se remontan a Davis (1939)³⁴, quien descubrió variaciones de voltaje en el registro del electroencefalograma (EEG) durante la presentación de un estímulo auditivo, denominando a esta respuesta “complejo K” o “Potenciales del Vertex”. Aunque la latencia de dichas variaciones era de 50 - 500 milisegundos (ms), y se demostró que era una expresión de la actividad cortical, más adelante se logró extraer conclusiones clínicamente más útiles. Dawson (1951)³⁵, comenzó con la técnica de promediación y abrió con ello el camino para el registro de respuestas desencadenadas por estímulos cercanos al umbral auditivo y posteriormente a porciones más profundas de la vía auditiva. Burkard, Eggermont, & Don (2007)³⁶ refieren esta técnica como potenciales

³² Burkard, R., Eggermont, J., & Don, M. (2007). Electric and magnetic fields of synchronous neural activity. En E. J. Burkard R, Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application (págs. 2-21). Wolters Kluwer Health.

³³ Ferraro, J., & Durrant, J. (1994). Auditory Evoked Potentials: Overview and basic principles. In J. Katz, Handbook of Clinical Audiology (Cuarta edición ed., pp. 38-317). Williams & Wilkins.

³⁴ Davis, P. (1939). Effects of acoustic stimuli on the waking human brain. *J Neurophysiol*, 2, 494-9.

³⁵ Dawson, G. (1951). A summation technique for detecting small signals in a large irregular background. *J. Physiol*, 115-117.

³⁶ Ibid. Burkard, R., Eggermont, J., & Don, M. (2007).

evocados auditivos corticales. Estos representarían la descarga sincrónica de las neuronas en diferentes niveles de la vía auditiva en respuesta a un estímulo acústico.

1.2.2.2. *Anatomía y fisiología de la corteza auditiva*

Tunturi (1952)³⁷, menciona que la información alcanza la corteza temporal a través de las radiaciones acústicas por la capsula interna, más específicamente la circunvolución de Heschl. Al igual que otras áreas corticales sensoriales, en la corteza auditiva se diferencian dos tipos de regiones funcionales principales: el área auditiva primaria, que se localiza en la ya mencionada circunvolución (campo que corresponde a las zonas de Brodman 41 y 42) que representa de acuerdo con Talavage y colaboradores (2004)³⁸, un mapa tonotópico del receptor de superficie; y el área auditiva secundaria mencionada por Schreiner (1991)³⁹, quien aseguraba que tiene un papel más importante en el comportamiento del individuo, ya que se pensaba que estaba relacionada con la localización del sonido, el análisis de sonidos complejos, entre otras.

Según Hall & Goldstein (1968)⁴⁰, un gran número de neuronas del córtex son sensibles a la estimulación binaural, otras sin embargo, son sensibles a la llegada de diferentes sonidos a los dos oídos. Más adelante, Brugge & Imig (1978)⁴¹, confirmaron además que en la corteza a nivel del área auditiva secundaria, existen tres diferentes tipos de neuronas que responden a la estimulación binaural: las primeras, son sensibles al estímulo monoaural de cada oído y están capacitadas para detectar variaciones de intensidad del sonido en cualquier lugar del espacio; las segundas, detectan diferencias de intensidad interaural e intervienen en la localización de los sonidos en el espacio; y las terceras, se activan indistintamente de forma monoaural y binaural, sin importar el oído.

³⁷ Tunturi, A. (1952). A difference in the representation of auditory signals for the left and right ears in the iso-frequency contours of the rights middle ectosylvian auditory cortex of the dog. *Amer. J. Psychol.*, 168, 712-727.

³⁸ Talavage, T., Serreno, M., Melcher, J., Ledden, P., Rosen, R., & Dale, A. (2004). Tonotopic organization in human auditory cortex revealed by progressions of frequency sensitivity. *J Neurophysiol*, 91, 96-1282.

³⁹ Schreiner, C. (1991). Functional topographies in the primary auditory cortex of the cat. *Acta Otolaryngol (Suppl.)*, 491, 7-16.

⁴⁰ Hall, J., & Goldstein, M. (1968). Representations of binaural stimuli by single units in primary auditory cortex of unanesthetized cats. *Journal of the Acoustical Society of America*, 43, 456-461.

⁴¹ Brugge, J., & Imig, T. (1978). Sources and terminations of callosal axons related to binaural and frequency maps in primary auditory cortex of the cat. *Journal of Comparative Neurology*, 182, 660-673.

1.2.2.3. *Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Larga (ARL)*

De acuerdo con Pratt & Lingtfoot (2012)⁴² Los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Larga (ARL) son respuestas electroencefalográficas consideradas obligatorias ya que se encuentran determinadas por las características temporales del estímulo que las evoca, por lo que corresponden a un potencial exógeno. También denominados potenciales auditivos “obligatorios” de corteza (P1-N1-P2) estos se observan entre los 50 y 300 ms y se caracteriza en adultos por presentar tres componentes: P1 (peak positivo alrededor de los 50 ms), N1 (peak negativo alrededor de 100 ms) y P2 (peak positivo entre los 150-200 ms).

Tremblay & Kraus (2002)⁴³ han reportado la utilización del complejo P1-N1-P2 para realizar el seguimiento de las habilidades de percepción y discriminación de estímulos de habla después de un periodo de entrenamiento; Cone-Wesson & Wunderlich (2003)⁴⁴ afirma que este tipo de potencial puede ser útil en la estimación de la sensibilidad auditiva debido a que no dependen de un grado de sincronía neural y permiten la utilización de tonos de mayor duración como el tone burst; Billings, McMillan, Penman & Gille (2013)⁴⁵ afirman que los potenciales evocados corticales han demostrado una correlación significativa del 50% entre las pruebas conductuales de discriminación de habla en ruido y la latencia / amplitud del componente N1, convirtiéndose en un predictivo de este tipo de habilidad; por ultimo autores como Sharma, Dormán & Spahr (2002)⁴⁶ han demostrado la utilidad de este tipo de potencial cortical en la evaluación y seguimiento de usuarios de implante coclear utilizando estímulos verbales.

⁴² Pratt S, Lightfoot G. (2012). Physiological mechanisms underlying MLRs and cortical EPs. En Tremblay K, Burkard R, Translational perspectives in auditory neuroscience: Hearing across the life span assessment and disorders. (págs. 243-282). San Diego, CA: Plural Pub.

⁴³ Tremblay, K., Kraus, N. (2002). Auditory training induces asymmetrical changes in cortical neural activity. *J Speech Lang Hear Res*, 45(3), 564-72.

⁴⁴ Cone-Wesson, B., Wunderlich, J. (2003). Auditory evoked potentials from the cortex: audiology applications. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 11(5), 372-7.

⁴⁵ Billings, C., McMillan, G., Penman, T., Gille, S. (2013) Predicting Perception in Noise Using Cortical Auditory Evoked Potentials. *J Assoc Res Otolaryngol*, 14(6), 891-903.

⁴⁶ Sharma, A., Dormán, M., Spahr, A. (2002). A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation. *Ear Hear*, 23(6), 532-9.

De acuerdo con Davis (1976)⁴⁷, los generadores de estos potenciales son los campos acústicos primarios y secundarios corticales, posiblemente con participación de los centros de asociación vecinos. El lemnisco lateral y el cuerpo geniculado medial constituyen su alimentación. En la actualidad según Martin, Tremblay, & Stapells, (2007)⁴⁸, confirman estos generadores y añaden contribuciones de otras áreas dentro de la corteza cerebral.

Tabla 1. Generadores anatómicos de los diferentes componentes del complejo P1-N1-P2 de los ARL.

COMPONENTE		GENERADOR
P1	Principal	Corteza auditiva Primaria (Área de Heschl)
	Contribuciones	- Planum temporale - Hipocampo - Corteza temporal lateral - Áreas neocorticales
N1	Principal	Corteza auditiva primaria y secundaria
P2	Principal	Corteza auditiva primaria y secundaria
	Contribuciones	Sistema reticular

Fuente: Basado en Martin, Tremblay, & Stapells (2007).

Jacobson (1985)⁴⁹ refiere que para desencadenar los ARL se utilizan impulsos tonales, los cuales provocan un efecto on-off en el electroencefalograma (EEG). Para evitar una superposición de ambos efectos, el estímulo tonal debe ser más prolongado que el potencial desencadenado por el efecto on-off. Dado que este último se extiende, con dos picos positivos P1, P2 y dos negativos N1, N2 durante un lapso de 30-300ms. Dentro de sus latencias la más destacada es la de N1 por su dependencia de la

⁴⁷ Davis, H. (1976). Principles of electric response audiometry. Ann. Otol Rhinol. Laryngol. 85: 1-96.

⁴⁸ Martin, B., Tremblay, K., & Stapells, D. (2007). Principles and applications of cortical auditory evoked potentials. En J. Eggermont, & M. Don, Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application (págs. 482-507). Baltimore, MD.

⁴⁹ Jacobson, J. (1985). The Auditory Brainstem Response. College Hill Press.

intensidad del estímulo. Según Kollár (1971)⁵⁰, a mayor intensidad del estímulo para 1.000 Hz la latencia de N1 disminuye, siendo inversamente proporcionales.

Martin y colaboradores (2007)⁵¹, mencionan que dentro de las respuestas, P1 presenta la amplitud más pequeña en la mayoría de las edades, sin embargo, en recién nacidos e infantes presenta una amplitud mayor. A su vez P1 se considera la más variable dentro de los componentes ARL. De acuerdo con Sharma, Dormán, & Spahr (2002)⁵², esta respuesta se ve afectada por la maduración (edad), presentando cambios en su latencia de 250 ms en niños pequeños a 100 ms a los cinco años de edad. Lo anterior hace que P1 pueda ser utilizado como biomarcador de la maduración del sistema auditivo, así como de los efectos que tendría la privación auditiva en recién nacidos. Por otro lado, Hyde (1997)⁵³, afirma que el componente N1 en adultos presenta generalmente una amplitud variable dependiendo de las características del estímulo y parámetros de medición, sin embargo, en el caso de niños pequeños esta respuesta se encuentra ausente probablemente debido a la inmadurez de su generador.

Para Pratt & Lightfoot (2012)⁵⁴, el componente P2 es muy similar a N1, puede presentar en adultos una amplitud variable, estando frecuentemente ausente en niños pequeños. Presenta una velocidad mayor de maduración que los otros componentes de los ARL alcanzando parámetros característicos de adultos cerca de los dos años de edad. Esta respuesta también se ve afectada por las condiciones del estímulo, estado y edad del sujeto, así como existiría una modulación de las respuestas de P2 por parte de la percepción emocional visual y auditiva (por ejemplo, la música).

Martin y colaboradores (2007)⁵⁵, sugieren que si bien es cierto el complejo P1-N1-P2 es clasificado como un potencial exógeno, esta clasificación no es del todo correcta ya que no considera que algunos de sus componentes pueden ser modulados por la

⁵⁰ Kollár, A. (1971). Die Beziehung zwischen Lautstärke, Latenzzeit und Amplitude in der EEG-Audiometrie. *Mtschr. Ohrenheik*, 105, 49-56.

⁵¹ Ibid. Martin, B., Tremblay, K., & Stapells, D. (2007).

⁵² Ibid. Sharma, A., Dormán, M., & Spahr, A. (2002).

⁵³ Hyde, M. (1997). The N1 response and its applications. *Audiolneuro-Otol*, 2(5), 281-307.

⁵⁴ Pratt, S. (2007). Middle-Latency Responses. In R. Burkard, J. Eggermont, & M. Don, *Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application* (pp. 75-463). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.

⁵⁵ Ibid. Martin, B., Tremblay, K., & Stapells, D. (2007).

atención del sujeto incluso ser modificados por el entrenamiento, como lo son el caso de N1 y P2 donde su amplitud se ve afectada (aumentada) cuando el sujeto dirige su atención hacia el estímulo, del mismo modo el sueño produce cambios complejos en estas respuestas siendo éstos variables dependiendo de la etapa en la cual éstos son medidos.

Sharma y colaboradores (2004)⁵⁶ mencionan en un estudio realizado en 2 niños que recibieron implantes cocleares multicanales que el desarrollo de la maduración del sistema auditivo central se registra por la disminución de la latencia de P1, dichos niños fueron implantados en la primera infancia (de 13 a 14 meses de edad). Para ambos sujetos, los datos electrofisiológicos demuestran una disminución rápida de las latencias P1 después de la implantación. Pasada una semana de la implantación el componente P1 estaba dentro del rango de latencias observados en los recién nacidos con audición normal. Además de mejorar la latencia estudios anteriores de Sharma, Dorman, Spahr, & Todd (2002)⁵⁷ corroboran cambios morfológicos en la forma de la onda de respuesta evocada, principalmente en la presentación temprana de la onda negativa posterior a la experiencia auditiva.

1.2.3. Rendimiento académico

Según García y Palacios (1991)⁵⁸ el rendimiento académico en un concepto dinámico y estático que responde al proceso de aprendizaje y se objetiva en un “producto” ligado a medidas y juicios de valor, según el modelo social vigente. Por otro lado, Jiménez (2000)⁵⁹ postula que el rendimiento escolar es un nivel de conocimientos demostrados

⁵⁶ Sharma, A., Tobey, E., Dorman, M., Bharadwaj, S., Martin, K., Gilley, P., et al. (2004). Central auditory maturation and babbling development in infants with cochlear implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* , 130, 511-516.

⁵⁷ Sharma, A., Dorman, M., Spahr, A., & Todd, N. (2002). Early cochlear implantation in children allows normal development of central auditory pathways. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* , 189, 38-41.

⁵⁸ García O., y Palacios, R. (1991). Factores condicionantes del aprendizaje en lógica matemática. Tesis para optar al Grado de Magister. Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.

⁵⁹ Jiménez, M. (2000) Competencia social: intervención preventiva en la escuela. *Universidad de Alicante. Infancia y sociedad*. 24. 21-48.

en un área o materia comparados con la norma de edad o nivel académico, sin embargo, aclara que el rendimiento de un estudiante debe ser comprendido a partir de sus procesos de evaluación sin que la simple medición cuantitativa de los rendimientos alcanzados provea información suficiente de las capacidades y el saber hacer del estudiante.

Para Tonconi (2010)⁶⁰ el rendimiento académico se define como el nivel demostrado de conocimientos en un área o materia, el cual se evidencia a través de indicadores cuantitativos, generalmente expresados mediante una calificación ponderada en el sistema vigesimal y bajo el supuesto de que es un "grupo social calificado" el que fija los rangos de aprobación para el área del conocimiento determinada, para contenidos específicos o para las asignaturas.

Para autores como Reyes (2003)⁶¹ y Diaz (1995)⁶² el concepto de rendimiento académico debe tener en cuenta el proceso que pone en juego las aptitudes del estudiante ligadas a factores volitivos, afectivos y emocionales, además de la ejercitación para lograr objetivos y propósitos institucionales preestablecidos. A este proceso se le denomina "técnico-pedagógico" o de instrucción-formación" y se objetiva en una calificación resultante expresada cualitativamente.

Bonucci (1997)⁶³ afirma que el rendimiento académico es un concepto complejo, que aborda distintos aspectos tanto individuales como colectivos, lo cual condiciona el aprendizaje y la acción académica; en este sentido involucra la actuación del estudiante, de sus docentes y de los órganos directivos, además de la infraestructura y cultura organizacional de la institución. Continúa afirmando que el rendimiento académico no

⁶⁰ Tonconi Quispe, J. (2010). Factores que Influyen en el Rendimiento Académico y la Deserción de los Estudiantes de la Facultad de Ingeniería Económica de la UNA-Puno (Perú). Cuadernos de Educación y Desarrollo, vol 2, N1, enero. Universidad de Guadalajara, Los Lagos, Jalisco, México, pp. 45.

⁶¹ Reyes Tejada, Y. N. (2003). Relación entre el Rendimiento Académico, la Ansiedad ante los Exámenes, los Rasgos de Personalidad, el Autoconcepto y la Asertividad en Estudiantes del Primer Año de Psicología de la UNMSM.

⁶² Díaz R. F. (1995). La Predicción del Rendimiento Académico en la Universidad: Un ejemplo de aplicación de la regresión múltiple. Anuario Interuniversitario de Didáctica, Universidad de Salamanca, N. 13, pp. 43-62.

⁶³ Bonucci M. (1997) ¿Qué variables predicen el rendimiento académico de los estudiantes? Estudio de un caso: La Facultad de Ingeniería en la ULA, Ponencia presentada en el III Simposio sobre políticas de Admisión en Educación Superior.

puede concebirse solo como una calificación ya que viene concatenada en una política de admisión que conlleva a afirmar que son muchas las variables inherentes en un proceso de aprendizaje que en la medida en que sean identificadas con un aceptable índice de precisión, se pueden manejar y controlar para mejorarlas. En este mismo sentido Garnica (1997)⁶⁴ afirma que el rendimiento académico es una característica compleja cuya evaluación involucra un gran número de variables y por esta razón la nota, a la que el conglomerado universitario alude como significado de “rendimiento” es solo una pequeña parte de esta definición.

Una perspectiva actual es dada por autores como Navarro (2003)⁶⁵ quien define el rendimiento académico como:

Un constructo susceptible de adoptar valores cuantitativos y cualitativos, a través de los cuales existe una aproximación a la evidencia y dimensión del perfil de habilidades, conocimientos, actitudes y valores desarrollados por el alumno en el proceso de enseñanza aprendizaje. Lo anterior en virtud de destacar que el rendimiento académico es una intrincada red de articulaciones cognitivas generadas por el hombre que sintetiza las variables de cantidad y calidad como factores de medición y predicción de la experiencia educativa y que contrariamente de reducirlo como un indicador de desempeño escolar, se considera una constelación dinámica de atributos cuyos rasgos característicos distinguen los resultados de cualquier proceso de enseñanza aprendizaje.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Willeford (1976)⁶⁶ fue uno de los primeros autores en documentar el uso de pruebas de procesamiento auditivo en niños y jóvenes, en ausencia de lesión o enfermedad, para

⁶⁴ Garnica E (1997). El Rendimiento Estudiantil: Una Metodología para su Evaluación, Revista Economía, Vol.13, pp.7-25.

⁶⁵ Ibíd. Edel Navarro, R. (2003).

⁶⁶ Willeford, J. (1976). Differential diagnosis of central auditory dysfunction. In L. Bradford (Ed.), *Audiology: An audio journal for continuing education* (Vol. 2). New York: Grune & Stratton.

demostrar como el déficit de integración auditiva funcional en el sistema nervioso central, puede explicar dificultades académicas, comunicativas o de integración social.

Páez (2014)⁶⁷ no encontró relaciones estadísticamente significativas entre el procesamiento auditivo y el rendimiento académico medido con el promedio académico ponderado PAPA, en estudiantes universitarios. Si se tiene en cuenta que el rendimiento académico es un concepto complejo que integra múltiples variables individuales y colectivas y que no es explicado exclusivamente por una valoración cuantitativa o nota (Garnica (1997)⁶⁸, Navarro (2003)⁶⁹), surge la inquietud de si relaciones como las estudiadas por Páez (2014)⁷⁰ pueden encontrarse si se utiliza un instrumento que brinde mayor información sobre las características de las habilidades individuales de aprendizaje de los estudiantes universitarios y si el procesamiento auditivo se mide con instrumentos básicos y avanzados, psicoacústicos y electrofisiológicos que den cuenta de una gama más amplia de variables de procesamiento auditivo.

Puede pensarse que una de las mayores dificultades para establecer las relaciones entre el procesamiento auditivo y el rendimiento académico en estudiantes universitarios, sea la elección apropiada de los instrumentos de medición; en este sentido surge la necesidad de determinar cuáles serían los instrumentos y variables a tener en cuenta para evaluar dichas habilidades de manera eficiente y eficaz, además de encontrar una posible relación ente estas. En este sentido se plantea la aplicación de una batería de evaluación del procesamiento auditivo conformada por pruebas objetivas y subjetivas y la inclusión de variables adicionales a la medición numérica o nota obtenida por el estudiante para el análisis del rendimiento académico.

La aplicación de las pruebas antes mencionadas y el análisis propuesto aportaría a los estudios del procesamiento auditivo central y su relación con procesos cognitivos superiores como el aprendizaje; respondería a la necesidad de los docentes de llenar vacíos de conocimiento relacionados con la importancia del desarrollo de habilidades de

⁶⁷ Ibid. Páez, A. T. (2014).

⁶⁸ Ibid. Garnica E (1997).

⁶⁹ Ibid. Edel Navarro, R. (2003).

⁷⁰ Ibid. Páez, A. T. (2014).

procesamiento auditivo para facilitar el aprendizaje universitario e impactaría el campo de estudio de las dificultades de aprendizaje relacionadas con el bajo rendimiento académico de este tipo de población.

1.4. PROBLEMA

Una de las dificultades que enfrentan los profesionales y docentes en el abordaje de los problemas de aprendizaje y bajo rendimiento académico, es poder determinar los factores que influyen parcial o totalmente en la aparición de este tipo de conducta. La relación entre los problemas de procesamiento auditivo y las dificultades de aprendizaje se han estudiado en el ámbito internacional arrojando relaciones significativas que podrían aportar al tratamiento y manejo de este tipo de dificultades; sin embargo, en el ámbito nacional no se ha estudiado de manera representativa el tema, son pocos los estudios que han abordado esta temática y aún menos los que se han interesado por poblaciones también vulnerables como los estudiantes universitarios.

En este sentido, pueden existir dificultades de aprendizaje reflejadas en bajo rendimiento académico de estudiantes universitarios que sean explicadas por problemas de procesamiento auditivo y que están siendo pasadas por alto al no contar con una batería que permita la evaluación y el establecimiento de las posibles relaciones existentes entre estos. Esto conlleva a que profesionales y docentes no tengan las herramientas para abordar y apoyar los procesos de aprendizaje de algunos estudiantes universitarios con bajo rendimiento académico y que esto continúe influyendo de manera negativa en el proceso formativo del estudiante, en el ejercicio de los docentes y en contexto institucional y social en los cuales está inmerso el futuro profesional.

El establecimiento de baterías de evaluación de procesamiento auditivo y el análisis del rendimiento académico del estudiante, más allá de la valoración cuantitativa y las posibles relaciones entre estas, podría aportar al estudio de las dificultades de aprendizaje y bajo rendimiento académico de estudiantes universitarios. Adicionalmente

brindaría a profesionales y docentes herramientas objetivas para el abordaje y manejo integral de estas dificultades.

Por lo anteriormente expuesto surge la necesidad de responder a la siguiente pregunta de investigación: *¿Cuáles son las posibles relaciones entre el procesamiento auditivo y el rendimiento académico en estudiantes universitarios?* Para poder responder de manera acertada a esta pregunta se deben plantear y responder a algunos interrogantes adicionales: *¿Cómo es el rendimiento académico de estudiantes universitarios al involucrar variables adicionales a la calificación cuantitativa? ¿Cuáles son las posibles relaciones entre el procesamiento auditivo dicótico medido con la batería BEPADI y el rendimiento académico? ¿Cuáles son las posibles relaciones entre los potenciales evocados auditivos corticales (ARL) y el rendimiento académico? ¿existe relación entre una encuesta de autopercepción de las habilidades auditivas en el aula y el rendimiento académico?*

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. General

Identificar las posibles relaciones entre el procesamiento auditivo y el rendimiento académico, en estudiantes universitarios.

1.5.2. Específicos

- Caracterizar el rendimiento académico de los sujetos en estudio a través de un análisis multivariado de datos institucionales objetivos.
- Describir las respuestas psicoacústicas del procesamiento auditivo dicótico medido a través de la batería BEPADI.
- Establecer los valores de respuesta electrofisiológica corticales, medidas con los potenciales evocados de latencia larga ARL en los sujetos de estudio.

- Analizar la autopercepción de las habilidades de procesamiento auditivo, mediante una encuesta de autoevaluación, aplicada a los sujetos de estudio
- Determinar las posibles relaciones entre cada uno de los instrumentos utilizados para medir el procesamiento auditivo y el rendimiento académico

1.6. CUADRO DE VARIABLES

Tabla 2. Definición de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE		
Nombre	Definición Conceptual	Definición operacional
Rendimiento académico	De acuerdo con Navarro (2003) ⁷¹ el rendimiento académico es un constructo susceptible de adoptar valores cuantitativos y cualitativos, a través de los cuales existe una aproximación a la evidencia y dimensión del perfil de habilidades, conocimientos, actitudes y valores desarrollados por el alumno en el proceso de enseñanza aprendizaje.	Se mide mediante un análisis multivariado de la información académica de cada estudiante: <ul style="list-style-type: none"> - Promedio académico ponderado - Número de créditos cursados en el semestre - Tiempo extra académico disponible para el estudio - Números de horas de clases recibidas - Calificaciones de cada una de las materias. - Promedio del semestre
VARIABLE DEPENDIENTE		
Nombre	Definición Conceptual	Definición operacional
Procesamiento auditivo	Según la ASHA (1996) ⁷² , el procesamiento auditivo se refiere a la eficiencia y eficacia por el cual el sistema	Se mide mediante: <ul style="list-style-type: none"> - BEPADI

⁷¹ Ibid. Edel Navarro, R. (2003).

⁷² Ibid. American Speech-Language-Hearing Association. (1996)

	nervioso central (SNC) utiliza la información auditiva	<ul style="list-style-type: none"> - Potenciales evocados auditivos de latencia larga ARL - Encuesta de autopercepción.
VARIABLES INTERVINIENTES		
Nombre	Definición Conceptual	Definición operacional
Evaluación audiológica Básica	Goycoolea, Ernst, Orellana & Torres (2003) ⁷³ , mencionan que la evaluación auditiva se realiza a través de una serie de exámenes que nos permiten determinar el grado de pérdida auditiva y la localización del problema. Esta evaluación hoy por hoy puede ser tan compleja en importantes que puede llegar a comprender múltiples pruebas.	<p>Se mide a través de un batería de pruebas básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Audiometría: determinar el umbral (el estímulo de menor intensidad que es capaz de percibir el oído) para cada una de las frecuencias. - Logoaudiometría: determinar el umbral a la cual una persona identifica el 50% y 100% de una lista e palabras. - Inmitancia Acústica: mide la funcionalidad del oído medio mediante interpretación de los valores volumen del canal, complacencia, presión, gradiente, tipo de curva y reflejos estapediales.
Edad	De acuerdo con Suros & Suros (1999) ⁷⁴ es el tiempo de vida transcurrido desde el nacimiento hasta la vida de un individuo y, por tanto, es la edad posnatal. Es contraria a la edad mental que significa el grado de desarrollo mental de un individuo determinado, medido en términos de la	Se mide mediante el registro de la fecha de nacimiento registrada en la historia académica, corroborada con el documento de identidad.

⁷³ Goycoolea, M., Ernst, J., Orellana, V., & Torres, P. (2003). Metodos de evaluación auditiva. *Revista Medica Clínica Los Condes*, 14(1), 1-8. Retrieved from http://www.clc.cl/clcprod/media/contenidos/pdf/MED_14_4/MetodosEvaluacionAuditiva.pdf

⁷⁴ Suros, A., & Suros, J. (1999). *Semiología médica y técnica exploratoria*. Barcelona, España: Mason.

	edad media cronológica en la que suele alcanzar el desarrollo. La edad cronológica se da en días, semanas, meses o años.	
Estrato socioeconómico	Según el DANE (2017) ⁷⁵ , la estratificación socioeconómica es una clasificación en estratos de los inmuebles residenciales que deben recibir servicios públicos. Se realiza principalmente para cobrar de manera diferencial por estratos los servicios públicos domiciliarios permitiendo asignar subsidios y cobrar contribuciones en esta área.	Se mide mediante el registro de información académica de cada estudiante.

⁷⁵ DANE. (2017). *Estratificación socioeconómica para servicios públicos domiciliarios*. Dane.gov.co. Retrieved 20 December 2017, from <http://www.dane.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/servicios-de-informacion/estratificacion-socioeconomica>

2. METODO

2.1. TIPO

El presente estudio se enmarca en el paradigma cuantitativo, con un método descriptivo relacional y técnica prospectiva. Contempla la aplicación de pruebas audiológicas básicas, pruebas electroacústicas, pruebas psicoacústicas de procesamiento auditivo dicótico y análisis de rendimiento académico cuyas variables se miden en escalas numéricas como dB HL, milisegundos, porcentajes, promedios aritméticos y valores absolutos. Los investigadores recopilan los datos a través de la aplicación de las pruebas audiológicas, la encuesta de autopercepción y los formatos de recolección de variables relacionadas con el rendimiento académico de cada participante; posteriormente se someten a un análisis estadístico correlacional de acuerdo con los objetivos del estudio. La recolección y análisis de datos se realiza durante los meses de noviembre de 2017 a enero de 2018.

2.2. POBLACIÓN

La participación en el estudio se convoca en forma libre y voluntaria, mediante consentimiento informado, admitiendo estudiantes mayores de edad, con rendimiento académico alto, medio y bajo. La muestra es seleccionada inicialmente por censo entre los estudiantes matriculados en la sede de Bogotá, para un periodo determinado de tiempo. El censo es depurado aleatoriamente a conveniencia, entre quienes firmaron el consentimiento informado y asistan puntualmente a las citas acordadas para la aplicación de los instrumentos. Con el fin de caracterizar y describir las variaciones de los objetivos institucionales y el procesamiento auditivo se seleccionan 10 estudiantes sin antecedentes neuro-otológicos y sin aparente compromiso de la vía auditiva periférica y central, entre los cuales se encontraban 6 mujeres y 4 hombres en edades comprendidas entre los 21 y 30 años.

Los participantes deben contar con la aplicación completa de las pruebas audiológicas propuestas, encuesta e información académica solicitada. Todos los sujetos de estudio deben presentar sensibilidad auditiva periférica bilateral normal sin signos y síntomas.

2.3. PROCESOS

Se enuncia a continuación los procesos que hicieron parte del desarrollo de la presente investigación:

- a) Creación del anteproyecto de investigación: análisis y descripción del problema, preguntas y objetivos de investigación.
- b) Revisión de antecedentes investigativos en las diferentes bases de datos de publicaciones periódicas.
- c) Revisión de los antecedentes teóricos relacionados con la pregunta y sub preguntas de investigación y el planteamiento del problema.
- d) Creación de los formatos de recolección de datos, consentimiento informado y encuesta de autopercepción.
- e) Evaluación y recolección de datos en los laboratorios de audiología de la Corporación Universitaria Iberoamericana.
- f) Tabulación y ordenamiento de datos a través de Excel.
- g) Análisis estadístico de las variables de estudio a través de análisis multivariado de datos y el coeficiente de correlación de Pearson y análisis descriptivo de las variables intervinientes del grupo de estudio
- h) Descripción y análisis de los resultados obtenidos a través del estudio estadístico y relación entre las variables.
- i) Planteamiento de puntos de discusión y conclusiones a partir de los resultados arrojados por el estudio.

El presente estudio se desarrolló entre el mes de mayo de 2017 y enero del 2018 siguiendo el cronograma establecido a continuación:

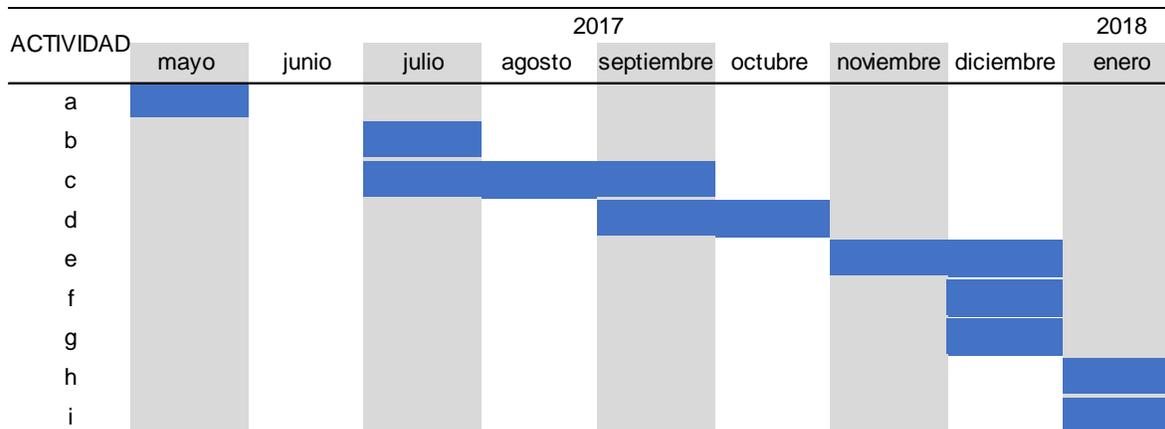


Figura 1. Cronograma de actividades.

2.4. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

a) Evaluación audiológica Básica

- Se confirma la integridad del conducto auditivo externo mediante la otoscopia

- Inmitancia acústica: se informa al paciente de la sensación que va sentir con la sonda y los tonos o pitos que va escuchar, adicionalmente se indica que debe mantenerse inmóvil durante el registro. Se tabulan los resultados obtenidos, considerando los siguientes valores de normalidad: Volumen físico del canal de 0,5 - 1,5cc, complacencia 0,3 – 1,2 cc, presión -50/+50 daPA, Gradiente 50/100 daPa.

- Posteriormente, se verifica la integridad de la sensibilidad auditiva periférica mediante la audiometría. Se indica la instrucción al paciente y se registran los umbrales auditivos para cada oído, tomando como normativa los umbrales auditivos iguales o inferiores a 20 dB HL. Para la logaudiometría se toma como normativa el umbral de recepción del habla (SRT) entre 0 y 20 dB HL y el porcentaje de discriminación de 100%.

a. BEPADI

- Para la aplicación de la prueba se utiliza un audiómetro de dos canales marca Fonix® con alimentación externa para reproducción multimedia (CD's). Se indica la instrucción al paciente "va escuchar palabras y oraciones simultáneas pero diferentes por cada oído, debe seguir las instrucciones mencionadas antes de cada prueba, intentando repetir todo lo que escuche". Se inicia la prueba con salida de intensidad para cada oído de 40 dB HL por encima del promedio auditivo tonal (PTA), se marcan los resultados en la planilla de registro, posteriormente se tabulan e interpretan.

b) Potenciales Evocados Auditivos de latencia larga (ARL).

- Se firma el consentimiento informado.
- El paciente es sentado cómodamente, se procede a la limpieza con alcohol y crema abrasiva en el área cutánea sobre la cual se va hacer el montaje de los electrodos, con el fin de garantizar la impedancia en menos de 5 KΩ.
- Se realiza el montaje de los electrodos (Ver Tabla 1).
- Se le da la explicación "Usted va escuchar un tono, mientras debe contar de tres en tres".
- Se inicia el registro de las respuestas electrofisiológicas, se mide la latencia de los componentes P1, N1, P2, marcándolas en milisegundos. Se verifica la reproducibilidad y la morfología.
- Se toman como valores normativos los establecidos por la institución para el equipo utilizado (GSI Audera™) que son los siguientes: P1 entre 50 – 90 milisegundos, N1 entre 90 – 150 milisegundos y P2 entre 130 -200 milisegundos.

Tabla 3. Montaje de los electrodos en el ARL.

ELECTRODO	ÁREA CUTANEA
Electrodo (+).	En la línea media del frente, en la parte alta, en el punto denominado Fz.
Electrodo (Común)	En el entrecejo, por debajo de Fz, en el punto denominado Fpz.
Electrodos (-)	En los lóbulos del pabellón auricular, en los puntos denominados A ₂ para derecho y A ₁ para izquierdo.

c) Encuesta de autopercepción de habilidades de procesamiento auditivo

- El estudiante debe diligenciar la encuesta propuesta de la manera más acertada posible, teniendo en cuenta la frecuencia con la que se presenta cada evento.

- Se califica numéricamente de 0 a 3 cada ítem siendo 0 nunca, 1 a veces, 2 casi siempre y 3 siempre.

- La participación en el estudio se convoca en forma libre y voluntaria, mediante consentimiento informado, admitiendo estudiantes mayores de edad, con rendimiento académico alto, medio y bajo. La muestra es seleccionada inicialmente por censo entre los estudiantes matriculados en la sede de Bogotá, para un periodo determinado de tiempo. El censo es depurado aleatoriamente a conveniencia, entre quienes firmaron el consentimiento informado y asisten puntualmente a las citas acordadas para la aplicación de los instrumentos. Con el fin de caracterizar y describir las variaciones de los objetivos institucionales y el procesamiento auditivo central se seleccionan 10 estudiantes sin antecedentes neurológicos y sin aparente compromiso de la vía auditiva periférica y central, entre los cuales se encuentran 6 mujeres y 4 hombres en edades comprendidas entre 21 y 30 años.

- Los participantes deben contar con la aplicación completa de las pruebas audiológicas propuestas, encuesta e información académica solicitada. Todos los sujetos de estudio deben presentar sensibilidad auditiva periférica bilateral normal sin signos y síntomas asociados.

2.5. TECNICAS PARA EL ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

2.5.1. Tabulación de datos

Para la tabulación de datos se utilizaron tablas de Excel, en las cuales se ingresaron los resultados de cada uno de los estudiantes para cada una de las pruebas propuestas para medir el procesamiento auditivo central. Los resultados se ingresaron en valores numéricos como decimales y valores absolutos.

2.5.2. Análisis de componentes principales

Para medir la eficiencia académica se toma como referencia a Chiavenato, Mascaró Sacristán & Mares Chacón (2004)⁷⁶, quienes la definen la eficiencia como la utilización correcta de los recursos (medios de producción) disponibles. Puede definirse mediante la ecuación $E=P/R$, donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados. De acuerdo con lo anterior, para calcular la eficiencia académica de cada estudiante se relacionó los logros conseguidos en el semestre, entendido por su promedio académico (output) y los recursos utilizados entendidos como: créditos cursados, cantidad de asignaturas, horas de clase recibidas y las horas de estudio disponibles (Inputs).

Los recursos utilizados miden una variable latente llamada *Esfuerzo*, la cual se podría entender como la energía gastada en el transcurso del semestre para llegar al objetivo del mejor promedio posible. Para poder calcular esta variable latente se utiliza una herramienta estadística llamada análisis de componentes principales, de acuerdo con Hotelling (1933)⁷⁷, se define como una técnica estadística multivariante que tiene como objetivo representar un conjunto de variables observadas en un grupo de individuos por un número pequeño de variables nuevas construidas mediante combinaciones lineales de las variables originales.

⁷⁶ Chiavenato, I., Mascaró Sacristán, P., & Mares Chacón, J. (2004). *Introducción a la teoría general de la administración* (7th ed., p. 52). México: McGraw-Hill Interamericana Editores.

⁷⁷ Hotelling, H. (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal Of Educational Psychology*, 24(7), 498-520. <http://dx.doi.org/10.1037/h0070888>

2.5.3. Coeficiente de correlación de Pearson

Para el análisis estadístico de los valores obtenidos en las pruebas de procesamiento auditivo y los resultados obtenidos de eficiencia de cada uno de los estudiantes, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (1901)⁷⁸ que lo define como un índice estadístico que mide la relación lineal entre dos variables cuantitativas, es decir que es una forma de medir la intensidad de la relación lineal entre dos variables.

2.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

La presente investigación se clasifica según el Artículo 11 de la Resolución 08430 de 1993 del Ministerio de Salud como una investigación con riesgo mínimo. Sin embargo, antes de cualquier procedimiento o evaluación planteada, se cumplieron a cabalidad con las características del consentimiento informado las cuales son:

- Revelación de la información: se informó a cada uno de los participantes de manera verbal y escrita el fin de su participación en la investigación, dando a conocer los procedimientos a realizar, la duración promedio de los procedimientos, personas responsables de la investigación y los riesgos a los cuales se encuentran expuestos por su participación.
- Confidencialidad: toda la información obtenida o suministrada por los participantes se trató bajo confidencialidad, protegiendo la identificación de cada participante.
- Comprensión de la información: cada uno de los participantes afirmó estar de acuerdo con el manejo de su información, firmando el consentimiento informado.

El consentimiento informado fue elaborado por los investigadores principales, con la información señalada en los Artículos 15 y 16 de la Resolución 08430 de 1993 del Ministerio de Salud.

⁷⁸ Pearson, K. (1901). LIII. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine Series 6*, 2(11), 559-572. <http://dx.doi.org/10.1080/14786440109462720>

3. RESULTADOS

3.1. Análisis univariado de los resultados obtenidos para las pruebas de procesamiento auditivo central

En las pruebas audiológicas básicas (audiometría, logaudiometría e impedanciometría) se evidenciaron resultados normales para los 10 estudiantes objeto de estudio, sin ningún signo y síntoma asociado.

Para los resultados de los potenciales evocados auditivos ARL (corticales) se registraron valores de latencia normales en cada oído para los componentes P1, N1 y P2, de acuerdo con la normativa establecida para el equipo utilizado, reproducibles en morfología.

Tabla 4. Resultados de los Potenciales Evocados Auditivos ARL.

	Oído Izquierdo(ms)			Oído derecho(ms)		
	P1	N1	P2	P1	N1	P2
Estudiante 1	85	125,8	165	88,3	125	160
Estudiante 2	76	143	201,7	98,7	160,7	204,3
Estudiante 3	73	109,3	149	75	109,9	145
Estudiante 4	69,67	96	152,34	78,3	108	153,3
Estudiante 5	56,3	128,7	181	56	97,3	167,3
Estudiante 6	73	167,67	206,34	84,34	110,34	125,67
Estudiante 7	57	84,3	113,7	42,3	89	136,7
Estudiante 8	70	117	187	76,3	136	199
Estudiante 9	70,3	97,7	141,3	75,7	112,3	154,3
Estudiante 10	70,3	108	162,3	80	120	168

En la batería de evaluación del procesamiento auditivo dicótico del habla (BEPADI) se realizó un análisis del desempeño de cada una de las habilidades auditivas por cada oído (derecho e izquierdo) y binauralmente, encontrando que la mayoría de sujetos tiene mejor desempeño en el oído derecho que en el izquierdo; nueve de los sujetos de estudio presentan errores evidenciando un déficit leve en la prueba de trisílabos dicótico (n=1),

frases dicóticas (n=2), mensaje competitivo (n=4), rangos frecuenciales (n=3), separación binaural (n=3) y déficit moderado en la prueba de rangos frecuenciales (n=1); solo un sujeto completo todas las pruebas sin errores.

Para encuesta de autopercepción de habilidades auditivas, se sumaron los resultados de cada uno de los ítems, con un promedio igual a 11,1 y una desviación estándar de 4,33; dentro los cuales el mínimo valor fue de 5 obtenido por dos estudiantes y el máximo valor fue de 18 obtenido solo por un estudiante. El máximo resultado posible en la prueba es 60 puntos.

Tabla 5. Resultados de la encuesta de autopercepción de las habilidades de procesamiento auditivo

Puntajes obtenidos (sumatoria de todos los ítems)	
Estudiante 1	17
Estudiante 2	5
Estudiante 3	12
Estudiante 4	12
Estudiante 5	9
Estudiante 6	10
Estudiante 7	13
Estudiante 8	10
Estudiante 9	5
Estudiante 10	18

Luego, para determinar la eficiencia académica se aplica el análisis de componentes principales con los 4 inputs medidos en los sujetos de estudio y se obtienen como resultado un componente principal puesto que solo hay un autovalor mayor que 1.

Tabla 6. Análisis de componentes principales para los valores Inputs.

Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de varianza	% acumulado
1	2.423*	60.587	60.587
2	.972	24.296	84.883
3	.554	13.856	98.739
4	.050	1.261	100.000

* Autovalores > 1

El exponencial de este componente principal o variable latente la denominamos *esfuerzo* realizado en el transcurso del semestre, luego la eficiencia es calculada como:

$$\text{Eficiencia} := \frac{\text{Promedio}}{\text{Esfuerzo}}$$

Se realiza la medición eficiencia para cada una de las 10 personas estudiadas.

Tabla 7. Eficiencia para cada uno de los estudiantes.

	Promedio	Esfuerzo	Eficiencia
Estudiante 1	4.4	2.10	2.1
Estudiante 2	4.3	1.37	3.1
Estudiante 3	4.0	1.70	2.4
Estudiante 4	4.1	1.70	2.4
Estudiante 5	3.7	0.89	4.2
Estudiante 6	3.3	5.08	0.7
Estudiante 7	4.9	0.24	20.2
Estudiante 8	4.3	0.51	8.5
Estudiante 9	4.5	1.11	4.1
Estudiante 10	4.9	0.20	25.0

Entre mayor sea el valor obtenido en la Eficiencia, mayor es el logro conseguido con la misma cantidad de recursos utilizados, o también se puede interpretar como, si dos personas logran el mismo resultado en el semestre, la persona que menos esfuerzo realizó es la que mayor eficiencia obtuvo en el proceso.

3.2. *Análisis multivariado para los resultados de las pruebas de procesamiento auditivo central y el rendimiento académico*

Luego determinar el resultado de la eficiencia se procede a analizar el comportamiento correlacional con el procesamiento auditivo. A los 10 estudiantes se les realizó una encuesta de percepción auditiva y además se les realizaron pruebas objetivas (BEPADI), en este sentido, se tiene una variable de percepción auditiva y 3 variables de las pruebas BEPADI (la sumatoria de los resultados para cada prueba dicótica por oído, más la de binauralidad).

Con estas variables preseleccionadas y la eficiencia académica se realizó un estudio de correlación utilizando el coeficiente de Pearson obteniendo los resultados en la tabla 8.

Tabla 8. Correlaciones entre las pruebas de procesamiento auditivo central vs eficiencia académica.

Correlaciones						
		Binaural	Oído Derecho	Oído Izquierdo	Encuesta	Eficiencia
Binaural	Correlación de Pearson	1				
	Sig. (bilateral)					
	N	10				
Oído Derecho	Correlación de Pearson	,846**	1			
	Sig. (bilateral)	,002				
	N	10	10			
Oído Izquierdo	Correlación de Pearson	,949**	,757*	1		
	Sig. (bilateral)	,000	,011			
	N	10	10	10		
Encuesta	Correlación de Pearson	,164	,263	,084	1	
	Sig. (bilateral)	,652	,463	,818		
	N	10	10	10	10	
Eficiencia	Correlación de Pearson	,645*	,619	,677*	,502	1

	Sig. (bilateral)	,044	,057	,031	,139	
	N	10	10	10	10	10
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).						
*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).						

De acuerdo con las pruebas de significancia del coeficiente de correlación de Pearson, se evidencia que las variables binaural, Oído izquierdo, están correlacionadas con la eficiencia académica en un nivel de significancia de 0,05. Mientras que la encuesta de autopercepción de habilidades de procesamiento auditivo central y los resultados para el oído derecho en el BEPADI no están correlacionados con la eficiencia académica significativamente, aunque de acuerdo con la tabla de interpretación del coeficiente de Pearson se evidencia una correlación moderada.

Tabla 9. Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson.

Coeficiente	Interpretación
$r = 1$	Correlación perfecta
$0.80 < r < 1$	Muy alta
$0.60 < r < 0.80$	Alta
$0.40 < r < 0.60$	Moderada
$0.20 < r < 0.40$	Baja
$0 < r < 0.20$	Muy baja
$r = 0$	Nula

Según la escala de interpretación del coeficiente de correlación de Pearson y como se observa en la figura 2 y 3, las variables de binauralidad y oído izquierdo de la batería BEPADI tienen una correlación lineal directa alta con la eficiencia académica.

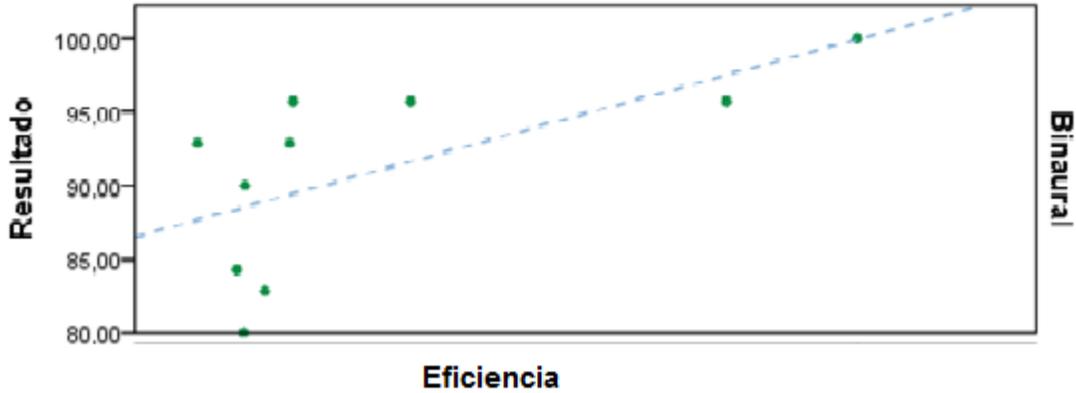


Figura 2. Correlación entre Binauralidad del BEPADI vs Eficiencia académica.

En la figura 2 se evidencia una correlación lineal directamente positiva entre la eficiencia académica y el procesamiento auditivo binaural de señales dicóticas, es decir que a mayores resultados en las pruebas dicóticas en ambos oídos mayor es la eficiencia académica de los estudiantes.

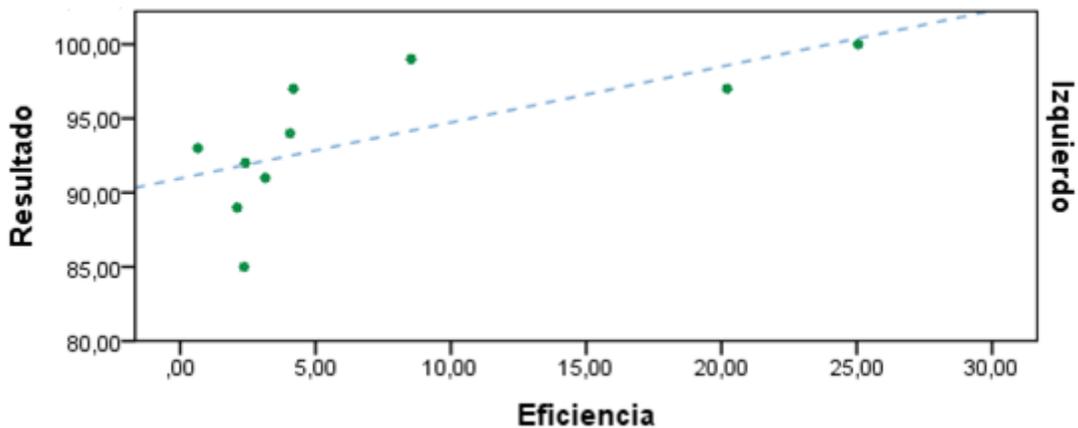


Figura 3. Correlación entre oído izquierdo del BEPADI vs eficiencia académica.

En la figura 3 se evidencia que existe una correlación lineal positiva entre la eficiencia académica y los resultados obtenidos en el procesamiento auditivo de señales dicóticas en el oído izquierdo, es decir que a mayores habilidades de procesamiento de la señal dicótica por oído izquierdo mayor es la eficiencia académica.

4. DISCUSIÓN

Las dificultades de procesamiento auditivo y su relación con los problemas de aprendizaje han sido documentadas por varios estudios, arrojando correlaciones positivas entre estas; estos hallazgos explicarían la influencia que tienen este tipo de habilidades en el rendimiento académico de estudiantes sin importar su edad o nivel de estudios en el que se encuentran. Aun así, los estudios que analizan este tipo de relaciones en un contexto nacional son muy pocos, y sus resultados no han arrojado una correlación estadística significativa. Lo anterior puede deberse en parte a que la selección de variables para la medición del rendimiento académico y/o los instrumentos utilizados para la valoración del procesamiento auditivo central no fueron lo suficientemente sensibles para detectar las posibles relaciones existentes.

La utilización de un análisis de componentes principales demostró que el rendimiento académico de los estudiantes puede determinarse a partir de la inclusión de variables adicionales a la nota promediada o ponderada. El número de créditos y el número de asignaturas cursadas, las horas de clase recibidas y el número de horas destinadas a estudio extracurricular, pueden ser analizadas como predictor del esfuerzo realizado por el estudiante para la obtención de una determinada nota y su análisis conjunto demostró ser sensible para determinar el rendimiento académico de los estudiantes en términos de eficiencia, de tal manera que, un estudiante que obtiene una mejor calificación mediante la utilización de menos recursos (menos tiempo destinado a actividades académicas) será quien evidencia mejor rendimiento académico.

Los resultados obtenidos en la aplicación de ARL sugieren integridad en la conducción auditiva electrofisiológica hasta corteza auditiva en todos los sujetos estudiados. Si tenemos en cuenta lo expuesto por Tremblay & Kraus (2002)⁷⁹ y Martin, Tremblay, & Stapells (2007)⁸⁰ podemos afirmar que la totalidad de estudiantes evaluados demuestra

⁷⁹ Ibid. Tremblay, K., Kraus, N. (2002).

⁸⁰ Ibid. Martin, B., Tremblay, K., Stapells, D. (2007).

integridad en las habilidades de detección/percepción de estímulos auditivos a nivel de corteza auditiva primaria y secundaria.

Los resultados obtenidos en la Bateria de Evaluación del Procesamiento Auditivo Dicótico (BEPADI) demuestran en la mayoría de los participantes un mejor desempeño del oído derecho en relación al oído izquierdo, lo cual se correlaciona con los hallazgos encontrados por Geffen (1978)⁸¹ y Páez (2002)⁸² quienes evidenciaron este tipo de conducta al aplicar pruebas de procesamiento dicótico en población pediátrica y adulta respectivamente y más recientemente por Jerger & Martin (2004)⁸³ quien demuestra la ventaja del oído derecho al realizar Potenciales Relativos al Evento en 24 jóvenes adultos. Este descubrimiento tiene un fundamento fisiológico descrito por autores como Stach (1998)⁸⁴ quien afirma que la información verbal recibida por el oído derecho es conducida por la vía auditiva contralateral hacia el lóbulo temporal izquierdo mientras que la recibida por el oído izquierdo debe recorrer una vía doblemente cruzada a través del tallo cerebral y posteriormente del cuerpo caloso para llegar al lóbulo temporal izquierdo.

El menor desempeño en el oído izquierdo demostrado por los participantes en el BEPADI significa un hallazgo relevante teniendo en cuenta lo descrito por Shaikh, Fox-Thomas & Tucker (2017)⁸⁵, quienes demuestran, en sujetos jóvenes, que el desempeño del oído izquierdo en pruebas de procesamiento auditivo es menor y no obedece a cambios madurativos como si lo hace el desempeño del oído derecho, el cual mejora significativamente con el aumento de edad de los sujetos estudiados (antes y después de los 10 años); tras estos hallazgos, los autores afirman que el bajo rendimiento del

⁸¹ Geffen, G. (1978). The development of the right ear advantage in dichotic listening with focused attention. *Cortex*, 14(2), 169-77.

⁸² Páez, Amanda (2002). Diseño y validación de la Bateria de Procesamiento Auditivo Dicótico (BEPADI), en sujetos sin antecedentes neuro-otológicos. *Audiología Hoy*. No. 1, enero-Marzo, Asociación Colombiana de Audiología, Bogotá, Colombia.

⁸³ Jerger, J. & Martin, J. (2004). Hemispheric asymmetry of the right ear advantage in dichotic listening. *Hearing Research* (198), 125–136.

⁸⁴ Stach, B. (1998). *Clinical Audiology*. Singular Publishing Group, San Diego.

⁸⁵ Shaikh, M. A., Fox-Thomas, L., & Tucker, D. (2017). Maturational Changes in Ear Advantage for Monaural Word Recognition in Noise Among Listeners with Central Auditory Processing Disorders. *Audiology Research*, 7(1), 157. <http://doi.org/10.4081/audiores.2017.157>

oído izquierdo en pruebas de procesamiento auditivo puede ser considerado un predictor temprano de desórdenes de procesamiento auditivo

Por su parte Idrizbegovic, Hederstierna, Dahlquist & Rosenhall (2013)⁸⁶, encontraron en pacientes con deterioro cognitivo, estudiados durante un periodo de 1,5 años, un deterioro significativo en el procesamiento auditivo del oído izquierdo, mientras el oído derecho no demostraba un cambio significativo durante el mismo periodo de tiempo estudiado; en este mismo sentido unos años antes Hällgren, Larsby, Lyxell & Arlinger (2001)⁸⁷, demostraron que el oído izquierdo tiene una correlación significativamente mayor al del oído contralateral si se compara con pruebas de función cognitiva, destrezas que como se reporta en la literatura se deterioran con la edad, pero solo durante la condición de presentación por el lado izquierdo.

Los estudios anteriores justifican que el desempeño del procesamiento auditivo de señales percibidas a través del oído izquierdo, en un predictor temprano de dificultades de procesamiento auditivo y que además está ligado a procesos madurativos, cognitivos y de deterioro por la edad, lo cual está íntimamente relacionado con los hallazgos de correlación estadísticamente significativa entre el desempeño del oído izquierdo en el BEPADI y su relación con el rendimiento académico encontrados en el presente estudio; lo cual nos permite suponer que un análisis monoaural del desempeño en pruebas de procesamiento auditivo permite establecer relaciones significativas con dificultades cognitivas (de aprendizaje) en estudiantes universitarios. Por otro lado, la correlación significativa entre los resultados para el oído izquierdo en las pruebas dicóticas y el análisis de eficiencia académica se puede relacionar con una mayor participación cognitiva cuando el sujeto se ve obligado a atender por el lado izquierdo; en otras palabras, se requiere una buena capacidad de memoria de trabajo para percibir con éxito los estímulos presentados por el oído izquierdo, y ya que esta habilidad cognitiva es

⁸⁶ Idrizbegovic, E., Hederstierna, C., Dahlquist, M., & Rosenhall, U. (2013). Short-Term Longitudinal Study of Central Auditory Function in Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders EXTRA*, 3(1), 468–471. <http://doi.org/10.1159/000355371>

⁸⁷ Hällgren, M., Larsby, B., Lyxell, B. & Arlinger, S. (2001). Cognitive Effects in Dichotic Speech Testing in Elderly Persons. *Ear and Hearing*, 22(2), pp.120-129.

importante para el aprendizaje y el rendimiento académico puede ser atribuible a los hallazgos encontrados en el presente estudio.

Los datos encontrados en los ARL no se someten a un análisis de correlación debido a que su interpretación depende de la latencia (tiempo) de aparición de un complejo de ondas (P1-N1-P2) que puede ser interpretada como normal dentro de rango establecido. Si bien es evidente la variabilidad existente entre las latencias de aparición de un mismo componente (por ejemplo, P1) entre los sujetos de estudio, todos estos se encuentran dentro de un margen de normalidad y no es del alcance de este estudio establecer las causas ni analizar dicha variación. Sin embargo, para fines de este estudio se destaca que no se evidenciaron alteraciones (anormalidad) en los ARL, a pesar de la variabilidad encontrada en el rendimiento académico de los sujetos participantes, lo que nos llevaría a suponer que no existe una relación directa entre estos.

Los análisis estadísticos aplicados arrojan que no existe una correlación estadísticamente significativa entre la encuesta de autopercepción de las habilidades de procesamiento central auditivo y el rendimiento académico de los sujetos participantes. Esto puede ser explicado porque al tratarse de una encuesta autocalificable, puede estar influenciada por juicios personales e interpretaciones individuales no controlables, que pueden justificar una variabilidad relativa entre las respuestas dadas por los participantes, no atribuibles a problemas relacionados con las habilidades de procesamiento central auditivo.

El coeficiente de correlación de Pearson arroja una correlación estadísticamente significativa entre el desempeño dicótico binaural en el BEPADI y el rendimiento académico de los sujetos estudiados, demostrando que la aplicación de este instrumento resulta útil para la detección de dificultades de procesamiento central auditivo leve en estudiantes universitarios con rendimiento académico relativamente bajo. Se encuentra además una significancia estadística entre el rendimiento académico y el desempeño del oído izquierdo a través del mismo instrumento, sin embargo, este hallazgo debe interpretarse como una causa del primero, es decir, el bajo rendimiento en el oído izquierdo explica en su gran mayoría el bajo rendimiento en el desempeño binaural y por esta razón se halla una correlación estadística significativa en los dos análisis.

En términos generales se puede afirmar entonces, que no existe una correlación estadísticamente significativa entre el procesamiento auditivo evaluado con toda la batería propuesta (BEPADI, ARL y encuesta de autopercepción) y el rendimiento académico de los sujetos de estudio. La significancia estadística solo se hace evidente al comparar este último con el desempeño binaural y del oído izquierdo en las pruebas de procesamiento dicótico contempladas en el BEPADI. Considerando la edad de los sujetos evaluados, este hallazgo bien importante, puede no solo atribuirse a efectos madurativos lentos, sino que surge la inquietud del papel de la memoria a corto plazo, ya que la evaluación de las habilidades dicóticas incluye recordar los estímulos simultáneos y diferentes, y luego reproducirlos. Aunque no se exija orden determinado, hay que recordar contenidos verbales. La didáctica moderna ha desestimado la importancia de la memoria en el aprendizaje, ya que se ha realizado más énfasis en desarrollar habilidades de análisis y síntesis, lo cual es también importante y necesario. En la interpretación de pruebas dicóticas no solo debe identificarse la habitual ventaja del oído derecho, sino verificar que la asimetría izquierda no sea demasiado alta: el oído izquierdo se acerca al derecho alrededor de los siete años y se vuelve a distanciar con el deterioro por la edad, después de los 60 años, como lo han señalado los estudios de Jerger (1973)⁸⁸.

Para interpretar los hallazgos anteriormente descritos se deben tener en cuenta algunas consideraciones. Las variables sujetas a análisis provienen de entes biológicos, es decir humanos, en quienes las respuestas aun cuando no estén sujetas a la voluntad del participante pueden variar debido a múltiples factores contextuales o personales tanto extrínsecos como propios de la fisiología y psicología de cada sujeto. Cada uno de los instrumentos utilizados para evaluar objetiva o subjetivamente el procesamiento auditivo central apunta a una o unas habilidades específicas; el hecho de que no arrojaran una correlación estadísticamente significativa no traduce que no aporten al estudio de la relación entre el PAC y el rendimiento académico de estudiantes universitarios y que no puedan hacer parte de una batería de evaluación para este tipo de población.

⁸⁸ Jerger., J. (1973). Audiological findings in the aging. *Advances in Otolaryngology, Rhinology and Laryngology*. 20, 115-124.

A pesar de que la batería BEPADI y el rendimiento académico arrojaron un análisis de correlación estadísticamente significativo que no se evidencio en los demás instrumentos utilizados, no significa que esta prueba por si sola sea suficiente para evaluar el procesamiento auditivo de estudiantes universitarios con rendimiento académico relativamente bajo. Se requiere realizar un chequeo cruzado (cross check) con otras pruebas audiológicas, electrofisiológicas y con la historia clínica del sujeto evaluada para tener validez clínica.

Por último, se deja planteada la necesidad de seguir ahondando en los estudios de correlación entre el procesamiento auditivo central y el rendimiento académico en estudiantes universitarios, partiendo de los hallazgos del presente estudio y complementando la evaluación de las habilidades de procesamiento auditivo central con pruebas electrofisiológicas corticales que involucren procesos cognitivos (P300 Y MNN), comportamentales adicionales y otras variables (individuales, institucionales y contextuales).

5. CONCLUSIONES

El análisis de componentes principales demostró ser útil para determinar el rendimiento académico de los estudiantes universitarios participantes, sin embargo, es difícil establecer un valor cuantitativo que involucre todas las variables conceptuales que intervienen en el rendimiento académico, por esta razón es necesario para futuros estudios la aplicación de un método mixto de análisis que incluya un componente cualitativo en la definición metodológica del rendimiento académico.

La batería BEPADI es sensible para determinar la funcionalidad del procesamiento auditivo dicótico en los estudiantes sujetos de estudio. Dada su facilidad de aplicación y resultados confiables se considera que puede ser aplicada dentro de la evaluación audiológica para ingreso estudiantil a los diferentes centros educativos. Se hace énfasis en que para estudios clínicos diagnósticos de deficiencias de procesamiento auditivo debe ir acompañada por otras pruebas audiológicas y electrofisiológicas complementarias.

El análisis monoaural -especialmente del oído izquierdo- en pruebas de procesamiento auditivo dicótico permitió establecer una relación significativa con procesos cognitivos implicados en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios que participaron en el presente estudio.

Los valores de respuesta electrofisiológica corticales en los sujetos de estudio medidos con los potenciales evocados auditivos de latencia larga (ARL) se encontraron dentro de límites normales a pesar de la evidente variabilidad en el rendimiento académico de los participantes. Por esta razón se puede decir que los ARL tuvieron una especificidad menor comparada con el BEPADI, para la identificación de problemas o deficiencias de las habilidades de procesamiento auditivo dentro de los participantes del estudio.

A pesar de que no se encuentra una correlación estadísticamente significativa para la encuesta de autopercepción de las habilidades de procesamiento auditivo, suponemos que puede constituir un instrumento de apoyo para el tamizaje de grandes poblaciones

siempre y cuando se establezca una normativa estandarizada para su aplicación y análisis, lo cual no era del alcance del presente estudio.

No se encuentra una correlación estadísticamente significativa entre el procesamiento auditivo y el rendimiento académico de estudiantes universitarios a través de todas las variables propuestas. Se demuestra una correlación lineal positiva entre la batería BEPADI y el rendimiento académico en términos de eficiencia, evidenciando la necesidad de continuar estudiando este tipo de relación a través de diferentes instrumentos de evaluación y la inclusión de otro tipo de variables en la definición metodológica del rendimiento académico.

BIBLIOGRAFIA

American Speech-Language-Hearing Association. (1996). Central auditory processing: Current status of research and implications for clinical practice. *American Journal of Audiology*, 5, 41–54.

American Speech-Language-Hearing Association. (2005). (Central) auditory processing disorders [Technical Report]. Available from www.asha.org/policy.

Bellis, T. (1996). Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting. San Diego: Singular Publishing Group.

Bellis, T. J. (2003). Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting: From science to practice (2nd ed.). Clifton Park, NY: Delmar Learning.

Billings, C., McMillan, G., Penman, T., Gille, S. (2013) Predicting Perception in Noise Using Cortical Auditory Evoked Potentials. *J Assoc Res Otolaryngol*, 14(6), 891-903.

Boets, B., Vandermosten, M., Poelmans, H., Luts, H., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2011). Preschool impairments in auditory processing and speech perception uniquely predict future reading problems. *Research In Developmental Disabilities*, 32(2), 560-570. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2010.12.020>

Bonucci M. (1997) ¿Qué variables predicen el rendimiento académico de los estudiantes? Estudio de un caso: La Facultad de Ingeniería en la ULA, Ponencia presentada en el III Simposio sobre políticas de Admisión en Educación Superior.

Brugge, J., & Imig, T. (1978). Sources and terminations of callosal axons related to binaural and frequency maps in primary auditory cortex of the cat. *Journal of Comparative Neurology*, 182, 660-673.

Burkard, R., Eggermont, J., & Don, M. (2007). Electric and magnetic fields of synchronous neural activity. En E. J. Burkard R, *Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application* (págs. 2-21). Wolters Kluwer Health.

Cacace, A. T., & McFarland, D. J. (1998). Central auditory processing disorder in school-aged children: A critical review. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41, 355–373.

Castex, C., Castro, Y., Sandoval, X., Seguel, V., & Vera, G. (2006). Rendimiento en pruebas de procesamiento auditivo central de adolescentes con y sin déficit del discurso oral. Santiago: Univesidad de Chile. Facultad de Medicina. Escuela de Fonoaudiología.

Chermak, G. D., & Musiek, F. E. (1997). *Central auditory processing disorders: New perspectives*. San Diego, CA: Singular.

Chiavenato, I., Mascaró Sacristán, P., & Mares Chacón, J. (2004). *Introducción a la teoría general de la administración* (7th ed., p. 52). México: McGraw-Hill Interamericana Editores.

Cone-Wesson, B., Wunderlich, J. (2003). Auditory evoked potentials from the cortex: audiology applications. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 11(5), 372-7.

DANE. (2017). *Estratificación socioeconómica para servicios públicos domiciliarios*. Dane.gov.co. Retrieved 20 December 2017, from <http://www.dane.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/servicios-de-informacion/estratificacion-socioeconomica>

Davis, H. (1976). Principles of electric response audiometry. *Ann. Otol Rhinol. Laryngol.* 85: 1-96.

Davis, P. (1939). Effects of acoustic stimuli on the waking human brain. *J Neurophysiol*, 2, 494-9.

Dawson, G. (1951). A summation technique for detecting small signals in a large irregular background. *J. Physiol*, 115-117.

DeConde, C. (1984). Children with auditory processing disorders. In R. Hull & K. Dilka (Eds.), *The hearingimpaired child in school* (pp. 141-162). Orlando, FL: Grune & Stratton

Díaz R. F. (1995). La Predicción del Rendimiento Académico en la Universidad: Un ejemplo de aplicación de la regresión múltiple. Anuario Interuniversitario de Didáctica, Universidad de Salamanca, N. 13, pp. 43-62.

Edel Navarro, R. (2003). El rendimiento académico: concepto, investigación y desarrollo. REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 1 (2), 0.

Ferraro, J., & Durrant, J. (1994). Auditory Evoked Potentials: Overview and basic principles. In J. Katz, Handbook of Clinical Audiology (Cuarta edición ed., pp. 38-317). Williams & Wilkins.

García O., y Palacios, R. (1991). Factores condicionantes del aprendizaje en lógica matemática. Tesis para optar al Grado de Magister. Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.

Garnica E (1997). El Rendimiento Estudiantil: Una Metodología para su Evaluación, Revista Economía, Vol.13, pp.7-25.

Geffen, G. (1978). The development of the right ear advantage in dichotic listening with focused attention. Cortex, 14(2), 169-77.

Gillet, P. (1993). Auditory processes. Novato, CA: Academic Therapy Publications.

Goycoolea, M., Ernst, J., Orellana, V., & Torres, P. (2003). Metodos de evaluación auditiva. Revista Médica Clínica Los Condes, 14(1), 1-8. Retrieved from http://www.clc.cl/clcprod/media/contenidos/pdf/MED_14_4/MetodosEvaluacionAuditiva.pdf

Hall, J., & Goldstein, M. (1968). Representations of binaural stimuli by single units in primary auditory cortex of unanesthetized cats. Journal of the Acoustical Society of America, 43, 456-461.

Hällgren, M., Larsby, B., Lyxell, B. & Arlinger, S. (2001). Cognitive Effects in Dichotic Speech Testing in Elderly Persons. Ear and Hearing, 22(2), pp.120-129.

Heine, C., & Slone, M. (2008). The Impact of Mild Central Auditory Processing Disorder on School Performance During Adolescence. *Journal Of School Health*, 78(7), 405-407. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1746-1561.2008.00321.x>

Hotelling, H. (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal Of Educational Psychology*, 24(7), 498-520. <http://dx.doi.org/10.1037/h0070888>

Hyde, M. (1997). The N1 response and its applications. *Audiolneuro-Otol*, 2(5), 281-307.

Idrizbegovic, E., Hederstierna, C., Dahlquist, M., & Rosenhall, U. (2013). Short-Term Longitudinal Study of Central Auditory Function in Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders EXTRA*, 3(1), 468–471. <http://doi.org/10.1159/000355371>

Jacobson, J. (1985). *The Auditory Brainstem Response*. College Hill Press.

Jerger., J. (1973). Audiological findings in the aging. *Advances in Otology. Rhinology and Laryngology*. 20, 115-124.

Jerger, J. & Martin, J. (2004). Hemispheric asymmetry of the right ear advantage in dichotic listening. *Hearing Research* (198), 125–136.

Jerger, J. & Musiek, F. (2000). Report of the Consensus Conference on the Diagnosis of Auditory Processing Disorders in School-Aged Children. *J Am Acad Audiol*. Oct;11(9):467-74.

Jiménez, M. (2000) Competencia social: intervención preventiva en la escuela. Universidad de Alicante. *Infancia y sociedad*. 24. 21-48.

Johnson, C.D., Benson, P.V., & Seaton, J.B. (1997). *Educational audiology handbook*. San Diego: Singular Publishing Group.

Katz, J. & Wilde, L. (1994). Auditory processing disorders. In J. Katz (Ed.), *Handbook of clinical audiology* (4th ed., pp. 490). Baltimore: Williams & Wilkins.

Keith, R. (1995). Tests of central auditory processing. In R. Roeser & M. Downs (Eds.), *Auditory disorders in school children* (3rd ed.) (pp. 101-116). NY: Thieme Medical Publications.

Kollár, A. (1971). Die Beziehung zwischen Lautstärke, Latenzzeit und Amplitude in der EEG-Audiometrie. *Mschr. Ohrenheik*, 105, 49-56.

Kraus, N., & Nicol, T. (2009). Auditory Evoked Potentials. En M. Binder, N. Hirokawa, & U. Windhorst, *Encyclopedia of Neuroscience* (págs. 214-218). Berlin: Springer.

Martin, B., Tremblay, K., & Stapells, D. (2007). Principles and applications of cortical auditory evoked potentials. En J. Eggermont, & M. Don, *Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application* (págs. 482-507). Baltimore, MD.

McFarland, D. J., & Cacace, A. T. (1995). Modality specificity as a criterion for diagnosing central auditory processing disorders. *American Journal of Audiology*, 4, 36–48.

Mourad, M., Hassan, M., El-Banna, M., Asal, S., & Hamza, Y. (2015). Screening for Auditory Processing Performance in Primary School Children. *Journal Of The American Academy Of Audiology*, 26(4), 355-369. <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.26.4.4>

Musiek, F. (1999) Central auditory tests. *Scandinavian Audiology*, 28 (Suppl.. 51), 33 – 46.

Nevins, M.E., & Garber, A. (2006, May). Auditory skill development. *Cochlear Americas Habilitation Outreach for Professionals in Education*.

Páez, A. T. (2014). Caracterización del procesamiento auditivo, sus relaciones con el rendimiento académico y con variables psicosociales, en estudiantes de Fonoaudiología de la Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Libre. Bogotá. p.98.

Páez, Amanda (2002). Diseño y validación de la Batería de Procesamiento Auditivo Dicótico (BEPADI), en sujetos sin antecedentes neuro-otológicos. *Audiología Hoy*. No. 1, enero-marzo, Asociación Colombiana de Audiología, Bogotá, Colombia.

Pearson, K. (1901). LIII. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine Series* 6, 2(11), 559-572. <http://dx.doi.org/10.1080/14786440109462720>

Plomp, R. (1976). *Aspects of tone perception*. London: Academic.

Poremba, A., Saunders, R. C., Crane, A. M., Cook, M., Sokoloff, L., & Mishkin, M. (2003). Functional mapping of the primate auditory system. *Science*, 299, 568–571.

Pratt S, Lightfoot G. (2012). Physiological mechanisms underlying MLRs and cortical EPs. En Tremblay K, Burkard R, *Translational perspectives in auditory neuroscience: Hearing across the life span-assessment and disorders*. (págs. 243-282). San Diego, CA: Plural Pub.

Pratt, S. (2007). Middle-Latency Responses. In R. Burkard, J. Eggermont, & M. Don, *Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application* (pp. 75-463). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.

Reyes Tejada, Y. N. (2003). Relación entre el Rendimiento Académico, la Ansiedad ante los Exámenes, los Rasgos de Personalidad, el Autoconcepto y la Asertividad en Estudiantes del Primer Año de Psicología de la UNMSM.

Roeser, R.J., & Downs, M.P. (2004). *Auditory disorders in school children: The law, identification, remediation* 4th ed. New York: Thieme Medical Publishers, Inc

Salvi, R. J., Lockwood, A. H., Frisina, R. D., Coad, M. L., Wack, D. S., & Frisina, D. R. (2002). PET imaging of the normal human auditory system: Responses to speech in quiet and in background noise. *Hearing Research*, 170, 96–106.

Schreiner, C. (1991). Functional topographies in the primary auditory cortex of the cat. *Acta Otolaryngol (Suppl.)*, 491, 7-16.

Shaikh, M. A., Fox-Thomas, L., & Tucker, D. (2017). Maturational Changes in Ear Advantage for Monaural Word Recognition in Noise Among Listeners with Central Auditory Processing Disorders. *Audiology Research*, 7(1), 157. <http://doi.org/10.4081/audiores.2017.157>

Sharma, A., Dormán, M., & Spahr, A. (2002). A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation. *Ear Hear*, 23(6), 9-532.

Sharma, A., Dorman, M., Spahr, A., & Todd, N. (2002). Early cochlear implantation in children allows normal development of central auditory pathways. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* , 189, 38-41.

Sharma, A., Tobey, E., Dorman, M., Bharadwaj, S., Martin, K., Gilley, P., et al. (2004). Central auditory maturation and babbling development in infants with cochlear implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* , 130, 511-516.

Skarzynski, P., Włodarczyk, A., Kochanek, K., Pilka, A., Jedrzejczak, W., & Olszewski, L. et al. (2015). Central auditory processing disorder (CAPD) tests in a school-age hearing screening programme – analysis of 76,429 children. *Annals Of Agricultural And Environmental Medicine*, 22(1), 90-95. <http://dx.doi.org/10.5604/12321966.1141375>

Stach, B. (1998). *Clinical Audiology*. Singular Publishing G

Suros, A., & Suros, J. (1999). *Semiología médica y técnica exploratoria*. Barcelona, España: Mason.

Talavage, T., Serreno, M., Melcher, J., Ledden, P., Rosen, R., & Dale, A. (2004). Tonotopic organization in human auditory cortex revealed by progressions of frequency sensitivity. *J Neurophysiol*, 91, 96-1282.

Tonconi Quispe, J. (2010). Factores que Influyen en el Rendimiento Académico y la Deserción de los Estudiantes de la Facultad de Ingeniería Económica de la UNA-Puno (Perú). *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, vol 2, N1, enero. Universidad de Guadalajara, Los Lagos, Jalisco, México, pp. 45.

Tremblay, K., Kraus, N. (2002). Auditory training induces asymmetrical changes in cortical neural activity. *J Speech Lang Hear Res*, 45(3), 564-72.

Tunturi, A. (1952). A difference in the representation of auditory signals for the left and right ears in the iso-frequency contours of the rights middle ectosylvian auditory cortex of the dog. *Amer. J. Psychol.*, 168, 712-727.

Tyler, L. K. (1992). *Spoken language comprehension: An experimental approach to disordered and normal processing*. Cambridge, MA: MIT Press.

Walker, M., Shinn, J., Cranford, J., Givens, G., & Holbert, D. (2002). Auditory Temporal Processing Performance of Young Adults With Reading Disorders. *Journal Of Speech Language And Hearing Research*, 45(3), 598. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2002/048\)](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2002/048))

Willeford, J. (1976). Differential diagnosis of central auditory dysfunction. In L. Bradford (Ed.), *Audiology: An audio journal for continuing education* (Vol. 2). New York: Grune & Stratton.

ANEXOS

Anexo A. Consentimiento informado

Los estudiantes de especialización en audiología de la Corporación Universitaria Iberoamericana y egresados del programa de Fonoaudiología de la Universidad Nacional de Colombia Jhonathan Pineda Palencia con cedula de ciudadanía No. 1.078.369.270 de Tenjo y Miguel Angel Maldonado Roza con cedula de ciudadanía No. 1071167083 de La Calera, bajo la dirección de la profesora Amanda Teresa Páez Pinilla identificada con cedula de ciudadanía No. 51.722.462 de Bogotá; le invitan a participar como sujeto de estudio en la investigación titulada “Relaciones entre el procesamiento auditivo y el rendimiento académico en estudiantes universitarios”.

Se le realizarán pruebas auditivas electrofisiológicas, con el objeto de medir las señales acústicas que recibe el cerebro y el procesamiento de estas. El examen se realizará sentado, se le pondrán unos auriculares los cuales emitirán un sonido a una intensidad media y las respuestas auditivas serán captadas por electrodos fijados a la piel de la frente y los lóbulos de las orejas, con cinta adhesiva, mientras tanto podrán leer una revista. Adicionalmente se le pedirá datos académicos del semestre cursado inmediatamente anterior para establecer una medida cuantitativa sobre su rendimiento académico, solo con fines investigativos y académicos para el presente estudio. Manteniendo la confidencialidad de toda la información suministrada. La prueba no es invasiva, no ocasiona dolor y no tiene ningún riesgo para su salud auditiva; en compensación por su participación recibirá una evaluación auditiva básica, la cual servirá para seguimiento y control de su audición. En constancia acepto participar voluntariamente,

NOMBRE: _____ CEDULA: _____

TELEFONO: _____ FIRMA: _____

Contacto, Teléfonos: 318 238 40 94 – 3152666857

Anexo B.

Encuesta de auto percepción de las habilidades de procesamiento Auditivo

Le solicitamos cordialmente diligenciar la siguiente encuesta de auto percepción de la manera más sincera y acertada posible, teniendo en cuenta la frecuencia con la que se presentan los eventos relacionados:

	Nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
1. Se me dificulta comprender el mensaje del profesor cuando hay ruido de fondo				
2. Tengo dificultad para identificar términos técnicos nuevos				
3. Me cuesta identificar palabras similares dentro de un discurso (ejemplo: taza y casa)				
4. Me cuesta mantener la atención en el profesor o expositor, cuando sus compañeros murmuran a su lado				
5. Se me dificulta retener fechas o nombres importantes durante un discurso				
6. Tengo dificultades para seguir auditivamente una lectura que realiza otro compañero				
7. Pregunto constantemente a mis compañeros sobre el tema que se está explicando en clases				

8. Considero que me cuesta trabajo mantener una conversación cuando trabajo en grupo.				
9. Me cuesta responder de manera acertada una pregunta. (solicito que me repitan)				
10. Me cuesta realizar mis trabajos en casa si no está en silencio absoluto				
11. Se me dificulta tomar notas o apuntes sin perder la idea principal que expone el interlocutor				
12. Se me dificulta retener información nueva de secuencias (números de teléfono, listas de palabras, entre otras)				
13. No puedo comprender un enunciado cuando no logro oírlo claramente o en su totalidad.				
14. Me cuesta trabajo ubicar a quien me llama en el salón de clase: giró la cabeza hacia el lado equivocado				
15. Me cuesta entender al profesor cuando esta de espalda				
16. Le cuesta recordar tareas o trabajos encargados por su profesor				
17. Se me dificulta aprender un segundo idioma				

18. Tiene dificultades para recordar la melodía de una canción				
19. El ruido del tráfico o del exterior suele distraer su atención mientras está en clase				
20. Me cuesta trabajo identificar a mis compañeros de clase solo por su voz; suelo confundirlos.				

