

**NOVA Publicación Científica
en Ciencias Biomédicas**

Objetivo	Difundir trabajos originales e inéditos que contribuyan a ampliar los conocimientos en las ciencias biomédicas	
Ámbito temático	Ciencias biológicas y ciencias médicas	
Público objetivo	Investigadores y especialistas en el área biomédica	
Periodicidad	Publicación semestral; enero-junio; julio-diciembre	
Indizada en	PUBLINDEX A2 Scielo REDALYC	
Registrada en Bases de Datos Académicos	LILACS de la plataforma BIREME E-revistas EBSCO Fuente Académica Actualidad Iberoamericana	LATINDEX Informe Mediclatina IMBIOMED Index Copernicus
	NOVA está licenciada con creative Commons	
Registro ISSN	17942470	
Dirección postal	Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca-UNICOLMAYOR Calle 28 No 5B-02 Bogotá, D.C-Colombia Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD- Sede Nacional. Calle 14 Sur No 14-23 Bogotá, D.C- Colombia	
Dirección electrónica	http://www.unicolmayor.edu.co/publicaciones/index.php/nova/	
Teléfonos	UNICOLMAYOR: (+57)1 2418800 Ext 132-133 UNAD: (+57)1 3443700	

NOVA en OJS

La revista *NOVA* entra a ser parte de las publicaciones científicas de *Acceso Abierto* por medio del sistema de administración y publicación de revistas y documentos periódicos en internet *Open Journal System -OJS-*. Este sistema está diseñado para reducir el tiempo y energías dedicadas al manejo exhaustivo de las tareas que involucra la edición de una publicación seriada, permitiendo un manejo eficiente y unificado del proceso editorial. Con esto se busca acelerar el acceso en la difusión de contenidos e investigaciones científicas producidas dentro y fuera de la universidad en los temas relacionados con las ciencias biomédicas.

OJS, es un software desarrollado por Public Knowledge Project – PKP- de la Facultad de Educación de la University of British Columbia, utilizado ahora por la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, dentro de un proceso liderado, con el apoyo de la oficina de investigaciones, por la editora de la revista *NOVA* Olga Lucia Ostos y el ingeniero Camilo Andrés Angulo Muñoz -diseñador, y gestor de la plataforma y editor de textos en formato HTML y EPUB-. En el siguiente enlace podrán tener acceso a la plataforma *Open Journal System* de *NOVA* y a los documentos en PDF, HTML y EPUB allí disponibles, así mismo, encontrarán las normas para los autores, la sección de registro, donde los autores pueden inscribirse para hacer envío de sus artículos, y las bases e índices bibliográficos a las que pertenece la revista. <http://unicolmayor.edu.co/publicaciones/index.php/nova/>



Editora

Olga Lucía Ostos Ortiz Bsc, Msc, MPA.

Editor Asociado

Helena Frayle Salamanca, Msc.

Asistente Editorial

Douglas Niño, Dr.

Johanna Lizeth González Devia, Msc.

Open Journal System

Carlos Alberto Rodríguez Sánchez, Msc.

Comité Editorial

1. Luis Alejandro Barrera

PhD en Bioquímica, Magister en Ciencias, Director Instituto de Errores Innatos del Metabolismo Pontificia Universidad Javeriana.

2. Julio Delgado

PhD. Director de la Escuela de Biotecnología. Universidad de San Martín de Panamá.

3. Luis Alberto Gómez Grosso

PhD. Director Laboratorio de Fisiología Molecular Instituto Nacional de Salud.

4. Genoveva Keyeux

Doctorado en Biologie Moléculaire Cellulaire Et Biochimie, Magister en Deuxième Licence En Sciences Equivalence Dea. Docente- Investigador Universidad Nacional de Colombia.

5. Manuel Alfonso Patarroyo

Doctorado en Química con énfasis en Bioquímica. Investigador Fundación Instituto de inmunología de Colombia FIDIC.

6. Raul Poutou Piñales

Doctorado en Ciencias Biológicas, Magister en Microbiología, Profesor Asociado Pontificia Universidad Javeriana.

7. Hugo Hernando Vega Fajardo

Doctorado en Ciencias Médicas, MD, Magister en Genética Humana, Profesor Universidad Nacional de Colombia.

8. Joaquín Benavides López De Mesa

Biólogo, Magister en Microbiología. Docente Investigador Universidad de la Salle.

9. Orlando Acosta Losada

MD, Magister en Genética Humana, PhD en Virología Molecular. Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia.

10. Moises Wasserman

PhD en Bioquímica. Rector de la Universidad Nacional de Colombia, Director del Laboratorio de Investigaciones Básicas en Bioquímica LIBIQ Universidad Nacional de Colombia.

11. Hugo Mendieta Zerón

Doctor en Endocrinología. Universidad Autónoma del Estado de México. México.

12. Magnolia Matilde Correa Muñoz

Doctor en Ciencias (Biotecnología). Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California, México.

13. Andrés Felipe López Gerena

Biólogo, Master en Monitorización de Ensayos Clínicos. Colegio Oficial de Médicos de Barcelona. Barcelona, España

14. Maria Jesus Tuñón González

Bióloga y doctora del departamento de Ciencias Biológicas e Instituto de Biomedicina, Universidad de León. España

15. Javier del Angel Caraza

Doctor en Medicina y Cirugía Animal Universidad Autónoma del Estado de México

16. Oscar Orlando Bernal Parra

Doctor en Ciencias Universidad de California, Riverside

Contenido / Content

Editorial / Editorial

5

Artículo de revisión / Review article

Método OCRA en diferentes sectores productivos. Una revisión de la literatura, 2007-2018

9

OCRA method in different productive sectors.
A review of the literature, 2007-2018

Aanh Eduardo Dimate García, Diana Carolina Rodríguez Romero, Edna Yuliana González Rincón,
Diana Marcela Pardo López, Yessica Garibello Cubillos

Artículo producto de la investigación / Article product of the research

Condición clínica y niveles de colinesterasa de trabajadores informales dedicados a la fumigación con plaguicidas

67

Clinical condition and colinesterase levels of informal workers
dedicated to fumigation with pesticides

José Moisés Luna Rondón, Mónica Isabel Hanna Lavallo, Concepción Elena Amador

Percepción del riesgo mediante sus atributos psicosociales en trabajadores de la industria metalmeccánica en la ciudad de Bogotá, D.C (Colombia)

79

Perception of the risk through its psychosocial attributes in workers of
the metalmechanical industry in the city of Bogotá, D.C (Colombia)

Álvaro Fajardo Zapata, Jenny Fabiola Hernández Niño, Yuri Lillian González Valencia,
Héctor Andrés Hernández, Myriam Leonor Torres Pérez

Artículo corto / Short article

Diagnóstico de la calidad bacteriológica del agua del Humedal Córdoba, Bogotá

87

Diagnosis of the bacteriological quality of the water of the Córdoba
Wetland, Bogotá

Ávila de Navia Sara Lilia, Estupiñán Torres Sandra Mónica, Caicedo Cardona Lina Marcela,
Calderón Cárdenas Xiomara Michel, Rubiano Aguirre Wendy Lizeth

Artículo de revisión / Review article

**Las citoquinas en el absceso hepático amebiano:
un ejemplo de investigación inmunológica en el ámbito clínico** **97**

Cytokines in amoebic liver abscess:
an example of immunological research within the clinical scope

Cruz Baquero Claudia Andrea, Cruz Baquero César Augusto

Artículo producto de la investigación / Article product of the research

**Cumplimiento de los protocolos de trabajo seguro en alturas en
la empresa MEXICHEN** **109**

Compliance with safe work protocols in heights at MEXICHEN

Lucía Constanza Corrales Ramírez, Ligia Consuelo Sánchez Leal, Melco Esteban Quimbayo Salamanca

**Efecto de la procedencia y el almacenamiento en en la calidad
del café** **117**

Effect of provenance and storage on coffee quality

Muñoz-Juan Carlos, Riaño-Campo Elías, Pinzón-Alba Janeth

Artículo de revisión / Review article

Aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos **129**

Biotechnological applications of microorganisms

Olga Lucía Ostos Ortiz, Sonia Marcela Rosas Arango, Johanna Lizeth González Devia

Políticas del editorial / Editorial Policies

165

Editorial

En este número la *Revista NOVA* publica nueve artículos interesantes. El primero de estos de las investigadoras Sonia Carreño Moreno, Lorena Chaparro Díaz, Lucenith Criado, Olga Marina Vega, Ivonne Cuenca, de la Universidad Nacional de Colombia, Fundación Universitaria de San Gil, Universidad Francisco de Paula Santander y de la red de clínicas renales RTS, quienes evalúan el efecto del programa Cuidando a los Cuidadores® en la habilidad de cuidado y sobrecarga en cuidadores familiares. Su investigación se basó en el análisis de una muestra de 329 cuidadores. Los instrumentos empleados fueron el Inventario de Habilidad de Cuidado (CAI) y la Entrevista de Sobrecarga de Zarit. Se analizaron los datos con la prueba *t* de Student y el efecto fue calculado con la *d* de Cohen y coeficiente *r*. Las investigadoras concluyeron que el programa Cuidando a los Cuidadores® tiene efecto en el aumento de la habilidad de cuidado ($p < 0,01$) y disminución de sobrecarga del cuidador ($p < 0,01$), con un tamaño de efecto moderado para ambas variables. Además, que el programa es aplicable en la práctica y replicable en la investigación. Se recomienda probar el programa en diseños con dos grupos y con medidas repetidas de las variables.

El segundo artículo corresponde a la investigadora Aradeisy Ibarra Picón y el investigador Edwin Rúa Ramírez, de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), quienes evaluaron la calidad en el proceso de atención al usuario del servicio de urgencias del Hospital de Yopal, empresa pública de Casanare, Colombia. Su metodología fue de tipo descriptivo, exploratorio, apoyada en varias técnicas de investigación. Inició con un cuestionario-encuesta mediante el cual se hizo un análisis cuantitativo y cualitativo de la calidad de atención al usuario; la capacidad de la planta física; y la comodidad, seguridad y confiabilidad del servicio. Además, aplicó la técnica de observación directa y el análisis e interpretación de fenómenos, acontecimientos y hechos que prevalecen en el área. El estudio logró conocer la satisfacción de las personas usuarias del servicio de urgencias e identificar la aplicación de los protocolos de atención con estándares de calidad, determinando el trato brindado por parte de los trabajadores, las trabajadoras y profesionales de la salud hacia las personas usuarias; las necesidades de capacitación al personal que atiende, y las posibles mejoras o modificaciones a los protocolos para elevar la calidad de atención. La investigación concluye que el Hospital de Yopal no tiene la capacidad suficiente en el área de urgencias para atender la alta demanda proveniente de los y las habitantes de Yopal y los municipios aledaños. Entre los reclamos más frecuentes de las personas usuarias de este servicio se encuentran: la mala atención; el incumplimiento de su labor en relación con los enfermos y sus familiares en la mayoría de las áreas del hospital; la falta de personal profesional para la atención, y las largas jornadas de espera de los usuarios enfermos para ser atendidos.

En tercer lugar está el artículo de las investigadoras Martha Castillo Bohórquez, Ana Isabel Mora Bautista y Ana Lucía Oliveros Roza, de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, el cual recoge los resultados de su estudio llevado a cabo para determinar la presencia de anemias ferropénicas asociadas a hemoglobinopatías en personas afrodescendientes adultas colombianas, habitantes de la ciudad de Tumaco, Nariño, y residentes de la localidad de Engativá, en Bogotá. El estudio halla anemia en el 28,6 % de la población femenina y en el 16 % de la población masculina en estudio. Se observó que el 9,7 % de la población presenta hemoglobina y ferritina baja, relacionada con anemia por deficiencia de hierro, y el 13,6 % presenta deficiencia subclínica de hierro. Con respecto a los resultados de electroforesis de hemoglobina, en el 13,6 % se evidenció hemoglobina A2 aumentada, con posible asociación a talasemia o hemoglobinopatía C: el 0,98 % con hemoglobina S; el 0,98 % con rasgo de hemoglobina S y el 84,5 % con hemoglobina A. El 0,97 % de la población presentó ferritina baja con hemoglobina A2 aumentada, mostrando deficiencia de hierro con posible asociación a hemoglobina C o talasemia y el 0,97% de la población presentó ferritina baja con hemoglobina S. Otro hallazgo importante es la presencia de valores bajos de ferritina en el 17,8 % de las mujeres y en el 4,95 % de los hombres.

Por su parte, las investigadoras Silvia Campuzano, Laura Jiménez y Diana M. Hernández, de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, aportan el cuarto artículo, titulado “La formación de biopelículas y la calidad del agua en la consulta odontológica”, en el que concluyeron que la presencia de microorganismos formadores de biopelículas son potencialmente una fuente significativa de contaminación y de infección cruzada en el entorno de la clínica dental. Señalan que es necesario desinfectar adecuadamente tanto la instrumentación dental como el área de trabajo, y que esto debe efectuarse al culminar el tratamiento dental de cada paciente, garantizándole así una total inocuidad. Además, recomiendan establecer medidas correctivas como programas de monitoreo periódico y aplicar medidas higiénicas preventivas para el manejo de los elementos utilizados en los tratamientos dentales.

El quinto artículo, titulado “Amniocentesis precoz y biopsia de vellosidad corial. Pérdidas fetales y anomalías congénitas en un grupo de gestantes brasileñas”, presenta los resultados del estudio a cargo de las investigadoras Luz Mery Bernal y María Consuelo Bernal y del investigador Thomaz Gollop, de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Su estudio consistió en comparar la frecuencia de pérdidas fetales y anomalías congénitas presentadas en los procedimientos de amniocentesis precoz (AP) y biopsias de vellosidad corial transabdominal (BVCTA), ambos procedimientos realizados por los mismos operadores, en la misma edad gestacional (12-14 6/7 semanas) y desde un abordaje transabdominal. Fueron analizados retrospectivamente 432 procedimientos de AP y 418 BVCTA. Al comparar las frecuencias de pérdidas en cada semana de gestación, no se encontraron diferencias significativas entre los dos procedimientos. Sin embargo, el sangrado y la pérdida de líquido amniótico fueron más frecuentes en la AP que en la BVCTA, tal diferencia fue significativa en el caso de la pérdida de líquido amniótico. En algunos casos este hallazgo se relacionó con pérdida fetal. La incidencia de prematuridad y bajo peso en el nacimiento no difirieron sustancialmente entre ambos procedimientos. La mayor frecuencia de problemas

respiratorios registrada en AP no fue considerable en comparación con BVCTA. En este estudio no se observó una diferencia relevante en la incidencia de anomalías músculo-esqueléticas. Se señala que la amniocentesis después de catorce semanas presentó bajo riesgo de pérdida fetal o anomalías congénitas, y se concluye que la BVCTA debe ser realizada alrededor de la semana doce de gestación.

Seguidamente tenemos el artículo de las investigadoras Aura Patricia Chaparro Pedraza y Silvia E. Campuzano F., del Grupo de Investigación Bazeri de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, titulado “Aislamiento, identificación y evaluación de la actividad antimicrobiana de metabolitos producidos por *Mucor circinelloides* (Cepa Nativa SPG 321)”, derivado de un estudio en el que identificaron y evaluaron la capacidad antimicrobiana de los metabolitos aislados a partir del proceso de fermentación en una cepa de *Mucor circinelloides*. Los resultados arrojados mediante la técnica de gases acoplada a masas CG-EM confirman la importancia de *Mucor circinelloides* en la producción de ácidos grasos insaturados. A partir del micelio se obtuvo un esteroide, compuesto M. cB3. La fracción CHCl₃ en biomasa mostró actividad inhibitoria para los microorganismos Gram positivos.

El séptimo artículo, titulado “Microorganismos potencialmente fitopatógenos en aguas de riego provenientes de la cuenca media del río Bogotá”, que corresponde a las investigadores Lucía Constanza Corrales Ramírez y Ligia Consuelo Sánchez Leal junto con el investigador Melco Esteban Quimbayo Salamanca, de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, da a conocer los resultados de la identificación de microorganismos fitopatógenos presentes en las aguas utilizadas para riego de la cuenca media del río Bogotá. Las muestras fueron tomadas en doce fincas de la cuenca media y analizadas con la técnica de filtración por membrana. Las bacterias se identificaron bioquímicamente y los hongos mediante claves dicotómicas. El agua de riego analizada contenía bacterias, tales como: *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Aerococcus urinae*, *Enterobacter cloacae*, *Bacillus cereus*, *Serratia marcescens*, *Brevibacillus brevis*, y en cuanto a los hongos, se encontraron: *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Mucor sp.*, *Rhizopus sp.*, *Penicillium sp.* y *Fusarium sp.* Se concluye que la presencia de estos potenciales fitopatógenos en el agua indican un alto riesgo de contaminación y dispersión en los cultivos.

El octavo artículo, “Resistencia microbiana desde una perspectiva metagenómica”, a cargo de Katia Ospino Bejarano, María Goretti Castilla y Ruth Mélida Sánchez, investigadoras del Grupo de Investigación de Biotecnología y Genética de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, presentan una revisión documental sobre los genes de resistencia a antibióticos, sus orígenes, reservorios y movimientos en los diferentes hábitats mediante la metagenómica funcional, estudio mediante el cual se pueden aislar, identificar y analizar estos genes, así como el impacto que tienen en salud pública. Aunque una de las grandes limitaciones a las que se venían enfrentado los microbiólogos era no poder acceder a la totalidad de los microorganismos que habitan el planeta, durante los últimos años se ha visto un gran avance en la microbiología. Y es gracias al desarrollo de diferentes disciplinas como la metagenómica que se ha logrado acceder a estos microorganismos.

Al respecto, el grupo de investigadoras concluyó que mediante la metagenómica funcional se ha podido determinar que el suelo puede ser un reservorio de determinantes de resistencia microbiana debido a que la microbiota que allí habita contiene, en su material genético, genes que hacen resistencia a un amplio espectro de antibióticos utilizados en terapia humana de manera indiscriminada. Algunos de los genes son generados por presión selectiva ante diferentes agentes presentes en su medio y otros son genes constitutivos que cumplen con funciones fundamentales en su hábitat. El gran impacto que tienen estos hallazgos está dado en que pueden representar un posible riesgo en salud pública si se adquieren por los patógenos humanos.

Finalmente, tenemos el noveno artículo, titulado “Características cognitivas y oculares en la enfermedad de Alzheimer”, de las investigadoras Sandra Johanna Garzón P., Marcela Camacho, Jessica Andrea Tapiero y Karen Daniela Reina, de la Universidad de La Salle, quienes realizaron una revisión documental con el objetivo de describir las características cognitivas y oculares en la enfermedad de Alzheimer (AD). En su texto concluyen que varios estudios han demostrado que la AD presenta alteraciones en memoria, lenguaje y orientación visoespacial, acompañada de cambios estructurales en el cerebro y la retina al reducir el espesor de las células ganglionares de las capas de fibras nerviosas y al contener cuerpos de inclusión con proteína beta amiloide ($A\beta$). Y además, que el diagnóstico de alteraciones funcionales por la acumulación de $A\beta$ es un marcador precoz de la AD.

Con este conjunto de artículos invitamos a nuestro público lector a seguir impulsando este importante proyecto editorial con sus contribuciones.

Olga Lucía Ostos
Editora *Revista NOVA*

Método OCRA en diferentes sectores productivos. Una revisión de la literatura, 2007-2018

OCRA method in different productive sectors. A review of the literature, 2007-2018

Aanh Eduardo Dimate García¹, Diana Carolina Rodríguez Romero², Edna Yuliana González Rincón³, Diana Marcela Pardo López⁴, Yessica Garibello Cubillos⁵.

Resumen

Los desórdenes musculoesqueléticos (DME) son la nueva epidemia de enfermedades crónicas, son multifactoriales y afectan los diferentes sectores productivos. Aunque se encuentran múltiples instrumentos para la evaluación de la carga estática y dinámica, el OCRA (Occupational Repetitive Action) parece ser una opción atractiva. **Objetivo.** Realizar una búsqueda de literatura sobre el uso del método OCRA y DME en trabajadores de diversos sectores productivos (2007-2018). **Materiales y métodos.** Una revisión de literatura (siguiendo la declaración PRISMA) de estudios que evaluaran el nivel de riesgo biomecánico (OCRA) y DME en las bases de datos Scielo, Science Direct, Scopus, ProQuest, Gale, PubMed, Lilacs y Ebsco fue realizada, 7 estudios cumplieron con los criterios de selección; la mayoría son cuantitativos (corte transversal). **Resultados.** El 79% de las condiciones relacionadas con la tarea requieren exigencia física e implican movimientos repetitivos (jardinería y floricultores); la aparición de DME en espalda alta-baja, extremidades superiores e inferiores, los cuales se generan por la frecuencia de las actividades realizadas (producción de calzado); además, “riesgos muy alto” de desarrollar DME (industria del salmón) y un índice medio (OCRA) por movimientos repetitivos que requiere cuidado especial (línea de Ensamblaje en U) fueron encontrados. **Conclusiones.** La revisión arrojó el uso limitado del método OCRA para la detección de DME en trabajadores de diferentes sectores; y este método puede ser usado para la detección del riesgo biomecánico.

Palabras claves: Ocra, check list Ocra, desórdenes musculoesqueléticos, trabajadores, sectores productivos, movimientos repetitivos.

1. Fisioterapeuta UNAL, Especialista en Gerencia en Salud y Seguridad en el Trabajo, Especialista en Epidemiología, Magister en Salud Pública y Desarrollo Social, estudiante de Doctorado en Ciencias de la Educación. Docente Posgrados Salud. Fundación Universitaria del Área Andina (FUAA).
2. Terapeuta Ocupacional UNAL, Especialista en Gerencia en Salud y seguridad en el Trabajo, Especialista en Epidemiología, Magister en Salud Pública y Desarrollo Social, estudiante de Doctorado en Ciencias de la Educación. FUAA.
3. Ingeniera Industrial, CUR, Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo, FUAA.
4. Terapeuta Ocupacional, UMB, Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo, FUAA.
5. Médica general, UAN, Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo, FUAA.

Bogotá, Colombia.

Correspondencia: aedg29@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9049-538X> (Aanh Eduardo Dimate García).

Recibido: 18/11/2018
Aceptado: 28/12/2018

Abstract

Musculoskeletal disorders (MSD) are the new epidemic of chronic diseases, are multifactorial and affect to different productive sectors. Although there are multiple tools for the evaluation of static and dynamic load, OCRA (Occupational Repetitive Action) seems to be an attractive option. **Objective.** To conduct a literature search on the use of the OCRA and DME method in workers of various productive sectors (2007-2018). **Materials and methods.** A literature review (following the PRISMA statement) of studies assessing the level of biomechanical risk (OCRA) and the prevalence of DME in the Scielo, Science Direct, Scopus, ProQuest, Gale, PubMed, Lilacs and Ebsco databases was performed, 7 studies met the selection criteria; Most are quantitative. **Results.** 79% of the conditions related to the task require physical demands and involve repetitive movements (gardening and flower growers); the production of DME in upper-lower back, upper and lower extremities, wich are generated by the frequency of the activities in the footwear production; In addition, “very high risks” of developing DME (salmon industry) and a medium index (OCRA) for repetitive movements that require special care (U-Assembly line) were found. **Conclusions.** The review showed the limited use of the OCRA method for the detection of SMD in workers from different sectors; and this method can be used for the detection of biomechanical risk.

Keywords: Ocrá, check list Ocrá, musculoskeletal disorders, workers, productive sectors, repetitive movements.

Introducción

Los desórdenes musculoesqueléticos (DME) tienen relación con las enfermedades de origen laboral más comunes que afectan a la población trabajadora en el mundo. Están relacionados con lesiones en los músculos, tendones, ligamentos y articulaciones, siendo una de las principales causas de absentismo laboral (1). Por tal motivo, se describen a los DME como un grupo de condiciones que involucra estructuras de soporte que puede diferir en cuanto a la severidad, en agudo y crónico (NIOSH). Estos pueden ser causados o agravados por factores ocupacionales como actividades repetitivas o sobre-esfuerzo (2), factores ambientales

como temperatura, iluminación y ruido (3), o por factores individuales como el peso, la talla, edad, sexo, salud o características genéticas (4); encontrándose dentro de las patologías más comunes el túnel del carpo, dolor de espalda, tensión en la zona del cuello, lesiones de mano, hombro, entre otros (5). En su mayoría, las situaciones están calificadas como lesiones atribuidas al trabajo repetitivo (6).

Al referenciar los resultados de encuestas realizadas a trabajadores de diferentes sectores económicos, éstas concluyen una prevalencia de DME en miembros superiores entre un 20% a 30% en países como Estados Unidos, Canadá, Finlandia, Suecia e Inglaterra (7), convirtién-

dose en la epidemia de la década de 1990, ya que estos trastornos son considerados como uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial por la coexistencia entre la limitación funcional del trabajador y su posterior incapacidad para ejecutar sus actividades diarias afectando la calidad de vida de la población en general (8). Así, desde el punto de vista de la salud pública se determina la estrategia de la ergonomía participativa como un medio efectivo para controlar los determinantes del entorno laboral que afectan a su salud y bienestar de los trabajadores (9).

Al realizar una exploración a nivel global de las características en cifras de la presencia de DME, se encuentra que en España para el año 2011 se notificaron 512.584 accidentes de trabajo en una jornada laboral, de los cuales 197.381 corresponden a sobre-esfuerzos y utilización de extremidades en tareas repetitivas, representando así un 38,5% de los accidentes totales (10). Cada año millones de trabajadores europeos padecen de estos trastornos, convirtiéndose en un problema sanitario y de costos que van en aumento. Aproximadamente, 44 millones de trabajadores padecen alguna alteración que limita su desempeño laboral (11). Países como Francia, Bélgica y Dinamarca tienen las más altas proporciones por cada 100.000 trabajadores de presentar DME, en una relación de (463, 263 y 257) (12). Igualmente, en Estados Unidos, para el año 2012 se estableció que el ausentismo laboral fue de 112 casos por cada 10.000 trabajadores de tiempo completo, de los cuales el 34% tuvo por causa DME (13). Posterior a estas investigaciones, en 2014, en Alemania se realizó un estudio con casi 4000 especialistas en el tema laboral, provenientes de 141 países donde llegaron a la conclusión que cada día ocurren 860.000

accidentes de trabajo, con consecuencias en términos de lesiones, y se estima que su costo directo se encuentra en un aproximado de 2800 millones de dólares (14).

Para realizar un acercamiento de las condiciones de trabajo en Colombia, se toman como referencia las guías de atención basadas en la evidencia (GATISO) para DME relacionados con el Trabajo, donde se determinó que en el año 2006 el 82% de todos los diagnósticos evaluados correspondía a DME del miembro superior y la columna vertebral. De estos, el túnel carpiano es la primera causa de morbilidad de los trabajadores afiliados al sistema general de riesgos profesionales (15). Posterior a ello, las cifras reportadas por FASECOLDA (2006) mostraron 6.891 enfermedades laborales en 2009, 9.411 en 2012 y 10.189 en 2013, donde representaron el 85% del total de casos de enfermedad laboral (16).

Teniendo en cuenta la incidencia de DME en los diferentes sectores laborales se describen diversos métodos que permiten evaluar y realizar un registro de los factores asociados a la presencia de carga física de trabajo, los que se pueden categorizar desde mediciones directas hasta cuestionarios de evaluación (17). Teniendo en cuenta que estos desordenes están ubicados entre las primeras causas de accidentalidad y ausentismo laboral, y son generados por los sobre-esfuerzos que realiza el trabajador tanto por carga estática (18) dinámica (19) (posturas permanentes e incómodas; sobre-esfuerzos y movimientos repetitivos) o la combinación de las dos; existen métodos que permiten dicha evaluación de la carga estática, como es el caso de RULA (20), REBA (21), OWAS (22), JOB STRAIN INDEX (23), CHECK LIST OCRA (24), LEST (22), entre otros y de eva-

luación de carga dinámica como la NIOSH (25), GINSHT (26), SNOOK Y CIRIELLO (22).

Al realizar una revisión de los factores biomecánicos y la presencia de DME en trabajadores se hace necesario la exploración más detallada de un método específico. Para este caso, se realizará una exploración de los métodos OCRA, Índice OCRA y lista de chequeo OCRA (“Occupational Repetitive Action”), el cual permite la evaluación de la exposición a movimientos y esfuerzos repetitivos de los miembros superiores, obteniendo resultados fiables en actividades que requieran este tipo de movimientos (27); y cuyo objetivo es analizar y clasificar la exposición de los trabajadores a tareas que impliquen fuerza, repetitividad, posturas y movimientos forzados, etc. movimientos (27). Estos instrumentos son de fácil aplicación en diferentes sectores productivos de trabajo con alta repetitividad. Además, según sea el resultado, se puede realizar una actuación con respecto a las medidas futuras para disminuir los riesgos de los trabajadores y el tiempo de exposición, siendo así una herramienta detallada que considera los principales factores de riesgo físico-mecánicos y otros que tienen que ver con la organización de las tareas.

Por consiguiente, mediante la metodología PICO (28) (participantes del interés, intervención, control y resultado primario de interés) se realiza la formulación de la siguiente pregunta: ¿cuál es la información sobre la utilización de método OCRA en los diferentes sectores productivos disponible en las distintas bases de datos, en el periodo comprendido entre el año 2007-2018? Para resolver esta pregunta, se llevó a cabo una revisión de literatura (29) siguiendo la declaración PRISMA (30).

Materiales y métodos

Estrategia de Búsqueda. Una búsqueda de literatura (29) fue utilizada para identificar artículos sobre el uso de método OCRA (Occupational Repetitive Action), dirigida a través de las preguntas PICO (28) en trabajadores de diferentes sectores productivos. A partir del cuestionamiento se realizó una búsqueda de datos en bases de datos como Proquest, Science Direct, Scielo, Scopus, Ebsco, Gale, Lilacs y Pubmed, con la combinación de los siguientes términos MeSH de búsqueda: “OCRA” OR “Ergonomic Risk”, “OCRA” OR “Musculoskeletal Disorders”, “Ergonomic” AND “OCRA”, “OCRA” OR “Repetitive Movements”, “OCRA” AND “Productive Sectors”, “OCRA” AND “Workers”. “Ergonomic Risk” AND “Musculoskeletal Disorders OR OCRA”. También se realizaron las búsquedas con términos DeCS y de lenguaje libre (Tabla 1). La búsqueda se limitó a estudios publicados entre enero de 2007 a enero de 2018, con el fin de encontrar y recopilar evidencia científica reciente sobre la utilización del método OCRA en diferentes sectores productivos, relacionados con la evaluación de riesgo ergonómico en trabajadores que realizan diversas actividades laborales en diferentes sectores económicos.

La búsqueda se realizó con la restricción del lenguaje en texto completo en inglés o español. Los artículos originales fueron cribados manualmente por tres revisoras independientes (EYGR), (DMPL), (YGC) y si el texto completo de un artículo no estaba disponible en línea para realizar el cribado se procedió a contactar los autores de los artículos por correo electrónico (e-mail) solicitando una copia de su trabajo. Se efectuó la solicitud a dieciocho (18) autores, de los cuales generaron res-

puesta 5 de ellos, enviando copia de su trabajo y un (1) autor no fue posible contactarlo.

Selección de estudios. Los estudios relacionados con la asociación entre el método OCRA, y los diferentes sectores productivos se incluyeron si cumplían con las siguientes condiciones: 1) estudios que relacionaran el método OCRA como evaluación de riesgo ergonómico en diferentes sectores productivos; 2) tipo de publicación: especializada en ergonomía, salud pública, salud ocupacional, salud de los trabajadores, medicina y seguridad del trabajo, ingeniería, ingeniería de producción, ciencias médicas, medicina del deporte, fisioterapia, política, económica, aplicaciones científicas; 3) población estudio: trabajadores de diversos sectores productivos; 4) área geográfica: mundial; 5) artículos de revistas indexadas de las bases seleccionadas inicialmente; 6) artículos publicados donde no se utilizara de manera simultánea el método OCRA y otro método de evaluación ergonómica. Este último criterio se debe a la limitada concordancia entre el uso del método OCRA (de forma individual no combinado) en sectores productivos.

El interés del presente estudio de investigación fue revisar la literatura disponible acerca de la utilización del método OCRA en diferentes sectores productivos. Los artículos seleccionados cumplieron dicho criterio, además de ser de corte cuantitativo y mostrar puntuaciones del grado de riesgo ergonómico y la posible aparición de DME. En los estudios que fueron seleccionados acorde a los criterios de inclusión, la versión de los instrumentos utilizados según se expresa en su metodología fueron: método OCRA (31); índice OCRA (32) y Check List OCRA (33); con algunas modificaciones (Colmbini & Occhipinti, 2005), ajustada para

permitir que con un menor esfuerzo se pueda obtener un resultado básico de valoración del riesgo por movimientos repetitivos de los miembros superiores y previniendo sobre la urgencia de realizar estudios más detallados (34). Se incluyen valores numéricos que permiten clasificar el riesgo como: óptimo, aceptable, muy ligero, ligero, medio o alto (35). Se establece una base de datos que combine datos existentes del nivel de exposición a movimientos repetitivos de las extremidades superiores y resultados clínicamente determinados de UL-WMSDs (36). Se establece el manual para la evaluación y la gestión del riesgo por movimientos repetitivos (37). Se realiza una actualización de los procedimientos de solicitud y los criterios para la Lista de Verificación de OCRA, se crea un software específico, se presenta y se describe la Lista de Verificación OCRA revisada (38).

Tabla 1. Registro de Revisión de datos.

Nombre de la base de datos	Science Direct	Scielo	Scopus	Proquest	Pubmed	Ebsco	Gale	Lilacs
	Años consultados 2007-2018							
Términos de búsqueda en todas las bases. Resultados Idioma (s)	<p>Término en lenguaje libre OCRA o Riesgo ergonómico; OCRA o Desórdenes músculo-esqueléticos; Ergonomía y OCRA; OCRA o movimientos repetitivos; OCRA y sectores productivos; OCRA y Trabajadores; Riesgo Ergonómico y Desórdenes músculo-esqueléticos y OCRA.</p> <p>Término MeSH OCRA or Ergonomic Risk; OCRA or musculoskeletal Disorders; Ergonomic and OCRA; OCRA or Repetitive Movements; OCRA and Productive Sectors; OCRA and Workers; Ergonomic Risk and musculoskeletal Disorders or OCRA.</p> <p>Término DeCS OCRA y/o Riesgo ergonómico; OCRA y/o Desórdenes músculo-esqueléticos; Ergonomía y/o OCRA; OCRA y/o movimientos repetitivos; OCRA y/o sectores productivos; OCRA y/o Trabajadores; Riesgo Ergonómico y/o Desórdenes músculo-esqueléticos y OCRA.</p>							
Cualquier campo	64	45	191	138951	100309	14706	302	23797
Materia (Major Topic)	51	32	191	18990	3710	2670	301	6726
Título	51	32	191	18990	3710	2670	301	6726
Seleccionados	9	5	1	2	6	1	0	1

Fuente. Elaboración propia.

Extracción de datos. Se extrajeron los siguientes datos de cada artículo: autor, año de publicación, país, revista factor de impacto e indicadores de resultado, sector productivo, diseño del estudio, afiliación institucional, análisis estadístico utilizado, instrumento (método OCRA, Índice OCRA, Check-List OCRA) en diferentes sectores productivos. Los datos fueron registrados en dos bases de datos por tres revisoras (DMPL, EYGR y YGC) de forma independiente, con el apoyo de (AEDG y DCRR) expertos en la materia quienes guiaron y ayudaron a la construcción de la investigación.

Análisis de datos. En la fase de análisis de datos se realizó: 1) análisis bibliográfico con el objetivo de revisar una perspectiva global y un conteo según el lugar de publicación, idioma y tipo de revista, 2) indagar por el uso del método OCRA en diferentes sectores productivos, 3) relacionar el método OCRA como evaluación de riesgo de DME en diferentes sectores

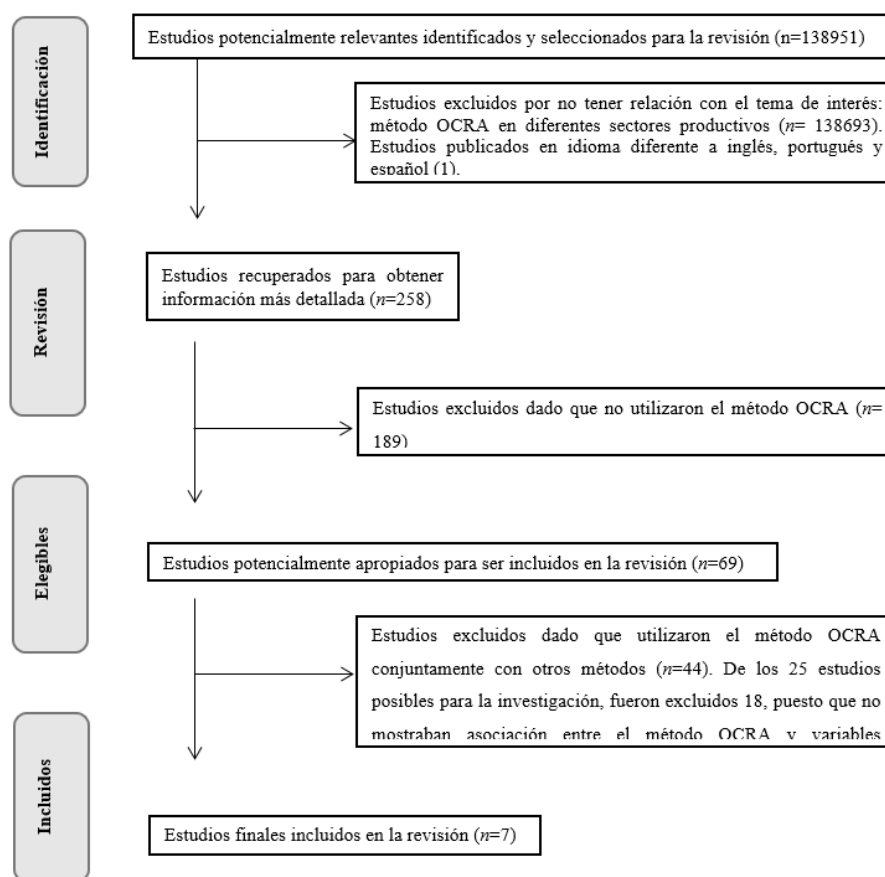
productivos y posibles asociaciones con variables demográficas como edad, área de trabajo, sexo, tipo de turno de trabajo, rotación de puestos de trabajo y cantidad de horas laboradas. Los estudios que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión son cuantitativos y en su mayoría de corte transversal (n=5, 57.1%), de casos y controles (n=1; 28.5%), y longitudinales o de cohorte (n=1; 14.2%). Debido a la variedad y diseño de estudios encontrados en la búsqueda no fue posible llevar a cabo una revisión sistemática o meta-análisis para proporcionar un porcentaje global, del análisis del método OCRA en diferentes sectores productivos.

Resultados

Al realizar la búsqueda de los artículos de estudio elegibles, se introducen las palabras clave mencionadas en Proquest, Science, Direct, Scielo, Scopus, Ebsco, Gale, Lilacs, Pubmed y se obtuvo un total de 138951 estudios. Al apli-

car los filtros de idioma, año de publicación y tipo de documento, se obtuvieron 43002 estudios para ser evaluados, con un total de 258 estudios que cumplieron con los criterios especificados en la sección de metodología, tras ser evaluados en texto completo; de estos, 189 artículos no utilizaron el método OCRA, 25 documentos no se incluyeron puesto que aplicaron el método OCRA en combinación con otros métodos (Diagrama 1).

Diagrama 1. Diagrama de flujo del estudio – proceso de selección de los estudios.



Fuente. Elaboración propia.

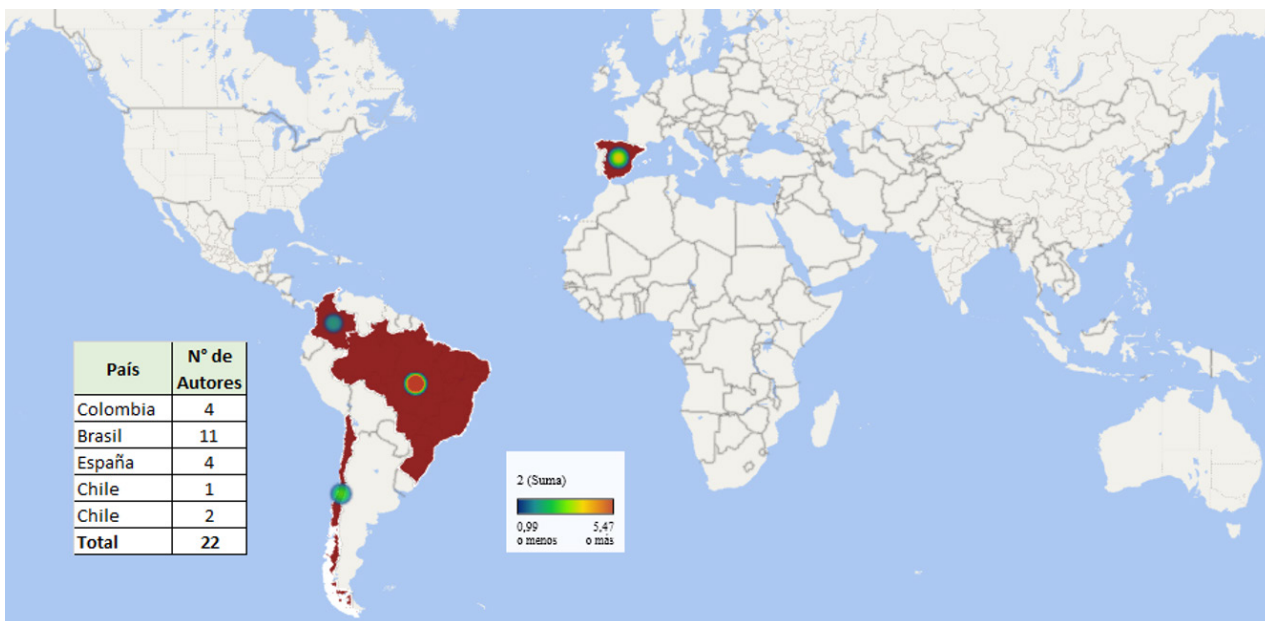
Análisis bibliométrico. Se agruparon los resultados en cinco características de acuerdo a representatividad según sectores económicos: 1) operarios de cultivos de flores (n=1); 2) operarios de producción de calzado (n=1); 3) jardineros (n=1); 4) operarios de producción en planta de alimentos (n=3) y 5) operarios de producción a nivel industrial (n=1). Los artículos encontrados correspondientes a los

años 2013, 2016 y 2017 (n=1) representan el 14,3% y el 28,6% corresponden a los años 2012 y 2015 (n=2) (Tabla 2). El rango de autores por publicación es de dos a seis, con un promedio de 3.1 autores por publicación; se identificaron 16 autores de sexo masculino y 4 de femenino, lo que indica que por cada 1 mujeres hay 4 hombres que publicaron sobre la temática estudiada. Según el lugar de publi-

cación se identificaron (2) autores en Chile, (2) en Brasil, (2) en Colombia y en menor número (1) en España, quienes estaban adscritos a 7 instituciones y universidades lo que refleja el trabajo interinstitucional (Tabla 2). Todos los artículos cuentan con coautoría. En lo relacionado al idioma de publicación, la mayor

parte de los artículos están publicados en idioma inglés (n=4, 57,2%) no en idioma oficial del respectivo país (Brasil 2, España 1, y Chile 1) y en español (n=3, 42,8%), idioma oficial (Colombia 2 y Chile 1) (ver Figura 1) no se encontraron estudios en portugués (completos).

Figura 1. Número de estudios revisados por país.



Fuente. Elaboración propia.

Factor de impacto. La publicación de los artículos por tipo de revista es diversa. En ergonomía se identificaron dos publicaciones, dos en ingeniería, dos de investigación y una de medicina. Según la clasificación del Factor de Impacto Scimago Journal & Country Rank, se identificó una revista en Q1 (IOS Press Content Library), una en Q2 de ergonomía (IOS Press – Work), una en ingeniería Q3 de producción (PRODUCTION (Producao)) y una de ingeniería en Q4 (Procedia Manufacturing). Según Scimago y Publindex las revistas (Medicina y Seguridad en el trabajo, WPOM Working Papers on Operations Management y

Fundación Científica y Tecnológica) no cuentan con factor de impacto.

Indicadores de desempeño. Se identificó que el trabajo de Ilardi, Juan S., et al. (2012) tiene 10 citas identificadas en ISSI, seguido por Diogo Cunha dos Reis; Eliane Ramos; Pedro Ferreira Reis; Paula Karina Hembecker; Leila Amaral Gontijo & Antônio Renato Pereira Moro (2015) con 9 citas; Jairo R. Coronado-Hernández & Holman Ospina Mateus (2013) con dos citas; así como Andrés Lorca Manquemilla & Rodrigo Pinto Retamal, et al. (2015) y Alfonso Hernández D. Wilder &

María Erley Orjuela R. (2016) con una cita. El resto de autores no son reconocidos en la base de ISSI.

Método y temas centrales de los estudios incluidos en la revisión. Los 7 estudios incluidos en la revisión variaron en términos de temas abordados, mientras el método y técnicas utilizadas se mantuvieron constantes y todos usaron una metodología cuantitativa. Las técnicas utilizadas en los estudios cuantitativos, diseño, muestra, población y análisis de resultados se describen en la Tabla 2. Un artículo no describe la selección de la muestra.

Análisis de resultados

Resultados operarios de Jardinería y cultivos de Flores: tras analizar los estudios, se encontró que el (28,5%) habla sobre los trabajadores de jardinería y cultivo de flores. En lo referente al estudio de los trabajadores de jardines, se tomó como muestra trabajadores de 20 a 55 años, 22 hombres, 7 mujeres, experiencia laboral mínima de 5 años y con una jornada laboral de 7 horas diarias. Los trabajadores de cultivos de flores tenían de 28 a 54 años, nivel educativo entre básica primaria y secundaria, estado civil entre casado, soltero o unión libre y cantidad de hijos entre dos y tres o más. Al realizar la evaluación del puesto de trabajo y asignación de tareas, se evidenció que para la metodología OCRA, la puntuación se clasificó en nivel (>9), reflejando que el (79%) de las condiciones relacionadas con la tarea — es decir, aquellas que requieren exigencia física de parte de los trabajadores—, implican movimientos repetitivos (39) (40) (ver Tabla 3).

Resultados de operarios de Producción de calzado: en lo referente al estudio que incluye

operarios de producción de calzado, se encontró en la puntuación OCRA que la mayoría de las actividades realizadas por los trabajadores mono-funcionales estaban en el rango de riesgo WMSD, correspondiente al (73,7%); de estos, el (10,5%) tiene riesgo leve (3.6-4.5); el (36,8%) tiene un riesgo medio (4.6-9) y el (26,4%) tienen un alto riesgo (>9), y en los trabajadores multi-funcionales, el (80,7%) tiene el riesgo potencial de desarrollar DME, el (10,5%) están dentro de los límites aceptables y el (8,8%) tienen un riesgo muy bajo. Con relación a la sintomatología, según (41) se encontró que la aparición de dolor muscular/articular en la columna cervical, espalda baja, hombros, brazos, codo izquierdo, muslos, rodillas, piernas y pies se generan debido a la frecuencia de las actividades realizadas. En relación con la región dorsal, la región más afectada en los trabajadores mono-funcionales fue la baja espalda, mientras que la parte posterior superior lo fue para los trabajadores multi-funcionales. (ver Tabla 3).

Resultados de operarios de producción de alimentos: al analizar los estudios, se encontró que el 42,8% habla de la producción de alimentos, siendo el proceso del salmón el (28,5%) y el de aves (14,2%). Para la industria del salmón se tomó como muestra trabajadores entre 30 a 67 años de edad, con $\bar{X}=65,27$ ds ($\pm 64,41$) meses de experiencia, IMC de $\bar{X}=27,18$ ds ($\pm 3,87$) y $\bar{X}=1,52$ m ds (± 0.0057) m de altura. Con respecto a la industria de aves se tuvo en cuenta la asignación y tipo de tareas, obteniendo de esta manera que para la puntuación OCRA en los operarios se presentan un nivel de riesgo “alto” el 8% y “moderado” un 81%. Se verificó que la mayoría de los trabajadores son vulnerables a riesgos ergonómicos por movimientos repetitivos y de

desarrollar DME (42). Según Ilardi y cols se evidenció en los resultados de la industria del salmón que para miembro superior derecho indican $\bar{X}=13.79$ ds (± 4.59) miembro superior izquierdo $\bar{X}=3.59$ ds (± 0.41), es decir que para MSD existe “muy alto riesgo” de desarrollar DME (43-48). (ver Tabla 3).

Resultados de operarios de línea de ensamblaje en U: tras analizar el estudio que incluye a los operarios de una línea de ensamblaje en U, se toma como referente el conjunto de

tareas de la línea de ensamble considerando el desarrollo de la fuerza, actividades realizadas con los brazos extendidos y el tiempo que permanecen elevadas, las actividades realizadas en un rango de 7 a 8 horas con la necesidad de realizar actividades repetitivas y de acuerdo a los resultados, se encontró en la puntuación OCRA que el índice es igual a 14 $((8.9+1+4)*1)$ para las tareas 8, 9 y 10, demostrando un índice medio que requiere cuidado especial (49) (ver Tabla 3).

Tabla 2. Metodología utilizada en estudios seleccionados, 2007-2018.

AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	INSTRUMENTO	POBLACIÓN FUENTE Y PAIS	MUESTRA	MUESTREO	ANÁLISIS ESTADÍSTICO
Alfonso, W. & Orjuela, M., et al.(2016)	Corte Transversal	Método OCRA	Tres empresas de cultivo de flores afiliadas a la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores (ASOCOLFLORES) Colombia	41	MAS	Estadística descriptiva para edad, sexo, IMC, nivel educativo, estado civil, antecedentes laborales, antecedentes extra laborales, ambiente de trabajo horas de trabajo diarias y experiencia laboral; como medida de asociación se realizó la aplicación del coeficiente de correlación de Spearman [Rho], para identificar la fuerza de asociación entre factores laborales y actividades extra laborales. Los resultados obtenidos con respecto a los valores promedio de los factores de riesgo presentes en los puestos de trabajo, se evidencia que el valor más alto de criticidad corresponde un valor de 67 puntos por el posicionamiento de manos y el factor de repetitividad de miembro superior derecho corresponde a un valor de 38 puntos, para la metodología OCRA la puntuación se clasificó en nivel (>9); reflejando que el (79%) de las condiciones relacionadas con la tarea requieren exigencia física.

AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	INSTRUMENTO	POBLACIÓN FUENTE Y PAIS	MUESTRA	MUESTREO	ANÁLISIS ESTADÍSTICO
Dos Santos, W.; Bueno, L.; Lopes, E & Alves, G. (2017)	Corte Transversal	Método OCRA	Trabajadores mono-funcionales y multi-funcionales en una empresa de calzado brasileño	114	MAS	Estadística descriptiva para edad, sexo, identificación de tipo de tarea, tipo de trabajo, rotación del puesto de trabajo, horas laboradas, experiencia laboral vs sintomatología. Se realizó la aplicación del método (OCRA) para evaluar el riesgo de DME y calcular el índice de exposición para cada actividad, y se usó la prueba exacta de Fisher para comprobar las diferencias significativas; evidenciando que para la puntuación OCRA la mayoría de las actividades realizadas por los trabajadores mono-funcionales estaban en el rango de riesgo DME, correspondiente al (73,7%); de estos, el (10,5%) tiene riesgo leve (3.6-4.5); el (36,8%) tiene un riesgo medio (4.6-9) y el (26,4%) tienen un alto riesgo (>9) y en los trabajadores multi-funcionales, el (80,7%) tiene el riesgo potencial de desarrollar DME, el (10,5%) están dentro de los límites aceptables y el (8,8%) tienen un riesgo muy bajo.
Álvarez, E.; Hernández, A.; Tello, S. & Gual, R. (2012)	Corte Transversal	Lista de chequeo OCRA	Jardineros están a cargo del mantenimiento de 3 parques urbanos de Barcelona, en un rango de edad entre 20 y 55 años	29	MMAS	Estadística descriptiva para edad, sexo, tipo de trabajo, horas de trabajo diarias, descansos, jornada laboral, semanas laboradas, días laborados, desplazamiento al lugar de trabajo, lugar de trabajo, organización de trabajo, asignación de tareas, experiencia laboral, condiciones meteorológicas vs sintomatología. Se realizó la aplicación del coeficiente de correlación de Spearman y un análisis biomecánico no aleatorio, por conveniencia de la sobrecarga en miembros superiores, aplicando el método OCRA lista de verificación donde encontramos que los trabajadores se encuentran expuestos en un 84.9% de representación, calcificándose en nivel (>9) de trabajo repetitivo por cada mes.

AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	INSTRUMENTO	POBLACIÓN FUENTE Y PAIS	MUESTRA	MUESTREO	ANÁLISIS ESTADÍSTICO
Ilardi, J.S. (2012)	Corte Transversal	OCRA y cuestionario Nórdico de Kourinka.	Trabajadores del proceso manual de extracción ósea en la industria del salmón, región de Los Lagos, Chile.	14	MAS	Estadística descriptiva para edad, IMC, estatura, meses de experiencia y tiempo laborado, se realiza la aplicación del método OCRA y el cuestionario Nórdico de Kourinka, generando como resultado el índice OCRA para mano derecha promedio de $13,79 \pm 4,59$ y $3,59 \pm 0,41$ para mano izquierda, de acuerdo con el cuestionario, el 80% de los trabajadores manifiestan síntomas de DME en mano derecha/ muñeca, seguido por el hombro con el 60% y el brazo/codo con más del 50%. Acorde con los resultados, se evidenció que existe una relación estadística significativa entre la productividad y el riesgo de DME ($p < 0,05$).
Coronado, J. ;Hernández & Ospina M.(2013)	Reporte de Casos	Lista de chequeo OCRA NIOSH	Trabajadores de la línea de ensamblaje en U, Cartagena de Indias, Colombia	n	N.E	Análisis descriptivo para cada una de las tareas, desarrollo de fuerza, actividades que realizan y actividades repetitivas. Se utiliza el método OCRA teniendo en cuenta las acciones por minuto de las tareas en la estación de trabajo, donde a medida que aumenta las acciones por minuto, aumenta la puntuación de OCRA, para la actividad 6 que contiene 27 acciones por minuto que hace referencia a un factor de frecuencia 1 el nivel de riesgo es igual a 5.74 $((0.7+1+4+4)*1)$ y para las estaciones de trabajo 8.9 y 10 con 65 acciones por minuto donde es igual a 14 $((8.9+1+4)*1)$ es decir un índice medio que requiere cuidado especial.

AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	INSTRUMENTO	POBLACIÓN FUENTE Y PAIS	MUESTRA	MUESTREO	ANÁLISIS ESTADÍSTICO
Lorca, A. & Pinto, R. (2015)	Corte Transversal	Check list OCRA	Investigación realizada en 3 plantas procesadoras de Salmón de la Provincia de Chiloé, Chile.	150 trabajadores de ambos sexos, 76% sexo F y 24% sexo Masculino	C	Análisis descriptivo para sexo, tipo de turno y tipo de tarea. Se analizó puesto de trabajo para la identificación de riesgos biomecánicos que involucren las Extremidades Superiores y los riesgos a los que están expuestos los trabajadores/as. Se utilizó el método OCRA y el coeficiente de correlación de Pearson, arrojando como resultado en relación a la aplicación del Check List OCRA que el 67% de los puestos evaluados presentan un nivel de riesgo alto el 19% se encuentra en condición de riesgo medio y el 14.3% representa un riesgo aceptable, generando una puntuación de 14 o menos.
Cunha, D.; Ramos, E. ; Ferreira, P; Hembecker, P; Gontijo, L. & Pereira, A. (2015)	Longitudinal	Método OCRA	Factores de riesgo de los trastornos músculo-esqueléticos de las extremidades superiores en el matadero de aves de corral, Brasil	4500	C	Estadística descriptiva en términos de media, desviación estándar y porcentaje. Se tiene en cuenta la carga de trabajo adoptada por la empresa, los dos turnos de 528 minutos, pausas para almuerzo, descansos, momentos para cambio de ropa/uniforme. Se realiza un estudio de los movimientos repetitivos con la lista de verificación de OCRA se utiliza está para evaluar el 10% de la fuerza de trabajo total durante las tareas de trabajo, se utilizó la prueba t de Student ($p \leq 0.05$) para comparar la variable de riesgo entre los lados del cuerpo. Las 26 actividades de trabajo analizadas fueron las siguientes sectores: corte (17); debilitación (2); túneles de congelación (2); recepción (3) y escaldado (2). El promedio de acciones repetitivas ocupacionales realizadas los trabajadores de aves de corral fue de 63.7 ± 25.3 por minuto, representando 9 puntos en la escala de la OCRA (escala de 0 a 10 puntos).

C: conveniencia. N.E: no específico. MAS: muestreo aleatorio simple. MMAS: multinivel muestreo aleatorio simple.

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 3. Estudios sobre la percepción de DME y método rula medidas tomadas. *(Ver a doble página).*

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango			
8 & 1	Risk of WMSDs in monofunctional and multifunctional workers in a Brazilian footwear company	Santos, W. Bueno, L.Lopes, E. Barbosa, J. Alves, (41)	Bivariado test exacto de Fisher ($\alpha = 5\%$). 38/5000 modelo de regresión logística multinomial. (χ^2 , $p=0.0001 < 0.05$) Características generales de los trabajadores monofuncionales (MN) y multifuncionales (MT)	Genero	Trabajadores monofuncionales (MN) y multifuncionales (MT).	MN	Hombres		37 (64,9)	36 (63,2)								
						MT	Mujeres		20 (35,1)	21 (36,8)								
				Edad		Casos (MN) vs Control (MT)	18 a 20		5 (8,8)	11 (19,3)								
							21 a 25		13 (22,8)	15 (26,3)								
							26 a 30		13 (22,8)	12 (21,1)								
							31 a 35		6 (10,5)	14 (24,5)								
							36 a 40		12 (21,1)	5 (8,8)								
							mas de 40		8 (14)	0 (0)								
							Educación	Trabajadores monofuncionales (MN) y multifuncionales (MT).	MN	Primaria Incompleta	0 (0)	1 (1,8)						
				MT		Primaria Completa			3 (5,3)	4 (7)								
				MN		Secundaria Incompleta			3 (5,3)	2 (3,5)								
				MT		Secundaria Completa			50 (87,7)	48 (84,2)								
				MN		Superior Incompleta			1 (1,8)	2 (3,5)								
				MT		Superior Completa			0 (0)	0 (0)								
				Nivel multifuncional		Nivel de riesgo												

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango		
			Bivariado test exacto de Fisher's ($\alpha = 5\%$). Modelo de regresión logística multinomial (χ^2 , $p = 0.0001 < 0.05$) Duración del servicio en la empresa, en el sector y en la función de trabajadores monofuncionales (MN) y multifuncionales (MT)	Tiempo en la compañía	Trabajadores monofuncionales (MN) y multifuncionales (MT).	MN	Hasta 6 meses		5 (8.8)	11 (19.3)							
								MT	3 años-6 años		19 (33.3)	11 (19.3)					
					Tiempo en el Sector	Trabajadores monofuncionales (MN) y multifuncionales (MT).	MN	Hasta 6 meses		9 (15.8)	16 (28.1)						
								MT	3 años-6 años		17 (29.8)	11 (19.3)					
				Tiempo en la función o en las funciones	Trabajadores monofuncionales (MN) y multifuncionales (MT).	MN	Hasta 6 meses		12 (21.1)	21 (36.8)							
							MT	3 años-6 años		14 (24.6)	9 (15.8)						
			Bivariado test exacto	Región del cuerpo 1 Dorsal 2	1. Trabajadores	1. Dorsal	Cervical		11 (1)	2 (3.5)							

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test, P	P-E-Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR chi2	IC -95%	n	P. trend	ORa (Odds Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT		
									0.02 36															
									0.07 88															
									0.06 40															
									0.01 55															

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango
			de Fisher ($\alpha = 5\%$). modelo de regresión logística multino mial (χ^2 , $p = 0.0001 < 0.05$), frecuencia del dolor muscular / articular en los trabajadores monofuncionales (MN) y multifuncionales (MT) entrevistados..	Miembros superiores, 3 Miembros inferiores	Monofuncionales (MN) y 2. Trabajadores Multifuncionales (MT)				9.3)						
							Parte superior izquierda de la espalda		8 (14)	15 (26.3)					
							Parte superior derecha de la espalda		7 (12.3)	15 (26.3)					
							A la izquierda del centro		8 (14)	9 (15.8)					
							A la derecha del centro		10 (17.5)	9 (15.8)					
							Parte inferior izquierda de la espalda		13 (22.8)	12 (21.1)					
							Parte inferior derecha de la espalda		13 (22.8)	12 (21.19)					
						2. MMSS	hombro izquierdo		24 (42.1)	21 (36.8)					
							hombro derecho		27 (47.4)	23 (40.4)					
							brazo izquierdo		6 (10.5)	4 (7)					
							brazo derecho		7 (12.3)	5 (8.8)					
							codo izquierdo		3 (5.3)	2 (3.5)					
							codo derecho		7 (12.3)	7 (12.3)					
							muñeca izquierda		10 (17.5)	10 (17.5)					
							muñeca derecha		10 (17.5)	13 (22.8)					
							mano izquierda		14 (24.6)	13 (22.8)					
							mano derecha		12 (21.1)	13 (22.8)					

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coefficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P.E.Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR chiz	IC-95%	n	P. trend	Ora (Odss Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT
									0.1605													
									0,0952													
									0,9999													
									0,9999													
									0,9999													
									0,9999													
									0,9999													
									0.7018													
									0.5715													
									0.7424													
									0.7616													
									0,9999													
									0,9999													
									0.6413													
									0,9999													
									0,9999													

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango
						3. MMII	cadera izquierda		1 (1.8)	2 (3.5)					
							cadera derecha		1 (1.8)	2 (3.5)					
							muslo izquierdo		9 (15.8)	7 (12.3)					
							muslo derecho		6 (10.5)	7 (12.3)					
							rodilla izquierda		4 (7)	1 (1.8)					
							rodilla derecha		4 (7)	2 (3.5)					
							pierna izquierda		20 (35.1)	10 (17.5)					
							pierna derecha		21 (36.8)	11 (19.3)					
							pie izquierdo		30 (52.6)	13 (22.8)					
							pie derecho		29 (50.9)	12 (21.1)					
			Para estimar el OR según el tipo de trabajo realizado, los modelos se ajustaron por separado para el trabajador monofuncional y luego para los trabajadores multifuncionales. Para evaluar el trabajo monofuncional, el modelo se ajustó para 'género' (G), 'planta	Trabajadores Monofuncionales.	Miembros Superiores * Riesgo		Tiempos del ciclo								
				Índice de OCRA promedio ponderado para el miembro superior izquierdo	Multifuncional	MT	Número de acciones por ciclo realizadas por la extremidad superior izquierda.								

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coefficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P E-Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR chiz	IC -95%	n	P. trend	ORa (Odds Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT
									0.99 99													
									0.99 99													
									0.78 83													
									0.99 99													
									0.36 38													
									0.67 90													
									0.05 45													
									0.05 97													
									0.00 18													
									0.00 16													
									0.00 75							0.9 2						
									0.00 44							1.2 1						
									0.00 76							1.2 2x1 0 ²						

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango	
			de trabajo' (WP), 'sector de trabajo' (WS), 'turno de trabajo' (WSH), 'tiempo de ciclo' (CT), el 'número de acciones por ciclo' (NAC) e 'índice OCRA' (OI)													
			Con respecto a los trabajadores multifuncionales, los resultados sugieren una relación entre el nivel de riesgo de WMSD y el "rango de movimiento conjunto" y los "factores complementarios". Con respecto al rango de movimiento articular, hubo resultados significativos con respecto a los movimientos del hombro (abducción, flexión-abducción), antebrazo (supinación y	Abducción de hombro izquierdo	Multifuncional											
				Flexión /abducción hombro izquierdo												
				Supinación del antebrazo izquierdo												
				Pronación del antebrazo derecho												
				Flexión de la muñeca izquierda												
				Desviación derecha radial o cubital												
				Uso de guantes en la mano izquierda												
			Precisión Requerida por mano derecha													

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P E-Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR chi2	IC -95%	n	P. trend	ORa (Odds Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT
									0.0002												8.53	
									0.0066												3.55	
									0.0141												2.31	
									<0.0001												0.15	
									0.0315												2.52	
									0.0079												2.62	
									0.0002												0.09	
									0.0218												5.75	

#	NOMBRE ARTICULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango
			pronación) y la muñeca (flexión, desviación radial y desviación cubital). Factores complementarios incluyen el uso de guantes y la necesidad de precisión en el desempeño de las actividades. El riesgo probabilístico resulta del modelo de regresión logística multinomial ($p = 0.0001 < 0.05$)												
			El riesgo probabilístico resulta del modelo de regresión logística multinomial (χ^2 , $p=0.0001 < 0.05$)	Primer nivel de multifuncionalidad											
				Índice ponderado de OCRA para la extremidad superior izquierda											
				Número medio de acciones por ciclo realizado por el miembro superior derecho											

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P E-Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR ch2	IC -95%	n	P. trend	ORa (Odds Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT
									0.04 31												6.76 x10 ⁻²	
									<0.0 001												6.13	
									0.00 10												1.35	

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango			
2	Factores laborales y extralaborales de floricultores con Síndrome del Túnel del Carpo. Cundina marca-Colombia 2013	Alfonso Hernández D. Wilder, María Erley Orjuela R (39)	Se hizo un muestreo por conveniencia y a disponibilidad en tres empresas de cultivo de flores afiliadas a la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores (ASOCOL FLORES). Se analizaron características sociodemográficas, antecedentes ocupacionales y actividades extraocupacionales. Se realizó la evaluación de puestos de trabajo mediante la utilización del método OCRA.	Enmalle rosa	Carga Dinámica - Movimientos repetitivos (Acciones técnicas realizadas por minuto)			14 (34,1%)										
				Poda mini rosa				8 (19,5%)										
				Corte de astromelia				2 (4,9%)										
				Selección de astromelia				2 (4,9%)										
				Corte de clavel				15 (36,6%)										
				Desbotone de clavel				15 (36,6%)										
				Deshierbe de clavel				15 (36,6%)										
				Boncheo de rosa				10 (24,4%)										
				clasificación de clavel				8 (19,5%)										
				Enmalle rosa	Carga Dinámica - Movimientos repetitivos (Acciones técnicas realizadas por minuto)	MSD	2											
				Poda mini rosa		MSI	2											
				Corte de astromelia		MSD	4,5											
				Selección de astromelia		MSI	0											
				Corte de clavel		MSD	2											
				Desbotone de clavel		MSI	4,5											
				Deshierbe de clavel		MSD	8											
				Boncheo de rosa		MSI	4											
				clasificación de clavel		MSD	2,5											
						MSI	0											
						MSD	6											
						MSI	4											
						MSD	3											
	MSI	3																
	MSD	4																
	MSI	3																
	MSD	2																

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango	
						MSI		2								
				Enmalle rosa	Carga Estática - Postura de hombros (posicionamiento de hombros en función del tiempo).	MSD		12								
				Poda mini rosa		MSI		12								
				Corte de astromelia		MSD		12								
				Corte de astromelia		MSI		12								
				Selección de astromelia		MSD		2								
				Corte de clavel		MSI		1								
				Desbotone de clavel		MSD		1								
				Corte de clavel		MSD		1								
				Desbotone de clavel		MSI		1								
				Deshierbe de clavel		MSD		2								
				Deshierbe de clavel		MSI		2								
				Desbotone de clavel		MSD		1								
				Desbotone de clavel		MSI		1								
				Boncheo de rosa		MSD		1								
				Boncheo de rosa		MSI		12								
				clasificación de clavel		MSD		6								
				clasificación de clavel	MSI		1									
				clasificación de clavel	MSD		1									
				clasificación de clavel	MSI		1									
				Enmalle rosa	Carga Estática - Postura de codos (posicionamiento de codos en función del tiempo).	MSD		4								
				Enmalle rosa		MSI		4								
				Poda mini rosa		MSD		4								
				Poda mini rosa		MSI		8								
				Corte de astromelia		MSD		8								
				Corte de astromelia		MSI		2								
				Selección de astromelia		MSD		4								
				Selección de astromelia		MSI		2								
				Corte de clavel		MSD		2								

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coefficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P.E.Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR chi2	IC -95%	n	P. trend	Ora (Odds Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT
																			8			
																			14			
																			8			
																			2			
																			2			
																			15			
																			15			
																			15			
																			10			
																			8			
																			14			
																			8			
																			2			
																			2			
																			15			
																			15			
																			15			
																			10			
																			8			
																			14			
																			8			
																			2			
																			2			
																			15			
																			15			
																			15			
																			10			
																			8			

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango
						MSI		2							
				Desbotone de clavel		MSD		2							
				Deshierbe de clavel		MSI		2							
				Boncheo de rosa		MSD		2							
				clasificación de clavel		MSI		4							
						MSD		2							
						MSD		4							
				Enmalle rosa		MSI		2							
						MSD		4							
				Poda mini rosa		MSI		4							
						MSD		4							
				Corte de astromelia		MSI		4							
						MSD		4							
				Selección de astromelia		MSI		2							
						MSD		2							
				Corte de clavel		MSI		4							
						MSD		4							
				Desbotone de clavel		MSI		4							
						MSD		2							
				Deshierbe de clavel		MSI		2							
						MSD		4							
				Boncheo de rosa		MSI		4							
						MSD		4							
				clasificación de clavel		MSI		4							
						MSD		4							
				Enmalle rosa	Carga Estática -	MSI		4							
						MSD		4							

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coefficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P E-Value	A ₀	A _t	R ²	OR	OR ch12	IC -95%	n	P. trend	ORa (Odiss Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACCKETT
																			14			
																			8			
																			2			
																			2			
																			15			
																			15			
																			15			
																			10			
																			8			
																			14			
																			8			
																			2			
																			2			
																			15			
																			15			
																			15			
																			10			
																			8			
																			14			
																			8			
																			2			
																			2			
																			15			
																			15			
																			15			
																			10			
																			8			
																			14			

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango	
					Postura de manos (posicionamiento de manos en función del tiempo).	MSI		4								
				Poda mini rosa		MSD		4								
				Corte de astromelia		MSI		4								
				Corte de astromelia		MSD		8								
				Selección de astromelia		MSI		8								
				Selección de astromelia		MSD		4								
				Corte de clavel		MSI		4								
				Corte de clavel		MSD		4								
				Desbotone de clavel		MSI		4								
				Desbotone de clavel		MSD		2								
				Deshierbe de clavel		MSI		8								
				Deshierbe de clavel		MSD		4								
				Boncheo de rosa		MSI		8								
				Boncheo de rosa		MSD		4								
				clasificación de clavel	MSI		8									
				clasificación de clavel	MSD		4									
					MSI		4									
				Enmalle rosa	MSD		28									
				Enmalle rosa	MSI		28									
				Poda mini rosa	MSD		37,5									
				Poda mini rosa	MSI		33									
				Corte de astromelia	MSD		26,3									
				Corte de astromelia	MSI		28,5									
				Selección de astromelia	MSD		21,3									
				Selección de astromelia	MSI		17,8									
				Corte de clavel	MSD		13,3									
				Corte de clavel	MSI		11,7									
				Desbotone de clavel	MSD		9,1									
				Desbotone de clavel	MSI											

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coefficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P.E-Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR chi2	IC -95%	n	P. trend	ORa (Odds Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT
																			8			
																			2			
																			2			
																			1			
																			5			
																			1			
																			5			
																			1			
																			5			
																			1			
																			0			
																			8			
																			1			
																			4			
																			8			
																			2			
																			2			
																			1			
																			5			
																			1			
																			5			
																			1			
																			5			
																			1			
																			0			
																			8			
																			1			
																			4			
																			8			

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango
						MSI		10,4							
				Deshierbe de clavel		MSD		14,3							
				Boncheo de rosa		MSI		14,3							
				clasificación de clavel		MSD		37,9							
						MSI		38,8							
						MSD		22,8							
						MSI		23							
				Acciones técnicas realizadas por minuto calificación promedio		MSD					2	5	3,8	0,627	0-8
				Fuerza ejercida con las manos calificación promedio MMSS		MSI					0	4,3	2,0	1,0086	0-8
				Posicionamiento de hombros en función del tiempo calificación promedio MSD	factores de riesgo identificados en las diferentes actividades de proceso del cultivo de flor	MMSS					0	24	9,2	7,291	2-32
				Posicionamiento de codos en función del tiempo calificación promedio MSD		MSD					1	12	5,7	5,326	1-24
				Posicionamiento de muñecas en función del tiempo		MSI					1	12	4,8	4,534	1-24
						MSD					2	8	3,9	2,209	2-8
						MSI					2	4	2,6	0,773	2-8
						MSD					3	4	3,6	0,338	2-8

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coefficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P E-Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR chi2	IC -95%	n	P. trend	ORa (Odds Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT
																			2			
																			2			
																			15			
																			15			
																			15			
																			10			
																			8			
38,3	6,3																					
20,3	10,1																					
28,8	22,7																					
20,6	23,1																		41			
16,7	19,7																					
31,5	36,8																					
10,3	12,8																					
27	5,6																					

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango		
				calificación promedio		MSI					3	4	3,6	0,338			
				Posicionamiento de manos en función del tiempo calificación promedio		MSD					4	8	6,0	1,125	2-8		
				Calificación promedio falta de autonomía de ritmo de trabajo		MSI					4	8	6,0	1,125			
				Calificación promedio falta de autonomía de ritmo de trabajo		RITMO DE TRABAJO					2,0	4,0	2,7	0,6603	3-4		
				Movimientos repetitivos calificación promedio MSD	Correlación de factores de riesgo laborales y actividades extralaborales	Factores laborales / Factores extralaborales	Cuidado de niños, frecuencia en el mes.										
				Movimientos repetitivos calificación promedio MSD			Limpieza de pisos, frecuencia en el mes.										
				Fuerza ejercida con las manos calificación promedio MMSS			Cuidado de niños, frecuencia en el mes.										
				Fuerza ejercida con las manos calificación promedio MMSS			Limpieza de pisos, frecuencia en el mes.										
				Posicionamiento de manos en función del tiempo calificación promedio MSD.			Limpieza de pisos, frecuencia en el mes.										

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P E-Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR chi2	IC -95%	n	P. trend	ORa (Odds Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT
2 7	5, 6																					
6 6, 7	1 8, 7																					
6 6, 7	1 8, 7																					
2 3, 2	2 2																					
							0,34 5															
							0,44 7															
							0,34 5												4 1			
							0,40 7															
							0,31 5															

#	NOMBRE ARTICULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango
				Posicionamiento de manos en función del tiempo calificación promedio MSI.			Limpieza de pisos, frecuencia en el mes.								
3	Estudio de la sobrecarga biomecánica en el medio urbano jardineros de Barcelona: aplicación de 17 modelos analíticos para la exposición al riesgo evaluado en ciclo de trabajo anual	Alvarez-Casado, Enrique, Hernandez-Soto, Aquiles, Tello, Sandoval and Gual, Rosaa (38)	Check list- Ocra	Plantación de grupos de flores	Riesgo intrínseco de movimientos repetitivos para cada tarea	Tarea	Para delimitar grupos		19,1	14,6					
							Plantar		22,7	16,4					
				Mantenimiento de grupos de flores			Para eliminar flores u hojas secas		21,5	14					
				Mantenimiento de la hierba			Para cosechar (cosechadora automotriz)		11,5	11,5					
							Para cosechar (segador autopropulsado)		11,4	11,1					
				Limpiar			grupo de plantas		15	10,5					
							plantas aisladas		14,5	10,5					
							bordes		14	18,5					
				Mantenimiento de ruta			Para completar con área cercana a la arena		16,5	21					

#	NOMBRE ARTICULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango
							Para completar con área de arena lejana		17,5	17,5					
							Para limpiar con el soplador		11,5	6					
							Para eliminar malezas		22	11,5					
				Poda de árboles y arbustos			Para podar el tronco ocho <1m		21,5	17					
							Para podar el tronco ocho <1m		19,7	13,2					
							Para formar el tronco		17,9	17,4					
				Varios			Excavación ligera Verduras pequeñas		16,5	7					
							Luz cavando grandes plantas		16,5	13					
							Irrigar con manguera		21,5	10,5					
							Para barrer		16	20					
4	Relations hip between productivity, quality and musculoskeletal disorder risk among deboning workers in a Chilean salmon industry	Ilardi, Juan S. (43)	Metodo Ocra	relación entre calidad, productividad y riesgo de trastorno musculoesquelético	proceso manual de extracción ósea en la industria del salmón	Deshuesado filetes (a)	BAJO ESPACIAMIENTO(c)	0,85							
						Deshuesado filetes (a)	"OCRA MANO DERECHA (e) "	0,55							
						Alto espaciamiento	"OCRA MANO DERECHA (e) "	0,60							
						Alto espaciamiento	Eficiencia (f)	-0,87							
						Bajo espaciamiento	Eficiencia (f)	0,56							
5	Incorporación de Riesgos Ergonómicos en el Balanceo de Líneas de Ensamble en U	JR Coronado-Hernandez - 2013 (49)	Check List OCRA	Relación Factor de Frecuencia Vs Acciones/ Minuto	Puntuación del metodo Ocra		Acciones Por Minuto en Puesto de Trabajo								
6	Identificación de Riesgos	Andrés Lorca Manqu	Tipo de prueba estadística		Postura	S.D.									

#	NOMBRE ARTICULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango			
	Biomecánicos de los/as Trabajadores en Plantas de Proceso de Salmón para la Prevención de Disfunción Dolorosa de Extremidad Superior (DDES)	emilla, Rodrigo Pinto Retamal (44)	a Spearman	CHECK LIST OCRA	Fuerza	S.I												
					Fuerza	S.D.												
					Fuerza	S.I												
					Frecuencia	S.D.												
								Frecuencia	S.I									
				Sexo			Hombre	36(24%)										
							Mujer	114(76%)										
				Alimentador de línea			Extremidad derecha											
							Extremidad izquierda											
				Alimentador de máquina			Extremidad derecha											
							Extremidad izquierda											
				Alimentador de máquina despinadora			Extremidad derecha											
							Extremidad izquierda											
				Calibrado			Extremidad derecha											
			Extremidad izquierda															

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coefficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P E-Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR ch2	IC -95%	n	P. trend	ORA (Odds Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT
								0,87														
								0,86														
								0,87														
								0,81														
								0,71														
		2	9	11	10	3				35												
		2	7	11	10	3				33												
		2	8	6	11	3				30												
		2	4	2	2	3				13												
		2	8	2	6	4				22												
		2	8	2	2	4				18												
		2	1	1	3	0				7												
		2	1	1	2	0				6												

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango
				Clasificado		Extremidad derecha									
						Extremidad izquierda									
				Corte de Branquia		Extremidad derecha									
						Extremidad izquierda									
				Corte de Branquia y eviscerado		extremidad derecha									
						extremidad izquierda									
				Corte de Branquia y sajado horizontal		extremidad derecha									
						Extremidad izquierda									
				Corte de cabeza en V		Extremidad derecha									
						Extremidad izquierda									
				Corte de cabeza Hg		Extremidad derecha									
						Extremidad izquierda									
				Decorado		Extremidad derecha									
						Extremidad izquierda									
				Despinado Manual		Extremidad derecha									
						Extremidad izquierda									
				Empaque de Salmones		Extremidad derecha									
						Extremidad izquierda									
				Eviscerado Manual		Extremidad derecha									
						Extremidad									

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P.E-Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR chi2	IC -95%	n	P.trend	ORa (Odds Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT	
		2	8	2	7	3				22													
		2	8	2	7	3				22													
		2	7	7	11	3				30													
		2	3	6	8	3				22													
		2	10	8	11	3				34													
		2	10	10	10	3				35													
		2	4	6	7	3				22													
		2	4	6	9	3				24													
		2	8	9	10	3				32													
		2	9	4	2	3				21													
		2	3	4	11	1				21													
		2	2	0	4	1				9													
		2	8	6	9	3				28													
		2	8	2	3	3				18													
		2	9	7	10	3				31													
		2	9	5	8	3				26													
		2	1	2	2	0				7													
		2	2	2	2	0				8													
		2	6	10	11	3				32													
		2	8	5	7	3				25													

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango
				Inspección de Salmones		izquierda									
						Extremidad derecha									
				Lavado Manual Horizontal		Extremidad izquierda									
						Extremidad derecha									
				Lavado Manual Vertical		Extremidad izquierda									
						Extremidad derecha									
				Operador Wizard		Extremidad derecha									
						Extremidad izquierda									
				Repaso		Extremidad derecha									
						Extremidad izquierda									
				Sajado Horizontal		Extremidad derecha									
						Extremidad izquierda									
				Sajado Vertical		Extremidad derecha									
						Extremidad izquierda									
7	Evaluación de los factores de riesgo de los trastornos musculoesqueléticos de las extremidades superiores	Diogo Cunha dos Reis, Eliane Ramos, Pedro Ferreira Reis, Paula Karina Hembeker, Leila Amaral		Extremidad superior derecha	Riesgo moderado			18,8							
				Extremidad superior izquierda				16,9							

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coefficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P E-Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR ch2	IC -95%	n	P. trend	ORa (Odds Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT
		2	4	1	5	3				15												
		2	4	1	5	3				15												
		2	9	9	11	3				34												
		2	8	5	8	3				26												
		2	7	16	10	3				38												
		2	7	16	10	3				38												
		2	10	8	11	4				35												
		2	9	3	4	4				21												
		2	0	4	5	3				14												
		2	0	2	5	2				12												
		2	7	8	10	3				30												
		2	6	4	5	3				20												
		2	8	4	8	3				25												
		2	0	2	4	3				11												
									0,014													C4

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango	
		Gontijo, Antônio Renato Pereira Moro (42)		Pesar	Evaluación de riesgos para movimientos repetitivos de las extremidades superiores realizadas por los trabajadores del matadero, y simulaciones para reducir este riesgo al reducir el ritmo de trabajo.	unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		3.2 45 14						9.6 UNIT/ MIN 25.3 TAREAS/ MIN 2.7 OCRA		
			Coloque las placas entre los envases	unidades/minuto o Tareas minuto OCRA			2.7 49 13.5									
			Pollo desarticulado pierna deshuesada	unidades/minuto o Tareas minuto OCRA			8.5 42.9 14									
			Recogiendo pollo	unidades/minuto o Tareas minuto OCRA			20 60 20									
			Recogiendo Stork - CU	unidades/minuto o Tareas minuto OCRA			24 72 22									
			Eliminar sassami Stork	unidades/minuto o Tareas minuto OCRA			30 60 20									
			Limpieza del pecho	Unidades/minuto o Tareas minuto OCRA			9.2 55.4 18									
			Jaulas de descarga	unidades/minuto o Tareas minuto OCRA			10 40 16									
			Colgando	unidades/minuto o Tareas minuto OCRA			15 45 17									
			Deshuesar las piernas	unidades/minuto o Tareas minuto OCRA			3.3 46.7 17									
			Colgar pollo deshuesado	unidades/minuto o Tareas minuto OCRA			20 40 16									
			Eliminación de hígado	unidades/minuto o Tareas			20 60 19									

#	NOMBRE ARTICULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango
						minuto OCRA									
				Cargando jaulas vacías		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		2,9 51,4 20							
				Reposición Kakugiri en la estera		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		35 106 18							
				Embalaje de pierna sin hueso		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		5.1 66,7 17,5							
				Sello empaquetado sin hueso pierna		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		3.2 69,5 19,5							
				Cajas de transferencia		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		6 60 15.5							
				Suministro de báscula automática de ala		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		1.2 117 20							
				Lote de pechuga Embalaje automático		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		10.9 54.5 16							
				Pechuga deshuesada de pollo deshuesado		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		6.3 56.8 16.5							
				Pierna deshuesada de pollo deshuesado		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		1.9 65 18.5							
				Examen de patas de pollo		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		VARIABLES 116 18							
				Detección de piernas sin hueso		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		VARIABLES 110 21							
				Relleno de cinturón		unidades/minuto o		VARIABLES							

#	NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	Categoría VD	Categoría VI	Valores (n)	Casos	Control	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Rango
				de piernas sin espinas		Tareas minuto OCRA		100 22							
				Pesar pollo deshuesado		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		5 30 23.5							
				Retire las placas de embalaje		unidades/minuto o Tareas minuto OCRA		3.3 36.7 23							

U: Univariado. M: Multivariado; NMQ: Cuestionario Nórdico

Fuente. Elaboración propia.

Discusión

Los principales hallazgos de la presente revisión sugieren que existe relación entre el nivel de riesgo evaluado por el método OCRA Alfonso H. & Orjuela R (2016) Álvarez et, al. (2012) Dos Santos et, al (2017) y la prevalencia de DME en trabajadores de diferentes sectores productivos (industria de calzado, cultivos de flores, procesadora de salmón, mataderos de aves, deshuese de salmón, línea de ensamble en U, jardineros); contemplando variables sociodemográficas, características de los diferentes procesos, dadas por la actividad a realizar, tiempo, intensidad, frecuencia, postura, que permitieran evaluar por medio del método OCRA cada proceso realizado por cada trabajador.

Al clasificar el grado de riesgo, se encontró que las variables sociodemográficas no son aborda-

das en todos los estudios revisados, dado que la información posee escasas asociaciones estadísticas; no obstante, en el estudio realizado por Alfonso H. & Orjuela R, (2016) (floricultores) se relacionan factores como, edad, sexo, estado civil, nivel educativo, identificación de tareas, tiempo de exposición a cada una de ellas y actividades extra-laborales como cuidado de hijos y labores domésticas del hogar; similar a Dos Santos et, al (2017) (industria del calzado), que relaciona edad, sexo, experiencia laboral, tipo de trabajo, identificación de tareas asociadas al cargo y la aparición de DME. De igual modo, en Álvarez et, al (2012) se relaciona edad, sexo, identificación de tareas, tiempo de antigüedad en el cargo, tiempo de duración en cada tarea y la aparición de DME; sin embargo, también se relacionan factores como las diferentes estaciones del año y las posturas con las que se realiza el trabajo.

Media ajustada	Desviación típica ajustada	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Postura	Adicional	Coefficiente de correlación RHO	Pearson	P	VALOR CHECKLIST OCRA	Likelihood ratio test. P	P E-Value	A ₀	A ₁	R ²	OR	OR chi2	IC -95%	n	P. trend	ORa (Odds Ratio ajustada por ritmo de trabajo)	SACKETT

De acuerdo con lo anterior, en el estudio de Dos Santos et al (2017) (operarios empresa de calzado) las variables de sexo (p=0.5563) y educación (p=0.6189) no intervienen de manera significativa para presentar nivel de riesgo medio de deterioro en el sistema músculo-esquelético. Sin embargo, en la variable edad (mayores de 40 años) (p=0.0038) se identificaron factores relacionados con problemas de salud y daños al sistema músculo-esquelético, similar a lo encontrado en Hernández (2010) (39) (floricultores), donde se evidencia que la tendencia a desarrollar DME se presenta en población donde el 63.4% se encuentran en un rango de edad $\bar{X}=46.5$ años ds= 6.5, ya que ésta se relaciona con el nivel de escolaridad (básica primaria) donde es mayor la exigencia de trabajo y desempeño de distintos oficios (r=0.480 p=0.001) en el desarrollo de STC, y el sexo (femenino) debido a las actividades extra-laborales cuidado de hijos (OR=

3.9 p=0.06 IC: 95%) y labores domésticas del hogar (RHO= 0.407). Sin embargo, las dos poblaciones evaluadas son disímiles, puesto que, en esta última, las mujeres desempeñan actividades dadas por cuidado de hijos y labores domésticas llamadas por el autor actividades extra-laborales (cuidado de hijos, labores domésticas).

Por otra parte, en Dos santos et al. (2017) (operarios de empresa de calzado) se relaciona el tipo de función (una sola función dentro de la unidad de celda) y un índice promedio OCRA $\bar{X}= 5.09$ ds= 4.18 para extremidad superior izquierda con un riesgo de aparición de DME OR: 1,22 X 10²; contrario a lo encontrado en Cunha et al. (2015) (matadero de aves), donde el nivel de riesgo es moderado $\bar{X}=18.3$ ds=: 2.8 evaluado por el método OCRA, cuya puntuación para la extremidad superior derecha es $\bar{X}= 18$ ds= 2,8 riesgo

significativamente mayor ($p= 0.014$) que la extremidad contralateral $\bar{X}=16.9$ $ds= 3$. Así mismo, en Ilardy (2012) (43) (industria de salmón) todas las actividades asignadas fueron de $\bar{X}=18.3$ $ds= 2.7$ en la lista de verificación, donde se calificó que para miembro superior derecho indican $\bar{X}=13.79$ $ds= 4.59$ y miembro superior izquierdo $\bar{X}=3.59$ $ds= 0.41$; por consiguiente, para MSD existe “muy alto riesgo” ($p= < 0.05000$) de desarrollar DME. Por otra parte, en Lorca & Pinto, (2015) (empresa procesadora de salmón) se toman los valores de cada actividad (destaca por cada extremidad el número de acciones técnicas, t de ciclo, frecuencia, fuerza, posturas) y se evalúa los puestos, obteniendo como resultado final en la puntuación OCRA 14 puntos; los valores promedio de índice intrínseco de riesgo para la extremidad superior derecha son de $\bar{X}=29$ $ds= 8$ y $\bar{X}= 23$ $ds= 9$ para la extremidad superior izquierda ($r=0.71$), ambos considerados de riesgo alto para desarrollar DME por tener mayor índice de alta repetitividad en cada labor ejercido durante el horario de trabajo

En relación con la industria de balanceo de líneas de ensamble en U, no es comparable con otros estudios tras analizar que según lo encontrado en Coronado & Ospina, (2013) se relaciona un conjunto de tareas de la línea de ensamble considerando el desarrollo de la fuerza, actividades realizadas con los brazos extendidos, el tiempo que permanecen elevadas, las actividades realizadas en un rango de 7 a 8 horas y la necesidad de realizar actividades repetitivas. De acuerdo con los resultados, se encontró en la puntuación OCRA el nivel de riesgo es igual a 5.74 puntos ($(0.7+1+4) *1$), mostrando un nivel de riesgo medio de desarrollar DME que requiere cuidado especial.

Conclusiones

De acuerdo con revisión sistemática realizada, se encontró un limitado uso del método OCRA para la detección de DME en los trabajadores de diferentes sectores productivos. No obstante, los resultados sugieren que existe relación entre los niveles de riesgo evaluados por el método OCRA y la prevalencia de DME en trabajadores de la industria de calzado, jardinería, floricultores, procesadores de salmón, matadero de aves y deshuese de salmón, evidenciando una situación de relativa desventaja en personas que tienen una edad superior a los 40 años.

Los trabajadores de la industria del calzado presentan un nivel de riesgo de aparición de DME evaluado por el índice OCRA en extremidad superior izquierda contrario a lo mostrado en la industria de matadero de aves, donde el nivel de riesgo es moderado para extremidad superior derecha, riesgo que presenta una significancia mayor al estudio de industria del calzado; similar a lo evidenciado en la industria procesadora de salmón, donde los resultados mostraron que para miembro superior derecho existe “muy alto riesgo” de desarrollar DME. Ligado a lo anterior, hubo asociación entre el método OCRA (puntuación ≥ 9) y el desarrollo de DME en la mayoría de los trabajadores expuestos a riesgos ergonómicos por movimientos repetitivos industria de calzado, floricultores, industria de salmón y jardinería; sin embargo, debido al diseño de algunos estudios no se puede definir el grado de riesgo y el desarrollo de DME.

Por otra parte, no fue posible realizar la comparación de la industria de ensamble puesto

que los factores sociodemográficos (desarrollo de la fuerza, actividades realizadas con los brazos extendidos, el tiempo que permanecen elevadas, las actividades realizadas en un rango de 7 a 8 horas y la necesidad de realizar actividades repetitivas) no se podían asociar a otros estudios analizados.

De tal manera, la revisión sugirió que el uso del método OCRA (nivel de riesgo biomecánico) está relacionado con la aparición de DME de origen laboral en los diferentes sectores productivos, de modo tal, que si las labores son mono-funcionales, con movimientos de alta repetitividad y que en gran medida requiera la utilización de las extremidades superiores, puede utilizarse como un instrumento de gran utilidad que permite evaluar y predecir la aparición de riesgos biomecánicos y desarrollo de DME; no obstante, debido a los sesgos de publicación y diseño de estudio de los documentos individuales hallados, se recomienda desarrollar estudios de mayor grado de evidencia que permita establecer la efectividad del método.

Limitaciones. Las principales limitaciones de la presente revisión son el uso de material de acceso libre, literatura diferente a publicados en español, inglés y portugués, sin dejar de lado que el método OCRA sólo evalúa movimientos repetitivos de frecuencia, intensidad y fuerza en extremidades superiores, obviando otras estructuras partícipes en las diferentes actividades. La presente revisión se limita por la fidelidad de la información ya que los artículos revisados cuentan con un alto componente subjetivo. Dentro de otras limitantes se encuentra la poca homogeneidad de los análisis estadísticos presentados en cada uno de

los estudios, debido al muestreo, tamaño de muestra, entre otras variables como sociodemográficas y culturales.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Agradecimientos: Esta investigación fue apoyada por Posgrados Salud de la Fundación Universitaria del Área Andina y la Universidad Nacional de Colombia (Bases de datos).

Referencias

1. Luttmann A, Jager M, Griefahn B. Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el lugar de trabajo. Ser Prot la salud los Trab [Internet]. 2004 [cited 2018 Jan 29];(5):1–30. Available from: http://www.who.int/occupational_health/publications/en/pwh5sp.pdf
2. Prado J Del. ¿Que son los movimientos repetidos y cuales son sus causas? [Internet]. Bussines School; 2016 [cited 2019 Feb 25]. Available from: <https://blogs.imf-formacion.com/blog/prevencion-riesgos-laborales/actualidad-laboral/que-son-los-movimientos-repetidos/>
3. Barrios D, Bermúdez S, Contreras O. Condiciones Y Medio Ambiente De Trabajo: Ruido , Iluminación Y Ventilación. Investigación. 2010;Pág 22.
4. Triana C. PREVALENCIA DE DESÓRDENES MUSCULO ESQUELÉTICOS Y FACTORES ASOCIADOS EN TRABAJADORES DE UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. Universidad Javeriana; 2014. 203 p.
5. Salazar Y, Viveros J, Ararat J, Castillo C, Rios C. Factores de riesgo asociados a sintomatología de dolor, en descortezadores de la Cooperativa Agroforestal del Cauca (Cootraforc) Popayán, segundo periodo de 2008. Rev Nac Investig Memorias [Internet]. 2010 [cited 2019 Feb 25];62–77. Available from: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/index/search/search>

6. Arévalo N. Salud en el trabajo: desórdenes musculoesqueléticos. *Rev Segur Minera* [Internet]. 2012 [cited 2019 Feb 25]; Available from: <http://www.revistaseguridadminera.com/salud-ocupacional/desordenes-musculo-esqueleticos/>
7. Punnett L, Wegman DH. Work-related musculoskeletal disorders: The epidemiologic evidence and the debate. *J Electromyogr Kinesiol*. 2004;14(1):13–23.
8. Perdomo-Hernandez M. Grado de pérdida de capacidad laboral asociada a la comorbilidad de los desórdenes músculo esqueléticos en la Junta de Calificación de Invalidez , 2009-2012. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*; Julio 2 de 2014. Vol. 2014;46(3):249–58. Available from: <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistasaluduis/article/view/4501/5305>
9. García AM, Gadea R, Sevilla MJ, Genís S. Colaboración especial. 2009;509–18.
10. Vicente Á de, Díaz C, Zimmermann M, Galiana L. Trastorno musculoesquelético en el ámbito laboral en cifras. 2012;42. Available from: [http://www.oect.es/Observatorio/5 Estudios tecnicos/Otros estudios tecnicos/Publicado/Ficheros/El TME en el ámbito laboral en cifras.pdf](http://www.oect.es/Observatorio/5%20Estudios%20tecnicos/Otros%20estudios%20tecnicos/Publicado/Ficheros/El%20TME%20en%20el%20ámbito%20laboral%20en%20cifras.pdf)
11. Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo. Trastornos musculoesqueléticos de origen laboral en Europa. *Saf Heal* [Internet]. 2001;(August):59–60. Available from: [http://www.oect.es/Observatorio/5 Estudios tecnicos/Otros estudios tecnicos/Publicado/Ficheros/El TME en el ámbito laboral en cifras.pdf](http://www.oect.es/Observatorio/5%20Estudios%20tecnicos/Otros%20estudios%20tecnicos/Publicado/Ficheros/El%20TME%20en%20el%20ámbito%20laboral%20en%20cifras.pdf)
12. Asociación de Especialistas en Prevención y Salud Laboral. El reconocimiento de los trastornos músculo-esqueléticos en Europa. Estudio de Eurogip | AEP-SAL [Internet]. 2007 [cited 2019 Feb 25]. Available from: <https://www.aepsal.com/tme-en-europa/>
13. Instituto Naional de Seguridad e Higiene en el Trabajo INSHT. Informe anual de accidentes de trabajo en España 2012 [Internet]. 2012. p. 19. Available from: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=f9a6843726bc1410VgnVCM1000008130110aRCRD&vgnnextchannel=25d44a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>
14. Boltz S, Giffeler S, Belopopsky A. Un mundo sin accidentes mortales en el trabajo es posible. *Congr Mund sobre Segur y salud en el Trab* [Internet]. 2004 [cited 2019 Feb 25]; Available from: https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_301241/lang-es/index.htm
15. Ministerio de Protección social. Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Desórdenes Musculoesqueléticos (DME) relacionados con Movimientos Repetitivos de Miembros Superiores (Síndrome de Túnel Carpiano, Epicondilitis y Enfermedad de De Quervain (GATI-DME) SUBCENTRO DE SEGUR [Internet]. 2006. Available from: https://www.epssura.com/guias/guias_mmss.pdf
16. Ministerio de Trabajo Colombia. Informe Ejecutivo II Encuesta Nacional General De Riesgos Laborales De Colombia. 2013;56. Available from: https://ccs.org.co/salaprensa/images/Documentos/INFORME_EJECUTIVO_II_ENCSST.pdf
17. Villar M. POSTURAS DE TRABAJO: EVALUACIÓN DEL RIESGO [Internet]. Madrid; 2015. Available from: [http://www.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Formacion divulgacion/material didactico/Posturas trabajo.pdf](http://www.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Formacion%20divulgacion/material%20didactico/Posturas%20trabajo.pdf)
18. Rubio Romero JC. Métodos de evaluación de riesgos laborales [Internet]. Santos D de, editor. 2004 [cited 2019 Feb 26]. Available from: <http://www.editdiazdesantos.com/libros/rubio-romero-juan-carlos-metodos-de-evaluacion-de-riesgos-laborales-L03006330801.html>
19. Llaneza FJ. Ergonomía y psicología aplicada : manual para la formación del especialista. Lex Nova; 2008.
20. Dimate AE, Rodríguez DC, Rocha AI. RULA en diferentes sectores productivos : una revisión sistemática de la literatura. 2017;49(1).
21. Ergo IBV. Evita las lesiones posturales en el trabajo

- con el Método Reba [Internet]. 2015 [cited 2019 Feb 26]. Available from: <http://www.ergoibv.com/blog/metodo-reba-evita-las-lesiones-posturales-2/>
22. Ergonautas. Métodos para la evaluación ergonómica de puestos de trabajo [Internet]. 2015 [cited 2019 Feb 26]. Available from: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos-evaluacion-ergonomica.html>
 23. Félix M, Fernández V. Evaluación JSI. Inst Galego Seguridade e Saúde Labor. 2009;1–46.
 24. Asensio-Cuesta S, Diego-Mas JA, Marzal JA. Xiv International Congress on Project Engineering Evaluación De Un Puesto De Trabajo Para Reducir La Incidencia De Trastornos Músculo-Esqueléticos Aplicando El Método Check List Ocra. 2010;2167–92.
 25. Ruiz L. Manipulación Manual de Cargas. Ecuación NIOSH. Vol. 20, INSHT. 2011. p. 1044–7.
 26. Marcial B, Llorente M. Evaluación de la ergonomía en la logística. 2017;
 27. Rojas Picazo A, Ledesma de Miguel J. Método de evaluación de la exposición a la carga física debida a movimientos repetitivos : Estudio de campo. *Segur y Salud en el Trab.* 2003;26:20–44.
 28. Santos CM da C, Mattos Pimenta C, Cuce Nobre M de R. Estrategia Pico Para La Construcción De La Pregunta De Investigación Y La Búsqueda De Evidencias the Pico Strategy for the Research Question Construction and Evidence Search a Estrátégia Pico Para a Construção Da Pergunta De Pesquisa E Busca De Evidências. 2007;15(3):1–4. Available from: www.eerp.usp.br/rlae
 29. Ferreira González I, Urrútia G, Alonso-Coello P. Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Rev Española Cardiol.* 2011;64(8):688–96.
 30. Hutton B, Catalá-lópez F, Moher D. La extensión de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas que incorporan metaanálisis en red : PRISMA-NMA The PRISMA statement extension for systematic reviews incorporating network. *Med Clin (Barc)* [Internet]. 2016;147(6):262–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.medcli.2016.02.025>
 31. Colombini D. Occupational musculo-skeletal disorders of the upper limbs due to mechanical overload. 1998 [cited 2019 Feb 26]; Available from: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&-q=Occupational+Muskuloskeletal+disorders+of+the+upper+limbs+due+to+mechanical+overload&btnG=
 32. Occhipinti E, Colombini D. A Checklist for Evaluating Exposure to Repetitive Movements of the Upper Limbs Based on the OCRA Index. *Int Encycl Ergon Hum Factors, Second Ed - 3 Vol Set.* 2001;1:2535–41.
 33. Colombini D, Occhipinti E, Grieco A. Risk assessment and management of repetitive movements and exertions of upper limbs : job analysis, Ocra risk indices, prevention strategies, and design principles [Internet]. Elsevier; 2002 [cited 2019 Feb 26]. 200 p. Available from: <https://www.sciencedirect.com/bookseries/elsevier-ergonomics-book-series/vol/2/suppl/C>
 34. Colombini D, Occhipinti E. Preventing upper limb work-related musculoskeletal disorders (UL-WMSDs): New approaches in job (re)design and current trends in standardization. *Appl Ergon.* 2006;37(4 SPEC. ISS.):441–50.
 35. Occhipinti E, Colombini D. Updating reference values and predictive models of the OCRA method in the risk assessment of work-related musculoskeletal disorders of the upper limbs. *Ergonomics.* 2007;50(11):1727–39.
 36. Colombini D, Occhipinti E, Fanti M. METODO OCRA - PARA A ANALISE E A PREVENÇÃO: DO RISCO POR MOVIMENTOS REPETITIVOS [Internet]. LTR, editor. 2008 [cited 2019 Feb 26]. 336 p. Available from: <https://www.amazon.es/METODO-ANALISE-PREVENCAO-MOVIMENTOS-REPETITIVOS/dp/8536112255>
 37. Colombini D, Occhipinti E, Cerbai M, Battevi N, M. P. Aggiornamento di procedure e di criteri di applicazione della Checklist OCRA. *Med Lav.* 2011;

38. Alvarez-Casado E, Colombini D, Occhipinti E. The Revised OCRA Checklist method [Internet]. 2013. Available from: <http://www.ergonomiesite.be/documenten/repetitief/Revised-OCRA-Checklist-Book.pdf>
39. Hernández, Alfonso; Erley M. Factores laborales y Extralaborales de floricultores con síndrome del túnel del carpo. Cundinamarca - Colombia. *Med Segur Trab.* 2010;56(220):220–5.
40. Alvarez-Casado E, Hernandez-Soto A, Tello S, Gual R. Study of biomechanical overload in urban gardeners of Barcelona: Application of analytical models for risk exposure evaluation in annual working cycle. *Work.* 2012;41(SUPPL.1):3973–80.
41. Fernandes JGB, Silva LB da, Souza EL de, Leite WK dos S, Colaço GA. Risk of WMSDs in monofunctional and multifunctional workers in a Brazilian footwear company. *Production.* 2017;27(0):1–15.
42. Reis PF, Moro ARP, Gontijo LA, Reis DC dos, Hemberger PK, Ramos E. Assessment of Risk Factors of Upper-limb Musculoskeletal Disorders in Poultry Slaughterhouse. *Procedia Manuf.* 2015;3(Ahfe):4309–14.
43. Ilardi JS. Relationship between productivity, quality and musculoskeletal disorder risk among deboning workers in a Chilean salmon industry. *Work.* 2012;41(SUPPL.1):5334–8.
44. Lorca A, Pinto RR. Identificación de riesgos Biomecánicos. 2015;6.
45. Gallón, J., Castro, D. Caracterización morfológica y Evaluación clínica de sustitutos óseos de origen porcino de la casa 3Biomat para su aplicación en lesiones óseas bimaxilares. *NOVA.* 2017; 15 (27): 11 - 23
46. Gómez, E., Rodríguez, A., Ordosgoitia, K., Rojas, M., Severiche, C. Riesgos psicosociales en personal de asistencia de una clínica de tercer nivel de la ciudad de Cartagena de Indias en 2016. *NOVA.* 2017; 15 (27): 77 - 89
47. Ibarra, A., Rúa E. Evaluación de la calidad en la atención al usuario del servicio de urgencias del hospital público de Yopal en Casanare, Colombia. *NOVA.* 2018; 16 (30): 21-31
48. Sierra, D., Bedoya, E. Prevalencia de hipoacusia neurossensorial inducida por ruido en empresas del sector madera de la ciudad de Cartagena. 2015. *NOVA.* 2016; 14 (26): 47-56
49. Coronado-Hernandez JR, Ospina Mateus H. Incorporación de Riesgos Ergonómicos en el Balanceo de Líneas de Ensamble en U. *WPOM - Work Pap Oper Manag.* 2013;4(2):29–43.

Condición clínica y niveles de colinesterasa de trabajadores informales dedicados a la fumigación con plaguicidas

Clinical condition and colinesterase levels of informal workers dedicated to fumigation with pesticides

José Moisés Luna Rondón¹, Mónica Isabel Hanna Lavallo¹, Concepción Elena Amador¹

Resumen

Introducción. Las prolongadas exposiciones a diversos plaguicidas pueden alterar la salud de los individuos mediante alteración de la funcionalidad de la enzima colinesterasa. **Objetivo.** Determinar los síntomas clínicos por efectos probables de inhibición de las enzimas colinesterasas en un grupo de fumigadores del sector informal de la economía. **Materiales y métodos.** Diseño analítico, prospectivo. A cada uno de los 256 fumigadores sin otras condiciones susceptibles de afectar la enzima, se le tomó semestralmente muestra de 10 mL de sangre venosa periférica; hasta completar 4 mediciones. Cada muestra de sangre fue repartida en dos tubos heparinizados, preservados en frío (2–8°C) hasta 10 horas máximo. El rango de normalidad utilizado como referencia fueron las cifras encontradas para Colombia por Carmona-Fonseca en adultos no expuestos utilizando la técnica EQM[®], la misma que ha sido utilizada en este estudio. **Resultados.** La edad de inicio en la tarea de fumigación fue de 14 a 16 años (73%), 100% se mantuvo laboralmente activos, en contacto laboral con insecticidas órgano-fosforados y diversos compuestos activos herbicidas durante tiempo de exposición entre 8 y 28 años (67%). El promedio de las cuatro mediciones de colinesterasa eritrocitaria en fumigadores osciló entre 33.8 y 27.6, con descensos progresivos del valor inicial (67%) en las mediciones sucesivas, existe 37.2% de sintomáticos para intoxicación crónica. **Conclusiones.** La exposición continuada a plaguicidas refleja alteraciones de la colinesterasa eritrocitaria entre los fumigadores informales. **Discusión.** Hallazgos similares con Abou-Hatab en relación con resultados y la edad, entre expuestos sintomáticos se evidencia intoxicación crónica.

Palabras claves: ocupación, plaguicidas, colinesterasa, laboratorio, trabajadores informales, exposición ocupacional.

1. Docente-investigador Universidad de Córdoba.

Montería, Córdoba. Colombia.

ORCID JMLR: <http://orcid.org/0000-0003-0489-1544>

ORCID MIHL: <http://orcid.org/0000-0002-0008-3374>

ORCID CE: <http://orcid.org/0000-0003-3311-0938>

Correspondencia: Concepción Amador. Dirección: Universidad de Córdoba. Carrera 4ª #76-103. Facultad de Ciencias de la Salud Montería, Córdoba. Colombia. Celular: 3012742172; Fax: (4) 7860254. conceamamador@yahoo.es

Recibido: 28/09/2018
Aceptado: 18/10/2018

Abstract

Introduction. Prolonged exposures to various pesticides can alter the health of individuals by altering the functionality of the cholinesterase enzyme. **Objective.** To determine the clinical symptoms by probable effects of inhibition of the cholinesterase enzymes in a group of fumigators of the informal sector of the economy. **Materials and methods.** Analytical, prospective design. To each of the 256 fumigators without other conditions susceptible to affect the enzyme, a 10mL sample of peripheral venous blood was taken every six months; until completing 4 measurements. Each blood sample was divided into two heparinized tubes, preserved in cold (2-8°C) up to 10 hours-maximum. The normality range used as a reference was the figures found for Colombia by Carmona-Fonseca in adults not exposed using the EQM® technique, the same one that has been used in this study. **Results.** The age of initiation in the fumigation was 14 to 16 years (73%), 100% remained labor-active, in labor contact with organophosphorus insecticides and various herbicidal active compounds during exposure time between 8 and 28 years (67%). The average of the four measurements of erythrocyte cholinesterase in sprayers ranged between 33.8 and 27.6, with progressive decreases of the initial value (67%) in the successive measurements; there are 37.2% of symptomatic for chronic intoxication. **Conclusions.** The continuous exposure to pesticides reflects alterations in the erythrocyte cholinesterase among the informal fumigators. **Discussion.** Similar findings with Abou-Hatab in relation to results and age, among symptomatic exposed chronic poisoning are evidenced.

Keywords: occupation, pesticides, cholinesterase, laboratory, informal workers, occupational exposure.

Introducción

Colombia en sus regulaciones, define la enfermedad laboral como la contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se ha visto obligado a trabajar. De acuerdo con reportes oficiales de las estadísticas Presidenciales Ministerio de Salud y Protección Social - Sistema de Información Gremial de la Federación de Aseguradores Colombianos (Fasecolda), en Colombia un 11.0% de las enfermedades profesionales que han sido calificadas por actividad económica, corresponden al sector de agricultura, pesca y caza que conglomeran una cantidad considera-

ble de oficios tanto del sector formal como del informal; y como parte de ello, se han realizado algunos avances en las determinaciones de las frecuencias de intoxicaciones por plaguicidas en Colombia (1-3).

En Córdoba (Colombia), debido al predominio de la economía agropecuaria, cerca del 80% de la fuerza laboral del territorio se localiza en las áreas rurales, en las que existen familias que derivan su sustento diario de actividades informales como sembradores, plagueros, recolectores, macheteros, fumigadores de cultivos, de bovinos y de otras especies menores. Esta última actividad se realiza en las fincas de grandes y pequeños propietarios con

el fin de controlar las plagas susceptibles de afectar los rendimientos económicos de su explotación agrícola o ganadera.

En curso de esta actividad en la zona de sabanas de Córdoba se ha censado a 785 personas que ejercen de manera informal y diaria esta labor, por lo que de manera continua se exponen laboralmente a una diversidad de compuestos químicos de uso agrícola y pecuario. Debido a la informalidad en la cual se realiza dicha exposición los fumigadores no tienen acceso a los beneficios educativos y de protección laboral que cubre el sistema de riesgos laborales vigente en Colombia. A causa de lo anterior, los fumigadores que trabajan en los campos agropecuarios a pesar del riesgo de intoxicación aguda y crónica desconocen sus niveles de Colinesterasa Eritrocitaria (CE) y sérica.

El grupo de enzimas orgánicas encargadas de realizar la hidrólisis de la acetilcolina y otros ésteres de la colina durante el proceso bioquímico de metabolización se llaman “colinesterasas” y sus resultados e interpretaciones pueden variar dependiendo del método o la técnica utilizada. Si bien es cierto que los plaguicidas actúan como inhibidores de las colinesterasas; también se reconoce que existen otras condiciones susceptibles de afectar las cifras de colinesterasa, como la condición nutricional, según la cual, la desnutrición produce disminución de la CE y la obesidad la altera, reflejando aumento de la CE. Así mismo, algunos medicamentos tienden a reducir los valores de colinesterasa, condiciones que podrían dar lugar a falsos positivos y también a falsos negativos en entre los sujetos en estudio (4-9).

Todas estas condiciones se reflejan en un amplio rango de fluctuaciones interindividuales e

intraindividuales, que se expresan en los rangos de normalidad definidos para la interpretación de resultados. Al respecto y para controlar tal dispersión de los datos, Carmona-Fonseca, realizaron en Colombia un estudio para determinar los valores de referencia nacionales en población de hombres adultos no expuestos, utilizando dos técnicas de medición de CE. En cuanto a las mediciones encontrada con la técnica EQM®, se identificó que las cifras basales normales en individuos sanos, no expuestos a plaguicidas, corresponde a 35,21 U/g de oxihemoglobina expresadas en valores aceptables de colinesterasa eritrocitaria (IC95%) entre 34,82 a 35,60 U/mL que fueron los utilizados como referentes en la interpretación de los hallazgos (10,11).

Las investigaciones disponibles en el área de toxicidad que se han realizado en el contexto local son muy puntuales y se relacionan con agentes específicos como intoxicación por mercurio en los cuerpos de aguas de las principales ciénagas. Entre los fumigadores sujetos del estudio se han realizados algunos estudios sobre colinesterasa sérica tras la accidentalidad conducente a intoxicación aguda, pero ninguno en el Departamento de Córdoba y el estudio sobre intoxicaciones agudas atendidas (11-14).

Estos fumigadores debido a su trabajo, están sometidos a diario a pequeños contactos accidentales con los compuestos químicos del grupo de órgano-fosforados, carbamatos y piretroides. Dichos accidentes se presentan en diversos momentos desde la compra y transporte, la aspersión sin elementos de protección personal (EPP) apropiados, hasta la forma de guarda y custodia de los equipos y ropa de trabajo, la cual de manera habitual involucra

exposiciones incluso en el ámbito doméstico, pues los equipos (bombas de espalda) se aseguran en las habitaciones debajo de las camas y la ropa de trabajo es utilizada de manera continua varios días antes del lavado de las mismas. (15,16)

El equipo investigador en estudios descriptivos previos logró identificar en esta población de fumigadores signos y síntomas sugestivos de intoxicación crónica por exposición a compuestos químicos de uso agropecuario. Situación que motivó la realización del estudio que se presenta con el objetivo de asociar esta sintomatología sugestiva de intoxicación crónica con pruebas de laboratorio; con lo cual pretende identificar las reales condiciones de salud de esta población expuesta, con el fin de aportar soluciones viables a la problemática y prevenirla a futuro. (18)

Materiales y métodos

El área geográfica donde se localizaron los fumigadores participantes fue la zona rural de la región de sabanas de Córdoba (Colombia), conformada por siete municipios reconocidos por su vocación agrícola y pecuaria.

Se realizó un estudio analítico, transversal y prospectivo de dos años de duración, en el cual se aplicó el muestreo intencional mediante actividades sucesivas y complementarias en dos etapas a saber:

Primera etapa. Educación para el autocuidado y tamizaje. En sesiones educacionales para fomento del autocuidado de la salud en ambientes laborales, se capacitó al grupo de fumigadores asistentes en cuanto a uso de EPP, niveles de toxicidad de los compuestos que es-

parce y medidas preventivas para la salud de las personas. Se realizaron las actividades para tamizaje y previo descarte de la muestra de aquellos individuos fumigadores que presentaban condiciones patológicas, consumo habitual de caféina y nicotina; así como también a aquellos que reportaron el uso de medicamentos inhibidores de CE incluidos en la lista como Sulfonamidas y Lorazepam. En total la exclusión correspondió a 12% de los evaluados.

Segunda etapa. Consentimiento informado y toma de información. A cada uno de los 256 participantes seleccionados en la primera etapa se le ilustró debidamente sobre el proyecto, sus objetivos, alcances y métodos para obtener el consentimiento informado de su participación que involucraba la toma de cuatro muestras seriadas de sangre periférica con periodicidad semestral.

Ninguno de los sujetos participantes del grupo de estudio tenía resultados de laboratorio previo al inicio de la exposición, y que debido a que derivan su sustento familiar del trabajo diario era improbable obtener las cifras de referencia, pues implicaba someterlos a largos periodos de carencia (sin exposición); fue necesario seleccionar un grupo similar en población no expuesta a compuestos agroquímicos para obtener las cifras de referencia basales en esta población.

El mismo procedimiento de las etapas uno y dos se aplicó al grupo de no fumigadores formado por miembros de una comunidad étnica perteneciente a los cabildos indígenas residentes en las zonas de sabanas de Córdoba. Este grupo fue seleccionado debido a que en ocasión de su trabajo agropecuario no están expuestos a químicos agrícolas, pues su produc-

tividad se realiza en condiciones de protección a la madre tierra.

Métodos. Mediante entrevista se tomaron datos de las características socio-demográficas, así como los antecedentes de exposición (edad de inicio, tiempo de trabajo, frecuencia diaria y semanal de exposición, compuestos químicos que utiliza, frecuencia de accidentalidad, compuestos involucrados en el accidente, tratamiento recibido); mediante una serie de visitas de campo a las áreas de labor se observaron las formas en que ocurren los incidentes de contacto accidental con pequeñas dosis del químico y los mecanismos de disposición final de residuos y empaques contenedores de los compuestos.

Así mismo se realizó valoración médica ocupacional en cuatro oportunidades (una cada seis meses). La primera, previa al conocimiento de los resultados de laboratorio, en la cual se buscaba de manera activa la identificación en cada sujeto de sintomatología asociada; y la segunda, con resultados de los exámenes. En esta sesión el médico y enfermeras ocupacionales brindaron educación específica al participante sobre sus riesgos individuales, sobre su estado de salud y se dieron recomendaciones para el trabajo y el hogar de manera que se controlaran los riesgos para la salud de los fumigadores y sus familias. Mediante cita previa prioritaria fueron remitidos los casos positivos identificados a la Empresa Promotora de Salud en la cual estaba afiliado el participante, con recomendaciones médicas para atención de la condición de salud identificada.

A cada trabajador agrícola seleccionado se le tomó, entre las 7:20 y las 11:20 de la mañana, una muestra de 10 ml de sangre venosa peri-

férica, la cual fue repartida en dos tubos con heparina que se colocaron en frío hasta llegar al laboratorio (4.2 horas aproximadamente). En el laboratorio, las muestras se conservaron refrigeradas a 2–8°C hasta el momento del procesamiento para su análisis (10 horas como máximo).

Las mediciones de CE se realizaron mediante la técnica EQM® en la cual para obtener los valores de colinesterasa eritrocitaria mediante espectrofotometría empleando el valor de la oxihemoglobina presente en la muestra de sangre; se consideraron como normales los valores de referencia para Colombia en población de hombres adultos no expuestos, siendo las cifras encontradas con la técnica EQM® correspondientes a 35,21 U/g de oxihemoglobina (IC95%: 34,82U/mL a 35,60U/mL). Con la selección de los participantes, excluyendo otras causas de alteración de la colinesterasa, se pretendía controlar la posibilidad de falsos positivos y falsos negativos en la población estudiada. (4, 6,11)

Para el análisis estadístico se usaron los programas Excel de Office para Windows 8, SPSS 9.0 y EpiInfo 6.04. En todas las pruebas estadísticas se aplicó un nivel de significación p de 0,05.

La estadística aplicada se basó en medidas epidemiológicas y correlacionales utilizando la corrección de significación de Lilliefors; los hallazgos se presentan en cuadros que agrupan la información de interés.

Resultados

Ninguno de los sujetos participantes del grupo de fumigadores, ni del grupo de no fumiga-

dores se había medido la colinesterasa previo al inicio de la actividad laboral, ni durante el tiempo de ejercicio del trabajo como fumigador.

La totalidad de los participantes se encontraban y mantuvieron activos en su actividad laboral durante el periodo estudiado; estaban afiliados a régimen subsidiado de salud, sin vínculos con administradoras de riesgos laborales ni ninguna otra prestación social debido a la informalidad de su trabajo.

Las condiciones laborales para el 98% de ellos involucra el trabajo independiente, con pago a destajo con ingresos diarios que no superan los 3 dólares (10.000 pesos colombianos – COP) percibidos por un jornal de 6 horas. La edad de inicio en la actividad laboral fue a los 16 años (73%), el tiempo de exposición de 67% de los sujetos del grupo de estudio corresponden a cifras entre 8 y 28 años de exposición a

compuestos. 100% se mantuvo laboralmente activos durante los 24 meses del estudio y expuestos a la acción química de nueve grupos de compuestos tóxicos: órgano-fosforados, carbamatos, piretroides e inhibidores de quitina; Auxínicos o Fenoxi, derivados Picolínicos y Triazinas, amidas y ácidos alifáticos.

Los principales compuestos por tipo de uso utilizados son aquellos con efecto insecticida predominando los compuestos órgano-fosforados (74%) entre los que se destacan los principios activos metil-parathión, clorpirifos, malatión, dimetoato, profenofos; seguido en orden de frecuencias por carbamatos (16%), entre los que se encontró referencia a los ingredientes activos metomil, carbaril, thiodicarb; entre los piretroides (5%) el compuesto cipermetrina; y entre los inhibidores de quitina (5%) el compuesto activo más reportado fue el Lufenurón (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Compuestos químicos insecticidas utilizados en la región de sabanas de Córdoba (Colombia).

GRUPO QUÍMICO	COMPUESTOS ACTIVOS
Organo –fosforados (74%)	Methyl Paration
	Cloripirifos
	Profenofos
	Dimetoato
	Malation
Carbamatos (16%)	Metomil
	Carbaril
	Tiocarb
Piertroides (5%)	Cipermetrina
Inhibidores de quitina (5%)	Leuferonon

Fuente. Primaria – sistematizado con el análisis de los reportes de uso en campo por José Moisés Luna Rondón. Universidad de Córdoba (Colombia).

Los participantes con frecuencia se exponen ocupacionalmente a cinco de estos nueve grupos químicos, 55.6% de los compuestos químicos

tienen acción anticolinesterásica demostrada, y a ellos se exponen 98% de los sujetos valorados con precarias condiciones de protec-

ción laboral. Pudo identificarse mediante observación en campo la exposición continuada de 92% de los sujetos en estudio a goteos, derrames y aspiración.

Las cifras de CE entre fumigadores y no fumigadores evidenció un comportamiento diferencial marcado, en el cual las cifras de los no fumigadores se mantuvo dentro del rango normal con ligeras variaciones dentro, pero con una tendencia sostenida de adherencia al

límite inferior; en tanto los casos de fumigadores tuvieron un comportamiento oscilante con cifras iniciales por debajo de los valores de referencia, los valores obtenidos de colinesterasa eritrocitaria entre los fumigadores mostró fluctuaciones fuera del rango normal, interpretándose como la presencia de afectación o de inhibición. Estos descensos de la CE se evidenciaron con mayor claridad en el 67% de los fumigadores en la tercera y cuarta medición (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Comportamiento de la colinesterasa eritrocitaria entre fumigadores y no fumigadores.

GRUPO	Valores de referencia: 34,82 a 35,60 unidades por mililitro (U/mL). (Carmona- Fonseca, 2007)			
	Rangos de resultados			
	1ª medición	2ª medición	3ª medición	4ª medición
Grupo fumigadores	33,7 – 33,76	32,9 – 33,73	29,82 – 33,17	27,4 – 32,76
Grupo de no fumigadores	34,2 – 34,96	34,15 – 35,1	34,16 – 35,2	34,19 – 35,3
Promedio fumigadores	33,83	33,31	31,0	30,0
Promedio no fumigadores	34,6	34,6	34,7	34,7
Sintomáticos (sugestivo IC) fumigadores	30	35	38	37
Sintomáticos (sugestivos IC) no fumigadores	2	3	1	3

Fuente. Primaria: Conglomerado de los resultados de laboratorio con la técnica EQM®

En relación con los promedios de CE entre fumigadores y no fumigadores evidencia el descenso progresivo entre los casos, lo cual contrasta con la relativa estabilidad entre los no fumigadores. El promedio de las 4 mediciones de CE oscila entre 33.8 y 27.6 U/g de oxihemoglobina, con descensos progresivos del valor inicial (67%).

La distribución de sintomáticos de intoxicación crónica permitió identificar la presencia de entre 30 y 38 personas en esta condición

entre fumigadores (9%-11%) entre los no fumigadores (2,1%) se encontraron algunos sintomáticos, en particular las respuestas afectivas como depresión, desgano que pueden obedecer a otras causas endógenas o exógenas.

Además se pudo determinar que existe una aparente correlación positiva entre los resultados de la medición enzimática en las cuatro pruebas cuantitativas de actividad de la colinesterasa eritrocitaria con la presencia de síntomas de toxicidad crónica.

En la valoración clínica se identificó la existencia de 37.2% de sintomáticos de intoxicación crónica por plaguicidas coincidentes con descensos sostenidos de la CE. En estos casos, los principales síntomas identificados mediante la valoración especializada entre los casos expuestos se relacionan con la sintomatología característica de sobreestimulación del sistema nervioso como contracturas musculares (74%), hipertensión (62%), cefalea (54%); mareos-vértigos; irritabilidad, astenia, inquietud, debilidad y temblor se presentaron en 32% de los participantes; en tanto que los episodios de diarrea, diaforesis, sialorrea, visión borrosa, y miosis estuvieron presentes en

28% de los casos; los síntomas de bradicardia e hipotermia y episodios de confusión entre los casos sintomáticos estuvieron cercanos al 8% de los sintomáticos.

La comparación realizada entre fumigadores de químicos agrícolas y no fumigadores (*no*) quienes presentan condiciones de vida similares, excepto por la exposición continua a los agroquímicos plaguicidas como factor de riesgo (*mi*) se realizó utilizando entre otras medidas estadísticas la razón de nomios o de posibilidades que es una medida de tamaño de efecto utilizando la tabla de 2x2 (ver cuadro 3).

Cuadro 3. Medición de la razón de nomios.

	FUMIGADORES	INDÍGENAS	
Sintomáticos de Intoxicación crónica	140	9	Total de fumigadores (<i>mi</i>) 256
Asintomáticos de Intoxicación crónica	116	247	Total de no fumigadores (<i>no</i>) 256
	Total positivos para inhibición de la colinesterasa (<i>mi</i>) 149	Total negativos para inhibición de la colinesterasa (<i>no</i>) 363	Población total (n) 512

Fuente. Análisis estadístico de la información.

Los resultados de la razón de nomios se interpreta en sentido que cada fumigador tiene 33,1 veces más riesgo de presentar intoxicación crónica que un trabajador agrícola que en su trabajo no está expuesto de manera continua a inhibidores de colinesterasa. Se entiende que la presencia de sintomáticos para intoxicación crónica entre los controles podría ser debido a otras causas como depresión, ansiedad

de leve a severa motivadas por causas externas transitorias que coincidieron con el periodo de muestreo.

Las pruebas estadísticas evidencian correlación entre los niveles de colinesterasa y la presencia de sintomáticos, el tiempo de exposición de 13 a 18 años y el uso inadecuado de los EPP, ver cuadro 4.

Cuadro 4. Correlación entre los niveles de colinesterasa y variables de interés.

		Síntomas	Tiempo de exposición (8-12 años)	Tiempo de exposición (13-18 años)	Exposición accidental continuada	Uso de EPP inadecuados
Niveles de colinesterasa	Coefficiente de correlación	0,949	0,463	0,948**	-0,140	,313**
	Sig. (bilateral)	0,003	0,006	0,004	0,066	0,005
	N	146	110	146	256	248

Fuente. Análisis estadístico de la información.

Discusión

En el estudio se confirma mediante clínica y laboratorio la presencia de intoxicación crónica de origen ocupacional por exposición continuada a bajas dosis del compuesto químico entre un tercio de los participantes. Estos casos positivos para intoxicación crónica no ingresan, por tanto, en el Sistema de Vigilancia epidemiológica por su ausencia en los registros de la notificación semanal obligatoria a las unidades que hacen parte de la Red Nacional de Vigilancia de Colombia, evidenciando el subregistro de la problemática de salud laboral que aqueja a los trabajadores del sector informal (19-21).

Se identificaron hallazgos similares con Abou-Hatab y colaboradores, también con Henao y Corey quienes comprobaron que la actividad de la colinesterasa eritrocitaria no varía con la edad tal y como se comportó en esta población analizada con edades en el rango de 16 a 78 años (17,22).

Si bien es cierto que la asociación entre la inhibición de la CE y la intoxicación crónica

es un hecho demostrado hace muchos años, es la primera vez que se realiza un estudio en Córdoba (Colombia) orientado a determinar mediante resultados clínicos y de laboratorio la real condición de salud de los trabajadores informales dedicados a la fumigación en la actividad agropecuaria.

La utilidad de los resultados en la práctica de salud pública se da en aspectos educacionales a los sujetos de estudio, pero implica además la necesidad de formar a los profesionales de salud en la sospecha clínica e identificación del cuadro de intoxicación crónica y sus síntomas neurotóxicos, pues algunos autores han reportado que los sujetos sintomáticos de intoxicación crónica son medicados con vitaminas y suplementos para intentar controlar la astenia que acompaña el cuadro.

Se evidencia cómo la exposición continuada a plaguicidas se refleja en alteraciones de la CE entre los fumigadores informales, evidenciando intoxicación crónica con resultados de laboratorio que evidencian depresión de la actividad colinesterasica eritrocitaria y la presencia de manifestaciones clínicas prodrómicas.

El comportamiento de la CE entre los fumigadores en comparación con los no fumigadores permite estimar una razón de nomios de 33,1 que indica más riesgo de alteración de la colinesterasa por agroquímicos-plaguicidas entre los fumigadores en comparación con los no fumigadores.

La sintomatología de la intoxicación crónica por plaguicidas puede generar factor de confusión con otra morbilidad, por lo que los cuadros clínicos pueden pasar inadvertidos hasta que esté muy avanzado el nivel de neurotoxicidad.

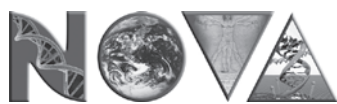
Conflicto de intereses. Los autores hacemos constar que no existe conflicto de intereses entre los autores y ninguna entidad pública o privada relacionada con la producción o comercialización de agroquímicos plaguicidas.

Entidad Financiadora del estudio. La investigación de donde se originó la publicación fue financiada por la Universidad de Córdoba (Colombia) con los recursos del Fondo de Investigaciones de la entidad.

Referencias

- Colombia. Grupo de vigilancia y control de factores de riesgo ambiental. Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones por plaguicidas. 2010. En: https://www.google.com.co/search?q=Protocolo+de+vigilancia+y+control+de+intoxicaciones+por+plaguicidas&rlz=1C1NHXL_esCO735CO736&oq=Protocolo+de+vigilancia+y+control+de+intoxicaciones+por+plaguicidas&aqs=chrome..69i57.2058j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Idrovo, A.J. Vigilancia de las intoxicaciones con plaguicidas en Colombia. 2000. Revista de Salud Pública, 2(1), 36-46.
- Silva E, Morales L, Ortiz JE. Evaluación epidemiológica de plaguicidas inhibidores de acetilcolinesterasas en Colombia, 1996–1997. Biomédica. 2000;20:200–9.
- Carmona-Fonseca, J., Henao, S., y Garcés, R. Valores de referencia de actividad colinesterásica sanguínea en población laboral activa no expuesta a plaguicidas inhibidores de colinesterasa. (2000). Revista Facultad Nacional de Salud Pública, 18(2):55-72
- Fernández, D.G., Mancipe, L.C., y Fernández, D.C. Intoxicación por organofosforados. (2010). Revista Med, 18(1), 84-92.
- Carmona-Fonseca J. Colinesterasas en sangre total medidas con técnica semicuantitativa y en eritrocitos o plasma, medidas con técnicas cuantitativas: relaciones. Biomédica. 2007;27: 244–56
- Díaz, I.C.B., Mosquera, N.L., Maquilón, J.K.P., y Hernández, J.J.A. Síndrome intermedio en intoxicación aguda por organofosforados: reporte de caso. Medicina UPB, (2012). 31(1), 53-58.
- Arroyave, G., Feldman, R., Scrimshaw Y, y N.S. Estudio de los niveles séricos de colinesterasa en niños centroamericanos y su relación con el estado nutricional. (1962). Publicaciones científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 6(59), 217.
- Carmona-Fonseca, J. Colinesterasas eritrocitaria y plasmática en trabajadores con enfermedades crónicas controladas y en usuarios de medicamentos. (2006). Iatreia, 19(1):65-80.
- Carmona-Fonseca J. Correlación y conversión entre los valores de actividad de la colinesterasa plasmática medida por tres técnicas diferentes. Rev Panam Salud Pública. 2007;22(1):35-40.
- Carmona-Fonseca, J. Valores de referencia de la actividad de la colinesterasa eritrocitaria según las técnicas de Michel y EQM® en población laboral de Antioquia, Colombia. Rev Panam Salud Publica 2003.; 14(5): 316-324

12. Marrugo, J., Lans, E., y Benítez, L. Hallazgo de mercurio en peces de la Ciénaga de Ayapel, Córdoba, Colombia. *Revista MVZ Córdoba* 2007;12(1), 878-886.
13. Nava, M.E.P. Aplicación de un instrumento para evaluar exposición a plaguicidas organofosforados, efectos agudos y subagudos en la salud de trabajadores agrícolas. *Rev Fac Med UNAM*, 2003; 46(1):22-27.
14. Teran, C.A.G., Dangond, H.V., y Rangel, A.C. Análisis epidemiológico y clínico de intoxicaciones agudas atendidas en Montería, Colombia. *Revista Médica de Risaralda*, 2015; 21(1):17-21.
15. Burger, M., y Fernández, S. Exposición al herbicida glifosato: aspectos clínicos toxicológicos. (2004). *Revista Médica del Uruguay*, 20(3), 202-207.
16. Puello-Alcocer, E.C., Ortega-Montes, J.E., y Valencia-Jiménez, N.N. Factores sociales asociados a la salud de los trabajadores informales agrícolas de la ciudad de Montería-Córdoba, Colombia. *Revista Universidad y Salud*. 2016; 15(2):103-112.
17. Abou-Hatab K, O'Mahony MS, Patel S, Woodhouse K. Relationship between age and plasma esterases. *Age Ageing* 2001;30(1):41- 45.
18. Puello, EC y Luna, J. Morbilidad sentida y accidentalidad laboral por exposición a factores de riesgo químico en fumigadores de cultivos modales. 2007. Córdoba. Memorias I congreso Internacional y del Caribe en salud ambiental y ocupacional: Salud, Trabajo y Ambiente, Barranquilla, marzo de 2011, p1-10.
19. Zuluaga, M., Robledo, S., Osorio-Zuluaga, G., Yathe, L., Gonzalez, D., Taborda, G. Metabólica y Pesticidas: Revisión sistemática de literatura usando teoría de grafos para el análisis de referencias. *NOVA*. 2016; 14 (26): 121-138
20. Romero, C., Castañeda, D., Acosta, G. Determinación de la calidad bacteriológica del aire en un laboratorio de microbiología en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, Colombia. *NOVA*. 2016; 14 (26): 129-137
21. Sierra, D., Bedoya, E. Prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en empresas del sector madera de la ciudad de Cartagena. 2015. *NOVA*. 2016; 14 (26): 47-56
22. Henao S, Corey G. Plaguicidas inhibidores de las colinesterasas. Serie de Vigilancia 11. Metepec, México: Asistencia Editorial de Clemente Aguilar; 1991. p. 17-169.



NOVA Publicación Científica
en Ciencias Biomédicas

Percepción del riesgo mediante sus atributos psicosociales en trabajadores de la industria metalmecánica en la ciudad de Bogotá, D.C (Colombia).

Perception of the risk through its psychosocial attributes in workers of the metalmechanical industry in the city of Bogotá, D.C (Colombia).

Álvaro Fajardo Zapata¹, Jenny Fabiola Hernández Niño², Yuri Lilian González Valencia³, Héctor Andrés Hernández⁴, Myriam Leonor Torres Pérez⁵.

Resumen

Introducción. La percepción del riesgo en el ámbito laboral se convierte en un elemento crucial para entender las prácticas de trabajo inseguras de los trabajadores, teniendo en cuenta no solo las variables cognitivas sino también las psicosociales. **Objetivo.** Describir la percepción del riesgo mediante sus atributos psicosociales en trabajadores de la industria metalmecánica en la ciudad de Bogotá. **Materiales y métodos.** Estudio descriptivo transversal realizado en la ciudad de Bogotá, D.C, a través de una encuesta aplicada a los participantes del estudio. **Resultados.** La aplicación de la Guía NTP 578 a los trabajadores del sector metalmecánico permitió la realización del perfil comparativo de la magnitud del riesgo percibido y sus atributos para cada una de las actividades que se evaluaron. **Conclusiones.** Los trabajadores del sector metalmecánico, se sienten más vulnerables a las consecuencias que pueden generarles el uso de herramientas cortantes, la exposición al ruido y la exposición a gases y vapores, y le temen a la gravedad del daño que se puede derivar estos riesgos a los cuales están sometidos en su diario vivir en su entorno laboral.

Palabras claves: riesgo, percepción, industria metalmecánica, psicosocial, laboral.

1. Médico Cirujano. Ingeniero Industrial. Candidato a Doctor en Ciencias de la Educación. M.Sc en Toxicología. M.Sc en Salud Pública y Desarrollo Social. Especialista en Salud Ocupacional. Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería y Ciencia Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina de Bogotá.

Bogotá, Colombia.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6067-3053>

2. Bacterióloga. PhD en Salud Pública. M.Sc en Microbiología. Especialista en Docencia Universitaria. Líder Nacional de Investigación. Profesora de la Universidad Nacional a Distancia - UNAD, Bogotá.

Bogotá, Colombia.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0497-5422>

3. Psicóloga. M.Sc en Salud y Seguridad en el Trabajo. Líder del programa de Tecnología en Salud y Seguridad en el Trabajo. Profesora de la Universidad Nacional a Distancia - UNAD, Bogotá.

Bogotá, Colombia.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5625-7508>

4. Ingeniero Industrial. M.Sc en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible. Profesor de la Universidad Nacional a Distancia - UNAD, Bogotá.

Bogotá, Colombia.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8925-3009>

5. Optómetra. PhD en salud Pública. M.Sc en Evaluación en Educación, Especialista en Gerencia en Instituciones de Educación Superior. Decana de la Facultad de la Escuela de Salud de la Universidad Nacional a Distancia - UNAD, Bogotá.

Bogotá, Colombia.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2923-5754>

Correspondencia: afajardo@areandina.edu.co, afajardo2004@gmail.com

Recibido: 03/10/2018
Aceptado: 20/12/2018

Abstract

Introduction. The perception of risk in the workplace becomes a crucial element to understand the unsafe work practices of workers, taking into account not only the cognitive variables but also the psychosocial ones. **Objective.** To describe the perception of risk through its psychosocial attributes in workers of the metal-mechanic industry in the city of Bogotá. **Materials and methods:** A cross-sectional descriptive study conducted in the city of Bogotá, D.C, through a survey applied to the study participants. **Results.** The application of the Guide NTP 578 to the workers of the metalworking sector allowed the realization of the comparative profile of the magnitude of the perceived risk and its attributes for each of the activities that were evaluated. **Conclusions.** Workers in the metalworking sector feel more vulnerable to the consequences that can result from the use of sharp tools, exposure to noise and exposure to gases and vapors, and fear the seriousness of the damage that can be derived from these risks to which they are subjected in their daily life in their work environment.

Keywords: risk, perception, metal-mechanic industry, psychosocial, employee.

Introducción

La percepción del riesgo como proceso cognitivo y social en los seres humanos puede afectar la forma como las personas interactúan con los diversos peligros en su actividad laboral, considerándolos como poco dañinos para su salud, además de creer tener el control y el conocimiento sobre ellos, lo que podría llevar a desencadenar un accidente laboral (1,2).

En este contexto, Morillejo plantea que la percepción del riesgo en el ámbito laboral se convierte en un elemento crucial para entender las prácticas de trabajo inseguras de los trabajadores, teniendo en cuenta no solo las variables cognitivas sino también las psicosociales. Lo cual indica que este proceso está bajo la influencia de los conocimientos previos, los patrones culturales y factores del medio en el que las personas se desenvuelven. De este modo el autor expone que la conducta

preventiva de las personas está en función de la amenaza percibida y de los beneficios que pueda recibir por llevarla a cabo. A su vez esta percepción depende de la susceptibilidad y de la gravedad de las consecuencias que los sujetos perciben al experimentar un accidente laboral, por lo que un trabajador tomará medidas de prevención dependiendo de lo vulnerable o no que se perciba (3).

Slovic, en sus estudios concluye que conociendo el riesgo percibido por las personas, se podrían anticipar muchos de los comportamientos riesgosos que son adquiridos y determinar el conocimiento que tienen las personas sobre el riesgo al que se enfrentan, es fundamental para poder intervenir en ellos (4).

Este mismo autor, en sus investigaciones encontró que los riesgos que son fácilmente aceptados están asociados a actividades vistas como altamente beneficiosas para la perso-

nas. En este sentido se podría considerar que muchas de las condiciones inseguras a nivel laboral pueden ser toleradas por el trabajador y vistas como parte inevitable del mismo, partiendo de los beneficios encontrados de su actividad, como la remuneración económica, el estatus social, etc. (5).

La misma situación es planteada por Blanco *et al.*, cuando exponen que en la toma de decisiones, la persona tenderá a aquella que le genere mayor utilidad. Así se podría llegar a plantear que un trabajador se enfrentará a una situación riesgosa más fácilmente si de la misma, obtendrá algún beneficio, por ejemplo mayor remuneración, ahorro de tiempo, aceptabilidad social, etc. (6).

Dee, en un estudio de percepción del riesgo en el sector agrícola encontró que los trabajadores reconocen que su labor tiene altos riesgos. Sin embargo, consideran que gracias a la realización de esta actividad ellos obtienen calidad de vida para sí mismos y su familia. Así, los beneficios alcanzados se logran por medio de la aceptación de los riesgos, minimizando los mismos, frente a los beneficios recibidos por la realización de la labor. Este autor concluye en su investigación, que la percepción del riesgo es el resultado de un análisis costo beneficio que se basa en el conocimiento subjetivo de las personas el cual está influenciado por condiciones políticas, económicas y culturales (7).

En este sentido Puy, argumenta que los criterios utilizados por las personas para valorar la magnitud del riesgo atienden a dimensiones psicológicas, sociales y culturales que trascienden a considerar la probabilidad de causar daño o muerte (8). Arezes *et al.* encontraron

que los trabajadores no consideraban los altos niveles de ruido como peligroso para su salud y por lo tanto no juzgaban necesario el uso de protectores auditivos durante la realización de su labor, con lo cual sustenta que la percepción del riesgo debe ser considerada como un tema central en el diseño e implementación de los programas para la conservación de la salud, indicando que entender la manera en que los trabajadores perciben el riesgo es fundamental para una mejor gestión del riesgo (9).

Estos estudios evidencian la importancia de reconocer la influencia de la percepción del riesgo sobre las conductas de evitación a los mismos, y plantean la pertinencia de describir los atributos del riesgo percibido con el fin de identificar cuáles de ellos presentan una correlación positiva con respecto a la valoración de la magnitud percibida.

La industria metalmeccánica comprende diferentes actividades de manufactura que utilizan productos de la siderurgia o sus derivados, con el fin de realizar su transformación, ensamble o reparación. De igual forma, esta industria se relaciona con las empresas de las ramas electromecánicas y electrónicas. Los trabajadores de este sector económico se encuentran expuestos a condiciones de trabajo peligrosas como el manejo de herramientas cortantes, máquinas que trabajan a rápidas revoluciones y con altos voltajes, lo que lo convierte en una industria altamente propensa a accidentes de trabajo. Con lo expuesto es necesario el diseño de estrategias orientadas a la minimización de estos riesgos en los puestos de trabajo. En este sentido, la Seguridad y Salud en el Trabajo es un área de importancia en este tipo de industrias, debido a las gran-

des implicaciones que tienen las condiciones de trabajo en la salud de las personas y a la vez en las pérdidas económicas y humanas en una organización (10, 11, 12,13).

Según la Agencia Europea para la Salud y Seguridad en el Trabajo, las organizaciones tienen el propósito de aumentar al máximo el rendimiento de sus recursos y mejorar la productividad, para el incremento de las utilidades financieras y, desde luego, el crecimiento en el nivel de vida de los colaboradores de la empresa, lo anterior afirma la necesidad de generar estrategias concernientes a conservar la integridad de vida de las personas en su lugar de trabajo (14).

En el reporte de accidentalidad en Colombia de 2014 emitido por el ministerio de Trabajo, se observa que dentro de los primeros sectores de mayor tasa de accidentalidad, enfermedad y número de muertes se encuentran en los sectores de minas y canteras, agricultura, industria manufacturera, administración pública y hoteles y restaurantes (15).

Para generar las estrategias apropiadas de gestión del riesgo, es imprescindible conocer la percepción del riesgo que tienen los trabajadores frente a los peligros que se exponen diariamente en su medio laboral.

Materiales y métodos

Estudio descriptivo transversal. Se realizó un muestreo aleatorio por localidad. Se aplicó el instrumento NTP 578(16): Riesgo percibido: un procedimiento de evaluación del Instituto Nacional de Seguridad e higiene en el trabajo de España, que examina las características del riesgo disgregadas por los siguientes

Ítems: conocimiento científico disponible; conocimiento por parte del sujeto expuesto; novedad/familiaridad; efecto demorado de las consecuencias; voluntariedad de la exposición; controlabilidad/evitabilidad; letalidad de las consecuencias; temor que produce y potencial catastrófico. Se tomó como error el cinco por ciento (5%), y un nivel de confianza del 95%. El tamaño de la muestra se estimó en 855 encuestas. La información fue recogida entre febrero y marzo de 2017, en 16 de las 20 localidades de Bogotá, en donde se agrupan las industrias del sector metalmecánico. El muestreo fue realizado por un grupo de estudiantes, quienes fueron previamente capacitados. Las variables investigadas fueron: edad, género, experiencia en el oficio y formación académica y los ítems referidos de la norma NTP 578. Se realizó una estimación cuantitativa de la magnitud del riesgo y valoración de los atributos del riesgo percibido. No se realizó ninguna intervención durante el desarrollo del estudio. Los análisis se realizaron en SPSS. El estudio fue sometido al comité de ética de la Universidad Nacional a Distancia - UNAD.

Resultados

En el estudio participaron 855 trabajadores el sector metalmecánico, donde la edad mínima fue de 17 años y la máxima de 97 años; un promedio de edad de 35,45 años; una desviación estándar de 11,73 años. La moda correspondió a 27 años y la mediana a 34 años.

El 33% (282) de los trabajadores que participaron en el estudio tenían edades comprendidas entre los 26 y 35 años, un 24,8% (212) entre 36 a 45 años, un 21,3% (182) entre 18 y 25 años, un 14,2% (122) entre 46 a 55 años; los hombres mayores de 55 años correspondie-

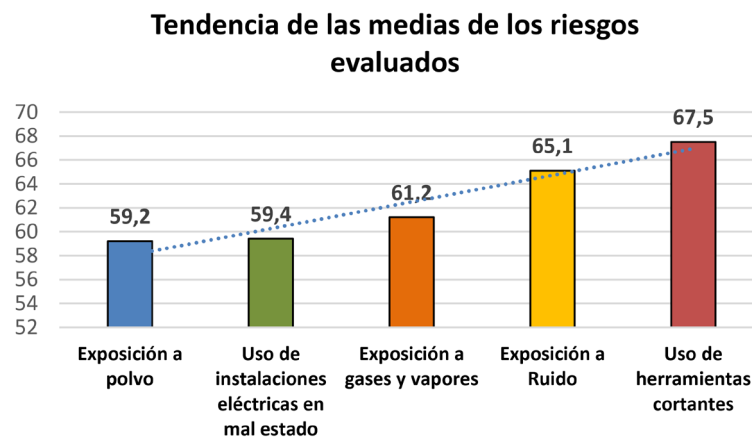
ron al 6,2% (53), y el restante 0,5% (4) eran menores de 18 años. El 82% (701) de los trabajadores que participaron en el estudio fueron hombres y el 18% (154) mujeres:

En cuanto a la formación académica de los trabajadores del sector metalmeccánico, el 33,8% (289) tenían el bachillerato completo, un 14,9% (127) el bachillerato incompleto, un 13% (111) habían terminado estudios técnicos, un 6,7% (57) manifestaron que habían terminado una carrera universitaria, mientras que un 5,8% (50) tenían estudios tecnológicos completos; un porcentaje igual manifestó que no había terminado los estudios técnicos. El 5,5% (47) refirió que no había terminado la

primaria, mientras que el 5,1% (44) manifestó que únicamente había terminado sus estudios primarios. Finalmente, un 1,5% (13) de los trabajadores refirió estudios completos de posgrado y un 0,5% (4) expreso que no tenía ninguna clase se estudios.

Con relación a la experiencia en el oficio del sector metalmeccánico, el 39,8% (341) manifestó tener entre 1 y 5 años, el 17,2% (147) menos de un año, un 17,1% (146) entre 11 a 20 años, un 16,6% (142) entre 6 a 10 años. Quienes tenían experiencia laboral en el ramo entre 21 a 30 años correspondieron al 6,8% (58) y finalmente un 2,5% (21) manifestaron tener más de 30 años en el oficio.

Gráfico 1. Tendencia de las medias de los riesgos evaluados.



Fuente. Elaboración propia.

Para los trabajadores del sector metalmeccánico que participaron en el estudio, las actividades que representaron el mayor riesgo, correspondieron al uso de herramientas cortantes ($\bar{X}=67,5$ y $S=25,6$); seguidos por la exposición al ruido ($\bar{X}=65,1$ y $S=25,0$); luego la exposición a gases y vapores ($\bar{X}=61,2$ y $S=26,9$); el uso de instalaciones eléctricas en mal estado

($\bar{X}=59,4$ y $S=28,17$); y finalmente, la exposición a polvo con ($\bar{X}=59,2$ y $S=27,0$).

El uso de herramientas cortantes fue la actividad peligrosa que obtuvo la más alta calificación por parte de los trabajadores, que se evidenció en el alto conocimiento acerca de los daños que puede causarles su uso ($\bar{X}=5,6$

y $S=1,6$). Además, consideran que los efectos por el uso de estas herramientas en mal estado se darán en un corto tiempo ($\bar{X}=3,8$ y $S=2,1$).

Así mismo, manifestaron tener un conocimiento alto ($\bar{X}=5,5$ y $S=1,7$) acerca del peligro de exponerse al ruido. Así mismo consideran que el conocimiento existente sobre este factor de riesgo es alto ($\bar{X}=5,5$ y $S=1,7$) y sienten un alto temor por los riesgos que implica esta exposición ($\bar{X}=5,5$ y $S=1,7$). Los trabajadores perciben como moderados los controles para prevenir los daños generados por este factor de riesgo ($\bar{X}=4,7$ y $S=1,6$).

En cuanto al uso de instalaciones eléctricas en mal estado, los trabajadores del citado sector sienten un alto temor al daño que se puede derivar por el deterioro de dichas instalaciones ($\bar{X}=5,3$ y $S=1,7$), y perciben una baja posibilidad de daño ($\bar{X}=3,9$ y $S=1,8$). Además, consideran que los efectos por el uso de las instalaciones eléctricas en mal estado se darán en un corto tiempo ($\bar{X}=3,9$ y $S=1,8$).

Con relación a la exposición a gases y vapores, los trabajadores del sector metalmeccánico sienten un alto temor al daño que se puede derivar por la exposición a sustancias químicas ($\bar{X}=5,2$ y $S=1,7$), y además, perciben como moderados los controles para prevenir los daños ($\bar{X}=4,1$ y $S=1,7$).

Por otra parte, los trabajadores tienen un conocimiento alto ($\bar{X}=5,0$ y $S=1,7$) acerca del peligro de exponerse al polvo, así mismo consideran que el conocimiento existente sobre este factor de riesgo es alto ($\bar{X}=5,0$ y $S=1,7$) y sienten un alto temor por los riesgos que implica esta exposición ($\bar{X}=5,0$ y $S=1,7$). Así mismo, perciben como moderados los controles para

prevenir los daños generados por este factor de riesgo ($\bar{X}=4,2$ y $S=1,7$).

Discusión

El estudio encontró que aunque la mayoría de las personas que trabajan en este sector son hombres y están en un grupo etario que corresponde a la mitad de la vida, también trabajan personas muy jóvenes y algunas de muy avanzada edad. Se halló que existe un porcentaje muy importante de mujeres que labora en este sector de la economía.

Por otra parte, es de resaltar el nivel educativo de los trabajadores de este sector, ya que si bien el mayor porcentaje tiene estudios secundarios, también se encontró que muchos tienen formación técnica, tecnológica y profesional. Así mismo, con relación a la experiencia en el oficio en el sector metalmeccánico, el estudio encontró que los trabajadores participantes en este estudio manifestaron tener una gran experiencia trabajando en las labores propias de sus oficios.

El estudio permitió evaluar la percepción del riesgo en los trabajadores del sector metalmeccánico, encontrando que los trabajadores de este sector se sienten vulnerables a las consecuencias que pueden generarles el uso de herramientas cortantes, la exposición al ruido y la exposición a gases y vapores, y le temen a la gravedad del daño que se puede derivar estos riesgos a los cuales están sometidos en su diario vivir en su entorno laboral. Además los trabajadores ven como alta la posibilidad de experimentar daño como consecuencia de utilizar los elementos de trabajo en mal estado. Lo anterior coincide con el estudio de Corrales *et al.* (17), quienes encontraron que los trabajadores

reconocían que el ruido podía dañar su audición; pero las conclusiones no coinciden con las de Arezes *et al.* y otros autores (9, 18-22), quienes en su estudios encontraron que los trabajadores no consideraban como peligrosos los altos niveles de ruido, tampoco con el de Zamorano *et al.* (23), quienes encontraron un bajo nivel de conocimiento en la prevención de los riesgos laborales.

Sumado a lo anterior los trabajadores del sector metalmeccánico perciben que existe un conocimiento de los riesgos ocupacionales por parte de los responsables de la prevención de las empresas de este sector industrial.

Es de anotar que el estudio presentó algunas limitaciones en cuanto a la no inclusión de todas las empresas que constituyen el espectro del sector metalmeccánico. Otra limitación importante la constituyó el muestreo, dado que los trabajadores que participaron en el estudio fueron exclusivamente de la ciudad, donde tal vez exista un nivel cultural más alto.

Los autores expresan los agradecimientos a los estudiantes de Universidad Nacional a Distancia UNAD quienes participaron en el diligenciamiento de las encuestas.

Conflictos de intereses: Ninguno

Fuentes de financiación: La presente investigación fue financiada por la Universidad Nacional a Distancia UNAD.

Referencias

1. Mann, L. Elementos de psicología social. México: Limusa, 1990.
2. Wildavsky, A. Theories of risk perception: Who fears what and why? The MIT Press on behalf of American Academy of Arts & Sciences. 1990, 119(4): 41-60.
3. Morillejo, E. A. La percepción del riesgo en la prevención de riesgos laborales. *Apuntes de Psicología*. 2002, 20(3): 415-426.
4. Slovic P. Perception of risk. *Science*, 1987, 236(4799), 280-285.
5. Slovic, P. The perception of risk. Earthscan Publications. Londres. 2000.
6. Blanco A, Sánchez F, Carrera P CA y RD. Supuestos teóricos para un modelo psicosocial de las conductas de riesgo. En S. y. Yubero, Sida: Una visión multidisciplinar. España: Universidad Castilla, La Mancha; 2000: 41-62
7. Dee Elkind, P. Perception of risk, stressors, and locus of control influence intentions to practice safety behaviors in agriculture. *Journal of Agromedicine*. 2007, 12(4): 7-25.
8. Puy A. Percepción social del riesgo: Dimensiones de evaluación y predicción: Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Psicología. 2002.
9. Arezes, PM, y Miguel AS. Individual perception of noise exposure and hearing protection in industry. *Human Factors*. 2005, 47(4): 683-692.
10. Servicio Nacional de Aprendizaje, Sena [Internet]. Manizales, Colombia. Caracterización ocupacional del sector metalmeccánico; 2002 [citado el 20 de Julio de 2017]. Disponible en <https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/2124/1/3039.pdf>
11. Morelos GJ y Fontalvo T. Caracterización y análisis del riesgo laboral en la pequeña y mediana industria metalmeccánica en Cartagena, Colombia. *Soluciones de posgrado EIA*. 2013, (10): 15-42.
12. García Y. Análisis y evaluación de la incidencia de la

- percepción de riesgos en las conductas de seguridad en el ámbito laboral. Trabajo de investigación. Universidad Complutense de Madrid. 2009.
13. Instituto colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC. Guía para el diagnóstico de condiciones de trabajo o panorama de factores de riesgo, su identificación y valoración GTC 45. ICONTEC, 1997.
 14. Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en trabajo. [Internet]. Luxemburgo: Estudio de investigación. La responsabilidad social de las empresas y seguridad y salud en el trabajo, 2005 [citado el 25 de Julio de 2017]. Disponible en: <https://docplayer.es/6844170-La-responsabilidad-social-de-las-empresas-y-la-seguridad-y-la-salud-en-el-trabajo.html>
 15. Ministerio de Trabajo, Mintrabajo [Internet]. Colombia: Indicadores del Sistema General de Riesgo Laboral; 2014 [citado el 17 de Agosto de 2017]. Disponible en: <http://fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/infoestadistica/2014/INFORME%20INDICADORES%20SGRL%202011%20-%202014.pdf>
 16. Ministerio de Trabajo y asuntos sociales de España [Internet]. España. NTP 578: Riesgo percibido: un procedimiento de evaluación, 2001 [citado el 22 de Julio de 2017]. Disponible en http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_578.pdf
 17. Corrales M, Tovalín H, Rodríguez M. Percepción del Riesgo Sobre Protección y Pérdida Auditiva en Trabajadores Expuestos a Ruido en el Trabajo. *Ciencia & Trabajo*. 2009;1-4 <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=link&exprSearch=523032&indexSearch=ID>
 18. Bedoya, E. Atención de urgencias en Cartagena, Colombia. *NOVA*. 2017; 15 (27): 91 – 101
 19. Gómez, E., Rodríguez, A., Ordosgoitia, K., Rojas, M., Severiche, C. Riesgos psicosociales en personal de asistencia de una clínica de tercer nivel de la ciudad de Cartagena de Indias en 2016. *NOVA*. 2017; 15 (27): 77 – 89
 20. Ibarra, A., Rúa E. Evaluación de la calidad en la atención al usuario del servicio de urgencias del hospital público de Yopal en Casanare, Colombia. *NOVA*. 2018; 16 (30): 21-31
 21. Moreno, S., Lorena Chaparro, L., Criado, L. Vega, O., Cuenca, I. Magnitud de efecto de un programa dirigido a cuidadores familiares de personas con enfermedad crónica. *NOVA*. 2018; 16 (29): 11-20
 22. Sierra, D., Bedoya, E. Prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en empresas del sector madera de la ciudad de Cartagena. 2015. *NOVA*. 2016; 14 (26): 47-56
 23. Zamorano B, Parra V, Peña F, Castillo Y. Conocimiento y actitud en prevención de trabajadores lesionados de una empresa metalmeccánica en México. *Salud de los Trabajadores*, 2009, 17(1): 49-57. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/ProyectoSubvencionados/2007/2007%20Resumen%20final%20RISKS.pdf>

Diagnóstico de la calidad bacteriológica del agua del Humedal Córdoba, Bogotá

Diagnosis of the bacteriological quality of the water of the Córdoba Wetland, Bogotá

Ávila de Navia Sara Lilia¹, Estupiñán Torres Sandra Mónica¹, Caicedo Cardona Lina Marcela², Calderón Cárdenas Xiomara Michel², Rubiano Aguirre Wendy Lizeth²

Resumen

Objetivo. Evaluar la calidad sanitaria del agua del Humedal Córdoba, por medio de indicadores de aguas residuales (coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus*) y otros grupos bacterianos como *Pseudomonas* y *Aeromonas*. **Métodos.** Se tomaron quince muestras de agua de diferentes puntos de los sectores dos y tres del humedal, tanto en época de lluvia como en época seca. El recuento de microorganismos se realizó por el método de filtración de membrana siguiendo el Standard Methods. **Resultados.** Las aguas del Humedal Córdoba contienen un alto número de coliformes totales por lo que no deben ser usadas para fines de consumo humano y doméstico, agrícola o recreativo. La concentración de bacterias pertenecientes a los grupos de Coliformes y *Enterococcus* confirma la contaminación de origen fecal en todo el ecosistema. Esta contaminación se asocia al vertimiento de aguas residuales al humedal.

Palabras claves: calidad del agua, método de filtración por membrana, coliformes.

1. Docente Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
2. Egresadas Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Bogotá, Colombia.
ORCID ANSL: <http://orcid.org/0000-0002-6188-0086>
ORCID SMET: <http://orcid.org/0000-0002-6937-4567>

Correspondencia: sestupinan@unicolmayor.edu.co

Recibido: 15/10/2018
Aceptado: 29/12/2018

Abstract

Objective. To evaluate the sanitary quality of the water of the Córdoba Wetland, using wastewater indicators (total coliforms, *Escherichia coli* and *Enterococcus*) and other bacterial groups such as *Pseudomonas* and *Aeromonas*. **Methods.** Fifteen water samples were taken from different points in sectors two and three of the wetland, both in the rainy and dry seasons. The count of microorganisms was carried out by membrane filtration following the Standard Methods. **Results.** The water of the Córdoba Wetland contain a high number of total coliforms and should therefore not be used for human consumption and domestic, agricultural or recreational purposes. The concentration of Coliforms and *Enterococcus* confirms the fecal contamination in the ecosystem. This contamination is associated with the dumping of wastewater into the wetland.

Keywords: water quality, membrane filtration method, coliforms.

Introducción

Los humedales son ecosistemas indispensables para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de la población humana. La importancia de los humedales radica en los diferentes valores de carácter ecológico, antrópico e hidrológico que sustentan como son: reservorio de especies vegetales, faunísticas y genético, productores de biomasa, potencial terapéutico, protección del entorno y del suelo, regulación del sistema hidrológico, sedimentos aluviales, depuración, reservorio de agua, y mantenimiento del ambiente húmedo (1).

El Humedal Córdoba se encuentra al noroccidente de la ciudad de Bogotá, dentro del sistema de humedales que conforma la red hidrológica del Distrito Capital. Tiene un área de 40.4 hectáreas, se encuentra fragmentado en 3 partes y se conecta con el “Parque Urbano Canal Córdoba” y “Parque Metropolitano Canal de los Molinos”. Se continúa al occidente con el lago del Club Choquenzá, Los

Lagartos y el Humedal Tibabuyes, formando el sistema Córdoba – Juan Amarillo (2).

La problemática ambiental del Parque Ecológico Distrital Humedal Córdoba comprende: (a) la afectación de la calidad de agua por aportes de aguas residuales, dado que reportes de la Sociedad Geográfica de Colombia encontraron altos niveles de coliformes fecales que oscilan entre 1.700 y 330.000 NMP/100 mL (3); (b) la presencia de estructuras hidráulicas deficientes que originan limitaciones al flujo de agua y acumulación de basuras; (c) la fragmentación del Humedal en tres sectores con limitaciones en la calidad y cantidad de agua que ingresa al Humedal, disposición de basuras y escombros en zonas del mismo; (d) la presencia de animales domésticos y otros depredadores y el pastoreo de animales (2).

Materiales y métodos

1. El Humedal Córdoba, hace parte de los trece humedales con reconocimiento del

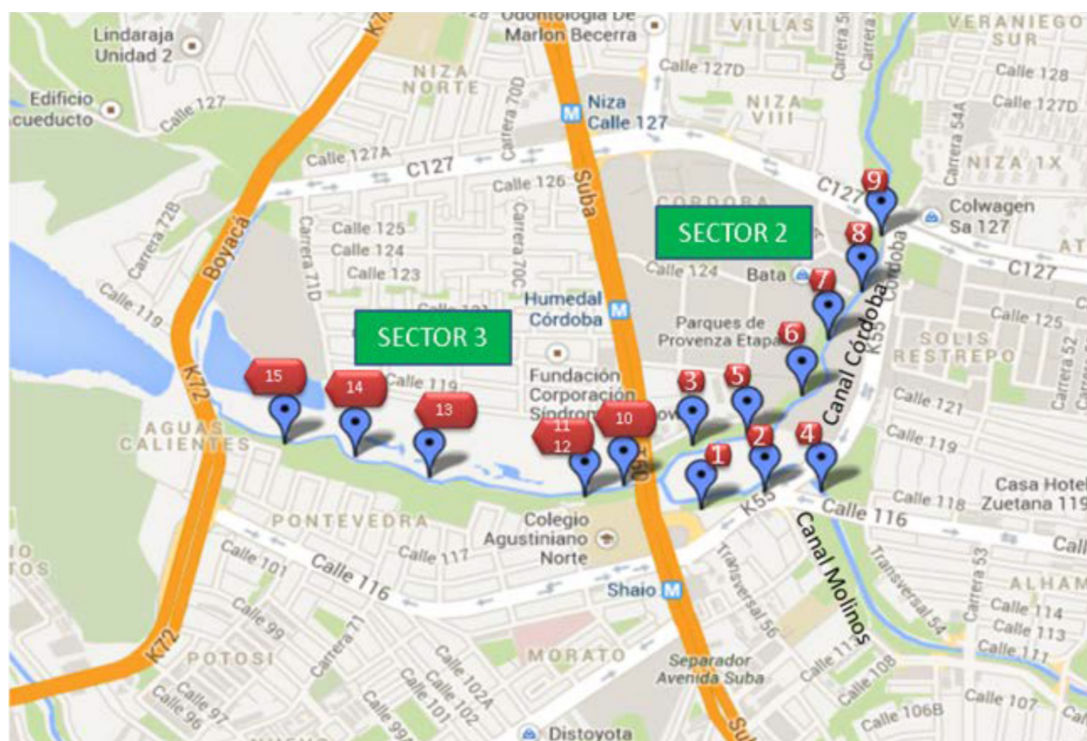
Distrito Capital de Bogotá. Está ubicado en la localidad de SUBA entre las calles 116 y 127 y las avenidas Córdoba, Suba y Boyacá, y tiene una extensión de 40.4 hectáreas. Se encuentra fraccionado así (4):

2. Sector 1 (2.8 hectáreas): ubicado en la calle 127 costado norte, en este sector esta alimentado por el Canal Córdoba.
3. Sector 2 (16.2 hectáreas): entre la calle 127 y la Avenida Suba y Córdoba, el Humedal continúa recibiendo las aguas del Canal Córdoba y además del canal Los Molinos.

4. Sector 3 (21.4 hectáreas): entre la Avenida Suba y la Avenida Boyacá, es el sector más reconocido por la comunidad donde se han generado la necesidad de detener su deterioro y propender por su recuperación y conservación.

Se tomaron muestras de agua superficial de quince estaciones de muestreo distribuidas en los sectores 2 (muestras del 1 al 9) y 3 (muestras del 10 al 15), como se observa en la Figura 1.

Figura 1. Puntos de muestreo.



Fuente. Plan de Manejo Ambiental 2008.

La obtención de las muestras se realizó teniendo en cuenta la guía para la toma de muestras de agua del Ministerio de Salud de Colombia (Decreto 475 de 1998) (5) y las recomendaciones de Andreu y Camacho (2002) (6). Se

gún la Normatividad Ambiental vigente y la consignada en la Política de Humedales.

Se llevó a cabo la determinación de los indicadores bacterianos con las recomendaciones

del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (7), se empleó la técnica de Filtración por Membrana. Los medios utilizados para la enumeración de las bacterias indicadoras de contaminación de aguas fueron:

Bacterias coliformes totales, agar endo NPS, *Escherichia coli*, agar M-FC, *Enterococcus*, agar azida NPS, *Pseudomonas*, agar cetrimide NPS y *Aeromonas*, agar m-*Aeromonas*.

Resultados

Coliformes totales

En el mes de noviembre (época de lluvia) los puntos con mayores recuentos (superiores a 300 UFC/100 mL) fueron 1, 3, 5 y del 7 al 15 (Tabla 1). En el muestreo realizado durante el mes de junio (época seca), se encontró un recuento superior a 300 UFC/100 mL en los puntos 1, 3 y 5, del 7 al 13 y 15 (Tabla 1).

Escherichia coli

Para el mes de noviembre (época de lluvia) la mayoría de los puntos muestreados presentan recuentos de más de 300 UFC/100 mL, con excepción de los puntos 4, 6, 7 y 8 (Tabla 1). En época seca (junio) en los puntos 1, 5, 9, 10 y 11 se presentaron recuentos mayores a 300 UFC/100 mL, en los demás puntos los recuentos variaron entre 0 y 45 UFC/100 mL (Tabla 1). En algunos puntos no se aisló *E. coli* a pesar de que sí existen recuentos de coliformes totales altos. Este fenómeno puede deberse a la menor resistencia de la *E. coli* a las condiciones medioambientales, lo que hace

que su recuperación en medios artificiales sea difícil.

Enterococcus

Este grupo incluye a especies tales como *Enterococcus faecium* y *Enterococcus faecalis*, y se encuentra significativamente en heces humanas y animales. Debido a su resistencia a los factores medioambientales, tienen un mayor tiempo de supervivencia, por lo tanto, son considerados como indicadores de contaminación fecal antigua en contraste con la presencia de coliformes fecales que indican la contaminación fecal reciente.

Los recuentos de *Enterococcus* durante la época lluvia son en general mayor de 300 UFC/100 mL, a excepción de los puntos 3, 4, 6, 8 y 9, que tuvieron recuentos que variaron entre 36 y 252 UFC/100mL, para la época seca los puntos con recuentos más bajos fueron del 2 al 4 y del 6 al 10.

Pseudomonas

El recuento promedio de *Pseudomonas* durante las épocas muestreadas varió entre 234,1 UFC/100 mL en la época seca y 234,9 UFC/100 mL en la época lluvia (Figura 2). De la misma manera que ocurre con otros indicadores bacterianos de contaminación en este ecosistema se presentan recuentos más altos en época lluvia que en época seca (Tabla 1).

Aeromonas

Los recuentos de *Aeromonas* presentan un comportamiento diferente a los otros indicadores de contaminación, aumentan en época

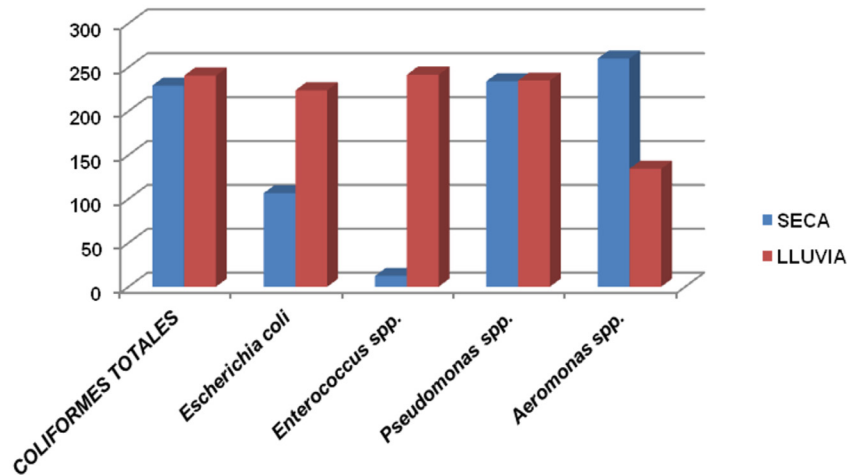
ca seca y disminuyen en época lluvia. En los (Tabla 1) en época de lluvia y en el punto 12
 únicos puntos en donde no se recuperó este en época seca (Tabla 1)
 microorganismo fue en 1 al 3, 5, 12, 13 y 15

Tabla 1. Recuento de UFC/100mL de coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus*.

Punto de muestreo	Coliformes totales		Escherichia coli		Enterococcus spp.		Pseudomonas spp.		Aeromonas spp.	
	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca
1	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	0	150
2	0	150	>300	150	>300	150	>300	236	0	150
3	>300	>300	>300	150	222	261	>300	>300	0	150
4	0	18	1	2	252	121	33	37	185	243
5	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	0	150
6	10	8	14	7	65	33	20	10	32	16
7	>300	>300	30	23	>300	153	86	93	>300	>300
8	>300	>300	12	6	50	175	85	193	>300	>300
9	>300	>300	>300	>300	36	168	>300	>300	>300	>300
10	>300	>300	>300	>300	>300	188	>300	>300	>300	>300
11	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300
12	>300	>300	>300	150	>300	>300	>300	>300	0	0
13	>300	>300	>300	168	>300	>300	>300	>300	0	150
14	>300	165	>300	150	>300	152	>300	>300	>300	>300
15	>300	>300	>300	173	>300	>300	>300	>300	0	150

Fuente. Elaboración propia.

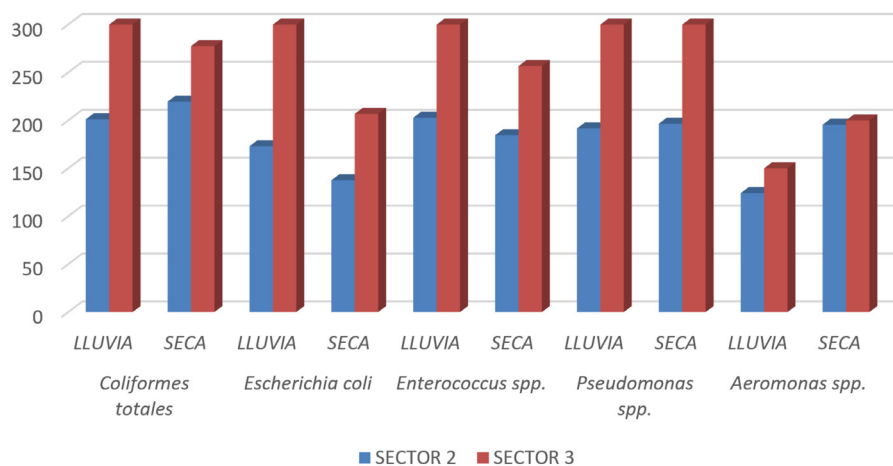
En la Figura 2 se observan los promedios de los recuentos bacterianos en las dos épocas del año. Para los indicadores coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus*, los recuentos son mayores en época lluvia que en época seca, para las *Pseudomonas* tienen un comportamiento similar en las dos estaciones climáticas, mientras que para *Aeromonas* este promedio es mayor en época seca.

Figura 2. Promedio de recuentos bacterianos en UFC/100 ML.

Fuente. Elaboración propia.

Al comparar el promedio de los recuentos obtenidos en cada sector, se encuentra que el sector 2, tanto en época lluvia como en seca

tiene recuentos más bajos que el sector 3 (Figura 3).

Figura 3. Promedio de recuentos bacterianos en UFC/100 ML, por sectores en las dos épocas climáticas.

Fuente. Elaboración propia.

Discusión

En el estudio se aprecia un alto número de Coliformes totales en todos los puntos muestreados. Los recuentos son más altos en época lluvia (240,6 UFC/100 mL) que en época seca (229,2 UFC/100 mL). Dentro de las patologías causadas por este grupo de bacte-

rias coliformes se encuentran entre otras: síndrome urémico hemolítico, gastroenteritis, bacteremia, infecciones: urinaria, del tracto respiratorio bajo, de piel y tejidos blandos, intraabdominales y oftálmicas; intoxicación alimentaria, meningitis neonatal y septicemia (8).

Debido a que el 95% del grupo de los coliformes fecales, está formado por *Escherichia coli*, en el presente estudio se determinó esta bacteria como importante indicador de calidad sanitaria del agua, ya que, al encontrarse casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, refleja mejor la contaminación fecal y orgánica. En algunos puntos del humedal no se aisló *E. coli*.

La presencia de *E. coli* en el agua indica la contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los cuerpos de agua (9). Los coliformes y *E. coli* en particular, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal por su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su alta concentración en diferentes tipos de muestras.

En el presente estudio el comportamiento de los recuentos de enterococos fue mayor en la época de lluvias (241,6 UFC/100 mL) mientras que en época seca el recuento fue de 12,46 UFC/100 mL. Esto tal vez debido al mayor volumen del agua de escorrentía que aumenta la contaminación fecal en el humedal. Los enterococos fecales no se multiplican en el medio ambiente, son más persistentes en ambientes acuáticos y en suelos contaminados que *E. coli*. Son de interés cuando se conoce que hay contaminación fecal y no se detectan coliformes, como ocurre cuando las descargas son intermitentes o más antiguas, de modo que mueren los coliformes totales y *E. coli*, y permanecen los enterococos (9).

Su presencia se ha asociado a contaminación fecal de origen humano y animal, y además, se ha demostrado en algunos estudios que la presencia de animales puede afectar la calidad bacteriológica de las aguas (10).

La razón entre coliformes fecales y enterococos fecales ofrece información acerca de la fuente de contaminación. Un rango mayor de 4 es considerado indicativo de contaminación fecal humana, un rango menor a 0.7 sugiere contaminación por una fuente no humana (11).

Las bacterias intestinales no suelen sobrevivir en el medio acuático, pierden gradualmente la capacidad de crecer en medios diferenciales y selectivos por el estrés fisiológico al que están sometidas. Su velocidad de mortalidad depende de la temperatura del agua, los efectos de la luz solar, las poblaciones de otras bacterias presentes, y la composición química del agua. En los pocos estudios en los que se ha examinado la eficacia de la recuperación de coliformes fecales en aguas tropicales, se encuentra una gran variedad de grado de recuperación (12), lo anterior explica por qué en algunos puntos del Humedal Córdoba no se presentaron recuentos de coliformes fecales ni enterococos.

Las *Aeromonas* son habitantes normales de fuentes de agua en presencia o ausencia de contaminación fecal. Se encuentran altos recuentos en aguas de desecho, pero se aíslan especies diferentes a las que están presentes en agua dulce. Las *Aeromonas* crecen en un medio ambiente con baja cantidad de nutrientes. Algunos estudios han encontrado una significativa correlación entre la presencia de *Aeromonas* y el estado trófico de las aguas dulces (13).

El recuento de *Aeromonas* tuvo un comportamiento diferente al de los demás indicadores, puesto que fue mayor en época seca que en lluvia. Este resultado indica que las *Aeromonas* podrían ser útiles en la valoración de los

fenómenos de contaminación. En estudios anteriores se encontraron correlaciones significativas entre las *Aeromonas*, los Coliformes totales y la concentración de materia orgánica, medida como demanda biológica de oxígeno (14). En Colombia se evaluó la presencia de *A. hydrophila* en ambientes acuáticos y se determinó que su uso como indicador del estado trófico es prometedor (15).

En estudios anteriores Rippey y Cabelli (16) y Canosa (15) proponen una evaluación del grado de eutrofización basado en la densidad de *Aeromonas* ml⁻¹, y reportan los siguientes datos del estado trófico para cuerpos de agua en Colombia: oligotrófico <1500 UFC/100 ml⁻¹, oligo-mesotrófico 1510-6500 UFC/100 ml⁻¹, mesotrófico 6510-32500 UFC/100 ml⁻¹, meso-eutrófico 32600-57500 UFC/100 ml⁻¹, eutrófico 57600-340000 UFC/100 ml⁻¹ e hipereutrófico >340000 UFC/100 ml⁻¹.

El comportamiento similar al de las *Aeromonas*, se observa en el grupo de las *Pseudomonas* como indicadores del estado trófico. Sin embargo, en el presente estudio el promedio de los recuentos en las dos épocas climáticas fue muy similar. Las bacterias del género *Pseudomonas* se hallan comúnmente en el suelo y algunas especies son clasificadas como patógenos y patógenos oportunistas, para el hombre y los animales.

P. aeruginosa es una bacteria que no se considera autóctona del agua, puede derivar de heces humanas y animales, su detección en agua se asocia con polución por descarga de aguas residuales, por lo tanto, hay una estrecha correlación de su presencia en ambientes acuáticos con fenómenos de contaminación (17-22). Este microorganismo crece en muy

baja concentración de nutrientes en medio ambiente acuoso y puede sobrevivir durante muchos meses en aguas a temperatura ambiente, es un importante patógeno oportunista y es causa de un amplio rango de infecciones, especialmente de oídos, ojos y piel, su control en aguas destinadas a la recreación es una obligación en varios países del mundo (23).

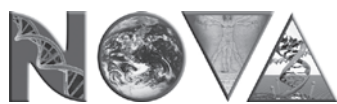
Fuente de financiación: Este estudio fue financiado por la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, con apoyo de la administración del Humedal Córdoba.

Conflicto de intereses: Los autores manifiestan que no existe conflicto de intereses

Referencias

1. Seoáñez M. 1999. Aguas Residuales: Tratamiento por Humedales Artificiales, Fundamentos Científicos, Tecnologías, Diseño. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España.
2. Plan de Manejo del Humedal de Córdoba 2008. [Acceso 14 de febrero de 2018] Disponible en: http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/PMA_Cordoba.pdf.
3. Descripción general de los humedales de Bogotá, D.C. Sociedad Geográfica de Colombia. [Acceso 14 de febrero de 2018] Disponible en: <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/humed.pdf>.
4. Página web Itzata. Administración del humedal de Córdoba [Acceso Febrero 15 de 2018] Disponible en: http://itzata.org/?page_id=53
5. Ministerio de Salud de Colombia (Decreto 475 de 1998)
6. Andreu E. & A. Camacho. 2002. Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedi-

- mentos en humedales Ramsar. Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Secretaría General del Medio Ambiente. Madrid.
7. Environment Agency. 2002. Standing Committee of Analysts. The Microbiology of Drinking Water - Part 1 - Water Quality and Public Health, Methods for the Examination of Waters and Associated Materials. Environment Agency. United States of America.
 8. Brooks G. & Morse S. 2010. Microbiología médica de Jawetz, Melnick y Adelberg. McGraw Hill.
 9. Vergara G., Méndez C., Morante H., Heredia V., Béjar V. 2007. *Enterococcus y Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 10, Nº 20, 82-86
 10. Figueras M., Borrego J. 2010. New Perspectives in Monitoring Drinking Water Microbial Quality. Int J Environ Res Public Health. Dec; 7(12): 4179-4202.
 11. Rivera R., de Los Ríos P., Contreras Á. 2010. Relations fecal coliforms/fecal Streptococci as indicators of the origin of fecal pollution in urban and rural water bodies of Temuco, Chile. Ciencia e investigación agraria, 37(2), 141-149.
 12. Messer J. W. & A. P. Dufour. 1998. A Rapid, Specific membrane Filtration Procedure for Enumeration of Enterococci in recreational Water. Appl. Environ. Microbiol. 64: 678-680.
 13. Grim C. 2015. Occurrence and Virulence Potential of Aeromonas in Food and Water from: Aeromonas (Edited by: Joerg Graf). Caister Academic Press, U.K. Pages: 201-228.
 14. Campos C, Cárdenas M y Guerrero A. Comportamiento de los indicadores de contaminación fecal en diferente tipo de aguas en la sabana de Bogotá (Colombia). (En línea) [Acceso mayo 2 de 2018]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/agua2003/saba.pdf>
 15. Canosa, A. 1995. Indicadores bacteriológicos de eutrofización en los embalses de Chuza, Neusa y Tominé, y en la laguna de Chingaza. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones Científicas. Bogotá, Colombia.
 16. Rippey S. R. & V. J. Cabelli. 1989. Use of thermotolerant Aeromonas group for the trophic classification of freshwaters. Water research. 23:1107-1114
 17. González, M., Alonso, A. Tecnologías para ahorrar agua en el cultivo de arroz. NOVA. 2016; 14 (26): 67-82
 18. Rodríguez, Ávila, S., Estupiñán-Torres, S., Díaz, L. Calidad bacteriológica del agua Vereda El Charco, San Miguel de Sema, Boyacá- Colombia. . NOVA. 2016; 14 (26): 139-145
 19. Botello, W., Ortiz, J., Peña, S. Inmovilización microbiana en polímeros sintéticos para el tratamiento de aguas residuales. NOVA. 2016; 14 (26): 99-106
 20. Campuzano, S., Jiménez, L., Hernández, D. La formación de biopelículas y la calidad del agua en la consulta odontológica. . NOVA. 2018; 16 (29): 39-49
 21. Corrales, L., Sánchez, L., Quimbayo, M. Microorganismos potencialmente fitopatógenos en aguas de riego proveniente de la cuenca media del río Bogotá. NOVA. 2018; 16 (29): 71-89
 22. Zapata, A., Gaines, S., Muñoz-Silva, V., Otero, V., Mendoza, V. Calidad del agua y características habitacionales de un barrio en Bogotá. NOVA. 2017; 15 (27): 31 - 36
 23. García L., Iannacone J. 2014. *Pseudomonas Aeruginosa* un indicador complementario de la calidad de agua potable, análisis bibliográfico a nivel de Sudamérica. The Biologist, Vol. 12, Nº. 1. págs. 133-152



NOVA Publicación Científica
en Ciencias Biomédicas

Las citoquinas en el absceso hepático amebiano: un ejemplo de investigación inmunología en el ámbito clínico

Cytokines in amoebic liver abscess: an example of immunological research within the clinical scope

Cruz Baquero Claudia Andrea PhD¹, Cruz Baquero César Augusto MSc²

Resumen

El propósito de esta revisión es resaltar la importancia de la investigación en el área de la inmunología y su aplicación en el ámbito clínico. En una primera parte se presentan los descubrimientos más importantes que ayudaron a dilucidar los principales procesos fisiológicos involucrados en las enfermedades y de esta manera ayudaron a redireccionar la investigación en el área de la inmunología. Seguido, se describe un ejemplo de investigación básica relacionada con el papel de las citocinas en el absceso hepático amebiano, mostrando el trabajo de varios grupos de investigación en el mundo, con el objetivo de entender la respuesta inmune contra el parásito. Lo anterior nos permite argumentar la relevancia que tiene la investigación inmunológica dentro del contexto clínico.

Palabras claves: inmunología, citoquinas, medicina clínica, absceso hepático amebiano.

Abstract

The purpose of this review is to highlight the importance of research in immunology and its application in the clinical setting. The first part presents the most important discoveries that helped to elucidate the main physiological processes involved in the diseases and in this way helped to redirect research in immunology. Then, we describe an example of basic research related to the role of cytokines in the amoebic liver abscess, showing the work of several research groups in the world, with the aim of understanding the immune response against the parasite. This allows us to argue the relevance of immunological research within the clinical context.

Keywords: immunology, cytokines, clinical medicinal, amoebic liver abscess.

1. Docente investigadora, Grupo de Investigación REMA, Departamento de Bacteriología, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1041-9609>

2. Licenciado en Biología, Secretaría de Educación del Distrito, Bogotá D.C. Colombia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8075-1266>

Bogotá, Colombia.

Correspondencia: candreaacruz@unicolmayor.edu.co

Recibido: 15/10/2018
Aceptado: 29/12/2018

Introducción

La inmunología es una disciplina biológica que ha tenido avances significativos en lo que va corrido del siglo XXI, evidencia de ello ha sido dejar de ser sólo una actividad médica relacionada con la vacunación y algunas reacciones serológicas, para convertirse en una ciencia interdisciplinaria sustentada por teorías y conceptos, lo cual le ha permitido generar sus propios planteamientos y estrategias para resolver las problemáticas de su campo de acción. De esta forma, la inmunología ahora desempeña un papel clave tanto en la investigación básica como en su aplicación clínica (1).

Los avances en esta ciencia han ayudado a comprender los procesos de generación de varias enfermedades y de esta forma encontrar tratamientos para mejorar la salud de muchas personas alrededor del mundo (2). De hecho, uno de sus aportes más notables ha sido el descubrimiento de los anticuerpos monoclonales, por lo cual recibe el premio Nobel de medicina en 1984 el químico argentino César Milstein. Desarrollos como estos han permitido dilucidar varios procesos inmunológicos, lo cual ha posibilitado, desde finales del siglo XX hasta ahora, el desarrollo de nuevas tecnologías, convirtiendo a la inmunología en una rama independiente de la microbiología y una de las especialidades médicas que más futuro tiene.

En este documento se presentarán algunos aspectos que se deben tener en cuenta para el estudio de la inmunología clínica en la actualidad, además de presentar un ejemplo de la forma como se desarrolla la investigación, particularizando en el papel de las citoquinas

en el absceso hepático. De esta manera se pretende que este escrito suscite interrogantes y reflexiones para avanzar y seguir profundizando en esta importante disciplina científica.

Estado actual de la inmunología

Se comenzará por afirmar que la inmunología ha permitido no solamente desarrollar vacunas sino también tratar las distintas patologías que pueden afectar al sistema inmune (3). De hecho, al estudiar un sinnúmero de variables, esta ciencia se ha convertido en una especialidad tan compleja, que se la suele subdividir en ramas tales como inmunología clásica, clínica, diagnóstica, inmunoterapia e inmunología evolutiva. Ahora bien, resulta necesario aclarar que estas ramas no interviene independientemente una de otra en la práctica clínica, sino que se encuentran en constante interacción.

Con respecto a la inmunología clínica, su principal procedimiento es el inmunodiagnóstico (metodología que utiliza la reacción antígeno-anticuerpo como su principal medio de detección) a partir de técnicas avanzadas y la investigación científica. No obstante, también estudia las enfermedades que se presentan como consecuencia de diversos trastornos en el sistema inmune, los cuales se pueden clasificar en inmunodeficiencias, enfermedades autoinmunes e hipersensibilidades.

Al respecto de las inmunodeficiencias, se trata de enfermedades que disminuyen la eficacia de los componentes inmunitarios, como por ejemplo el SIDA (Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida), la enfermedad más co-

nocida que afecta al sistema inmunitario y caracterizada por la pérdida de linfocitos T CD4+ y macrófagos, que son destruidos por el VIH (Virus de Inmunodeficiencia Humana). Un segundo tipo de enfermedades son las que provocan que el sistema inmunitario reconozca a los propios tejidos como extraños y los ataque (enfermedades autoinmunes) (4); de estas, las más comunes son la diabetes tipo 1, el lupus eritematoso sistémico, la artritis reumatoidea, la anemia perniciosa, la esclerosis múltiple, la tiroiditis de Hashimoto y la esclerodermia, entre otras. Finalmente, están las enfermedades en las que la respuesta del sistema inmune es exagerada (hipersensibilidad), entre ellas encontramos las alergias y el asma.

Otro aspecto importante que estudian los inmunólogos clínicos es buscar la forma de prevenir el rechazo a trasplantes, puesto que el sistema inmunitario destruye antígenos extraños, mediante el reconocimiento del complejo mayor de histocompatibilidad (5). En este caso, el laboratorio clínico, con los avances recientes en tecnología, juega un papel importante en el cuidado del paciente al proporcionar resultados oportunos, precisos y confiables de la prueba. Tales resultados son utilizados por los miembros del equipo médico para hacer el diagnóstico, tratamiento y tomar las decisiones adecuadas de monitoreo.

Con respecto al desgaste de las funciones inmunológicas, la autoinmunidad y la infección, se ha determinado que son factores que subyacen a muchas enfermedades de la vejez, probablemente se lograría un control importante de dichas enfermedades mediante manipulaciones inmunológicas. Ejemplo de esto es alterando de forma activa el proceso inmune

gracias al desarrollo de la inmunofarmacología, y así ser capaces de aliviar al paciente alérgico. En otras palabras, vislumbra la posibilidad de inmunizar contra la inmunidad no deseada.

El estudio de las citoquinas como ejemplo de investigación

El término “citoquina” define un numeroso grupo de proteínas pequeñas no estructurales que están involucradas en la señalización celular. Se incluyen en la familia de las citoquinas: interleucinas (IL), interferones (IFN), quimiocinas, linfoquinas y factores de necrosis tumoral (TNF). Las citoquinas se producen generalmente en cascadas y actúan en secuencia, como parte de una red coordinada compleja; aunque su producción se regula cuidadosamente, tanto intracelularmente como extracelularmente. Este proceso está dirigido a que las citoquinas actúen sobre las células diana uniéndose a receptores específicos y desencadenando así rutas de transducción de señales dentro de la célula, lo cual demuestra su importante papel en el sistema inmune al regular tanto la intensidad como la duración de la respuesta inmune.

Hasta ahora, se ha descrito varias citoquinas, entre ellas el grupo de IL-1 a IL-38, lo cual ha posibilitado que las citoquinas se puedan dividir en dos grupos, de acuerdo con su función: citoquinas pro y antiinflamatorias. Las citoquinas proinflamatorias son las que favorecen la inflamación, siendo las principales responsables de las respuestas tempranas IL-1 α , IL-1 β , IL-6 y TNF- α . Por el contrario, las citoquinas antiinflamatorias contrarrestan

diversos aspectos de la inflamación, incluida la producción de citoquinas proinflamatorias; aunque, algunas citoquinas pueden tener actividades pro y antiinflamatorias, dependiendo de la situación. El equilibrio entre las citoquinas pro y antiinflamatorias determina el efecto neto de una respuesta inflamatoria, y una homeostasis alterada de las citoquinas deshabilita la función apropiada del sistema inmune. Esta dinámica hace posible que algunos parásitos puedan manipular la respuesta inmune para poder invadir y multiplicarse en el huésped, como es el caso del absceso hepático amebiano (AHA) en el cual los trofozoítos de *E. histolytica* pueden burlar la respuesta inmune e invadir el epitelio hepático. Estos procesos han sido objeto de investigación mediante estudios, tanto *in vitro* como *in vivo*, para analizar el papel de las citoquinas y otros componentes inmunes del huésped frente al parásito por medio de pruebas inmunodiagnósticas.

El absceso hepático amebiano (AHA) es una enfermedad mortal en la cual el parásito *Entamoeba histolytica* es capaz de diseminarse desde la pared intestinal a otros órganos como el hígado, donde produce citólisis de los hepatocitos y necrosis. Aunque se han desarrollado y probado varios modelos animales, ninguno de ellos ha proporcionado una explicación completa de los mecanismos inmunológicos que participan en la invasión y el establecimiento del parásito, aunque se ha obtenido bastante información sobre la complejidad de este microorganismo y la enfermedad que produce.

A pesar de que el ciclo de vida de la *E. histolytica* no se ha podido reproducir en modelos animales, se ha observado que hámsteres

con AHA no tratados mueren (6). De hecho, se ha descrito que la inoculación con *E. histolytica* induce, en estos animales, un infiltrado inflamatorio rápido, principalmente compuesto por neutrófilos, los que rodean los trofozoítos y los aíslan del parénquima hepático; después, hay una lisis significativa de neutrófilos, responsable en parte del daño parenquimatoso durante la evolución de AHA. Como resultado, esta patogenia conduce a más del 90% de mortalidad en hámsteres (7, 8). No obstante, en los seres humanos se ha observado una regeneración del hígado después de un tratamiento exitoso, probablemente por las características inflamatorias específicas (9).

Estudios *in vitro* previos con *E. histolytica* han demostrado que las moléculas amebianas inducen la secreción y expresión de citoquinas por leucocitos mononucleares y células epiteliales intestinales (9-14). La respuesta Th1 estaría implicada en la inmunidad protectora contra la amebiasis invasora (15). Por consiguiente, *E. histolytica* podría manipular la respuesta inmune hacia Th1 favoreciendo la invasión en el tejido (16). De igual manera, los estudios *in vivo* en el modelo de xenoinjerto de ratón-humano SCID intestinal indicaron que IL-1b e IL-8 se produjeron por el injerto en respuesta a la infección por *E. histolytica* (17, 18, 19). En contraste, los niveles de expresión de IL-4, IL-10 y TGF- β son significativamente más altos en humanos con síntomas de amebiasis (intestinal o AHA) en comparación con controles sanos. Por otra parte, los pacientes que no presentan síntomas, pero que están infectados con *Entamoeba sp.* no mostraron diferencias en los niveles de citoquinas en comparación con el grupo control. Estas citoquinas (IL-4, IL-10

y TGF- β) podrían suprimir las respuestas inmunitarias celulares, lo que daría lugar a una infección sintomática (20).

Se ha demostrado que los linfocitos aislados de pacientes tratados con AHA expuestos al antígeno de *E. histolytica* pueden producir IFN- γ *in vitro* (21). En modelos animales de AHA, las lesiones hepáticas pueden ser provocadas por la inoculación directa de trofozoítos en el hígado de conejos, hámsteres o jerbos (22). La lectina *E. histolytica* Gal/GalNAc puede estimular la producción de TNF- α en macrófagos de médula ósea murina preparada con IFN- γ (23). Recientes estudios *in vitro* demostraron que el ADN genómico de *E. histolytica* estimula la línea celular de macrófagos de ratón RAW 264 β 7 y aumenta los niveles de ARNm de TNF- α y la producción de proteína (24). Además, se ha informado que las células cultivadas del epitelio intestinal humano HT29 pueden producir IL-8 al entrar en contacto con el parásito y la lectina (25).

Estudios inmunohistoquímicos mostraron que, durante la evolución de AHA en hámsteres, los trofozoítos fueron capaces de inducir una importante respuesta inflamatoria compuesta de PMN y leucocitos mononucleares. Este hallazgo implicó aumentar gradualmente la expresión de TNF- α , IFN- γ , IL-8 e IL-1 β durante las primeras etapas del desarrollo de AHA, que posteriormente disminuyó lentamente a niveles basales en la etapa crónica de la infección. Además, se observó que los hepatocitos en el parénquima hepático que rodeaban los focos inflamatorios se indujeron a expresar TNF- α e IL-8 durante el desarrollo de AHA (26). La expresión de la citoquina reguladora IL-10 se produjo muy temprano después de la infección y alteró su patrón de

expresión en un período de tiempo muy estrecho. Esta rápida desactivación de la expresión de IL-10 es muy sugestiva de una posible supresión mediada por parásitos de la respuesta inmune reguladora a través de factores de virulencia amebiana (27, 28, 29, 30).

Durante la amebiasis, la supresión de las respuestas linfoproliferativas (tanto las células T y B) como la producción de citoquinas parecen ser sistémicas. En gerbos, el día 20 de AHA (fase aguda), los niveles de IL-2 parecen disminuir significativamente cuando se estimulan las células del bazo con Con A, en comparación con los controles no infectados. Dado que la IL-2 desempeña un papel en la activación y proliferación de las células T, la supresión de esta producción de citoquinas puede contribuir al establecimiento de la infección (31). Además, linfocitos T humanos aislados de pacientes curados farmacológicamente de amebiasis liberan IL-2 e IFN- γ cuando se expone a la lectina amebiana (32).

Aunque la inmunidad innata y adquirida se consideraba clásicamente entidades autónomas, los avances recientes en la comprensión de la señalización de los receptores Toll-like, identificaron la función de las citoquinas y la activación del complemento en una red de reguladores que dirigen el cambio de la inmunidad innata a la adquirida (33). Uno de esos factores es la citoquina inflamatoria IL-6, que a través del control diferencial del reclutamiento de leucocitos, la activación y la apoptosis, ha sido reconocida recientemente como un regulador de este interruptor inmunológico.

La generación de ratones 'knock-out' IL-6 (KO) en 1994 brindó una oportunidad úni-

ca para probar directamente las funciones de IL-6 *in vivo* (34). Los ratones con deficiencia de IL-6 se desarrollaron normalmente pero no controlaron las infecciones microbianas y fueron defectuosos en la producción de anticuerpos dependientes de células T (35, 36). Los ratones con deficiencia de IL-6 también se vieron comprometidos en sus respuestas de fase aguda a la lesión tisular (37). Una serie de estudios *in vivo* indicó que la IL-6 influye en la polarización de las células T (38, 39, 40). Sin embargo, IL-6 no actúa universalmente para la inducción de una respuesta de tipo Th1 o Th2. La interleucina 6 puede favorecer la producción de IL-2 y promover el desarrollo de una colitis murina mediada por células Th1 (41). Pero también se sabe que IL-6 suprime la polarización de las células T mediada por IL-12 y dirige la diferenciación de Th2 de las células T vírgenes en las células secretoras de IL-4 (42).

A lo largo de los años, a la IL-6 se le han asignado características pro y antiinflamatorias (43, 44). IL-6 podría definirse como un factor de resolución que equilibra las respuestas inmunológicas pro- y antiinflamatorias debido a su capacidad de orquestar la transición de la inmunidad innata a la adquirida. El control apropiado de este cambio inmunológico es esencial para la resolución exitosa de cualquier episodio inflamatorio, y la actividad de IL-6 parece ser crítica en el manejo efectivo de la inflamación aguda (45, 46, 47, 48).

Se identificaron bajos niveles de IL-6 en fluidos sobrenadantes de linfocitos activados expuestos a lectina de adhesión a membrana de *E. histolytica* de 220 kDa de mestizos mexicanos adultos sanos que se habían recuperado mucho antes de AHA, en comparación con

controles sanos. Además, los niveles de IL-5, IFN- γ y TNF- α también fueron más bajos en los pacientes, pero los niveles de IL-2, IL-4 e IL-10 fueron similares en ambos grupos (49). Por lo tanto, una producción de citoquina IL-6 regulada negativamente puede potenciar el desarrollo de AHA (50). Por otra parte, se ha observado el papel supresor de la IL-10 en la amebiasis, al estudiar células mononucleares periféricas aisladas de sujetos sintomáticos que expresaban altos niveles de IL-10 (51).

Los hepatocitos también pueden contribuir a la producción de citoquinas quimiotácticas que reclutan células inflamatorias en los sitios de infección hepática, formando un entorno inflamatorio exacerbado que puede facilitar el daño al tejido hepático y el desarrollo de AHA, en lugar de eliminar los trofozoítos. Los resultados obtenidos por el grupo de Pacheco-Yépez (26) sugieren que existe una correlación *in vivo* entre la expresión de citoquinas inflamatorias y la progresión de la amebiasis invasiva y que la ausencia de expresión TH2 reguladora/supresora de citoquinas, un factor importante que inhibe las moléculas proinflamatorias, puede conducir a un estado inflamatorio persistente que a su vez produciría extenso daño tisular en el hígado.

El papel de estas citoquinas en el patógeno de los abscesos hepáticos amebianos necesita más investigación, particularmente para buscar otros factores de crecimiento, como TGF- β , HGF e IGF, y citoquinas reguladoras para elucidar sus roles durante las etapas crónicas del desarrollo de AHA. Varios estudios han demostrado la importancia de los neutrófilos en la respuesta innata contra la invasión de *E. histolytica* (52). Los neutrófilos activados proporcionan señales para la activación y

maduración de los macrófagos, que a su vez liberan IL-1b, TNF-a, G-CSF y GM-CSF, de tal forma que estas citoquinas extienden la vida útil de los neutrófilos en los sitios de inflamación.

La interacción de lipopéptido fosfoglicano (LPPG) con TLR-2 y TLR-4 da como resultado la activación de NF-kappa B y la liberación de IL-8, IL-10, IL-12p40 y TNF-a de macrófagos humanos. Los neutrófilos activados aumentan la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), activan NF-kB y aumentan degranulación de neutrófilos. Los gránulos primarios contienen mieloperoxidasa (MPO), defensinas, lisozima, proteína bactericida que incrementa la permeabilidad (BPI), neutrófilo elastasa (NE), proteinasa 3 (PR3) y catepsina G (CG). Los gránulos se-

cundarios se caracterizan por la presencia de lactoferrina, neutrófilo lipocalina asociada a gelatinasa (NGAL), proteína antimicrobiana catiónica humana 18 o cathelin (hCAP-18) y lisozima. MPO puede unirse a monocitos, que pueden conducir a la producción de ROS y citoquinas proinflamatorias (53, 54).

Estudios realizados por el grupo de Pacheco-Yopez han sugerido un papel importante de la MPO en la respuesta inmune contra trofozoítos de *E. histolytica* en modelos de AHA. Por un lado, en el modelo de resistencia (ratones Balb/c) se observó un aumento de actividad y expresión génica de MPO a diferencia del modelo de susceptibilidad (hámster) en el que se observa ausencia de la actividad y expresión génica de la enzima (55).

Tabla 1. Descripción de los modelos experimentales empleados en el estudio de las citoquinas en el absceso hepático amebiano.

MODELO EXPERIMENTAL	AUMENTO CITOQUINAS	DISMINUCION CITOQUINAS	REF
Xenoinjerto de ratón-humano SCID intestinal	IL-1b e IL-8		17, 18, 19
Humanos con síntomas de amebiasis (intestinal o AHA)	IL-4, IL-10 y TGF- β (suprimen la respuesta inmune celular)		20
Linfocitos aislados de pacientes tratados con AHA expuestos al antígeno de <i>E. histolytica</i>	IFN-c in vitro		21
Macrófagos de médula ósea murina preparada con IFN-c, estimuladas con lectina <i>E. histolytica</i> Gal / GalNAc	TNF- α		23
Línea celular de macrófagos de ratón RAW 264/E7 estimulado con ADN genómico de <i>E. histolytica</i>	Niveles de ARNm de TNF- α y la producción de proteína		24
Células cultivadas del epitelio intestinal humano HT29 estimuladas con el parásito y la lectina	IL-8		25
Evolución del absceso hepático amebiano en hámster	Primeras etapas TNF- α , IFN-c, IL-8 e IL-1b	Etapas crónicas TNF- α , IFN-c, IL-8 e IL-1b	26
Hepatocitos en los focos inflamatorios durante el AHA en Hamster	TNF- α e IL-8		26
Durante el AHA en hamster	IL-10 se produjo muy temprano	Rápida inactivación IL-10	27, 28, 29, 30

MODELO EXPERIMENTAL	AUMENTO CITOQUINAS	DISMINUCION CITOQUINAS	REF
AHA en jerbos día 20 de la infección, se toman células de bazo y estimula con CoA		IL-2	31
Linfocitos T humanos aislados de pacientes curados con tratamiento, estimulados con lectina amebiana	IL-2 e IFN- γ		32
Sobrenadantes de linfocitos de humano con antecedentes de amibiasis, estimulados con lectina amibiana		IL-6 IL-5, IFN- γ y TNF- α	49
Mononucleares de pacientes sintomáticos de amibiasis	IL-10		51
Macrófagos humanos con amibiasis activados con lipopéptido fosfoglicano	IL-8, IL-10, IL-12p40 y TNF- α		53, 54

Fuente. Elaboración propia.

Como se puede evidenciar, se han realizado varios estudios para determinar el papel de las citoquinas en el AHA tanto *in vitro* como *in vivo* (modelos animales experimentales). Aunque no se ha dilucidado la forma en que la *E. histolytica* manipula la respuesta inmune, los experimentos realizados con pruebas inmunodiagnósticas han producido nuevos conocimientos que fortalecen los conocimientos de la inmunología como ciencia básica y permiten desarrollar nuevas e innovadoras investigaciones en este campo.

No es fácil predecir el futuro, pero el ritmo de avance y acumulación de conocimientos básicos de la inmunología garantiza el advenimiento de novedades casi increíbles, ante las cuales quedarán anticuadas muchas fases de la práctica clínica actual (56-58). Dentro de lo previsible, se supone que será posible trasplantar prácticamente cualquier órgano con un porcentaje elevado de éxitos, corregir la mayoría del tipo de inmunodeficiencias ya sean heredadas o adquiridos. Estaremos en condiciones de potenciar la resistencia a la infección, así como de tratar y prevenir gran parte de las infecciones que son resistentes a la antibioterapia. Tendríamos en un futuro

la certeza de diagnosticar el cáncer con más prontitud y precisión por métodos inmunológicos. Se llegará quizás a tratar con eficacia formas de cáncer utilizando varias clases de inmunoterapias, cirugía y quimioterapia, y se podrá manipular la respuesta inmune para prevenir algunas enfermedades (59).

Confiamos enormemente en que la mayoría de estas predicciones, si no la mayoría, se cumplirán en este nuevo siglo gracias a la aplicación de los nuevos hallazgos de la investigación básica y aplicada.

Referencias

1. Cohn M 1. Learning from a contemporary history of immunology. *Immunologic Research*. June 2017, Volume 65, Issue 3, pp 573–591.
2. Sofia MA, Rubin DT . The Impact of Therapeutic Antibodies on the Management of Digestive Diseases: History, Current Practice, and Future Directions. *Dig Dis Sci*. 2017 Apr;62(4):833-842. doi: 10.1007/s10620-017-4479-0.
3. Dustin ML, Baldari CT . The Immune Synapse: Past, Present, and Future. *Methods Mol Biol*. 2017; 1584:1-5. doi: 10.1007/978-1-4939-6881-7_1.
4. Ishii M. Immunology proves a great success for trea-

- ting systemic autoimmune diseases - a perspective on immunopharmacology: IUPHAR Review 23. *Br J Pharmacol.* 2017 Jul;174(13):1875-1880. doi: 10.1111/bph.13784. Epub 2017 Apr 24.
5. Lim MA, Kohli J, Bloom RD. Immunosuppression for kidney transplantation: Where are we now and where are we going? *Transplant Rev (Orlando).* 2017 Jan;31(1):10-17. doi: 10.1016/j.trre.2016.10.006. Epub 2016 Oct 11.
 6. Tsutsumi V, Shibayama M. Experimental amebiasis: a selected review of some in vivo models. *Arch Med Res* 2006; 37: 210 – 220 (Review).
 7. Tsutsumi V, Mena-Lopez R, Anaya-Velazquez F, Martínez-Palomo A. Cellular bases of experimental amebic liver abscess formation. *Am J Pathol* 1984; 117: 81– 91
 8. Tsutsumi V, Martínez-Palomo A. Inflammatory reaction in experimental hepatic amebiasis. An ultrastructural study. *Am J Pathol* 1988; 130: 112 –119.
 9. Sepúlveda B, Martínez-Palomo A. Immunology of amebiasis by *Entamoeba histolytica*. In Cohen S, Warren K (eds): *Immunology of Parasitic Diseases*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1982: 170 –191.
 10. Eckmann L, Reed SL, Smith JR, Kagnoff MF. *Entamoeba histolytica* trophozoites induce an inflammatory cytokine response by cultured human cells through the paracrine action of cytolytically released interleukin-1 alpha. *J Clin Invest* 1995; 96(3): 1269–1279.
 11. Seguin R, Mann BJ, Keller K, Chadee K. The tumor necrosis factor alpha-stimulating region of alactose-inhibitable lectin of *Entamoeba histolytica* activates gamma interferon-primed macrophages for amebicidal activity mediated by nitric oxide. *Infect Immun* 1997; 65(7): 2522–2527.
 12. Sharma M, Bhasin D, Vohra H. Differential induction of immunoregulatory circuits of phagocytic cells by Gal/GalNAc lectin from pathogenic and non-pathogenic *Entamoeba*. *Clin Immunol* 2008; 28(5): 542–557.
 13. Sharma M, Vohra H, Bhasin D. Enhanced pro-inflammatory chemokine/cytokine response triggered by pathogenic *Entamoeba histolytica*: basis of invasive disease. *Parasitology* 2005; 131(Pt 6): 783–796.
 14. Sierra-Puente RE, Campos-Rodriguez R, Jarillo-Luna RA, et al. Expression of immune modulator cytokines in human fulminant amoebic colitis. *Parasite Immunol* 2009; 31(7): 384– 391.
 15. Kretschmer RR, López-Osuna M. Effector mechanisms and immunity to amebas. In Kretschmer R (ed.): *Amebiasis: Infection and Disease by E. Histolytica*. Boca Raton, FL, CRC Press, 1990: 105 –122.
 16. Murray JS. How the MCM selects Th1/Th2 immunity. *Immunol Today* 1998; 19: 157 –163)
 17. Seydel KB, Smith SJ, Stanley SL Jr. Innate immunity to amebic liver abscess is dependent on gamma interferon and nitric oxide in a murine model of disease. *Infect Immun* 2000; 68(1): 400–402.
 18. Seydel KB, Zhang T, Stanley SL Jr. Neutrophils play a critical role in early resistance to amebic liver abscesses in severe combined immunodeficient mice. *Infect Immun* 1997; 65(9): 3951–3953
 19. Seydel KB, Li E, Swanson PE, Stanley SL Jr. Human intestinal epithelial cells produce proinflammatory cytokines in response to infection in a SCID mouse-human intestinal xeno-graft model of amebiasis. *Infect Immun* 1997; 65(5): 1631– 1639.
 20. Bansal D, Sehgal R, Charla Y, Malla N, Majan C. Cytokine mRNA expressions in symptomatic vs. asymptomatic amoebiasis patients. *Parasite Immunol* 2005; 27: 37 – 43.
 21. Salata RA, Murray HW, Rubin BY, Ravdin JI. The role of gamma interferon in the generation of human macrophages cytotoxic for *Entamoeba histolytica* trophozoites. *Am J Trop Med Hyg* 1987; 37(1): 72–78.
 22. Lotter J, Gaworski I, Tannich E. Sexual dimorphism in the control of amebic liver abscess in a mouse model of disease. *Infect Immun* 2006; 74: 118 –124.

23. Seguin R, Mann BJ, Keller K, Chadee K. The tumor necrosis factor alpha- stimulating region of galactose-inhibitable lectin of *Entamoeba histolytica* activates gamma interferon-primed macrophages for amebicidal activity mediated by nitric oxide. *Infect Immun* 1997; 65(7): 2522–2527.
24. Ivory CP, Prystajek M, Jobin C, Chadee K. Toll-like receptor 9-dependent macrophage activation by *Entamoeba histolytica* DNA. *Infect Immun* 2008; 76(1): 289–297.
25. Eckmann L, Reed SL, Smith JR, Kagnoff MF. *Entamoeba histolytica* trophozoites induce an inflammatory cytokine response by cultured human cells through the paracrine action of cytolytically released interleukin-1 alpha. *J Clin Invest* 1995; 96(3): 1269–1279.
26. Pacheco-Yépez, J. M. Galván-Moroyoqui, I. Meza, V. Tsutsumi & M. Shibayama. Expression of cytokines and their regulation during amoebic liver abscess development. *Parasite Immunology*, 2011, 33, 56–64.
27. Blazquez S, Rigotherier MC, Huerre M, Guillen N. Initiation of inflammation and cell death during liver abscess formation by *Entamoeba histolytica* depends on activity of the galactose / N-acetyl-D-galactosamine lectin. *Int J Parasitol* 2007; 37(3–4): 425–433.
28. Bracha R, Nuchamowitz Y, Leippe M, Mirelman D. Anti-sense inhibition of amoebapore expression in *Entamoeba histolytica* causes a decrease in amoebic virulence. *Mol Microbiol* 1999; 34(3): 463–472
29. Nakada-Tsukui K, Saito-Nakano Y, Ali V, Nozaki T. A retromer-like complex is a novel Rab7 effector that is involved in the transport of the virulence factor cysteine protease in the enteric protozoan parasite *Entamoeba histolytica*. *Mol Biol Cell* 2005;16(11): 5294–5303.
30. Pacheco J, Shibayama M, Campos R, et al. In vitro and in vivo interaction of *Entamoeba histolytica* Gal / GalNAc lectin with various target cells: an immunocytochemical analysis. *Parasitol Int* 2004; 53(1): 35–47.
31. Campbell D, Gaucher D, Chadee K. Serum from *Entamoeba histolytica* infected gerbils selectively suppresses T cell proliferation by inhibiting interleukin-2 production. *J Infect Dis* 1999; 179: 1495–1501.
32. Schain DC, Salata RA, Ravdin JI. Human T-lymphocyte proliferation, lymphokine production, and amebicidal activity elicited by the galactose-inhibitable adherence protein of *Entamoeba histolytica*. *Infect Immun* 1992; 60(5): 2143– 2146.
33. Hoebe K, Janssen Beutler B. The interface between innate and acquired immunity. *Nat Immunol* 2004; 10: 971– 974.
34. Kopf M, Gros G, Coyle A, Kosco-Vilbois M, Brombacher F. Immune responses of IL-4, IL-5, IL-6- deficient mice. *Immunol Rev* 1995; 148: 45 – 69.
35. Dalrymple SA, Slattery R, Aud DM, Krishna M, Lucian LA, Murray R. Interleukin-6 is required for a protective immune response to systemic *Escherichia coli* infection. *Infect Immun* 1996; 64: 3231– 3235.
36. Ramsay AJ, Husband AJ, Ramshaw IA, et al. The role of interleukin-6 in mucosal IgA antibody responses in vivo. *Science* 1994; 264: 561– 563.
37. Fattori E, Cappelletti M, Costa P, et al. Defective inflammatory response in interleukin 6-deficient mice. *J Exp Med* 1994; 180: 1243 –1250.
38. Romani L, Mencacci A, Cenci E, et al. Impaired neutrophil response and CD4 + T- helper cell-1 development in interleukin-6-deficient mice infected with *Candida albicans*. *J Exp Med* 1996; 183: 1345–1355.
39. Rincon M, Anguita J, Nakamura T, Fikrig E, Flavell M. Interleukin (IL)-6 directs the differentiation of IL-4-producing CD4 + T-cells. *J Exp Med* 1997; 185: 461– 469.
40. La Flamme AC, Pearce EJ. The absence of IL-6 does not affect Th2 cell development in vivo, but does lead to impaired proliferation, IL-2 receptor expression,

- and B-cell responses. *J Immunol* 1999; 162: 5829 – 5837
41. Yamamoto I, Yoshizaki K, Kishimoto T; Ito H. IL-6 is required for the development of Th1 cell-mediated murine colitis. *J Immunol* 2000; 164: 4878 – 4882.
 42. Wang J, Homer RJ, Chen Q; Elias JA. Endogenous and exogenous IL-6 inhibits aeroallergen-induced Th2 inflammation. *J Immunol* 2000; 165: 4051–4061.
 43. Xing Z, Gauldie J, Cox G, et al. IL-6 is an anti-inflammatory cytokine required for controlling local or systemic acute inflammatory responses. *J Clin Invest* 1998; 101: 311–320 31.
 44. Tilg H, Trehu E, Atkins MB, Dinarello CA; Mier JW. Interleukin-6 (IL-6) as an anti inflammatory cytokine: induction of circulating IL-1 receptor antagonist and soluble tumor necrosis factor receptor p55. *Blood* 1994; 83: 113 – 118.
 45. Hurst SM, Wilkinson TS, McLoughlin RM, et al. Control of leukocyte infiltration during inflammation: IL-6 and its soluble receptor orchestrate a temporal switch in the pattern of leukocyte recruitment. *Immunity* 2001; 14: 705– 714.
 46. Barton BE, Jackson JV. Protective role of interleukin-6 in the lipopolysaccharide gAHActosamine septic shock model. *Infect Immun* 1993; 61: 1496 –1499.
 47. Ulich TR, Yin S, Guo K, Yi ES, Remick D; del Castillo J. Intratracheal injection of endotoxin and cytokines: interleukin-6 and transforming growth factor β inhibit acute inflammation. *Am J Pathol* 1991; 138: 1097 –1101.
 48. Onogawa T. Local delivery of soluble interleukin-6 receptors to improve the outcome of α -toxin producing *Staphylococcus aureus* infection in mice. *Immunobiology* 209: 651– 660.
 49. Bekker C, Arellano J, Talamas P, Kretschmer R, Perez-Rodriguez ME. Amebic lectin stimulation of lymphocytes of Mexican Mestizos recovered from amebic abscess of the liver induces decreased production of IL5 and IL6. *Arch of Med Res* 2000; 31 (4 Suppl.): S96 – S97.
 50. Bekker-Mendez VC, Perez-Castillo VL, Rico-Rosillo MG, et al. Downregulation of selected cytokines in amoebiasis. *Arch Med Res* 2006; 37: 556 – 558.
 51. Bansal D, Sehgal R, Chawla Y, Malla N, Mahajan RC. Cytokine mRNA expressions in symptomatic vs. asymptomatic amoebiasis patients. *Parasite Immunol* 2005; 27(1–2): 37–43.
 52. Campos-Rodriguez R, Gutierrez-Meza M, Jarillo-Luna RA, Drago-Serrano ME, Abarca-Rojano E, Ventura-Juarez J, Cardenas-Jaramillo, LM, Pacheco-Yeppez, J. 2016. A review of the proposed role of neutrophils in rodent amebic liver abscess models. *Parasite*. 23 (6).
 53. Choi MH, Sajed D, Poole L, Hirata K, Herdman S, Torian BE, Reed SL. 2005. An unusual surface peroxiredoxin protects invasive *Entamoeba histolytica* from oxidant attack. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 143(1), 80–89.
 54. Tseng CW, Liu GY. 2014. Expanding roles of neutrophils in aging hosts. *Current Opinion in Immunology*, 29C, 43–48.
 55. Cruz-Baquero A, Cárdenas Jarmillo LM, Gutiérrez-Meza M, Jarillo-Luna RA, Campos-Rodriguez R, Rivera-Aguilar V, Milliar-García A, Pacheco-Yeppez J. Different behavior of myeloperoxidase in two rodent amoebic liver abscess models. *Plos One*. Aug 10;12(8). (2017)
 56. Castañeda, J., Gómez, K., Corrales, L., Cortés, S. Perfil de resistencia a antibióticos en bacterias que presentan la enzima NDM-1 y sus mecanismos asociados: una revisión sistemática. *NOVA*. 2016; 14 (26): 95-111
 57. Ospino, K., Castilla, M., Sánchez, R. Resistencia microbiana desde una perspectiva metagenómica. *NOVA*. 2018; 16 (29): 91-100
 58. Pinilla, G., Bautista, A., Cruz, C., Chavarro, B., Navarrete, J., Muñoz, L., Gutiérrez, J. Determinación de factores de adhesión asociados a la formación de

biopelícula en aislamientos clínicos de *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*. NOVA. 2017; 15 (27): 67 - 75

59. Boegemann M, Aydin AM, Bagrodia A , Krabbe LM . Prospects and progress of immunotherapy for bladder cancer. *Expert Opin Biol Ther.* 2017 Nov;17(11):1417-1431. doi: 10.1080/14712598.2017.1366445. Epub 2017 Aug 23.

Cumplimiento de los protocolos de trabajo seguro en alturas en la empresa MEXICHEN

Compliance with safe work protocols in heights at MEXICHEN

Zabaleta Torres Ricardo¹, Pinzón Mondol Reynaldo², Barcasnegra Madera Wendy², Morales Orozco Yefrin²

Resumen

Introducción. Ante la necesidad de mitigar los accidentes y muerte por actividades de trabajo en altura superior a 1.50 metros o más, o sobre un nivel inferior, se realiza esta investigación donde se evidencian los índices de casos presentados, condiciones de seguridad apropiadas y las recomendaciones para la utilización de equipos para la seguridad de los empleados y a su vez una formación teórico-práctica específica de los mismos. **Objetivo.** Valorar los lineamientos de la implementación del cumplimiento del protocolo de trabajos seguro en alturas por los trabajadores de la empresa MEXICHEN de la zona industrial de Mamonal, en Cartagena de Indias, en el año 2016. **Materiales y Métodos.** Observacional–descriptivo de corte transversal. El presente es un estudio que se realizó por medio de una encuesta y una lista de chequeo de equipos, la cual brindó la información necesaria para concluir con esta fase del proyecto de investigación. **Resultados.** El conocimiento de los contratistas existe, al aplicar la encuesta se logró apreciar que los trabajadores se desenvuelven de manera correcta en esta parte. **Conclusiones.** Se puede afirmar que los trabajadores de MEXICHEN Cartagena cuentan con las competencias para realizar correctamente su labor, por tal motivo están cumpliendo con el protocolo de trabajo en alturas, así como el uso de elementos para tal fin. **Recomendaciones:** Brindar entrenamiento teórico-práctico al personal que labora sobre 1.50 metros para que fortalezcan su conocimiento y experiencia sobre este, de esta manera mitigar las caídas con consecuencias lamentables, es importante en estas tareas mantenerse anclados a sus equipos.

Palabras claves: sistemas anti-caídas, líneas de vida, prevención de accidentes.

1. Coordinador Seguridad y Salud en el Trabajo y Medio Ambiente, Instructor PROBOARD FIRE I NFPA 1041 e Instructor NFPA 1006 de la University of Texas A&M Engineering TEXX Extensión Service, Instructor OFDA LAC Y MSTA - USAID - SBV - SAV - TRAUMA, Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo, Instructor Especialista en Búsqueda - Salvamento y Rescate Avanzado, Docente del Programa de Atención Pre Hospitalaria. Facultad de Ciencias de la Salud de la Corporación Universitaria Rafael Núñez.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6616-9242>

2. Estudiante del Programa de Atención Pre hospitalaria. Facultad de Ciencias de la Salud de la Corporación Universitaria Rafael Núñez

Bogotá, Colombia.

Correspondencia: ricardo.zabaleta@cumvirtual.edu.co

Recibido: 23/10/2018
Aceptado: 25/12/2018

Abstract

Introduction. In view of the need to mitigate accidents and death from work activities at heights higher than 1.50 meters or more, or at a lower level, this investigation is carried out where the rates of cases presented, appropriate safety conditions and recommendations for the use of equipment for the safety of employees and, in turn, specific theoretical and practical training of the same. **Objective.** To evaluate the guidelines for the implementation of compliance with the protocol of safe work at heights by the workers of the company MEXICHEN of the Mamonal - Cartagena in 2016. **Materials and Methods.** Observational descriptive cross-section. This is a study that was carried out through a survey and a checklist of equipment, since it is providing the necessary information to conclude this phase of the research project. **Results.** With this investigation it was found that the knowledge of the contractors exists, when applying the survey it was possible to appreciate that the workers are working correctly in this part. **Conclusions.** It can be affirmed that the workers of MEXICHEN Cartagena have the competences to carry out their work correctly, for this reason they are complying with the work protocol at heights, as well as the use of elements for that purpose. **Recommendations:** Provide theoretical and practical training to personnel who work on 1.50 meters to strengthen their knowledge and experience on this, in this way mitigate the falls with unfortunate consequences, it is important in these tasks to stay anchored to their equipment.

Keywords: anti fall systems, life lines, accident prevention.

Introducción

La presente investigación aborda el cumplimiento del protocolo de trabajo seguro en alturas, que establece lineamientos y procedimientos que se deben realizar durante la práctica de esta actividad, con el objetivo de prevenir cualquier accidente e incidente que acontezca durante el tiempo de ejecución. Las características principales de este tipo de trabajo es la peligrosidad a la que se ven expuestos cada día los trabajadores que la ejercen. Para analizar esta problemática es necesario mencionar, entre otras, la caída libre que es la principal causa de muerte en los últimos tiempos.

Para la realización de este trabajo se tuvieron en cuenta varios aspectos. En primer lugar,

se escogió una empresa de la zona industrial de la ciudad de Cartagena de Indias; llamada MEXICHEM, que es un proveedor líder de productos y soluciones a través de múltiples sectores de petroquímica para la construcción, la infraestructura, la agricultura, la salud, el transporte, las telecomunicaciones y la energía, entre otros. MEXICHEM es uno de los mayores productores de tubos de plástico y conexiones en todo el mundo y una de las mayores empresas químicas y petroquímicas en América Latina. Actualmente tiene una planta en Cartagena, en la zona industrial de Mamonal.

Por otra parte, establecieron los indicadores socioeconómicos de los empleados que ejercen el trabajo en altura dentro de la mencionada empresa, y su nivel de escolaridad. Así

mismo, se determinaron estadísticas recientes sobre este problema.

Para esta investigación se utilizó un instrumento (encuesta) a trabajadores que realizan trabajo en alturas y una lista de chequeo que se basó en la resolución No. 1409 de 23 de julio del 2012 del Ministerio de Trabajo (todo protocolo de trabajo en altura que se implemente debe ser guiada por esta Resolución). Para esto se utilizó un tipo de estudio Observacional – Descriptivo, con cohorte transversal. Con esta se puede analizar la situación del cumplimiento de trabajadores en una muestra determinada, este tipo de muestra fue la que empleamos en la metodología para nuestra investigación. El objetivo de indagar entre esta temática es determinar qué nivel de conocimiento tienen los trabajadores con respecto al trabajo seguro en alturas; de acuerdo con la resolución No. 1409 del 23 de julio de 2012 expedida por el Ministerio de Trabajo de Colombia y examinar la correcta utilización, manejo y mantenimiento de los elementos necesarios estipulados para realizar los trabajos seguros en alturas (3).

Los trabajos en alturas nos han permitido introducir mejoras en muchos ámbitos para tratar de eliminar, deducir y controlar riesgos. En concreto hemos experimentado un espectacular desarrollo en técnicas, metodologías y materiales específicos para la prevención de los riesgos derivados de la realización de trabajos en altura gracias, en gran medida, a la aplicación del conocimiento de la física más elemental y la concienciación preventiva (4).

Las caídas por altura se minimizaron, gracias al desarrollo de los protocolos de trabajo seguro en alturas, que mostraron técnicas es-

pecíficas para el beneficio del trabajador y el empleador (1).

Así, se redujo el número de accidentes y previnieron desastres, aunque según cifra de la ARL SURA el 14% de accidentes de trabajo mortales se dan por caídas en alturas y cifras del Instituto de Medicina Legal muestran que el 28.5% de muertes en Colombia se da por caída en alturas (2).

En esta ciudad la prensa informa con frecuencia la ocurrencia de accidentes que involucra a personas o trabajadores que se desempeñan en grandes alturas (3), por lo que se presume que no se manejan de manera adecuada los protocolos de trabajo seguro en alturas, ya sea por desconocimiento de un porcentaje de los lineamientos que la rigen o por imprudencia de quienes realizan este tipo de labor, lo cual conlleva al aumento de los índices de morbi-mortalidad en estos escenarios, creando así un problema sustancial que impacta directamente a los obreros y empleadores, ya que después de un accidente de trabajo no solo se afecta la salud de un individuo, sino también genera descompensación en todo un grupo de trabajo, afectándolos psicológicamente (1).

La investigación de esta problemática se realiza por el interés de saber qué tanto conocen los trabajadores de esta empresa el protocolo de trabajo seguro en altura y sus lineamientos que se deben implementar durante el tiempo de exposición. Esto permite identificar qué tanto ejercen las acciones que se mencionan en el protocolo, la aplicabilidad de éste dentro de la empresa y sus respectivos procedimientos y que para este artículo se toma como base los liderados por la empresa M.U. & ASOCIADO LTDA donde se enuncia paso

a paso como mantenerse arriba y seguro en el desarrollo de la tarea (7).

un muestreo intencional, no probabilístico con voluntarios.

Materiales y métodos

Este estudio fue de tipo observacional – descriptivo, con corte transversal, pues describió las variables del estudio y sus magnitudes además de analizar la situación de trabajadores en una muestra determinada. Además, se buscó dar a conocer las variables de estudio del cuadro operacional mediante preguntas y respuestas en los trabajadores que realizan trabajo en altura en la empresa MEXICHEN. El estudio tuvo en cuenta 40 personas a quienes se aplicó una encuesta, y una lista de chequeo para equipos. La población que se analizó corresponde al personal que se encuentra trabajando en la empresa MEXICHEN, correspondiente a los que laboran por encima de 1,5 m. el tipo de muestreo que se utilizó fue

Resultados

La encuesta aplicada a los trabajadores que laboran en la empresa MEXICHEN Colombia de la ciudad de Cartagena de Indias se aplicó a trabajadores de la jornada diurna y nocturna. Se ejecutó en dos intervenciones por la variación de horario laboral (turnos de 8 y 12 horas que tiene los trabajadores). El número de encuestados fue de 40 personas que constituyen un 33% de la población (120 en total). Se encontró que los trabajadores están en un rango de 25 a 54 años de edad. De formación de bachillerato y técnica, de sexo masculino, quienes ingresan a su lugar de trabajo con sus elementos de protección personal que les brinda la empresa.

Tabla 1. Variables sociodemográficas.

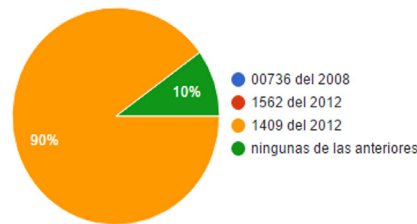
MACROVARIABLE	VARIABLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
EDAD	24-35	10	25%
	36-45	24	60 %
	46-55	6	15%
DURACIÓN DEL TURNO	12 HORAS	6	15%
	8 HORAS	34	85%
TIPO DE VINCULACIÓN	EMPLEADO	39	97.5%
	CONTRATISTA	0	0.00
	SUPERVISOR	1	2.5%
TIEMPO DE VINCULACIÓN	AÑOS (1-5)	16	40%
	6 O MAS AÑOS	24	60%
TOTAL		40	100%

Fuente. Elaboración propia basada en los datos recolectados.

Se encontró que el 90% de los encuestados conocen la ley que regula los trabajos en altura, (Resolución No. 1409 del 23 de julio de 2012) y afirman saber sobre la aplicación de los protocolos utilizados en las labores de trabajo seguro en alturas. Mientras que el otro 10% no la conoce. Ver gráfico 1.

Gráfico 1. Conocimiento sobre leyes regulatorias.

¿Cual de las siguientes resolución es la que regula los trabajo seguro en altura?

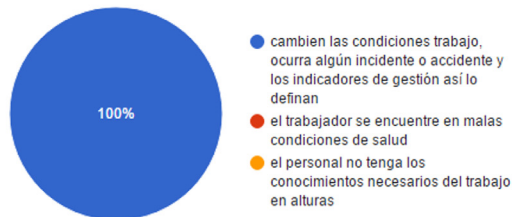


Fuente. Elaboración propia basada en los datos recolectados.

Los trabajadores de MEXICHEM dentro de sus estándares de seguridad industrial son muy juiciosos, se observa en la diligencia del procedimiento de trabajo seguro y que debe ser revisado y ajustado según la condición laboral, presencia de condición insegura o entorno donde los sistemas integrales de gestión lo exijan, de este el 100% respondió acertadamente. Ver gráfico 2.

Gráfico 2. Conocimientos sobre revisión y ajustes.

los procedimientos de trabajo en altura deben ser revisados y ajustado cuando:



Fuente. Elaboración propia basada en los datos recolectados.

Para el tema de seguridad en los sistemas y los equipos, se observa que el total de los cuarenta (40) trabajadores encuestados tienen la precaución de revisar los equipos antes y después de utilizarlos, es una política institucional adoptada y da muestra del nivel de conciencia y autocuidado de su personal. Ver gráfico 3.

Gráfico 3. Revisión de equipos.

¿Tiene usted la precaución de revisar los equipos antes y después de utilizar los equipos?



Fuente. Elaboración propia basada en los datos recolectados.

Discusión

Por todos los lineamientos de esta investigación, cuyo factor fundamental es la de reducir la accidentalidad y muerte de trabajadores por caída en alturas, se confronta los datos dados a partir del 1 de agosto de 2014, en donde las empresas de construcción, telecomunicación, mantenimiento, hidrocarburos, transporte entre otras, cuyos trabajadores desarrollan actividades, con riesgos de caída en alturas, deben estar capacitadas de acuerdo con los parámetros de ley en protección contra caídas. En Colombia según el Ministerio del Trabajo, 1283 personas murieron en los dos últimos años realizando trabajos en alturas. Gracias a actividades de prevención Positiva ARL ha disminuido los accidentes mortales en sus empresas afiliadas, en todos los sectores económicos, en el periodo enero – mayo 2014 frente a igual periodo de 2013. Las actividades laborales que requieren de trabajo en alturas (entre ellas el sector de la construcción), son las que mayor siniestralidad reportan en el país. Durante el año 2013, en Colombia, 755 personas murieron a causa de accidentes de trabajo, la mayoría de ellas, desarrollando actividades en alturas. Las cifras reportadas en Positiva revelan para ese año 455 accidentes

fatales. De éstos, nuevamente fue el sector de la construcción el que mayor cantidad presentó con 84 muertes en el periodo analizado (5).

La empresa MEXICHEM, por estar en zona industrial maneja múltiples peligros y riesgos, según los fundamentos de trabajo en altura de nuestro País vecino Chile, el trabajo en alturas es una de las actividades laborales más peligrosas que existe; el trabajador puede verse afectado por múltiples riesgos, tales como: electrocución, quemaduras por calor, químicos y/o radiaciones (solares, UV o IR), golpes contra estructuras o por objetos en movimiento, heridas cortantes o punzantes, lesiones osteomusculares y otras que pudieran presentarse dependiendo del trabajo a realizar y las condiciones que circundan dicho trabajo, pero el riesgo específico y principal es la caída libre (6).

En el IX Encuentro de Seguridad y Salud en el Trabajo realizado en la ciudad de Bogotá en el mes de noviembre del 2014, la directora de riesgos Laborales del Ministerio del Trabajo, Andrea Torres Matiz reportó que el sector de la construcción registra 47.579 accidentes laborales y 34 accidentes mortales con corte a junio de 2014. Entre los sectores en donde ocurren los altos índices de accidentes labora-

les, en algunos casos por el exceso de confianza y el no uso de los implementos de trabajo, el primer lugar lo ocupa el sector inmobiliario en donde se encuentran los servicios temporales (71.919 accidentes laborales), seguido del de la industria manufacturera (50.636), y el tercer lugar se presenta en el sector de la construcción (47.579 accidentes laborales) (8).

En el recuento de los múltiples accidentes con consecuencias fatales en la ciudad de Cartagena, cabe resaltar que estos se generaron por negligencia y otras por imprudencia del trabajador, que al querer desafiar las leyes de la gravedad, no poseer el entrenamiento adecuado de trabajo en alturas y no poseer su equipo de protección contra caída EPCC; generaban accidentes con fatalidad; caso específico la caída de un trabajador (soldador) que se encontraba realizando su trabajo de soldadura en un techo en el barrio Bruselas, este señor pierde el equilibrio y cae “Soldó las bases del techo y cuando creía que había terminado se dio cuenta que le faltaba un punto de soldadura. Por eso parece que subió sin protección y cuando estaba arriba resbaló y cayó al piso, dentro del taller” (9).

Como se conoce, el nuevo Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo debe ser implementado por todas las empresas del país para proteger a todos los trabajadores, independientemente de su forma de contratación (10-14). Se pretende llegar a 550 mil empresas que implementen a cabalidad el método. La medida obliga a los contratantes a realizar un reconocimiento permanente de las condiciones de trabajo que inciden en el bienestar, la seguridad y la salud de los trabajadores, permitiendo realizar las acciones de mejora con oportunidad (15).

Conclusiones

La investigación se realizó con el fin de obtener una información acerca de cómo los trabajadores están capacitados e informados sobre los protocolos de trabajo en alturas, y como si se rigen bajo las normas que reglamentan esta actividad.

Los trabajadores de la empresa MEXICHEM de la zona industrial de Mamonal en la ciudad de Cartagena, se encuentran con las capacitaciones necesarias para laborar en trabajo seguro en alturas como lo exige la resolución.

Conflicto de Intereses: El trabajo no presenta conflicto de intereses de ninguna índole.

Referencias

1. Zabaleta T, R. Evaluación del cumplimiento de los protocolos de trabajo seguro en alturas por los contratistas que se desempeñan en el barrio Manga en la ciudad de Cartagena en el año 2013.
2. Administradora de riesgos laborales ARL – SURA. Cinco (5) éxitos en alturas. Septiembre 10 de 2013 disponible en: <https://www.arlsura.com/index.php/173-noticias-riesgos-profesionales/noticias/2047-5-exitos-en-alturas>.
3. Ministerio del Trabajo. Resolución No. 1409 del 23 de Julio de 2012. Diario Oficial No. 48.517 de 9 de agosto de 2012. MINISTERIO DE TRABAJO. Por la cual se establece el Reglamento trabajo en Alturas.
4. ASPREN. Ley 31 del 1995 Madrid España. Trabajos en alturas en prevención de riesgos laborales. Disponible en: <http://www.aspren.org/trabajos-altura-prevencion-riesgos-laborales/>
5. Federación de aseguradores colombianos (FASE-COLDA) Bogotá 24 de abril de 2014 fuente: positiva

- compañía de seguros. Disponible en: www.fasecolda.com
6. Silva V, D. manual de “seguridad para trabajo en altura” asociación chilena de seguridad. (ACHS). Chile 2010-2011. Disponible en: <http://www.energygreen.cl/wp-content/uploads/2017/10/Seguridad-para-trabajos-en-altura.pdf>
 7. Uribe M.J. Procedimiento de trabajo en alturas M.U. & ASOCIADO LTDA Ingeniera electromecánica y civil septiembre 27 del 2010.
 8. Cabrera Q, A, Cortés V, A. Daza C, C. Caracterización de accidentalidad en una aseguradora de riesgos laborales de Colombia entre el año 2013 al 2014 disponible en: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/10057/52265484-2014.pdf>
 9. El Universal. Muere soldador al caer de techo. publicada el 30 de marzo del 2015, disponible en: <http://www.eluniversal.com.co/sucesos/muere-soldador-al-caer-de-techo-en-el-barrio-bruselas-189127>
 10. Gómez, E., Rodríguez, A., Ordosgoitia, K., Rojas, M., Severiche, C. Riesgos psicosociales en personal de asistencia de una clínica de tercer nivel de la ciudad de Cartagena de Indias en 2016. NOVA. 2017; 15 (27): 77 – 89
 11. Ibarra, A., Rúa E. Evaluación de la calidad en la atención al usuario del servicio de urgencias del hospital público de Yopal en Casanare, Colombia. NOVA. 2018; 16 (30): 21-31
 12. Moreno, S., Lorena Chaparro, L., Criado, L. Vega, O., Cuenca, I. Magnitud de efecto de un programa dirigido a cuidadores familiares de personas con enfermedad crónica. NOVA. 2018; 16 (29): 11-20
 13. Romero, C., Castañeda, D., Acosta, G. Determinación de la calidad bacteriológica del aire en un laboratorio de microbiología en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, Colombia. NOVA. 2016; 14 (26): 129-137
 14. Sierra, D., Bedoya, E. Prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en empresas del sector madera de la ciudad de Cartagena. 2015. NOVA. 2016; 14 (26): 47-56
 15. Ministerio del Trabajo. Decreto No. 1443 del 31 de Julio de 2014. Por la cual se establece la implementación del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

Efecto de la procedencia y el almacenamiento en la calidad del café

Effect of provenance and storage on coffee quality

Muñoz-Juan Carlos¹, Riaño-Campo Elías², Pinzón-Alba Janeth³

Resumen

Antecedentes. La calidad del grano de café ha sido relacionada con su procedencia, su manejo agronómico y sus condiciones de almacenamiento. **Objetivo.** Determinar la actividad de la polifenil oxidasa, el contenido de lípidos, el color y las características organolépticas de cafés provenientes de 3 subestaciones experimentales. **Materiales y métodos.** Se siguió un diseño completamente aleatorio en arreglo factorial factorial 3x6 (lugares de procedencia del café y tiempo de almacenamiento respectivamente). **Resultados.** La actividad de la polifenil oxidasa es mayor en el café fresco-para las tres procedencias. El café procedente de Naranjal presentó actividades enzimáticas más altas que los cafés provenientes de las subestaciones Supía y la Catalina. El análisis de varianza mostró el efecto de la procedencia sobre la variable actividad enzimática. La actividad de la polifenil oxidasa en los cafés estudiados decrece con el tiempo de almacenamiento. El contenido de lípidos es menor a menor en la subestación de la Catalina. Todos los cafés fueron caracterizados de buena calidad en el tiempo cero de almacenamiento. Las características de aroma, intensidad del aroma y cuerpo presentaron altibajos en los diferentes meses de almacenamiento. El café de Naranjal, obtuvo en promedio una calificación aceptable a lo largo de los seis meses de almacenamiento. **Conclusiones.** Se encontraron diferencias significativas para las variables estudiadas por efecto de la procedencia y el almacenamiento. La actividad enzimática de la PFO presentó etapas de activación/inhibición, durante los seis meses de almacenamiento.

Palabras claves: localización geográfica, calidad del café, almacenamiento, polifenil oxidasa, actividad enzimática, color.

1. Ingeniero Químico, Centro Nacional de Investigaciones sobre Café-CENICAFE. jcmgtc@gmail.com

2. Doctor en Educación en Tecnología Instruccional y Educación a Distancia de Nova Southeastern University - NSU, Florida - USA. Magister en Ciencias de la Ingeniería, Universidad de los Andes - Colombia. Ingeniero Químico, Universidad de América. Docente asociado de la ECBTI de la UNAD - Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Integrante del Grupo de Investigación Social-GIS, de la UNAD. campo.riano@unad.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3226-5332>

3. MSc, Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Colombia. Docente ocasional de la ECBTI de la UNAD- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Integrante del Grupo de Investigación Social-GIS, de la UNAD. alba.pinzon@unad.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6378-4434>

Bogotá, Colombia.

Correspondencia: campo.riano@unad.edu.co

Recibido: 22/09/2018
Aceptado: 30/11/2018

Abstract

Background. The quality of the coffee bean has been related to its origin, the agronomic management and the storage conditions. **Objective.** To determine the activity of the polyphenyl oxidase, the lipid content, the color and the organoleptic characteristics of coffees from 3 experimental substations. **Materials and methods.** A completely randomized design was followed in a 3x6 factorial arrangement (places of coffee origin and storage time respectively). **Results.** The activity of polyphenyl oxidase is greater in fresh coffee-for the three provenances. The coffee from Naranjal presented higher enzymatic activities than the coffees from the Supía and the Catalina substations. The analysis of variance showed the effect of provenance on the enzyme activity variable. The activity of the polyphenyl oxidase in the coffees studied decreases with storage time. The lipid content is lower at a lower height in the Catalina. All coffees were characterized as good quality at zero storage time; but the characteristics of aroma, intensity of aroma and body presented ups and downs in the different months of storage. Naranjal coffee, on average, obtained an acceptable rating throughout the six months of storage. **Conclusions.** Significant differences were found for the variables studied due to the effect of provenance and storage. The enzymatic activity of the PFO showed activation / inhibition stages, during the six months of storage.

Keywords: geographic location, coffee quality, storage, polyphenol oxidase, enzymatic activity, color.

Introducción

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); un producto es de mejor calidad cuando es superior a otro en uno o varios atributos que son valorados objetiva o subjetivamente (1, 2, 3). Varios autores (4, 5) han estudiado esta implicación en el grano de café. Por ejemplo, en (6, 7, 8, 9, 10,) se estudiaron la influencia de las condiciones ambientales, edafológicas y la irrigación en las características químicas y bioquímicas. También se ha encontrado que la actividad de la enzima polifenil oxidasa (ActPPO) depende de las condiciones de procesamiento [despulpado, tiempo de fermentación, especie de café, temperatura de secado y almacenamiento] (11,12, 13). Otra sustancia

asociada a la calidad del café son los lípidos, los cuales en promedio son el 15% del peso del grano (13, 14) y, son los que transportan los sabores y aromas del café (14,15). Igualmente, en (16) se diserta sobre la importancia y la responsabilidad de los compuestos fenólicos, en las características organolépticas, particularmente en el color y el gusto. Estos compuestos durante la tostación incrementan el amargo, la astringencia y potencian el aroma característico del café (17). De manera que se puede intuir que los compuestos fenólicos, como la polifenil oxidasa tienen relación con la calidad de la bebida de café. Otra propiedad física es el color del grano el cual es un referente de la frescura, el contenido de humedad, el nivel de la homogeneidad de las muestras y la autenticidad del producto (10,

18, 19). Además en estudios sobre el color del grano se encuentra que este cambia con el entorno del cultivo o procedencia (20,10).

Sin embargo, en las anteriores investigaciones no se reporta el efecto de las condiciones del entorno de cultivo, como la: temperatura, humedad, brillo solar y el almacenamiento de los granos sobre la ActPPO, el contenido de lípidos, el color, la acidez y las características organolépticas del café colombiano.

Materiales y métodos

Procedencia. Las subestaciones experimentales fueron: a) Naranjal [Latitud 4°59'Norte, Longitud 75°39'W, Altitud 1400 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio (Tpr) de 21.6°C]; b) Supía [Latitud 5°28'Norte, Longitud 75°39' W, Altitud 1320 metros sobre el nivel del mar, Tpr de 22.3°C], y c) la Catalina [Latitud 4°45' Norte, Longitud 75°44' W, Altitud 1310 metros sobre el nivel del mar, Tpr de 21.6°C]. Las 3 subestaciones emplean practicas artesanales y su producción es limpia, la recolección de los granos maduros se hace de manera manual, el beneficio es húmedo con agua de fuentes naturales y secado a la luz del sol de forma artesanal.

Las muestras. Cafés variedad Colombia de una misma cosecha y de las subestaciones en estudio.

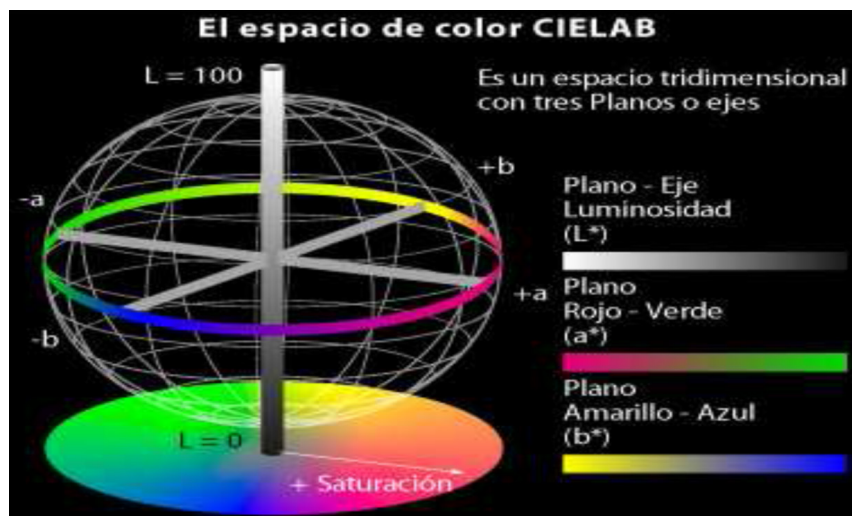
Diseño experimental. Los tratamientos consistieron en tres 3 subestaciones experimentales de CENICAFE y 6 tiempos de almacenamiento (entre 1 y 6 meses) evaluados bajo un diseño experimental completamente aleatorio en arreglo factorial 3x6 (21).

Unidad experimental. 500 gramos de café crudo de cada una de las subestaciones anteriormente descritas. De cada uno de ellos se pulverizaron, y se dividieron en partes iguales para aplicarles los protocolos analíticos; las mediciones se realizaron antes de los 5 minutos-con el fin de evitar la oxidación del café (5, 15,16).

Variables de respuesta. La ActPPO fue cuantificada espectrofotométricamente; utilizando como substrato, DOPA (3,4 – dihidroxifenilalanina) la cual ha sido utilizada en la mayoría de los trabajos sobre PPO y calidad de la bebida (4, 16). La primera lectura de la actividad fue considerada como la lectura inicial o tiempo cero, valor que se le descuenta a los valores obtenidos de las muestras en estudio y analizadas a diferentes tiempos de almacenamiento para este trabajo.

El color se midió en un colorímetro Tristimulus HUNTER LAB DP9000, en escala de luminosidad (L) [0 negro _ 100 blanco], cromaticidad a [opacidad- a + rojo, a –verde], cromaticidad b [brillo_b + amarillo, b – azul] (22). Ver figura 1.

Figura 1. El espacio de color CIELAB.



Fuente. Elaboración propia.

Se obtuvieron las coordenadas de color del CIEL*a*b, las cuales son un indicador de L* o la luminosidad, de a* o de la cromaticidad [verde (-) a rojo (+)] y b* o cromaticidad azul [(-) a amarillo (+)]. Para la medición se tomaron 10 gramos de café de cada tratamiento. Para calcular las diferencias de color, se utilizaron las relaciones matemáticas de la CIE y la CIELAB, donde la diferencia de color se representa por ΔE^*_{ab} y la métrica de CIEDE, donde la diferencia de color se representa por ΔE^*_{00} (23, 24, 25, 26).

La diferencia de color normalizada (ΔE) se calcula acorde con la ecuación 1 (25, 26).

$$\Delta E^* = [\Delta L^2 + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}]$$

Ecuación 1

En esta ecuación ΔE^* es siempre positiva y es estrictamente la medida de la diferencia total de color entre el estándar (en este caso el café fresco de cada sitio) y la muestra proveniente del tratamiento o meses de almacenamiento. Solo si la diferencia del valor, sea positiva o

negativa, nos dirá si la muestra del ensayo es más clara o más oscura que la referencia. Este realmente expresa la dirección de la diferencia de color.

Los otros parámetros físicos y químicos fueron determinados siguiendo los métodos (27) y de (28) para determinar la densidad por el método de densidad a granel por caída libre de los granos enteros, la humedad, pH y la acidez titulable de la bebida, lípidos y proteína.

Variables no paramétricas. Las cualidades organolépticas de los cafés provenientes de las 3 localidades fueron analizadas por el panel de CENICAFE en cuanto a la aroma, el color, el sabor, la textura y la aceptabilidad (29). Todas las evaluaciones organolépticas, fueron hechas por triplicado. Se les realiza un análisis descriptivo cuantitativo, en donde cada muestra fue evaluada individualmente, utilizando la lista de descriptores previamente definidas en (29). La intensidad de la percepción se indicó en la escala de percepción

del descriptor, dentro del universo de muestras consideradas como lo trabajan en (29). Para las pruebas descriptivas cuantitativas se usó la escala de 9 puntos, desarrollada en CENICAFÉ para la calificación de cada característica organoléptica del café, la cual se interpreta así: calificaciones 9, 8, 7 para cualidades equilibradas, deseables, aceptables; 9 lo mejor; 6, 5, 4 califica desviaciones, 4 apenas tolerable; 3, 2, 1 califican defectos, rechazo y, por último, 1, lo peor.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos de los análisis químicos, físicos y bioquímicos de las variables estudiadas fueron analizados por análisis de varianza (ANOVA) y cuando la razón de Fisher (F) fue significativa, las medias fueron comparadas usando la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) con una significancia del 5 % (21).

Los datos fueron digitalizados en una planilla STATGRAPHICS 5 y los resultados se expresan en ANAVAs y LSD ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

Diferenciación de los cafés en estudio.

La estadística mostró que los resultados estaban dentro de los límites de confianza y rangos estipulados para cada variable, excepto para el color y la acidez titulable como se sustenta en otros trabajos (6, 8, 30). Además, se obtuvieron altos coeficientes de variación para las variables actividad enzimática y cromaticidad a* estando en la dirección de los trabajos de varios autores (31). (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Estadística descriptiva para las variables estudiadas en cafés crudos de tres procedencias y para tres tiempos de almacenamiento.

Variable	Media*	Coeficiente de variación	Intervalo de confianza		Valores reportados en la bibliografía
			Linf	Lsup	
Activ _enzimática -PPO (UA/min-g)	66.170	80.58	56.770	75.571	55.99-67.66
Humedad (%)	10.526	9.65	10.347	10.705	10-13%
pH	5.081	1.27	5.069	5.092	5.0
Acidez(ml NaOH 0.1N)	10.23	18.44	9.90	10.56	15-20
Proteína (%)	14.284	5.67	14.141	14.427	11-16
Luminosidad**	38.371	2.20	38.222	38.520	64.98
Cromaticidad (a)**	0.007	7196	-0.087	0.102	0.45
Cromaticidad (b)**	11.118	5.04	11.019	11.217	13.5
Lípidos (%)	14.025	6.08	13.874	14.175	14-18
Densidad (g/cc)	0.658	3.17	0.654	0.661	0.69-0.73

* Son los valores promedio entre tratamientos para los seis meses de almacenamiento.

Todos los datos son el promedio (n = 6).

** Valores para el grano entero.

Fuente. Elaboración propia basada en los datos recolectados.

El pardeamiento enzimático permite estudiar la evolución del cambio de color de un tejido vegetal por acción de la polifenoloxidasas en el tiempo, como lo propusieron (30, 33). De aquí, se infiere que las determinaciones de los cambios de coloración del café durante el almacenamiento resultan en cambios de los valores L^* , a^* y b^* , con los cuales se calculó el

cambio ΔE para cada procedencia en valores CIE $L^*a^*b^*$ como lo proponen (23, 24). El análisis de varianza (21) mostró el efecto de la procedencia sobre la variable cromaticidad (a) [donde a negativo (-) tendencia al verde y a positivo (+) tendencia al rojo], como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis de varianza para la cromaticidad de café crudo bajo tres fuentes de variación _procedencias y tiempos de almacenamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	G libertad	Cuadrados medios del error	Razón F calculada	Razón F tabulada
Efectos Principales					
A: Color: Altura-procedencia	1,68997	2	0,844986	11,27	3.89
B:Color:tiempo de almacenamiento	0,3816	6	0,0636	0,85	3,0
Residuos	0,899629	12	0,074969		
Total (corregido)	2,9712	20			
F 0,05,2,12 = 3.89 y F 0,05,6,12 = 3 Todas las razones F se basan en el cuadrado medio del error residual.					

Fuente. Elaboración propia basada en los datos recolectados.

Puesto que el valor-p de la prueba-Ftabulada es menor que el obtenido para 0,05 existe una diferencia estadísticamente significativa entre las cromaticidades de color, las procedencias y la altura, con un nivel del 95.0% de confianza. No hubo diferencias significativas entre los tiempos de almacenamiento (Ftabulado mayor). Se puede decir que existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula (H_0); por lo tanto, se favorece la hipótesis alterna (H_1), que indica que por lo menos un tratamiento es diferente. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se utilizó el método de prueba de rangos múltiples (LSD) (21). Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir

que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0. La prueba de LSD muestra que el café de la Catalina presentó los valores más altos de luminosidad, indicando que el grano presentaba una tonalidad más clara que los de las otras procedencias.

Igualmente, el análisis de varianza mostró efecto de la procedencia y el almacenamiento sobre la variable actividad enzimática, puesto que ningún valor-F es menor que el tabulado para 5%, entonces todos los factores en estudio tienen efecto estadísticamente significativo sobre la actividad de la PPO con un nivel de confianza del 95,0%, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de varianza para la actividad de la polifenil oxidasa de café crudo bajo tres fuentes de variación _procedencias y tiempos de almacenamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	G libertad	Cuadrados medios del error	Razón F calculada	Razón F tabulada
Efectos Principales					
A:ActPPO_Altur x procedencia	16,0295	2	8,01476	1,66	3,89
B: ActPPO x tiempo de almacenamiento	35,76	6	5,96	1,24	3
Residuos	57,8171	12	4,8181		
Total	109,607	20			
Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual					

Fuente. Elaboración propia basada en los datos recolectados.

El método LSD indica que el café proveniente de Naranjal es el de mayor actividad enzimática inicial, y su tonalidad se hace más oscura durante los dos primeros meses de almacenamiento. Lo anterior confirma un deterioro del café almacenado, según la secuencia de decoloración del grano como se propone en (30) y en (34) _ verde, amarillo, café y negro. Se reconfirma así que la ActPPO del café proveniente de Naranjal durante el almacenamiento es mayor que los cafés de las subestaciones Supía y la Catalina.

Tabla 4. Análisis de varianza para el contenido de lípidos de café crudo bajo tres fuentes de variación _procedencias y tiempos de almacenamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	G libertad	Cuadrados medios del error	Prueba-F	Valor-probabilidad
Entre grupos	1,86915	2	0,934575	9,67	0,0492
Intra grupos	0,289962	3	0,0966542		
Total (Corr.)	2,15911	5			

Fuente. Elaboración propia basada en los datos recolectados.

El aceite esencial o los lípidos, son los que conforman el aroma del café tostado, estos se encuentran en todo el endospermo del grano de café (32). El *Coffea Arábica* tiene entre el 12% y el 18% de lípidos en granos verdes como se describe en (5, 32). En este trabajo se encontró que los cafés recolectados y almacenados en la Catalina, tienen menor contenido de lípidos y presentan la mayor pérdida de estos durante el almacenamiento, pero están en el rango de los reportados en otros estudios. La razón Ftabelada, para el contenido de lípidos fue de 9,67, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado

dentro-de-grupos. Puesto que el valor-p en la tabla ANOVA es menor que el tabulado para 5%, existe una relación estadísticamente significativa entre Lípidos y Altura con un nivel de confianza del 95%.

Como la correlación objetiva entre las variables fue tema de este trabajo en la tabla 5 se muestra que están correlacionadas inversamente. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables. Los valores-p de la prueba de significancia estadística de las correlaciones estimadas menores de 0,05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero como en este caso: 0,0320, con un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla 5. Correlación entre los lípidos y la ActPPO para las tres procedencias y tiempos de almacenamiento.

	Lípidos
Lípidos	1
ActPPO	-0,8216

Fuente. Elaboración propia basada en los datos recolectados.

Resultados del panel de evaluación sensorial

El café procedente de Naranjal, presenta calificación aceptable a lo largo de los seis meses de almacenamiento. La pérdida de calidad durante el almacenamiento estuvo reflejada principalmente por los defectos detectados en tasa de: reposo, sucio y fermento. El amargo pronunciado es propio de cafés reposados (29, 30, 34) y se presentó a partir del cuarto mes de almacenamiento, tiempo en el cual las actividades enzimáticas fueron menores, evidenciándose en los cafés marcadas alteraciones estructurales como lo propusieron en (34).

El café procedente de la Catalina presentó buena calidad para el tiempo cero (inicial), pero en el primer mes de almacenamiento presentó el defecto verde, y amargo pronunciado. El café de Supía, presentó un efecto sinérgico positivo para las muestras con pasilla, en los meses de almacenamiento 0, 1 y 4, excepto la mezcla 40-60, que sólo obtuvo buenas calificaciones hasta el primer mes de almacenamiento.

Para los meses 3 y 4 de almacenamiento el café excelso, consumo (100%) y consumo-pasilla 90-10 presentaron buenas calidades, y defecto reposo para las mezclas consumo-pasilla 70-30 y 40-60.

Para todos los cafés, las características de aroma, intensidad del aroma y cuerpo presentaron buenas calificaciones, excepto para la mezcla consumo-pasilla 40-60, que presentó algunos altibajos para diferentes meses de almacenamiento.

Para el mes 5 solamente el café excelso presentó buenas calidades, los otros tipos de café presentaron un marcado defecto reposo.

Para todos los cafés, las características de aroma, intensidad del aroma y cuerpo presentaron buenas calificaciones, excepto para la mezcla consumo-pasilla 40-60, que presentó algunos altibajos para diferentes meses de almacenamiento.

Se aprecia que el café procedente de naranjal presenta mejores calidades organolépticas a través del tiempo y para estos la actividad enzimática es menor, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Impresión Global de café crudo bajo tres fuentes de variación _procedencias y tiempos de almacenamiento.

Procedencia	Tiempo de almacenamiento/mes						
	0	1	2	3	4	5	6
Café de Naranjal	6	6	6	2	7	6	6
Café de Supía	7	6	2	6	6	3	3
Café La Catalina	6	6	6	6	6	6	6

Fuente. Elaboración propia basada en los datos recolectados.

Para cada procedencia se aprecia una mayor tendencia al rojo para el café de Supía y al verde para el de la Catalina. El café de Naranjal se encuentra en un punto intermedio.

Conclusiones

Estos resultados presentan una concordancia con estudios recientes desde una perspectiva fisiológica, donde se encuentran diferencias físicoquímicas y sensoriales basadas en la edafología (6,7, 9, 10, 14, 38).

De todas formas, debe tenerse en cuenta que no existe equilibrio entre las características edafo climáticas entre los lugares de procedencia.

El contenido de lípidos es mayor en los cafés cultivados a mayor altura, igual que la actividad de la PPO y la diferencia en el color (AE). El análisis de varianza mostró el efecto de la procedencia sobre la variable luminosidad, durante el almacenamiento.

La actividad enzimática de la PFO de los cafés estudiados decrece con el tiempo, aunque no en forma severa, para los cafés de humedad menor al 11%. Este comportamiento es más evidente al cabo de los seis meses de almacenamiento a 25°C y 70% de HR, condiciones

en donde la PFO presenta períodos de activación/inhibición los cuales indican que el grano está presentando modificaciones físicoquímicas.

En conclusión, la actividad de la PPO es inversamente proporcional al contenido de lípidos, e inversamente proporcional a la calidad organoléptica (12).

La pérdida de calidad durante el almacenamiento estuvo reflejada principalmente por los defectos reposo, sucio y fermento detectados en tasa. (33,36).

De lo encontrado en este trabajo se tiene que el almacenamiento de café verde almendra durante seis meses, a 24.5°C y 75% HR, afecta negativamente la calidad de la bebida, sobre todo las provenientes de mezclas consumo-pasilla, siendo más rápido este deterioro a niveles crecientes de pasilla.

Por medio de la colorimetría triestímulo se diferencian exteriormente los cafés cultivados en diferentes altitudes y acorde con el tiempo de almacenamiento, específicamente en la coordenada a* del espacio CIELAB en donde este parámetro presenta valores menores para cafés cultivados a mayor altura.

Se encontró un efecto significativo de la temperatura sobre el contenido de lípidos. Los resultados no mostraron diferencias significativas ($p < 0,005$) entre localidades con respecto al contenido lipídico total.

Agradecimientos: Los autores expresan su agradecimiento a todas las personas que colaboraron en la realización de la presente investigación.

Notas: Los métodos analíticos utilizados en este artículo fueron corroborados a través del macro proyecto “La investigación a partir de los recursos virtuales metodológicos y a través de las redes de los cursos y programas de la ECBTI-Tecnología del café” de la UNAD. Proyecto: Diagnostico y caracterización de las metodologías y técnicas diferenciadoras de la calidad en café en la cadena productiva del café.

Conflicto de Intereses: El trabajo no presenta conflicto de intereses de ninguna índole.

Referencias

1. CCI. Centro de Comercio Internacional. Calidad del café: guía del exportador, UNCTAD/OMC, Ginebra. 2002: 270-321.
2. Aguiar LC, Fazuoli TJ, Salva G, Favarin JL. Chemical diversity in coffee plants of *Coffea canephora*. *Bragantia*. 2005; 64: 577-582.
3. Fridell G. *Coffee*. John Wiley & Sons. 2014.
4. Silva E, Mazzafera P, Brunini O, Sakai E, Arruda F, Mattoso L, Carvalho C, Pires, R. The influence of water management and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. *Brazilian journal of plant physiology*. 2005; 17(2): 229-238.
5. Costa da Silva M, Castro H, Farnezi M, Pinto N, Andrade V, Silva E. Caracterização química e sensorial de cafés da chapada de minas, visando determinar a qualidade final do café de alguns municípios produtores. *Ciência e Agrotecnologia*. 2009; 33: 1782-1787. <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000700014>.
6. Neves BJ, Borem FM, Cirillo MA, Ribeiro MM, Alves AA, Ramos AH. Coffee quality and its interactions with environmental factors in Minas Gerais, Brazilian J. Agric. Sci. 2012; 4: 181-190.
7. Suárez SJC, Rodríguez BE, Duran BE. Efecto de las condiciones de cultivo, las características químicas del suelo y el manejo de grano en los atributos sensoriales de café (*Coffea arabica* L.) en taza. *Acta Agronomica*. 2015; 64: 342-348.
8. Alonso-Salces RM, Serra F, Reniero F, Héberger K. Botanical and geographical characterization of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*): chemometric evaluation of phenolic and methylxanthine contents. *J. Agric Food Chem*. 2009; 57(10):4224-35. doi: 10.1021/jf8037117. Epub 2009 Mar 19.
9. Scholz, M, Da Silva J, Garcia V, de Figueiredo C, Kitzberger S. Sensory attributes and physicochemical characteristics of the coffee beverage from IAPAR cultivar. *Coffee Science*. 2013; 8: 6-16.
10. Cruz R, Morais S, Casal S. Mineral composition variability of coffees: A result of processing and production. In: Preddy V. (ed). *Processing and Impact on Active Components in Food*. Elsevier, The Netherlands. 2015: 549-558.
11. Quideau S, Deffieux D, Douat-Casassus C, Pouységu L. Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. *Angew Chem Int Ed Engl*. 2011; 50(3):586-621. doi: 10.1002/anie.201000044. Epub 2011 Jan 7.
12. Farah A, Monteiro M, Calado V, Franca AS, Trugo L.C. Correlation between cup quality and chemical

- attributes of Brazilian coffee. *Food Chem.* 2006; 98: 373-380.
13. Speer K, Kölling-Speer I. The lipid fraction of the coffee bean. *Braz. J. Plant Physiol.* 2006; 8 (1): 201-216.
 14. Pohl P, Stelmach E, Welma M, Szymezycha-Madeja A. Determination of the elemental composition of coffee using instrumental methods. *Food Anal. Methods.* 2013; 6: 598-613.
 15. Bertrand B, Villarreal D, Laffargue A, Posada H, Lashermes P, Dussert S. Comparison of the effectiveness of fatty Acids, chlorogenic Acids, and elements for the chemometric discrimination of coffee (*Coffea arabica*L.) varieties and growing origins. *Journal of agricultural and food chemistry.* 2008; 56(6):2273-2280.
 16. Hecimovic I, Belscak-Cvitanovic A, Horzic D, Kommes D. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food chemistry.* 2011; 129: 991-1000.
 17. Upadhyay R, Mohan-Rao LJ. An outlook on chlorogenic acids—occurrence, chemistry, technology, and biological activities. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2013; 53(9): 968-984.
 18. Cho AR, Park KW, Kim KM, Kim SY, Han J. Influence of roasting conditions on the antioxidant characteristics of Colombian Coffee (*Coffea arabica*) beans. *Journal of Food Biochemistry.* (2013); 38(3). Doi:10.1111/jfbc.12045.
 19. Uman E. et al. The effect of bean origin and temperature on grinding roasted coffee. *Sci. Rep.* 2016; 6: 24483. doi: 10.1038/srep24483.
 20. Wintgens J.N. *Coffee: Growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders and researchers.* (2nd ed.), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany (2012).
 21. Gutiérrez H, De La Vara R. *Análisis y diseño de experimentos.* México: McGraw-Hill Interamericana; 2008.
 22. CIE. (2016). *Colorimetry, 3RD edition.* Disponible en Commission Internationale de l'Eclairage: <http://www.cie.co.at>, Acceso en: 22 de marzo de 2016.
 23. Luo M, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Research & Application.* 2001; 26(5): 340-350.
 24. Mac Dougall D. *Colour measurement of food: principles and practice: p. 3.1-3.12.* En: D.B. MacDougall (Ed.). *Colour in food.* CRC Press, Boca Raton, FL; 2002.
 25. Westland, S. *Color.* En: Paravina R, Powers JM. *Esthetic color training in dentistry.* Elsevier Mosby; 2004.
 26. Gómez-Polo C, Portillo M, Lorenzo M, Vicente P, Galindo P, Martín A. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *The journal of prosthetic dentistry.* 2016; 115(1):65-70.
 27. AOAC. *Official methods of analysis.* 18th ed, 2007 (on line) AOAC International, Gaithersburg, MD.
 28. NTC. *Normas técnicas colombianas.* (2000). Bogotá, Colombia.
 29. Puerta, G. Escala para la evaluación de la calidad de la bebida de café verde *Coffea arabica*, procesado por vía húmeda. *Cenicafe.* 1996; 47(4): 231- 234.
 30. Borem F, Ribeiro F, Figueiredo L, Giomo G, Fortunato V, Izquierdo P. Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. *Journal store products Research.* 2013; 52:1- 6.
 31. Fridell G. *Coffee.* John Wiley & Sons. 2014.
 32. Speer K, Kölling-Speer I. The lipid fraction of the coffee bean. *Braz. J. Plant Physiol.* 2006; 18(1):201-216.
 33. Kreuml M, Majchrzak D, Ploederl B, Koenig J. Changes in sensory quality characteristics of coffee during storage. *Food Science Nutrition.* 2013; 1(4): 267- 272.
 34. Queiroz C, Lopes M, Fialho E, Valente-Mesquita V. Polyphenol oxidase: characteristics and me-

- chanisms of browning control. *Food Reviews International*. 2008; 24(4): 361-375. <http://dx.doi.org/10.1080/87559120802089332>.
35. Nebesny E, Budryn G. Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions. *European Food Research and Technology*. 2006; 224:159–165.
 36. Rendón M, Garcia T, Bragagnolo N. Impact of chemical changes on the sensory characteristics of coffee beans during storage. *Food Chemistry*. 2014; 147: 279-286. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.123>.
 37. Selmar D, Bytof G, Knopp E. The storage of green coffee (*Coffea arabica*): Decrease of viability and changes of potential aroma precursors. *Ann Bot*. 2008; 101(1): 31–38.
 38. Sunarharum W, Yuwono S, Pangestu W. & Nadhiroh H. Physical and sensory quality of Java Arabica green coffee beans. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2018;131. doi:10.1088/1755-1315/131/1/012018.

Aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos

Biotechnological applications of microorganisms

Olga Lucía Ostos Ortíz¹, Sonia Marcela Rosas Arango¹, Johanna Lizeth González Devia¹

Resumen

La biodiversidad de los microorganismos así como la naturaleza única y las capacidades biosintéticas en condiciones ambientales específicas hacen que los microorganismos sean los probables candidatos para resolver problemas de escases de alimentos, control de plagas, biodegradación de los xenobióticos, descomposición de la basura, las pilas de desechos producidas, entre otros.

Los microorganismos ofrecen un gran potencial para la exploración de moléculas y procesos, y el conocimiento de las especies no convencionales, especialmente dentro del grupo Archaea, ha estimulado la investigación molecular de genes de interés. Estos nuevos genes pueden incorporarse mediante tecnología recombinante en especies biológicamente conocidas, como *E. coli* y *S. cerevisiae*, para la síntesis a gran escala de productos.

La microbiología tecnológica tiene grandes potenciales para explorar y obstáculos por superar. Por lo tanto, solo la investigación en esta área resulta prometedora para científicos en todo el mundo.

En la presente revisión se presentan las aplicaciones más significativas de los microorganismos en la industria de alimentos, la agricultura, compuestos químicos, combustibles, farmacología y materiales.

Palabras claves: biotecnología, microbiología de alimentos, biocombustibles, vacunas, biopolímeros, biosensores, microbiología ambiental, biofábricas.

1. Unidad de Investigación Universidad Santo Tomás
Bogotá, Colombia.

ORCID OL00: <https://orcid.org/0000-0002-6477-9872>
ORCID SMRA: <https://orcid.org/0000-0002-4798-1753>
ORCID JLGD: <https://orcid.org/0000-0003-4162-6678>

Correspondencia: olga.ostos.ortiz@gmail.com

Recibido: 22/10/2018
Aceptado: 27/11/2018

Abstract

The biodiversity of microorganisms as well as the unique nature and biosynthetic capabilities in specific environmental conditions make microorganisms the likely candidates to solve problems of food shortages, pest control, biodegradation of xenobiotics, decomposition of garbage, batteries of produced waste, among others.

Microorganisms offer great potential for the exploration of molecules and processes, and knowledge of non-conventional species, especially within the Archaea group, has stimulated the molecular investigation of genes of interest. These new genes can be incorporated by recombinant technology into biologically known species, such as *E. coli* and *S. cerevisiae*, for the large-scale synthesis of products.

Technological microbiology has great potentials to explore and obstacles to overcome. Therefore, only research in this area is promising for scientists around the world.

In this review we present the most significant applications of microorganisms in the food industry, agriculture, chemical compounds, fuels, pharmacology and materials.

Keywords: biotechnology, food microbiology, biofuels, vaccines, biopolymers, biosensors, environmental microbiology, biofactories.

Introducción

A través de la historia las aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos han sido documentadas (1-8), tabla 1.

Tabla 1. Aplicaciones biotecnológicas de microorganismos en la historia de la humanidad.

Aplicación	Zona geográfica	Año	Bibliografía
Fermentación de granos de cereales para producir una bebida alcohólica	Aldea neolítica de Jiahu en China	7000 aC	McGovern et al., 2004 (2)
Fermentación de granos de cereales para producir una bebida alcohólica	Montañas Zagros del norte de Mesopotamia.	5400–5000 aC	McGovern et al., 2004(2)
Inicio de la producción de vino	Tepe en Mesopotamia	5400–5000 aC	McGovern et al., 1996 (2)
Inicio de la producción de vino	Dikili Tash en Grecia	5000 aC	Valamoti et al., 2007 (3)
Producción a gran escala de vino	China, Mesopotamia y Grecia	5000 a. C.	Borneman et al., 2013 (4)
Producción de pan con levadura	Egipto	2000-1200 aC	Samuel, 1996 (5)

Aplicación	Zona geográfica	Año	Bibliografía
Prácticas de fermentación	Asia, Mesopotamia, Egipto y Viejo mundo		Sicard y Legras, 2011 (6)
Producción de alcohol a base de remolacha	Región agrícola-industrial de Lille	1857	Gal, 2008 (7)
Asociación de microorganismos con enfermedades y proponiendo métodos de vacunación como los utilizados contra el ántrax (1881) y la rabia humana (1885)	Pouilly-le-Fort, Francia	1857	Gal, 2008 (7) Pasteur, 2002 (8) ; Plotkin y Plotkin, 2011(9)
Uso del glicerol para la fabricación de explosivos	China	Primera Guerra Mundial	Wang et al., 2001 (10)
Producción a gran escala de penicilina por Fleming	Londres, Reino Unido	década de 1940	Neushul, 1993 (11)
Desarrollo de procesos industriales basados en microorganismos	Francia	Final de la Segunda Guerra Mundial	Jacob et al., 1960 (12); Ames y Martin, 1964 (13); Holloway, 1969 (14)
Obtención de una patente (Ananda Chakrabarty) apartir de una variante de <i>Pseudomonas putida</i> que es eficaz en la digestión de compuestos encontrados en derrames de petróleo crudo	Dordrecht, Países Bajos	Decada de 1980	Holloway, 2014 (15)
Análisis de endonucleasas bacterianas que hidrolizan el ADN de los virus que invaden estos microorganismos	Ginebra, Suiza	Principios de la década de 1970	Smith y Nathans, 1973 (16) ; Arber, 1974 (17)
Modificación genética de <i>Escherichia coli</i> para producción de insulina artificial	Limerick, Irlanda	década de 1970	Walsh, 2012 (18)
Construcción de células de <i>E. coli</i> quiméricas conteniendo ADN de <i>Xenopus laevis</i>	California, EE. UU.	Decada de 1970	Cohen et al., 1973 (19) ; Berg y Mertz, 2010 (20)

Aplicación	Zona geográfica	Año	Bibliografía
Aislamiento de una ADN polimerasa termoestable de la bacteria <i>Thermus aquaticus</i> : Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)	California, EE. UU.	1976	Chien et al., 1976 (21); Saiki et al., 1988 (22)
Manipulación genética de microorganismos	Francia	A partir de la década de 1980	Simon y Chopin, 1988 (23); Olsen, 2016 (24)
Descubrimiento de Archeas a partir de 16S rRNA	Estados Unidos	década de 1970	Woese y Fox, 1977 (25); Woese et al., 1990 (26)
Las bacterias RCP tienen genomas pequeños y composiciones ribosómicas inusuales, además de carecer de numerosas vías biosintéticas	California, EE. UU.	2015	Brown et al., 2015 (27)
Las bacterias DPANN se ha definido como una función de la capacidad metabólica	California, EE. UU.	2015	Rinke et al., 2013(28); Castelle et al., 2015 (29)
Descubrimiento del grupo bacteriano Candidate Phyla Radiation (CPR) y Archaea superphylum DPANN	Uppsala, Suecia	2016	(Spang and Ettema, 2016 (30))
Descubrimiento del papel biotecnológico de muchas arqueas, como <i>Halobacterium</i> , <i>Pyrococcus</i> y <i>Thermococcus</i>	Estados Unidos	2016	Coker, 2016 (31); Waditee-Sirisattha et al., 2016 (32)
Descubrimiento de PGPMs, microorganismos promotores del crecimiento vegetal.	Estados Unidos	2016	Coker, 2016 (31); Waditee-Sirisattha et al., 2016 (32)

Microorganismos en la industria de alimentos

La humanidad enfrenta un crecimiento poblacional que tiene como consecuencia un aumento de la demanda alimentos en todo el mundo.

La posibilidad de utilizar microorganismos para obtener alimentos, aditivos alimentarios

o incluso biomasa microbiana ha generado nuevas posibilidades, desde la generación de nuevos sabores, texturas y aromas, hasta el descubrimiento de nuevos alimentos.

La aplicación de técnicas biotecnológicas en la industria de alimentos se da en la década de 1970. Actualmente se utilizan microorganismos modificados genéticamente, enzimas, colorantes y otros compuestos obtenidos con

el objetivo de mejorar sus características organolépticas, funciones nutricionales, productividad, entre otros.

Los microorganismos pueden tener dos funciones diferentes en la producción actual de alimentos: (1) Iniciadores en las fermentaciones, en los que no se utilizan microorganismos modificados genéticamente, (2) Fabricación de ingredientes en la industria alimentaria, se utilizan microorganismos modificados genéticamente y la participación en procesos de fermentación se hace mediante uso de metabolitos o aditivos (participación indirecta).

Se han dado importantes descubrimientos en este tema. Anupama y Ravindra, 2000 (33) informan la proteína unicelular – SCP, proteína extraída de la biomasa microbiana cultivada que se puede usar para la suplementación de proteínas en dietas básicas, reemplazando las fuentes convencionales y aliviando el problema de la escasez de proteínas.

Adedayo et al., 2011 (34) documentan como el SCP se ha utilizado ampliamente como fuente de proteínas en alimentos para animales y humanos. Las levaduras más utilizadas para obtener SCP son: *Saccharomyces*, *Candida* y *Rhodotorula*. Cepas bacterianas de *Bacillus*, *Hydrogenomonas*, *Methanomonas*, *Methylomonas*, y *Pseudomonas* han utilizado como sustrato para la producción de S a escala industrial porque estas bacterias pueden contener aproximadamente un 80% de proteína cruda en el peso seco total.

Los hongos filamentosos para la producción de S más utilizados son *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium*, y entre las algas procarióticas,

las más utilizadas pertenecen al género *Spirulina*, con aproximadamente el 65% de su peso seco consistente en proteínas (35). Sin embargo, el cultivo de levaduras es más práctico porque estos microorganismos pueden usar una amplia variedad de sustratos (36); aunque que los SCP obtenidos son insuficientes en aminoácidos que contienen azufre.

Linko y col 1997 (37) informan el uso de la ingeniería genética para modificar las propiedades la levadura natural, mejorando su rendimiento en el proceso de fermentación en variedad de sustratos., mediante variaciones de temperatura y pH.

Takagi y Shima, 2015 (38) informan compuestos implicados en la tolerancia al estrés en levaduras, como la prolina y la trehalosa. Dichos mecanismos han generado que las levaduras sean sometidas a nuevos procesos, como la radiación UV. De la misma forma, Degré et al., 2008; Lipkie et al., 2016 (39-40) han desarrollado alimentos con nuevos atributos nutricionales, como los alimentos con niveles elevados de vitamina D.

En la actualidad se utilizan cepas que no son de *Saccharomyces*, en el proceso de vinificación para aumentar su complejidad organoléptica, aprovechando la capacidad de las cepas para producir enzimas, metabolitos secundarios: glicerol, etanol y otros compuestos (Padilla et al., 2016) (41).

Sauer et al., 2008(42) analizan como la mayoría de los ácidos orgánicos: ácido acético, cítrico, láctico y succínico, son útiles como materias primas para la industria química o alimentaria.

Las levaduras productoras de β -lilas mejoran la liberación de tiol aromático y, en consecuencia, las propiedades sensoriales de los vinos (43), mientras que la selección de levaduras especializadas en ciertos procesos como la floculación puede mejorar la fermentación de vinos especiales, como vinos espumosos (44).

Satish et al., 2013 (45); Mokoena et al., 2016 (46) informan nuevas fuentes de probióticos y el descubrimiento de cepas que pueden mejorar la calidad de los productos fermentados. La industria de los probióticos ha tenido un

crecimiento significativo gracias a los estudios en microorganismos de los generos *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (47). Dichos microorganismos se han vinculado como generadores de beneficios para la salud del huésped (48). Enujiugha y Badejo, 2017 (49) informan variedades emergentes de bebidas probióticas no lácteas.

El procesamiento de alimentos utiliza preparaciones enzimáticas de origen microbiano que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Preparaciones enzimáticas a partir de microorganismos y su utilidad.

Preparación enzimática	Microorganismo de origen	Utilidad	Documentado por
Amilasas	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Mejora en la preparación de la masa para hornear. y permite la adquisición de alimentos precocinados.	Omemu et al., 2005 (50) ; Djekrif-Dakhmouche et al., 2006 (51); Adejuwon et al., 2015 (52); Ploss et al., 2016 (53); Salman et al. , 2016 (54).
Producción de lipasas extracelulares	<i>A. niger</i> y <i>Rhizomucor miehei</i>	Facilitan la recuperación de enzimas. Hidrólisis de la grasa de la leche, mejorando la aromatización de los productos lácteos	Rodrigues y Fernández-Lafuente, 2010 (55); Messias et al., 2011 (56)
Producción de lipasas extracelulares	<i>A. niger</i> y <i>Rhizomucor miehei</i>	Mejoramiento del aroma de las bebidas y la calidad de la margarina y la mayonesa	Sharma et al., 2001 (57)
Producción de celulasas y pectinasas	Cultivos de hongos filamentosos: <i>Cladosporium Sphaerospermum</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> y <i>Trichoderma viride</i>	Clarificación de jugos y la reducción de la viscosidad. Degradación de la biomasa vegetal	Andersen et al., 2016 (58) Ismail et al., 2016 (59)
Inmovilización de celulasas y pectinasas enzimas en soportes prefabricados o matrices de polímeros	Hongos filamentosos	Uso en reactores industriales	Mateo et al., 2007(60) ; Sheldon, 2007 (61)
Aromas naturales y aromas para alimentos	<i>A. niger</i> y <i>Pycnoporus cinnabarinus</i>	Cosméticos, jabones, velas y alimentos	Carroll et al., 2016 (62)
Síntesis de vainillina	<i>A. niger</i> y <i>Pycnoporus cinnabarinus</i>	Saborizante de alimentos, a partir de salvado de maíz autoclavado	Lesage-Meessen et al. (63)

Preparación enzimática	Microorganismo de origen	Utilidad	Documentado por
Fermentación del café	levaduras del género <i>Pichia</i>	Mejorar la calidad y el sabor de la bebida, ya que aumentan la producción del acetato de isoamilo de sabor natural	Saerens y Swiegers, 2016 (64)
Síntesis de acetoina	<i>E. coli</i>	Convertir enzimáticamente precursores baratos, como la glucosa o el glicerol, en compuestos aromáticos costosos.	Nielsen et al., 2010 (65).

Microorganismos con utilidad en agroindustria

En los últimos años, se ha logrado mucho progreso en el desarrollo y comercialización de bionematicidas (66). El interés en los microorganismos se ha centrado en compuestos con actividad pesticida, principalmente herbicidas, insecticidas y nematicidas. Especies

como *Trichoderma* y otras especies de biocontrol responden a la creciente demanda de prácticas que minimicen los efectos secundarios que dejan los pesticidas, como la resistencia en las poblaciones de plagas, la reducción de la calidad del suelo y del agua y la generación de residuos con efectos nocivos en organismos no objetivo. Tabla 3.

Tabla 3. Aplicaciones biotecnológicas de microorganismos con utilidad en la agroindustria.

Microorganismos	Efecto	Autor
<i>Phytophthora palmivora</i> : Suspensión de clamidiosporas	Controlar <i>Morrenia odorata</i>	McRae, 1988 (67)
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz) <i>Sacc. F. sp. Aeschynomene</i>	Induce síntomas de antracnosis en <i>Aeschynomene virginica</i>	McRae, 1988 (67)
<i>Puccinia canaliculata</i>	Controlar el espigamiento amarillo <i>Cyperus esculentus</i> L inhibiendo completamente la floración y reduciendo la formación de tubérculos	Duke et al., 2015 (68)
<i>B. thuringiensis</i> (Bt): producen endotoxinas Cry y Cyt	Acción entomopatógena, controlando las plagas presentes en la col, la papa y los granos.	Sarwar, 2015a (69)
Especies transgénicas que expresan cristales de proteína Bt, como el tomate, el tabaco y el maíz	Prevención de la propagación de las orugas, especialmente los lepidópteros	Khan et al., 2016 (70)

Microorganismos	Efecto	Autor
Baculovirus infectando orugas y huevos de plagas como <i>Spodoptera frugiperda</i>	Reducción de las pérdidas agrícolas causadas por esta oruga, especialmente en el maíz.	Popham et al., 2016 (71)
Hongos patógenos de insectos: <i>Beauveria</i> , <i>Metarhizium</i> y <i>Paecilomyces</i>	Estos se utilizan con mayor frecuencia contra las orugas foliares en invernaderos u otros lugares donde la humedad es relativamente alta	Sarwar, 2015b (72)
Productos de la bacteria <i>Streptomyces avermitilis</i> conocidos como avermectinas	Pesticidas modelo, no tóxicos para los mamíferos y activos contra los nematodos, incluso en dosis muy bajas.	Sarwar, 2015b (72)
<i>B. firmus</i>	Inducen parálisis y mortalidad de nematodos y larvas adultos, incluyendo <i>Radopholus similis</i> , <i>Meloidogyne incognita</i> y <i>Ditylenchus dipsaci</i> , lo que sugiere la síntesis de metabolitos tóxicos	Mendoza et al., 2008 (73)
<i>Myrothecium verrucaria</i>	Produce metabolitos tóxicos (inhiben el desarrollo y eclosión de huevos) cuando se cultivan en biorreactores.	Twomey et al., 2000 (74)
<i>Pasteuria sp</i>	Utilizar el parasitismo como método de control.	Davies et al., 2011 (75)
Hongos del género <i>Trichoderma</i>	Control biológico de las plagas	Druzhinina et al., 2011; Howell, 2003 (76)
<i>Trichoderma spp</i>	Parasitar y controlar con éxito especies de hongos fitopatógenos como <i>Sclerotinia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Verticillium</i> y <i>Macrophomina</i>	Jones et al., 2014(77), 2016 (78); Saravanakumar et al., 2016 (79); Carrero-Carron et al., 2016 (80); Khaledi y Taheri, 2016 (81)
<i>Trichoderma spp</i>	Efecto nematocida en la vesícula formación de <i>Meloidogyne</i>	Sahebani y Hadavi, 2008 (82) ; Feyisa et al., 2016 (83) ; Sokhandani et al., 2016 (84)

Microorganismos	Efecto	Autor
Microorganismos simbióticos: como los hongos micorriza y las rizobacterias	Desarrollan actividades que pueden mejorar la condición física de la planta, facilitando la adquisición de nutrientes.	Cheng et al., 2016 (21) Walder et al., 2016 (85)
PGPR (rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas)	Actúan a través de mecanismos directos: biofertilización, síntesis de auxinas, citoquinas y giberelinas e indirectos: antibiosis, resistencia sistémica, competencia por nutrientes, promueven el crecimiento de las plantas.	Lugtenberg y Kamilova, 2009 (86)

Microorganismos en la industria química

Los productos de desecho se convierten en sustratos susceptibles a la acción microbiana (87) con el interés de resolver los problemas ambientales que generan el uso de combustibles fósiles y las ventajas que trae el uso de materias primas renovables (88).

Microorganismos y biocombustibles

La síntesis de químicos a través de procesos metabólicos microbianos reduce la dependencia de los combustibles fósiles para la generación de energía.

A futuro se espera que al menos el 25% de toda la bioenergía pueda provenir del biogás (89). Numerosos estudios buscan optimizar el proceso de metanogénesis mediante técnicas de secuenciación de próxima generación (NGS) ayudarán a conocer la estructura de las comunidades microbianas (90-93).

Los aislamientos que se han logrado son una fuente de nuevos productos y servicios en el futuro (94).

Tabla 4. Microorganismos y biocombustibles. Se presentan los productos y servicios, anotaciones clave y la bibliografía donde se reporta.

Producto y servicios	Anotaciones	Bibliografía
Producción de etanol de segunda generación obtenida de biomasa lignocelulósica	Se necesitan mejoras para que la tecnología sea económicamente competitiva. Se ha identificado tolerancia al ácido acético (inhibidores de los hidrolizados de lignocelulosa)	Liao et al., 2016 (95) Meijnen et al., 2016 (96)
Biodegradación de crudos	<i>Pseudomona</i> spp	Ostos, et al (97)

Producto y servicios	Anotaciones	Bibliografía
Descubrimiento de las isomerasas funcionales de xilosa	Dieron como resultado la creación de nuevas levaduras capaces de fermentar azúcares de 5 carbonos (C5), así como azúcares de 6 carbonos (C6).	Kuyper et al., 2005; (98)
Levaduras capaces de fermentar azúcares de 5 carbonos (C5), así como azúcares de 6 carbonos (C6).	La co-fermentación de azúcares C5 con jugo de caña puede producir hasta un 37% más de etanol en fermentadores de primera generación	Losordo et al., 2016 (99)
Producción de etanol de segunda generación.	Mejoras genéticas de la levadura, prospección de nuevas fuentes de celulosa, como la silvicultura y los residuos de cultivos (corteza de eucalipto, maíz y cáscaras de arroz)	McIntosh et al., 2016 (100)
Biogás: combinación de metano, CO ₂ , nitrógeno, H ₂ S, y trazas de otros gases producidos por la digestión anaeróbica (AD) obtenidas de la conversión microbiana de la biomasa.	El conocimiento sobre los consorcios microbianos involucrados en este proceso es limitado debido a la falta de datos filogenéticos y metabólicos sobre estos microorganismos	Appels et al., 2008 (101); Wirth et al., 2012 (102) ; Chojnacka et al., 2015 (103)
Produccion de biogas	Proteobacterias, cloroflexi, firmicutes, bacteroidetes, actinobacterias, bacteroides, acidobacterias y espiroquetas	Chouari et al., 2005 (104) ; Chojnacka et al., 2015 (103)
Produccion de biogas	<i>Metanogenic Archaea, como Methanosarcina barkeri, M. frisia y Methanobacterium formicicum.</i> No se conocen los genes que controlan estos sistemas con alta eficiencia	Satpathy et al., 2016 (105); Goswami et al., 2016. (106)

Tabla 5. Microorganismos y compuestos químicos. Se presentan los compuestos químicos, microorganismos asociados y la bibliografía donde se reporta.

Compuesto químico	Microorganismo	Autores
El ácido cítrico: aditivo alimentario por fermentación de glucosa, melaza de remolacha, melaza de caña o almidón de maíz.	<i>A. niger</i>	Adham, 2002 (107) ; Ikram-ul et al., 2004(108); Wang et al., 2016 (109)
Ácido láctico	<i>Lactobacillus spp.</i> cultivado en suero ampliamente utilizados en las industrias alimentaria, farmacéutica, de cuero y textil (productos biodegradables y polilácticos biocompatibles)	Gao et al., 2011 (110) Hofvendahl y Hahn-Hägerdal, 2000 (111)
Ácido láctico	<i>Rhizopus.sp.</i> en condiciones aeróbicas en medio rico en glucosa y con cantidades limitadas de nitrógeno	Papagianni, 2004 (112) ; Fu et al., 2014 (113)

Compuesto químico	Microorganismo	Autores
Acido láctico	Fermentación de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en medio a base de glucosa y jugo de caña	Saitoh et al., 2005(114) ; Valli et al., 2006 (115)
Producción microbiana de acetona y butanol	Género Clostridium	Wang et al., 2001 (10)
Fermentación del glicerol	Bacterias del género Clostridium o Enterobacteriaceae	
Síntesis de 1,3-DOP microbiana para generación de polímeros biodegradables y para obtener solventes, películas, adhesivos. , anticongelantes y poliésteres	Microorganismos modificados genéticamente: Genes de bacterias patógenas, tales como <i>Citrobacter freundii</i> y <i>Klebsiella</i>	Biebl et al., 1999 (116)Przystałowska et al., 2015 (117)

Microbiología Tecnológica Ambiental

Aunque se han documentado un número importante de procesos enzimáticos utilizando enzimas biodegradables para el tratamiento de residuos, se requiere un mayor número de estudios para lograr que las enzimas sean termoestables y resistentes a variaciones de pH, así como estudios que permitan identificar enzimas aplicables, solo aproximadamente el

2% de los microorganismos del mundo se han probado como fuentes de enzimas (118).

En el futuro, se espera que herramientas genéticas ayuden a aumentar la síntesis enzimática de microorganismos de interés, mejorando las alternativas para la eliminación de los desechos que históricamente se han acumulado en los suelos y cursos de agua.

Tabla 6. Microorganismos y tecnología ambiental. Se presentan los microorganismos, la utilidad asociada a los procesos de tecnología ambiental y la bibliografía donde se reporta.

Microorganismo	Utilidad	Bibliografía
Bacterias aerobias heterotróficas o autótrofas, actinomicetos, coliformes fecales y termófilos, así como levaduras y otros hongos	Procesos de compostaje de desechos sólidos, la temperatura determina tipos microbianos y tasa metabólica.	Beffa et al., 1996(119); Tiquia et al., 2002 (120); Hassen et al., 2001 (121).
Uso directo de enzimas microbianas: las lipasas	Tratamiento de efluentes industriales que contienen principalmente triglicéridos	Jamie et al., 2016 (122); Hasan et al., 2006 (118).

Microorganismo	Utilidad	Bibliografía
Uso directo de enzimas microbianas: peroxidadas, fenoloxidasas, dioxigenasas y compuestos similares a fenoloxidasas	Eliminación de contaminantes presentes en las aguas residuales	Durán y Esposito, 2000 (123)
Las peroxidadas, polifenol oxidasas y tirosinasas obtenidas de microorganismos como <i>P. syringae</i> , <i>Arthromyces ramosus</i> y <i>Agaricus bisporus</i>	Eliminación de fenoles, bifenoles y clorofenoles	Tatsumi et al., 1996 (124) ; Tong et al., 1998 (125) ; Akay et al., 2002 (126) ; Kampmann et al., 2014 (127).
Las lacasas de <i>P. cinnabarinus</i>	Degradación del benzopireno	Rama et al., 1998 (128).
Peroxidasas de manganeso de <i>Phanerochaete chrysosporium</i> , <i>Nematoloma frowardii</i> y <i>Phlebia radiata</i>	Eliminación de lignina en las aguas residuales	Hofrichter et al., 1999 (129) ; Kunz et al., 2001 (130)
Celdas microbianas que usan electrones donados por sustratos orgánicos de bajo valor, contenidos en los desechos (MFC)	Tratamiento de desechos sólidos o incluso aguas residuales	Pendyala et al., 2016 (131)
Biofilm BAC carbono biológicamente activo (BAC)	Mejorar la purificación del agua potable: biodegradar las cianotoxinas y sustancias orgánicas que pueden cambiar el sabor y el olor del agua potable	Simpson, 2008 (132); Brown y Lauderdale, 2006 (133).
Biopolimeros: polihidroxialcanoatos (PHA), y los más conocidos entre ellos son poli (beta-hidroxibutirato; PHB), poli (beta-hidroxivalerato; PHV) y poli (hidroxibutirato-co-valerato; PHB -V)	Cupriavidus necato: acumula aproximadamente el 80% de su masa seca en el polímero y utiliza diferentes tipos de sustratos, como glucosa, fructosa y glicerina en bruto	Philip et al., 2007 (134); Figueiredo et al., 2014 (135); Mohanty et al., 2000 (136).

Microorganismo	Utilidad	Bibliografía
Aumento de la biomasa de las plantas o aumentar los rendimientos de productos de interés agrícola o farmacológico	Mejora de la nutrición de las plantas, la protección de patógenos, la tolerancia al estrés y el suministro de la estructura del suelo	Boyer et al., 2016 (137) ; Gabriele et al., 2016 (138) ; Köhl et al., 2016 (139); Smith y Read, 2008 (140).
Biofertilizantes: hongos micorrízicos arbusculares (FAM)	Producción con bajo consumo de productos químicos	Lanfranco et al., 2016 (141)
Tecnología de micorrizas	Aumentar la abundancia y diversidad de las FMA y, en consecuencia, la eficiencia de la producción de cultivos.	Rillig et al., 2016 (142)

Microbiología y Tecnológica Médica

La participación de microorganismos en la generación de productos o servicios médicos implica cuatro aspectos distintos: (1) control

biológico de enfermedades, (2) producción de vacunas, (3) producción de antibióticos y (4) producción de productos bioterapéuticos (hormonas, biomateriales, y otros).

Tabla 7. Microorganismos y tecnología médica. Se presentan los microorganismos, la utilidad asociada a los procesos de tecnología ambiental y la bibliografía donde se reporta.

Microorganismos	Utilidad	Bibliografía
Introducción de la bacteria <i>Wolbachia</i> como un endosimbionte del mosquito <i>Aedes aegypti</i>	Controlar la propagación de vectores parásitos como los de los géneros <i>Aedes</i> y <i>Anopheles</i> , reduce la vida útil del mosquito	Walker et al., 2011(143); Cook et al., 2008 (144) ; Turley et al., 2009 (145) ; Bian et al., 2010(146)
Mosquitos que contienen la cepa <i>Wolbachia wMelPop-CLA</i>	Reducción de aproximadamente el 50% de la supervivencia de las hembras en comparación con los mosquitos sin la cepa.	McMeniman et al., 2009 (147)
Activación de las endotoxinas (Cry y Cyt) producida naturalmente por la bacteria <i>B. thuringiensis</i> serotipo israelensis (Bti)	Prevenir la proliferación del vector del virus del dengue. Estas toxinas, son cristales inactivos que cuando son ingeridos por las larvas de <i>Aedes</i> , son solubilizados por proteasas intestinales lisis celular, septicemia y muerte.	Gill et al., 1992 (148) ; Mohiddin et al., 2016 (149) ; Setha et al., 2016 (150); Paris et al., 2011 , 2012 (152,153) ; Wu et al., 2016 (154); Durbin, 2016 (155) ; Pitisuttithum y Bouckenoghe, 2016 (156).

Vacunas

Técnicas biotecnológicas utilizadas en la producción de los tipos de vacunas actualmente disponibles (1), Tabla 8.

Tabla 8. Tipos de vacunas y descripción.

Tipos de vacunas	Descripción	
Vacunas atenuadas o vivas	Utilizan patógenos atenuados	
Vacunas inactivadas	Contienen patógenos completamente inactivados o fraccionados o solo componentes antigénicos de estos patógenos, subdivididos:	
	B1	Enteros o fraccionados
	B2 vacunas de subunidades	Utilizan proteínas, péptidos o ácidos nucleicos como antígenos
	B3 toxoides	Usan toxinas patógenas inactivadas como antígenos
	B4 vacunas de carbohidratos	Producidas a partir de polisacáridos, oligosacáridos y glicanos
B5 vacunas conjugadas	Tienen polisacáridos combinados con proteínas de transporte	
Vacunas de ADN	Contienen plásmidos que contienen genes que codifican antígenos inmunogénicos	
Vacunas recombinantes	Contienen virus diseñados para transportar genes que codifican antígenos de otros virus que causan enfermedades.	

Tabla 9. Características de las vacunas inactivadas; vacunas de subunidades, toxoides y carbohidratos.

Vacunas inactivadas	
Vacunas de subunidades	
Características	Referencias
Estimuladores efectivos de las respuestas inmunes humorales	Nabel, 2013 (157)
Requieren dosis múltiples para la inmunidad a largo plazo, ya que no estimulan la producción de inmunoglobulina A (IgA) o respuestas de células T citotóxicas porque el virus no lo hace	Nabel, 2013 (157)
Actualmente disponibles para la hepatitis A, la rabia, el cólera, la influenza, la poliomielitis (Salk), la fiebre tifoidea y la tos ferina, <i>Streptococcus pneumoniae</i> , virus de la hepatitis B, y VPH (tipos 16 y 18 representan aproximadamente el 70% de los casos).	Bobbala y Hook, 2016 (158); Reed y Schmidt et al., 2016 (159); Gillison et al., 2008 (160); Roden y Wu, 2006 (161).

Características		Bibliografía
Son poco reactogénicas, lo que es una ventaja en términos de efectos adversos y desventaja en términos de estimular respuestas inmunes potentes y duraderas		Bobbala y Hook, 2016 (158)
Requieren la administración conjunta de adyuvantes eficientes para activar y modular las respuestas inmunitarias		Reed y Schmidt et al., 2016 (159)
Son más seguras porque la virulencia de los organismos muertos no se puede revertir		Nabel, 2013 (157)
Vacunas de toxoides		
Características		Bibliografía
Estimulan la respuesta inmune mediante el uso de toxinas patógenas inactivadas como antígenos		Nabel, 2013 (157)
Disponibles para el tétanos, la difteria y el ántrax		Nabel, 2013 (157)
Las vacunas de carbohidratos		
Características		Bibliografía
Las respuestas de defensa del huésped es estimulada por los los receptores de reconocimiento de glicocáliz (PRR)		Astronomo y Burton, 2010 (162); Pifferi et al., 2017 (163).
La baja inmunogenicidad es un obstáculo importante para la fabricación de vacunas de carbohidratos, y debido a la falta de protección inmunológica a largo plazo. Pocas de estas vacunas están disponibles comercialmente en la actualidad: vacunas contra <i>Salmonella typhi</i> y <i>Neisseria meningitidis</i>		Keitel et al., 1994(164) ; King et al., 1996 (165)
Los enlaces covalentes tradicionales entre los carbohidratos y las proteínas portadoras se han utilizado para aumentar las respuestas inmunes a los antígenos polisacáridos, obteniendo así vacunas conjugadas		Nishat y Andreana, 2016 (166).
Las vacunas de proteína-polisacárido inducen memoria inmunológica, una protección que dura más que la inducida por el uso de antígenos polisacáridos simples. Las vacunas conjugadas ya se utilizan actualmente en el control de <i>Haemophilus influenza</i> tipo B y <i>S. pneumoniae</i>		Knuf et al., 2011 (167) ; Frenck y Yeh, 2012 (168) ; Pichichero, 2013 (169).

Tabla 10. Características de las vacunas de ADN.

Las vacunas de ADN	
Características	Bibliografía
Consisten en un plásmido de expresión que contiene genes que codifican uno o más antígenos inmunogénicos de interés	Robinson, 1997 (170)
El uso de promotores virales mejora la expresión génica y mejora la estabilidad del ARNm relacionada con la síntesis de antígenos	Robinson, 1997 (170)
Actualmente se estudias nuevos adyuvantes inmunológicos y métodos de inserción de este material en las células del organismo huésped. La investigación microbiológica se han centrado en el VIH, la hepatitis B, la hepatitis C, la influenza y el VPH.	Brouillette et al., 2016 (171)

Características	Bibliografía
Inserción con aplicaciones potenciales en humanos :biobolística (en estudio)	Fynan et al., 1993 (172) ; Brouillette et al., 2016 (171)
Administración intradérmica sin agujas del plásmido de ADN (estudios en primates).	Rao et al., 2006(173)
Tatuaje intradérmico:en el cual el plásmido de ADN se envía a la capa epidérmica utilizando miles de inyecciones (en estudio).	Becker et al., 2008 (174)

Tabla 11. Características de las vacunas recombinantes.

Las vacunas recombinantes (genéticas)	
Características	Bibliografía
Se preparan a partir de virus diseñados para transportar genes que codifican antígenos de otros virus que causan enfermedades para su expresión en el huésped después de la inoculación	He et al., 2000 (175)
La inmunidad se atribuye a la capacidad del virus recombinante para expresar el gen de interés en niveles altos dentro de las células huésped	He et al., 2000 (175)
Los vectores virales utilizados para este propósito se atenúan, son intrínsecamente seguros.	He et al., 2000 (175)
Los virus con mayor potencial para la producción de este tipo de vacuna son aquellos con un genoma extenso	He et al., 2000 (175)

Tabla 12. Características de los anticuerpos monoclonales.

Anticuerpos monoclonales (mAbs).	
Características	Bibliografía
Emplea microorganismos, como fagos, levaduras, bacterias y virus, para mostrar repertorios de fragmentos de anticuerpos de dominio variable (ScFvs) de una sola cadena, fragmentos de unión a antígenos (Fab) o anticuerpos de dominio (Dabs) en sus superficies	Carter, 2006 (176)
Pueden obtenerse directamente de las células de memoria B de pacientes infectados con virus o de células de linfocitos de ratón	Marasco y Sui, 2007 (178)
Se han utilizado para el tratamiento de enfermedades infecciosas.	The IMPact-RSV Study Group, 1998 (179)
Palivizumab, un anticuerpo monoclonal neutralizador del virus respiratorio humano sincitial (RSV) que bloquea la replicación del virus	Kummerfeldt, 2014 (180)
Raxibacumab, que evita la unión del antígeno protector de la toxina del ántrax a sus receptores en las células huésped	Baldo, 2016 (181)
Representan una de las mayores clases de fármacos en desarrollo, y entre 2010 y 2014, 17 de los 54 fármacos proteicos aprobados fueron mAb (31.5%)	Baldo, 2016 (181)

Microorganismos y productos de interés farmacéutico

El uso de células microbianas recombinantes ha permitido la producción a gran escala de un gran número de productos de interés farmacéutico, como hormonas, anticoagulantes, proteínas de alto valor, anticuerpos o antígenos y otros. Esto ha sido crucial para determinar la relación estructura-función de las proteínas, así como para desarrollar una mejor comprensión de las reacciones del sistema inmune, la biología celular y los eventos de señalización (Bajaj et al. , 2012 (182); Avendaño et al., 2016 (183) ; Borghese et al., 2016(184).

La necesidad de nuevos biomateriales funcionales en fármacos emergentes ha potenciado los estudios de ingeniería metabólica de moléculas a partir de microorganismos (Vázquez y Villaverde, 2013(185);Rodríguez-Carmona y Villaverde, 2010) (186).

Más de dos millones de personas en los Estados Unidos se ven afectadas anualmente por

bacterias resistentes a los antibióticos (Nizet, 2015)(187). Según el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades Estados Unidos el *Staphylococcus aureus* resistente a la metilina (MRSA) representa aproximadamente 10,000 casos de infecciones en el torrente sanguíneo adquiridas en el hospital, mientras que *Clostridium difficile*, asociado con diarrea, es la infección más común en los Estados Unidos, con más de 80,000 casos anuales estimados (188), lo que genera inversión importante para la identificación de nuevos y mejores fármacos con exploración de biofactorías con microorganismos como *E. coli* y *S. cerevisiae* (189).

Las técnicas de ingeniería de proteínas, especialmente la mutagénesis dirigida (SDM), que permite la sustitución, eliminación o inserción de uno o más aminoácidos en la secuencia de una proteína, permite la disponibilidad de biobetadores menos costosos, que son la principal clase creciente de productos biofarmacéuticos (190-191).

Tabla 13. Producto biofarmacéutico, utilidad y bibliografía asociada.

Producto	Utilidad	Bibliografía
Teixobactina	Capaz de eliminar el SARM (<i>Staphylococcus aureus</i> resistente a la metilina), se dirige a los lípidos esenciales para el mantenimiento de la pared celular bacteriana	Borghesi y Stronati, 2015 (192).
Insulina humana	Obtenida por expresión heteróloga a través de <i>E. coli</i> , para el tratamiento de la diabetes tipo I y tipo II (FDA, 1982)	Chumnanpuen et al., 2016(189) ;Sánchez-García et al., 2016(190)

Producto	Utilidad	Bibliografía
Hormonas (calcitonina, hormona paratiroidea, hormona del crecimiento humano, glucagón y somatropina), interferones e interleucina por proteínas heterólogas de <i>E. coli</i> .	El 30% de las proteínas recombinantes disponibles en el mercado se producen actualmente en sistemas procarióticos	Ferrer-Miralles et al., 2009(191); Overton, 2014(192)
4-hidroxibenzoato, la tirosina y la fenilalanina	1,777 productos no nativos de <i>E. coli</i> , de los cuales 279 tienen aplicaciones comerciales	Zhang et al., 2016(193)
Insulina, análogos de insulina y glucagón, hormonas, vacunas (antígeno de superficie del virus de la hepatitis B) y partículas similares a virus (VLP)	Obtenidas de <i>S. cerevisiae</i>	Ferrer-Miralles et al., 2009(191).
Síntesis biológica controlada de calcitonina, aminoácidos (glutamato y lisina), proinsulina	A partir de cepas modificadas de <i>S. carnosus</i> , <i>Corynebacterium glutamicum</i> , <i>B. subtilis</i> y <i>Lactococcus lactis</i>	Olmos-Soto y Contreras-Flores. 2003 (194); Sandgathe et al., 2003 (195); Liu et al., 2016 (196); Cano-Garrido et al., 2016(197)
Los polisacáridos de metabolitos secundarios	Utilizando <i>Ganoderma lucidum</i> , <i>Cordyceps sinensis</i> y <i>C. militaris</i>	Paterson, 2006 (198), 2008 (199); Wadt et al., 2015 (200)
Síntesis de Taxol (antineoplásico)	A partir de hongos endófitos como <i>Metarhizium anisopliae</i> y <i>C. gloeosporioides</i>	Gangadevi y Muthumary, 2008 (201); Liu et al., 2009 (196)

Microbiología y Tecnológica de Materiales

La aplicación de técnicas biotecnológicas a la microbiología también ha permitido obtener una gran diversidad de biomateriales y biosensores. Los biomateriales son productos artificiales o naturales, generalmente sintetizados por microorganismos en diferentes condiciones ambientales, que pueden actuar en sistemas biológicos (tejidos u órganos) (1).

Una familia importante de biomateriales incluye los bioplásticos. Los bioplásticos son poliésteres que se acumulan intracelularmente en microorganismos en forma de gránulos de almacenamiento, con propiedades físico-químicas similares a los plásticos petroquímicos, biodegradables y biocompatibles (202).

El bioplástico también puede producirse como un subproducto de la biorrefinería utilizando fermentación acidogénica o pirólisis

de biomasa lignocelulósica, así como un sub-producto del tratamiento biológico de desechos sólidos o líquidos (203).

Los bioplásticos se utilizan en la fabricación de materiales médicos de alto valor agregado:

mejores propiedades biomecánicas y bioactividad, como películas que funcionan como vehículos para la administración de fármacos (204).

Tabla 14. Biomaterial, microorganismos, utilidad y referencias asociadas.

Biomateriales/ microorganismo	Utilidad	Referencias
Esporas de promotores del crecimiento como <i>T. harzianum</i>	Control de plagas agrícolas en el futuro	Accinelli et al., 2016(205)
Los polisacáridos de origen microbiano: quitosán, el alginato, la goma xantana y la celulosa.	Uso médico debido a sus propiedades, entre ellas, que son renovables, biodegradables e imitan los componentes de la extracelular. matriz, que los hace elementos clave en los procesos biológicos	Pires y Moraes, 2015 (206); Ruholahi et al., 2016(210) ;Abdel-Gawad et al., 2017 (211)
Promotores del crecimiento como <i>T. harzianum</i>	Recubrimiento de semillas de especies agronómicas para control de plagas agrícolas	Accinelli et al., 2016 (205)
Bioplásticos	Aumento, dentro de la construcción civil, de materiales que tienen poca energía incorporada, lo que contribuye a la eficiencia energética	Ivanov y Stabnikov, 2016 (203)
Quitosano	Reparación de piel, los huesos y el cartílago	Khor y Lim, 2003 (204)
Quitosano	Quelación de metales pesados e inhibición de agentes microbianos patógenos en el agua contaminada	Ruholahi et al., 2016 (210) ;Tayel et al., 2016a (212)
Alginato polisacárido sintetizado por algas pardas y dos géneros de bacterias: <i>Pseudomonas</i> y <i>Azotobacter</i>	Encapsulación o liberación controlada de fármacos, enzimas o células, o como una matriz para la ingeniería de tejidos	Hay et al., 2013 (213) ; Maleki et al., 2016 (214); Andersen et al., 2012 (58) ; Lee y Mooney, 2012 (215)
Alginato y el quitosano se combinan en un complejo de polielectrolito (PEC)	Membranas delgadas y transparentes: buena absorción de fluidos fisiológicos, así como la incorporación de varios compuestos bioactivos	Pires y Moraes, 2015 (206)

Biomateriales/ microorganismo	Utilidad	Referencias
Goma xantana combinada con quitosano	Inmovilización de enzimas y producción de micropartículas y membranas	Bejenariu et al., 2008 (207); Barua et al., 2016 (208) ; Velu et al., 2016(209)
Celulosa sintetizada (en abundancia) por bacterias como <i>Gluconacetobacter xylinus</i>	Dialisis y andamios para la ingeniería de tejidos, tratamiento de lesiones cutáneas y el reemplazo de vasos sanguíneos de pequeño diámetro.	Pires et al., 2015 (206); Czaja et al., 2006 (212)

Biosensores

Los microorganismos como una alternativa en la producción de biosensores se debe principalmente a la capacidad de producirlos masivamente a través del cultivo celular (216). Los biosensores integran microorganismos con un transductor físico para generar una señal medible proporcional a la concentración de analitos, lo que permite una detección rápida y precisa de los objetivos de análisis en diversos campos, como medicina, monitoreo ambiental, procesamiento de alimentos y otros (216-219).

La técnica de ADN recombinante ha facilitado la disponibilidad de biosensores micro-

bianos, esta técnica consiste en la construcción de cepas microbianas recombinantes que contienen un gen informador (lux , GFP o lac Z), es decir, un gen que genera una señal cuando ocurre la reacción biológica entre un microorganismo y un analito (219-220).

A pesar del gran avance realizado por la biotecnología, los microorganismos nuevos aún deben evaluarse para determinar su eficacia, aún deben desarrollarse métodos más precisos para inmovilizar células microbianas y las técnicas de inducción deben evaluarse continuamente porque pueden variar en términos de su eficiencia según el analito.

Tabla 15. Biosensor, aplicación y referencias asociadas.

Biosensor	Aplicación	Bibliografía
E. coli recombinante inmovilizada que expresan organofosforado hidrolasa (OPH).	Monitoreo de contaminantes	Mulchandani et al., 1998 (221) ; Kim HJ et al., 2016(222)
Celulas E. coli como biosensores CadC-T7	alta especificidad para la detección de metales pesados	Kim KR et al., 2016(223)
Biosensor en el que las células expresan β -galactosidasa en presencia de cadmio	Monitoreo ambiental del cadmio	Shin, 2016 (224)

Biosensor	Aplicación	Bibliografía
<i>E. coli</i> bioluminiscente	Señalar el daño en el ADN, la producción de radicales superóxido y el daño a la membrana causado por líquidos potencialmente tóxicos	Bharadwaj <i>et al.</i> , 2017 (225)
Biosensor de <i>P. putida</i>	Biosensor para catecol, nitrofenol, benceno, tolueno y otros	Rasinger <i>et al.</i> , 2005 (226) ; Timur <i>et al.</i> , 2007 (227) ; Banik <i>et al.</i> , 2008 (228)
Biosensor de <i>S. cerevisiae</i>	Biosensor para Cu ²⁺	Stoycheva <i>et al.</i> , 2007 (229)
Biosensor de <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> y <i>Leptospirillum ferrooxidans</i>	Biosensor para Fe ²⁺ , S ₂ O ₃ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻ , y otros	Zlatev <i>et al.</i> , 2006 (230) ; Stoytcheva <i>et al.</i> , 2009 (229)
Biosensor de <i>Gluconobacter oxydans</i>	Biosensor para propanodiol y etanol	Katrlik <i>et al.</i> , 2007 (231); Valach <i>et al.</i> , 2009 (232)

Otras Consideraciones

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

Referencias

- Vitorino L.C., Bessa A.L. (2017). Technological Microbiology: Development and Applications. *Front Microbiol.* 2017; 8: 827. Published online 2017 May 10. doi: 10.3389/fmicb.2017.00827
- McGovern P. E., Glusker D. L., Exner L. J. (1996). Neolithic resinated wine. *Nature* 381 480–481. 10.1038/381480a0 [Cross Ref]
- Valamoti SM, Mangafa M., Koukouli-Chrysanthaki CH, Malamidou D. (2007). Prensados de uva del norte de Grecia: ¿el vino más antiguo del Egeo? *La antigüedad* 81 54-61. 10.1017 / S0003598X00094837
- Borneman AR, Schmidt SA, Pretorius IS (2013). A la vanguardia de la biotecnología de la uva y el vino. *Tendencias genet.* 29 263–271. 10.1016 / j.tig.2012.10.014 [PubMed]
- Samuel D. (1996). Investigation of ancient Egyptian baking and brewing methods by correlative microscopy. *Science* 273 488–490. 10.1126/science.273.5274.488 [PubMed] [Cross Ref]
- Sicard D., Legras J.-L. (2011). Bread, beer and wine: yeast domestication in the *Saccharomyces sensu stricto* complex. *C. R. Biol.* 334 229–236. 10.1016/j.crv.2010.12.016 [PubMed] [Cross Ref]
- Gal J. (2008). El descubrimiento de la enantioselectividad biológica: Louis Pasteur y la fermentación del ácido tartárico, revisión y análisis de 1857-A 150 años después. *La quiralidad* 20 5–19. 10.1002 / chir.20494 [PubMed]
- Pasteur L. (2002). Summary report of the experiments conducted at Pouilly-le-Fort, near Melun, on the anthrax vaccination, 1881. *Yale J. Biol. Med.* 75 59–62. [PMC free article] [PubMed]
- Plotkin SA, Orenstein WA, Offit PA (2008). *Vacunas*

- de 5ª ed. Filadelfia, PA: Saunders / Elsevier; 399–434.
10. Wang Z., Zhuge J., Fang H., Prior BA (2001). Producción de glicerol por fermentación microbiana: una revisión. *Biotechnol. Adv.* 19 201–223. 10.1016 / S0734-9750 (01) 00060-X [PubMed]
 11. Neushul P. (1993). La ciencia, el gobierno y la producción en masa de la penicilina. *J. Hist. Medicina. Allied Sci.* 48 371–395. 10.1093 / jhmas / 48.4.371 [PubMed]
 12. Jacob F., Perrin D., Sanchez C., Monod J. (1960). L'operón: grupo de géneros de expresión coordinada para un operador. *Comp. Desgarrar. Acad Sci. París* 250 1727–1729. [PubMed]
 13. Ames BN, Martin RG (1964). Aspectos bioquímicos de la genética: el operón. *Ana. Rev. Biochem.* 33 235–258. 10.1146 / annurev.bi.33.070164.001315 [PubMed]
 14. Holloway BW (1969). Genética de las pseudomonas . *Bacteriol. Rev.* 33 419–443. [Artículo libre de PMC] [PubMed]
 15. Holloway BW (2014). “Mis recuerdos de las pseudomonas en el siglo veinte”, en *Pseudomonas* eds Ramos J.-L., Goldberg JB, Filloux A., editores. (Dordrecht: Springer;) 289–314. 10.1007 / 978-94-017-9555-5-11
 16. Smith HO, Nathans D. (1973). Una nomenclatura sugerida para la modificación del huésped bacteriano y los sistemas de restricción y sus enzimas. *J. Mol. Biol.* 81 419–423. 10.1016 / 0022-2836 (73) 90152-6 [PubMed]
 17. Arber W. (1974). Modificación y restricción del ADN. *Prog. Nucleic Acid Res. Mol. Biol.* 14 1–37. 10.1016 / S0079-6603 (08) 60204-4 [PubMed]
 18. Walsh G. (2012). Nuevos biofarmacéuticos. *Biofarm.* En t. 25 34–38.
 19. Cohen SN, Chang AC, Boyer HW, Helling RB (1973). Construcción de plásmidos bacterianos biológicamente funcionales in vitro . *Proc. Natl Acad Sci. USA* 70 3240–3244. 10.1073 / pnas.70.11.3240 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
 20. Berg P., Mertz JE (2010). Reflexiones personales sobre los orígenes y el surgimiento de la tecnología del ADN recombinante. *Genética* 184 9–17. 10.1534 / genetics.109.112144 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
 21. Cheng L., Chen W., Adams TS, Wei X., Li L., McCormack ML, y otros. (2016). Los hongos micorrízicos y las raíces son complementarios en el forrajeo en parches de nutrientes. *Ecología* 97 2815–2823. 10.1002 / ecy.1514 [PubMed]
 22. Saiki R. K., Gelfand D. H., Stoffel S., Scharf S. J., Higuchi R., Horn G. T., et al. (1988). Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science* 239 487–491. 10.1126 / science.2448875 [PubMed] [Cross Ref]
 23. Simon D., Chopin A. (1988). Construcción de una familia de plásmidos vectoriales y su uso para la clonación molecular en *Streptococcus lactis* . *Biochimie* 70 559–566. 10.1016 / 0300-9084 (88) 90093-4 [PubMed]
 24. Olsen J. L. (2016). “Polymerase chain reaction,” in *Encyclopedia of Immunotoxicology* ed. Vohr H.-W., editor. (Berlin: Springer;) 715–720. 10.1007/978-3-642-54596-2-1193 [Cross Ref]
 25. Woese CR, Fox GE (1977). Estructura filogenética del dominio procariótico: los reinos primarios. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 74 5088–5090. 10.1073 / pnas.74.11.5088 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
 26. Woese CR, Kandler O., Wheelis ML (1990). Hacia un sistema natural de organismos: propuesta para los dominios Archaea, Bacteria y Eucarya. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 87 4576-4579. 10.1073 / pnas.87.12.4576 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
 27. Brown CT, Hug LA, Thomas BC, Sharon I., Castelle CJ, Singh A., et al. (2015). Biología inusual en un grupo que comprende más del 15% de las bacterias del dominio. *Naturaleza* 523 208-211. 10.1038 / nature14486 [PubMed]
 28. Rinke C., Schwientek P., Sczyrba A., Ivanova NN,

- Anderson IJ, Cheng J.-F., et al. (2013). Información sobre la filogenia y el potencial de codificación de la materia oscura microbiana. *Nature* 499 431–437. 10.1038 / nature12352 [PubMed]
29. Castelle CJ, Wrighton KC, Thomas BC, Hug LA, Brown CT, Wilkins MJ, et al. (2015). La expansión genómica del dominio Archaea destaca los roles de los organismos de los nuevos filos en el ciclo del carbono anaeróbico. *Curr. Biol.* 25 690–701. 10.1016 / j.cub.2015.01.014 [PubMed]
30. Spang A., Ettema TJG (2016). Diversidad microbiana: el árbol de la vida viene de la edad. *Nat. Microbiol.* 1 16056 10.1038 / nmicrobiol.2016.56 [PubMed]
31. Coker JA (2016). Extremófilos y biotecnología: usos actuales y perspectivas. *F1000 Res.* 5 396 10.12688 / f1000research.7432.1 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
32. Waditee-Sirisattha R., Kageyama H., Takabe T. (2016). Recursos de microorganismos halófilos y sus aplicaciones en biotecnología industrial y ambiental. *OBJETIVOS Microbiol.* 2 42–54. 10.3934 / microbial.2016.1.42
33. Anupama, Ravindra P. (2000). Alimentos de valor añadido: proteína unicelular. *Biotechnol. Adv.* 18 459–479. 10.1016 / S0734-9750 (00) 00045-8 [PubMed]
34. Adedayo MR, Ajiboye EA, Akintunde JK, Odaibo A. (2011). Proteínas unicelulares: como potenciador nutricional. *Adv. Apl. Sci. Res.* 2 396–409.
35. Ma Y.-M., Liang X.-A., Zhang H.-C., Liu R. (2016). Pentapéptido citotóxico y antibiótico cíclico de un *Aspergillus tamarii* endofítico de *Ficus carica*. *J. Agric. Food Chem.* 64 3789–3793. 10.1021 / acs.jafc.6b01051 [PubMed]
36. Patelski P., Berłowska J., Dziugan P., Pielech-Przybylska K., Balcerk M., Dziekonska U., et al. (2015). Utilisation of sugar beet bagasse for the biosynthesis of yeast SCP. *J. Food Eng.* 67 32–37. 10.1016/j.jfoodeng.2015.03.031 [Cross Ref]
37. Linko Y.-Y., Javanainen P., Linko S. (1997). Biotecnología de la panificación. *Tendencias Alimentaria Sci. Tecnol.* 81 339–344. 10.1016 / S0924-2244 (97) 01066-2
38. Takagi H., Shima J. (2015). “Tolerancia al estrés de la levadura de panadería durante los procesos de panificación”, en *Stress Biology of Yeasts and Fungi* eds Takagi H., Kitagaki H., editores. (Tokio: Springer;) 23–42. 10.1007 / 978-4-431-55248-2-2
39. Degré R., Edwards G., Zhang Z. (2008). Nueva preparación de levadura con vitamina D2, un método para producir lo mismo y su uso. US 2008/0138469 .
40. Lipkie TE, Ferruzzi M., Weaver CM (2016). La bioaccesibilidad de la vitamina D del pan enriquecido con levadura tratada con rayos UV es menor que el pan enriquecido con vitamina D2 cristalina y leche bovina. *FASEB J* 30 918 .
41. Padilla B., Gil J. V., Manzanares P. (2016). Past and future of non-Saccharomyces yeasts: from spoilage microorganisms to biotechnological tools for improving wine aroma complexity. *Front. Microbiol.* 7:411 10.3389/fmicb.2016.00411 [PMC free article] [PubMed] [Cross Ref]
42. Sauer M. (2016). Industrial production of acetone and butanol by fermentation-100 years later. *FEMS Microbiol. Lett.* 363:fnw134 10.1093/femsle/fnw134 [PMC free article] [PubMed] [Cross Ref]
43. Belda I., Ruiz J., Navascués E., Marquina D., Santos A. (2016). Mejora de la liberación de tiol aromático a través de la selección de levaduras con mayor actividad de β -liasa. En t. *J. Comida. Microbiol.* 225 1–8. 10.1016 / j.ijfoodmicro.2016.03.001 [PubMed]
44. Tofalo R., Perpetuini G., Di Gianvito P., Arfelli G., Schirone M., Corsetti A., et al. (2016). Caracterización de levaduras floculantes especializadas para mejorar la fermentación de los vinos espumosos. *J. Appl. Microbiol.* 120 1574-1584. 10.1111 / jam.13113 [PubMed]
45. Satish K. R., Kanmani P., Yuvaraj N., Paari K. A., Pattukumar V., Arul V. (2013). Traditional In-

- dian fermented foods: a rich source of lactic acid bacteria. *Int. J. Food. Sci. Nutr.* 64 415–428. 10.3109/09637486.2012.746288 [PubMed] [Cross Ref]
46. Mokoena MP, Mutanda T., Olaniran AO (2016). Perspectivas sobre el potencial probiótico de las bacterias del ácido láctico de los alimentos y bebidas fermentadas tradicionales africanas. *Comida Nutr. Res.* 60 : 29630 10.3402 / fnr.v60.29630 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
 47. Prasad J., Gill H., Smart J., Gopal PK (2000). Selección y caracterización de cepas de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* para su uso como probióticos. *En t. Lechería J.* 8 993–1002. 10.1016 / S0958-6946 (99) 00024-2
 48. Gawkowski D., Chikindas ML (2016). Bebidas probióticas no lácteas: el siguiente paso en la salud humana. *Benef. Microbios* 4 127–142. 10.3920 / BM2012.0030 [PubMed]
 49. Enujiughá VN, Badejo AA (2017). Potenciales probióticos de bebidas a base de cereales. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 57 790–804. 10.1080 / 10408398.2014.930018 [PubMed]
 50. Omemu A. M., Akpan I., Bankole M. O., Teniola O. D. (2005). Hydrolysis of raw tuber starches by amylase of *Aspergillus niger* AM07 isolated from the soil. *Afr. J. Biotechnol.* 4 19–25.
 51. Djekrif-Dakhmouche S., Gheribi-Aoulmi Z., Meraihi Z., Bennamoun L. (2006). Aplicación de un diseño estadístico a la optimización del medio de cultivo para la producción de α -amilasa por *Aspergillus niger* ATCC 16404 cultivado en polvo de residuos de naranja. *J. Food Eng.* 73 190–197. 10.1016 / j.jfoodeng.2005.01.021
 52. Adejuwon AO, Oluduro AO, Agboola FK, Olutiola PO, Burkhardt BA, Segal SJ (2015). Expresión de α -amilasa por *Aspergillus niger* : efecto de la fuente de nitrógeno del medio de crecimiento. *Adv. Biosci. Bioeng.* 3 12–19.
 53. Ploss TN, Reilman E., Monteferrante CG, Denham EL, Piersma S., Lingner A., et al. (2016). Homogeneidad y heterogeneidad en la producción de amilasa por *Bacillus subtilis* en diferentes condiciones de crecimiento. *Microbios Hecho de la célula.* 15 57 10.1186 / s12934-016-0455-1 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
 54. Salman T., Kamal M., Ahmed M., Siddiq S. M., Khan R. A., Hassan A. (2016). Medium optimization for the production of amylase by *Bacillus subtilis* RM16 in Shake-flask fermentation. *Pak. J. Pharm. Sci.* 29 439–444. [PubMed]
 55. Rodrigues R. C., Fernandez-Lafuente R. (2010). Lipase from *Rhizomucor miehei* as a biocatalyst in fats and oils modification. *J. Mol. Catal. B Enzym.* 66 15–32. 10.1016/j.molcatb.2010.03.008 [Cross Ref]
 56. Messias JM, da Costa BZ, Lima VMG, Giese EC, Dekker RFH, Barbosa AM (2011). Lipasas microbianas: producción, propiedades y aplicaciones biotecnológicas. *Ciênc. Exatas Tecnol.* 32 213–234. 10.5433 / 1679-0375.2011v32n2p213
 57. Sharma R., Chisti Y., Banerjee U. C. (2001). Production, purification, characterization, and applications of lipases. *Biotechnol. Adv.* 19 627–662. 10.1016 / S0734-9750(01)00086-6 [PubMed] [Cross Ref]
 58. Andersen T., Strand BL, Formo K., Alsberg E., Christensen BE (2012). “Los alginatos como biomateriales en ingeniería de tejidos”, en *Química de carbohidratos: enfoques químicos y biológicos* ed. Rauter AP, editor. (Cambridge: The Royal Society of Chemistry;) 227–258. 10.1039 / 9781849732765-00227
 59. Ismail A.-M., Abo-Elmagd H., Housseiny MM (2016). Una pectinasa clarificadora de jugo segura de *Trichoderma viride* EF-8 utilizando pieles de cebolla egipcia. *J. Genet. Ing. Biotecnol.* 14 153-159. 10.1016 / j.jgeb.2016.05.001
 60. Mateo C., Palomo J. M., Fernandez-Lorente G., Guisan J. M., Fernandez-Lafuente R. (2007). Improvement of enzyme activity, stability and selectivity via immobilization techniques. *Enzyme Microb. Technol.* 40 1451–1463. 10.1016/j.enzmictec.2007.01.018 [Cross Ref]

61. Sheldon R. A. (2007). Enzyme immobilization: the quest for optimum performance. *Adv. Synth. Catal.* 349 1289–1307. 10.1002/adsc.200700082 [Cross Ref]
62. Carroll AL, Desai SH, Atsumi S. (2016). Producción microbiana de aromas y compuestos aromáticos. *Curr. Opin. Biotechnol.* 37 8–15. 10.1016 / j.copbio.2015.09.003 [PubMed]
63. Lesage-Meessen L., Lomascolo A., Bonnin E., Thibault J.-F., Buleon A., Roller M., et al. (2002). Un proceso biotecnológico que involucra hongos filamentosos para producir vainillina cristalina natural a partir de salvado de maíz. *Apl. Biochem. Biotechnol.* 102 141-153. 10.1385 / ABAB: 102-103: 1-6: 141 [PubMed]
64. Saerens S., Swiegers J. H. (2016). Enhancement of Coffee Quality and Flavor by Using *Pichia kluyveri* Yeast Starter Culture for Coffee Fermentation. US 20160058028 A1.
65. Nielsen DR, Yoon SH, Yuan CJ, Prather KL (2010). Ingeniería metabólica de la biosíntesis de acetoina y meso-2,3-butanodiol en *E. coli*. *Biotechnol. J.* 5 274–284. 10.1002 / biot.200900279 [PubMed]
66. Wilson MJ, Jackson TA (2013). Avances en la comercialización de bionematicidas. *BioControl* 58 715–722. 10.1007 / s10526-013-9511-5
67. McRae CF (1988). Enfoques clásicos e inundativos para el control biológico de malezas en comparación. *Planta Prot. Cuarto de galón.* 3 124–127.
68. Duke SO, Scheffler BE, Boyette CD, Dayan FE (2015). Biotecnología en control de malezas. *Enciclopedia Kirk-Othmer de Tecnología Química*. Nueva York, Nueva York: John Wiley & Sons, Inc. 10.1002 / 0471238961.herbduke.a01.pub2
69. Sarwar M. (2015a). Biopesticides: an effective and environmental friendly insect-pests inhibitor line of action. *Int. J. Eng. Adv. Res. Technol.* 1 10–15.
70. Khan MA, Paul B., Ahmad W., Paul S., Aggarwal C., Khan Z., y otros. (2016). “Potencial de *Bacillus thuringiensis* en el manejo de plagas de lepidópteros perniciosas”, en *Plant, Soil and Microbes* eds Hakeem KR, Akhtar MS, editores. (Ciudad de Nueva York, NY: Springer International Publishing;) 277–301. 10.1007 / 978-3-319-29573-2_13
71. Popham HJR, Nusawardani T., Bonning BC (2016). “Introducción al uso de baculovirus como insecticidas biológicos”, en *Baculovirus e Insect Cell Expression Protocols* ed. Murhammer DW, editor. (Nueva York, NY: Springer;) 383–392. 10.1007 / 978-1-4939-3043-2_19 [PubMed]
72. Sarwar M. (2015b). Microbial insecticides- an eco-friendly effective line of attack for insect pests management. *Int. J. Eng. Adv. Res. Technol.* 1 4–9.
73. Mendoza AR, Kiewnick S., Sikora RA (2008). Actividad in vitro de *Bacillus firmus* contra el nematodo excavador *Radopholus similis*, el nematodo nudo de la raíz *Meloidogyne incognita* y el nematodo del tallo *Ditylenchus dipsaci*. *Biocontrol. Sci. Technol.* 18 377–389. 10.1080 / 09583150801952143
74. Twomey U., Warrior P, Kerry BR, Perry RN (2000). Efectos del nematicida biológico, DiTera, en la eclosión de *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*. *Nematología* 2 355-362. 10.1163 / 156854100509114
75. Davies KG, Rowe J., Manzanilla-López R., Opperman CH (2011). Reevaluación del ciclo de vida de la bacteria nematodo-parasitaria *Pasteuria penetrans* en nematodos de nudo de raíz. *Meloidogyne spp. Nematologica* 13 825-835. 10.1163 / 138855410X552670
76. Druzhinina IS, Seidl-Seiboth V., Herrera-Estrella A., Horwitz BA, Kenerley CM, Monet E., et al. (2011). *Trichoderma*: la genómica del éxito oportunista. *Nat. Rev. Microbiol.* 9 749–759. 10.1038 / nrmicro2637 [PubMed]
77. Jones EE, Rabeendran N., Stewart A. (2014). Biocontrol de la infección por *Sclerotinia sclerotiorum* del repollo por *C. minitans* y *Trichoderma spp.* *Biocontrol. Sci. Technol.* 24 1363–1382. 10.1080 / 09583157.2014.940847
78. Jones EE, Bienkowski DA, Stewart A. (2016). La importancia de la tolerancia del rango de potencial

- hídrico como factor limitante en *Trichoderma* spp. Control biológico de *Sclerotinia sclerotiorum*. *Ana. Apl. Biol.* 168 41–51. 10.1111 / aab.12240
79. Saravanakumar K., Yu C., Dou K., Wang M., Li Y., Chen J. (2016). Synergistic effect of *Trichoderma*-derived antifungal metabolites and cell wall degrading enzymes on enhanced biocontrol of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cucumerinum*. *Biol. Control.* 94 37–46. 10.1016/j.biocontrol.2015.12.001 [Cross Ref]
 80. Carrero-Carrón I., Trapero-Casas JL, Olivares-García C., Monte E., Hermosa R., Jiménez-Díaz RM (2016). *Trichoderma asperellum* es eficaz para el control biológico del marchitamiento por *Verticillium* en olivos causado por el patotipo desfoliante de *Verticillium dahliae*. *Crop Prot.* 88 45–52. 10.1016 / j.cropro.2016.05.009
 81. Khaledi N., Taheri P. (2016). Mecanismos de biocontrol de *Trichoderma harzianum* contra la pudrición del carbón de soya causada por *Macrophomina phaseolina*. *J. Plant Prot. Res.* 56 21–31. 10.1515 / jppr-2016-0004
 82. Sahebani N., Hadavi N. (2008). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Soil Biol. Biochem.* 40 2016–2020. 10.1016/j.soilbio.2008.03.011 [Cross Ref]
 83. Feyisa B., Lencho A., Selvaraj T., Getaneh G. (2016). Evaluación de algunos productos botánicos y *Trichoderma harzianum* contra nematodos de nudo de la raíz (madera de Chit de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White)) en tomate. *J. Entomol. Nematol.* 8 11–18. 10.5897 / JEN2015.0145
 84. Sokhandani Z., Moosavi MR, Basirnia T. (2016). Concentraciones óptimas de *Trichoderma longibrachiatum* y cadusafos para controlar *Meloidogyne javanica* en plantas de calabacín. *J. Nematol.* 48 54–63. [Artículo libre de PMC] [PubMed]
 85. Walder F, Boller T., Wiemken A., Courty P.-E. (2016). Regulación de la absorción de fosfato de las plantas en redes micorrízicas comunes: papel de los transportadores de fosfato fúngico intrarrádicos. *Señal de Planta. Behav.* 11 : e1131372 10.1080 / 15592324.2015.1131372 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
 86. Lugtenberg B., Kamilova F. (2009). Rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas. *Annu. Rev. Microbiol.* 63 541–556. 10.1146 / annurev.micro.62.081307.162918 [PubMed]
 87. Sauer M., Porro D., Mattanovich D., Branduardi P. (2008). Microbial production of organic acids: expanding the markets. *Trends Biotechnol.* 26 100–108. 10.1016/j.tibtech.2007.11.006 [PubMed] [Cross Ref]
 88. Moon HG, Jang Y.-S., Cho C., Lee J., Binkley R., Lee SY (2016). Cien años de fermentación del butanol clostridial. *FEMS Microbiol. Letón.* 363 fnw001 10.1093 / femsle / fnw001 [PubMed]
 89. Holm-Nielsen JB, Al Seadi T., Oleskowicz-Popiel P. (2009). El futuro de la digestión anaerobia y la utilización del biogás. *Biorour. Technol.* 100 5478–5484. 10.1016 / j.biortech.2008.12.046 [PubMed]
 90. Ennouri H., Miladi B., Díaz SZ, Guelfo LAF, Solera R., Hamdi M., et al. (2016). Efecto del tratamiento térmico previo sobre la producción de biogás y el equilibrio de las comunidades microbianas durante la digestión anaeróbica de lodos activados de residuos urbanos e industriales. *Biorour. Technol.* 214 184–191. 10.1016 / j.biortech.2016.04.076 [PubMed]
 91. Mulat DG, Jacobi HF, Feilberg A., Adamsen APS, Richnow H.-H., Nikolauz M. (2016). Cambio de los regímenes de alimentación para demostrar la producción flexible de biogás: efectos sobre el rendimiento del proceso, la estructura de la comunidad microbiana y las vías de metanogénesis. *Apl. Reinar. Microbiol.* 82 438–449. 10.1128 / AEM.02320-15 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
 92. Suksong W., Kongjan P., Prasertsan P., Imai T., O-Thong S. (2016). Optimización y análisis de la comunidad microbiana para la producción de biogás a partir de residuos de residuos sólidos de la industria de la planta de aceite de palma mediante digestión anaeróbica en estado sólido. *Biorour. Technol.* 214 166–174. 10.1016 / j.biortech.2016.04.077 [PubMed]

93. Schlüter A., Bekel T., Diaz N. N., Dondrup M., Eichenlaub R., Gartemann K.-H., et al. (2008). The metagenome of a biogas-producing microbial community of a production-scale biogas plant fermenter analysed by the 454-pyrosequencing technology. *J. Biotechnol.* 136 77–90. 10.1016/j.jbiotec.2008.05.008 [PubMed] [Cross Ref]
94. Boada L., Sánchez, J., Wen, Y. Indagación exploratoria in vitro de la capacidad degradadora de la cepa comercial *Pleurotus ostreatus* sobre dos concentraciones de petróleo crudo. *NOVA.* 2018; 16 (30): 31-35.
95. Liao JC, Mi L., Pontrelli S., Luo S. (2016). Impulsando el futuro: ingeniería microbiana para la producción de biocombustibles sostenibles. *Nat. Rev. Microbiol.* 14 288–304. 10.1038 / nrmicro.2016.32 [PubMed]
96. Meijnen J.-P., Randazzo P., Foulquié-Moreno MR, Brink JVD, Vandecruys P., Stojiljkovic M., et al. (2016). Análisis poligénico y mejora dirigida del rasgo complejo de alta tolerancia al ácido acético en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnol. Biocombustibles* 9 5 10.1186 / s13068-015-0421-x [Artículo libre de PMC] [PubMed]
97. Campuzano, S., Urquijo, L., Valderrama, J. Evaluación de la actividad celulolítica y quitinolítica de hongos filamentosos aislados de rizósfera de cultivos de papa para control de *rhizoctonia solani*. *NOVA.* 2017; 15 (28): 45 - 55
98. Kuyper M., Hartog MMP, Toirkens MJ, Almering MJH, Winkler AA, van Dijken JP, et al. (2005). Ingeniería metabólica de una cepa que expresa xilosa-isomerasa para una rápida fermentación anaeróbica de xilosa. *FEMS Levadura Res.* 5 399–409. 10.1016 / j.femsyr.2004.09.010 [PubMed]
99. Losordo Z., McBride J., Van Rooyen J., Wenger K., Willies D., Froehlich A., y otros. (2016). Costo competitivo de la producción de etanol de segunda generación a partir de hemicelulosa en una biorrefinería de caña de azúcar brasileña. *Biocombustible Bioprod. Bior.* 10 589–602. 10.1002 / bbb.1663
100. McIntosh S., Zhang Z., Palmer J., Wong H.-H., Doherty W. O. S., Vancov T. (2016). Pilot-scale cellulosic ethanol production using eucalyptus biomass pre-treated by dilute acid and steam explosion. *Biofuel Bioprod. Bior.* 10 346–358. 10.1002/bbb.1651 [Cross Ref]
101. Appels L., Baevens J., Degève J., Dewil R. (2008). Principios y potencial de la digestión anaerobia de lodos activados por residuos. *Prog. Combustible de energía. Sci.* 34 755–781. 10.1016 / j.peccs.2008.06.002
102. Wirth R., Kovacs E., Maroti G., Bagi Z., Rakhely G., Kovacs KL (2012). Caracterización de una comunidad microbiana productora de biogás mediante secuenciación de ADN de próxima generación de lectura corta. *Biotechnol. Biofuels* 5 : 41 10.1186 / 1754-6834-5-41 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
103. Chojnacka A., Szczesny y otros. Datos notables sobre una comunidad microbiana productora de metano que procesa efluentes ácidos de la fermentación de melaza de remolacha azucarera. *PLoS ONE* 10 : e0128008 10.1371 / journal.pone.0128008 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
104. Chouari R., Le PD, Daegelen P., Ginestet P., Weissenbach J., Sghir A. (2005). Novedosos grupos predominantes de arqueas y bacterias revelados por el análisis molecular de un digestor de lodos anaeróbico. *Reinar. Microbiol.* 7 1104–1115. 10.1111 / j.1462-2920.2005.00795.x [PubMed]
105. Satpathy P., Steinigeweg S., Cypionka H., Engelen B. (2016). Different substrates and starter inocula govern microbial community structures in biogas reactors. *Environ. Technol.* 37 1441–1450. 10.1080/09593330.2015.1118559 [PubMed] [Cross Ref]
106. Goswami R., Chattopadhyay P., Shome A., Banerjee SN, Chakraborty AK, Mathew AK, y otros. (2016). Una visión general de los mecanismos físico-químicos de la producción de biogás por las comunidades microbianas: un paso hacia la gestión sostenible de los desechos. *3 Biotech* 6 72 10.1007 / s13205-016-0395-9 [Artículo libre de PMC] [PubMed]

107. Adham NZ (2002). Intentos de mejorar la fermentación del ácido cítrico por *Aspergillus niger* en medio de remolacha y melaza. *Biorour. Tecnol.* 84 97–100. 10.1016 / S0960-8524 (02) 00007-X [PubMed]
108. Ikram-ul H., Ali S., Qadeer MA, Iqbal J. (2004). Producción de ácido cítrico por mutantes seleccionados de *Aspergillus niger* a partir de melaza de caña. *Biorour. Tecnol.* 93 125–130. 10.1016 / j.bior-tech.2003.10.018 [PubMed]
109. Wang L., Cao Z., Hou L., Yin L., Wang D., Gao Q. y otros. (2016). Los roles opuestos de *agdA* y *glaA* en la producción de ácido cítrico en *Aspergillus niger*. *Apl. Microbiol. Biotecnol.* 100 5791-5803. 10.1007 / s00253-016-7324-z [PubMed]
110. Gao C., Ma C., Xu P. (2011). Rutas biotecnológicas basadas en la producción de ácido láctico a partir de biomasa. *Biotecnol. Adv.* 29 930–939. 10.1016 / j.biotechadv.2011.07.022 [PubMed]
111. Hofvendahl K., Hahn-Hägerdal B. (2000). Factores que afectan la producción fermentativa de ácido láctico a partir de recursos renovables. *Enzyme Microb. Tecnol.* 26 87–107. 10.1016 / S0141-0229 (99) 00155-6 [PubMed]
112. Papagianni M. (2004). Fungal morphology and metabolite production in submerged mycelia processes. *Biotechnol. Adv.* 22 189–259. 10.1016/j.biotechadv.2003.09.005 [PubMed] [Cross Ref]
113. Fu YQ, Yin LF, Zhu HY, Jiang R., Li S., Xu Q. (2014). Efectos de las características de los pellets en la fermentación del ácido L-láctico por *R. oryzae*: morfología de los pellets, diámetro, densidad y estructura interior. *Apl. Biochem. Biotecnol.* 174 2019-2030. 10.1007 / s12010-014-1146-1 [PubMed]
114. Saitoh S., Ishida N., Onishi T., Tokuhiko K., Nagamori E., Kitamoto K., et al. (2005). Genetically engineered wine yeast produces a high concentration of L-lactic acid of extremely high optical purity. *Appl. Environ. Microbiol.* 71 2789–2792. 10.1128/AEM.71.5.2789-2792 [PMC free article] [PubMed] [Cross Ref]
115. Valli M., Sauer M., Branduardi P., Borth N., Porro D., Mattanovich D. (2006). Mejora de la producción de ácido láctico en *Saccharomyces cerevisiae* por clasificación celular para alto pH intracelular. *Apl. Reinar. Microbiol.* 72 85492–85499. 10.1128 / AEM.00683-06 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
116. Biebl H., Menzel K., Zeng A.-P., Deckwer W.-D. (1999). Producción microbiana de 1,3-propanodiol. *Apl. Microbiol. Biotecnol.* 52 289–297. 10.1007 / s002530051523 [PubMed]
117. Przysłałowska H., Zeyland J., Szymanowska-Powalowska D., Szalata M., Słomski R., Lipińska D. (2015). Producción de 1,3-propanodiol por *Escherichia coli* recombinante que contiene genes de bacterias patógenas. *Microbiol. Res.* 171 1–7. 10.1016 / j.micres.2014.12.007 [PubMed]
118. Hasan F., Shah AA, Hameed A. (2006). Aplicaciones industriales de lipasas microbianas. *Enzima Microb. Tecnol.* 39 235–251. 10.1016 / j.enzm-tec.2005.10.016
119. Beffa T., Blanc M., Marilley L., Fischer JL, Lyon P.-F., Aragno M. (1996). “Diversidad microbiana taxonómica y metabólica durante el compostaje”, en *The Science of Composting* eds. Bertoldi M., Sequi P., Lemmes B., Papi T., editores. (Dordrecht: Springer;) 149-161. 10.1007 / 978-94-009-1569-5-16
120. Tiquia SM, Wan HC, Tam NFY (2002). Dinámica de la población microbiana y actividades enzimáticas durante el compostaje. *Compost sci. Util.* 10 150-161. 10.1080 / 1065657X.2002.10702075
121. Hassen A., Belguith K., Jedidi N., Cherif A., Cherif M., Boudabous A. (2001). Caracterización microbiana durante el compostaje de residuos sólidos municipales. *Biorour. Tecnol.* 80 217-225. 10.1016 / S0960-8524 (01) 00065-7 [PubMed]
122. Jamie A., Alshami AS, Maliabari ZO, Ateih MA, Al Hamouz OCS (2016). Inmovilización y actividad catalítica mejorada de la lipasa en MWCNT modificado para el tratamiento de aguas residuales oleosas. *Reinar. Prog. Sostener. Energía* 35 1441–1449. 10.1002 / ep.12375

123. Durán N., Esposito E. (2000). Aplicaciones potenciales de enzimas oxidativas y compuestos de tipo fenoloxidasa en aguas residuales y tratamiento de suelos: una revisión. *Apl. Catal. B Environ.* 28 83–99. 10.1016 / S0926-3373 (00) 00168-5
124. Tatsumi K., Wada S., Ichikawa H. (1996). Eliminación de clorofenoles de las aguas residuales mediante peroxidasa de rábano picante inmovilizada. *Biotechnol. Bioeng.* 51 126–130. 10.1002 / (SICI) 1097-0290 (19960705) 51: 1 <126 :: AID-BIT15> 3.0.CO; 2-O [PubMed]
125. Tong Z., Qingxiang Z., Hui H., Qin L., Yi Z., Min Q. (1998). Estudio cinético sobre la eliminación de fenol tóxico y clorofenol de las aguas residuales mediante peróxidos de rábano. *Quemofera* 37 1571-1577. 10.1016 / S0045-6535 (98) 00140-4
126. Akay G., Erhan E., Keskinler B., Algur OF (2002). Eliminación de fenol de las aguas residuales utilizando enzimas inmovilizadas por membrana Parte II. Filtración de flujo cruzado. *J. Membr. Sci.* 206 61–68. 10.1016 / S0376-7388 (01) 00626-3
127. Kampmann M., Boll S., Kossuch J., Bielecki J., Uhl S., Kleiner B., y otros. (2014). Inmovilización eficiente de la tirosinasa de hongos utilizando células enteras de *Agaricus bisporus* y su aplicación para la degradación del bisfenol A. *Water Res.* 57 295–303. 10.1016 / j.watres.2014.03.054 [PubMed]
128. Rama R., Mougin C., Boyer FD, Kollmann A., Malosse C., Sigoillot JC (1998). Biotransformación de benzo [a] pireno en un reactor a escala de banco utilizando lacasa de *Pycnoporus cinnabarinus*. *Biotechnol. Letón.* 20 1101–1104. 10.1023 / A: 1005387016390
129. Hofrichter M., Vares K., Scheibner K., Galkin S., Sipila J., Hatakka A. (1999). Mineralización y solubilización de lignina sintética por las peroxidases de manganeso de *Nematoloma frowardii* y *Phlebia radiata*. *J. Biotechnol.* 67 217–228. 10.1016 / S0168-1656 (98) 00180-1
130. Kunz A., Reginatto V., Durán N. (2001). Tratamiento combinado de efluentes textiles utilizando la secuencia *Phanerochaete chrysosporium*-ozono. *Quemofera* 44 281–287. 10.1016 / S0045-6535 (00) 00165-X [PubMed]
131. Pendyala B., Chaganti S. R., Lalman J. A., Heath D. D. (2016). Optimizing the performance of microbial fuel cells fed a combination of different synthetic organic fractions in municipal solid waste. *Wast Manag.* 49 73–82. 10.1016/j.wasman.2015.12.032 [PubMed] [Cross Ref]
132. Simpson DR (2008). Procesos de biopelículas en la purificación de agua con carbón biológicamente activo. *Agua res.* 42 2839–2848. 10.1016 / j.watres.2008.02.025 [PubMed]
133. Brown J., Lauderdale C. (2006). Destrucción eficiente y simultánea de múltiples contaminantes del agua potable mediante filtración biológica. *Agua de Florida. J.* 3 28-30.
134. Philip S., Keshavarz T., Roy I. (2007). Polyhydroxyalkanoates: biodegradable polymers with a range of applications. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 82 233–247. 10.1002/jctb.1667 [Cross Ref]
135. Figueiredo TVB, Campos MI, Sousa LS, Silva JR, Druzian JI (2014). Producción y distribución de polihidroxicanoatos obtenidos por fermentación de glicerina residual de biodiesel. *Quím. Nova* 37 1111–1117. 10.5935 / 0100-4042.20140183
136. Mohanty AK, Misra M., Hinrichsen G. (2000). Biofibras, polímeros biodegradables y biocompuestos: una visión general. *Macromol. Mater. Ing.* 276-277 1–24. 10.1002 / (SICI) 1439-2054 (20000301) 276: 1
137. Boyer LR, Feng W., Gulbis N., Hadju K., Harrison RJ, Jeffries P., y otros. (2016). El uso de hongos micorrízicos arbusculares para mejorar la producción de fresas en el sustrato de fibra de coco. *Frente. Planta sci.* 7 : 1237 10.3389 / fpls.2016.01237 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
138. Gabriele M., Gerardi C., Longo V., Lucejko J., Degano I., Pucci L., et al. (2016). El impacto de los hongos micorrízicos en la producción de vino tinto.

- to Sangiovese : compuestos fenólicos y propiedades antioxidantes. *LWT Food Sci. Technol.* 72 310–316. 10.1016 / j.lwt.2016.04.044
139. Köhl L., Lukaszewicz CE, van der Heijden MGA (2016). Establecimiento y efectividad de hongos micorrízicos arbusculares inoculados en suelos agrícolas. Medio ambiente de células vegetales. 39 136–146. 10.1111 / pce.12600 [PubMed]
140. Smith SE, Read D. (2008). Simbiosis micorrízica 3ra ed. San Diego, CA: Academic Press.
141. Lanfranco L., Bonfante P., Género A. (2016). La interacción mutualista entre plantas y hongos micorrízicos arbusculares. *Microbiol. Espectr.* 4 : FUNK-0012-2016 10.1128 / microbiolspec.FUNK-0012-2016 [PubMed]
142. Rillig MC, MA Sosa-Hernández, Roy J., Aguilar-Trigueros CA, Vályi K., Lehmann A. (2016). Hacia una tecnología integrada de las micorrizas: aprovechando las micorrizas para una intensificación sostenible en la agricultura. *Frente. Planta sci.* 7 : 1625 10.3389 / fpls.2016.01625 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
143. Walker T., Johnson PH, Moreira LA, Iturbe-Ormaetxe I., Frentiu FD, McMeniman CJ, et al. (2011). La variedad wMel *Wolbachia* bloquea el dengue e invade las poblaciones enjauladas de *Aedes aegypti* . *Naturaleza* 476 450–453. 10.1038 / nature10355 [PubMed]
144. Cook PE, McMeniman CJ, O'Neill SL (2008). Modificación de la estructura de edad de la población de insectos para controlar enfermedades transmitidas por vectores. *Adv. Exp. Medicina. Biol.* 627 126–140. 10.1007 / 978-0-387-78225-6-11 [PubMed]
145. Turley AP, Moreira LA, O'Neill S., McGraw EA (2009). La infección por *Wolbachia* reduce el éxito de la alimentación de sangre en el mosquito de la fiebre del dengue, *Aedes aegypti* . *PLoS Negl. Trop. Dis.* 3 : e516 10.1371 / journal.pntd.0000516 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
146. Bian G., Xu Y., Lu P., Xie Y., Xi Z. (2010). La bacteria endosimbiótica *Wolbachia* induce resistencia al virus del dengue en *Aedes aegypti* . *PLoS Pathog.* 6 : e1000833 10.1371 / journal.ppat.1000833 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
147. McMeniman CJ, Lane RV, Cass BN, Fong AWC, Sidhu M., Wang Y.-F., y otros. (2009). Introducción estable de una infección por *Wolbachia* que acorta la vida en el mosquito *Aedes aegypti* . *Science* 323 141–144. 10.1126 / science.1165326 [PubMed]
148. Gill SS, Cowles EA, Pietrantonio PV (1992). El modo de acción de las endotoxinas de *Bacillus thuringiensis* . *Annu. Rev. Entomol.* 37 615–636. 10.1146 / annurev.en.37.010192.003151 [PubMed]
149. Mohiddin A., Lasim AM, Zuharah WF (2016). Susceptibilidad de *Aedes albopictus* desde áreas de brotes de dengue a temephos y *Bacillus thuringiensis* subsp. israelensis. *Asia Pac. J. Trop. Biomed.* 6 295–300. 10.1016 / j.apjtb.2016.01.006
150. Setha T., Chantha N., Benjamin S., Socheat D. (2016). Bacterial larvicide, *Bacillus thuringiensis* israelensis strain AM 65-52 water dispersible granule formulation impacts both dengue vector, *Aedes aegypti* (L.) population density and disease transmission in Cambodia. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 10:e0004973 10.1371/journal.pntd.0004973 [PMC free article] [PubMed] [Cross Ref]
151. Castañeda, E., Sánchez, L. Evaluación del crecimiento de cuatro especies del género *Bacillus* sp., primer paso para entender su efecto biocontrolador sobre *Fusarium* sp. *NOVA.* 2016; 14 (26): 53-65
152. Paris M., Tetreau G., Laurent F., Lelu M., Despres L., David J.-P. (2011). Persistence of *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) in the environment induces resistance to multiple Bti toxins in mosquitoes. *Pest Manag. Sci.* 67 122–128. 10.1002/ps.2046 [PubMed] [Cross Ref]
153. Paris M., Melodelima C., Coissac E., Tetreau G., Reynaud S., David J.-P., et al. (2012). Transcription profiling of resistance to Bti toxins in the mosquito *Aedes aegypti* using next-generation sequen-

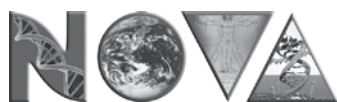
- cing. *J. Invertebr. Pathol.* 109 201–208. 10.1016/j.jip.2011.11.004 [PubMed] [Cross Ref]
154. Wu S., Wu W., Zhu X., Liu Z., Rebeca C.-L., Fu T., y col. (2016). Respuesta fisiológica y bioquímica de la tolerancia de *Aedes aegypti* a *Bacillus thuringiensis*. *Biocontrol Sci. Technol.* 26 227–238. 10.1080 / 09583157.2015.1089216
155. Durbin AP (2016). Una vacuna contra el dengue. *Cell* 166 1 10.1016 / j.cell.2016.06.036 [PubMed]
156. Pitisuttithum P., Bouckennooghe A. (2016). La primera vacuna autorizada contra el dengue: una herramienta importante para las estrategias preventivas integradas contra la infección por el virus del dengue. *Experto Rev. Vacunas.* 15 795–798. 10.1080 / 14760584.2016.1189331 [PubMed]
157. Nabel GJ (2013). Diseñando las vacunas del mañana. *N. Engl. J. Med.* 368 551–560. 10.1056 / NEJMra1204186 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
158. Bobbala S., Hook S. (2016). ¿Existe una formulación óptima y una estrategia de administración para vacunas de subunidades? *Farmacéutico Res.* 33 2078–2097. 10.1007 / s11095-016-1979-0 [PubMed]
159. Cutts FT, Franceschi S., Goldie S., Castellsague X., de Sanjose S., Garnett G., et al. (2007). Virus del papiloma humano y vacunas contra el VPH: una revisión. *Toro. Organismo Mundial de la Salud.* 85 719–726. 10.1590 / S0042-96862007000900018 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
160. Reed SG, Bertholet S., Coler RN, Friede M. (2009). Nuevos horizontes en adyuvantes para el desarrollo de vacunas. *Tendencias Immunol.* 30 23–32. 10.1016 / j.it.2008.09.006 [PubMed]
161. Gillison ML, Chaturvedi AK, Lowy DR (2008). Vacunas profilácticas contra el VPH y la posible prevención de cánceres no cúbicos en hombres y mujeres. *Cáncer* 113 3036–3046. 10.1002 / cnr.23764 [PubMed]
162. Roden R., Wu T.-C. (2006). ¿Cómo afectarán las vacunas contra el VPH al cáncer cervical? *Nat. Rev. Cancer* 6 753–763. 10.1038 / nrc1973 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
163. Astronomo RD, Burton DR (2010). Vacunas de hidratos de carbono: ¿desarrollar soluciones dulces para situaciones pegajosas? *Nat. Rev. Droga. Discov.* 9 308–324. 10.1038 / nrd3012 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
164. Pifferi C., Berthet N., Renaudet O. (2017). Cyclopeptide scaffolds in carbohydrate-based synthetic vaccines. *Biomater. Sci.* 5 953–965. 10.1039/C7B-M00072C [PubMed] [Cross Ref]
165. Keitel WA, Bond NL, Zahradnik JM, Cramton TA, Robbins JB (1994). Respuestas clínicas y serológicas después de la inmunización primaria y de refuerzo con las vacunas de polisacáridos capsulares de *Salmonella typhi* Vi. *Vacuna* 12 195–199. 10.1016 / 0264-410X (94) 90194-5 [PubMed]
166. King WJ, MacDonald NE, Wells G., Huang J., Allen U., Chan F., y otros. (1996). Respuesta de anticuerpos total y funcional a una vacuna de polisacáridos meningocócicos cuadrivalentes en niños. *J. Pediatr.* 128 196–202. 10.1016 / S0022-3476 (96) 70389-X [PubMed]
167. Nishat S., Andreana PR (2016). Vacunas totalmente basadas en carbohidratos: un campo emergente para respuestas inmunes específicas y selectivas. *Pharmaceutics* 8 7 10.3390 / pharmaceutics8010007 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
168. Knuf M., Kowalzik F., Kieninger D. (2011). Efectos comparativos de las proteínas portadoras sobre la respuesta inmunológica inducida por la vacuna. *Vacuna* 29 4881–4890. 10.1016 / j.vaccine.2011.04.053 [PubMed]
169. Frenck RW, Yeh S. (2012). El desarrollo de la vacuna antineumocócica conjugada 13-valente y su posible uso en adultos. Opinión de los expertos. *Biol. El r.* 12 63–77. 10.1517 / 14712598.2012.636348 [PubMed]
170. Pichichero M. E. (2013). Protein carriers of conjugate vaccines: characteristics, development, and

- clinical trials. *Hum. Vaccin. Immunother.* 9 2505–2523. 10.4161/hv.26109 [PMC free article] [PubMed] [Cross Ref]
171. Robinson HL (1997). Vacunas de ácido nucleico: una visión general. *Vacuna* 15 785-787. 10.1016/S0264-410X(96)00249-6 [PubMed]
172. Brouillette M., Doré M., Hébert C., Spooner M.-E., Marchand S., Côté J., et al. (2016). Un nuevo inyector intradérmico biolístico. *Ondas de choque* 26 25–37. 10.1007/s00193-013-0464-5
173. Fynan EF, Webster RG, Fuller DH, Haynes JR, Santoro JC, Robinson HL (1993). Vacunas de ADN: inmunizaciones protectoras por inoculación parenteral, mucosa y de pistola génica. *Proc. Natl Acad Sci. USA* 90 11478–11482. 10.1073/pnas.90.24.11478 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
174. Rao SS, Gómez P, Mascola JR, Dang V, Krivulka GR, Yu F, y otros. (2006). Evaluación comparativa de tres métodos de administración intramuscular diferentes para la inmunización con ADN en un modelo animal de primate no humano. *Vacuna* 24 367–373. 10.1016/j.vaccine.2005.07.072 [PubMed]
175. Becker PD, Noerder M., Guzmán CA (2008). Inmunización genética: bacterias como vehículos de entrega de vacunas de ADN. *Tararear. Vacunar* 4 189–202. 10.4161/hv.4.3.6314 [PubMed]
176. He Z., Wlazole AP, Kowalczyk DW, Cheng J., Xiang ZQ, Giles-Daves W., et al. (2000). Vacunas virales recombinantes contra los antígenos E6 y E7 de HPV-16. *Virología* 270 146-161. 10.1006/viro.2000.0271 [PubMed]
177. Carter PJ (2006). Potentes terapias de anticuerpos por diseño. *Nat. Rev. Immunol.* 6 343–357. 10.1038/nri1837 [PubMed]
178. Corrales, L., Caycedo, L., Gómez, M., Ramos, S., Rodríguez, J. *Bacillus spp*: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *NOVA.* 2017; 15 (27): 45 - 65
179. Marasco W. A., Sui J. (2007). The growth and potential of human antiviral monoclonal antibody therapeutics. *Nat. Biotechnol.* 25 1421–1434. 10.1038/nbt1363 [PubMed] [Cross Ref]
180. El grupo de estudio IMPact-RSV (1998). Palivizumab, un anticuerpo monoclonal del virus sincitial respiratorio humanizado, reduce la hospitalización por infección del virus sincitial respiratorio en bebés de alto riesgo. *Pediatría* 102 3 10.1542/peds.102.3.531 [PubMed]
181. Kummerfeldt CE (2014). Raxibacumab para el tratamiento del ántrax por inhalación. *Infectar. Resistencia a las drogas.* 7 101-109. 10.2147/IDR.S47305 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
182. Baldo BA (2016). “Otros anticuerpos monoclonales terapéuticos aprobados”, en *Safety of Biologics Therapy* (Ciudad de Nueva York, NY: Springer International Publishing;) 141–215. 10.1007/978-3-319-30472-4_4
183. Bajaj M., Schmidt S., Winter J. (2012). Formación de nanopartículas de Se (0) por *Duganella sp.* y *Agrobacterium sp.* aislado del suelo cargado de Se del Noroeste de Punjab, India. *Microbios Hecho de la célula.* 11 : 64 10.1186/1475-2859-11-64 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
184. Avendaño R., Chaves N., Fuentes P., Sánchez E., Jiménez JI, Chavarría M. (2016). Producción de nanopartículas de selenio en *Pseudomonas putida* KT2440. *Sci. Rep.* 6 37155 10.1038/srep37155 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
185. Borghesi A., Stronati M. (2015). Superbugs y antibióticos en el recién nacido. *J. Pediatr. Neonat Individuo Medicina.* 4 : e040253 10.7363/040253
186. Vázquez E., Villaverde A. (2013). Biofabricación microbiana para nanomedicina: biomateriales, nanopartículas y más. *Nanomedicina* 8 1895-1898. 10.2217/nnm.13.164 [PubMed]
187. Rodríguez-Carmona E., Villaverde A. (2010). Nanostructured bacterial materials for innovative medicines. *Trends Microbiol.* 18 423–430. 10.1016/j.tim.2010.06.007 [PubMed] [Cross Ref]

188. Nizet V. (2015). Deteniendo las superbacterias, manteniendo la microbiota. *Sci. Transl. Medicina*. 7 295ed8 10.1126 / scitranslmed.aab2373 [PubMed]
189. Brito MA, Cordeiro BC (2012). La necesidad de nuevos antibióticos. *J. Bras. Patol. Medicina. Laboratorio*. 48 247–249. 10.1590 / S1676-24442012000400002
190. Chumnanpuen P, Kocharin K., Vongsangnak W. (2016). “Sistemas de expresión de levadura para biotecnología industrial”, en *Sistemas de expresión génica en hongos: avances y aplicaciones*, parte de la serie *Fungal Biology* eds Schmoll M., Dattenböck C., editores. (Ciudad de Nueva York, NY: Springer International Publishing;) 227–237. 10.1007 / 978-3-319-27951-0-9
191. Sanchez-Garcia L., Martín L., Mangues R., Ferrer-Miralles N., Vázquez E., Villaverde A. (2016). Recombinant pharmaceuticals from microbial cells: a 2015 update. *Microb. Cell Fact*. 15 33 10.1186/s12934-016-0437-3 [PMC free article] [PubMed] [Cross Ref]
192. Ferrer-Miralles N., Domingo-Espín J., Corchero JL, Vázquez E., Villaverde A. (2009). Fábricas de microbios para productos farmacéuticos recombinantes. *Microbios Hecho de la célula*. 8 : 17 10.1186 / 1475-2859-8-17 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
193. Borghese R., Brucale M., Fortunato G., Lanzi M., Mezzi A., Valle F., et al. (2016). Producción extracelular de nanopartículas de teluro por la bacteria fotosintética *Rhodobacter capsulatus*. *J. Hazard. Mater*. 309 202–209. 10.1016 / j.jhazmat.2016.02.011 [PubMed]
194. Overton T. W. (2014). Recombinant protein production in bacterial hosts. *Drug Discov. Today* 19 590–601. 10.1016/j.drudis.2013.11.008 [PubMed] [Cross Ref]
195. Zhang X., Tervo CJ, Reed JL (2016). Evaluación metabólica de *E. coli* como biofábrica para productos comerciales. *Metab. Ing*. 35 64–74. 10.1016 / j.ymben.2016.01.007 [PubMed]
196. Olmos-Soto J., Contreras-Flores R. (2003). Genetic system constructed to overproduce and secrete proinsulin in *Bacillus subtilis*. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 62 369–373. 10.1007/s00253-003-1289-4 [PubMed] [Cross Ref]
197. Sandgathe A., Tippe D., Dilsen S., Meens J., Halfar M., Weuster-Bortz D., et al. (2003). Production of a human calcitonin precursor with *Staphylococcus carnosus*: secretory expression and single-step recovery by expanded bed adsorption. *Process Biochem*. 38 1351–1363. 10.1016/S0032-9592(02)00332-1 [Cross Ref]
198. Liu K., Ding X., Deng B., Chen W. (2009). Aislamiento y caracterización de hongos endófitos productores de taxol de *Taxus chinensis*. *J. Ind. Microbiol. Biotecnol*. 36 1171–1177. 10.1007 / s10295-009-0598-8 [PubMed]
199. Cano-Garrido O., Céspedes MV, Unzueta U., Saccardo P., Roldán M., Sánchez-Chardi A., et al. (2016). Nanopartículas de proteínas dirigidas a CXCR4 + producidas en la bacteria de grado alimenticio *Lactococcus lactis*. *Nanomedicina* 11 2387-2398. 10.2217 / nnm-2016-0200 [PubMed]
200. Paterson R. R. M. (2006). Ganoderma—A therapeutic fungal biofactory. *Phytochemistry* 67 1985–2001. 10.1016/j.phytochem.2006.07.004 [PubMed] [Cross Ref]
201. Paterson R. R. M. (2008). Cordyceps—A traditional Chinese medicine and another fungal therapeutic biofactory? *Phytochemistry* 69 1469–1495. 10.1016/j.phytochem.2008.01.027 [PubMed] [Cross Ref]
202. Wadt NSY, Okamoto MKH, Bach EM, Bach EE (2015). Evaluación química, toxicológica, antiinflamatoria y antimicrobiana de extractos de *Ganoderma lucidum*. *Emir. J. Food Agric*. 27 577–584. 10.9755 / ejfa.2015.05.309
203. Gangadevi V., Muthumary J. (2008). Aislamiento de *Colletotrichum gloeosporioides*, un nuevo hongo endófito productor de taxol de las hojas de una planta medicinal, *Justicia gendarussa*. *Mycol. Balc*.

- 5 1–4.
204. Luengo JM, García B., Sandoval A., Naharro G., Oliveira ER (2003). Bioplásticos procedentes de microorganismos. *Curr. Opin. Microbiol.* 6 251–260. 10.1016 / S1369-5274 (03) 00040-7 [PubMed]
205. Ivanov V., Stabnikov V. (2016). “Plásticos biotecnológicos de construcción”, en *Biotecnología de la construcción, parte de la serie Green Energy and Technology* (Singapur: Springer;) 51–75. 10.1007 / 978-981-10-1445-1_4
206. Khor E., Lim LY (2003). Aplicaciones implantables de quitina y quitosano. *Biomateriales* 24 2339-2349. 10.1016 / S0142-9612 (03) 00026-7 [PubMed]
207. Accinelli C., Abbas HK, Little NS, Kotowicz JK, Mencarelli M., Shier WT (2016). Una formulación líquida bioplástica para recubrimiento de película de semillas agronómicas. *Crop Prot.* 89 123–128. 10.1016 / j.foodhyd.2016.10.001
208. Pires ALR, Moraes AM (2015). Mejora de las propiedades mecánicas de los apósitos para heridas de alginato de quitosano que contienen plata mediante la adición de un caucho de silicona biocompatible. *J. Appl. Polym Sci.* 132 : 41686 10.1002 / APP.41686
209. Bejenariu A., Popa M., Cerf DL, Picton L. (2008). Rigidez de los hidrogeles de xantano: síntesis, características de hinchamiento y propiedades de liberación controlada. *Polym Toro.* 61 631–641. 10.1007 / s00289-008-0987-6
210. Barua R., Alam MJ, Salim M., Ashrafee TS (2016). Producción y caracterización a pequeña escala de goma xantana sintetizada por aislamientos locales de *Xanthomonas campestris*. *Indian J. Exp. Biol.* 54 151-155. [PubMed]
211. Velu S., Velayutham V., Manickkam S. (2016). Optimización de los medios de fermentación para la producción de goma xantana de *Xanthomonas campestris* utilizando la metodología de superficie de respuesta y técnicas de redes neuronales artificiales. *Indian J. Chem. Technol.* 23 353–361.
212. Ruholahi F., Mohammadi M., Karimi K., Zamani A. (2016). Nickel biosorption by fungal chitosan from *Mucor Indicus*. *J. Chitin. Chitosan.* 4 69–73. 10.1166/jcc.2016.1102 [Cross Ref]
213. Abdel-Gawad KM, Hifney AF, MA Fawzy, Gomaa M. (2017). Optimización tecnológica de la producción de quitosán a partir de biomasa de *Aspergillus niger* y sus actividades funcionales. *Comida Hydrocoll.* 63 593–601. 10.1016 / j.foodhyd.2016.10.001
214. Tayel AA, Gharieb MM, Zaki HR, Elguindy NM (2016b). Bio-clarificación de agua de metales pesados y efluencia microbiana utilizando quitosano fúngico. *En t. J. Biol. Macromol.* 83 277–281. 10.1016 / j.ijbiomac.2015.11.072 [PubMed]
215. Hay ID, Rehman ZU, Moradali MF, Wang Y., Rehm BHA (2013). Producción de alginato microbiano, modificación y sus aplicaciones. *Microbios Biotecnol.* 6 637–650. 10.1111 / 1751-7915.12076 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
216. Maleki S., Almaas E., Zotchev S., Valla S., Ertesvåg H. (2016). Alginate biosynthesis factories in *Pseudomonas fluorescens*: localization and correlation with alginate production level. *Appl. Environ. Microbiol.* 82 41227–41236. 10.1128/AEM.03114-15 [PMC free article] [PubMed] [Cross Ref]
217. Lee KY, Mooney DJ (2012). Alginato: propiedades y aplicaciones biomédicas. *Prog. Polym Sci.* 37 106-126. 10.1016 / j.progpolymsci.2011.06.003 [Artículo libre de PMC] [PubMed]
218. Su L., Jia W., Hou C., Lei Y. (2011). Biosensores microbianos: una revisión. *Biosens. Bioelectron.* 26 1788–1799. 10.1016 / j.bios.2010.09.005 [PubMed]
219. D’Souza SF (2001). Biosensores microbianos. *Biosens. Bioelectron.* 16 337–353. 10.1016 / S0956-5663 (01) 00125-7 [PubMed] 49
220. Paitan Y., Biran D., Biran I., Shechter N., Babi R., Rishpon J., et al. (2003). On-line and in situ biosensors for monitoring environmental pollution. *Biotechnol. Adv.* 22 27–33. 10.1016/j.biote-

- chadv.2003.08.014 [PubMed] [Cross Ref]
221. Lei Y., Chen W., Mulchandani A. (2006). Biosensores microbianos. *Anal. Chim Acta* 568 200–210. 10.1016 / j.aca.2005.11.065 [PubMed]
 222. Bechor O., Smulski DR, Van Dyk TK, LaRossa RA, Belkin S. (2002). Microorganismos recombinantes como biosensores ambientales: detección de contaminantes por *Escherichia coli* con fusiones *fabA* ‘ :: lux. *J. Biotechnol.* 94 125-132. 10.1016 / S0168-1656 (01) 00423-0 [PubMed]
 223. Mulchandani A., Mulchandani P., Kaneva I., Chen W. (1998). Biosensor para la determinación directa de agentes nerviosos organofosforados utilizando *Escherichia coli* recombinante con organofosforosa hidrolasa expresada en la superficie. 1. Electrodo potenciométrico microbiano. *Anal. Chem.* 70 4140–4145. 10.1021 / ac9805201 [PubMed]
 224. Kim HJ, Lim JW, Jeong H., Lee S.-J., Lee D.-W., Kim T., et al. (2016). Desarrollo de un biosensor microbiano de plomo y cadmio altamente específico y sensible utilizando un circuito genético sintético *CadC-T7*. *Biosens. Bioelectron.* 79 701–708. 10.1016 / j.bios.2015.12.101 [PubMed]
 225. Kim KR, Song YH, Seo JH, Kang DG (2016). Efecto de las condiciones de cultivo sobre la actividad celular completa de *Escherichia coli* recombinante que expresa la hidrolasa organofosforosa periplásmica y la chaperona GroEL / ES citosólica. *Bioprocessos ing.* 21 502–507. 10.1007 / s12257-016-0342-y
 226. Shin H. J. A. (2016). Recombinant microbial biosensor for cadmium and lead detection. *J. Life Sci.* 26 503–508. 10.5352/JLS.2016.26.5.503 [Cross Ref]
 227. Bharadwaj S., Mitchell RJ, Qureshi A., Niazi JH (2017). Evaluación de la toxicidad del jugo electrónico y sus aerosoles solubles generados por los cigarrillos electrónicos que utilizan bacterias bioluminiscentes recombinantes que responden a daños celulares específicos. *Biosens. Bioelectron.* 90 53–60. 10.1016 / j.bios.2016.11.026 [PubMed]
 228. Rasinger JD, Marrazza G., Briganti F., Scozzafava A., Mascini M., Turner APF (2005). Evaluación de un biosensor amperométrico bacteriano operado por FIA, basado en *Pseudomonas putida* F1 para la detección de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX). *Anal. Letón.* 38 1531-1547. 10.1081 / AL-200065793
 229. Timur S., Haghghi B., Tkac J., Pazarhoglu N., Telefoncu A., Gorton L. (2007). Cableado eléctrico de *Pseudomonas putida* y *Pseudomonas fluorescens* con polímeros redox de osmio. *Bioelectroquímica* 71 38-45. 10.1016 / j.bioelechem.2006.08.001 [PubMed]
 230. Banik RM, Mayank Prakash R., Upadhyay SN (2008). Biosensor microbiano basado en células completas de *Pseudomonas sp.* Para la medición en línea de p-nitrofenol. *Sens. Actuators B Chem.* 131 295–300. 10.1016 / j.snb.2007.11.022
 231. Stoytcheva M., Zlatev R., Magnin J.-P., Ovalle M., Valdez B. (2009). *Leptospirillum ferrooxidans* baseadora Fe 2+ sensor. *Biosens. Bioelectron.* 25 482–487. 10.1016 / j.bios.2009.08.019 [PubMed]
 232. Zlatev R., Magnin J.-P., Ozil P., Stoytcheva M. (2006). Sensores bacterianos basados en *Acidithiobacillus ferrooxidans* : parte I. Determinación de Fe 2+ y S 2 O 3 2- . *Biosens. Bioelectron.* 21 1493-1500. 10.1016 / j.bios.2005.07.007 [PubMed]
 233. Katrlík J., Vostiar I., Sefcovicova J., Tkac J., Mastihuba V., Valach M., et al. (2007). Un nuevo biosensor microbiano basado en células de *Gluconobacter oxydans* para la determinación selectiva de 1,3-propanodiol en presencia de glicerol y su aplicación al monitoreo de bioprocessos. *Anal. Bioanal Chem.* 388 287-295. 10.1007 / s00216-007-1211-5 [PubMed]
 234. Valach M., Katrlík J., Sturdik E., Gemeiner P. (2009). Biosensor de etanol *Gluconobacter* diseñado para análisis de inyección de flujo: aplicación en el monitoreo fuera de línea de fermentación de etanol. *Sens. Actuadores B* 138 581–586. 10.1016 / j.snb.2009.02.017



NOVA Publicación Científica
en Ciencias Biomédicas

Políticas del editorial

Enfoque y alcance.

NOVA es una publicación científica de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca (Colombia), cuyo fin primordial consiste en la difusión de trabajos originales que contribuyen a ampliar los conocimientos en las ciencias biomédicas. Todo material propuesto para publicación en NOVA es revisado por el Comité Editorial y enviado para evaluación externa a dos evaluadores o pares científicos. El editor informa a los autores sobre la recepción de los trabajos, sobre los comentarios de los evaluadores y sobre la decisión final que se tome para su publicación. La revista NOVA se reserva el derecho de aceptar o rechazar los artículos y podrá hacer sugerencias o cambios que tiendan a mejorar su presentación.

Los originales de los artículos permanecerán en los archivos de la revista hasta por un año. El autor principal recibirá, libre de costo, 3 ejemplares de la revista.

NOVA – Publicación Científica en Ciencias Biomédicas está Indexada en: Índice Latinoamericano – LILACS, de la Plataforma BIREME; Índice Mexicano de Revistas Biomédicas Latinoamericanas -IMBIOMED; Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal – REDALYC; Base de Datos de Revistas Accesibles en Formato Electrónico -FARO de la Universidad y EBSCO Information Services.

Proceso de revisión por pares.

El proceso de evaluación de un manuscrito consta de una preselección y revisión general por el comité editorial seguida de una evaluación doble ciega solicitada a pares especialistas en la materia. Una vez realizada la evaluación por parte del par académico, los autores recibirán el concepto de Aprobado, Aprobado con modificaciones menores, Aprobado con modificaciones mayores ó No aprobado. En aquellos casos en que el manuscrito sea aprobado con modificaciones el autor recibirá también las sugerencias y comentarios realizados por los evaluadores. Los autores contarán máximo con un mes de plazo a partir de la entrega de las evaluaciones, para hacer los ajustes del caso y enviar la versión corregida del manuscrito de nuevo al editor de la revista, acompañada de una carta explicativa detallada de los ajustes incorporados. El comité editorial verificará la incorporación de los cambios al manuscrito y si lo considera pertinente la enviará de nuevo al par evaluador para su concepto. La decisión final sobre la publicación del manuscrito estará sujeta a la conformidad del par académico y del comité editorial con respecto a la inclusión de las modificaciones solicitadas al autor. En caso de ser aceptado el manuscrito para publicación los autores deberán firmar una declaración de originalidad y una autorización de los

derechos de publicación y reproducción del mismo y de la inclusión en bases de datos, páginas web, o páginas electrónicas, nacionales o internacionales.

Frecuencia de publicación.

La Revista NOVA es publicada dos veces al año a partir del 2005.

Política de acceso abierto.

Esta revista proporciona un acceso abierto a su contenido, basado en el principio de que ofrecer al público un acceso libre a las investigaciones ayuda a un mayor intercambio global del conocimiento.

Directrices para autores/as

La revista NOVA, que es una publicación de acceso abierto sin ningún tipo de costo para someter y visualizar artículos, publicará las siguientes categorías de trabajos:

Artículo original: es un trabajo inédito derivado de una investigación biomédica que aporta información nueva sobre aspectos específicos y contribuye de manera relevante al conocimiento científico. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y discusión.

Artículo de revisión: Estudio y análisis crítico de la literatura reciente y pertinente a un tópico especial más los puntos de vista del autor al tema (de modo impersonal). Consiste en un «estado del arte» del tema propuesto, e incluye dos categorías de manuscritos:

- A. solicitado directamente por el Comité Editorial a personas expertas en el tema,
- B. ofrecido por profesionales interesados en un tópico particular, caso en el cual deben observar las siguientes recomendaciones:
 - i) Enviar carta de solicitud en la que se indique por qué el tema escogido es pertinente para los lectores de Nova;
 - ii) Proporcionar una breve descripción de los apartes que serían cubiertos, así como algunas referencias claves; además, indicar su probable extensión y el número aproximado de ilustraciones;
 - iii) Si la revisión se acepta para enviarla a evaluación, debe incluir, preferiblemente, un resumen con énfasis en el significado de los hallazgos recientes, una corta introducción al tema, señalando hitos pasados y desarrollos presentes, así como otros encabezamientos en el texto, con el objeto de hacer más provechosa su lectura. El desarrollo del tema queda a discreción del autor pero se aconseja que incluya tablas y figuras que hagan ágil el texto y ofrezcan una comprensión más rápida de su contenido.

Guía académica: es un trabajo enmarcado dentro de los procesos de investigación formativa, proyección social y/o procesos pedagógicos de interés para la comunidad universitaria desarrollados en las instituciones de educación superior, sobre un tema específico, con la participación de docentes y estudiantes.

Comunicación breve: es el informe de resultados parciales o finales de una investigación cuya divulgación rápida es de importancia. Nota: es un trabajo de 1.000 palabras máximo, con un número de figuras y tablas no mayor de 2 y cuyo resumen no debe pasar de 100 palabras. Los métodos, resultados y discusión se presentan agrupados en una única sección.

Nota técnica: es un escrito breve, en el que se describe en detalle una técnica de laboratorio novedosa o modificaciones realizadas a una técnica ya establecida, enfatizando las ventajas que tiene el procedimiento o la innovación desarrollados.

Ensayo: es un escrito breve, filosófico, literario o científico, que presenta la opinión sustentada del autor sobre un tema específico.

Cartas al editor: los lectores solicitan aclaraciones o presentan comentarios sobre cualquier material publicado en la revista. Así como posiciones críticas analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que a juicio del Comité editorial constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.

Comentarios bibliográficos: son escritos breves, críticos, sobre libros de biomedicina.

Preparación del manuscrito

Cíñase a las indicaciones publicadas por el International Committee of Medical Journal Editors, uniform requirements for Manuscripts submitted to biomedical journals. J pharmacol pharmacother. 2010; 1(1): 42-58 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3142758/>)

La versión en castellano se puede consultar en la revista Acta Médica Colombiana (Acta Med Colomb 1997; 22:199-211) o en <http://www.actamedica.es/>. Cada una de las secciones del manuscrito debe aparecer en una nueva página en el siguiente orden: portadilla, resumen, texto, agradecimientos, referencias, cuadros, pies de figuras y tablas.

Portadilla: además del título del trabajo y del título corto para los encabezamientos de las páginas, debe contener los nombres completos de los autores, su afiliación institucional y el nombre de la institución en donde se llevó a cabo el trabajo. También se debe anotar el nombre del autor responsable de la correspondencia con su dirección completa, número telefónico, fax y dirección electrónica.

Resúmenes y palabras clave: el trabajo debe tener resumen en español y en inglés, cada uno de 250 palabras como máximo. Evite el uso de referencias en los resúmenes. Para la sección de las 6 palabras claves en español, consulte los descriptores de Ciencias de la Salud (DeCS) del Índice de Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud (LILACS) en la última versión publicada en disco compacto o en <http://decs.bvs.br>; para la sección de las 6 palabras clave en inglés, consulte los Medical Subject Headings (MeSH) del Index Medicus (<http://www.nlm.nih.gov/mesh/>).

Texto: todo el documento, incluso la página del título, los resúmenes, las referencias, los cuadros y los pies de figuras, debe estar escrito a doble espacio, por un solo lado de la hoja, sin dejar espacios extras entre párrafo y párrafo; deje un solo espacio después del punto seguido o aparte. Use la fuente Arial de tamaño 12 puntos y no justifique el texto. Use letra bastardilla o itálica para los términos científicos; por favor, no los subraye. Formato electrónico: envíe medio electrónico del documento en procesador de palabra MS Word, para PC. Incluya las gráficas en formato TIFF o JPG a 300 DPI como mínimo. La fuente preferida para las gráficas es Arial Narrow. Si sus archivos provienen de un computador Apple – Macintosh, conviértalos a plataforma PC. Incluya una lista de los archivos enviados y el programa en que fueron desarrollados.

Los artículos originales deben contener 7 partes básicas, así:

1. *Título (en español e inglés). El título en mayúsculas, preciso y sin abreviaturas. Los nombres científicos en latín y en bastardilla. Apellidos y nombres del o de los autores, institución, dirección postal completa, número de fax y correo electrónico del autor responsable para la correspondencia y fecha de envío.*
2. *Resumen (español e inglés). De no más de 250 palabras en español e inglés, debe enunciar las propuestas de la investigación, los procedimientos básicos, los resultados principales y las conclusiones. Se requiere suministrar entre 6 y 10 palabras claves.*
3. *Introducción. Distribuir el contenido según la conveniencia del tema, con subtítulos o apartes.*
4. *Materiales y métodos.*
5. *Resultados.*
6. *Discusión.*
7. *Referencias.*

Agradecimientos:

Dirigidos a personas con aportes que no justifican acreditación como autor, por ayuda técnica recibida, por tipo de apoyo material y financiero.

Referencias:

- Asígnele un número a cada referencia citada, en orden ascendente, incluyendo las del texto, los cuadros y las figuras. Anote los números de las referencias entre paréntesis y no como índice ni subíndice.
- Cuando hay más de una cita, éstas deben separarse mediante comas, pero si fueran correlativas, se menciona la primera y la última separadas por un guión.
- Cuando en el texto se menciona un autor, el número de la referencia se pone tras el nombre del autor. Si se tratase de un trabajo realizado por más de dos autores, se cita el primero de ellos seguido de la abreviatura “et al” y su número de referencia.

1. Artículo estándar.

Autor/es*. Título del artículo. Abreviatura** internacional de la revista. año; (volumen número): página inicial-final del artículo.

Kolovou G, Daskalova D, Mikhailidis DP. Apolipoprotein E polymorphism and atherosclerosis. *Angiology*. 2003;54(2): 59-71.

* Si los autores fueran más de seis, se mencionan los seis primeros seguidos de la abreviatura et al.

** Las abreviaturas internacionales pueden consultarse en “Journals Database” de PubMed. Las españolas en el Catálogo C17 (<http://www.c17.net/>) ó bien en el DREV (<http://bvshalud.isciii.es/php/index.php>) de la BVS del Instituto de Salud Carlos III y en la base de datos de Revistas de Biomedicina del IHCD de Valencia. (https://bddoc.csic.es:8180/inicioBuscarSimple.html?estado_formulario=show&bd=IME&tabla=revi).

1.1 Incorporación opcional de número de identificación único de bases de datos en la referencia:

La mayoría de bases de datos o documentos electrónicos incorpora un número de identificación unívoco en cada referencia (PubMed: PMID; Cochane Library:CD; DOI), que pueden incorporarse a la referencia bibliográfica para su perfecta identificación.

López-Palop R, Moreu J, Fernández-Vázquez F, Hernández Antolín R; Working Group on Cardiac Catheterization and Interventional Cardiology of the Spanish Society of Cardiology. Registro Español de Hemodinámica y Cardiología Intervencionista. XIII. Informe Oficial de la Sección de Hemodinámica y Cardiología Intervencionista de la Sociedad Española de Cardiología (1990-2003). *Rev Esp Cardiol*. 2004; 57(11): 1076-89. Citado en PubMed PMID 15544757.

The Cochrane Database of Systematic Reviews 1998, Issue 3 [base de datos en Internet]. Oxford: Update Software Ltd; 1998- [consultado 28 de diciembre de 2005]. Wilt T, Mac Donald R, Ishani A, Rutks I, Stark G. Cernilton for benign prostatic hyperplasia. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD001042.pub2/abstract> ó <http://www.update-software.com/clibplus/clibplus.asp>. Citado en Cochane Library CD001042.

1.2 Organización o equipo como autor

Grupo de Trabajo de la SEPAR. Normativa sobre el manejo de la hepnotosis amenazante. *Arch Bronconeumol* 1997; 33: 31-40.

2. Libros

Autor/es. Título del libro. Edición. Lugar de publicación: Editorial; año.

Jiménez L, Montero FJ. Compendio de Medicina de Urgencias: guía terapéutica. 2ª ed. Madrid: Elsevier; 2005.

Nota: La primera edición no es necesario consignarla. La edición siempre se escribe en números arábigos y abreviatura: 2ª ed. Si la obra estuviera compuesta por más de un volumen, citarlo a continuación del título del libro.

2.1 Organización como autor

Comunidad de Madrid. Plan de Salud Mental de la Comunidad de Madrid 2003-2008. Madrid: Comunidad de Madrid, Consejería de Sanidad; 2002.

2.2 Capítulo de libro

Autor/es del capítulo. Título del capítulo. En*: Director/Coordinador/Editor del libro. Título del libro. Edición. Lugar de publicación: Editorial; año. página inicial-final del capítulo.

Mehta SJ. Dolor abdominal. En: Friedman HH, editor. Manual de Diagnóstico Médico. 5ª ed. Barcelona: Masson; 2004. p.183-90.

3. Comunicación presentada a un congreso

Autor/es de la ponencia. Título de ponencia. En: Título oficial del Congreso. Lugar de Publicación: Editorial; año. página inicial-final de la comunicación/ponencia.

Castro A, Escudero J. El Área del Corazón del Complejo Hospitalario “Juan Canalejo”. En: Libro de Ponencias: V Jornadas de Gestión y Evaluación de Costes Sanitarios. Bilbao; Ministerio de Sanidad y Consumo, Gobierno Vasco; 2000.p. 12-22.

Nota: Esta misma estructura se aplica a Jornadas, Simposios, Reuniones Científicas etc.

4. Informe científico o técnico

Autor/es. Título del informe. Lugar de publicación: Organismos/Agencia editora; año. Número o serie identificativa del informe.

Organización Mundial de la Salud. Factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares: nuevas esferas de investigación. Informe de un Grupo Científico de la OMS. Ginebra: OMS; 1994. Serie de Informes Técnicos: 841.

5. Tesis Doctoral

Autor. Título de la tesis [tesis doctoral]*. Lugar de publicación: Editorial; año.

Muñiz J. Estudio transversal de los factores de riesgo cardiovascular en población infantil del medio rural gallego [tesis doctoral]. Santiago: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Santiago; 1996.

6. Patente

Joshi R, Strebel HP, inventores; Fumapharm AG, titular. Utilización de derivados de ácido fumárico en la medicina de trasplante. Patente Europea. ES 2195609T3. BOPI 1-12-2003.

7. Artículo de revista en Internet

Autor/es del artículo. Título del artículo. Nombre de la revista [revista en Internet]* año [fecha de consulta]**; volumen (número): [Extensión/páginas***]. Dirección electrónica.

Francés I, Barandiarán M, Marcellán T, Moreno L. Estimulación psicocognoscitiva en las demencias. An Sist Sanit Navar [revista en Internet]* 2003 septiembre-diciembre. [acceso 19 de octubre de 2005]; 26(3). Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000500007&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

* Puede sustituirse por: [Revista on-line], [Internet], [Revista en línea]

** [acceso...], [consultado...], [citado...]

*** Si constasen.

8. Base de datos en Internet

Institución/Autor. Título [base de datos en Internet]. Lugar de publicación: Editor; Fecha de creación, [fecha de actualización; fecha de consulta]. Dirección electrónica.

PubMed [base de datos en Internet]. Bethesda: National Library of Medicine; 1966- [fecha de acceso 19 de diciembre de 2005]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed/>

Para otros tipos de referencias, no incluidas en los ejemplos, consultar:

Cuadros y figuras: elabore los cuadros usando la utilidad de tablas del procesador de palabras y no por columnas y tabulados en el texto mismo del manuscrito; envíe los nombres de los archivos. Para las figuras en blanco y negro, envíe el original y dos copias de la ilustración correspondiente acompañadas de su versión en medio magnético en formato tiff o jpg. a 300dpi. como mínimo de resolución y en un tamaño media carta. Gráficas desarrolladas en Excell, favor remitir el archivo original. Si son fotografías en blanco y negro, debe enviar tres copias de excelente calidad junto con la versión en medio magnético, en formato tiff o jpg a 300dpi como mínimo de resolución; si son transparencias, envíe la diapositiva original y no una copia, junto con dos impresiones en papel (fotocopia o escáner, adjuntando copia en medio magnético, formato tiff a 300dpi como mínimo de resolución) de la misma imagen para el envío a los evaluadores del manuscrito. En las preparaciones de microscopio, mencione la coloración y el aumento según el objetivo utilizado.

Lista preliminar para la preparación de envíos.

Como parte del proceso de envíos, los autores/as están obligados a comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

1. El envío no ha sido publicado previamente ni se ha sometido a consideración por ninguna otra revista (o se ha proporcionado una explicación al respecto en los Comentarios al editor/a).
2. El archivo de envío está en formato OpenOffice, Microsoft Word, RTF o WordPerfect.
3. Siempre que sea posible, se proporcionan direcciones URL para las referencias.
4. El texto tiene un interlineado sencillo, un tamaño fuente de 12 puntos, se utiliza cursiva en lugar de subrayado (excepto en las direcciones URL), y todas las ilustraciones, figuras y tablas se encuentran colocadas en los lugares del texto apropiados, en vez de al final.
5. El texto reúne las condiciones estilísticas y bibliográficas incluidas en Pautas para el autor/a, en Acerca de la revista.
6. En el caso de enviar el texto a la sección de evaluación por pares, se siguen las instrucciones incluidas en Asegurar una evaluación anónima.

Aviso de derechos de autor.

NOVA por <http://www.unicolmayor.edu.co/publicaciones/index.php/nova> se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Así mismo, los autores mantienen sus derechos de propiedad intelectual sobre los artículos.

Declaración de privacidad.

Los nombres y las direcciones de correo electrónico introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines establecidos en ella y no se proporcionarán a terceros o para su uso con otros fines.