

Prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en empresas del sector madera de la ciudad de Cartagena. 2015

Prevalence of sensorineural hearing loss induced noise in wood sector companies city Cartagena.

Darío David Sierra Calderón¹, Elías Alberto Bedoya Marrugo²

Resumen

Objetivo: Determinar prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en los trabajadores expuestos a ruido en cuatro empresas dedicadas al procesamiento de madera en la ciudad de Cartagena. **Método:** Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal en cuatro empresas de aserríos del sector madera de la ciudad de Cartagena, dedicadas a la transformación de la troza de madera en tablas y listones a través de operaciones de corte, cepillado y canteado de la madera. La población objeto de estudio fue de veinte trabajadores del área de maquinado expuestos a ruido. Se hizo una evaluación preliminar para conocer en forma detallada el ambiente de trabajo y las circunstancias bajo las cuales se exponen los trabajadores al ruido, las características del ruido y sus fuentes. **Resultados:** La prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido fue del 20%. Se encontró en el grupo objeto de estudio un 5 % con hipoacusia entre trabajadores de 41 a 45 años de edad y un 15% en trabajadores de más de 46 años de edad. En cuanto al tiempo de servicio en las distintas empresas, los trabajadores de 1 a 30 años presentaron el 20% de hipoacusia neurosensorial inducida por el ruido. En la medición de la exposición al ruido basada por puesto de trabajo en las distintas empresas seleccionadas se determinó el nivel continuo equivalente que oscila entre 95,7 dB(A) a 101,9 dB(A) el cual sobrepasa los valores límites permisibles de acuerdo a los criterios de ACGIH de USA. El nivel de riesgo es alto en una de las empresas mientras se encontró un nivel de riesgo medio en las otras empresas seleccionadas.

Palabras Clave: pérdida auditiva, ruido, aserraderos

Abstract

Objective: To find out prevalence of noise-induced sensorineural hearing loss in workers exposed to noise in four companies implicated in wood processing in the city of Cartagena. **Method:** A descriptive cross-sectional study was conducted in four companies sawmills the timber sector of the city of Cartagena, dedicated to the transformation of the log wooden board and batten through cutting, brushing and chamfering wood. The study population was twenty machining area workers exposed to noise. A preliminary evaluation was done to know in detail the work environment and the

¹Docente investigador, Facultad de ingeniería, Programa de Seguridad e higiene ocupacional, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco.

²Coordinador de investigación, Grupo CIPTEG, Facultad de ingeniería, Programa de Seguridad e higiene ocupacional, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco.

Correspondencia: eabedoya8@gmail.com

Darío David Sierra Calderón: <http://orcid.org/0000-0002-0113-5594>, Elías Alberto Bedoya Marrugo: <http://orcid.org/0000-0002-2931-9600>

Recibido: 03-03-2015 Aceptado: 12-05-2016

circumstances under which workers are exposed to noise, noise characteristics and sources. **Results:** The prevalence of noise-induced sensorineural hearing loss was 20%. It was found in the study group that 5% with hearing loss among workers 41 to 45 years old and 15% in workers over 46 years old. As for the time of service in the various companies, workers from 1 to 30 years had 20% of sensorineural hearing loss induced by noise. In the measurement of noise exposure per job based on the different selected companies the equivalent continuous level of between 95.7 dB (A) to 101.9 dB (A) which exceeds the permissible limit values determined according to the US ACGIH criteria. The risk level is high in one of the companies as a medium risk was found in the other selected companies.

Keywords: hearing loss, noise, sawmills

Introducción

El ruido se entiende como aquella dispersión sonora desagradable al oído y por ende se califica como indeseable. Aunque es necesario entender que no todos los sonidos logran ser percibidos por el oído humano (1).

Como riesgo ocupacional, el ruido es reconocido desde la antigüedad. Ahora, eventos como el aumento de las máquinas y su uso en las fábricas (aportando mayor energía y velocidad), remplazarían la fuerza del hombre (el cual queda en desventaja); agregando el factor ruido y su exposición, como nuevo componente de riesgo ocupacional propenso de generar alteraciones de la salud en los trabajadores (2). Aunque existen actividades laborales con exposición por debajo de los niveles permisibles, generan algún tipo de afecciones, debido a la cronicidad y continuidad frente al riesgo (3).

El ruido es visto como un peligroso agente contaminante (4), gran generador de daños al sistema auditivo, que además altera otros sistemas, disminuyendo el aprovechamiento de la labor del trabajador y a la postre mermando la productividad de organización (5). Conforme a cifras entregadas por la Organización Mundial de la Salud en el año 2002, se detectaron casos alrededor del 16% de casos confirmados de pérdida de audición laboral alrededor del mundo (6). Como enfermedad ocupacional prevalente de

aspectos del trabajo se puede referenciar a la pérdida auditiva o hipoacusia neurosensorial inducida por ruido (HNIR) como afección predominantemente entre personal expuesto.

Otras investigaciones demuestran afecciones más relevantes entre su grupo de expuestos al reportar cifras superiores donde se ha afectado la salud de los trabajadores al tener 78,5% de casos positivos de hipoacusia atribuible al ruido ocupacional (7). Investigaciones con determinantes para reconocer la exposición y afectación provocada por ruido del 62,5%, detectaron niveles de ruidos igual o superior a 85 dB-A, pero con el agravante de no utilizar dispositivos de protección para ruidos en el 96,3 % de los trabajadores y, el 62,2 % con más de 10 años de exposición a ruidos y 20,8 % sin respuesta a intensidades de 25 dB, 50,0 % a intensidades de 40 dB y 7 29,2 % no respondieron a estímulos sonoros de 60 dB, con clara afectación auditiva permanente (8).

La Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos identificó diversos eventos de salud reportados, entre los cuales la pérdida auditiva ocupacional es vista como una de las enfermedades de carácter laboral con mayor frecuencia y aparición en el sector manufacturero, donde laboran un aproximado de 16 millones de personas, entre los cuales se han reportado 17,700 casos de pérdida auditiva por cada 59,100 casos generales, manejando una razón de 1

caso de pérdida auditiva por cada nueve enfermedades notificadas (9).

Referentes internacionales han indicado que en países como India, existen prevalencias por pérdida de la audición en el orden del 28%, específicamente en relación con el manejo de la sierra circular y mesas tipo aserrado donde asciende hasta el 28% con exposición a niveles de ruido promedio 90.2 dB, suficientes para generar daño en el sistema auditivo, que presenta exposiciones superiores a las 8 horas/día (10).

Estudios en occidente demuestran otra relación entre la exposición al riesgo sin utilización de equipos de protección: 53% de los trabajadores mantuvo audición normal, mientras que la disminución auditiva tuvo lugar en el restante 47% de los trabajadores. En estos casos las zonas de trabajo presentaron niveles de ruido en un rango de 83 a 102 decibeles (11). La Organización Mundial de la Salud durante el año 2002 ya había revelado que cerca del 16% de los casos de pérdida de audición registrados en el mundo son adquiridos en el lugar de trabajo. De acuerdo con la Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos, la pérdida auditiva ocupacional es la enfermedad laboral reportada con más frecuencia en el sector manufacturero. En Colombia, para el año 2008, se reportó la presencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en un 4,5%, convirtiéndola para ese año en la enfermedad más diagnosticada, después de las enfermedades osteomusculares (12).

Se ha confirmado que trabajadores expuestos al ruido presentan audiometrías compatibles con lesiones auditivas por ruido, de los que más de la mitad presentaban afectación de las frecuencias conversacionales, factibles de ser evitadas mediante el uso de los equipos de protección individual debido a la escasa percepción del riesgo por parte de los trabajadores. Se demostró, además, como factores decisivos para la manifestación de la pérdida de la

audición el tiempo de exposición y la edad (13). Particularizando los casos a tratar en este artículo, otro estudio llevado a cabo por la Universidad de Valencia en permitió determinar los niveles promedio de exposición diaria a presión sonora en distintos puestos de trabajo en la industria de la madera, estudio que permitió encontrar niveles de ruido que en el 28% de los casos, sobrepasaba los 85 dB, límite actual y en un 7%, superó los 90 dB, que era el límite de exposición establecido según la legislación de 1995 para esa época (13). Al tratar sobre aspectos de la sintomatología general de los efectos del ruido en personas que laboran, las causas de pérdida de audición, la hipoacusia neurosensorial inducida por ruido es uno de los problemas más comunes a los que se enfrenta el otorrinolaringólogo y el médico general y con no muy buenas expectativas para el paciente (15).

Se debe considerar que conforme estudios sobre el ruido ocupacional, éste puede ser un factor determinante en el desarrollo de hipertensión arterial en trabajadores expuestos con una significativa incidencia de casos en el orden de (>50%) en áreas donde el nivel de ruido se haya por encima del rango normal (16). La mayoría de los trabajadores empleados en la industria de la madera se han venido exponiendo desde mucho tiempo a niveles de ruido críticos para su salud y en algunos puestos de trabajo estos superan los 100 dB, lo cual los hace susceptibles a los anteriores síntomas mencionados (17). Estudios donde el ruido hace aparición en la industria procesadora de madera, caracterizada por los procesos manuales de traslado, donde hay esfuerzo físico de moderado a intenso, presencia de altas temperaturas y elevados niveles de ruido, han demostrado incidencia en altos niveles de presión arterial y alteraciones de frecuencia cardíaca, sumado al detrimento de la salud por pérdida de la capacidad auditiva (18). Entre las enfermedades prevalentes a nivel laboral se encuentra la pérdida auditiva o hipoacusia neurosensorial inducida por ruido

(HNIR). El ruido tipificado como contaminante en escenarios laborales tiene la capacidad de dañar al sistema auditivo y también puede afectar otros sistemas con impacto negativo en el rendimiento del trabajador y con el tiempo en la productividad de la empresa (19-20). Como principal objetivo de este estudio tiene el determinar la prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida o por ruido entre los trabajadores de las empresas estudiadas.

Metodología

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal en cuatro empresas de aserríos del sector madera de la ciudad de Cartagena, dedicadas a la transformación de la troza de madera en tablas y listones a través de operaciones de corte, cepillado y canteado de la madera.

La población fue integrada por 20 trabajadores del área de maquinado expuestos a ruido.

Se realizó una evaluación preliminar para conocer en forma detallada las condiciones de trabajo en las cuales los trabajadores se exponen al ruido en las distintas operaciones del proceso de aserrado de la madera.

En la medición de la exposición al ruido se utilizaron las técnicas y estrategias establecidas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de España y la GATI-HNIR del Ministerio de Seguridad Social. Los instrumentos utilizados fueron dosímetro marca QUEST, modelo EG5, y el Sonómetro marca QUEST Tipo II, Sound Pro DL. Con las lecturas registradas se determinó el nivel continuo equivalente diario y el nivel de pico, para luego determinar el nivel de riesgo a la exposición al ruido teniendo en cuenta los valores límites permisibles de ACGHI de Estados Unidos. En el diagnóstico de la hipoacusia neurosensorial inducida por ruido, se aplicó un cuestionario, pre-

vio consentimiento voluntario, a los trabajadores expuestos a ruido en su área de trabajo. El instrumento recogió datos demográficos tales como: edad, antigüedad en la empresa y antigüedad en el puesto; también recopiló información relacionada con la disminución de la capacidad auditiva: nivel de ruido por puestos de trabajo, uso de equipo de protección auditiva, exposición a golpes en la cabeza. Se realizaron entrevistas a los trabajadores para realizar historias clínicas ocupacionales, exámenes físicos con otoscopia y exámenes paraclínicos especialmente audiometrías vía aérea y ósea con la ayuda de un audiómetro marca Veltone, teniendo en cuenta los requisitos presentes en la GATI-HNIR del Ministerio de Seguridad Social con el fin de identificar pacientes con hipoacusia neurosensorial inducida por ruido. Se tuvieron en cuenta los requerimientos legales con respecto al manejo confidencial de la información y el tiempo de retención de los registros.

Resultados

Caracterización de las condiciones de trabajo

En las cuatro empresas seleccionadas realizan el proceso del aserrado de la madera, que consiste en dividir la troza de la madera en tablas y listones, según el uso que se le vayan a dar los clientes. Inicialmente la troza es cortada a través de la sierra sinfín y circular. En esta operación participan dos trabajadores por cada máquina en la cual se exponen a ruido variado durante su jornada. El puesto de trabajo permite la movilidad y realizan pocas tareas en la operación. Posteriormente se le da el acabo final por medio de la cepilladora y la canteadora. En esta operación participan cuatro trabajadores. Los puestos de trabajo son móviles con pocas tareas en la operación y el tipo de ruido es variado durante su jornada de ocho horas y 48 horas semanales. No se dispone de ningún control de ingeniería al ruido y los trabajadores no utilizan ningún tipo de protección auditiva personal.

Evaluación de la exposición ocupacional al ruido

En la medición de la exposición al ruido basada por puesto de trabajo en las distintas empresas seleccionadas se determinó que el nivel continuo

equivalente diario oscila entre 95,7 dB(A) y 101,9 dB(A) que sobrepasa los valores límites permisibles de acuerdo a los criterios de ACGIH de USA. Su nivel de riesgo es alto en la empresa 1 y nivel de riesgo medio en las otras empresas seleccionadas.

Tabla 1. Nivel de riesgo a la exposición al ruido

Nombres de las Empresas	Lugar de Medición	Nombres Trabajadores	Tipo de Ruido	Tiempo Exposición	TLVs dB(A) ACGIH	Nivel Continuo Equivalente (Leq)	Nivel Continuo Diario Equivalente (Leq,d)	Nivel Presión Sonora Mínimo (Lasmn)	Nivel Presión Sonora Máximo (Lasmx)	Promedio ponderado de tiempo (TWA)	ProjectedTWA (8:00)	Nivel Pico (Lcpk)	NPA dB(A)	NIVEL DEL RIESGO
Empresa #1	Cepillado/Canteado	Trabajador #1 Trabajador #2	Intermitente	8 horas	85 dB(A)	101,7 dB(A)	101,9 dB(A)	61 dB(A)	121,7 dB(A)	101,9 dB(A)	101,7 dB(A)	136,6 dB	> 100 dB(A)	ALTO
	Sierra Sinfín	Trabajador #3 Trabajador #4	Intermitente	8 horas	85 dB(A)	96 dB(A)	96,1 dB(A)	64,3 dB	116,7 dB	96,1 dB	96 dB	137 dB	85 dB(A) a 99,5 dB(A)	MEDIO
Empresa #2	Sierra Sinfín #1	Trabajador #1 Trabajador #2	Intermitente	8 horas	85 dB(A)	92,7 dB(A)	91,8 dB(A)	60 dB(A)	114 dB(A)	91,7 dB(A)	92,7 dB(A)	133,1 dB(A)	85 dB(A) a 99,5 dB(A)	MEDIO
		Trabajador #3 Trabajador #4	Intermitente	8 horas	85 dB(A)	97,9 dB(A)	97,9 dB(A)	60 dB(A)	121,1 dB(A)	97,9 dB(A)	97,9 dB(A)	135,9 dB(A)	85 dB(A) a 99,5 dB(A)	MEDIO
	Cepillado/Canteado	Trabajador #5 Trabajador #6	Intermitente	8 horas	85 dB(A)	96,3 dB(A)	95,7 dB(A)	63,1 dB(A)	117,3 dB(A)	95,7 dB(A)	96,3 dB(A)	136,5 dB(A)	85 dB(A) a 99,5 dB(A)	MEDIO
		Trabajador #7 Trabajador #8	Intermitente	8 horas	85 dB(A)	97,1 dB(A)	97,1 dB(A)	63,1 dB(A)	119,5 dB(A)	96,4 dB(A)	97,1 dB(A)	138,5 dB(A)	85 dB(A) a 99,5 dB(A)	MEDIO
Empresa #3	Cepillado/Canteado	Trabajador #1 Trabajador #2	Intermitente	8 horas	85 dB(A)	96,2 dB(A)	99,3 dB(A)	60 dB(A)	121,1 dB(A)	99,3 dB(A)	96,2 dB(A)	135,9 dB(A)	85 dB(A) a 99,5 dB(A)	MEDIO
	Sierra Sinfín	Trabajador #3 Trabajador #4	Intermitente	8 horas	85 dB(A)	95,8 dB(A)	95,8 dB(A)	63,1 dB(A)	119,5 dB(A)	95,8 dB(A)	95,8 dB(A)	140,6 dB(A)	85 dB(A) a 99,5 dB(A)	MEDIO
Empresa #4	Cepillado/Canteado	Trabajador #1 Trabajador #2	Intermitente	8 horas	85 dB(A)	96,8 dB(A)	96,99 dB(A)	63,1 dB(A)	118,1 dB(A)	96,9 dB(A)	96,8 dB(A)	136,6 dB(A)	85 dB(A) a 99,5 dB(A)	MEDIO
	Sierra Sinfín	Trabajador #3 Trabajador #4	Intermitente	8 horas	85 dB(A)	96 dB(A)	96 dB(A)	60 dB(A)	112 dB(A)	96 dB(A)	96 dB(A)	138,9 dB(A)	85 dB(A) a 99,5 dB(A)	MEDIO

Nombres de las Empresas	Lugar de Medición	Nombres Trabajadores	Dosis Encontrada en Porcentaje	Dosis Projectada Pose(8:00)	Dosis Permitida en Porcentaje	DOSIS de RUIDO	NIVEL DE RIESGO
Empresa #1	Cepillado/Canteado	Trabajador #1 Trabajador #2	4903,70%	4783,40%	100%	> 3200%	ALTO
	Sierra Sinfín	Trabajador #3 Trabajador #4	1299,20%	1265,50%	100%	100% a 3199%	MEDIO
Empresa #2	Sierra Sinfín #1	Trabajador #1 Trabajador #2	476,80%	600,50%	100%	100% a 3199%	MEDIO
		Trabajador #3 Trabajador #4	1977,70%	1956,40%	100%	100% a 3199%	MEDIO
	Cepillado/Canteado	Trabajador #5 Trabajador #6	1200,40%	1356,70%	100%	100% a 3199%	MEDIO
		Trabajador #7 Trabajador #8	1384,80%	1647,10%	100%	100% a 3199%	MEDIO
Empresa #3	Cepillado/Canteado	Trabajador #1 Trabajador #2	2711,20%	1343,00%	100%	100% a 3199%	MEDIO
	Sierra Sinfín	Trabajador #3 Trabajador #4	1210,20%	1203,40%	100%	100% a 3199%	MEDIO
Empresa #4	Cepillado/Canteado	Trabajador #1 Trabajador #2	1582,00%	1540,60%	100%	100% a 3199%	MEDIO
	Sierra Sinfín	Trabajador #3 Trabajador #4	1277,50%	1262,30%	100%	100% a 3199%	MEDIO

Fuente: Investigadores

En las operaciones de cepillado/canteado de la empresa 1, presenta el nivel continuo equivalente de ruido más crítico, (ver Tabla 1). Por tal razón, se realizó el Análisis de Frecuencias, con el fin de conocer cómo se distribuye la energía acústica entre las diferentes frecuencias de bandas en octavas (su distribución espectral de ruido) presentando

niveles de energía sonora más altos en las frecuencias altas (2000 Hz a 4000 Hz), capaces de producir una alta probabilidad de daños en la salud auditiva de los trabajadores expuestos, Figura 1. Este análisis nos permitió determinar el protector auditivo más eficaz a nivel de prevención de la hipoacusia neurosensorial inducido por ruido.

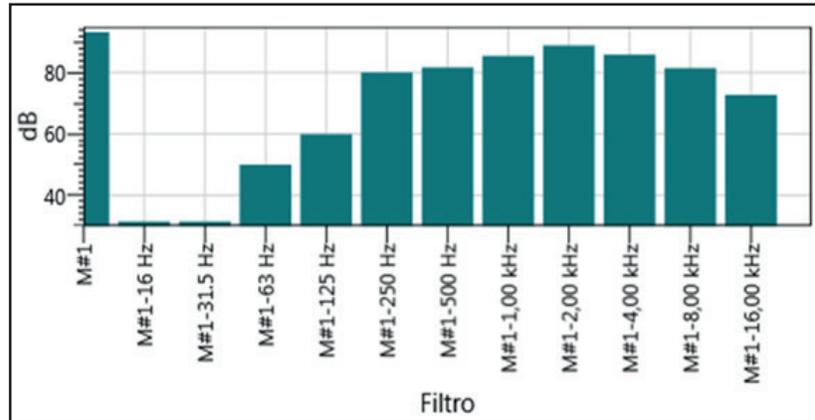


Figura 1. Análisis de Frecuencia

Fuente: Investigadores

Diagnóstico de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido.

En los trabajadores expuestos al ruido en las empresas seleccionadas del sector madera de la ciudad de Cartagena, presentaron el 20% de hipoacusia en los diferentes puestos de trabajo así:

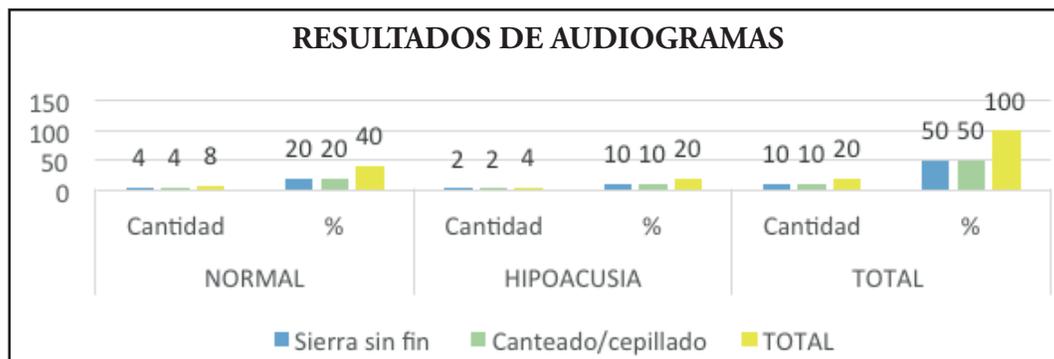


Figura 2. Hipoacusia vs puesto de trabajo

Fuente: Autores

Tabla 2. Hipoacusia vs puesto de trabajo

HIPOACUSIA (CIE-10;H91,9)NIOSH	SIERRA SIN FIN	CANTEADORAS CEPILLADORA	TOTAL	HIPOACUSIA
Normal	8	8	16	80
Leve	0	1	1	5
Moderada	1	0	1	5
Moderada a severa	0	0	0	0
Severa	0	0	0	0
Profunda	1	1	2	10
Total	10	10	20	100

Fuente: Autores

El 5% de los trabajadores presentaron hipoacusia es leve, un 5% con hipoacusia moderado y un

10% con hipoacusia profunda de acuerdo a los criterios de la NIOSH. Según Tabla 3.

Tabla 3. Edad vs hipoacusia

GRUPOS DE EDADES	RESULTADO DE AUDIOGRAMAS					
	NORMAL		HIPOACUSIA		TOTAL	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Menor de 25 años	1	5	0	0	1	5
26 a 30 años	1	5	0	0	1	5
31 a 35 años	2	10	0	0	2	10
35 a 40 años	3	15	0	0	3	15
41 a 45 años	3	15	1	5	4	20
Más de 46 años	6	30	3	15	9	45
TOTAL	16	80	4	20	20	100

Fuente: Investigador

Un 5% de los trabajadores que presentaron hipoacusia, tienen edades entre los 41 y 45 años de edad y un 15% de los trabajadores con hipoacusia tienen más de 46 años, siendo este último grupo atáreo es el de mayor afectación. Todos los trabajadores expuestos son del género masculino. Se demuestra que los casos registrados en este estudio tienen como característica las edades más avanzadas y periodos largos de exposición.

Discusión

En la literatura internacional sobre el ruido éste se ha identificado como un contaminante presente en las distintas empresas, en especial aquellas donde se realiza transformación y/o destrucción de la materia prima para la generación de productos terminados o de otras cadenas productivas. Por esto, se ha generado gran interés en relación a cómo el ruido en sus distintas intensidades puede contribuir a la aparición de enfermedades ocupacionales, quebrantando la salud de los trabajadores que se exponen diariamente a este riesgo en sus distintos centros de trabajo, por lo

cual se hace indispensable analizar el fenómeno de las afectaciones auditivas condicionadas por la exposición al ruido en tiempos prolongados.

En un estudio sobre ruido en empresas del sector madera del parque industrial de la ciudad de Cuenca en el área de maquinado, Edgar Pozo Andrade analizó tres empresas (que identificó como alfa, beta y gamma) (3). En la empresa alfa los niveles de ruido oscilaron entre 73 dB(A) a 84,5 dB(A), en ningún puesto de trabajo sobrepasaron los valores límites permisibles de 85 dB(A). En la empresa Beta, en el área de maquinado, el nivel equivalente fue de 82,5 dB(A) a 91,2 dB(A), en la sierra múltiple, el torneado y la perfiladora sobrepasan el límite máximo permisible de 85 dB(A) según los estándares y normas nacionales. En la empresa gamma, en el área de maquinado el nivel equivalente fue de 91,5 dB(A) a 96,4 dB(A), apreciándose que, en la cepilladora, la sierra circular, el torneado, el lijado y el ensamblado sobrepasan el límite máximo permisible según los estándares y normas nacionales estipuladas. En el anterior estudio los trabajadores utilizan protección auditiva tipo tapón. En contraste al anterior estudio, la

prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en cuatro empresas del sector madera de la ciudad de Cartagena, los niveles equivalentes diarios que se originan en las operaciones de maquinado sobrepasan los valores límites permisibles de 85 dB(A) de acuerdo los criterios de ACGIH de USA, existiendo además aspectos no mencionados en el estudio, la prevalencia de hipoacusia y el estudio sociodemográfico de la población expuesta al ruido; por lo tanto, no se podría correlacionar con resultados del presente estudio.

Hernández y González (7), en su estudio sobre determinación del grado de afección por ruido en los trabajadores en la empresa Carpintería de Aluminio “Tomás Álvarez Breto”, situada en la Ciudad de La Habana, encontraron que los niveles de ruido superaba los niveles de seguridad de 85 db(A) en 9 de los 13 departamentos con que cuenta el centro y ha afectado la salud de los trabajadores, ya que existían 77 casos (78,5%) de hipoacusia atribuible al ruido y un gran número de trabajadores (30,6%) expuestos a elevados niveles de ruido innecesariamente por la naturaleza de su labor. El ruido ha afectado la salud de los trabajadores de este centro, ya que se encontraron 77 casos de hipoacusia atribuible al ruido, lo que representó el 78,5% del total estudiado; mientras que en el estudio en las empresas del sector de madera en la ciudad de Cartagena, los niveles equivalentes diarios que se originan en las operaciones de maquinado sobrepasan los valores límites permisibles de 85 dB(A) de acuerdo los criterios de ACGIH de USA; coincidiendo con los resultados obtenidos por Hernández y González con relación a la exposición al ruido.

En lo referente a la prevalencia de hipoacusia en los trabajadores expuestos al ruido estudiados fue del 78,5%, siendo muy alto en relación a la prevalencia de los trabajadores expuestos al ruido en las empresas del sector madera en la ciudad de Cartagena, alrededor del 20% con más de 41 años de edad. Es importante resaltar que en el estudio de los cubanos, Hernández y González no establecieron la relación de la prevalencia con respecto al tiempo de servicio y la edad de los trabajadores; aspecto diferenciador en el estudio realizado en Cartagena.

Estudios como los adelantados por Moreno, Martínez y Rivero (8), establecen que la contaminación sonora y el daño auditivo es inherente a las diversas actividades que desarrolle la empresa y la omisión de las recomendaciones y protocolos higiénicos tendientes a la protección de la sordera ocupacional puede perjudicar la audición debido a la exposición a altos índices de emisiones acústicas contaminantes. Asimismo, en el actual estudio se encontraron exposiciones nocivas a niveles de ruido por encima de 85 dB(A) con alta posibilidad de daño auditivo. Tanto en (8) como en el presente estudio se considera la variable “años de exposición” como generador de pérdida auditiva, determinando así la relación directa del daño auditivo versus tiempo de servicio.

Hay otro estudio sobre una prevalencia de la pérdida auditiva en una fábrica en Nepal, en un nivel de 28% entre los trabajadores que desarrollaban actividades de sierra sin fin, con una exposición de ruido promedio 90.2 dB (10). En cuanto a la prevalencia de hipoacusia de los trabajadores en las empresas del sector madera en Cartagena se halla un nivel inferior 20% siendo menor a la prevalencia de los trabajadores expuestos a ruido en la empresa referenciada inicialmente, diferenciando el daño auditivo con los niveles de ruido por encima de los permisibles, el tiempo de servicio y la edad, como en el presente estudio de las empresas del sector madera de la ciudad de Cartagena.

Zamorano *et al.* (11) determinaron la prevalencia de la disminución auditiva entre 164 trabajadores expuestos a ruido en una empresa metalmecánica de los cuales el 53% de los trabajadores presentaba una audición normal el 53% de los trabajadores con una audición normal, mientras que la disminución auditiva tuvo lugar en un 47% de los trabajadores. Las zonas de trabajo presentaron niveles de ruido en un rango de 83 a 102 decibeles. El contar con más edad y mayor antigüedad no influyó en la disminución de la capacidad auditiva. Sugirieron ampliar el estudio con más antecedentes personales y datos extra-laborales que permitiese conocer mejor a la población.

En el presente estudio, la prevalencia de hipoacusia en los trabajadores expuestos a ruido es menor a la prevalencia de los trabajadores expuestos a ruido en la empresa metalmecánica; coincidiendo en los niveles de ruido que se encuentran por encima de los valores de referencia.

Concordante con el estudio de Alonso Díaz (13), donde las lesiones auditivas por ruido ocupacional dañan la posibilidad de mantener conversaciones en detrimento de la calidad de vida de las personas causado por los prolongados tiempos de exposición y la edad. Con semejanzas en el desarrollo de los eventos de salud y detrimento entre los trabajadores positivos para hipoacusia en empresas del sector madera en Cartagena al superar los niveles permisibles, entra a ser relevante indicar que en ambos estudios se tuvo en cuenta las variables de edad y tiempo de servicio.

Como conclusión, las empresas seleccionadas del sector madera de la ciudad de Cartagena, los trabajadores se exponen a ruido de tipo intermitente y variado durante la jornada laboral de 8 horas diarias y 48 horas semanales. Las empresas no tienen ningún sistema de control de ingeniería del ruido en las distintas fuentes, los trabajadores no utilizan ningún protector auditivo al exponerse al ruido en las distintas tareas del proceso de aserrío.

Los niveles diarios equivalentes y los niveles de pico del ruido que se generan en las distintas máquinas superan los 85 dB(A), niveles de referencia de acuerdo con los criterios de la ACGIH de USA.

La prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido es del 20% en los trabajadores expuestos. 15% con hipoacusia leve y un 5% con hipoacusia moderada de acuerdo a la clasificación de la NIOSH.

La prevalencia de pérdida auditiva esta relacionada con mayor edad en los trabajadores en las empresas en estudio; mientras Zambrano et al (11) obtuvo en su estudio que la variable edad no determinó afectación auditiva en sus trabajadores.

Recomendaciones

Las empresas seleccionadas del sector Madera en la ciudad de Cartagena deben implementar un programa de conservación auditiva que tiene como objetivo general prevenir y controlar la aparición de la pérdida auditiva inducida por la exposición a ruido ocupacional. El programa de conservación auditiva debe estar dirigido a los trabajadores permanentes y temporales en las empresas.

Se debe establecer un programa de mantenimiento preventivo y correctivo en forma periódica en las distintas fuentes del ruido.

Establecer un programa de elementos de protección auditiva que incluya la selección de protectores teniendo en cuenta el certificado de calidad y el análisis de suficiencia de atenuación, inspecciones, mantenimiento y reposición, capacitación y entrenamiento para uso del protector auditivo.

Implementar un programa de vigilancia médica que incluya a todos los trabajadores expuestos a niveles iguales o superiores a 80 dBA TWA. Los programas deben contener evaluaciones médicas, aplicación de cuestionarios tamiz, y pruebas audiológicas.

Las evaluaciones médicas deben realizarse cada año para los trabajadores expuestos a niveles de ruido de 82 a 99 dBA TWA. (Ministerio de Protección Social. Guía de atención integral basadas en la evidencias para hipoacusia neurosensorial por ruido en el lugar de trabajo. 2006).

Capacitar a los trabajadores sobre la importancia del uso de la protección auditiva y realizar una supervisión de estos y la utilización de “zonas de protección auditiva obligatoria” adecuadamente definidas, delimitadas y señalizadas.

Evitar conductas de riesgo auditivo en ambientes extra-laborales.

Referencias

1. Marx H, Rosario E. Manual de las Enfermedades del Oído. 6ta. edición. Madrid: Calpe S.A; 2007. p. 12-8.
2. Le Prell C G, Dolan D F, Schacht J, Miller J M, Lomax M I, Altschuler R A. Pathways for protection from noise induced hearing loss. *Noise Health* 2003; 5:1-17.
3. Pozo Andrade, E. Estudio de ruido generado en la industria maderera en la ciudad de Cuenca y sus efectos a la salud [Maestría]. Universidad de Cuenca 2010.p. 14-15.
4. Otárola Merino F, Otárola Zapata F, Finkelstein Kulka A. Ruido Laboral y su Impacto en Salud. *Ciencia y Trabajo*. 2006; 8 (20):47-51.
5. Gómez Martínez M, Jaramillo García J, Luna Ceballos Y, Martínez Valencia A, Velásquez Zapata M, Vásquez E. Ruido industrial: efectos en la salud de los trabajadores expuestos. *Revista CES*. 2012; 3(2):174-183.
6. Gómez Aconcha S, Pirazan Martínez J, Alexa S. Proyecto de promoción de salud auditiva y prevención de pérdidas auditivas para empleados de Mecars impresores de la localidad de Kennedy en la ciudad de Bogotá [Pregrado]. Corporación Universitaria Iberoamericana; 2012.
7. Hernández Díaz A, González Méndez B. Alteraciones auditivas en trabajadores expuestos al ruido industrial. *Medicina y seguridad del trabajo*. 2007;53(208):2-3.
8. Moreno Rajadel René Esteban, Martínez Díaz Anay, Rivero Pérez Diamelys. Pesquisa auditiva en trabajadores expuestos al ruido industrial. *Rev. Cubana Med Gen Integr* [Internet]. 2006 Sep [citado 2015 Mar 20]; 22(3): Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252006000300003&lng=es
9. Santana-Herrera José, Alfano Tony, Escobal-Machado Adriana. Turnos de trabajo: ¿un factor de riesgo cardiovascular? *Med. segur. trab.* [Internet]. 2014 Mar [citado 2015 Abr 9]; 60(234): 179-197. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2014000100014&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2014000100014>.
10. Dhare AM, Pawar CB, Patil DA, Pawar JA. Noise induced hearing loss (NIHL) in saw mill and printing press workers in Akluj Town of Solapur district. *J Environ Sci Eng*. 2009 Jul; 51(3):187-190.
11. Zamorano González B, Parra Sierra V, Vargas Martínez JI, Castillo Muraira Y, Vargas Ramos C. Disminución auditiva de trabajadores expuestos a ruido en una empresa metalmeccánica. *Ciencia & Trabajo*; 2012; 35: 233-236.
12. Medina Medina A, Velásquez Gómez G, Giraldo Vargas L, Henao Ayora L, Vásquez Trespalacios E. Sordera ocupacional: una revisión de su etiología y estrategias de prevención. *CES Salud Pública*. 2013; 4(2):116-124.
13. Alonso Díaz, J. Resultados de la aplicación del protocolo de ruido en trabajadores expuestos a un nivel de ruido continuo diario equivalente igual o superior a 85 decibelios (A). *Med. segur. trab.* [Internet]. 2014 Mar [citado 2015 Oct 11]; 60(234): 9-23. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2014000100003&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2014000100003>.
14. Ugalde López A, Dolci Fajardo G. Hipoacusia por ruido: Un problema de salud y de conciencia pública. abril de 2000; *Rev. Fac Med UNAM* Vol.43 marzo-abril, 2000(No.2). Recuperado a partir de: <http://www.ejournal.unam.mx/rfm/no43-2/RFM43202>. Pdf
15. Colombia. Ministerio de la Protección Social. Guía de atención integral de salud ocupacional basada en la evidencia para hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en el trabajo. Sitio web de www.minsalud.gov.co. [En línea] 16 de diciembre de 2006. [Citado el: 3 de marzo de 2016.] www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/GATISO-HIPOACUSIA%20NEROSENSORIAL.pdf.
16. Flores Hernández, Corina; Huerta Franco, Raquel; Carrillo Soto, José Guadalupe; Zarate Vera, Teresa; Mc-Grath Bernal, Mary Jean; Morales Mata, Ismael. Incidencia de estrés en odontólogos de diferentes especialidades ocasionado por ruido en el consultorio dental. *Nova Scientia*. 2009;1(2):1-21.
17. Fernández-D'Pool J, Butrón J, Colina-Chourio J. Efecto del ruido sobre la presión arterial en trabajadores de una empresa petrolera venezolana. *Investigación Clínica*. 2010;51(3):301-314.
18. Stewart, M, Koltjes, K y Lehman, M. Noise Exposure Levels for Workers in the Michigan Wood Industry. *Michigan: Consultation Education and Training (CET)*, 2005.
19. Castro Maria Euridéa de, Rolim Maysa Oliveira, Mauricio Tibelle Freitas. Prevenção da hipertensão e sua relação com o estilo de vida de trabalhadores. *Acta paul. enferm.* [Internet]. 2005 June [cited 2015 Apr 12]; 18(2): 184-189. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002005000200011&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-21002005000200011>.
20. Millan, J. and L. Yunda (2014). "An Open-Access Web-based medical image atlas for collaborative Medical image sharing, processing, Web Semantic searching and analysis with uses in medical training, research and second opinion of cases." *Nova* 12(22): 143-150.

Actividad antibacteriana y antioxidante de *Baccharis revoluta* Kunth

Antibacterial and Antioxidant Activity of *Baccharis revoluta* Kunth

Óscar E. Rodríguez A¹, Virginia P. Roa A¹, Édgar A. Palacios O¹

Resumen

Objetivo: Evaluar la actividad antibacteriana y antioxidante de las partes aéreas de *Baccharis revoluta*. **Métodos:** La especie fue colectada en el municipio de Chocontá, Cundinamarca (N 05° 08' 26,3" W 73° 38' 59,2"). A los extractos de hojas, tallos y flores de diferente polaridad se les determinó la actividad antibacteriana frente a los microorganismos *Staphylococcus aureus* Gram (+), *Klebsiella pneumoniae* Gram (-) y *Escherichia coli* Gram (-), utilizando el método de difusión en gel por perforación en placa y se le evaluó la actividad antioxidante por el método DPPH•. **Resultados:** Las pruebas de eficacia antimicrobiana exhibieron inhibición significativa de los extractos. Además, se determinó la concentración crítica, que representa una medida de la susceptibilidad del microorganismo, y los extractos presentaron mayor actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus* que a *Klebsiella pneumoniae* y *Escherichia coli*. Los extractos etanólicos presentaron una actividad antioxidante representativa, con una IC₅₀ y actividad antioxidante relativa de 7,2% y 43.64%, para el extracto etanólico de hojas, 6,95% y 45.57% para el extracto etanólico de tallos y 7,1% y 44.16 % para el extracto etanólico de flores, lo que nos determina una gran potencialidad de estos extractos etanólicos.

Palabras Clave: *Baccharis revoluta* Kunth, actividad antibacteriana, actividad antioxidante.

Abstract

Objective. To evaluate the antibacterial and antioxidant activity of the aerial parts of *Baccharis revolute*. **Methods.** The species was collected in the municipality of Chocontá, Cundinamarca (N 05 ° 08 '26.3 "W 73 ° 38' 59.2"). In extracts of leaves, stems and flowers of different polarity were determined in antibacterial activity against the microorganisms *Staphylococcus aureus* Gram (+), *Klebsiella pneumoniae* Gram (-) and *Escherichia coli* Gram (-) using the gel diffusion method by drilling plate and he evaluated the antioxidant activity by the DPPH• method. **Results.** Antimicrobial efficacy tests showed significant inhibition of the extracts. Moreover, the critical concentration, which is a measure of the susceptibility of the microorganism was determined, and the extracts showed greater antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* than *Klebsiella pneumoniae* and *Escherichia coli*. Ethanolic extracts showed a representative antioxidant activity, an antioxidant activity IC₅₀ and on 7.2% and 43.64% for the ethanol extract of leaves, 6.95 and 45.57% for the ethanol extract of stems and 7.1% and 44.16% for the ethanol extract of flowers wich determines us great potential of these ethanolic extracts.

Key Words: *Baccharis revoluta* Kunth, antibacterial activity, antioxidant activity.

¹Universidad el Bosque
Correspondencia: rodriguezoscare@unbosque.edu.co

Oscar E. Rodríguez A: 0002-5934-0451, Virginia P. Roa A: 0000-0001-6781-0428, Edgar A. Palacios O: 0000-0003-3349-824X
Recibido: 30-09-2015 Aceptado: 25-11-2015

Introducción

En Colombia existe diversidad de especies vegetales, entre las que se encuentran las pertenecientes al género *Baccharis* (1-4). Muchas reportan uso popular medicinal y agrario. Del género se han estudiado varias especies y se han observado compuestos de tipo: sesquiterpenos, triterpenos, flavonoides, flavanones, ácidos grasos cíclicos, lactonas sesquiterpénicas, diterpenos, ent-clerodanos, prostaglandinas provenientes de ácidos grasos libres y chalconas metiladas (5-13). Asimismo, se han realizado estudios sobre su actividad biológica, como: pesticida, repelente, efecto antiprotozoario, insecticida, tripanozoica, antibacterial, antimicobacterial, citotoxicidad, efectos antioxidantes y mutagenicidad.

Estudios como los de Thais *et al* (14), reportan que *Baccharis trimera* presenta componentes que inhiben la secreción gástrica, actuando principalmente en la vía de reglamentación colinérgica, determinando que el extracto de la planta contiene compuestos que ejercen una inhibición moderada de la vía de regulación de la secreción ácida y la bomba de protones gástrica. También verificaron que los componentes activos proporcionan una eficaz inhibición de la secreción de ácido en vivo, lo que podría explicar la actividad antiulcerosa. Rodríguez *et al* (15) reportan en *Baccharis dracunculifolia* (DC) (Asteraceae) planta nativa de Brasil, conocida como “*vassourinha*” o “*Alecrim-do-campo*”, que los extractos de las hojas son utilizados para tratar trastornos de hígado y del aparato digestivo.

Da Cruz *et al* (16) refieren que el extracto hidroetanólico de *Baccharis trimera* reduce la liberación de especies reactivas del oxígeno en los neutrófilos, *in vitro* y en modelos experimentales *in vivo*, y confirman su efecto antioxidante. Xavier *et al* (17-18) informan que *Baccharis uncinella* DC, *Baccharis anomala* DC y *Baccharis dentata* GM (Vell) presentan un alto potencial aromático de los aceites esenciales obtenidos por el método de destilación de vapor. El análisis del aceite esencial se llevó a cabo por GC-MS y los principales compuestos identificados para ambos procesos

fueron α -pineno, β -pineno y spathulenol (*B. uncinella*), spathulenol, β -cariofileno, y β -selineno (*B. anomala*), y germacreno D-, óxido de cariofileno y spathulenol (*B. dentata*). Egly *et al* (18) reportan que en Argentina el exudado resinoso de *Baccharis grisebachii* se utiliza para tratar úlceras, quemaduras y llagas en la piel, y mostró actividad a dermatofitos y bacterias. Además, identificaron dos diterpenos, ocho derivados del ácido p-cumárico y dos flavonas el 3-prenil-p-cumárico y el ácido 3,5-diprenil-p-cumárico. Es activo a *Epidermophyton floccosum* y *Trichophyton rubrum* con CMI de 50 y 100 a 125 mg/ml, respectivamente.

El diterpeno Labda-7,13E-dien-2 β ,15-diol es activo a *Epidermophyton floccosum* y *Trichophyton rubrum* con CMI de 12.5 mg/ml, mientras que la CMI contra el *Microsporium canis* y *Trichophyton mentagrophytes* fue de 25 mg/ml. El diterpeno fue también activo hacia *Microsporium gypseum* con una CMI de 50 mg/ml, y mostró una inhibición en *Staphylococcus aureus* (cepas de *S. aureus* meticilina resistente y sensible) con una CMI de 125 mg/ml. Los resultados apoyan el uso de *Baccharis grisebachii* en la medicina tradicional. A la especie *Baccharis revoluta* (romerillo), que se localiza en la región cundiboyacense, especie que solo se ha encontrado en Colombia y que no presenta estudios químicos ni biológicos se le evaluó la actividad antibacteriana por la técnica de perforación en placa con la finalidad de encontrar nuevas alternativas terapéuticas efectivas contra las infecciones producidas por microorganismos resistentes a los antibióticos. En tal sentido, se buscaron fracciones potenciales con efecto antibacteriano de las partes aéreas de la especie. Además se evaluó la actividad antioxidante.

Materiales y métodos

Procedencia del material botánico

Se colectó 1 kg de muestra sana y florecida en el municipio de Chocontá, Cundinamarca (N 05° 08' 26,3" W 73° 38' 59,2"). Un ejemplar se preparó

para la identificación taxonómica en el Herbario Nacional Colombiano del Instituto Nacional de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, determinada por el doctor José Aguilar Cano como *Baccharis revoluta* Kunth y registrada con el código: COL 566217.

Obtención de los extractos y fracciones

Las partes aéreas (hojas, tallos y flores) se secaron a la sombra y se molieron hasta un tamaño de partícula adecuado para la extracción. Se utilizó el equipo de extracción Soxhlet, que permite mantener la identidad química original o natural de los principios activos de la planta. Las extracciones se realizaron con solventes de polaridad ascendente: éter de petróleo, diclorometano, acetona, metanol y extracción total con etanol agua (19) los cuales se fraccionaron.

Actividad antimicrobiana

Los microorganismos utilizados para la determinación de actividad antibacteriana en este estudio proceden de las denominadas cepas de control, de acuerdo a la clasificación de la American Type Culture Collection (ATCC). Para bacterias Gram positivas se utilizó como microorganismo indicador *Staphylococcus aureus* ATCC # 25923 mientras que para Gram negativas se utilizó como microorganismos indicador *Escherichia coli* ATCC 13706 y *Klebsiella pneumoniae* ATCC # 70063.

Se empleó el método de difusión en gel por perforación en placa, usando como medio de crecimiento bacteriano el agar Müeller Hinton, debido a su buena reproducibilidad para el crecimiento de la mayoría de bacterias. Es un medio simple, transparente y sin materiales termolábiles, además contiene almidón, que contribuye al fomento del crecimiento (20-21).

Preparación de soluciones

Preparación de patrones. Se tomaron 10 mg de antibióticos: moxifloxacina 400 mg, cefalexina 500 mg, amoxicilina 500 mg, ciprofloxacino 1000

mg, rifaximina en 200 mg en 10 ml de DMSO, y se diluyó con un factor de 1/2.

Preparación de extractos de diferente polaridad de Baccharis revoluta. Se preparó una solución stock 1000 ppm de cada extracto a evaluar disolviendo 10 mg en 10 ml de DMSO.

Preparación de los medios de cultivo. Se tomaron 34 g de Muller Hilton por litro de agua según indicación del producto y se prepararon cajas con 30 ml de agar estéril. Se realizaron cuatro perforaciones y se sellaron las bases con 15 ml de agar. En cajas Petri con 25 ml de Agar Muelle-Hinton se realizaron las siembras de 0.1 ml de los inóculos preparados para cada patógeno correspondiente a la concentración 0.5 de la escala de McFarland, (1.5×10^8 UFC/ml), utilizando la siembra masiva.

Posteriormente se realizaron 4 perforaciones equidistantes de 8 mm a las cuales se les sellaron el fondo con AMH. Sellados los fondos se agregaron las muestras para análisis, evaluándose 4 concentraciones de extractos. Para ello se tomó 100 mg de extracto seco y se diluyó en 1 ml de DMSO, obteniéndose una dilución principal de la cual se tomaron: (10µl) correspondiente 1 mg, de extracto (20 µg/µl), (20µl) correspondiente a 2 mg (40 µg/µl), (30µl) correspondiente a 3 mg, (60 µg/µl) y (50 µl), correspondiente a 5 mg, (100 µg/µl) y para los patrones se tomó 10 mg de patrón Rifaximina y se diluyeron en 10 ml de DMSO, a la dilución principal se le realizó un factor de dilución de 1/2 de la que se tomaron (10µl) correspondiente 0,005 mg de patrón, (0,1 µg/µl), (20µl) correspondiente 0,01mg, (0,2µg/µl), (30µl) correspondiente 0,015 mg (0,3 µg/µl) y (50µl) correspondiente 0,025 mg (0,5 µg/µl). La observación de las respuestas antimicrobianas en estas cantidades de extracto permitió observar una correlación entre la concentración de extracto y la acción antimicrobiana, es decir, se puede apreciar si hay una correcta difusión de las sustancias en el agar.

Una vez aplicadas las muestras se dejaron en predifusión durante 30 minutos a temperatura ambiente, se incubaron a 37°C y se realizaron las medidas de los diámetros de inhibición a las 24

horas. Luego se graficó el logaritmo natural (Ln) de las masas de los extractos empleadas contra el cuadrado de los diámetros de inhibición (X^2); de esta forma se obtiene una recta que se ajusta por mínimos cuadrados y por extrapolación se halla el punto de intersección sobre la ordenada que corresponde al valor de la concentración crítica (C.C.) en mg. La concentración crítica se define como la concentración de la sustancia antimicrobial que se difunde en la superficie del agar o gel, en la interface entre bacterias en crecimiento y bacterias inhibidas; representa una medida de la susceptibilidad de un microorganismo prueba, este valor se aproxima a la CMI obtenida en las pruebas de dilución. Se determinó la actividad antibacteriana relativa (ABR), con respecto a la Rifaximina que es equivalente a $(C_{50} \text{ muestra} / C_{50} \text{ rifaximina}) \times 100$

En la actividad antibacteriana relativa $\{\ln \text{ ABR} = (\ln C_{50} \text{ patrón de referencia}) / (\ln C_{50} \text{ muestra analizada}) \times 100\}$, se muestra el porcentaje de actividad de los extractos analizados con respecto al patrón usado y representa una medida de la susceptibilidad del microorganismo.

Actividad antioxidante

El radical DPPH• es un radical nitrogenado orgánico y estable, posee un intenso color púrpura y se encuentra en forma de radical, no necesita generación previa. El método fue planteado por Brand-Williams en 1995 (22), donde la capacidad antioxidante se basa en la disminución de color, medido a 517 nm, por acción de un compuesto antioxidante; igualmente, dicha actividad puede ser medida por resonancia espín-electrón (23). A género *baccharis* se le han realizado varios estudios de actividad antioxidante (16, 24-25).

Preparación de soluciones

Preparación del radical DPPH•: se disolvieron 2 mg de DPPH• Sigma-Aldrich, en 100 ml de metanol. La solución se dejó reaccionar a temperatura ambiente durante 30 minutos en la oscuridad.

Posteriormente fueron preparadas soluciones de trabajo hasta obtener una absorbancia de 0.800 ± 0.050 para todos los casos (26-30) a una longitud de onda de 517nm.

Preparación de extractos de diferente polaridad de Baccharis revoluta: se preparó una solución stock 1000 ppm disolviendo 10 mg de extracto en 10 mL de metanol, luego se prepararon diluciones con rangos de concentración entre 500, 100, 10 y 1 ppm.

Preparación de vitamina C: se preparó una solución stock 1000 ppm disolviendo 10 mg de ácido ascórbico en 10 mL de metanol, luego se prepararon diluciones con rangos de concentración entre 500, 100, 10, 1 y 0,1 ppm con el fin de realizar la curva de referencia.

Preparación de la curva de referencia: a 900 μL del radical DPPH• se le adicionaron 300 μL de cada una de las diluciones de ácido ascórbico, la medición se realizó a 517 nm, y el porcentaje de captación se calculó con base en la siguiente ecuación:

$\% \text{ de Captación DPPH} = (A \text{ "inicial"} - A \text{ final}) / (A \text{ inicial}) \times 100$. El porcentaje de captación representa la pérdida del color púrpura a amarillo del radical DPPH, cuando le es agregado un compuesto antioxidante, disminuyendo así la absorbancia de la solución, que es medida a 517nm; la absorbancia inicial se toma en el minuto cero sin adición del antioxidante referencia (ácido ascórbico), la absorbancia final se toma 10 minutos después de agregar el antioxidante de referencia.

Medición de la actividad antioxidante de los extractos de *Baccharis revolutum*: en una cubeta de plástico con volumen reducido se agregó 900 μL del radical DPPH•, se midió la absorbancia a 517nm, luego se adicionaron 300 μL del extracto y fracciones a evaluar y nuevamente se midió la absorbancia cada 30 segundos hasta completar 10 minutos; con los datos obtenidos se determinó el Coeficiente de Inhibición media (IC_{50}), que se calcula con la ecuación de la recta obtenida. Para calcular el IC_{50} se

sustituye (y) por 50, y así calculamos el porcentaje de captación de DPPH• (22).

Actividad antioxidante relativa

La Actividad Antioxidante Relativa AAR = $(1/IC_{50}$ muestra de referencia) / $(1/IC_{50}$ patrón analizada) x 100, muestra el comportamiento de las fracciones analizadas comparadas con el patrón usado.

Resultados

La actividad antibacteriana y antioxidante se evaluaron por los métodos antes descritos y sus resultados los presentamos en las figuras siguientes: La figura 1 muestra la concentración crítica (C_{50}) evaluada a las bacterias *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, frente a los extractos y fracciones de diferentes órganos de *Baccharis revoluta*.

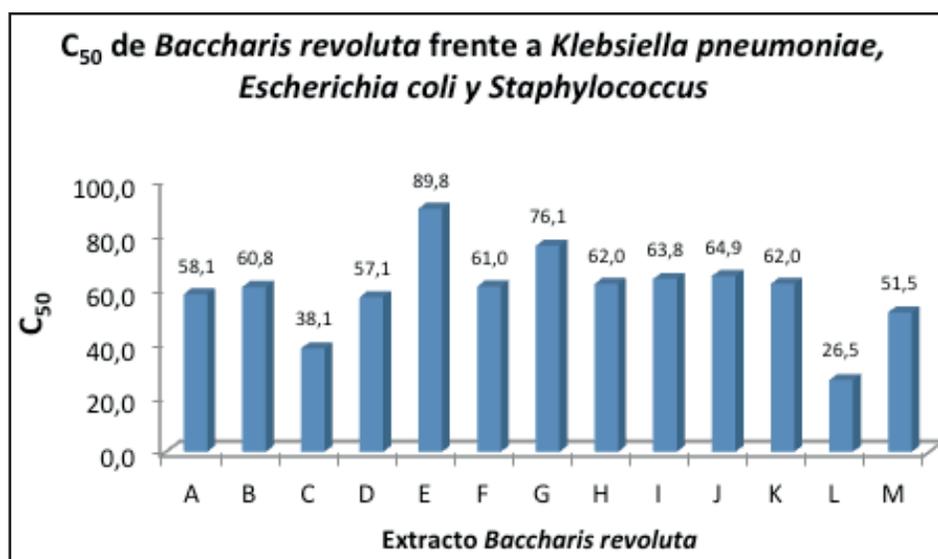


Figura 1. C₅₀ de extractos de *Baccharis revoluta* frente a *Klebsiella pneumoniae* [t. petrol (A), t. dicloro (B)], *Escherichia coli* [t. petrol (C), t. dicloro (D), f. acetona (E)], *Staphylococcus aureus* [h. petrol (F), h. dicloro (G), h. metanol (H), t. petrol (I), t. dicloro (J), t. metanol (K), f. acetona (L), f. metanol (M)].

La Figura 2 muestra la actividad antibacteriana relativa (ABR), evaluada a las bacterias *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus*

aureus frente a los extractos y fracciones de diferentes órganos de *Baccharis revoluta*. con respecto a la rifaximina.

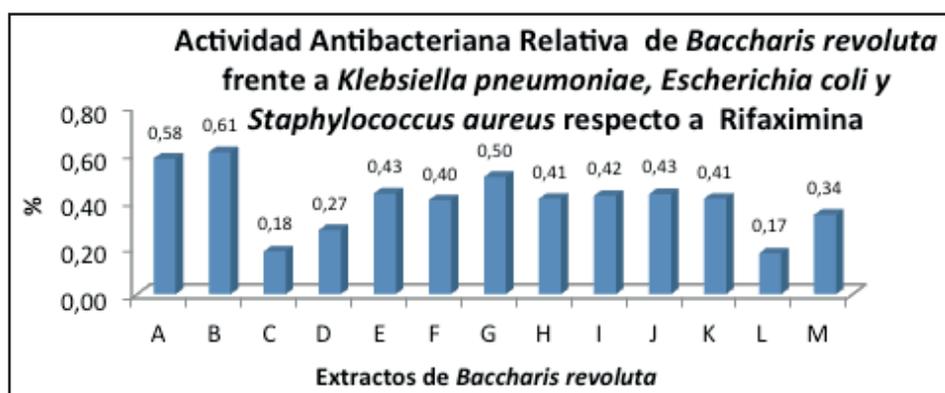


Figura 2. ABR de extractos de *Baccharis revoluta* frente a rifaximina: *Klebsiella pneumoniae* [t. petrol (A), t. dicloro (B)], *Escherichia coli* [t. petrol (C), t. dicloro (D), f. acetona (E)], *Staphylococcus aureus* [h. petrol (F), h. dicloro (G), h. metanol (H), t. petrol (I), t. dicloro (J), t. metanol (K), f. acetona (L), f. metanol (M)].

La Figura 3 muestra la cinética de los extractos etanólicos de *Baccharis revoluta* evaluados por la técnica DPPH• en comparación con el ácido ascórbico.

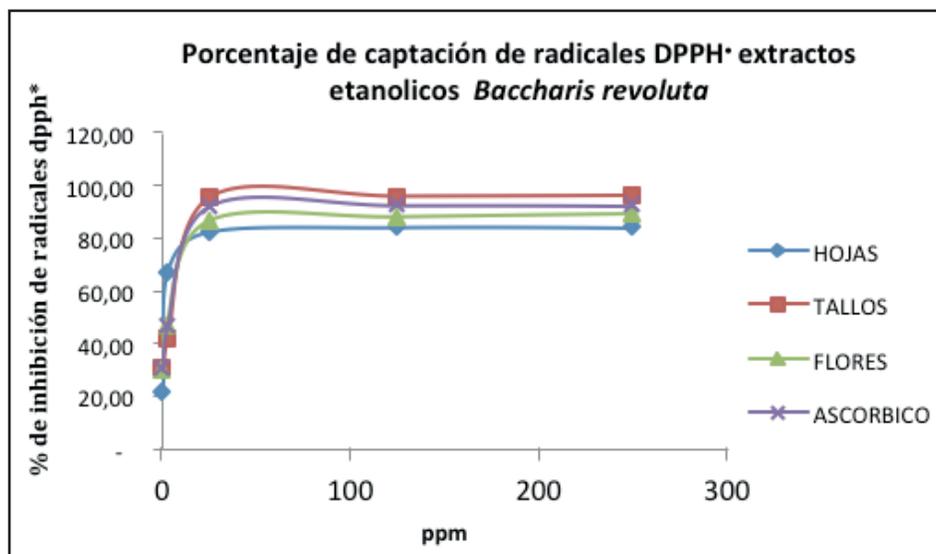


Figura 3. Porcentaje de captación DPPH• de extractos etanólicos de *Baccharis revoluta*.

La Figura 4 muestra capacidad antioxidante 50 (IC₅₀) evaluada a los extractos y fracciones de diferentes órganos de *Baccharis revoluta* por el método DPPH•.

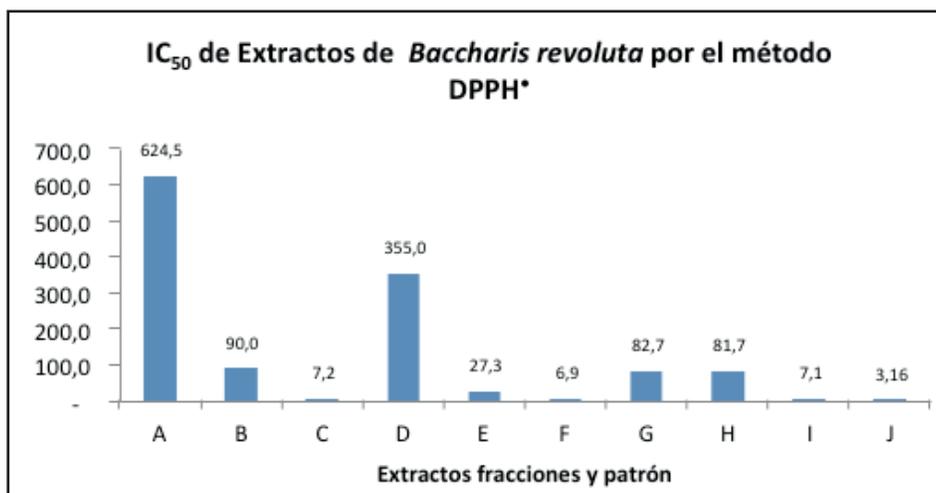


Figura 4. IC₅₀ de extractos de *Baccharis revoluta* por el método DPPH• hojas [petrol (A), diclorometano (B), etanólico (C)], tallos [petrol (D), diclorometano (E), etanólico (F), diclorometano fracción acetona (G)], flores [diclorometano (H), etanólico (I)]. ácido ascórbico (J).

La Figura 5 muestra la actividad antioxidante relativa (AAR) evaluada a los extractos y fracciones de diferentes órganos de *Baccharis revoluta* por el método DPPH•.

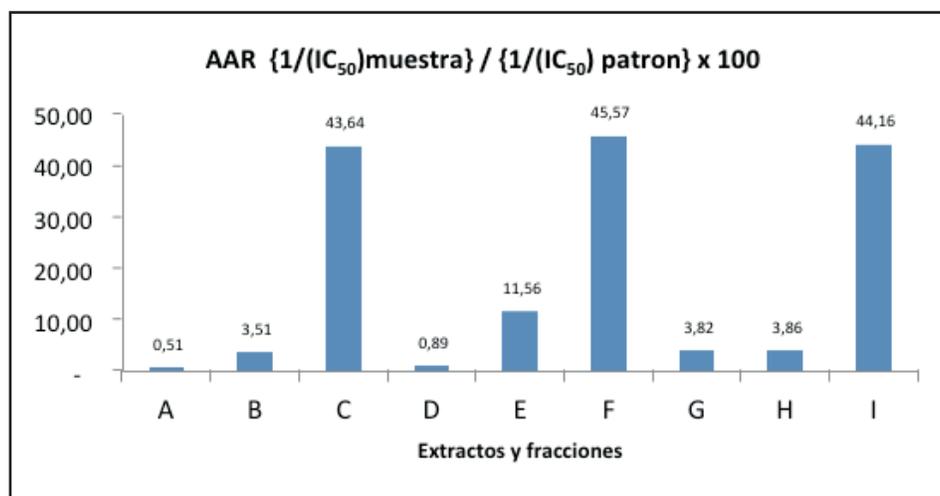


Figura 5. AAR de extractos y fracciones de *Baccharis revoluta* por el método DPPH• respecto al ácido ascórbico hojas [petrol (A), diclorometano (B), etanólico (C)], tallos [petrol (D), diclorometano (E), etanólico (F), diclorometano fracción acetona (G)], flores [diclorometano (H), etanólico (I)].

Discusión

Actividad antibacteriana. Las pruebas de eficacia antibacteriana exhibieron inhibición significativa de los extractos. Se determinó la concentración crítica, el Ln de la actividad antibacteriana relativa (Ln ABR) y la actividad anti antibacteriana relativa (ABR) con respecto a la Rifaximina que representa una medida de la susceptibilidad del microorganismo. El Ln de actividad antibacteriana relativa (Ln ABR) se calculó con la $\text{LnAMR} = (\text{Ln } C_{50} \text{ patrón de referencia}) / (\text{Ln } C_{50} \text{ muestra analizada}) \times 100$.

Al realizar las pruebas de susceptibilidad antibacteriana con los extractos de hojas, tallos y flores pudo determinarse mediante el método de difusión en gel, que la mayoría de extractos presentaron actividad frente a *Staphylococcus aureus*. Solo los extractos tallos petrol, tallos diclorometano y flores acetona presentaron actividad frente a *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*. Se evidenció la presencia de halo de inhibición o disminución del crecimiento bacteriano en las diferentes concen-

traciones empleadas frente al grupo de bacterias (Figura 1). Así mismo, siguiendo la metodología descrita, se determinó la masa crítica (MC) de los extractos frente a los microorganismos de ensayo que representa la masa mínima de extracto para inhibir el desarrollo del microorganismo in vitro en las condiciones empleadas. Así se demuestra que cuando las condiciones son estandarizadas se cumple que el diámetro del halo alrededor del antimicrobiano es proporcional al Ln de la concentración del mismo. Por los resultados expuestos anteriormente se observa que al estar los extractos de hojas, tallos y flores constituidos por variedad de sustancias en diferentes proporciones y características, no es posible comparar la “potencia” con respecto al patrón.

De este estudio se puede concluir que los extractos de la especie *Baccharis revoluta* presentan actividad antibacteriana, frente a los microorganismos *Staphylococcus aureus* Gram (+), *Klebsiella pneumoniae* Gram (-) y *Escherichia coli* Gram (-), mediante el método de difusión en gel por perforación en placas. Los extractos de tallos (petrol) y tallos (di-

cloro) presentaron actividad antibacteriana frente a *Klebsiella pneumoniae* con una actividad antibacteriana relativa (ABR) con respecto a la rifaximina de 0.58 y 0.61 respectivamente. Los extractos de tallos (extracto petrol y diclorometano) y flores acetona presentaron actividad antibacteriana frente a *Escherichia coli* con una actividad antibacteriana relativa (ABR) con respecto a la rifaximina de 0.18, 0.27 y 0.43 respectivamente. Los extractos de hojas (extractos petrol, dicloro y metanol), tallos (extractos petrol, dicloro y de metanol), flores (extracto acetona y metanol) presentaron actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus* con una actividad antibacteriana relativa (ABR) con respecto a la rifaximina de 0.40, 0.50, 0.41, 0.42, 0.43, 0.41, 0.17 y 0.34 respectivamente.

Actividad antioxidante. El método se utilizó para la evaluación de extractos y fracciones de diferentes polaridades de hojas, y flores; las concentraciones evaluadas fueron 250, 125, 25, 2,5 y 0,25 ppm. El porcentaje de captación de radicales por el método DPPH• se encontró en un rango de 22.052 ± 0.101 y 96.000 ± 0.432 a 250 ppm; el coeficiente de captación (IC_{50}) y la actividad antioxidante relativa con respecto al ácido ascórbico (AAR) mostró que los extractos etanólicos de hojas, tallos y flores tienen una mayor actividad antioxidante por el método DPPH•. Superior al patrón. A 250 ppm los extractos hojas (petrol), hojas y (diclorometano), tallos (petrol) y flores (diclorometano) presentaron % de inhibición del radical DPPH• inferiores a 38,95% lo que nos indica que por esta técnica no es posible valorarlos. La evaluación de actividad antioxidante de extractos etanólicos de hojas, tallos y flores de *Baccharis revoluta* a través del método que utiliza el radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH•), presentó de manera significativa actividad antioxidante, con una IC_{50} y actividad antioxidante relativa de 7,2% y 43.64%, para el extracto etanólico de hojas, 6,95 y 45.57% para el extracto etanólico de tallos y 7,1% y 44.16 % para el extracto etanólico de flores, lo que nos determina una gran potencialidad de estos extractos.

Agradecimientos

A la Universidad El Bosque, por la financiación del proyecto código PCI 2012-347. Los autores manifestamos no tener conflicto de intereses

Referencias

1. Ariza Espinar L. Las especies de *Baccharis* (Compositae) de Argentina central. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 1973; 50(1-4): 175-305.
2. Cuatrecasas José, *Prima Flora Colombiana. COMPOSITAE – ASTEREA*. Instituto Botánico de la Universitaria; 1969: 233-299.
3. Bremer K. *Asteraceae: cladistics and classification*. Portland, Oregon. Timber Press; 1994.
4. Cuatrecasas J. *Miscellaneous notes on Neotropical Flora, XV. New taxa in the Astereae* Phytologia, 1982; 52: 166-177.
5. Arriaga-Giner, F. J., E. Wollenweber, I. Schober, P. Dostal and S. Braunt, 2 β -Hydroxyhautriwaic acid, a clerodane type diterpenoid and other terpenoids from three *Baccharis* species *Phytochemistry*. 1986; 25(3): 719-721.
6. Bohlmann Ferdinand, Banerjee Shanta, Jakupovic Jasmin, Grenz Michael, Misra Laxmi N., Schmeda-Hirschmann Guillermo, King Robert M. and Robinson Harold, Clerodane and labdane diterpenoids from *Baccharis* species *Phytochemistry*, 1985; 24(3): 511-515.
7. Bohlmann Ferdinand, Zdero Christa, King Robert M. and Robinson Harold, Kingidiol, a kolavane derivative from *Baccharis kingii* *Phytochemistry*, 1984; 23(7): 1511-1512.
8. Bohlmann, Ferdinand Scheidges Cornelius, Zdero Christa, King Robert M. and Robinson Harold, Ent-Labdanes from *Baccharis Sternbergiana* *Phytochemistry*, 1984; 23(5): 1109.
9. Bruce B. Jarvis, Norman B. Pena, S. Nilgün Cömözö lu and M. Madhusudana Rao, Non-trichothecenes from *Baccharis megapotamica* *Phytochemistry*. 1986; 25(2): 533-535.
10. Faini Francesca, Rivera Patricio, Mahú Manuel and Castillo Mariano, Neo-clerodane diterpenoids and other constituents from *Baccharis* species *Phytochemistry*, 1987; 26(12): 3281-3283.
11. Gambaro Vicente, Chamy María C. and Garbarino Juan A. Neo-clerodane diterpenoids from *Baccharis macraei*, *Phytochemistry*, 1987; 26(2): 475-477.
12. Gambaro Vicente, Chamy María C., Garbarino Juan A., San-Martin Aurelio and Castillo Mariano, Neo-clerodane diterpenoids from *Baccharis macraei*, *Phytochemistry*, 1986; 25(9): 2175-2177.
13. Givovich Arturo, San-Martín Aurelio and Castillo Mariano, Neo-clerodane diterpenoids from *Baccharis incarum* *Phytochemistry*, 1986; 25(12): 2829-2831.
14. Thais Maira A. Biondo, Mirtes M. Tanae, Eliana Della Coletta, María Teresa R. Lima-Landman, Antonio J. Lapa, Caden

- Souccar June. Antisecretory actions of *Baccharis trimera* (Less.) DC aqueous extract and isolated compounds: Analysis of underlying mechanisms *Journal of Ethnopharmacology*, 2011; 136(2): 368-373.
15. Rodrigues Carmem R.F., Dias Jacqueline H., Semedo Juliane G., da Silva Juliana, Ferraz Alexandre B.F., Picada Jaqueline N., Mutagenic and genotoxic effects of *Baccharis dracunculifolia* (D.C.) *Journal of Ethnopharmacology*, 2009; 124(2): 321-324.
 16. Da Cruz Pádua Bruno, Silva Lucas Dornela, Rossoni Joamy Victor Júnior, Humberto Jorge Luiz, Martins Chaves Míriam, Silva Marcelo Eustáquio, Pedrosa Maria Lucia, Caldeira Costa Daniela, Antioxidant properties of *Baccharis trimera* in the neutrophils of Fisher rats *Journal of Ethnopharmacology*, 2010; 129(3): 285-420.
 17. Xavier V.B., Vargas R.M.F., Cassel E., Lucas A.M., Santos M.A., Mondin C.A., Santarem E.R., Astarita L. Sartor V., T., Mathematical modeling for extraction of essential oil from *Baccharis spp.* by steam distillation *Industrial Crops and Products*, 2011; 33(3): 599-604.
 18. Egly Feresin Gabriela, Tapia Alejandro, Gimenez Antonio, Gutierrez Ravelo Angel, Zacchino Susana, Sortino Maximiliano, Schmeda-Hirschmann Guillermo, Constituents of the Argentinian medicinal plant *Baccharis grisebachii* and their antimicrobial activity *Journal of Ethnopharmacology*, 2003; 89(1): 73-80.
 19. Cannel R., J.P., *Natural Products Isolation*. Humana Press, 1998: 472.
 20. Anderson, T. G. *An evaluation antimicrobial susceptibility testing. In antimicrobial agents annal*. New York, Plenum Press; 1961.
 21. Barry, A. L. An improved single disk method for testing the antibiotic. Susceptibility of rapidly growing pathogens. *Am. J. Clin. Pathol.* 1970; 53: 149-158.
 22. Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E. and Berset, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebens. Wiss. U. Technol.*, 1995; 28: 25-30.
 23. Prior, R.L.; Wu, X. and Schaich, K. Standardized Methods for Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *J. Agric. Food Chem.* 2005; 53: 4290-4302.
 24. Suja, K.P.; Jayalekshmy, A. and Arumughuan, C. Free Radical Scavenging Behaviour of Antioxidant Compounds of Sesame (*Sesame indicum* L.) in DPPH• System. *J. Agric. Food Chem.* 2004;52: 912-915.
 25. Tapia Alejandro, Rodriguez Jaime, Theoduloz Cristina, Lopez Susana, Egly Feresin Gabriela, Schmeda-Hirschmann Guillermo, Free radical scavengers and antioxidants from *Baccharis grisebachii* *Journal of Ethnopharmacology*, 2004; 95(2): 155-161.
 26. Villano, D.; Fernández-Pachón, M.S.; Moyá, M.L.; Troncoso, A.M. and García-Padilla, M.C. Radical Scavenging Ability of Polyphenolic Compounds Towards DPPH Free Radical. *Talanta*, 2007; 71: 230.
 27. Nausa, J. G. (2014). "Evaluación Clínica y radiográfica de injertos biocerámicos tipo Hidroxiapatita como alternativa en la reconstrucción de alveolos dentarios postexodoncia."
 28. Galvez, Z. Y. A. and V. E. M. Burbano (2015). "Bacillus: género bacteriano que demuestra ser un importante solubilizador de fosfato." NOVA Publicación en Ciencias Biomédicas.
 29. Ramírez, L. C. C., et al. (2014). "Determinación de la presencia de bacterias patógenas para el humano en aguas de riego en la cuenca alta de la sabana de Bogotá; DC Colombia." Nova 12(22).
 30. Corrales, L. C., et al. (2015). "Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta." Nova 13(24): 55-82.