

Collection

Biotecnología y Ciencias Agrícolas TI

ZAPATA-MONTES, Nery Javier

Coordinador



ECORFAN-México

Coordinador

ZAPATA-MONTES, Nery Javier

Editor en Jefe

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Biotechnología y Ciencias Agrícolas

Ninguna parte de este escrito amparado por la Ley de Derechos de Autor, podrá ser reproducida, transmitida o utilizada en cualquier forma o medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: Citas en artículos y comentarios bibliográficos, de compilación de datos periodísticos radiofónicos o electrónicos. Visite nuestro sitio WEB en: www.ecorfan.org

Primera Edición

ISBN: 978-607-8695-09-6

Sello Editorial ECORFAN: 607-8695

Número de Control C: 2019-01

Clasificación C (2019): 160919-0101

A los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169, 209, y otra fracción aplicable III de la Ley del Derecho de Autor

Collections

Definición de Collections

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología e Innovación en las Áreas de investigación CONACYT y PRODEP.

ECORFAN-Mexico S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Collections es un Producto editado por ECORFAN-Mexico S.C en su Holding con repositorio en México, es una publicación científica arbitrada e indizada. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de las Área de investigación CONACYT y PRODEP respectivamente con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias. El horizonte editorial de ECORFAN-Mexico® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

FLORES - PACHECO, Juan Asdrúbal. PhD
Universidad de Valladolid

HERNÁNDEZ - CASTRO, Rigoberto. PhD
Universidad de Cantabria

CAUICH - KUMUL, Roger Gaspar. PhD
University of Kentucky

ORTIZ - LAUREL, Hipólito. PhD
University of California

SANDOVAL – SALAS, Fabiola. PhD
Universidad de Castilla

ESCOBEDO - BONILLA, Cesar Marcial. PhD
Universidad de Gante

GONZALEZ - TORRIVILLA, Cesar Castor. PhD
Universidad Central de Venezuela

GONZALEZ, ALVARADO, Juan Manuel. PhD
Universidad Politécnica de Madrid

MEDAL, Julio C. PhD
University of Arkansas

HERNÁNDEZ - MARTINEZ, Rufina. PhD
University of California

ARAUJO - BURGOS, Tania. PhD
Universita Degli Studi di Napoli Federico II

GARCÍA - DE SOTERO, Dora Enith. PhD
Universidad de Sao Paulo

TAPIA - VARGAS, Luis Mario. PhD
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ROMERO - PÉREZ, Diego. PhD
University of California

LIZARDI - MENDOZA, Jaime. PhD
Queen's University of Belfast

BARRIENTOS - PRIEGO, Alejandro F. PhD
Colegio de Postgraduados

PÉREZ - PÉREZ, Jefferson Uvaldo. PhD
Universidad Autónoma Chapingo

LUNA - PALOMERA, Carlos. PhD
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

PARTIDA - RUVALCABA, Leopoldo. PhD
Colegio de Postgraduados

REYES - MONTES, María del Rocío. PhD

Universidad Nacional Autónoma de México

LEYVA - MIR, Santos Gerardo. PhD
Colegio de Postgraduados

Comité Arbitral

CORTES - SANCHEZ, Alejandro de Jesús. PhD
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

ÁNGEL - CUAPIO, Rafael Alejandro. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

SÁNCHEZ - OROZCO, Raymundo. PhD
Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán

DEL ÁNGEL - CORONEL, Oscar Andrés. PhD
Instituto Tecnológico de Veracruz

MEDINA - SAAVEDRA, Tarsicio. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

MORALES - VALENZUELA, Guadalupe. PhD
Colegio de Postgraduados

AVENDAÑO - ARRAZATE, Carlos Hugo. PhD
Colegio de Postgraduados

BELTRAN - MIRANDA, Claudia Patricia. PhD
Universidad de Guadalajara

RUIZ - AGUILAR, Graciela M.L. PhD
Instituto Politécnico Nacional

MENA - VIOLANTE, Hortencia Gabriela. PhD
Instituto Politécnico Nacional

SAHAZA - CARDONA, Jorge Humberto. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

JOVEL, Juan. PhD
University of Alberta

LIÑAN - CABELLO, Marco Agustín. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

ROVIROSA - HERNANDEZ, Ma. de Jesús. PhD
Universidad Autónoma de Tamaulipas

ACOSTA - NAVARRETE, María Susana. PhD
Instituto Tecnológico de Celaya

MÉNDEZ - MEDINA, Rubén Danilo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

MORÁN - SILVA, Ángel. PhD
Universidad Veracruzana

GALINDO - CORTES, Gabriela. PhD
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

TERREROS - MECALCO, Jesús. PhD
Instituto Tecnológico de Toluca

MARTINEZ - SCOTT, Marcia Maribel. PhD
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

CHAVEZ - SANTOSCOY, Rocío Alejandra. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GUZMÁN - SILOS, Tania Lizzeth. PhD
Universidad Politécnica de Gómez Palacio

CARRASCO - CARBALLIDO, Patricia Valentina. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

LUCIO - DOMINGUEZ, Rodolfo. PhD
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

VALLADARES - CARRANZA, Benjamín. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

ROSAS - ACEVEDO, José Luis. PhD
Universidad Autónoma de Guerrero

NÚÑEZ - NALDA, José Víctor. PhD
Universidad Politécnica de Sinaloa

RAMIREZ, Eustacio. PhD
Universidad del Mar

XANAT, Antonio. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

Cesión de Derechos

El envío de una Obra Científica a ECORFAN Collections emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones científicas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Obra Científica.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Obra Científica se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding México considere pertinentes para divulgación y difusión de su Obra Científica cediendo sus Derechos de Obra Científica.

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación de la Obra Científica y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORCID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor de la Obra Científica.

Detección de Plagio

Todas las Obras Científicas serán testeadas por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandará a arbitraje y se rescindirán de la recepción de la Obra Científica notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todas las Obras Científicas se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de América-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del ECORFAN Collections con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de la Obra Científica Modificado para Edición-Publicación.

Biología y Ciencias Agrícolas

Biotechnology and Agricultural Sciences

ZAPATA-MONTES, Nery Javier

ID 1^{er} Autor: *Nery Javier, Zapata-Montes /*

Biotecnología y Ciencias Agrícolas

El Collection ofrecerá los volúmenes de contribuciones seleccionadas de investigadores que contribuyan a la actividad de difusión científica en sus áreas de investigación en Biotecnología y Ciencias Agrícolas. Además de tener una evaluación total, se colabora con calidad y puntualidad en sus capítulos, cada contribución individual fue arbitrada a estándares internacionales (RESEARCH GATE, MENDELEY, GOOGLE SCHOLAR y REDIB), el Collection propone así a la comunidad académica, los informes recientes sobre los nuevos progresos en las áreas más interesantes y prometedoras de investigación en la función de la Universidad ante los retos de la Sociedad del Conocimiento.

Prólogo

En **ECORFAN®** estamos adscritos al **RENIECYT-CONACYT / 1702902** e integrados en el Sistema Nacional de Investigadores –**SNI**- en los Niveles I-II y III en las áreas de Físico Matemáticas y Ciencias de la Tierra -Biología y Química- Medicina y Ciencias de la Salud- Humanidades y Ciencias de la Conducta- Ciencias Sociales- Biotecnología y Ciencias Agropecuarias e Ingenierías , estamos conscientes que para construir la Identidad Digital Científica de Autores en México , debemos incrementar la asignación optima de la producción científica, tecnológica y de innovación para solventar las necesidades del País.

Establecer las instancias y los mecanismos de coordinación con los gobiernos de las entidades federativas, así como de vinculación y participación de la comunidad científica y académica de las instituciones de educación superior, de los sectores público, social y privado para la generación y formulación de políticas de promoción, difusión, desarrollo y aplicación de la ciencia en las áreas prioritarias de México.

Promover el desarrollo, la vinculación y diseminación de la investigación científica que se derive de las actividades de investigación básica y aplicada, el desarrollo tecnológico de calidad y la innovación, asociados a la actualización y mejoramiento de la educación y la expansión de las fronteras del conocimiento apoyándonos en las nuevas tecnologías de la información, de acuerdo al orden de prioridad e indización científica internacional , es por ello que presentamos los resultados de nuestra Gira Nacional en beneplácito de nuestro Décimo Aniversario del capítulo México haciendo ciencia, tecnología e innovación en toda la República Mexicana de forma libre - crítica y gratuita.

*María, Ramos-Escamilla. PhD
CEO-ECORFAN-Mexico*

Contenido

Agricultura de conservación como alternativa para la conservación de suelos agrícolas y microorganismos degradadores de materia vegetal	1
Abstract	2
Introducción	2
Aplicaciones biotecnológicas de Actinomicetos	7
Referencias	8
Análisis de material particulado en un parque de la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México	16
Resumen	17
Abstract	17
Introducción	17
Área de estudio	18
Metodología	18
Resultados y discusiones	20
Conclusiones	22
Referencias	22
El uso de plaguicidas neonicotinoides en Jalisco, México: Un análisis desde la salud ambiental	24
Resumen	25
Abstract	25
Introducción	25
Metodología	26
Discusión	27
Conclusiones	32
Referencias	33
Importancia ambiental y de salud de contaminantes emergentes del agua en México	36
Resumen	37
Abstract	37
Introducción	37
Tipos de contaminantes emergentes en el agua	39
Conclusión	47
Referencias	47
Medicina domestica y contaminación ambiental en colonias urbanas metropolitanas de Guadalajara, Jalisco, México	51
Resumen	52
Abstract	52
Introducción	52
Metodología	56
Resultados	57
Agradecimientos	61
Conclusiones	62
Referencias	62
Variación de la temperatura relacionada con el intenso desarrollo de la Zona Conurbada de Guadalajara, México (1996-2018)	65
Abstract	66
Introducción	66
Antecedentes	67
Área de estudio	69
Materiales y métodos	70
Resultados	72
Agradecimiento	73
Conclusiones	73
Referencias	73

Análisis de la calidad e inocuidad de agua subterránea para uso agrícola: base para mejorar la salud de los alimentos	76
Resumen	77
Abstract	77
Introducción	77
Marco teórico	78
Resultados	78
Conclusión	84
Referencias	85
Calidad del Agua de la Presa el Tule, en Arandas, Jalisco, México	88
Abstract	89
Introducción	89
Metodología	91
Recolección de muestras	91
Resultados y discusión	92
Agradecimientos	97
Conclusiones	97
Referencias	98
Efecto del Índice Temperatura-Humedad y temperatura ambiental sobre las constantes fisiológicas de borregos de pelo estabulados y al aire libre en Tepatitlán, Jalisco	100
Abstract	101
Introducción	101
Descripción del método	103
Resultados	103
Agradecimiento	109
Conclusiones	109
Referencias	109
Humedales estacionales: Posibles escenarios ante el cambio climático. Caso Laguna de Sayula	112
Resumen	113
Abstract	113
Introducción	113
Conclusiones	117
Referencias	118

Agricultura de conservación como alternativa para la conservación de suelos agrícolas y microorganismos degradadores de materia vegetal

Conservation agriculture as an alternative for the conservation of agricultural soils and degrading microorganisms of plant matter

CASTAÑEDA-CISNEROS, Yamily Elianeth† & TÉLLEZ-JURADO, Alejandro*

Universidad Politécnica de Pachuca, Departamento de Biotecnología, Zempoala, Hidalgo, México

ID 1^{er} Autor: *Yamily Elianeth, Castañeda-Cisneros*

ID 1^{er} Coautor: *Alejandro, Téllez-Jurado*

Y. Castañeda & A. Téllez

alito@upp.edu.mx

N. Zapata (Dir.). Biotecnología y Ciencias Agrícolas TI. Collection-©ECORFAN-Mexico, CDMX, 2019

Abstract

Conservation agriculture is a practice that can contribute to the recovery of agricultural soils that have been exploited for decades. Traditional tillage has a strong impact on soil quality, excessive tillage affects the physicochemical characteristics of soils, compacts them, prevents their oxygenation and contributes to erosive processes. Current agricultural practices encourage the use of chemical fertilizers and pesticides that, together with excessive tillage, have a marked effect on soil microbiota. Conservation tillage is an age-old practice and, when used properly, can be a tool that contributes to the recovery of soils. On the other hand, the microbial populations of the soils are the most affected since the excessive use of nitrogen compounds and others affect their metabolism causing the diversity in species to decay exponentially. Conservation tillage contributes to microbial enrichment by favoring microorganism-plant-soil interactions and with it, substantially improves crop yields. In this chapter the characteristics of the different tillage systems are exposed as well as the benefits of the main organisms that degrade organic matter, which are actinomycetes.

Actinomycetes, Conservation agriculture, Soil quality

Introducción

El crecimiento de la población mundial ha incrementado la necesidad de producir mayor número de alimentos, que ha impactado directamente a la producción agrícola explotando de manera excesiva los suelos destinados para esta actividad. La afectación de los suelos esta en todos los niveles como son: uso indiscriminado de fertilizantes y pesticidas, excesiva labranza que genera compactación de suelos y erosión, alcalinización de suelos y afectación de la microbiota de los mismos. Surge entonces la necesidad de generar alternativas para recuperar de manera natural o al menos, menos agresiva, los suelos agrícolas, una de las técnicas más viables para la recuperación de los suelos en cuestión es la labranza de conservación. Esta actividad se aplica desde tiempos ancestrales e implica dejar que la naturaleza haga su trabajo a través de la degradación natural de la materia vegetal.

Esta degradación es llevada a cabo por microorganismos nativos del suelo y que al degradar la materia orgánica, se liberan una gran diversidad de derivados de la lignocelulosa que traen muchos beneficios a los suelos entre ellos; estabiliza suelos, aumenta la capacidad de retención de agua de los suelos, incrementa la porosidad y facilita el intercambio de nutrientes y muy importante, se recupera la microbiota de los suelos trayendo consigo, mayor crecimiento vegetal ya que se mejora la relación microorganismo-planta. En el presente capítulo se da una visión de la importancia de la labranza de conservación y de su importancia para evitar procesos erosivos de los suelos con el objetivo de generar mayor conciencia sobre la importancia del cuidado de los suelos y del impacto del ser humano en el ambiente.

Prácticas agrícolas convencionales

El cultivo de suelos es una práctica agronómica fundamental que afecta sus propiedades, sin embargo el objetivo clave de cultivar los suelos es crear un ambiente apropiado para la germinación de semillas, establecimiento de la plántula y rendimientos óptimos. Se utilizan diferentes tipos de labranza para preparar los cultivos, siendo las técnicas más comunes labranza convencional o intensiva, labranza reducida y labranza cero, a menudo estas dos últimas son utilizadas como un componente de la Agricultura de Conservación (Torabian et al., 2019).

La labranza se define como la manipulación mecánica del suelo que altera sus características físicas, como densidad aparente, conducción hidráulica, conservación del agua, temperatura, infiltración, estabilidad agregada y calidad física (Oshunsanya et al., 2018). Expone el suelo a agentes erosivos como el viento y el agua, bajo fuerzas erosionables severas, el impacto de las gotas de agua, ya sea producidas por el riego o por la lluvia; da como resultado la liberación de materia orgánica y, en general, la formación de costras en el suelo que afectan negativamente la plántula y reduce la infiltración (Pareja-Sánchez et al., 2017). Choudhury et al., (2014) indican que el uso de diferentes sistemas de labranza afecta la agregación del suelo directamente por la interrupción física de los macroagregados, e indirectamente altera factores biológicos y químicos. Esta práctica es considerada el principal agente responsable de la perturbación del suelo, la subsiguiente modificación de la estructura y la consecuente degradación (Baker et al., 2009).

La labranza convencional o intensiva (LI) consiste en dejar la superficie del suelo completamente descubierta, con tamaños de partícula muy pequeños y con poco o ningún residuo de plantas; frecuentemente se usa el arado, seguido de varios pases de rastra o cultivadoras para remover el suelo (Rojas, 2001; Gao et al., 2019). Los suelos generalmente presentan contenidos menores al 2% de materia orgánica, reflejado en baja fertilidad, erosión, enconstramiento, dificultad de manejo, además propicia un constante tráfico de maquinaria, lo cual aumenta la compactación y se requiere más laboreo a medida que transcurre el tiempo (Mora, 2001). La LI junto a la eliminación de residuos y a la quema practicada durante toda la temporada de cultivo, acelera la degradación del suelo, contaminación ambiental y afecta las funciones del ecosistema (Srinivasan et al., 2012).

La Labranza reducida o vertical (LR) es una técnica en donde el suelo es empujado hacia adelante en sentido vertical ascendente mediante una reja montada sobre un brazo rígido, semirrígido, flexible y/o vibrante que produce la fragmentación del suelo (León-Noguera et al., 2013). Con este método se reduce la perturbación al disminuir la proporción de suelo invertido (Hydbom et al., 2017). En su estudio, Kuntz et al., (2013) mencionaron que las comunidades microbianas son un indicador de los cambios de fertilidad del suelo, y estos responden a las prácticas de labranza con cambios en la distribución espacial, biomasa, actividad y grupos funcionales. Sin embargo, la labranza reducida aumentó la concentración de actividad microbiana en la capa superior del suelo debido a la mezcla reducida de las capas, además induce un cambio en la descomposición de materia orgánica por hongos.

Por último, la Labranza Cero (LE) también llamada no labranza, siembra en surcos o siembra directa, describe la siembra de semillas en suelo que no ha sido previamente labrado después de la cosecha del cultivo anterior y la siembra se realiza con sembradoras especializadas para crear un surco para la semillas (Harper et al., 2018). La característica comúnmente identificada de la LE es que la superficie del suelo permanece cubierta con residuos intactos del último cultivo tanto tiempo como sea posible, ya sea que estos se aplasten o se conserven en pie después de una cosecha (Baker et al., 2009). El control de malezas a menudo es más difícil en los sistemas de LR y LE, ya que se depende en gran medida del uso de herbicidas durante el período de transición de LI a LE, donde el control mecánico de malezas y la labranza no están permitidos, por tanto, los efectos beneficiosos y perjudiciales de la reducción de la labranza deben equilibrarse para mejorar la sostenibilidad general del sistema (Büchi et al., 2017; Tarolli et al., 2019).

Prácticas agrícolas sustentables

La agricultura sustentable implica la producción eficiente de productos agrícolas, conservación de recursos, protección de la biodiversidad y mejoramiento del medio ambiente natural junto con la protección de las condiciones sociales y económicas de las comunidades agrícolas (Kanchanarook y Aslam, 2018). Existe un creciente interés en adoptar prácticas de labranza reducida o cero para preservar la fertilidad del suelo a largo plazo y con la esperanza, posteriormente, de aumentar los rendimientos de los cultivos (Peigné et al., 2018), una alternativa sustentable es la Agricultura de Conservación.

Agricultura de conservación

La Agricultura de Conservación o Labranza de Conservación (LC) es un sistema de prácticas agrarias promovido ampliamente por su potencial para aumentar los rendimientos en comparación con métodos agrícolas convencionales (Mhlanga et al., 2016). Fue introducida por la FAO (2008) como un concepto para la producción de cultivos agrícolas con uso eficiente de recursos, basado en un manejo integrado de suelo, agua y recursos naturales combinados con insumos externos. Comprende tres principios: (1) mínima perturbación del suelo; (2) cubierta orgánica permanente del suelo elaborada de residuos de cosecha y (3) rotaciones de cultivos diversificada (Giller et al., 2009; Saad et al., 2016). Los tres principios son universalmente aplicables a todo tipo de cultivo agrícola (Friedrich et al., 2012).

Agricultura con mínima perturbación de suelos

La mínima perturbación mecánica del suelo tiene como objetivo lograr un sistema de LE, no obstante, la agricultura de conservación permite involucrar un sistema controlado de siembra con LR que no perturbe el suelo a más del 20-25%, esta técnica incluye arado y una cobertura ajustada al 30% de los residuos vegetales del cultivo que permanecen sobre la superficie del suelo (Verhulst et al. 2015).

La LE ha sido ampliamente recomendada para la conservación de suelo, agua y biodiversidad, además de la reducción de los costos de mano de obra y energía (Sun et al., 2015). Zhao et al., (2017) reporta rendimientos relativamente mejores con LE en comparación con la LC, que puede ser atribuido a la restauración de la calidad del suelo, secuestro de carbono en la zona radicular y a la mejora en las comunidades y actividades microbianas.

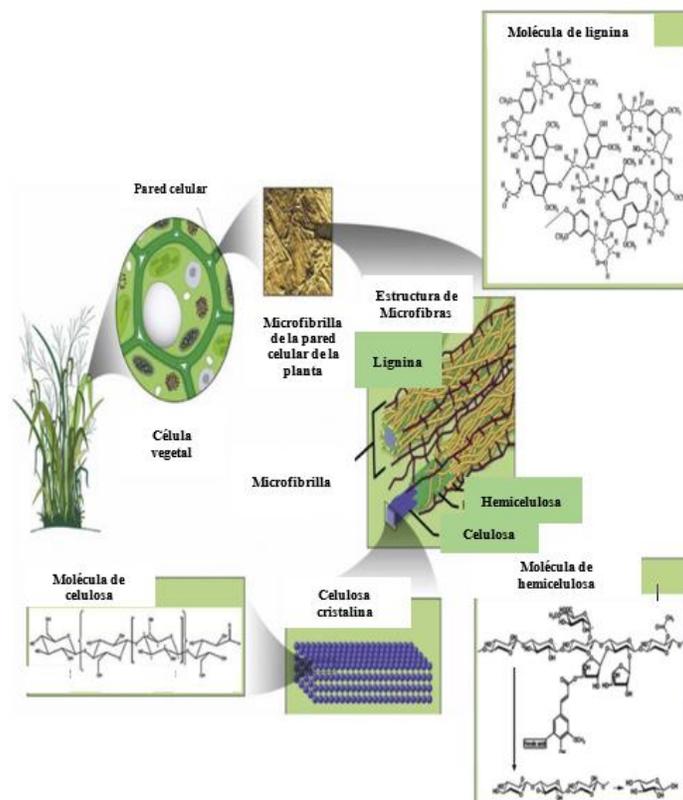
Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es una práctica de manejo agrícola que busca maximizar la productividad por unidad de superficie optimizando el uso de recursos, consiste en la sucesión de diferentes cultivos en el mismo suelo a través del tiempo (Silva et al., 2015). La inclusión de diferentes tipos de cultivos es el mejor y más efectivo control de enfermedades y plagas al interrumpir sus ciclos de vida, otras ventajas son el control de malezas mediante el uso de especies de cultivo asfixiantes, cultivos de cobertura que se utilizan como abono verde o cultivos de invierno cuando las condiciones de temperatura, humedad y riego lo permiten, además permite balancear la producción de residuos, alternando cultivos que producen escasos residuos con otros que generan mayor cantidad de ellos (CIMMYT, 2016). En su estudio, Chávez y Araya (2013) indicaron que la rotación de cultivos es eficaz para el manejo de problemas fitosanitarios si los cultivos en la secuencia no son hospedantes de los mismos patógenos, y si éstos a su vez no poseen mecanismos de sobrevivencia a largo plazo en ausencia del hospedante principal.

Cobertura vegetal

La retención de residuos de cultivo forma una cobertura sobre la superficie del suelo que ayuda a mejorar la calidad y productividad al aumentar la infiltración de agua, reducir la escorrentía y erosión de la superficie, conserva la humedad, modera la temperatura, brinda estabilidad en los agregados de la capa superficial y afecta positivamente la porosidad (Jordán et al., 2010; Nzeyimana et al., 2017; De Almeida et al., 2018). Principalmente, los abundantes restos vegetales sirven como una forma primaria de entrada de materia orgánica que mejora la actividad biológica al aumentar la diversidad de especies de la biota del suelo como microorganismos, hongos, lombrices de tierra, nematodos, insectos, la mayoría de especies benéficas para la agricultura, movilización de nutrientes y control biológico (Lal, 2018). La cobertura está compuesta principalmente por tres polímeros: celulosa, hemicelulosa y lignina como se observa en la Figura 1.

Figura 1 Estructura de los residuos lignocelulósicos (Seidl y Goulart, 2016)



Composición de la cobertura vegetal

La celulosa es el polímero más abundante en la naturaleza y constituye el principal componente de las fibras brindando rigidez a la planta (Hokkanen et al., 2015). Es un polisacárido lineal con largas cadenas que consisten en unidades de β -D-glucosa con enlaces glucosídicos β (1 \rightarrow 4) (Merkel et al., 2014). Las fibras de celulosa están unidas entre sí por una serie de enlaces de hidrógeno y fuerzas de Van Der Waals, lo que resulta en microfibrillas con alta resistencia que presentan diferentes orientaciones a lo largo de la estructura dando lugar a diferentes niveles de cristalinidad, se compone de dos regiones; amorfa (baja cristalinidad) y cristalina (elevada cristalinidad) (Zheng et al., 2014; Sharma et al., 2017).

Mientras que, la hemicelulosa es el segundo componente estructural más abundante en la lignocelulosa y a diferencia de la celulosa, no es un componente homogéneo químicamente, más bien es una familia de polisacáridos (Rubin, 2008), que se forma por D-xilosa, L-arabinosa, D-glucosa, D-galactosa, D-manosa, L-ramnosa, ácidos α -D-glucurónico, α -D-4-O-metilgalacturónico y α -D-galacturónico unidos entre sí mediante enlaces β (1-4) y a veces enlaces β (1-3) (Maurya et al., 2015). Otros azúcares incluyendo α -L-ramnosa y α -L-fructosa pueden estar presentes en una pequeña cantidad cuando el grupo hidroxilo de los azúcares es parcialmente sustituido con grupos acetilo (Zabed et al., 2016). La hemicelulosa más conocida es el xilano que se compone por una columna vertebral de β -D-xilosas unidas entre sí por enlaces β (1-4) con sustituciones de L-arabinofuranosas, ácido D-glucorónico y ácido 4-O-metil-D-glucurónico en las posiciones 2 'y 3' (Nasr et al., 2013; Negahdar et al., 2016).

Finalmente, la lignina es un polímero aromático, complejo e hidrofóbico que presenta una estructura policristalina heterogénea formada por compuestos polifenólicos (Chen et al., 2017). La estructura tridimensional está basada en unidades de fenilpropano, siendo los principales monómeros los alcoholes p-hidroxifenílico, coniferílico y sinapílico unidos mediante enlaces β -0-4, β -5, β - β , 5-5 y 4-0-5 (Seidl y Goulart, 2016). Este polímero actúa como un material de unión entre la celulosa y hemicelulosa para formar la estructura rígida de la pared celular de la planta e interfiere en el proceso de hidrólisis biológica y química ya que es el componente más fuerte y recalcitrante de la biomasa lignocelulósica (Koupaie et al., 2018; Ponnusamy et al., 2019).

Degradación de la cobertura vegetal

La incorporación de residuos de cosechas es favorable para la salud del suelo, sin embargo, la lentitud de descomposición hace que en la siguiente temporada de cultivo aún quede material vegetal no descompuesto, quedando poco homogénea la cama de siembra. También inmoviliza nitrógeno y es una fuente importante de inóculo de patógenos (Céspedes y Millas, 2015). La velocidad de descomposición está determinada principalmente por tres factores: humedad, temperatura y relación carbono/nitrógeno (C/N), la tasa de descomposición aumenta linealmente con la humedad y temperatura, siendo máxima cuando el rastrojo está cercano a la saturación, mientras que, a menor relación C/N mayor es la tasa de descomposición. La relación C/N depende esencialmente del tipo de rastrojo, en los residuos de cereales la relación es alta convirtiéndose en los rastrojos con mayor dificultad de descomposición (Acevedo y Silva, 2003). Una forma de reducir el problema antes indicado, es lograr que la descomposición sea más rápida, algunas medidas se mencionan a continuación:

1. Triturar los residuos, ya que partículas más pequeñas tienen una mayor superficie de contacto en la que pueden actuar los microorganismos descomponedores.
2. Mezclar los residuos con el suelo; esta práctica permite que los microorganismos descomponedores estén en contacto directo con los residuos, y que éstos mantengan contenidos de humedad más altos y por más tiempo que si están en la superficie.
3. Regar; la adición de agua permite aumentar los contenidos de humedad, lo que es fundamental para que los microorganismos descomponedores puedan actuar rápidamente.
4. Aplicar nitrógeno inorgánico en residuos con una alta relación C/N, para eliminar la deficiencia de nitrógeno que es un factor limitante para la descomposición.
5. Incorporar microorganismos que aceleren la descomposición de los residuos que quedan sobre el suelo, tales como bacterias y hongos.

La cobertura vegetal según lo mencionado por Céspedes y Millas (2015) se descompone más rápido cuando es picada en trozos pequeños; gran parte del carbono que contiene es liberado como CO₂ a la atmósfera por la respiración de los microorganismos, y una fracción es retenida como materia orgánica, la cantidad depende del tipo, cantidad y calidad de los residuos y de cómo son manipulados. La calidad del residuo está en función de la especie de plantas (paja de cereales es baja en nitrógeno, leguminosas o praderas son ricas en nitrógeno) y del estado de desarrollo cuando se cortan. Los residuos que componen la cobertura pueden ser cortados, desmenuzados, dejados en pie en el campo, triturados y mezclados con suelo mediante un rastraje. De esta forma son descompuestos por los microorganismos del suelo, mejorando la disponibilidad de nutrientes.

En la naturaleza, la degradación de la pared celular vegetal se realiza por hongos, bacterias y actinomicetos que secretan una amplia gama de enzimas necesarias para la completa descomposición de la celulosa, hemicelulosa y lignina (Paës et al., 2012). Se ha prestado especial atención a procariontes debido a la facilidad en su manipulación genética y el cultivo a gran escala que es logrado fácilmente, siendo los actinomicetos interesantes por su crecimiento como hifas de ramificación que se adaptan a penetrar y degradar sustratos insolubles como la lignocelulosa (McCarthy et al., 1987; Prasad et al., 2013).

Microorganismos degradadores de la material vegetal

La diversidad de microorganismos en el suelo es muy compleja y de hecho, se considera que el suelo es el hábitat más complejo en cuanto a diversidad de especies presentes en el planeta. Una de las especies más abundantes en suelos son los actinomicetos los cuales presentan funciones metabólicas fundamentales para la salud del suelo, estas bacterias filamentosas son capaces de hidrolizar eficientemente los residuos vegetales generando moléculas más accesibles para los demás microorganismos presentes en el suelo. También tienen la capacidad de producir gran cantidad de metabolitos entre los que resaltan; antibióticos y compuestos que pueden favorecer el crecimiento vegetal y por ende, aumentar la productividad de los suelos agrícolas.

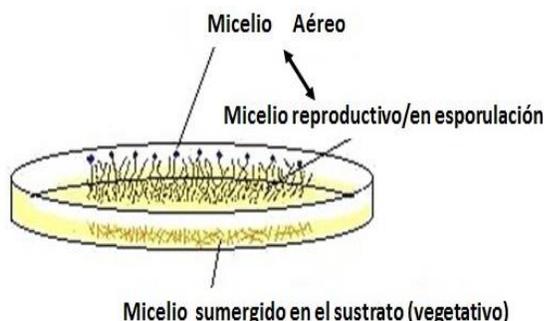
Actinomicetos

Los actinomicetos son bacterias filamentosas, gram-positivas, formadoras de esporas con pared celular que contiene ácido L-L diaminopimélico y un alto contenido de G+C (57-75%) en su ADN (Pathalam et al., 2017). La palabra "Actinomicetos" se deriva de la palabra griega "atkis" (un rayo) y "mykes" (hongo), es decir, son organismos que presentan características similares a las bacterias y hongos (Das et al., 2008; Kishore et al., 2013). Existen en una amplia variedad de hábitats naturales tanto del medio ambiente marino como terrestre (Bhakyashree y Kannabiran, 2018), particularmente en suelos, agua dulce, lagos, fondos fluviales, abonos y compost (Bizuye et al., 2013). En suelos, los actinomicetos están al lado de las bacterias en orden de abundancia, sin embargo el tamaño y número de comunidades depende de diversos factores como la textura, humedad, pH y contenido de materia orgánica (Messaoudi et al., 2015). Los géneros predominantes suelen ser *Streptomyces* con el 70-90% de las colonias, seguido por *Nocardia* con 10-30%, y el tercero *Micromonospora* que constituye del 1-15% de la población total del suelo (Quiñonez et al., 2016).

La mayoría de las especies son heterótrofas, crecen en un rango de temperatura de 25-30 °C y pH de 5.0-9.0 (González, 2010). Exhiben una gama de ciclos de vida que son únicos entre las procariontes y presentan una tasa de crecimiento lento en comparación con otras bacterias y hongos (Rasool y Hemalatha, 2017). Su morfología es compleja, cuya característica común es la formación de hifas en algún estado de su ciclo de desarrollo mediante la aparición de micelio aéreo y de sustrato (Bhatti et al., 2017). Dentro de este grupo existen organismos que poseen ciclos de diferenciación, tal es el caso de *Actinomyces* donde el micelio se forma de una manera transitoria y se reproducen por escisión; otros como *Micromonospora* que poseen un desarrollo miceliar estable durante todo su ciclo y se reproducen mediante esporas; sin embargo, el mayor grado de complejidad lo alcanza el género *Streptomyces* (Barbés et al., 1978).

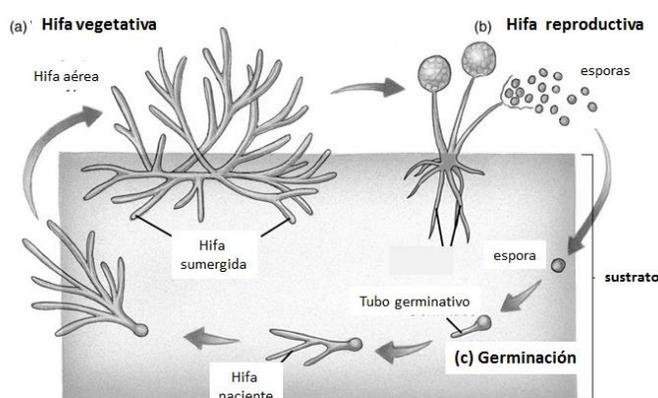
En el ciclo de *Streptomyces* se generan hifas ramificadas que dan lugar al micelio de sustrato con funciones vegetativas y se dispersa a través de esporas que forman estructuras reproductivas especializadas llamadas hifas aéreas que emergen de la superficie de la colonia hacia el aire (Flärdh y Buttner, 2009) como se muestra en la Figura 2.

Figura 2 Tipos de micelio que se desarrollan en cultivo sólido para el género *Streptomyces*



Cuando una espora encuentra condiciones óptimas de aporte de nutrientes y humedad, se inicia la germinación en uno o dos tubos germinativos que originan hifas que penetran profundamente en el sustrato del cual obtienen nutrientes a partir de la acción de enzimas hidrolíticas extracelulares. El crecimiento de las hifas ocurre por extensión longitudinal de la pared celular en el extremo apical de la hifa, que generará nuevos puntos de crecimiento y dará a lugar a la formación de ramificaciones, formándose una red de hifas que constituye el micelio de sustrato (Figura 3) (Botas, 2013). En contraste con otras bacterias que producen esporas como mecanismo de defensa, los actinomicetos las producen como principal método de dispersión, estas esporas son una característica morfológica y taxonómica de cada especie, la forma de la cadena puede ser recta, ramificada, espiral o flexuosas (Pianzola y Verdier, 2011).

Figura 3 Ciclo de crecimiento del género *Streptomyces*



Una característica particular de los actinomicetos es la producción del olor típico a suelo húmedo debido a la generación de un metabolito denominado geosmina (Salazar *et al.*, 2014). Además, no producen mucopolisacáridos de ahí que se observen en placas de agar como colonias secas y no cremosas (Dávila *et al.*, 2013).

Aplicaciones biotecnológicas de Actinomicetos

Los actinomicetos son bien conocidos por su capacidad de producir una gran riqueza de productos naturales con complejidad estructural y diversas actividades biológicas (Abdelmohsen *et al.*, 2015). Más del 70% de los antibióticos de origen natural que están en uso clínico se derivan de actinomicetos del suelo, entre los 140 géneros de actinomicetos descritos, solo unos pocos son responsables de la producción de más de 22,000 productos naturales microbianos (Varalakshmi *et al.*, 2014), mientras que el 20% son producidos por hongos, 7% por *Bacillus* spp. y 1-2% por otras bacterias (Subramani y Aalbersberg, 2012).

En particular, *Streptomyces* es el género mejor caracterizado y se considera uno de los organismos más importantes industrialmente debido a sus capacidades en la producción de metabolitos secundarios, que incluyen antibióticos, enzimas, pigmentos, fármacos contra el cáncer, antifúngicos, antiprotozoarios, antivirales, anticolesterol, inmunosupresores e inhibidores enzimáticos (Choi *et al.*, 2015; Bhatti *et al.*, 2017). Algunos compuestos de uso biotecnológico producidos por actinomicetos se reflejan en la Tabla 1.

Tabla 1 Aplicaciones biotecnológicas de actinomicetos

Compuesto	Fuente	Actividad biológica	Referencia
Rifamicina	<i>Micromonospora rifamycinica</i>	Antibacterial	Huang <i>et al.</i> , 2008
Validamicina	<i>Streptomyces hygroscopicus</i> 5008	Antifúngico	Wu <i>et al.</i> , 2012
Antimicina A	<i>Streptomyces lusitanus</i>	Antifúngico	Han <i>et al.</i> , 2012
Factomicina	<i>Streptomyces globosus</i> DK15	Antibacteriano	Charousová <i>et al.</i> , 2018
Neomicina	<i>Streptomyces fradiae</i>	Antibacteriano	Machado <i>et al.</i> , 2015
Caboxamicina	<i>Streptomyces</i> sp. NTK 937	Anticancerígeno	Hohmann <i>et al.</i> , 2009
Lipasa	<i>Actinomycetes nocardioopsis</i> A17	Enzimas	Chakraborty <i>et al.</i> , 2015
Granaticina A	<i>Streptomyces</i> sp. SUE01	Antibacteriano	Gurovic y Olivera, 2017
Doxorubicina	<i>Streptomyces peucetius</i>	Anticancerígeno	Malla <i>et al.</i> , 2010
Avermectina	<i>Streptomyces avermitilis</i>	Antihelmíntico	Weber <i>et al.</i> , 2015
Tunicamicina	<i>Streptomyces torulosus</i> T-4	Antiviral	Atta, 2015
Megalomicina	<i>Micromonospora megalomicea</i>	Antiparasitaria	Olano <i>et al.</i> , 2008
2-aliloxifenol	<i>Streptomyces</i> MS1 /7	Conservador alimenticio	Arumugam <i>et al.</i> , 2010
Estaurosporina	<i>Streptomyces</i> sp. QD518	Antitumoral	Wu <i>et al.</i> , 2006
Salinosporamida A	<i>Salinispora tropica</i>	Anticancerígeno	Subramani y Aalbersberg, 2012

Los actinomicetos que producen metabolitos secundarios a menudo tienen el potencial de producir varios compuestos por una misma cepa, la producción podría estar influenciada por diversos parámetros de fermentación, como los nutrientes disponibles que incluyen fuente de carbono y nitrógeno, pH, oxígeno, temperatura, agitación, sales minerales, iones metálicos, precursores, inductores e inhibidores (Subramani y Aalbersberg, 2012). Los metabolitos generados por estos microorganismos tienen aplicación en industrias, tales como agrícola, farmacéutica, textil y alimentaria (Himaman *et al.*, 2016).

Referencias

- Acevedo, E., Silva, P. (2003). Agronomía de la cero labranza. En Cap. 3. Rastrojos y su manejo. Universidad de Chile. 39-47. ISBN 956-19-0363-6.
- Abdelmohsen, U.R., Grkovic, T., Balasubramanian, S., Kamel, M.S., Quinn, R.J., Hentschel, U. (2015). Elicitation of secondary metabolism in actinomycetes. *Biotechnology advances*, 33(6), 798-811.
- Atta, H. M. (2015). Biochemical studies on antibiotic production from *Streptomyces* sp.: Taxonomy, fermentation, isolation and biological properties. *Journal of Saudi Chemical Society*, 19(1), 12-22.
- Arumugam, M., Mitra, A., Jaisankar, P., Dasgupta, S., Sen, T., Gachhui, R., Mukherjee, J. (2010). Isolation of an unusual metabolite 2-allyloxyphenol from a marine actinobacterium, its biological activities and applications. *Applied microbiology and biotechnology*, 86(1), 109-117.
- Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R. (2009). Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación. Cap. 17: Reducción de las emisiones ambientales y secuestro de carbono. (No. P4169). Editorial Acirbia, 311-324.
- Basha, N. S., Rekha, R., Komala, M., Ruby, S. (2009). Production of extracellular anti-leukaemic enzyme lasparaginase from marine actinomycetes by solidstate and submerged fermentation: Purification and characterisation. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 8(4); 353-360.
- Barbés, C., Fernández, A., Manzanal, M.B., Moraleda, P., Salas, J.A., Suárez, J.E. Hardisson, R.C. (1978). Ciclo de desarrollo de *Streptomyces* y *Micromonospora*. Departamento Interfacultativo de Microbiología. Universidad de Oviedo.
- Becerra-Castro, C., Lopes, A. R., Vaz-Moreira, I., Silva, E. F., Manaia, C. M., Nunes, O. C. (2015). Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. *Environment international*, 75, 117-135.

- Bhakyashree, K., Kannabiran, K. (2018). Actinomycetes mediated targeting of drug resistant MRSA pathogens. *Journal of King Saud University-Science*. doi:
- Bhatti, A.A., Haq, S., & Bhat, R.A. (2017). Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. *Microbial pathogenesis*, 111, 458-467.
- Bizuye, A., Moges, F., Andualem, B. (2013). Isolation and screening of antibiotic producing actinomycetes from soils in Gondar town, North West Ethiopia. *Asian Pacific journal of tropical disease*, 3(5), 375-381.
- Botas, M.A.M. (2013). Regulación del metabolismo en *Streptomyces*: Control por ArgR. Tesis de doctorado. Universidad de León, España.
- Büchi, L., Wendling, M., Amossé, C., Jeangros, B., Sinaj, S., Charles, R. (2017). Long and short term changes in crop yield and soil properties induced by the reduction of soil tillage in a long term experiment in Switzerland. *Soil and Tillage Research*, 174, 120-129.
- Céspedes, C., Millas, P. (2015). Rastrojo de cultivos y residuos forestales. En Cap. 2 Relevancia de la materia orgánica en el suelo. Boletín INIA, 308. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.
- Chakraborty, S., Ghosh, M., Chakraborti, S., Jana, S., Sen, K. K., Kokare, C., Zhang, L. (2015). Biosurfactant produced from *Actinomycetes nocardioopsis* A17: Characterization and its biological evaluation. *International journal of biological macromolecules*, 79, 405-412.
- Charousová, I., Medo, J., Hleba, L., Javoreková, S. (2018). *Streptomyces globosus* DK15 and *Streptomyces ederensis* ST13 as new producers of factumycin and tetrangomycin antibiotics. *Brazilian Journal of Microbiology*.
- CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (2016). LA importancia de la rotación de cultivos. SAGARPA, México.
- Chakraborty, S., Ghosh, M., Chakraborti, S., Jana, S., Sen, K.K., Kokare, C., Zhang, L. (2015). Biosurfactant produced from *Actinomycetes nocardioopsis* A17: characterization and its biological evaluation. *International journal of biological macromolecules*, 79, 405-412.
- Charousová, I., Medo, J., Hleba, L., Javoreková, S. (2018). *Streptomyces globosus* DK15 and *Streptomyces ederensis* ST13 as new producers of factumycin and tetrangomycin antibiotics. *Brazilian Journal of Microbiology*.
- Chaves, B.N.F., Araya, F.C.M. (2013). Efecto de la rotación de cultivos en la incidencia del amachamiento (*Aphelenchoides besseyi* Christie) en frijol. *Agronomía Costarricense*, 36(2),61-70.
- Chavez, A., Rodas, K., Prado, B., Thompson, R., Jiménez, B. (2012). An evaluation of the effects of changing wastewater irrigation regime for the production of alfalfa (*Medicago sativa*). *Agricultural water management*, 113, 76-84.
- Chen, H., Liu, J., Chang, X., Chen, D., Xue, Y., Liu, P., Han, S. (2017). A review on the pretreatment of lignocellulose for high-value chemicals. *Fuel Processing Technology*, 160, 196-206.
- Chen, W., Lu, S., Jiao, W., Wang, M., Chang, A.C. (2013). Reclaimed water: A safe irrigation water source. *Environmental Development*, 8, 74-83.
- Choi, S.S., Kim, H.J., Lee, H.S., Kim, P., & Kim, E.S. (2015). Genome mining of rare actinomycetes and cryptic pathway awakening. *Process Biochemistry*, 50(8), 1184-1193.
- Choudhury, S. G., Srivastava, S., Singh, R., Chaudhari, S. K., Sharma, D. K., Singh, S. K., Sarkar, D. (2014). Tillage and residue management effects on soil aggregation, organic carbon dynamics and yield

- attribute in rice–wheat cropping system under reclaimed sodic soil. *Soil and Tillage Research*, 136, 76-83.
- CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (2012). *Revista Claridades Agropecuarias*, 221, 42-44.
- Contreras, J. D., Meza, R., Siebe, C., Rodríguez-Dozal, S., López-Vidal, Y. A., Castillo-Rojas, G. Vázquez-Salvador, N. (2017). Health risks from exposure to untreated wastewater used for irrigation in the Mezquital Valley, Mexico: a 25-year update. *Water research*, 123, 834-850.
- Cornejo-Oviedo, F.M., López-Herrera, M., Beltrán-Hernández, R.I., Acevedo-Sandoval, O.A., Lucho-Constantino, C.A., Reyes-Santamaría, M.I. (2012). Soil degradation in the irrigation District 003 Tula, Valle del Mezquital, Hidalgo, Mexico. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4), 873-880.
- Das, S., Lyla, P.S., Khan, S.A. (2008). Distribution and generic composition of culturable marine actinomycetes from the sediments of Indian continental slope of Bay of Bengal. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 26(2), 166-177.
- Dávila, R.A.G., Guzmán, G.E. (2015). Caracterización del agua utilizada para irrigación de tierras de cultivo en el Distrito 003 de Tula. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, México.
- De Alba, R. (2008). Aguas residuales: el oro negro del Valle del Mezquital. *Crónicas ambientales*. 24-26.
- De Almeida, W. S., Panachuki, E., de Oliveira, P. T. S., da Silva Menezes, R., Sobrinho, T. A., de Carvalho, D.F. (2018). Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. *Soil and Tillage Research*, 175, 130-138.
- Durán–Álvarez, J. C., Prado, B., Ferroud, A., Juayerk, N., Jiménez-Cisneros, B. (2014). Sorption, desorption and displacement of ibuprofen, estrone, and 17 β estradiol in wastewater irrigated and rainfed agricultural soils. *Science of the Total Environment*, 473, 189-198.
- Elgallal, M., Fletcher, L., Evans, B. (2016). Assessment of potential risks associated with chemicals in wastewater used for irrigation in arid and semiarid zones: A review. *Agricultural Water Management*, 177, 419-431.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2008). Agricultura de Conservación. En línea: <http://www.fao.org/conservation-agriculture/en/> Consultado 20/ julio de 2018.
- Flårdh, K., Buttner, M. J. (2009). Streptomyces morphogenetics: dissecting differentiation in a filamentous bacterium. *Nature Reviews Microbiology*, 7(1), 36-49.
- Flora, D.O., Adeyemi, A.I., George, W.P. (2015). Hyoscyamine-producing marine Actinomycetes from Lagos Lagoon sediment. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(3), 196-201.
- Friedrich, T., Derpsch, R., Kassam, A. (2012). Overview of the global spread of conservation agriculture. *Field Actions Science Reports. The journal of field actions*, (Special Issue 6).
- Gao, L., Wang, B., Li, S., Wu, H., Wu, X., Liang, G., Degré, A. (2019). Soil wet aggregate distribution and pore size distribution under different tillage systems after 16 years in the Loess Plateau of China. *CATENA*, 173, 38-47.
- George, S.P., Ahmad, A., Rao, M.B. (2001). Studies on carboxymethyl cellulase produced by an alkalothermophilic actinomycete. *Bioresource Technology*, 77(2), 171-175.
- Giller, K. E., Witter, E., Corbeels, M., Tittonell, P. (2009). Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view. *Field crops research*, 114 (1), 23-34.

- González, J.Y.T. (2010). Los actinomicetos: una visión como promotores de crecimiento vegetal. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Gurovic, M.V., Olivera, N.L. (2017). Antibacterial producing actinomycetes from Extra Andean Patagonia. *Journal of Arid Environments*, 144, 216-219.
- Han, Z., Xu, Y., McConnell, O., Liu, L., Li, Y., Qi, S., Qian, P. (2012). Two antimycin A analogues from marine-derived actinomycete *Streptomyces lusitanus*. *Marine drugs*, 10(3), 668-676.
- Harper, J. K., Roth, G. W., Garalejić, B., Škrbić, N. (2018). Programs to promote adoption of conservation tillage: A Serbian case study. *Land Use Policy*, 78, 295-302.
- Himaman, W., Thamchaipenet, A., Pathom-aree, W., Duangmal, K. (2016). Actinomycetes from *Eucalyptus* and their biological activities for controlling *Eucalyptus* leaf and shoot blight. *Microbiological research*, 188, 42-52.
- Hohmann, C., Schneider, K., Bruntner, C., Irran, E., Nicholson, G., Bull, A.T., Jones, A.L., Brown, R., Stach, J.E.M., Goodfellow, M., Beil, W., Kramer, M., Imhoff, J.F., Sussmuth, R.D., Fiedler, H.P. (2009). Caboxamycin, a new antibiotic of the benzoxazole family produced by the deep-sea strain *Streptomyces* sp. NTK 937. *The Journal of antibiotics*, 62(2), 99-104.
- Hokkanen, S., Bhatnagar, A., Sillanpää, M. (2015). A review on modification methods to cellulose-based adsorbents to improve adsorption capacity. *Water Research*. Doi: 10.1016/j.watres.2016.01.008
- Huang, H., Lv, J., Hu, Y., Fang, Z., Zhang, K., Bao, S. (2008). *Micromonospora rifamycinica* sp. nov., a novel actinomycete from mangrove sediment. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 58(1), 17-20.
- Hydbom, S., Ernfors, M., Birgander, J., Hollander, J., Jensen, E. S., Olsson, P. A. (2017). Reduced tillage stimulated symbiotic fungi and microbial saprotrophs, but did not lead to a shift in the saprotrophic microorganism community structure. *Applied Soil Ecology*, 119, 104-114.
- Kanchanaroek, Y., Aslam, U. (2018). Policy schemes for the transition to sustainable agriculture—Farmer preferences and spatial heterogeneity in northern Thailand. *Land Use Policy*, 78, 227-235.
- Kishore P., Mangwani, N., Dash, H.R., Das, S. (2013). Taxonomic study of antibiotic-producing marine actinobacteria. In: Kim SK, editor. *Marine microbiology: bioactive compounds and biotechnological applications*. Weinheim: Wiley-VCH; p. 37-8.
- Koupaie, E. H., Dahadha, S., Lakeh, A. B., Azizi, A., Elbeshbishy, E. (2018). Enzymatic pretreatment of lignocellulosic biomass for enhanced biomethane production-A review. *Journal of environmental management*.
- Kuntz, M., Berner, A., Gattinger, A., Scholberg, J. M., Mäder, P., Pfiffner, L. (2013). Influence of reduced tillage on earthworm and microbial communities under organic arable farming. *Pedobiologia*, 56(4-6), 251-260.
- Jiménez, B., Sieve, C., Cifuentes, E. (2004). El Reúso Intencional y No Intencional del Agua en el Valle de Tula. 33-55.
- Jordán, A., Zavala, L. M., Gil, J. (2010). Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena*, 81(1), 77-85.
- León-Noguera, P., López Gómez, A., Cea Migenes, M., Llanes, V. (2013). Comparación de profundidades de Labranza Reducida y Siembra Directa con y sin humus de lombriz en el cultivo de la zanahoria. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(3), 42-45.

- Lesser, L. E., Mora, A., Moreau, C., Mahlkecht, J., Hernández-Antonio, A., Ramírez, A. I., Barrios-Pina, H. (2018). Survey of 218 organic contaminants in groundwater derived from the world's largest untreated wastewater irrigation system: Mezquital Valley, Mexico. *Chemosphere*, 198, 510-521.
- Machado, I., Teixeira, J.A., Rodríguez, C.S. (2013). Semi-solid-state fermentation: a promising alternative for neomycin production by the actinomycete *Streptomyces fradiae*. *Journal of biotechnology*, 165(3-4), 195-200.
- Malla, S., Niraula, N. P., Liou, K., Sohng, J. K. (2010). Improvement in doxorubicin productivity by overexpression of regulatory genes in *Streptomyces peucetius*. *Research in microbiology*, 161(2), 109-117.
- Margenot, A.J., Paul, B.K., Sommer, R.R., Pulleman, M.M., Parikh, S.J., Jackson, L.E., Fonte, S.J. (2017). Can conservation agriculture improve phosphorus (P) availability in weathered soils? Effects of tillage and residue management on soil P status after 9 years in a Kenyan Oxisol. *Soil and Tillage Research*, 166, 157-166.
- Maurya, D. P., Singla, A., Negi, S. (2015). An overview of key pretreatment processes for biological conversion of lignocellulosic biomass to bioethanol. *3 Biotech*, 5(5), 597-609.
- McCarthy, A. J. (1987). Lignocellulose-degrading actinomycetes. *FEMS microbiology letters*, 46(2), 145-163.
- Merkel, K., Rydarowski, H., Kazimierczak, J., Bloda, A. (2014). Processing and characterization of reinforced polyethylene composites made with lignocellulosic fibres isolated from waste plant biomass such as hemp. *Composites: Part B*. 67, 138–144.
- Messaoudi, O., Bendahou, M., Benamar, I., Abdelwouhid, D.E. (2015). Identification and preliminary characterization of non-polyene antibiotics secreted by new strain of actinomycete isolated from sebkha of Kenadsa, Algeria. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(6), 438-445.
- Mhlanga, B., Cheesman, S., Chauhan, B.S., Thierfelder, C. (2016). Weed emergence as affected by maize (*Zea mays* L.)-cover crop rotations in contrasting arable soils of Zimbabwe under conservation agriculture. *Crop protection*, 81, 47-56.
- Montelongo, R.M.M., Otazo, S.E.M., Romo, G.C., Gordillo, M.A.J., Galindo, C.E. (2015). GHG and black carbon emission inventories from Mezquital Valley: The main energy provider for Mexico Megacity. *Science of the Total Environment*, 527, 455-464.
- Mora, M., Ordaz, V., Castellanos, J. Z., Aguilar Santelises, A., Gavi, F., Volke, V. (2001). Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. *Terra Latinoamericana*, 19(1).
- Nasr, S., Reza, S.M., Hatef, S.A., Ghadam, P. (2013). Partial Optimization of Endo-1, 4-B-Xylanase Production by *Aureobasidium pullulans* Using Agro-Industrial Residues. *Iran J Basic Med Sci*. 16 (12). 1245-1253.
- Negahdar, L., Delidovich, I., Palkovits, R. (2016). Aqueous-phase hydrolysis of cellulose and hemicelluloses over molecular acidic catalysts: Insights into the kinetics and reaction mechanism. *Applied Catalysis B: Environmental*. 184, 285–298.
- Núñez, G.A.L. (2015). Caracterización de la problemática de aguas residuales en Ixmiquilpan, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- Nzeyimana, I., Hartemink, A.E., Ritsema, C., Stroosnijder, L., Lwanga, E. H., Geissen, V. (2017). Mulching as a strategy to improve soil properties and reduce soil erodibility in coffee farming systems of Rwanda. *Catena*, 149, 43-51.

- Olano, C., Lombo, F., Mendez, C., Salas, J. A. (2008). Improving production of bioactive secondary metabolites in actinomycetes by metabolic engineering. *Metabolic engineering*, 10(5), 281-292.
- Ortega-Larrocea, M. P., Siebe, C., Becard, G., Mendez, I., Webster, R. (2001). Impact of a century of wastewater irrigation on the abundance of arbuscular mycorrhizal spores in the soil of the Mezquital Valley of Mexico. *Applied Soil Ecology*, 16(2), 149-157
- Otazo-Sánchez, E., Pavón, N.P., Bravo-Cadena, J., Pulido, M.T., López-Pérez, S. Razo-Zarate, R. (2013). Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Hidalgo. SEMARNATH, Pachuca, Hidalgo; México.
- Oshunsanya, S. O., Yu, H., Li, Y. (2018). Soil loss due to root crop harvesting increases with tillage operations. *Soil and Tillage Research*, 181, 93-101.
- Pathalam, G., Rajendran, H.A.D., Appadurai, D.R., Gandhi, M.R., Michael, G.P., Savarimuthu, I., Naif, A.A.D. (2017). Isolation and molecular characterization of actinomycetes with antimicrobial and mosquito larvicidal properties. *Beni-Suef University journal of basic and applied sciences*, 6(2), 209-217.
- Paës, G., Berrin, J.G., Beaugrand, J. (2012). GH11 xylanases: Structure/function/properties relationships and applications. *Biotechnology Advances*, 30, 564–592.
- Palacio, P.J.L., Siebe, C. (1994). *Rev. Mex. Cien. Geol.* , 11; 68.
- Pareja-Sánchez, E., Plaza-Bonilla, D., Ramos, M. C., Lampurlanés, J., Álvaro-Fuentes, J., Cantero-Martínez, C. (2017). Long-term no-till as a means to maintain soil surface structure in an agroecosystem transformed into irrigation. *Soil and Tillage Research*, 174, 221-230.
- Peigné, J., Vian, J. F., Payet, V., Saby, N. P. (2018). Soil fertility after 10 years of conservation tillage in organic farming. *Soil and Tillage Research*, 175, 194-204.
- Pianzola, M.J. Verdier, E. (2011). Aislamiento e identificación molecular de cepas de *Streptomyces* causantes de sarna común en la papa. Tesis de Licenciatura. Universidad de la Republica, Uruguay.
- Ponnusamy, V. K., Nguyen, D. D., Dharmaraja, J., Shobana, S., Banu, R., Saratale, R. G., Kumar, G. (2019). A review on lignin structure, pretreatments, fermentation reactions and biorefinery potential. *Bioresource Technology*, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.070>.
- Prado, B.C., Siebe, C., Bischoff, W.A., Hernández, M.L., Mora, L. (2015). EL SUELO: guardián de la calidad del agua subterránea. CONABIO. *Biodiversitas*, 122, 6-9.
- Prasad, P., Singh, T., & Bedi, S. (2013). Characterization of the cellulolytic enzyme produced by *Streptomyces griseorubens* (Accession No. AB184139) isolated from Indian soil. *Journal of King Saud University-Science*, 25(3), 245-250.
- Quiñones, A.E.E., Evangelista, M.Z. Rincón, E.G. (2016). Los Actinomicetos y su aplicación biotecnológica. *Elementos*, 101, 59-64.
- Rasool, U., Hemalatha, S. (2017). Marine endophytic actinomycetes assisted synthesis of copper nanoparticles (CuNPs): Characterization and antibacterial efficacy against human pathogens. *Materials Letters*, 194, 176-180.
- Rojas, L. A. (2001). La labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos. *Agronomía mesoamericana*, 12(2), 209-212.
- Rubin, E.M. (2008). Genomics of cellulosic biofuels. *NATURE*. 454 (14), 841-845.

- Saad, A.A., Das, T.K., Rana, D.S., Sharma, A.R., Bhattacharyya, R., Lal, K. (2016). Energy auditing of a maize–wheat–greengram cropping system under conventional and conservation agriculture in irrigated north-western Indo-Gangetic Plains. *Energy*, 116, 293-305.
- Salazar, L.A.M., Ordoñez, G.C.A., Hernández, S.D., Castaño, P.L.M., Peña, P.K., Rodríguez, N.J.R. Bueno, L.L. (2014). Actinomicetos aislados del suelo del Jardín botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira. *Scientia et Technica*, 19(2), 223-229.
- Salazar-Ledesma, M., Prado, B., Zamora, O., Siebe, C. (2018). Mobility of atrazine in soils of a wastewater irrigated maize field. *Agriculture. Ecosystems & Environment*, 255, 73-83.
- Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T., Zahoor, A. (2013). Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. *Agricultural Water Management*, 130, 1-13.
- Seidl, P. R., Goulart, A. K. (2016). Pretreatment processes for lignocellulosic biomass conversion to biofuels and bioproducts. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 2, 48-53.
- Sharma, H. K., Xu, C., Qin, W. (2017). Biological pretreatment of lignocellulosic biomass for biofuels and bioproducts: an overview. *Waste and Biomass Valorization*, 1-17.
- Siebe, C. (1998). Nutrient inputs to soils and their uptake by alfalfa through long -term irrigation with untreated sewage effluent in Mexico. *Soil Use Manage*, 14; 19-122.
- Siemens, J., Huschek, G., Siebe, C., Kaupenjohann, M. (2008). Concentrations and mobility of human pharmaceuticals in the world's largest wastewater irrigation system, Mexico City–Mezquital Valley. *Water Research*, 42(8), 2124-2134.
- Silva, C.P., Vergara, S.W., Acevedo, I.E. (2015). Rastrojo de cultivos y residuos forestales. En Cap. 3 Rotación de cultivos. *Boletín INIA*, 308. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile.
- Solis, C., Andrade, E., Mireles, A., Reyes-Solis, I. E., Garcia-Calderon, N., Lagunas-Solar, M. C. Flocchini, R. G. (2005). Distribution of heavy metals in plants cultivated with wastewater irrigated soils during different periods of time. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 241(1-4), 351-355.
- Srinivasan, V., Maheswarappa, H. P., Lal, R. (2012). Long term effects of topsoil depth and amendments on particulate and non particulate carbon fractions in a Miamian soil of Central Ohio. *Soil and Tillage Research*, 121, 10-17.
- Subramani, R., Aalbersberg, W. (2012). Marine actinomycetes: an ongoing source of novel bioactive metabolites. *Microbiological Research*, 167(10), 571-580.
- Sun, Y., Zeng, Y., Shi, Q., Pan, X., Huang, S. (2015). No-tillage controls on runoff: A meta-analysis. *Soil and Tillage Research*, 153, 1-6.
- Tarolli, P., Cavalli, M., Masin, R. (2019). High-resolution morphologic characterization of conservation agriculture. *Catena*, 172, 846-856.
- Torabian, S., Farhangi-Abriz, S., Denton, M. D. (2019). Do tillage systems influence nitrogen fixation in legumes? A review. *Soil and Tillage Research*, 185, 113-121.
- Varalakshmi, T., Sekhar, K.M., Charyulu, P.B.B. (2014). Taxonomic studies and phylogenetic characterization of potential and pigmented antibiotic producing actinomycetes isolated from rhizosphere soils. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(6), 511-519.
- Weber, T., Charusanti, P., Musiol-Kroll, E. M., Jiang, X., Tong, Y., Kim, H. U., Lee, S. Y. (2015). Metabolic engineering of antibiotic factories: new tools for antibiotic production in actinomycetes. *Trends in biotechnology*, 33(1), 15-26.

- Wu, H., Qu, S., Lu, C., Zheng, H., Zhou, X., Bai, L., Deng, Z. (2012). Genomic and transcriptomic insights into the thermo-regulated biosynthesis of validamycin in *Streptomyces hygroscopicus* 5008. *BMC genomics*, 13(1), 337.
- Wu, S. J., Fotso, S., Li, F., Qin, S., Kelter, G., Fiebig, H. H., Laatsch, H. (2006). N-Carboxamido-staurosporine and Selina-4 (14), 7 (11)-diene-8, 9-diol, New Metabolites from a Marine *Streptomyces* sp. *The Journal of antibiotics*, 59(6), 331.
- Zabed, H., Sahu, J.N., Boyce, A.N., Faruq, G. (2016). Fuel ethanol production from lignocellulosic biomass: An overview on feedstocks and technological approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 66, 751–774.
- Zhang, Y., Wang, S., Wang, H., Ning, F., Zhang, Y., Dong, Z., Li, J. (2018). The effects of rotating conservation tillage with conventional tillage on soil properties and grain yields in winter wheat-spring maize rotations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263, 107-117.
- Zhao, X., Liu, S.L., Pu, C., Zhang, X.Q., Xue, J.F., Ren, Y.X. Zhang, H.L. (2017). Crop yields under no-till farming in China: A meta-analysis. *European Journal of Agronomy*, 84, 67-75.
- Zheng, Y., Zhao, J., Xu, F., Li, Y. (2014). Pretreatment of lignocellulosic biomass for enhanced biogas production. *Progress in Energy and Combustion Science*. 1-19.

Análisis de material particulado en un parque de la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México

Analysis of particulate matter in a park in the city of Guadalajara, Jalisco, Mexico

OROZCO-MEDINA, Martha Georgina†, MARTÍNEZ-ABARCA, Javier Omar y FIGUEROA-MONTAÑO, Arturo

Universidad de Guadalajara

ID 1^{er} Autor: *Martha Georgina, Orozco-Medina* / **ORC ID:** 0000-0002-2619-3408, **Researcher ID Thomson:** T-4562-2018, **CVU CONACYT ID:** 25755

ID 1^{er} Coautor: *Javier Omar, Martínez-Abarca* / **ORC ID:** 0000-0003-4592-7822, **Researcher ID Thomson:** T-4561-2018, **CVU CONACYT ID:** 948374

ID 2^{do} Coautor: *Arturo Figueroa-Montaño* / **ORC ID:** 0000-0001-7442-6301, **Researcher ID Thomson:** T-6241-2018, **CVU CONACYT ID:** 76655

Resumen

Se analizó la concentración de material particulado en un parque recreativo y deportivo de la ciudad de Guadalajara. Se determinaron las concentraciones de tamaño de partícula de 0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0 y 10 μm en dos estaciones: invierno y primavera, se clasificó con una tabla de límites establecidos y se evaluó el riesgo a la salud. El resultado indicó una mayor concentración de partículas en primavera que invierno, y una mayor cantidad de concentración de partículas 0.3 μm para ambas estaciones. Este estudio valora la importancia del bienestar de los visitantes así como su salud por exponerse diario a un ambiente que se supone debe ser libre de contaminación. De igual manera, recupera el valor del ecosistema dentro de los sistemas urbanos como espacio multifuncional.

Calidad del aire, Contaminación atmosférica, Salud ambiental, Material particulado, Ecosistema urbano

Abstract

The concentration of particulate matter in a recreational and sports park in the city of Guadalajara was analyzed. The particle size concentrations of 0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0 and 10 μm were determined in two seasons: winter and spring, it was classified with a table of established limits and the health risk was evaluated. The result indicated a higher concentration of particles in spring than winter, and a greater amount of particle concentration 0.3 μm for both seasons. This study supports the importance of visitors' well-being as well as their health by exposing themselves daily to an environment that is supposed to be free of any contamination. Similarly, it recovers the value of the ecosystem within urban systems as a multifunctional space.

Air quality, Air pollution, Environmental health, Particulate matter, Urban ecosystem

Introducción

Las ciudades son ecosistemas dinámicos y complejos que integran diferentes funciones entre las que se cuentan los servicios recreativos, deportivos y de contacto con la naturaleza, éstos se pueden encontrar en lugares como las unidades deportivas, la ubicación de los mismos puede limitar que las funciones que ahí se realizan no sean del todo óptimas por su cercanía a zonas críticas por contaminación atmosférica principalmente, tal es el caso de la Unidad Deportiva Tucson, ubicada en Guadalajara, lugar en donde se realizó la presente investigación.

En este sentido, cabe hacer mención que en años recientes, la contaminación por material particulado se ha convertido en un grave problema para todos los países, particularmente en la mayoría de países en vías de desarrollo y de economías emergentes. La contaminación atmosférica, derivada de las producciones antropogénicas se han intensificado con el proceso de urbanización en los últimos años y junto con ello, las evidencias de investigaciones que lo respaldan (Harrison y Yin, 2000; Wong et al, 2002; Brauer et al, 2012; Figueroa et al, 2016).

La población está expuesta todos los días a diferentes tóxicos que se encuentran como parte de la composición de partículas suspendidas en la atmósfera y que a menudo están por encima de los límites permisibles a consecuencia de diferentes orígenes como la industria y la combustión de combustibles fósiles. El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como las provenientes del uso exponencial de vehículos de motor (combustión de diésel), industria textil y minera o centrales térmicas (Fang et al, 2003; Figueroa et al, 2016).

Los altos niveles de concentración de material particulado representan un riesgo importante para la salud humana. Se estiman 1.34 millones de muertes prematuras atribuibles a la contaminación del aire en ciudades, esto quiere decir que una de cada nueve muertes en todo el mundo es el resultado de condiciones relacionadas con la contaminación atmosférica (OMS, 2016; Orozco et al, 2018). También se estima que para el año 2050 la contaminación del aire será el principal problema ambiental que cause muertes prematuras, con una cifra estimada de 3.6 millones por año (OCDE, 2012). Además de lo anterior, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) de la OMS, identificó que las partículas contaminadas tiene una relación directa con la creciente número de casos de pacientes con cáncer pulmonar, incluyendo también cáncer de vías urinarias y vejiga (IARC, 2013).

Un factor clave que mantiene una buena calidad ambiental en las ciudades, es el manejo adecuado de los parques, fuente básica de servicios ecosistémicos urbanos que cumplen un rol fundamental en la vida de los ciudadanos (Ngiam et al, 2017), lo que conlleva a una buena calidad del aire para la realización de las diferentes actividades que este tipo de espacios recrea como las que son al aire libre, ya sea el trote o caminata hasta el patinaje.

Diferentes investigaciones se han realizado en espacios abiertos para demostrar que el material particulado es una de las fuentes de contaminación que tiene en alerta la calidad de vida de las personas en zonas urbanas en expansión y lugares que tienen como actividad económica principal la del giro industrial (Suárez, 2012; Castro et al, 2018; Jiang et al, 2019).

Estos espacios proporcionan beneficios ecológicos y sociales clave para los habitantes de las zonas urbanas de todo el mundo. Proporcionan hábitat, mitigan la contaminación del aire, reducen el ruido y reducen los efectos de las islas de calor. Por otra parte, benefician a los habitantes de la ciudad al promover el ejercicio físico, mejorar las relaciones sociales y reducir el estrés (Jiang et al, 2019)

Además de que este tipo de áreas forman parte estructural dentro de la ciudad, fomentando la belleza del paisaje escénico, también describen la situación de la administración financiera del gobierno actual, ya que la baja apreciación de los espacios verdes se refleja directamente con el presupuesto que tienen los ayuntamientos (Tyrvainen y Vaananen, 1998).

Guadalajara es una de las ciudades que se ha visto envuelta en los últimos años en un laberinto inconcluso de crisis ambiental y de salud (Orozco, 2015), con tal motivo se presenta el siguiente estudio que contribuye al conocimiento que hay sobre la calidad del aire, con el objetivo específico de analizar la concentración de material particulado (0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0 y 10 μm) entre las estaciones de invierno y primavera en puntos donde los visitantes se reúnen para realizar actividades al aire libre en un parque, que por la contaminación atmosférica, suponen un nivel de riesgo para las personas que se exponen en este tipo de espacios que son base para su bienestar y recreo.

Área de estudio

El parque Tucson está ubicado en la calle Fidel Velázquez y Av. de los Normalistas en Guadalajara, Jalisco, México. Esta importante área de recreo es una de las principales Unidades Deportivas y de las más arboladas, cuenta con 8.3 hectáreas de superficie. Su composición es de Fresnos, Casuarinas y otros. Se constituye en una importante área de recarga de acuíferos y afloramiento de manantiales, con lo que se llena un lago y una cisterna para usarse en el riego de áreas verdes. Cuenta con canchas de basquetbol y voleibol, así como de fútbol rápido. Tiene servicio de clases de natación, y ofrece recreación en el lago con renta de lanchas. Dispone de amplios espacios para día de campo y tiene andadores que son utilizados para la caminata y el trote.

Metodología

Se eligieron 15 puntos de muestreo con respecto a los lugares de mayor incidencia por parte de los visitantes, de manera que quedaran distribuidos en toda la superficie del parque (Figura 1). Se realizaron seis muestreos, tres en la época de invierno (febrero de 2019) y tres para la época de primavera (abril de 2019).

Figura 1 Mapa de los puntos de muestreo de material particulado en el Parque Deportivo Tucson



Para la medición de partículas suspendidas se utilizó un video contador de partículas marca EXTECH® (Figura 2) el cual realiza conteo de partículas a través de un sonda isocinética y diferencia seis tamaños de partícula siendo éstos de 0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0 y 10 μm . Tiene una velocidad de flujo de 2.83 L/min, y cuenta con una eficacia de conteo del 50 % para 0.3 μm y 100 % para partículas > 0.45 μm . Los modos de conteo de partículas son acumulativo, diferencial y de concentración.

En las mediciones el equipo se configura para que realicen registros en cinco ciclos, en donde cada ciclo consta de 1 minuto. De esta manera se obtienen 5 minutos de medición, además de que el modo de muestreo queda acumulativo para todos los tamaños de partículas. Es importante recalcar que el equipo se coloca a la altura respiratoria de las personas entre 1.25 a 1.50 metros. Previo a la toma de mediciones, así como después de haberse realizado, el equipo debe de purgarse empleando el filtro de contador cero, el cual sirve para eliminar cualquier rastro de partículas que pudieran sesgar mediciones nuevas (Onat y Stakeeva 2013; Orozco et al, 2018)

Figura 2 Video contador de partículas VPC300®



A nivel mundial, no se encuentran regulados todos los tipos de partículas que el VPC300® mide, por lo que la empresa EXTECH brinda valores límites de sugerencia, además que diferentes investigadores a nivel mundial han utilizado sus parámetros como Kiurski et al en 2018, Mousavi et al en 2019 y González et al en 2014.

Sin embargo, actualmente no existe una normatividad oficial para partículas que no sean PM2.5 y PM10, en estos casos se recomienda hacer valoraciones de concentraciones, para ello se deberán registrar mediciones y hacer comparaciones entre “sitios problema” y sitios donde persiste una buena calidad del aire, de esta manera se podrán obtener valores de referencia otorgando categorías de riesgo (Sánchez, 2017).

El caso particular de este estudio es que se tiene concentraciones en número de partículas por pie cúbico (ft³), debido a la falta de normatividad para este tipo de concentraciones, se utilizó un recuento de partículas que proporciona el propio equipo, éstos valores son para cada tamaño de partícula, las concentraciones se agrupan por rangos y se muestran en formato de semáforo de riesgo con categorías de: bueno, precaución y peligro, (Tabla 1), de esta manera éstos valores fueron utilizados como referencia para el estudio.

Tabla 1 Valores de referencia para tamaño de partícula (Sugerida por Extech®)

Tamaño	Bueno	Precaución	Peligro
0.3 μm	0 a 100,000	100, 001 a 250,000	250, 001 a 500,000
0.5 μm	0 a 35,200	35,201 a 87,500	87,500 a 175,000
1.0 μm	0 a 8,320	8,321 a 20,800	20,801 a 41,600
2.5 μm	0 a 545	546 a 1,362	1,363 a 2,724
5.0 μm	0 a 193	194 a 483	484 a 966
10 μm	0 a 68	69 a 170	171 a 340

Nota: Las concentraciones están dadas en número de partículas/ft³ (pie cúbico)

Resultados y discusiones

Se dio respuesta al objetivo general del proyecto al realizar un diagnóstico ambiental en un espacio recreativo de Guadalajara, Jalisco, siendo este el Parque Unidad Deportiva Tucson, se determinaron las condiciones ambientales de la zona de estudio a través del análisis de las concentraciones de Material Particulado de 0.3, 0.5, 2.5, 5 y 10 μm , dióxido de carbono (CO_2) y niveles de ruido (dB A) para la evaluación de la calidad del aire.

Para ello se hicieron seis muestreos en total, tres en la estación de invierno, que corresponden a:

- Muestreo 1: 14 de febrero 2019 (Matutino)
- Muestreo 2: 21 de febrero 2019 (Vespertino)
- Muestreo 3: 10 de marzo 2019 (Diurno)

Y tres para la estación de primavera, que corresponden a los días:

- Muestreo 1: 02 de mayo 2019 (Vespertino)
- Muestreo 2: 03 de mayo 2019 (Matutino)

A partir de los resultados obtenidos, se aplicó un Análisis de Varianza Multifactorial (ANOVA) para ver si existían diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las variables monitoreadas entre el número de concentración de partículas y las dos estaciones (invierno y primavera). Se aplicó la prueba de Rangos Múltiples para comprobar cuales estaciones y sitios son perceptiblemente diferentes entre sí, agrupando los más parecidos y dejando excluidos los que presentan mayores diferencias. Estas pruebas se manejan con un 95% de confianza. Ambas pruebas fueron realizadas en el programa electrónico Statgraphic®.

El análisis de varianza (Tabla 2) arrojó efectos significativos sobre la variable respuesta (Número de partículas) para los efectos simples: Estación y Tamaño de partícula, con un valor $p > 0.05$. En cuanto a los efectos de interacción, los resultados muestran solo efectos significativos para la interacción entre Estación y Tamaño de partícula.

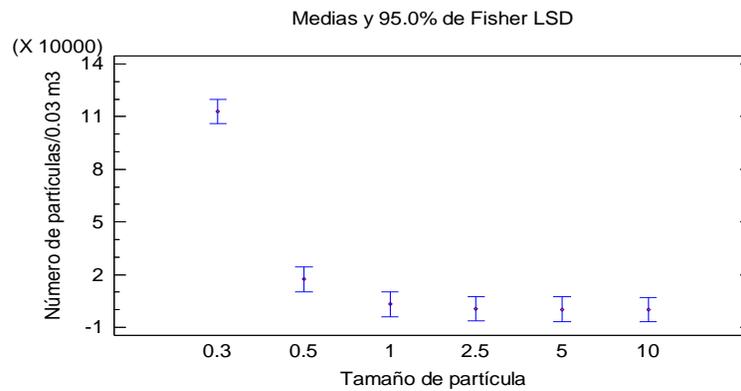
La prueba de Múltiples Rangos (Tabla 3) para concentración de partículas por Tamaño de la partícula, señala la existencia de tres grupos homogéneos diferentes, como lo son 0.3 μm (Grupo 1), 0.5 μm (Grupo 2) y 1, 2.5, 5 y 10 μm (Grupo 3).

Tabla 2 Análisis de Varianza para concentración de partículas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos Principales					
A:Estación	2.5338E10	1	2.5338E10	11.04	0.0010
B:Sitio	1.30274E10	14	9.30531E8	0.41	0.9730
C:Tamaño de partícula	9.04147E11	5	1.80829E11	78.76	0.0000
Interacciones					
AB	1.33898E10	14	9.56416E8	0.42	0.9694
AC	1.41347E11	5	2.82695E10	12.31	0.0000
BC	5.53968E10	70	7.91383E8	0.34	1.0000
ABC	5.91443E10	70	8.44918E8	0.37	1.0000
Residuos	8.26594E11	360	2.2961E9		
Total (Corregido)	2.03838E12	539			

Tabla 3 Pruebas de Múltiple Rangos para Concentración de partículas por Tamaño de partícula

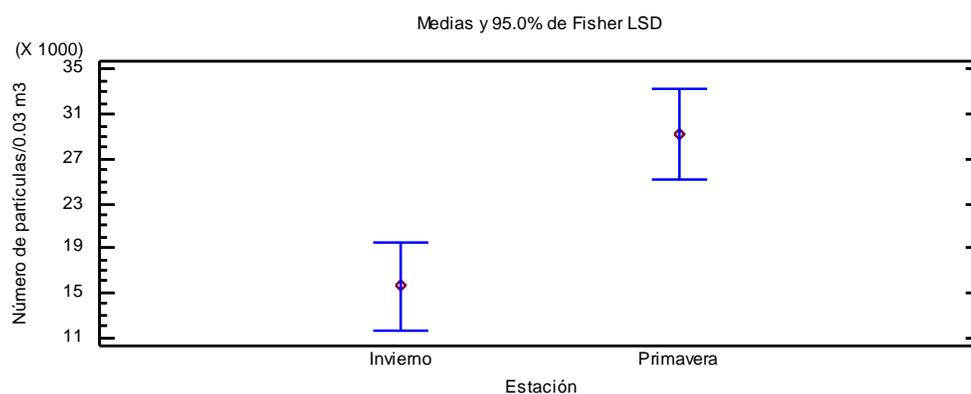
Tamaño de partícula	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
10	90	110.722	5050.96	X
5	90	240.022	5050.96	X
2.5	90	597.356	5050.96	X
1	90	3169.92	5050.96	X
0.5	90	17334.4	5050.96	X
0.3	90	112884.	5050.96	X

Gráfica 1 Promedio de concentración de partículas/0.03 m³ por Tamaño de partículas

La prueba de Múltiples Rangos para Concentración de partículas por Estación (Tabla 4) señala dos grupos homogéneos diferentes, invierno y primavera, siendo la media mayor en primavera que en invierno.

Tabla 4 Pruebas de Múltiple Rangos para Concentración de partículas por Estación

Estación	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Invierno	270	15539.4	2916.17	X
Primavera	270	29239.4	2916.17	X

Gráfica 2 Promedio de concentración de número de partículas/0.03 m³ por Estación

El análisis de varianza multifactorial demostró que existen diferencias estadísticamente significativas para los factores de Tamaño de partícula y Estación, demostrando que en primavera las partículas de 0.3 y 10 μm son más abundantes en gran consideración a diferencia de invierno. Cabe destacar que las concentraciones de material particulado varían mucho en el tiempo y espacio debido a la dinámica de las condiciones meteorológicas, las propiedades heterogéneas de la superficie terrestre, la distribución desigual de las fuentes de emisión, accidentes geográficos y otras actividades humanas (Janhäll, 2015; Pui et al, 2014).

La zona en la que se ubica el parque Tucson es una de las más transitadas, es la Av. de los Normalistas, puede que la mayor cantidad de partículas finas que se registraron fue por la combustión de vehículos automotores, además de que la temporada donde se registraron una mayor cantidad de partículas fue en primavera por lo que puede que tenga relación con la polinización (diseminación del polen), donde el tamaño oscila desde 2 hasta 200 μm siendo intensamente esparcido en este periodo y que involucra una directa relación con las alergias (Cariñanos et al, 2018). También es cierto que en primavera la temperatura aumenta drásticamente, los impactos de los incrementos de la temperatura suponen mayores riesgos para los habitantes en las grandes ciudades que para los residentes de pequeñas poblaciones, además porque se exagera la acción de los contaminantes, constituyendo una grave amenaza para la población en general, pero en especial para los pacientes crónicos de enfermedades cardiovasculares y respiratorias (Peña y Romero, 2005). Cabe mencionar que la pista donde corren los deportistas en gran medida no está pavimentada, habiendo polvos la mayoría del tiempo en la pequeña vía de atletismo que hay, esto junto con los vientos pudo jugar una pieza clave en el aumento significativo de la cantidad de partículas.

Romero y Sarricolea en 2006, plantearon la existencia de una relación logarítmica entre las temperaturas atmosféricas y el Material Particulado, además de una fuerte incidencia de los diversos usos y coberturas de los suelos sobre la elevación de las temperaturas identificando que aquellas zonas más densamente construidas presentan mayores valores que otras zonas de la ciudad donde los niveles de construcción son menores.

Conclusiones

Está comprobado que los árboles son los pulmones del planeta, esto quiere decir que se encargan de la purificación del aire que se respira en la ciudad, captan el material particulado y otros contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂). Los resultados demostraron una mayor cantidad de partículas en primavera que en invierno, añadiendo que las partículas de 0.3 µm fueron las que en mayor cantidad se registraron durante el análisis.

Esta investigación logró generar datos importantes en cuestión de calidad del aire para espacios recreativos y deportivos, respalda la importancia del bienestar de los visitantes así como su salud por exponerse diario a un ambiente que se supone debe ser libre de contaminación. De igual manera, recupera el valor de los ecosistemas urbanos como espacio multifuncional, ya que ofrecen servicios básicos y con tal sentido debe promoverse su adecuación y mantenimiento, así como procurar que se considere el contar con áreas verdes y espacios deportivos como parte de una política pública y una prioridad tanto a nivel municipal como estatal.

Adicionalmente se valora la importancia de contar con diagnósticos ambientales en los espacios naturales y áreas deportivas en la ciudad y se insiste en la necesidad de que se les dote de presupuesto, para que permanezcan en buenas condiciones, así los espacios naturales pueden cumplir su función de favorecer la salud y el bienestar, así como procurar y solicitar a las autoridades de que en las ciudades existan espacios en contacto con la naturaleza para realizar actividad física, deporte, descanso y recreo.

Referencias

- Brauer M, Amann M, Burnett RT, Cohen A, Dentener F, Ezzati M,... Donkelaar A. (2012). Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution. *Environmental science & technology*, 46: 652-660.
- Castro, K. K. M. C. M., Muñoz, A. R., & Mendoza, M. T. (2018). Análisis de la contaminación del aire con material particulado producido por la fabricación de ladrillos en los municipios de la subregión Centro del Departamento del Magdalena. *Revista Teckne*, 14(2).
- Cariñanos, P., Casares-Porcel, M., Díaz de la Guardia, C., Aira, M. J., Belmonte, J., Boi, M., ... Vega Maray, A. M. (2017). Assessing allergenicity in urban parks: A nature-based solution to reduce the impact on public health. *Environmental Research*, 155, 219–227. doi:10.1016/j.envres.2017.02.015
- Fang, G.-C., Chang, C.-N., Chu, C.-C., Wu, Y.-S., Fu, P. P.-C., Yang, I.-L., & Chen, M.-H. (2003). Characterization of particulate, metallic elements of TSP, PM_{2.5} and PM_{2.5-10} aerosols at a farm sampling site in Taiwan, Taichung. *Science of The Total Environment*, 308(1-3), 157–166. doi:10.1016/s0048-9697(02)00648-4.
- González, T. G., Velasco, J. G., Kasten, F. L., Solis, J. C., Lucano, A. A. P., & Medina, M. G. O. (2014). Air Quality and its Effects on Child Health of a Metropolitan City in Jalisco, Mexico. *Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – ACODAL*. Bogotá, Colombia.
- Harrison RM, y Yin J. (2000). Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health?. *Science of the total environment*, 249: 85-101.
- IARC. (2013). Outdoor air pollution a leading environmental cause of cáncer deaths. Press Release N° 221. Disponible en: http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221_E-pdf.
- Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollutio-deposition and dispersion. *Atmos. Environ.* 105, 130–137.

- Jiang, Y., Huang, G., & Fisher, B. (2019). Air quality, human behavior and urban park visit: A case study in Beijing. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118000. doi:10.1016/j.jclepro.2019.118000
- Kiurski, J. S., Aksentijević, S. M., & Mandarić, S. D. (2018). Statistical approach for characterization of photocopying indoor pollution. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 11(7), 867-881.
- Figueroa, M. A., Davydova-Belitskaya, V., Chávez, G. G., Gallardo, T. P., & Orozco-Medina, M. G. (2016). PM10 y O3 como factores de riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares y neumonía en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. *Ingeniería*, 20(1), 14-23.
- Mousavi, E., Bausman, D., & Yakhdani, H. F. (2019). Renovation in Hospitals: an Experimental Study of Negative Pressure and Filtration. *Science and Technology for the Built Environment*, 1-12.
- Ngiam, R. W. J., Lim, W. L., & Collins, C. M. (2017). A balancing act in urban social-ecology: human appreciation, ponds and dragonflies. *Urban ecosystems*, 20(4), 743-758.
- Onat, B., Stakeeva, B. (2013). Personal exposure of commuters in public transport to PM2.5 and fine particle counts. *Atmospheric Pollution Research*. 4:329-335.
- Organización Mundial de la Salud. (2016). Calidad del aire ambiente exterior y salud. Nota descriptiva. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>.
- OCDE. (2012). OECD Environmental Outlook to 2050: The consequences of Inaction. OECD Publishing. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>.
- Orozco-Medina, G. (Coord.), García-Velasco, J., Figueroa-Montaña, A., DavydovaBelitskaya, V., Moreno-Ceja, F., Hernández-Pérez, G., Rosas-Ramírez, A., CasasSolis, J., Güitrón-López, M., Rangel-Ascencio, R., Garibay-López, C., ArellanoAvelar, M., Sánchez-Torres, P. (2018). Universidad de Guadalajara. Ed. Prometeo. Jalisco, México.
- Orozco-Medina, M., García-Velasco, J., Hernández-Pérez, G., Moreno-Ceja, F., Rangel-Ascencio, R., Figueroa-Montaña, A., Garibay-López, C., Rosas-Ramírez, A., Arellano-Avelar, M., Casas-Solis, J., Gurrola-Cuevas, M. (2015). Estudios ambientales en espacios urbanos: Diagnósticos y Propuestas. Universidad de Guadalajara. Ed. Prometeo. Jalisco, México.
- Peña, M. y Romero, H. (2005). Relación espacial y estadística entre las islas de calor de superficie, coberturas vegetales, reflectividad y contenido de humedad del suelo, en la ciudad de Santiago y su entorno rural. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, 2005, 107-118.
- Pui, D.Y.H., Chen, S.C., Zuo, Z. (2014). PM 2.5 in China: measurements, sources, visibility and health effects, and mitigation. *Particuology* 13 (2), 1–26
- Romero, H. y Sarricolea, P. (2006). Patrones y factores de crecimiento espacial de la ciudad de Santiago de Chile y sus efectos en la generación de islas de calor urbanas de superficie. *Clima, Sociedad y Medio Ambiente: V Congreso de la Asociación Española de Climatología*, Sept. 18 – 21, Zaragoza, España.
- Sánchez Torres, P. B. (2017). Calidad del aire interior en transporte público y análisis del bienestar subjetivo en estudiantes universitarios del Área Metropolitana de Guadalajara, 2015-2016. Tesis profesional para obtener el Grado de Maestro en Ciencias de la Salud Ambiental. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.
- Suárez, C. A. A. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. *Revista Luna Azul*, (34), 195-213.
- Wong TW, Tam WS, Yu TS, Wong AHS. (2002). Associations between daily mortalities from respiratory and cardiovascular diseases and air pollution in Hong Kong, China. *Occupational and environmental medicine*, 59(1), 30-35.

El uso de plaguicidas neonicotinoides en Jalisco, México: Un análisis desde la salud ambiental

The use of neonicotinoid pesticides in Jalisco, Mexico: An analysis from environmental health

RAMOS-DE ROBLES, Silvia Lizette†, VAZQUEZ-BERNABÉ, Gerardo y PONCE-VEJAR, GILDA Rene

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara

ID 1^{er} Autor: *Silvia Lizette, Ramos-De Robles* / **ORC ID:** 0000-0002-3080-8209, **CVU CONACYT ID:** 177866

ID 1^{er} Coautor: *Gerardo, Vazquez-Bernabe* / **ORC ID:** 0000-0001-5443-8567, **CVU CONACYT ID:** 1007288

ID 2^{do} Coautor: *Gilda Rene, Ponce-Vejar* / **ORC ID:** 0000-0002-5023-9832, **CVU CONACYT ID:** 856473

Resumen

En las últimas décadas, la demanda por plaguicidas neonicotinoides alrededor del mundo ha ido en aumento, debido a su eficiencia en el combate de plagas succionadoras y su baja toxicidad a especies vertebradas. Sin embargo, estudios recientes han evidenciado los efectos dañinos en la salud humana, en el ecosistema y en organismos no-diana, entre los que destacan los polinizadores como las abejas (*Apis mellifera*), afectando gravemente su salud que va desde su sentido de orientación hasta su muerte. En este estudio documental, se realizó un análisis histórico de las investigaciones llevadas a cabo en los últimos diez años desde el campo de la salud ambiental, los cuales analizan los riesgos potenciales de los neonicotinoides a salud humana así como los impactos negativos en el ambiente.

Neonicotinoides, Salud ambiental, Salud humana, Riesgo potencial, México

Abstract

In recent decades, the demand for neonicotinoid pesticides around the world has been increasing, due to their efficiency in the fight against sucking pests and their low toxicity to vertebrate species. However, recent studies have shown the harmful effects on non-target organisms and the environment, in which pollinators such as bees (*Apis mellifera*) stand out, severely affecting their population and their sense of orientation causing a series of causative cumulative effects of significant losses due to the Colony Collapse Disorder. In this documentary study, a historical analysis of the investigations carried out in the last ten years from the field of environmental health was carried out, identifying the potential risks to human health and the negative impacts on the environment caused by these pesticides.

Neonicotinoids, Environmental health, Human health, Potential risk, Mexico

Introducción

Al ser la Salud Ambiental un campo de conocimiento interdisciplinario que se interesa por estudiar “aquellos aspectos de la salud humana, incluyendo la calidad de vida, que son determinados por factores físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales en el ambiente” (OMS, 2019) su evolución temporal en torno a los objetos de investigación y abordajes teórico-metodológicos se ha clasificado con fines de análisis. De acuerdo con Frumkin (2010) se pueden reconocer cuatro grandes periodos que pueden caracterizar la evolución de la salud ambiental:

- a) Orígenes antiguos: relacionados con las necesidades de las antiguas civilizaciones y que constituyeron los grandes desafíos de la salud ambiental, tales como, la seguridad y conservación de los alimentos, agua y aire limpios, control de roedores y otras plagas, por mencionar algunos.
- b) Despertares industriales: correspondiente a la gran demanda de cuestiones sanitarias producto de la industrialización y la urbanización. Problemas sanitarios asociados a la calidad de la vivienda y las industrias se incrementaron; así como la necesidad de suministro de agua limpia, el surgimiento de la salud demográfica y el vínculo entre la epidemiología social con la salud ambiental.
- c) Era moderna: asociadas principalmente al reconocimiento de los riesgos químicos poniéndolos en evidencia principalmente Raquel Carson al plantear los efectos del DDT al ecosistema y la salud humana. En este periodo la toxicología y la epidemiología apoyaron las investigaciones desarrolladas en el campo de la salud ambiental.
- d) Cuestiones emergentes: dentro de las cuales se identifican cinco tendencias principales que van desde la justicia ambiental, el enfoque a grupos susceptibles, los avances científicos, el cambio global y la sustentabilidad.

Dentro de este contexto general, una de las líneas que se considera ha prevalecido en las distintas etapas de desarrollo del campo de la salud ambiental es aquella que analiza el uso de pesticidas y sus implicaciones en la salud ecosistémica y específicamente en la salud humana. Es justo dentro de esta línea donde se desarrolla este trabajo, el cual se interesa por documentar los riesgos potenciales a la salud humana y el ecosistema asociados al uso de los plaguicidas neonicotinoides.

Los neonicotinoides son plaguicidas sistémicos y persistentes que entraron al mercado en los noventas y han sido muy efectivos para proteger a las plantas dado que por sus características de translocación, son capaces de permearse hacia todos los tejidos de las plantas, convirtiéndolas en tóxicas hacia cualquier insecto incluyendo aquellos “no blanco”. (van Lexmond et al., 2015) Inicialmente los neonicotinoides fueron promovidos como seguros en su manejo y seguros para el consumidor y fueron altamente aceptados; no obstante conforme se ha desarrollado investigación en torno a sus efectos se ha podido documentar los daños potenciales al ecosistema y a la salud humana asociados con su uso.

En este documento se presenta a manera de resumen, un análisis en torno a investigaciones que desde el campo de la salud ambiental han documentado las afectaciones que los neonicotinoides causan al ecosistema y la salud humana. A partir de estos elementos problematizamos de manera local la necesidad de desarrollar investigaciones que nos permitan analizar la presencia y posibles efectos del uso de neonicotinoides en la producción de alimentos en Jalisco. Desde este enfoque, tuvo como propósito analizar e identificar las afectaciones del uso de neonicotinoides al ecosistema y la salud humana a través de un análisis documental en bases de datos científicas.

Metodología

Para desarrollar el presente reporte se recurrió principalmente a un análisis documental en las principales bases de datos relacionadas con el campo de la salud ambiental. Específicamente recurrimos a bases multidisciplinarias como Web of Science, Scopus, Springer Link y Google Scholar.

Las palabras clave para la búsqueda fueron: *neonicotinoids*, *neonicotinoids and food*, *neonicotinoids and environmental health*.

Período de análisis: dado que es un tema reciente utilizamos los últimos 10 años como referencia, comprendiendo el periodo 2008-2018.

Figura 1 Publicaciones realizadas por año acerca de neonicotinoides. (2008-2018)



Figura 2 Publicaciones realizadas por año acerca de neonicotinoides y alimentos (2008-2018)

Una vez seleccionados los artículos, éstos fueron capturados en una base de datos en realizada en Excel para facilitar su análisis, donde los principales apartados de la fueron:

1. Neonicotinoides en alimentos.
2. Neonicotinoides y salud humana.
3. Artículos que conforman la Evaluación Integral Mundial del Impacto de los Pesticidas Sistémicos sobre la Biodiversidad y los Ecosistemas.

Cómo método de análisis de los documentos se recurrió al análisis de contenido que de acuerdo con López (2002), este método es una forma particular de análisis de documentos. Con esta técnica no es el estilo del texto lo que se pretende analizar, sino las ideas expresadas en él, siendo el significado de las palabras, temas o frases lo que intenta cuantificarse. Krippendorff (1990) plantea que el análisis de contenido se caracteriza por ser objetivo, sistemático y cuantitativo en el estudio del contenido manifiesto de la comunicación. En este caso y al reconocer la tendencia que existe por el surgimiento de cierta subjetividad, se consideró que ésta se da al momento de la discusión entre el contenido de cada uno de los artículos seleccionados para el presente reporte.

Se construyeron dos grandes categorías: a) neonicotinoides y salud ecosistémica y b) neonicotinoides y salud humana.

Asimismo se completó el análisis con documentos oficiales de tipo legislativo en torno al uso de los neonicotinoides. De los artículos se recuperaron sus principales apartados orientados por tres grandes preguntas: ¿qué estudiaron?, ¿cómo lo estudiaron? y ¿qué resultados tuvieron? En este mismo contexto, y adicional a los reportes de las investigaciones se describe brevemente qué son los neonicotinoides y qué tipo de regulación existe en torno a su uso.

Discusión

Uso de plaguicidas neonicotinoides en el mundo

Los orígenes de los plaguicidas se remontan a la necesidad de controlar las plagas que han invadido a la humanidad y que le han ocasionado daños directos a la salud o bien al medio ambiente (principalmente a la producción de alimentos). En consecuencia su incursión al mercado se justificó por sus efectos para el contro químico de plagas y su eficacia para reducir o evitar la pérdida en la producción de los alimentos (Farag & Loufty, 2012). Si bien su uso ha revolucionado la agricultura, las investigaciones generadas desde la salud ambiental han permitido revelar problemas que van desde la toxicidad para lo humanos y la vida silvestre hasta la alteración del ecosistema (Robson & Hamilton, 2010).

El reto para la industrias productoras de plaguicidas es el desarrollo de fórmulas que ataquen plagas resistentes, incrementando el espectro de uso de químicos, con la finalidad de hacerlos cada vez más específicos y con menores efectos secundarios, sin embargo, varios de los plaguicidas son genéricos con respecto al organismo a afectar (van Lexmond, Bonmatin, Goulson, & Noome, 2015).

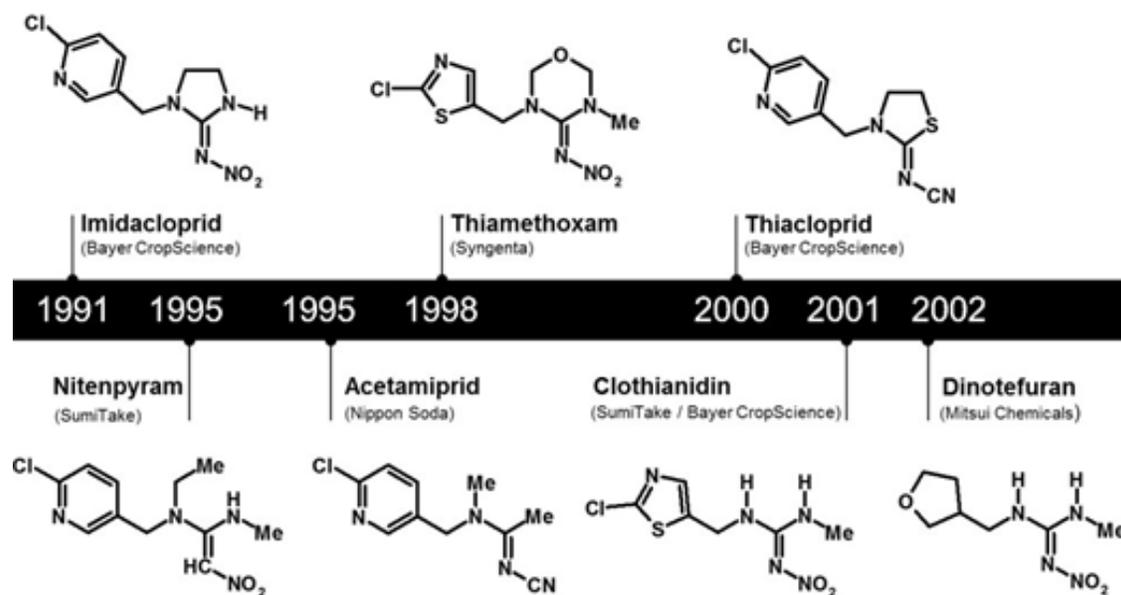
Es decir, aunque son diseñados para matar organismos perjudiciales para los cultivos, estos también dañan a otros organismos no perjudiciales.

En los noventa se lanzaron al mercado tecnologías de insecticidas sistémicos y persistentes, como una opción de uso hacia aquellos insecticidas que habían creado resistencias (ver figura 3), donde en menores dosis de aplicación, los cultivos quedan protegidos hacia cualquier insecto herbívoro, dando así al comienzo de la era de los neonicotinoides (Tomizawa & Casida, 2011), reemplazando rápidamente el uso de organofosforados, carbamatos, piretrinas y piretroides. (Simon-Delso, y otros, 2014)

Desde entonces los pesticidas *neonicotinoides* se han convertido en la clase de insecticidas más ampliamente utilizados alrededor del mundo, con una amplia gama de aplicación que va desde la protección vegetal (maíz, verduras, frutas), productos veterinarios y biocidas para el control de plagas invertebradas en granjas acuícolas. (ibíd., 2014)

Para el año 2008, un cuarto del mercado global insecticida correspondía a neonicotinoides (aumentando a 27% en 2010) (Casida & Durkin, 2013), y casi el 30% correspondía a neonicotinoides y fipronil, en combinación con el resto de otros tipos de plaguicidas correspondientemente reducidos (Jeschke, Nauen, Schindler, & Elbert, 2011). En ese mismo año, el compuesto imidacloprida se convirtió en el insecticida más vendido del mundo, y en el segundo pesticida más vendido a nivel mundial (siendo el glifosato el pesticida más vendido) (Pollack, 2011) con usos registrados en más de 140 cultivos en 120 países. (Jeschke, Nauen, Schindler, & Elbert, 2011)

Figura 3 Insecticidas neonicotinoides más importantes (fabricantes) y su año de introducción al mercado

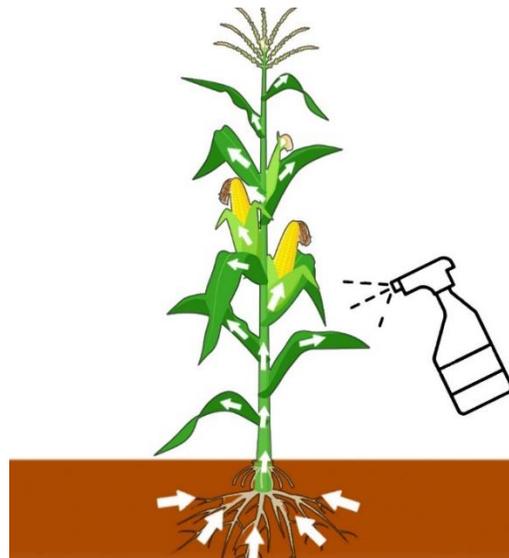


En las dos décadas siguientes, los neonicotinoides se han convertido en los insecticidas más utilizados dentro de las cinco principales clases químicas de insecticidas, siendo las demás los organofosforados, carbamatos, fenilpirazoles y piretroides (Jeschke & Nauen, 2008; Jeschke, et al., 2011; Casida & Durkin, 2013).

Los neonicotinoides son una clase de insecticidas neuroactivos con propiedades químicas similares a la nicotina. En comparación a otros insecticidas, tales como organofosforados y carbamatos, los neonicotinoides son menos tóxicos para los mamíferos que para los insectos. Debido a esto, se han convertido en los insecticidas agrícolas más comúnmente utilizados en el mundo. (Elbert, Hass, Springer, Thielert, & Nauen, 2008)

Debido a su naturaleza sistémica, los neonicotinoides son absorbidos por las raíces y hojas y a su vez son transportados hacia todos los tejidos de la planta, lo cual, vuelve a la planta efectivamente tóxica a insectos herbívoros. (Van Der Sluijs, y otros, 2015)

Figura 4 Diagrama que ilustra la aplicación de insecticida sistémico y su transporte a todos los tejidos de la planta



Fuente: Elaboración propia con datos de Van Der Sluijs, et al., 2015

No obstante que los neonicotinoides y el fipronil son los plaguicidas sistémicos más utilizados alrededor del mundo (Bonmatin, y otros, 2015), existe evidencia precisa de que este tipo de plaguicidas representa una amenaza para la salud ecosistémica, por ejemplo, para organismos no-diana, entre los que destaca la abeja melífera (*Apis mellifera*) provocándose una disminución considerable en su población a nivel global, a consecuencia del desorden por colapso de colmena (Lu, Warchol, & Callahan, 2012). Otro caso analiza presencia de neonicotinoides en alimentos y en agua, en el periodo 1999-2015 detectó la presencia de estos insecticidas en frutas y verduras, sugiriendo una tendencia en el incremento de *acetamiprid*, *clothianidín* y *thiamethoxam* como reemplazantes al *imidacloprid*. (Craddock, Huang, Turner, Quirós-Alcalá, & Payne-Sturges, 2019)

El perfil ambiental de este tipo de insecticidas refiere que son persistentes, pues tienen un alto potencial de lixiviación y escorrentía, y son altamente tóxicos para una amplia gama de invertebrados. Por lo tanto, los neonicotinoides representan un riesgo significativo para las aguas superficiales y la diversidad de fauna acuática y terrestre que sustentan estos ecosistemas. (Morrisey, y otros, 2015) así como impactos directos negativos en aves (Addy-Orduna, Brodeur, & Mateo, 2018). Aunado a estas afectaciones del ecosistema es de especial interés analizar el riesgo potencial a la salud humana.

Neonocotinoides: riesgo potencial a salud humana.

Como se mencionó anteriormente, dada la naturaleza sistémica de los neonicotinoides y su capacidad de traslocación los frutos se ven también afectados presentando residuos de los mismos. La vigilancia en torno a la presencia de plaguicidas en alimentos tiene normativas, siendo una de las más importantes la establecida por el Codex Alimentarius marcado por la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) donde se indica el LMR (Límite Máximo Residual) que es el nivel máximo de residuos de un plaguicida permitido legalmente en los alimentos, lo cual indica que si es superado puede tener afectaciones a la salud. (FAO, 2019)

Estudios recientes señalan un posible riesgo a la salud humana de exposición a neonicotinoides por ingesta ya que éstos no pueden ser retirados mecánicamente, como lo es el lavado (Taira, Human neonicotinoids exposure in Japan., 2014). La bioacumulación por el consumo de distintos frutos y vegetales con residuos plaguicidas sistémicos juegan un papel importante en la salud de quien los consumen, siendo los niños la población más vulnerable (Osaka, y otros, 2016) y con evidencia de que se encuentran presentes en el cuerpo humano (Harada, y otros, 2016). Investigaciones recientes comprueban la presencia de plaguicidas neonicotinoides en alimentos. Tal es el caso del estudio realizado por (Zhang et al, 2019) que evaluó el riesgo potencial por acumulación de neonicotinoides presentes en una dieta de consumo a través de frutas y vegetales en niños de entre 8 y 12 años, haciendo una estimación a la Ingesta Promedio Diaria, e identificando que de las 123 muestras recogidas, en todas se detectó al menos un neonicotinoide.

Otro estudio realizado en la India, reveló la existencia de trazas por plaguicidas neonicotinoides en arroz. Considerándose el arroz objeto de estudio por su alto consumo nacional, identificando residuos de varios neonicotinoides, lo cual está asociado al uso indiscriminado de los mismos, afectando la calidad del arroz y amenazando la salud pública y ambiental de este país (Karthikeyan, Suganthi, Bhuvanewari, & Kennedy, 2018).

En lo que respecta a la imidacloprida, existen evidencias toxicológicas que comprueban que su genotoxicidad, induce mutagenicidad, inmunotoxicidad en el neurodesarrollo e inflamación en el sistema nervioso central y en hígado de organismos no blanco. La toxicinética de la imidacloprida muestra que el 13% es excretada en 1.45 días, es afílico, lo cual predice acumulación en el cuerpo, con afinidad moderada a la albúmina y hemoglobina (Ding & Peng, 2015). La alta afinidad a la proteína de la sangre, provoca los efectos agudos, sin embargo, en continua exposición puede verter al órgano receptor nicotínico, donde afecta al sistema nervioso, y daña las uniones neuro-musculares, etc. Adicionalmente, la excreción urinaria podría ser más lenta bajo exposición crónica.

La mayoría de los estudios de los efectos tóxicos potenciales de los neonicotinoides se han realizado en laboratorio de forma *in vitro* e *in vivo*, cuyos resultados muestran toxicología en sistema reproductivo, neurotoxicidad, hepatotoxicidad, inmutotoxicidad, genotoxicidad y así sucesivamente, aunque los estudios epidemiológicos sobre la salud humana, aun son limitados (Han, Tian, & Xiaoming, 2018).

Los neonicotinoides presentan genotoxicidad en ratas, conejos, bovinos y humanos, siendo tal vez la imidacloprida, la que presenta genotoxicidad más fuerte, pues puede alterar la integridad del DNA y cromosomas, causando mutación genética (Han *et al.*, 2108). Este compuesto (imidacloprida) junto con la acetamiprida pudiera tener afectaciones en el desarrollo del cerebro, similares a los ocasionados por la nicotina (Kimura-Kuroda, et al., 2012). La imidacloprida, además de ser el compuesto más usado de los neonicotinoides, es el más estudiado por ser el más tóxico de ellos (Zhang et al, 2019).

Los pocos estudios realizados en laboratorio, indican que los neonicotinoides causan daño potencial en la salud humana y en mamíferos. Las conclusiones de las afectaciones crónicas por neonicotinoides (Taira, 2017), son:

- Prevalencia de síndromes en el neuro desarrollo, (aumento en varios países).
- La exposición por ingesta e inhalación, pudieran causar problemas en el neuro desarrollo, pues estudios recientes realizados *in vitro* y en animales, así lo sugieren.
- Las afectaciones en el neuro desarrollo de los niños, y entonces sugiere la revisión de las dosis ingeridas diarias.
- Se mencionan como síndromes “Neo-nicotínicos” al tremor postural, pérdida de memoria a corto plazo y fiebre después de exposición aguda a éstos.

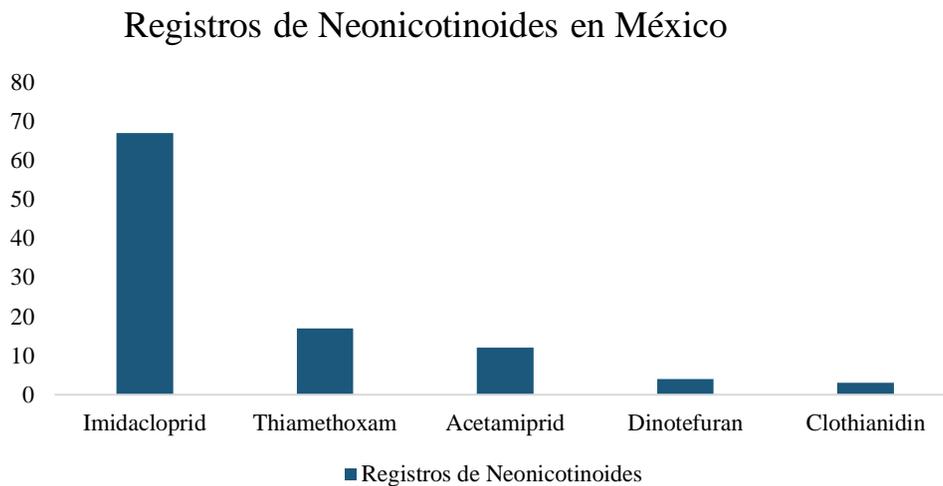
Uso de plaguicidas neonicotinoides en México y Jalisco.

La regulación, control, vigilancia y fomento sanitario en materia de sustancias tóxicas o peligrosas para la salud en México queda a cargo de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), la cual es una dependencia del gobierno desconcentrada de la Secretaría de Salud y es la responsable del ejercicio de las atribuciones marcadas en la Ley General de Salud (LGS). Dicha ley cuenta con un reglamento que señala los mecanismos de implementación hacia la regulación de los plaguicidas y sus demás atribuciones. La LGS, en su Art. 278, define como plaguicida, cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores que transmiten las enfermedades humanas y animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, así como las sustancias defoliantes y las desecantes (LGS, 2019).

En México, el uso de insecticidas neonicotinoides está aprobado para protección de plantas en el sector agrícola y floricultura, uso urbano y doméstico, usos veterinarios y mascotas, y uso forestal (COFEPRIS, 2016). Sus aplicaciones pueden ser en spray, revestimiento de semillas, como tratamiento de suelos, aplicaciones granulares, impregnados, inyecciones en troncos de árboles, mezclados con agua de riego, en árboles frutales, usos domésticos como control de plagas rastreros y veterinarios en especies pequeñas y grandes como acaricidas.

Según el Catálogo de plaguicidas publicado por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA, 2016) en México existen 3140 registros sanitarios vigentes. Del total de registros vigentes casi las dos terceras partes (63%) están autorizados para ser usados como insecticidas: le siguen los fungicidas, y los herbicidas (Bejarano, y otros, 2017). Entre estos insecticidas, se encuentran presentes los derivados de nicotina (neonicotinoides) con un total de 103 registros distribuidos de la siguiente manera: imidacloprida (67 registros), thiamethoxam (17 registros), acetamiprida (12 registros), dinotefuran (4 registros) y clothianidin (3 registros).

Figura 5 Registros vigentes de neonicotinoides en México



Fuente: Elaboración propia con datos de SENASICA (2016)

En México, el estado de Jalisco es uno de los estados que por su importante actividad en la producción de alimentos recurre al uso de plaguicidas. Este estado ocupa el primer lugar nacional como productor del sector agropecuario, pues aporta poco más de la décima parte de la producción total del país. Particularmente, se posiciona en el primer lugar como productor de maíz grano y forrajero, agave, pastos y caña de azúcar (SADER, Jalisco, más que una perla en Occidente, 2016). No obstante como medidas de acción para mantener o incrementar la producción de alimentos recurre al uso de plaguicidas para el combate de organismos (insectos, hongos, etc.) considerados como plagas en los cultivos. Dependiendo del organismo diana que ataquen estos reciben el nombre de insecticida, herbicida, fungicida, etc. (SADER, 2019)

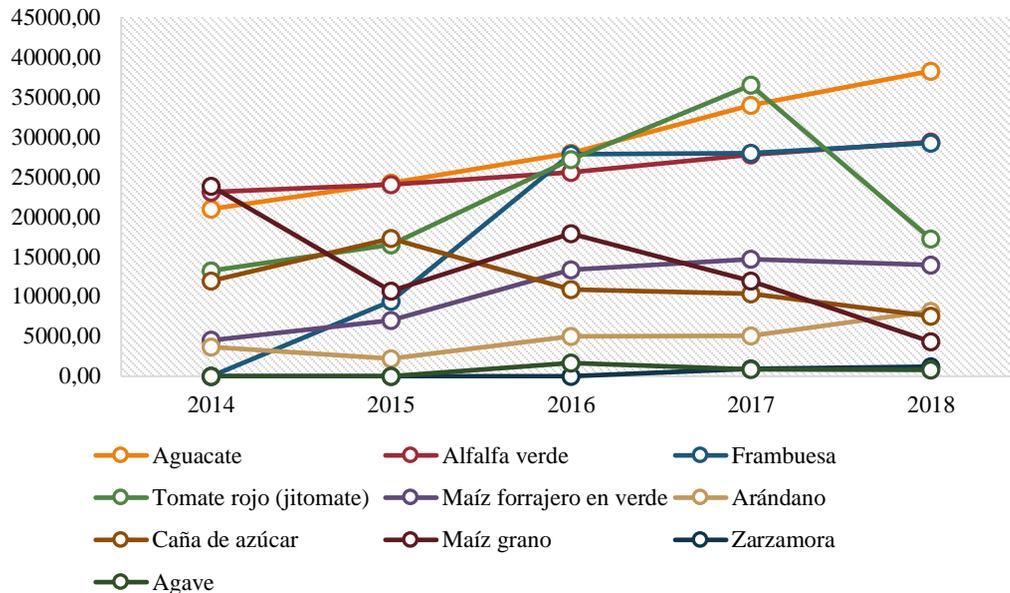
A partir de la consulta en fuentes de datos como la FAO, así como en estadística nacional (SENASICA, SIAP, SADER), se corroboró la ausencia de inventarios de la venta y/o aplicación de plaguicidas a nivel nacional o estatal, por lo tanto para identificar su presencia en el ecosistema se requieren desarrollar proyectos de investigación que lo documenten.

El primer estudio sobre la presencia de neonicotinoides y otros plaguicidas en el estado de Jalisco fue realizado por Ponce (2019), en el que se utilizó la miel de abeja como indicador de exposición a plaguicidas para calcular el riesgo potencial a la salud humana y la salud de la abeja. Para ello se tomaron 30 muestras en 30 municipios del estado, identificando que el 63% tuvo presencia de plaguicidas para el caso de los neonicotinoides, se identificaron acetamiprid e imidacloprid. En una división arbitraria del estado en Zona Norte y Zona Sur se identifica que la Zona Sur presentó 86% mayor frecuencia de presencia de plaguicidas comparando con el 44% de la zona Norte. Una posible explicación ante esta situación pudiera estar asociada a la tecnificación en la agricultura, puesto que la Zona Sur se caracteriza por una producción del tipo agricultura protegida.

En relación al riesgo potencial para la salud humana y la de las abejas, cabe señalar que, las trazas residuales de plaguicidas y neonicotinoides se encontraron por debajo de los límites máximos residuales (LMR) establecidos por la FAO, por lo que las muestras de miel se consideran aptas para consumo humano bajo los LMR actuales. Sin embargo, las concentraciones detectadas de imidacloprid en el 87.5% de las muestras fueron mayores a dosis subletales para las abejas.

Dado que esta investigación generó resultados que apuntan hacia un mayor riesgo a presencia de neonicotinoides en la zona Sur del estado, es de interés continuar el análisis de la presencia de estos plaguicidas sistémicos desde una perspectiva de salud ambiental. Para ello, un nuevo proyecto de investigación dentro de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, plantea como propósito estudiar la presencia y concentración de neonicotinoides en el fruto de aguacate por su importancia y alto crecimiento en su producción en los últimos años (SIAP, 2018) mismo que se produce en uno de los principales municipios de la zona sur del estado, esto es, el municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco, con el objeto de analizar el riesgo potencial a la salud humana por la ingesta de este fruto.

Figura 6 Producción agrícola de Zapotlán el Grande, Jal. (2014-2018)



Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP, 2018)

Conclusiones

A pesar de los avances en el estudio de los impactos que plaguicidas sistémicos del tipo neonicotinoide pueda ocasionar al medio ambiente y salud humana; aún existe un campo amplio de investigación dado que se desconoce los efectos en salud humana por ingesta, o por tipos de exposición ya sea crónica o aguda, así como sus efectos sinérgicos con otras sustancias tóxicas ya sean plaguicidas o fertilizantes, que al ser bioacumulables tienen efectos adversos tanto en humanos, como en animales vertebrados e invertebrados.

Países de la Unión Europea comienzan en esta última década a prestar especial atención en la regulación de la aplicación de este tipo de plaguicidas sistémicos en los que destacan los neonicotinoides como el imidacloprid, el thiamethoxam, y el clothianidin, tomando acuerdos internacionales que buscan mitigar los efectos tóxicos que tienen en las abejas; así también, sigue en aumento los estudios en exposición por ingesta promedio diaria en los países Europeos.

El continente asiático por su parte, también ha mostrado una creciente preocupación en el estudio de exposición por ingesta de neonicotinoides, realizando constantes estudios en su producción agrícola, sin embargo, la regulación de estos plaguicidas aún carece de lineamientos específicos que aumenten la seguridad del bienestar humano y del ecosistema, en específico de los organismos invertebrados no blanco como lo son las abejas.

En México, las dependencias gubernamentales encargadas de la regulación de estos pesticidas carecen de medidas preventivas que aumenten la seguridad de las personas expuestas a la aplicación de estos plaguicidas, así, como una correcta y eficiente vigilancia y seguimiento a la aplicación de los mismos.

Posterior a la investigación realizada por parte de los autores, se concluye que este trabajo abona de forma puntual al estado del conocimiento en el uso, consumo y exposición de los insecticidas neonicotinoides y sus posibles riesgos a la salud humana y a la salud del ecosistema, desde un enfoque global hasta lo local, al involucrar investigaciones realizadas en los últimos años, donde cabe mencionar, como ya se pudo apreciar en la discusión del presente documento, que dicha investigación a nivel local aún es muy escasa.

Desde el campo de la salud ambiental, se logra reconocer la necesidad de desarrollar más investigación a nivel local (estado de Jalisco) que permita documentar el riesgo potencial a la salud humana por consumo de productos alimenticios tratados con neonicotinoides dado que aún se desconoce su exacta concentración, sinergia, bioacumulación, toxicocinética y efectos en el corto, mediano y largo plazo en la dieta diaria promedio de los mexicanos. Asimismo, se logra identificar el impacto negativo que tienen los neonicotinoides en polinizadores como las abejas, y como éste se ve reflejado en la disminución de su población en colmenas locales, y en consecuencia, esto genera un daño importante en la salud del ecosistema. Es vital que los principales actores que fungen como tomadores de decisiones, en cuanto al uso, consumo, venta, y disposición de plaguicidas neonicotinoides, cuenten con la información precisa, pertinente y más reciente en el uso adecuado de estos insecticidas, para que su regulación sea más estricta, y por ende, se persiga el bienestar de la población y la mitigación en el impacto negativo de la acción antropogénica derivado de la actividad agrícola.

Referencias

- Addy-Orduna, L., Brodeur, J., & Mateo, R. (2018). Oral acute toxicity of imidacloprid, thiamethoxam and clothianidin in eared doves: A contribution for the risk assesment of neonicotinoids in birds. *Science of the Total Environment*, 650, 1216-1223.
- Baron, G., Jansen, V., Brown, M., & Raine, N. (2017). Pesticide reduces bumblebee colony initiation and increases probability of population extinction. *Nature Ecology & Evolution*, 1, 1308–1316.
- Bass, C., Denholm, I., Williamson, M., & Nauen, R. (2015). The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pesticide biochemistry and physiology*, 121, 78-87. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.04.004>
- Bejarano, F., Aguilera, D., Arámbula, E., Arellano, O., Bastidas, P., Beltrán, V., . . . Calderón, C. (2017). *Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México*. Texcoco: Comité Interno Cienfífico Editorial de Publicaciones del CIAD, A.C.
- Bonmatin, J.-M., Giorgio, C., Girolami, V., Kreutzweizer, D., Krupke, C., Liess, M., . . . Tapparo, A. (2015). Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. *Worldwide Integrated Assesment of the Impacts os Systemic Pesticdes on Biodiversity and Ecosystems*, 22, 35-67.
- Casida, J., & Durkin, K. (2013). Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual Review of Entomology*, 58, 99-117.
- COFEPRIS. (2016). Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Obtenido de [Catalogo de Plaguicidas 2016: http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%2520y%2520Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx](http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%2520y%2520Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx)
- Craddock, H., Huang, D., Turner, P., Quirós-Alcalá, L., & Payne-Sturges, D. (2019). Trends in neonicotnoid pesticide resiudes in food and water in the United States, 1999-2015. *Environmental Health*.
- Ding, F., & Peng, W. (2015). Biological assessment of neonicotinoids imidacloprid and its major metabolites for potentially human health using globular proteins as a model. *Journal of photochemistry and photobiology*, 24-36.
- Elbert, A., Hass, M., Springer, B., Thielert, W., & Nauen, R. (2008). Applied aspects of neonicotinoid use in crop protection. *Pest Manage.*, 64, 1099-1105.

- FAO. (2019). Obtenido de <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/es/>
- Farag, M., & Loufty, N. (2012). Uses and Environmental Pollution of Biocides. En *Pesticides: Evaluation of Environmental Pollution*. Boca-Raton: Press–Taylor and Francis Group.
- Frumkin, H. (2010). En H. Frumkin, *Environmental Health: from global to local*.
- Han, W., Tian, Y., & Xiaoming, S. (2018). Human Exposure to neonicotinoid insecticide and the evaluation of their potential toxicity: An overview. *Chemosphere.*, 59-65.
- Harada, K., Tanaka, K., Sakamoto, H., Imanaka, M., Niisoe, T., Hitomi, T., . . . Koizumi, A. (2016). Biological monitoring of human exposure to neonicotinoids using urine samples, and neonicotinoid excretion kinetics. *PLOS ONE*.
- Jeschke, P., & Nauen, R. (2008). Neonicotinoids – from zero to hero in insecticide chemistry. *Pest Management Science*.
- Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M., & Elbert, A. (2011). Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 2897-2908.
- Karthikeyan, S., Suganthi, A., Bhuvanewari, K., & Kennedy, J. (2018). Validation and quantification of neonicotinoid insecticide residues in rice whole. Coimbatore, India.
- Kimura-Kuroda, J., Komuta, Y., Hayashi, Y., & Kawana, H. (2012). Nicotine Like Effects of the Neonicotinoid Insecticides Acetamiprid and Imidacloprid on Cerebellar Neurons from Neonatal Rats. *PloS ONE*.
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y práctica*. Barcelona.: Paidós.
- LGS. (2019). Ley General de Salud. Obtenido de http://www.salud.gob.mx/cnts/pdfs/LEY_GENERAL_DE_SALUD.pdf
- López, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación científica. *Revista de Educación*, 167-179.
- Lu, C., Warchol, K., & Callahan, R. (2012). In situ replication of honey bee colony collapse disorder. *Bulletin of Insectology.*, 65, 99-106.
- Morrissey, C., Mineau, P., Devries, J., Sanchez-Bayo, F., Liess, M., Cavallaro, M., & Liber, K. (2015). Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates: A review. *Environment International*, 74, 291-303.
- OMS. (2019). Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 30 de Octubre de 2019, de https://www.who.int/topics/environmental_health/es/
- Osaka, A., Ueyama, J., Kondo, T., Nomura, H., Sugiura, Y., & Saito, I. (2016). Exposure characterization of three major insecticide lines in urine of young children in Japan—neonicotinoids, organophosphates, and pyrethroids. *Environmental Research*, 147, 89-96.
- Pollack, P. (2011). *Fine chemicals: the industry and the business* (Segunda ed.). New Jersey, U.S.: John Wiley & Sons.
- Ponce, G. (Septiembre de 2019). Neonicotinoides y otros plaguicidas en miel de abeja producida en Jalisco, México: análisis de contaminación ambiental y peligro potencial en salud. Zapopan, Jalisco.
- Robson, M., & Hamilton, G. (2010). Pest control and pesticides. En H. Frumkin, *Environmental Health: from global to local*.

SADER. (2016). Jalisco, más que una perla en Occidente. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/jalisco-mas-que-una-perla-en-occidente?tab=>

SADER. (2019). Manual para el buen uso y manejo de plaguicidas en campo.

SENASICA. (25 de Octubre de 2016). Consulta de Registros Sanitarios de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y LMR. Obtenido de <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>

SIAP. (2018). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Obtenido de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L., Bonmatin, J., Chagnon, M., Downs, C., . . . Krupke, C. (19 de September de 2014). Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. Springer, 5-34. Obtenido de www.springerlink.com

Taira, K. (2014). Human neonicotinoids exposure in Japan. *Japanese Journal of Clinical Ecology*.

Taira, K. (2017). Does neonicotinoid insecticide cause neurodevelopmental disorder by environmental exposure? Impacts of and alternatives to systemic pesticide: a science-policy forum. Simposio llevado a cabo por la fundación David Suzuki y La Universidad de York en el Stong Dining Hall, Stong College. Ontario, Canadá.

Tomizawa, M., & Casida, J. (2011). Neonicotinoid insecticides: highlights of a symposium on strategic molecular designs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

Van Der Sluijs, J., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L., Bijleveld van Lexmond, M., Bonmatin, J.-M., Chagnon, M., . . . Wiemers, M. (2015). Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 148-154.

Van Lexmond, M., Bonmatin, J.-M., Goulson, D., & Noome, D. (2015). Worlwide Integrated Assesment on Systemic Pesticides. *Environmental Science and Pollution Research.*, 22(1), 1-4.

Woodcock, B., Isaac, N., Bullock, J., Roy, D., Garthwaite, D., Crowe, A., & Pywell, R. (2016). Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. *Nature Communications*.

Zhang et al, Q. (2019). Dietary risk of neonicotinoid insecticides through fruit and vegetable. 1.

Importancia ambiental y de salud de contaminantes emergentes del agua en México

Environmental and health importance of emerging water pollutants in Mexico

GARCÍA-VELASCO, Javier †* & VILLASEÑOR-VARGAS, Tania

Universidad de Guadalajara

ID 1^{er} Autor: *Javier, García-Velasco* / **ORC ID:** 0000-0003-3042-7841, **Researcher ID Thomson:** T-4575-2018, **CVU CONACYT ID:** 252703

ID 1^{er} Coautor: *Tania, Villaseñor-Vargas* / **ORC ID:** 0000-0002-2472-1027, **CVU CONACYT ID:** 961786

J. García & T. Villaseñor

avier.gvelasco@academicos.udg.mx

N. Zapata (Dir.). Biotecnología y Ciencias Agrícolas TI. Collection-©ECORFAN-Mexico, CDMX, 2019

Resumen

El recurso hídrico en las últimas décadas, ha sido afectado por actividades cotidianas, ya sea por el uso de uso de medicamentos, productos de belleza y de actividades como la ganadería e industria, y de manera indirecta, compuestos químicos llegan a los cuerpos de agua, en ocasiones hasta el agua subterránea. El objetivo de este capítulo es la revisión de documentos encontrados en bases de datos, con el fin de saber los aspectos de esta problemática, daños a la salud y al medio ambiente. Se encontraron estudios alrededor del mundo, en los que si existen concentraciones de contaminantes emergentes, estos contaminantes son llamados así ya que no son regulados y solo en algunos países tienen normas para su control. Los contaminantes emergentes a pesar de que algunos de ellos son biodegradables, son muy peligrosos, por su persistencia y bioacumulación. Aun no se ha desarrollado una tecnología eficaz, para ser eliminados completamente de los cuerpos de agua.

Contaminantes emergentes, Agua, Medio ambiente

Abstract

The water resource in the last decades has been affected by daily activities, either by the use of medicines, beauty products and activities such as livestock and industry, and indirectly, chemical compounds affected to water bodies, sometimes even groundwater. The objective of this chapter is the review of documents found in databases, in order to know the aspects of this problem, damage to health and the environment. Studies were found around the world, in which if there are variables of emerging pollutants, these pollutants are called that and are not regulated and only in some countries have rules for their control. The emerging pollutants, although some of them are biodegradable, are very dangerous because of their persistence and bioaccumulation. An effective technology has not yet been developed, to be completely eliminated from the bodies of water.

Emerging pollutants, Water, Environment

Introducción

El agua es un recurso escaso, primordial para la vida humana y el medio ambiente, como consecuencia del desarrollo humano, industrial y económico, este recurso ha tenido una gran disminución. La supervivencia de la humanidad, plantas y animales del planeta depende de la disposición de agua (USGS, 2013), a causa del crecimiento urbano y económico, este recurso ha sufrido un alarmante deterioro. Durante años han sido vertidas al medio ambiente sustancias biológicamente activas, sintetizadas para su uso en la agricultura, la industria sin reparar y esto ha generado grandes consecuencias. El agua se considera como un recurso natural que debe cuidarse de malos usos o privatización por parte de colectivos o de individuales, en el año 1879 se estableció la “Ley de Aguas”, en la cual se menciona que el agua es un recurso natural escaso, irremplazable e irregular. Este recurso debe estar disponible en la cantidad necesaria y calidad precisa (Barceló, 2012). Existen diversas normas para la protección del agua, pero al no tener el uso adecuado de prácticas de la vida cotidiana los contaminantes llegan al medio ambiente.

El incremento de la población, los estilos de vida y los fenómenos de globalización favorecen a la aparición de nuevos contaminantes y patógenos, eso genera nuevas enfermedades de transmisión por el agua, hasta la fecha no se sabe con exactitud cuáles son los daños a la salud y al medio ambiente (Marin G., 2017).

Estos contaminantes se han denominado “contaminantes emergentes” los cuales son compuestos de distinto origen y naturaleza química, su presencia en el medio ambiente no considera significancia por su concentración mínima, en la actualidad con nuevos métodos de análisis están siendo ampliamente detectados y están llamando la atención de investigadores (Barceló, 2007).

Se consideran emergentes ya que no se encuentran en regulación, o se someten a un proceso de regulación (Barceló & López de Alda 2008). En la Tabla 1 se presentan la clasificación de contaminante emergentes.

Tabla 1 Clasificación de contaminantes emergentes

Compuesto	
1. Fármacos	
Antibióticos de uso humano y de uso veterinario	Trimetoprim, eritomicina, lincomicina, sulfametaxozol
Analgésicos, anti-inflamatorios	Codein, ibuprofeno, acetaminofén, ácido acetilsalicílico, diclofenaco, fenoprofeno, ketoprofeno
Medicamentos psiquiátricos	Diazepan
Reguladores de lípidos	Bezafibrato, ácido clofibrico, ácido fenofibrico, gemfibrozil
B-bloqueadores	Metoprolol, propanolol, timolol
Rayos X de contraste	Lopromida, iopamidol, diatrizoato
2. Hormonas y esteroides	Estradiol, estrona, estriol, dietilstibestrol
3. Productos para el cuidado e higiene personal	
Fragancias	Almizcles nitro, policíclicos, macrocíclicos
Protectores solares	Benzofenona, alcanfor metilbencilidano
Repelentes de insectos	N, N-dietiltoluamida
Antisépticos	Triclosan, clorofeno
4. surfactantes y metabolitos de surfactantes	Alquilfenoles etoxilados, 4- nonifenoles, 4- octilfenol, alquilfenoles carboxilados
5. Retardantes de flama	Ésteres difenil polibrominados (PBDEs) Bisfenol A tetrabromado, C10-c13 cloroalcanos, Tris (2-cloroetil) fosfatado
6. agentes y aditivos industriales	Agentes quelantes (EDTA), sulfonatos aromáticos, ésteres de ftalato
7. Aditivos gasolina	Ésteres dialquil, metal-t-butil éter (MTBE)
8. Productos de desinfección	Lodo-THMs, bromoácidos, bromoacetnitrilos, bromoaldeídos, cianoformaldeído, bromato, NDMA

Fuente: (Barceló & López de Alda, 2008)

Se necesitan más investigaciones para incrementar el conocimiento sobre el origen, transformación y efectos en la salud y el medio ambiente, para que se formulen mecanismos de tratamiento, para garantizar agua de buena calidad, sin daños a la salud humana y afectaciones al medio ambiente (Becerril, 2012).

Los efectos más importantes generados por los contaminantes emergentes en la salud son:

1. Acción toxica y cancerígena
2. Incidencia sobre la producción de alimentos
3. Limitación del uso del agua con fines recreativos
4. Reducción de las posibilidades de su uso industrial y agropecuario.

Los riesgos que se generan a través de los contaminantes emergentes en el agua son muy difíciles de determinar, ya que en su mayoría las dosis tóxicas son demasiados pequeñas y el problema se agrava cuando se presentan diversos contaminantes.

Dichos contaminantes son sustancias tóxicas bioacumulables y son capaces de llegar a aguas subterráneas y reservorios de agua para el consumo humano (Reinoso, Serrano, & Orellana , 2017).

Las investigaciones que se han realizado de estos contaminantes son en aguas domésticas, en aguas que ya han recibido un tratamiento, en arroyos y en agua potable, ya que en estos, es más probable que contenga concentraciones mayores de contaminantes que las aguas subterráneas (Lapworth, D. J.; et al., 2012).

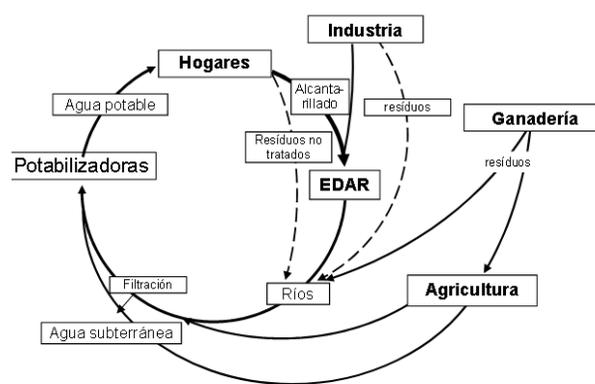
Las primeras evidencias de la presencia de fármacos en el medio acuático se produjeron en los años 70 con la identificación en aguas residuales en EEUU del ácido clofibrico, que es el metabolito activo de varios reguladores de lípidos en sangre (clofibrico, etofilin y etofibrato). No fue hasta principios de la década de los 90 que el tema de los fármacos en el medio ambiente empezó a surgir con más fuerza (Barceló y López, 2012).

El objetivo de este artículo es una revisión de los contaminantes emergentes, sus efectos a la salud, el ambiente y su método de análisis, se realizó la búsqueda de artículos en bases de datos como scopus y science, entre los cuales se revisó en 55 documentos, con el fin de recabar la información necesaria.

Origen de los diversos contaminantes

Los contaminantes emergentes son de distinto origen y naturaleza química, su presencia en el ambiente ha causado diversas afectaciones en la salud y en el medio ambiente. De estos compuestos se sabe muy poco y por lo tanto precisan investigación (Barceló, 2012) La aparición de contaminantes tiene su origen en el “ciclo del agua” (figura 1). En este ciclo, concurren compartimientos ambientales y actividades humanas, que es en donde se produce la contaminación, alterando la calidad del agua. Se puede observar que las principales vías de entradas de contaminantes al medio ambiente acuático son las aguas residuales, en ellas se incluyen las urbanas, industriales y las de origen agrícola (Barceló, 2012).

Figura 1 Ciclo del agua



Fuente: Barceló, 2012

Los productos químicos presentes en aguas, son sintetizados o indirectamente producidos por las diversas actividades humanas. Hay algunos medicamentos que no son ingeridos y estos son desechados a la basura o directamente al agua, en ocasiones las sustancias que administran a animales son arrastradas por la lluvia, por lo tanto estas sustancias terminan en aguas residuales, aunque el agua pase por plantas de tratamiento su remoción no es totalmente completa, pues la mayoría de los sistemas de depuración son ineficientes para eliminar estos tipos de contaminantes (Tejada, Quiñonez, & Peña, 2014).

Una gran parte de los fármacos que son consumidos en grandes cantidades, después de su ingesta se excretan a través de la orina y heces, de esta manera se ingresan de manera continua y persistente a las aguas residuales (Elorriaga et al, 2012). La mayoría de los fármacos no son detectados por las plantas de tratamiento, y esto causa que sigan presentes en el agua generando daños a la salud y a la biota acuática.

Los fármacos son los más presentes en el agua, ya que su consumo es demasiado y hay una gran variedad de ellos, pocos efluentes de hospitales se consideran de forma diferente a las aguas residuales urbanas y estas se descargan a los sistemas de alcantarillado público, y sin ningún tratamiento.

Tipos de contaminantes emergentes en el agua

Hay una gran variedad de compuestos químicos presentes en el medio ambiente, entre ellos, productos farmacéuticos, productos para el cuidado personal, aditivos industriales, los cuales no están incluidos en monitoreo de programas de tratamiento de aguas (MURRAY et al, 2010) a continuación se describen y se recopilan investigaciones de la presencia de contaminantes en los cuerpos de agua y el impacto de ellos.

Pesticidas o plaguicidas

Son sustancias destinadas a prevenir, destruir o mitigar las plagas. Se han estudiado durante décadas y se tiene un conocimiento sobre su presencia en el medio ambiente.

Lo más preocupante de estas sustancias son sus metabolitos, han sido ignorados y sus compuestos pueden ser demasiados tóxicos. Se ha comprobado la presencia de metabolitos de plaguicidas en concentraciones altas en agua subterránea (Kolpin, et al, 2004).

Se realizó un estudio en por el Reino Unido (Sinclair, 2010) el en cual se reportó la existencia de metabolitos de plaguicidas en aguas subterráneas, estos contaminantes no están permitidos ya que son persistentes y acumulables en el ambiente. Esto es muy alarmante para la salud humana y el medio ambiente, 127 países adoptaron un tratado, en el que se realizó una lista de las sustancias más tóxicas creado por las naciones unidas del 2001 en Estocolmo (ATSDR, 2002)

El herbicida más utilizado en el mundo por uso agrícola es el glifosato, a causa de ello, los cultivos se volvieron más resistentes (Kolpin, 2006) causando daños a la salud. La alta solubilidad en el agua y su metabolito ha hecho que su análisis sea difícil (Kolpin, 2006).

LA Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1978, estableció una clasificación de los plaguicidas, en base a la toxicidad causada a la salud a través de varias fuentes de exposición, en un periodo de tiempo corto (OMS, 1993). (Tabla 2)

Tabla 2 Clasificación de plaguicidas

Clase	Toxicidad	Ejemplos
Clase	Extremadamente peligrosos	Paratión, dieldrín
Clase	Altamente peligrosos	Eldrín, diclorvos
Clase	Moderadamente peligrosos	DDT, clordano
Clase	Ligeramente peligrosos	Malatlón

Fuente. OMS, 1993

Estos plaguicidas se clasifican en permanentes, persistentes, moderadamente persistentes y no persistentes (OMS, 1990).

Tabla 3. Persistencia de plaguicidas

Persistencia	Vida media	Ejemplos
No persistente	De días hasta 12	Malatión, diazinón, carbarilo, diametrín
Moderadamente persistente	Semanas	Paratión, lannate
Persistente	De 1 a 18 meses	DDt, aldrín, dieldrín
Permanentes	De varios meses	Productos hechos a partir de mercurio, plomo, arsénico

Fuente. OMS, 1990

Son diversos los plaguicidas que se encuentran en el medio ambiente, en periodos prolongados, llegan al organismo utilizando varias vías. Las fuentes de exposición en la población son los alimentos de origen vegetal o animal y en una concentración muy baja en el agua, aire, tierra, fauna y flora contaminados. Los productos industrializados están hechos de plaguicidas, afectado directamente a las personas (AL-SALEH, 1994).

Productos farmacéuticos

La presencia de estos contaminantes ha generado una gran preocupación entre los investigadores a nivel mundial.

La mayoría de la población ingiere fármacos sin prescripción, por lo tanto, estos contaminantes se encuentran de gran cantidad en el medio ambiente.

La principal manera de llegar al medio ambiente es a través de la excreción humana, por el incorrecto desecho de productos no utilizados y el uso agrícola (POYNTON, 2009).

Los fármacos se administran vía oral, los químicos que contiene el fármaco, son expuestos para su absorción en el intestino delgado, a través de las vellosidades que éste posee, después de que los jugos gástricos han realizado su trabajo son liberarlos, ya que pasa por este proceso, el fármaco llega al torrente sanguíneo, se distribuye, se metaboliza y se elimina (Miteva et al, 2006).

Los **analgésicos** son los que más se consumen a nivel mundial por automedicación. Se ha reportado en diclofenaco y el ASA en aguas residuales (Richardson, 2009). En aguas hospitalarias se reportó la presencia de ibuprofeno y acetaminofén (Gómez, 2006). Es comúnmente utilizado para inflamaciones y dolor en el cuerpo, alivia la fiebre y es un tratamiento para los reumas (Fent el at, 2006).

Tabla 4 Analgésicos con sus respectivos metabolitos

Nombre	Presencia ambiental/ nombre comercial
Acetaminofeno Paracetamol	Es eficientemente removido por las plantas de tratamiento de aguas servidas. PARACETAMOL
Ácido acetil-salicílico	Uno de los primeros fármacos identificados en los afluentes/efluentes de sistemas de tratamiento de aguas servidas. Es eficientemente removido por las plantas de tratamiento de aguas servidas. ASPIRINA.
Diclofenaco de sodio	Se han encontrado cargas de aproximadamente 100 g/día en Alemania. Datos de laboratorio muestran una rápida y extensa fotodegradación a múltiples productos (Buser et al., 1999). VOLTAREN
Ibuprofeno	Cargas sobre 200g/día en Alemania (Ternes, 1998) Excretado principalmente por los humanos en forma libre o conjugada (Buser et al., 1999). ADVIL

Fuente: Tomado de (Henríquez, 2012)

Los **antihipertensivos** Se utilizan para enfermedades cardiovasculares. En este grupo se destaca el calcio-antagonista, los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina y los beta bloqueadores. Se reportaron niveles superiores a los 0.0017 µg/L en afluentes de aguas municipales de varios β-bloqueadores como el atenolol, el metoprolol y el propanolol (Ternes, 1998).

Los **Antibióticos** son de gran uso en el mundo, para su efecto contra microorganismos patógenos en animales y humano, debido al incremento de su consumo, es mayor la concentración que llega al medio ambiente, esto causa resistencia microbiana en el recurso hídrico. Se ha reportado antibióticos en el ambiente e implicación en los mecanismos de defensa propios de los organismos vivos (Jiménez, 2011).

Los antibióticos con mayor reporte en cuerpos de agua son tetraciclinas (Dang, 2007), los aminoglicósidos (Shakil, 2008), los macrolidos y los betalactámicos (Roberts, 1999).

Es complicado que se puedan eliminar completamente los antibióticos de los cuerpos de agua al pasar por las plantas de tratamiento, por lo tanto, alcanza a llegar a las aguas superficiales y aguas para el consumo humano, esto expone a la salud humana con sus efectos tóxicos (Ternes, 1998).

Tabla 5 Antibióticos con sus respectivos metabolitos

Nombre	Presencia ambiental/ nombre comercial
Fluoroquinolona (Ácido carboxílico)	Su presencia en el medio ambiente se propone como una de las principales causas del aumento en la resistencia entre las bacterias patógenas. Altamente activo en aguas residuales provenientes de hospitales. Inhibidor de la ADN-Girasa (enzima necesaria para la replicación del ADN en las bacterias). LEVOFLOXACINA
Sulfonamidas	Concentraciones encontradas en percolados del landfill de Grinsted (Dinamarca): 0,04-6,47 mg/L directamente abajo del relleno y disminuyendo, dependiendo de la profundidad y el largo de la pluma. ECTAPRIM

Fuente: Tomado de (Henríquez, 2012)

En Colombia (Arias, 2011) se hizo una investigación en la cual se trabajó en el sistema de alcantarillado y dio como resultado que las plantas de tratamiento no son eficaces para remover contaminantes del recurso hídrico, las sustancias que se encontraron fueron las siguientes: analgésicos, antiinflamatorios entre ellos el diclofenaco, ibuprofeno entre otros. También se determinaron metales pesados, anestésicos, citotáscitos, desinfectantes y analgésicos (Arias, 2011).

En la tabla 6 se muestran los diferentes tipos de farmacos y su nivel de concentración de los distintos cuerpos de agua de algunos países en el mundo de estudios encontrados en la literatura

Tabla 6. Farmacos con su concentración, medio acuático, país y referencia

CE	Concentración	Medio acuático	País	Referencia
Ibuprofeno	0.006-2.8	Río Henares	España	Fernández et al. (2010)
	0.16-9.89	Río Llobregat	España	Ginebreda et al. (2010)
	0.011-0.685	Río Liuxi,	China	Zhao et al. (2010)
	0.036-0.416	Río Hai	China	Wang et al. (2010)
	0.006	Área de Rhône	Francia	Vulliet y Olivé (2011)
	0.015	Río Jalle	Francia	Vystavna et al. (2012)
	0.028	Río Arade	Portugal	González-Rey et al. (2015)
	0.004-0.014	Río Jalle	Francia	Aminot et al. (2015)
	6.53-41.41	río Umgeni	Sudáfrica	Matongo et al. (2015)
Diclofenaco	0.01	Río Selangor	Malasia	Al-Odaini et al. (2010)
	0.011-0.15	Rís Liuxi	China	Zhao et al. (2010)
	0.023-0.717	Río Hai	China	Wang et al. (2010)
	0.018-0.156	Río Henares	España	Fernández et al. (2010)
	0.08-18.74	Río Llobregat	España	Ginebreda et al. (2010)
	0.005	Área de Rhône	Francia	Vulliet y Olivé (2011)
	0.07	Río Jalle	Francia	Vystavna et al. (2012)
	<0.01	Río Lopan	Ucrania	Vystavna et al. (2012)
	0.031	Río Arade	Portugal	González-Rey et al. (2015)
Ketoprofeno	0.02-0.098	Río Jalle	Francia	Aminot et al. (2015)
	0.9-2	Río Jalle	Francia	Aminot et al. (2015)
	<0.0005-0.014	Ríos Taff y Ely	Gales	Kasprzyk-Hordern et al. (2008)
	0.16-2.71	Río Llobregat	España	Ginebreda et al. (2010)
	0.003-0.991	Río Henares	España	Fernández et al. (2010)
	0.0003	Área de Rhône	Francia	Vulliet y Olivé (2011)
	0.008-0.033	Río Jalle	Francia	Aminot et al. (2015)

Fuente: (Toxicología, 2017)

Hormonas esteroides

Los seres humanos la reproducimos naturalmente, en testículos, corteza adrenal, ovarios y placenta. Los testículos serían los encargados de secretar, principalmente, testosterona (andrógenos), la corteza adrenal produce la aldosterona, cortisol y la DHEA (dehidroepiandrosterona), los ovarios producen los estrógenos que engloban el estradiol, 4-androsteno-3, 17-diona y la progesterona (Gómez, 2012).

También existen hormonas sintéticas, en ellas se incluyen las pastillas anticonceptivas, que son usadas a nivel mundial Los estrógenos son importantes en el ciclo del celo y es la principal función primaria de la hormona sexual femenina (Jurado, 2012) este es uno de los principales compuestos expulsados comúnmente por las mujeres Entre los más estudiados de este género se destacan los estrógenos, naturales estrone 17- β -estradiol y estriol; y estrógenos sintéticos como el 17- α -etinilestradiol (Krein, 2012) se encuentran entre los más estudiados ya que hay reportes de que están presentes en aguas superficiales y subterráneas (Vulliet, 2011).

Estos contaminantes se introducen al medio ambiente de manera efluente en aguas residuales y de las plantas de tratamiento estos no son removidos totalmente (Writer, 2010). La presencia en el ambiente de estas sustancias es un riesgo para la salud humana y la vida silvestre.

Se realizó una investigación en la Ciudad de México (Díaz-Torres, et al, 2013) se reportó en el humedal de Xochimilco la presencia de estradiol con una concentración de 1.68 ng/ μ L y estrona de 10.38 ng/ μ L.

En la tabla 7 se muestra los trabajos encontrados en la literatura en donde se realizó un estudio de los diferentes tipos de hormonas y su nivel de concentración en distintos cuerpos de agua de algunos países del mundo.

Tabla 7 Hormonas y esteroides, con su concentración, medio acuático, país y referencia

CE	Concentración	Medio acuático	País	Referencia
17 α -etinilestradiol	<0.0001-0.0043	Ríos Mosa	Holanda	Belfroid et al. (1999)
	<0.00005-0.00052	Río Detroit	USA	Snyder et al. (1999)
	<0.00003-0.00004	Río Tíber	Italia	Baronti et al. (2000)
	<0.0001-0.0051	Río Nau	Alemania	Kuch y Ballschmitter et al. (2001)
	0.831	Arroyo Itchepackesassa	USA	Kolpin et al. (2002)
	4.16-22.8	Ríos Anoaia	España	López de Alda et al. (2002)
	0.0011-0.0029	Río Acheres	Francia	Cargouët et al. (2004)
	9	Río Ouse	Inglaterra	Liu et al. (2004)
	0.0002-<0.04	Río Jordán	Israel	Barel-Cohen et al. (2006)
	<0.0008-0.034	Laguna de Venecia	Italia	Pojana et al. (2007)
	<0.002-0.036	Río Beítang	China	Lei et al. (2009)
	0.81-9.26	río Beítang	China	Lei et al. (2009)
	<0.00005-0.00052	Río Bremer	Australia	Ying et al. (2009)
	0.032	Río Selangor	Malasia	Al-Odaini et al. (2010)
	0.001	Área de Rhône	Francia	Vulliet y Olivé (2011)
	0.000002-0.000005	Río Langat	Malasia	Praveena et al. (2016)
0.0003	río Langat	Malasia	Praveena et al. (2016)	
17 α -estradiol	<0.0001-0.003	Río Mosa	Holanda	Belfroid et al. (1999)
	0.00015-0.002	Río Nau	Alemania	Kuch y Ballschmitter et al. (2001)
	0.074	Arroyo Itchepackesassa	USA	Kolpin et al. (2002)
	0.00004-0.0077	Río Delaware	USA	Velicu y Suri (2009)
	0.0002	Área de Rhône	Francia	Vulliet y Olivé (2011)
Estrona	<0.0003-0.0034	Ríos Mosa	Holanda	Belfroid et al. (1999)
	0.0001-0.0041	Río Nau	Alemania	Kuch y Ballschmitter et al. (2001)
	0.112	Arroyo Itchepackesassa	USA	Kolpin et al. (2002)
	1-3.6	Ríos Anoaia	España	López de Alda et al. (2002)
	0.001-0.003	Río Acheres	Francia	Cargouët et al. (2004)
	3	Río Ouse	Inglaterra	Liu et al. (2004)
	0.05-3.6	baña de Tokio	Japón	Isobe et al. (2006)
	<0.001-0.007	Laguna de Venecia	Italia	Pojana et al. (2007)
	0.0007-0.003	Río Delaware	USA	Velicu y Suri (2009)
	0.0003-0.004	Área de Rhône	Francia	Vulliet et al. (2008)
	0.0064-0.055	Río Beítang	China	Lei et al. (2009)
0.98-21.6	Sedimento ríos Beítang	China	Lei et al. (2009)	
Progesterona	0.199	Arroyo Itchepackesassa	USA	Kolpin et al. (2002)
	0.08-6.82	río Anoaia	España	López de Alda et al. (2002)
	0.00006-0.00009	Río Koyama	Japón	Chang et al. (2008)
	0.0017-0.0035	Área de Rhône	Francia	Vulliet et al. (2008)
	0.007-0.012	Río Delaware	USA	Velicu y Suri (2009)
	0.004-0.010	Río Limago	Suiza	Ammann et al. (2014)
	0.0016	Área de Rhône	Francia	Vulliet y Olivé (2011)

Fuente: (Toxicología, 2017)

Aditivos industriales

Existe una gran variedad de compuestos industriales que son desechados al medio ambiente, sin saber que estos causan grandes afectaciones a la salud, entre estos contaminantes destaca 1,4-dioxano, un estabilizador usado con 1,1,1-tricloroetano que es muy soluble en el agua subterránea, estas sustancias son resistentes a procesos de degradación, por lo tanto, llegan de una manera muy sencilla a los suelos y muy fácilmente llegan los lixiviados a las aguas subterráneas (ABE, 1999). En el 2008, se realizó una investigación por la Organización de Consumidores Independientes (OCU), se reportó 1,4-dioxano en casi la mitad de los productos estudiados de cuidado personal, derivados de benzotriazol que se encuentran en productos farmacéuticos tales como medicamentos antifúngicos, antibacterianos, y antihelmíntico (Giger, 2006) y estas sustancias son persistentes en el agua.

Productos para el cuidado personal

Estos productos son para uso directo sobre el cuerpo humano y están creados para alterar el olor; el aspecto, el tacto; el uso de estos no debe causar directamente un efecto secundario. Estos productos deben utilizarse en sus porciones indicadas (Daughton, 1999) ya que el uso inadecuado puede generar alguna alteración al cuerpo humano. Los productos que destacan estos contaminantes son: perfumes, fragancias, olicíclicos y macrocíclicos; agentes de protección solar, Benzofenona, metilbenzilidenecambor; repelentes de insectos: N,N-dietiltoluamida (Henríquez, 2010).

Estos contaminantes llegan en grandes cantidades por medio de aguas residuales y también son volatilizados (Van, 2011) por lo tanto su uso debe estar regulado o usarse en las menores cantidades posibles. Se realizó un estudio (Lindström, 2002), en el cual se reportó la presencia de triclosan y un metabolito de metiltriclosán, en aguas superficiales de Suiza. También se realizó otro estudio (Ames, 1987) en aguas residuales donde se reportó la presencia de almizcles sintéticos, estas investigaciones tuvieron el fin de estudiar cual es la acumulación de estos contaminantes y de qué manera afecta el metabolismo de los peces, el medio ambiente y al humano. En la tabla 8 se muestra los trabajos encontrados en la literatura, en los cuales se realizó un estudio para encontrar la presencia de aditivos industriales y su nivel de concentración en los distintos medios acuáticos de algunos países del mundo.

Tabla 8 Productos para el cuidado personal, con su concentración, medio acuático, país y referencia

CE	Concentración	Medio acuático	País	Referencia
DEET	0.0073-1.617	Río Loup	USA	Bartelt-Hunt et al. (2009)
	0.007-0.038	Río Elba	Alemania	Weigel et al. (2004)
	0.309	Lagos de Minessota	USA	Ferrey et al. (2015)
	1.3-3.5	río Zumbro	USA	Fairbairn et al. (2015)
Galaxolide	0.004-0.032	Río Chengtaizi	China	Bu et al. (2013)
	1.5-854	río Chengtaizi	China	Bu et al. (2013)
	60-180	Arroyo Tamiya	Japón	Tamura et al. (2013)
Tonalide	0.010-0.024	Río Chengtaizi	China	Bu et al. (2013)
	2.6-300	río Chengtaizi	China	Bu et al. (2013)
Traseolide	0.001-0.003	Río Chengtaizi	China	Bu et al. (2013)

Fuente: (Toxicología, 2017)

Contaminantes emergentes en México

En la literatura consultada se encontraron diversas investigaciones realizadas en el país, encontrando la presencia de contaminantes emergentes en cuerpos de agua, a continuación mencionare los trabajos encontrados.

Se realizó un trabajo por (Robledo et al, 2017) en los influentes y efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Morelia, utilizando metodologías estandarizadas, espectrofotometría de infrarrojo y espectrometría de masas, en la tabla 9, se muestran el contaminante emergente presente con su concentración.

Tabla 9 Contaminantes emergentes presentes en la planta de tratamiento del estado de Morelia

CE	Concentración
Clonazepam	0.89
Paracetamol	0.842
Cefadroxilo	0.819
Maleato de bromfeniramina	0.803
Cis-androsterona	0.847
Clorhidrato de maprotilina	0.814
Cefadroxilo	0.829

Fuente: Robledo et al, 2017

Al final de la investigación se llegó a la conclusión de que se identificaron 22 compuestos correspondientes a ocho grupos: 1) antibióticos (tetraciclina, cefaclor, cefadroxilo, ampicilina), 2) antidepresivos y ansiolíticos (clonazepam, lormetazepam, secobarbital, maprotilina), 3) hormonas y esteroides (levotiroxina, cis-androsterona), 4) analgésicos (paracetamol), 5) anestésicos (lidocaína), 6) antihistamínicos (bromfeniramina, fexofenadina), 7) drogas de abuso (amfetamina, morfina, benzoilecgonina, 11-nor- Δ^9 -THC-9-COOH, dimetilamfetamina, fenciclidina, metadona) y 8) otros (polietilenglicol). Estos contaminantes se confirmaron a través de la metodología espectrometría Infrarroja.

Se realizó un estudio (Gibson et al., 2007), en el agua residual del Emisor central y de los principales canales de distribución del valle de Tula y de sus fuentes de abastecimiento, los muestreos se realizaron en dos épocas del año: lluvia y estiaje. El análisis y cuantificación de los analitos se llevó a cabo en un cromatografo de gases HP, a continuación en la tabla 10, se muestra los contaminantes presentes en la investigación.

Tabla 10 Contaminantes emergentes en el agua residual del valle de Tula

CE	Concentración
Ácido clofbrico	0.1
Ibuprofeno	0.5
Ácido salicílico	0.2
2,4-D	0.25
Gemfibrozil	0.1
Naproxeno	0.5
Ketoprofeno	0.25
Diclofenaco	0.5
4-nonilfenoles	0.2
Pentaclorofenol	0.1
Triclosán	0.25
Bisfenol-A	0.25
Butilbencilftalato	0.5
Di-2(etilhexil) ftalato	25
Estrona	0.01
17 β -estradiol	0.005
17 α -etinilestradiol	0.001

Fuente: (Gibson et al., 2007)

Se puede observar la presencia de contaminantes emergentes, la cual se distribuye a lo largo del canal del agua residual, esta agua es utilizada para el riego, lo cual afecta de manera directa a la salud, estos químicos pueden atravesar suelos arcillosos (Siemens et al., 2008).

Y se encontró un último proyecto (Vallejo R., 2018) realizado en Lago de Chapala, Guadalajara, Jalisco, se llevó a cabo la detección de contaminantes emergentes bajo un método analítico, se realizaron cuatro muestreos, es época de sequía y de lluvia en los años 2016 y 2017. Se utilizó el cromatografo de gases con espectrometría de masas, para la detección y cuantificación.

En los resultados se encontró la presencia de estrógenos, farmacos y esteroides, eso indica que puede haber un riesgo potencial a la fauna y a la gente que hace uso del recurso hídrico.

Afectaciones de los contaminantes emergentes a la salud y al ambiente

Los contaminantes emergentes al acumularse y presentarse de manera significativa en el medio ambiente, provocan daños a la salud humana y al medio ambiente, cada sustancia está relacionada con alguna enfermedad, y a continuación se describen:

Los **pesticidas** son bioacumulables y se caracterizan por causar toxicidad y ser capaces de ocasionar efectos adversos al ambiente y a la salud como cáncer hepático y defectos congénitos en personas y animales (ATSDR, 2002). Se ha reportado que el Dicloro-difenil-tricloroetano (DDT) causa problemas hormonales, generando adelgazamiento en la cascara de huevo de diferentes especies, daños en la función reproductiva del hombre y cambio de comportamiento en humano (Colborn, 2002)

Los **fármacos**, se caracterizan por ser disruptores endocrinos, estos contaminantes no se eliminan por completo por las plantas de tratamiento, por lo tanto, llegan de una manera sencilla a las aguas superficiales, mientras no se tenga un control de su consumo y descargas, se expondrá a la población a sus efectos tóxicos (Ternes, 1998). También se ha reportado que el diclofenaco afecta a los tejidos de las branquias de los riñones en peces de agua dulce (Hoeger et al, 2005)

Entre los **antibióticos** destacan la penicilina, sulfonamidas y tetraciclinas, al estar presenten en el medio ambiente causan resistencia en patógenos bacterianos (García-Gómez et al, 2011). Estos contaminantes están en muy pequeñas cantidades y aun así sus efectos son muy significativos.

En los **aditivos industriales** se destaca el 1,4-dioxano, esta sustancia es utilizada como un solvente en la manufactura de otras sustancias químicas y como reactivo de laboratorio, la exposición a estos contaminantes en concentraciones bajas puede ocasionar irritación en ojos y nariz y en concentraciones altas ocasiona alteraciones a riñones y al hígado, en ocasiones puede ocasionar la muerte (ATSDR, 2007).

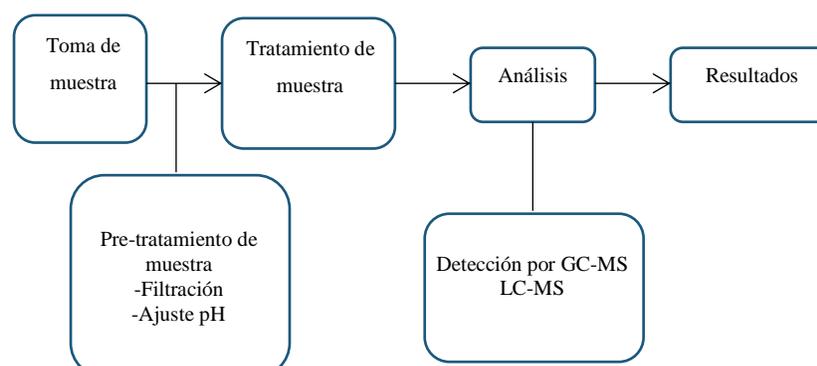
Las **hormonas esteroideas** están presentes en el medio ambiente de origen natural y antropogénico. Estos contaminantes son un riesgo ya que por su alto potencial de persistir en los ecosistemas, producen acumulación y toxicidad (Silva, Otero & Esteves, 2012). Estos contaminantes incrementan el riesgo de cáncer de mama, uterino y testicular (Cavaleri, Frenkel, Liehr, Rogan & Roy, 2000). También se reportó por Cavaleri que estas sustancias producen errores cromosomales y mutaciones de genes en animales, por la generación de oxígeno reactivo durante la metabolización de los estrógenos.

Técnicas instrumentales para su identificación y cuantificación

Cada contaminante tiene un método distinto, este depende de las propiedades físicas y químicas del compuesto que se vaya a analizar (Avilés, Sánchez , & Ramírez , 2015).

Para el análisis de los contaminantes emergentes es necesario un método sensible, selectivo, preciso, automático y aplicable a una gran variedad de gama de matrices. Este análisis necesita de varias etapas que se muestran en el diagrama a bloques de la figura 2 (Robles, 2014)

Figura 2 Diagrama a bloques del método de análisis



Fuente: (Robles, 2014)

Es recomendable que se lleven a cabo todas las etapas, de forma correcta, ya que si se comete algún error o se omite algún paso, al final del procedimiento se verá afectado el resultado (Robles, 2014)

La cromatografía de líquidos de alta resolución (LC-MS)

La cromatografía de líquidos de alta resolución es la técnica analítica más utilizada, por su fácil adaptación de las determinaciones cualitativas. Esta técnica es una de las más extensas ya que ofrece potentes prestaciones en términos de número de analitos a determinar y sensibilidad entre otros. Este método es adecuado para la cuantificación de contaminantes que son polares y muy solubles en el agua.

Las características principales de esta técnica son: tienen una alta especificidad analítica, tiene un amplio intervalo. Para que el análisis sea más sencillo y preciso se necesitan métodos sensibles, selectivos, precisos y automáticos (Robles, 2014).

Conclusión

En la actualidad los contaminantes emergentes son ignorados y no son monitoreados en México. Es importante una investigación más profunda en el país de estos contaminantes, ya que no se tiene la información necesaria, la cual nos indique cuáles son los niveles de concentración que hay en los cuerpos de agua, para poder determinar cuáles son las afectaciones a la salud y al medio ambiente.

De estos contaminantes emergentes, los antibióticos son los que generan más preocupación ya que el consumo de estas sustancias se cifra en toneladas por año, es necesario proteger las fuentes de abastecimiento y suministro, así como tener el control del agua de riego para que no se sigan afectando los cuerpos de agua.

Esta evaluación realizada, demuestra la necesidad de mejorar el conocimiento de los contaminantes y de que autoridades del país tomen interés, para que se regulen dichos químicos, para que ya no haya una gran afectación a los cuerpos de agua, a la salud humana y al medio ambiente.

En el campo de la salud ambiental, el agua es uno de los principales recursos que influye en el deterioro de la salud de las personas y de los ecosistemas, por lo que avanzar en una adecuada caracterización de los contaminantes que se presentan en los cuerpos de agua, permitirá implementar acciones como el monitoreo, técnicas para la determinación, posible utilización de indicadores biológicos como los macroinvertebrados o pruebas ecotoxicológicas, y con ello se sustenta la implementación de equipos, técnicas y métodos que utilizan alta tecnología para su determinación, basar la normatividad, justificar la creación de plazas para que profesionales especializados con formación académica tanto a nivel técnico, licenciatura y posgrado se involucren en estas áreas bajo esquemas formales de contratación en laboratorios e instancias tanto públicas como privadas.

Referencias

Avilés, M., Sánchez, M., & Ramírez, N. (2015). PROYECTO "MÉTODOS ANALÍTICOS PARA DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS EMERGENTES EN AGUA". México.

ATSDR. (2007). RESUMEN DE SALUD PÚBLICA 1,4-Dioxano. Obtenido de Agencias para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs187.pdf

ATSDR. (2002). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. En: Reseña toxicológica de los DTT, DDE y DDD. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. Servicio de Salud Pública.

Al-Saleh, I. A. Pesticides: a review article. En: J Environ Pathol Toxicol Oncol. (1994). Vol. 13, p. 151-161.

ABE, A. Distribution of 1,4-dioxane in relation to possible sources in the water environment. En: Sci Total Environ. 1999. Vol. 227, p. 41-47.

Ames, B.; Magw, R. y Gold, L. Ranking possible carcinogenic hazards. En: Science. (1987). Vol. 236. N° 4799. p. 271-280

- Arias V. y Escudero D. (2011). Estudio preliminar de la presencia de compuestos emergentes en las aguas residuales del Hospital Universidad del Norte. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima. 275-280 ISBN 978-607-607-015-4
- Barcelo, D., & López, M. (2007). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. Panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas.
- Barceló D, (2008). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Spain), editores. Aguas continentales. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 276 p. (Informes CSIS).
- Barceló, D. (2012). Fundación Nueva Cultura del Agua. Recuperado el 29 de 05 de 2019, de https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_contaminacion.pdf
- Barcelona Cavalieri, E., Frenkel, K., Liehr, J. G., Rogan, E., & Roy, D. (2000). Chapter 4: Estrogens as Endogenous Genotoxic Agents-DNA Adducts and Mutations. *Journal of the National Cancer Institute Monographs*, 27, 75-93.
- Becerril, J. E. (2012). Universidad de Santiago de Compostela. Recuperado el 29 de 05 de 2019, de <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/60>
- Calap, L. (2015). Nuevas tecnologías para el análisis de contaminantes emergentes. Alicante.
- Colborn T. (2002). Pesticides-how research has succeeded and failed to translate science into policy: endocrinological effects of wildlife. *Health Perspective*, 103:81-86.
- Chávez-Mejía, A., Ramos-Ramírez, I., Uscanga-Roldan, D., & Jiménez- Cisneros, B. (2016). DETECCIÓN DE MICROCONTAMINANTES ORGANICOS EN EL AGUA RESIDUAL DE LA CIUDAD DE MEXICO. Instituto de Ingeniería UNAM, Grupo Tratamiento y Reúso del Agua.
- Daughton, C. & Ternes, T.A. (1999). Pharmaceuticals and personal Care products in the Environment: Agents of Subtle Change? En: *Health perspect.* Vol. 107. N° 6, p. 907-938
- Dang, H.; *et al.* (2007). Molecular determination of oxytetracycline-resistant bacteria and their resistance genes from mariculture environments of China. En: *Journal of applied microbiology.* Vol. 103, N° 6. p. 2580-2592
- Díaz-Torres, E., Gibson, R., González-Farías, F., Zarco-Arista, A. E., & Mazari-Hiriart, M. (2013). Endocrine Disruptors in the Xochimilco Wetland, Mexico City. *Water, Air, & Soil Pollution*, 224(1586), 1586.
- Elorriaga Y, Marino D, Carriquiriborde P, y Ronco A. 2012. Contaminantes Emergentes: Productos farmacéuticos en el medio ambiente. VII Congreso de medio Ambiente. La Plata, Argentina. Disponible desde internet en: <http://congresos.unlp.edu.ar/index.php/CCMA/7CCMA/paper/view/932>
- Fent K, Weston A, y Caminada D. (2006). Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology*, 76:122-159.
- García-Gómez, C., Gortáres-Moroyoqui, P., & Drogui, P. (2011). Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción. *Revista Química Viva* -, 95-105.
- Giger, G.; Schaffner, C. & Kohler, H. P. (2006) Benzotriazole and tolyltriazole as aquatic contaminants. I. Input and occurrence in rivers and lakes. En: *Environ Sci Technol.* Vol. 40, p. 7186-7192.
- Gómez, M. (2006). Determination of pharmaceuticals of various therapeutic classes by solid-phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry analysis in hospital effluent wastewaters. En: *Journal of Chromatography. A.* Vol. 1114, N° 2. p. 224-233

- Henríquez, D. (2010). Presencia de contaminantes emergentes en aguas y su impacto en el ecosistema. Estudio de caso: productos farmacéuticos en la cuenca del río Biobío, región del Biobío, Chile. Tesis, Santiago de Chile.
- Henriquez D. (2012). Presencia de contaminantes emergentes en aguas y su impacto en el ecosistema. Estudio de caso: productos farmacéuticos en la cuenca del río Biobío, región del Biobío, Chile. Tesis para optar al grado de magister en ciencias de la ingeniería: Mención recursos y medio ambiente hídrico. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Gibson, R.; Becerril-Bravo, E.; Silva-Castro, V.; Jiménez, B. (2007) Determination of acidic pharmaceuticals and potential endocrine disrupting compounds in wastewaters and spring waters by selective elution and analysis by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. 1169: 31-39.
- Gómez, Gregorio. Bases farmacológicas de la conducta. [En línea]. (2011). [Citado el 2 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://www.biopsicologia.net/nivel-3-participacion-plastica-y-funcional/7.-hormonas-esteroides.html>
- Jiménez, Claudio. (2011). Contaminantes orgánicos emergentes en el ambiente: productos farmacéuticos. En: *Rev. Lasallista Investig.* Vol. 8. N° 2, p. 143-153
- Jurado, Ana; *et al.* (2012) Emerging organic contaminants in groundwater in Spain: A review of sources, recent occurrence and fate in a European context. En: *Science of the Total Environment*. Vol. 440. p. 82–94
- Kolpin, Dana; Schnoebelen, D. y Thurman, E. M. (2004). Degradados dar una idea de las tendencias espaciales y temporales de los herbicidas en el agua subterránea. *Agua Subterránea*. Vol. 42, p. 601-608
- Kolpin, D. W.; *et al.* (2006). Contribuciones urbanas de glifosato y AMPA a sustancias degradadas corrientes en los Estados Unidos. En: *Sci Total de Medio Ambiente*. Vol.354, p. 191-197
- Krein, Andreas; *et al.* (2012). Determination of Estrogen Activity in River Waters and Wastewater in Luxembourg by Chemical Analysis and the Yeast Estrogen Screen Assay. En: *Environment and Pollution*. Vol.1, N° 2. p. 86-96
- Lapworth, D. J. *et al.* (2012). Emerging organic contaminants in groundwater: a review of sources, fate and occurrence. En: *Environ Pollut.* Vol.163. p. 287–303
- Lindström, A.; *et al.* (2002). Occurrence and environmental behavior of the bactericide triclosan and its methyl derivative in surface waters and in wastewater. En: *Environmental science & technology*.. Vol. 36. N° 1. p. 2322-2329
- Lira, I. (2017). Fondo para la comunicación y la educación ambiental. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <https://agua.org.mx/70-del-agua-dulce-en-mexico-esta-contaminada-gobierno-deja-impunes-a-las-industrias-alertan/>
- Marin G., R. (2017). Contaminación emergente: sustancias prioritarias y preferentes, productos farmacéuticos, drogas de abuso, disruptores endocrinos, microplásticos y patógenos emergentes. *TECNOAQUA*, 66-77.
- Miteva M, Violas S, Montes M, Gomez D, Tuffery P, y Villoutreix B. 2006. FAF-Drugs: free ADME/tox filtering of compound collections. *Oxford Journals Life Sciences Nucleic Acids Research*, 34:738-744.
- Olaleye M. y Rocha B. 2008. Acetaminophen-induced liver damage in mice: effects of some medicinal plants on the oxidative defense system. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 59:319–327.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). (1993). - ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). Plaguicidas y salud en las Américas. Washington: OMS/OPS, División Salud y Ambiente.

- Siemens, J.; Huschek, G.; Siebe, C.; Kaupenjohann, M. (2008) Concentrations and mobility of human pharmaceuticals in the world's largest wastewater irrigation system Mexico City-Mezquital Valley Water research 42: 2124-2134.
- Sinclair C. J. et al. (2010). A desk study on pesticide metabolites, degradation and reaction products to inform the Inspectorate's position on monitoring requirements. Final Report for Drinking Water Inspectorate. En: Food and Environment Research Agency.
- Plaguicidas organoclorados. México: OMS/OPS, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 1990. (Serie Vigilancia 9.)
- Poynton, H. C. y VULPE, C. D. (2009) Ecotoxicogenomics: Emerging Technologies for Emerging Contaminants. En: Journal of the American Water Resources Association. Vol. 45, p. 83–96
- Richardson, Susan. (2009). Water analysis: emerging contaminants and current issues. En: Anal. Chem. Vol. 81, N° 12. p. 4645-4677.
- Roberts, Marilyn; *et al.* (1999) Nomenclature for macrolide and macrolide-lincosamide-streptogramin B resistance determinants. En: Antimicrobial Agents and Chemotherapy. Vol.43, N° 12. p. 2823
- Robles, J. (2014). DESARROLLO DE METODOLOGÍAS ANALÍTICAS MEDIANTE CROMATOGRFÍA/ ESPECTROMETRÍA DE MASAS PARA EL CONTROL DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PRIORITARIOS Y EMERGENTES EN AGUAS RESIDUALES Y SUPERFICIALES. Jaen.
- Shakil, S. *et al.* (2008). Aminoglycosides versus bacteria-a description of the action, resistance mechanism, and nosocomial battleground. En: Journal of biomedical science. Vol. 15, N° 1. p. 5-14
- Silva, C. P., Otero, M., & Esteves, V. (2012). Processes for the Elimination of Estrogenic Steroid Hormones from Water: A Review. *Environmental Pollution*, 165, 38-58.
- Tadeo, J., Sanchez-Brunete, C., Albero, B., Garcia-Varcarcel, A., & Perez, R. (2012). Analysis of emerging organic contaminants in environmental solid samples. *Open Chemistry*, 480-520.
- Tejada, C., Quiñonez, E., & Peña, M. (2014). CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS: METABOLITOS DE FÁRMACOS. UNA REVISIÓN. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, 80-101.
- Ternes, T. (1998). Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. En: Waterresearch. Vol. 32, N° 11. p. 3245-3260
- Toxicología. (2017). Lesiones histopatológicas en peces originadas por la exposición a contaminantes emergentes: recopilando y analizando datos. España.
- USGS. (2013). El ciclo del agua .
- Vallejo R., R. (24 de enero de 2018). Prevención de vertido de contaminantes en el Lago de Chapala. Recuperado el 04 de noviembre de 2019, de <https://ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/Prevencion-de-vertido-de-contaminantes-en-el-Lago-de-Chapala/47>
- Van Stempvoort, D. R.; *et al.* (2011). Artificial sweeteners as potential tracers in groundwater in urban environments. En: J Hydrol. Vol. 401. N° 1-2, p. 126-133
- Vulliet, Emmanuelle y CREN-OLIVÉ, Cécile. (2011). Screening of pharmaceuticals and hormones at the regional scale, in surface and groundwaters intended to human consumption. En: Environmental Pollution. Vol. 159. p. 2929-2934

Medicina domestica y contaminación ambiental en colonias urbanas metropolitanas de Guadalajara, Jalisco, México

Domestic medicine and environmental pollution in metropolitan urban colonies of Guadalajara, Jalisco, Mexico

VEGA-FREGOSO, Georgina †*

Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

ID 1^{er} Autor: *Georgina, Vega-Fregoso* / **ORC ID:** 0000-0001-8943-1699

G. Vega

georgina.vega@academicos.udg.mx

N. Zapata (Dir.). Biotecnología y Ciencias Agrícolas TI. Collection-©ECORFAN-Mexico, CDMX, 2019

Resumen

Se caracteriza a un grupo de familias que viven en cuatro colonias ubicadas en el área del Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA) de la Cuenca El Ahogado en los municipios metropolitanos del El Salto y Tlaquepaque, Jalisco, para exhibir los saberes y modelos explicativos de las enfermedades respiratorias anclados en un conocimiento empírico de la contaminación ambiental. La información sobre la relación entre exposición a xenobióticos y enfermedades respiratorias se obtuvo a través de la aplicación de Historias Clínicas Ambientales Etnográficas (HCAE) que incluyeron Pruebas Espirométricas de respiración forzada, 179 cuestionarios que integraron una Encuesta de Saneamiento Ambiental y un muestreo puntual de calidad del aire. Para las familias la contaminación atmosférica es un fenómeno urbano vinculado a tráfico vehicular, ladrilleras, quema de basura y en menor medida a industrias; entre las familias existe una amplia confianza sobre el conocimiento médico y reconocimiento de que este conocimiento tiene un límite sobre todo respecto al conocimiento de la contaminación ambiental y sus efectos negativos en la salud. En dos de los diez puntos de medición se encontraron niveles por encima de los normados en la NOM-025-SSA1-2014, es decir, que hay una cantidad superior de partículas PM 0.3, 0.5, 1.0, 5.0 μg extrañas al ambiente de las que están permitidas, en la intersección de Anillo Periférico y Antigua Carretera a Chapala y en el área de ladrilleras con dirección a Tlajomulco. Las familias expusieron que la causa más frecuente para acudir a consulta médica está relacionada con enfermedades del aparato respiratorio (44%), seguidas de enfermedades no transmisibles (diabetes, hipertensión, enfermedad renal, cáncer) (23%) y en tercer lugar enfermedades del aparato digestivo y de la piel (10%).

Medicina Doméstica, Contaminación Ambiental, Modificación de Hábitos

Abstract

A group of families that live in four colonies located in the area of the Environmental Fragility Polygon (POFA) of the El Ahogado Basin is characterized in the metropolitan municipalities of El Salto and Tlaquepaque, Jalisco, to exhibit the knowledge and explanatory models of the respiratory diseases anchored in an empirical knowledge of environmental pollution. Information on the relationship between xenobiotic exposure and respiratory diseases was obtained through the application of Ethnographic Environmental Clinical Histories (HCAE) that included Spirometric Forced Breathing Tests, 179 questionnaires that integrated an Environmental Sanitation Survey and a punctual quality sampling from air. For families, air pollution is an urban phenomenon linked to vehicular traffic, brick making, garbage burning and, to a lesser extent, industries. Among families, there is ample confidence in medical knowledge and recognition that this knowledge has a limit above all regarding the knowledge of environmental pollution and its negative effects on health. In two of the ten measuring points, levels were found above the norms in NOM-025-SSA1-2014, that is, there is a higher quantity of PM particles 0.3, 0.5, 1.0, 5.0 μg foreign to the environment of the which are allowed, at the intersection of the Peripheral Ring and the Old Road to Chapala and in the brick area towards Tlajomulco. The families explained that the most frequent cause for medical consultation is related to diseases of the respiratory system (44%), followed by non-communicable diseases (diabetes, hypertension, kidney disease, cancer) (23%) and thirdly diseases of the digestive system and skin (10%).

Domestic Medicine, Environmental Pollution, Habits Modification

Introducción

En las colonias ubicadas en Pintas de Abajo en Tlaquepaque y El Salto se vive entre la mala calidad del aire, las aguas contaminadas y las inundaciones periódicas que contribuyen a condiciones insalubres para los residentes de esta franja urbano-industrial dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). Los vientos predominantes, el intenso tráfico vehicular, las industrias y los hornos artesanales de ladrillos combinado con un agresivo desarrollo inmobiliario orientado a industria y vivienda, hacen de esta zona la peor en calidad del aire dentro del AMG, la segunda ciudad más grande de México con una población en 2015 de 4.8 millones (INEGI, 2015). Los residentes que viven cerca del anillo Periférico, Antigua Carretera a Chapala, la presa y los canales, emplean diversas estrategias para adaptarse a las constantes contingencias atmosféricas y a las inundaciones en la temporada de lluvias.

En Pintas de Abajo los residentes aceptan los discursos oficiales que los culpan por el aire tóxico y las inundaciones estacionales debido a sus malos hábitos locales: desechar la basura en los canales y la irresponsable quema de plásticos y llantas en los hornos ladrilleros a decir de las autoridades ambientales.

Actualmente, existen estudios que vinculan contaminación atmosférica¹ y enfermedades respiratorias en las ciudades, los que se han realizado en Jalisco señalan la estrecha relación entre el aumento de motorización, los cambios de uso en el suelo y el aumento en la contaminación por ozono, material particulado, dióxidos de nitrógeno y otros contaminantes y estos con el aumento de asma, la morbilidad y mortalidad por Infecciones Respiratorias Agudas IRAS, infarto agudo al miocardio, cáncer, entre otras (Ramírez-Sánchez, Andrade-García, González-Castañeda, & Celis, 2006) (Pinal & Curiel, 2009) (Cortinas, 2012) (Figuroa Montaña, Davydova-Belitskaya, Garibay Chávez, & Parada Gallardo, 2016).

Los datos publicados para el AMG sobre mala calidad del aire son consistentes con los ofrecidos por la Secretaría de Salud Jalisco² que en 2013 destacó que la tercera y sexta causa de enfermedad y muerte en el Estado fueron Enfermedad pulmonar y obstructiva crónica (EPOC) con 5.61% de defunciones y las Infecciones respiratorias agudas bajas (IRAS) con el 4.26% de las defunciones. Para 2017 el Estado reportó que las enfermedades relacionadas con el aparato respiratorio continuaban entre las principales causas de enfermedad en el AMG³. En materia de calidad del aire en la ciudad se han desarrollaron indicadores de salud ambiental que reportan entre otras las siguientes conclusiones: los motores que utilizan motor diésel tienen emisiones consideradas cancerígenas y han aumentado para la ZMG⁴ en un 84.5% (Garibay G. , Aire y Salud, 2009); el Ozono (O3) es uno de los contaminantes más dañinos y de los que con mayor frecuencia rebasan la NOM-020-SSA-1993 salud ambiental.

Las zonas del Área Metropolitana más afectas por PM10, reconocidas como uno de los indicadores nacionales e internacionales más claramente asociados a mortalidad, son Miravalle, Las Pintas en Tlaquepaque y Loma Dorada en Tonalá estas estaciones reportan una probabilidad mayor de presentar 80% de niveles por arriba de lo regulado en la NOM-025-SSA1-2014 que establece los valores límite permisibles de concentración de partículas suspendidas para proteger la salud de la población (Garibay M. G., 2015) (Sánchez, R; Sánchez, S; Sánchez,Alcala, J; Aguirre, G, 2015) (Garibay G. , 2017).

Si bien la exposición a tóxicos ambientales en los ambientes urbanos es un grave problema de salud pública como hemos expuesto; ésta contaminación es particularmente más grave por sus efectos negativos en adolescentes y niños (Dalbokova, 2007) (Etzel, 2012) (Petersen-Farah, Márquez-Amezcu, Luévanos-Velázquez, Rodríguez-Rodríguez, & Esparza-Rubio, 2019). Desde la Salud Ambiental los niños y niñas no son adultos en pequeño, sino que tienen características que los hacen más vulnerables a los tóxicos ambientales por su susceptibilidad única: “una mayor frecuencia respiratoria, inhalan un volumen mayor de aire, beben más agua y comen más comida en proporción con su peso corporal que los adultos” (Galvez, Forma & Landrigan, 2010:893); estas y otras características los hacen más susceptibles a los efectos de la contaminación ambiental.

En los hogares de Pintas de Abajo las principales fuentes de contaminación del aire intradomiciliaria son el humo del tabaco, el humo generado por el combustible de biomasa y por sustancias tóxicas utilizadas como productos de limpieza. Mientras que los contaminantes del aire exterior son sustancias como monóxido de carbono, sustancias tóxicas del aire, óxidos de nitrógeno, emisiones de diésel, ozono, partículas y otros contaminantes. Varias investigaciones han examinado la relación entre los aumentos de mortalidad prematura por todas las causas y edades y los aumentos de PM10, los resultados muestran que se puede atribuir un aumento aproximado de 0.7% de la mortalidad por cada aumento de 10 g/m³ de material particulado (OPS, 2013: 134).

¹ Contaminación atmosférica es “la presencia en la atmósfera extramuros de uno o más contaminantes en cantidades tales o de tal duración que resulten perjudiciales para los seres humanos, animales, plantas” (Caselli, 2007: 39), se refiere al hecho de alterar la composición natural del aire con elementos, sustancias o materiales extraños. Un estudio pionero en México sobre contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria fue el realizado por Rivero Serrano y colaboradores en 1993, publicado por el Fondo de Cultura Económica y la Secretaría de Salud incluido en la Biblioteca de la Salud, el texto presenta una explicación detallada de cómo y qué es la contaminación atmosférica y cuáles son las interacciones con el aparato respiratorio.

² http://ssj.jalisco.gob.mx/sites/ssj.jalisco.gob.mx/files/principales_causas_de_mortalidad.pdf

³ Ver <https://iieg.gob.mx/contenido/PoblacionVivienda/DiaMundialContraCancer.pdf>

⁴ Se refiere exclusivamente a Guadalajara, Zapopan, Tonalá y Tlaquepaque.

Todos los estudios encontraron evidencia significativa de impacto a la salud pública y estimaron que dentro de los próximos 15 años más de 100.000 muertes prematuras y dos millones de casos de infecciones respiratorias agudas serán primera causa de mortalidad infantil a nivel mundial y que estas podrían evitarse si se cumpliera con la normatividad en cada país (REDIM, 2018). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha calculado que el 24% de la carga de morbilidad global y el 23% de todas las muertes pueden atribuirse a factores medioambientales mientras que entre los niños de 0 a 14 años de edad, la proporción de muertes atribuibles al entorno ambiental puede alcanzar incluso el 36% (Prüss-Ustün, Wolf, Corvalán, & Neira, 2016).

Para dialogar con esta perspectiva sobre las implicaciones del ambiente en la salud humana es importante señalar que en salud ambiental el concepto Determinantes de la salud recuperado por la OMS expresa los factores de riesgo individual que tienen las personas y que se encuentran en relación estrecha con sus hábitos saludables o no saludables (Jímenez, Torres, Salcedo, 2010) (Morales-Borrero, 2013), complementario a esa mirada está el concepto Determinación social de la salud que problematiza las condiciones del contexto local, las relaciones en las que están inmersos los individuos y que impulsan los procesos de contaminación ambiental. Desde esta última mirada, lo que se vive en Pintas de Abajo: contaminación del aire e inundaciones son vistas como procesos articulados con el proceso salud-enfermedad-atención como una totalidad irreductible a la realidad individual (Breilh, 1994) (Krieger, 2001) (Auyero & Swistun, 2009) (Singer, Bulled, Ostrach, & Mendenhall, 2017) y que desde esta posición, tanto la contaminación ambiental como las enfermedades respiratorias se pueden abordar fenomenológicamente en aras de comprenderlas en su relación con la cultura, el medio ambiente y en su contexto histórico.

En este trabajo rescato el Modelo de Medicina Doméstica, que se encontraría dentro de los Modelos Alternativos Subordinados de atención a la salud siguiendo a Menéndez, considerando que la medicina domestica es una práctica médica preventiva y de atención primaria en el ámbito de los cuidados al interior del núcleo familiar, y que, al ser una práctica dinámica, se ve modificada por el contexto de contaminación ambiental actual en el que viven, trabajan y se recrean estas familias (Menéndez, 1992).

La medicina domestica está representada por las recetas que van de mano en mano, las sugerencias de no salir cuando hay mucha neblina o huele mucho a smog, las recetas compartidas con indicaciones y dosis apuntadas por la vecina, él te o la infusión aconsejados por las abuelas. Usamos el concepto trayectoria de atención para explicar la secuencia de decisiones y estrategias puestas en acción por las familias para hacer frente a un episodio concreto de enfermedad o padecimiento (Osorio, 2001) pues el interés de este trabajo está en que consideramos que la contaminación ambiental en estas colonias está produciendo pautas específicas de relación entre los cuidados, la enfermedad y la salud (Menéndez, 1998) (Osorio, 2016) así como un bagaje de conocimientos técnicos y experienciales en torno a la contaminación ambiental que vale la pena registrar y considerar en materia de salud ambiental y salud pública.

Contaminación Ambiental y Medicina Domestica en colonias Metropolitanas

La población que vive en estas colonias puede ser definida como población mestiza y urbana, usuaria del modelo biomédico. Desde el marco de la salud ambiental sabemos que la exposición crónica a contaminación del aire se traduce en las entidades nosológicas asma, enfermedad de obstrucción pulmonar crónica (EPOC), alergias y enfermedades del aparato respiratorio, identificadas desde los estudios de salud ambiental y medicina ambiental como resultado de la intracción ser humano-ambiente contaminado.

De la contaminación ambiental en Pintas de Abajo, existen múltiples registros: en diarios locales, producidos por instancias gubernamentales municipales y estatales, por expertos y glosas de los habitantes; las familias, niños y niñas no son actores pasivos que se encuentren avasallados por la contaminación ambiental, al contrario, viven y reflexionan sobre el contexto que los rodea y despliegan comprensión, acción y explicaciones que les permiten mantener la salud, pese al contexto cada vez más agudamente contaminado.

La contaminación se extiende más allá de lo físico generando patrones culturales en la vida cotidiana, de ahí que los estudios sociales complementan la investigación en salud ambiental porque ofrecen comprender los impactos tanto en las personas como en las comunidades (Brown, 2007). El trabajo de los científicos sociales en diálogo con otras disciplinas mejora la comprensión de los diversos impactos de los desechos peligrosos, explosiones químicas, derrames de petróleo y gas, así como de los efectos de los desastres en la salud a partir de estudios de casos etnográficos de las comunidades que sufren contaminación ambiental, pues esta forma de abordar la relación contaminación ambiental y salud permite establecer los impactos de la salud pública en los contextos en los que se experimentan (Hoover Elizabeth et al, 2015).

Pintas de Abajo está en el municipio de Tlaquepaque que limita al norte con los municipios de Tonalá, Zapopan y Guadalajara, al sur, con Tlajomulco de Zúñiga y El Salto, al este, Tonalá. En relación al crecimiento poblacional, Tlaquepaque ha sido en conjunto con Tlajomulco de Zúñiga y El Salto uno de los municipios con mayor expansión urbano-industrial (McCulligh, 2019). Pintas de Abajo incluye colonias con límites difusos como La Ladrillera y La Huizachera en El Salto, Ojo de Agua y Juan de la Barrera en Tlaquepaque.

Tlaquepaque tiene poco más de 664 193 habitantes, mientras que en las cuatro colonias que configuran Pintas de Abajo vive una población que ronda las 7,772 personas; es decir, el 8.5% de la población total del municipio (PMD, 2016). Tan sólo en estas cuatro colonias hay más de 5,743 personas que están expuestas a inundaciones, contaminación atmosférica, olores y gases que despiden fábricas, vehículos, ladrilleras y aguas residuales que vienen de la zona sur del municipio de Zapopan, de Tlaquepaque, el Salto y una parte de Tlajomulco.

El conjunto de colonias se encuentra vinculado a 4 de los 14 Parques Industriales asentados en Tlaquepaque; las colonias son además espacios de intenso tráfico vehicular sobre Periférico Sur y la Antigua Carretera a Chapala en donde al menos cinco días al mes se presentan condiciones de mala y muy mala calidad del aire; las categorías más frecuentes aplicables a toda la zona de Pintas de Abajo son calidad de aire regular (II) y mala (III); es decir, que los contaminantes presentes en el aire de la zona sobrepasan los límites permisibles en las Normas Mexicanas aplicables en forma mensual y en intervalos de 24 horas (SEMADET, 2013).

Epidemiología sociocultural

La epidemiología sociocultural considera la naturaleza histórica del proceso salud–enfermedad en donde la atención no se centra sólo en el daño evitable para hacer intervenciones de control de riesgo o limitación de daño que depende de los sujetos (determinantes), sino que incorpora las percepciones populares, la producción de saberes y conocimientos locales en materia de salud producto del lugar que ocupan los sujetos en sociedad y de su contexto socio ambiental concreto (determinación) (Hersch, 2013) (Haro, 2013).

La contaminación ambiental engloba en este caso tres variables centrales: mala calidad del aire, mala calidad del agua e inundaciones; la contaminación ambiental en Pintas de Abajo es indicador de los procesos de degradación que lleva a considerar la emergencia, modificación o estatización de ciertas formas culturales del cuidado a la salud en su relación intrínseca con el ambiente, si las familias en Pintas de Abajo quieren mantener su salud deben interpretar primero los efectos de la contaminación en el ambiente y luego relacionarlos con su estado de salud y la de sus hijos.

Los Modelos Médicos son construcciones analíticas ideales que incorporan y explican conjuntos de prácticas, saberes y teorías generadas en tiempos y lugares específicos para entender y atender los procesos de salud-enfermedad (Luque & García, 2016). La Medicina Doméstica es una práctica médica preventiva y de atención primaria en el ámbito de la atención en el núcleo familiar que va desde las recetas que van de mano en mano, las sugerencias de no salir cuando hay mucho smog hasta los remedios aconsejados en el mercado y que constituyen elementos culturales que explican cómo la contaminación tienen efectos específicos en la salud; para expresarlos uso el concepto trayectoria de atención que muestra la secuencia de decisiones puestas en acción por los actores sociales para hacer frente a un episodio concreto de enfermedad (Osorio, 2017).

Seleccionamos contaminación del aire y enfermedades respiratorias para observar y analizar al interior de las familias porque existe gran cantidad de literatura que afirma esta relación negativa, además permite identificar como biomarcadores, susceptibles de medición objetiva, las condiciones de normalidad o anormalidad de proceso biológico, proceso patogénico o respuesta farmacológica a una condición específica, en el medio ambiente y que puede ser percibida por los sentidos y nombrada por los habitantes como contaminación ambiental.

Contaminación del aire

En la determinación de la salud de la población en estas Colonias, un elemento central es la contaminación del aire, ésta provoca enfermedades respiratorias, ardor de ojos, dolor de cabeza, sensación de asfixia y agotamiento. En la literatura se indica que la exposición crónica a contaminantes del aire puede aumentar la tasa de morbilidad, la tasa de mortalidad y también puede aumentar el número de ingresos hospitalarios por síntomas respiratorios y cardiovasculares.

La exposición de los habitantes de las colonias de estudio a contaminación atmosférica es involuntaria y ubicua; varios autores han señalado que este tipo de exposición puede ocasionar efectos fisiológicos imperceptibles hasta enfermedades como asma e incluso la muerte en la población en general pero son niños, niñas y adolescentes uno de los grupos especialmente vulnerables por la inmadurez del sistema respiratorio e inmune potenciado por las conductas propias de la edad (Oyarzún, 2010) (Bell, 2010).

El sistema respiratorio comienza en la nariz y la boca, continúa a través de las vías respiratorias y pulmones; el aire entra en el aparato respiratorio por la nariz, la boca y desciende a través de la garganta y faringe para alcanzar el órgano de fonación (laringe), la vía respiratoria mayor es la tráquea, dividida en dos vías respiratorias de menor calibre: bronquios derecho e izquierdo, que se dirigen hacia ambos pulmones (Hernández, Aristizabal, Quiroz, Medina, Rodríguez; Sarmiento & Osorio, 2013); es este el camino que siguen los contaminantes del aire cuando ingresan al cuerpo por inhalación. De entre el material particulado el más peligroso a la salud es el de menores medidas, por ejemplo, las PM_{2.5} están formadas primordialmente por gases y por material proveniente de la combustión de automotores o de materia orgánica de los hornos ladrilleros; estas se depositan con facilidad en tráquea hasta bronquiolo terminal y pueden ingresar a los alvéolos causando daños específicos a la salud respiratoria de todos los habitantes de la zona expuestos a estas sustancias en el aire.

La Norma Mexicana de referencia es la NOM-025-SSA1-2014 de Salud Ambiental, la cual establece que para Partículas PM₁₀ para promedios de 24 horas no existe una frecuencia tolerada para exposiciones agudas y crónicas, establece los valores límite para exposición aguda máxima en 75 µg/m³ (microgramos sobre metro cúbico) y para la exposición crónica 40 µg/m³ como promedio anual. Mientras que para Material Particulado PM_{2.5} no se permite exposición aguda pero el valor límite máximo es de 45 µg/m³ y para exposición crónica el promedio anual es de 12 µg/m³.

Los datos e informaciones vertidos sobre el tipo de contaminación ambiental existente en las colonias, las interpretaciones y trayectorias de atención que describen las familias deben ser discutidos partiendo del contexto de marginación material y vulnerabilidad social que priva en esta zona del Área Metropolitana de Guadalajara, como ingredientes sinérgicos a los procesos de degradación ambiental y social.

Metodología

Para el análisis de orientación socio antropológica elaboré indicadores y tipologías inspiradas en los tipos ideales de Max Weber, formula que recuperé concretamente del trabajo elaborado por Osorio (2001, 2016) con respecto a la trayectoria de atención que siguen las madres cuando un familiar enferma. Los datos cuantitativos fueron sometidos a análisis de estadística descriptiva básica. Los resultados del muestreo puntual se analizaron por comparación y seguimiento de las Normas NOM-025-SSA1-1993 Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas menores de 10 micras (PM₁₀). Valor permisible para la concentración de particulares menores de 10 micras (pm₁₀) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población y la NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5} en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

Historia clínica ambiental etnográfica (HCAE)

La Historia Clínica Ambiental tiene como antecedente la Hoja Verde, una herramienta exploratoria usada por médicos pediatras. La Historia Clínica Ambiental con enfoque Etnográfico fue adaptada de la original y siguió la pauta de la entrevista antropológica (Atkinson, 2013), la observación se llevó a cabo en el periodo 2015– 2017.

El tema central fue documentar la salud respiratoria del niños y niñas desde la óptica de 37 familias, particularmente la madre, de donde se seleccionó la información que aquí se presenta. La HCAE incluyó tres grandes secciones con varios sub componentes: 1. Datos socio demográficos, 2. Historia Familiar e 3. Historia Laboral.

Muestreo puntual de calidad del aire

Para el muestreo puntual, los aparatos que se utilizaron tienen incorporadas las instrucciones de uso y los valores de referencia según las características del equipo: Video Contador de Partículas Extech, modelo VPC300, mide seis tamaños de diámetro de las partículas, éstos son 0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0 y 10.0 micras. El equipo fue manipulado por personal responsable y capacitado para efectuar las mediciones.

Resultados

Medicina Domestica

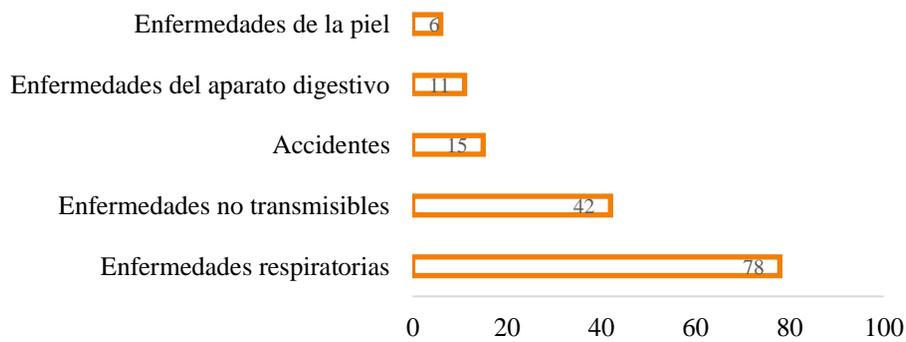
El ingreso mensual de las 37 familias se ubicó durante 2016 y 2017 entre los 3,000 y 5,500 pesos. Los habitantes se pueden agrupar en población considerada pobre por carencias sociales e ingreso (CONEVAL, 2014). En relación con el acceso a servicios de salud el 51% (19 familias) declararon tener afiliación al Instituto Mexicano del Seguro Social, el 30% (11 familias) al Seguro Popular, el porcentaje restante se divide entre los que acuden al ISSSTE (14%) (5 familias) y los que no tienen ningún tipo de seguridad social (5%) (2 familias).

Para enfermedades que la familia considera no graves como las enfermedades respiratorias que requieren atención rápida y barata, el 68% de las madres acudieron los últimos tres meses del año 2017 a atención en consultorios de Farmacias Similares y del Ahorro; el 32% acudió a consulta privada.

Las enfermedades que las madres refieren como más frecuentes en niños y niñas son enfermedades respiratorias (73%) mientras que en otras enfermedades agrupan enfermedades del aparato digestivo, irritación de los ojos, alergias, infecciones en la piel y vías urinarias (27%).

El 43% de las madres consideraron que las enfermedades respiratorias de niños y niñas están relacionadas a sus malos hábitos y comportamientos individuales, el 24% consideró que esta se debe a las condiciones de contaminación ambiental presentes en las colonias mientras que el 16% atribuyó las enfermedades al contexto de violencia y carencias económicas en las que viven, sólo el 11% considero la variable hereditaria como causante de enfermedades.

Dentro del mismo ejercicio pero aplicando un cuestionario amplio a 179 familias de las colonias, el 44% de los encuestados expuso que la causa más frecuente para acudir a consulta médica está relacionada con Enfermedades del aparato respiratorio (n=78), seguidas por el 23% que respondió que el segundo motivo de consulta se debe a Enfermedades no trasmisibles como diabetes, hipertensión, enfermedad renal y diversos tipos de cáncer (n=42) y en tercer lugar el 10% señaló acudir a atención médica a causa de presentar Enfermedades del aparato digestivo y de la piel (n=17); el 8% restante señaló que acude a consulta por haber sufrido algún accidente (n=15), el 9% dijo no acudir a consulta médica y atenderse en casa (n=16) y el 6% acude a revisión médica por otras causas como control del embarazo, vacunación y seguimiento.

Grafica 1 Motivos para acudir al Médico

Como se aprecia en los resultados, son las enfermedades del aparato respiratorio las más frecuentemente padecidas por niños y niñas, además de encontrarse entre los principales motivos de consulta médica en el resto de los habitantes. Cuando aparece la enfermedad respiratoria lo primero que se muestra es la comprensión de las familias sobre el contexto en dónde conviven: contaminación atmosférica, las inundaciones y la violencia; este conjunto les permite interpretar qué sucede con la salud cuando todos estos componentes negativos se mezclan. La descripción que hace una madre sobre las condiciones en las que viven, permite identificar que existe junto al dato técnico de la contingencia atmosférica un conocimiento experiencial sobre la relación contaminación ambiental-salud: la niña traía granitos alrededor de la boca y sangrado nasal, todo es por aire y aguas negras que hay aquí, mucho animal, cuando el calor está muy fuerte, huele muy mal como a caca. La doctora dijo que era por el ambiente, que traía un virus o bacteria que bajó sus defensas, pero luego dijeron que era alergia al polvo y al final el diagnóstico que dio el otro médico fue que ella no tenía vellos en la nariz y que por eso tenía sangrados y granos por mucha resequedad (agosto, 2016).

La narración que antecede muestra como el medio ambiente es una variable recurrente en el diagnóstico y que va ganando espacio dentro de la explicación médica sobre las causas de las enfermedades y para comprender la mala o buena salud de los habitantes de las colonias. Sumado al uso de medicamentos las madres despliegan, como una forma de reaccionar y mitigar los efectos de la contaminación, una amplia gama de acciones terapéuticas que incluyen tes, masajes, brebajes especiales y otras medicinas elaboradas en casa que se administran antes y durante para tratar padecimientos respiratorios que ellas juzgan no graves.

Tabla 1 Remedios para malestares respiratorios

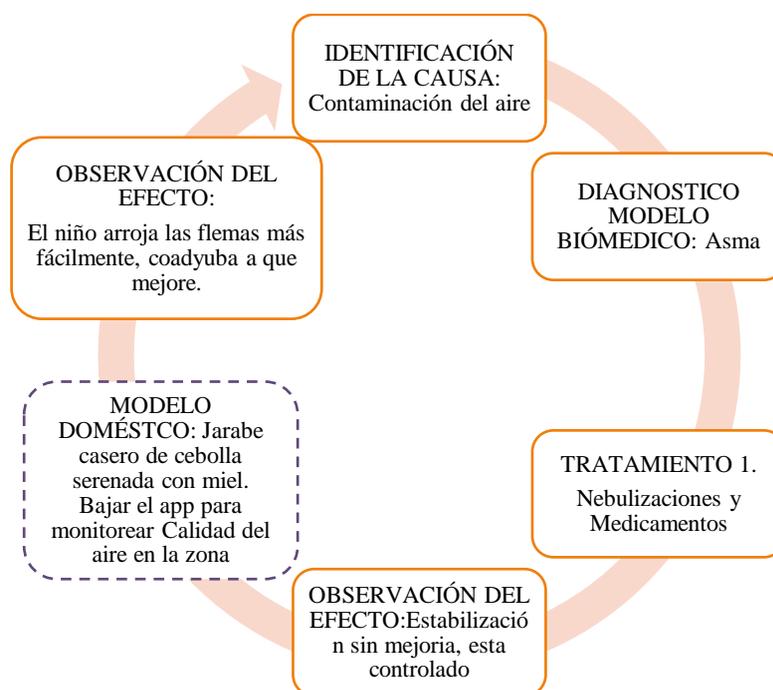
Remedios para la tos	En poca agua hirviendo se agrega canela, ajo, cebolla se hace un jarabe y se deja reposar, luego se agrega miel.
	Hojas de guayacol, canela, ajo y miel, se pone a hervir y se lo da por la noche.
	Cebolla morada partida por mitad con miel, se deja reposar, cuando suelta el jugo se dan 4 o 3 cucharadas al día.
Remedio para malestares inespecíficos asociados a enfermedades de vías respiratorias (asma, bronquitis, presión en el pecho, sensación de asfixia)	Té de manzanilla con miel se deja enfriar hasta poder beberlo sin que quemee, se agrega el jugo de 2 limones.
	Te de coca cola: se pone a hervir una taza de coca cola con ajo, cebolla y canela, se deja enfriar y se toma.
	Carne de zorrillo (cecina) en polvo en una cucharada de agua.
	Se cose bofe de zorrillo con canela y miel para disminuir el sabor amargo, se le da al niño lo más caliente que se pueda, así por 3 días por un mes y luego se descansa.
	Se ponen a hervir eucalipto, buganvilia, canela y romero, luego se pone Vick Vaporup en el pecho, la infusión se bebe y el vapor se inhala.
	Se exprime el jugo de dos limones y se agrega una cucharada sopera de miel.
Modificación de hábitos	Jugo de cinco limones, de 3 a 5 cucharadas de miel, rebanadas finas de una cebolla morada completa, 5 a 8 ajos rebanados en rodajas muy finas, se revuelve todo y se deja reposar serenado un día completo, se beben dos cucharadas al día mientras se tenga molestias.
	Usar cubrebocas, no salir en las horas de mayor tráfico o muy temprano o por la tarde, modificar la entrada a las casas para evitar el paso de aguas negras, poner mosquiteros, aumentar el uso de insecticidas y desinfectantes, no abrir las ventanas, evitar en los niños y niñas los cambios bruscos de temperatura.

Estos remedios son usados con frecuencia y van acompañados de modificación de los hábitos de toda la familia y rutinas de cuidado hacia niños y niñas como usar más suéteres, no bañarse, tomar más agua y evitar cosas frías.

La elección de los remedios no es ingenua y tiene de tras una lectura problematizadora de la contaminación atmosférica y el contexto de marginación en relación con la salud respiratoria: Z* tiene neurosis, se enoja, vomita, le da fiebre, le duele la cabeza y el cuerpo, hace tres años se enfermó del hígado con pus, no tenemos ningún tipo de ayuda, ni IMSS, ni Seguro Popular, nada. Aquí todos estamos enfermos, me doy cuenta de la contaminación porque en El Salto sí hay medidor de IMECAS por la quema de ladrillos en forma clandestina, el atolladero de carros, quemar llantas y cables, aquí los 365 días del año hay contaminación ¡Estamos haciendo hijos enfermos! (octubre, 2017).

A continuación, se reconstruye una trayectoria de atención en respuesta a un episodio de enfermedad respiratoria en las familias.

Figura 1 Trayectoria de atención



La primera atención se brinda en casa, son las madres las que hacen el primer diagnóstico pues en su experiencia muchas veces “¡ni los médicos saben!”, aunque hay personal médico que si se aventura a esbozar ciertos efectos en la salud de la población de las colonias como causa de la contaminación ambiental. Las condiciones de contaminación atmosférica en las colonias modifican hábitos de tránsito y cuidado de las familias, facilitan la incorporación de una serie de medidas como no salir a determinada hora del día, usar cubrebocas o aumentar el uso de aromatizantes y detergentes en la perspectiva de sanear el ambiente y paradójicamente favorecer la salud de niños y niñas.

Hace como 15 días andaba bien enferma, tose y tose, le da gripa, moco, tos. De un tiempo para acá el aire está espeso ¡No lo va a creer! A veces hasta se ve borroso, el aire con basuritas, de veras ¡raro! En esos días no salen a jugar, nos ponemos cubrebocas porque el aire está contaminado por smog. Para los insectos pongo raidolitos y como cada seis meses doy una buena fumigada con Raid (octubre, 2016).

Para la población y algunos profesionales de la salud son los malos hábitos de higiene más que la contaminación atmosférica los que causan las enfermedades respiratorias, mientras que para los habitantes la contaminación se percibe con los sentidos y esto es independiente de las mediciones de los IMECA y las declaratorias de Contingencia Atmosférica.

La contaminación es de color gris y limita la visibilidad, huele a humo y smog, la distinción se encuentra en que el humo es producto de las quemadas ladrilleras y basura, mientras que el smog se asocia a industria y automóviles, se hace referencia a síntomas como la tos, picazón, dolor de cabeza y a la restricción en las actividades cotidianas a causa de la sensación de pesadez al respirar.

Las madres despliegan nuevas formas de atención resultado de la contaminación como cubrirse la boca, cerrar ventanas, manejar dispositivos electrónicos para conocer la calidad del aire en tiempo real, no salir a determinadas horas y/o descifrar el clima; se refieren a dimensiones que incorporan variables epidemiológicas desde la experiencia propia: cercanía o lejanía a la carretera, canales y presa, si el enfermo se mete a nadar en la presa, si hace mucho aire, la temporada del año, si ese día amaneció nublado o si huele a quemado, si es de una familia tildada de descuidada o conflictiva (generalmente más pobre que quién hace la valoración), si el niño o niña no come bien o si viven muchos en la misma casa (hacinamiento) son elementos que permiten a las familias tomar decisiones sobre el tipo de cuidados a la salud que se ofrecen.

En esta lógica y a pregunta expresa a los padres sobre si niños o niñas en la familia tenían tos, sibilancias, expectoraciones y disneas, nueve (9) de las 37 familias, es decir el 24%, dijo que sí, que sus hijos tenían todas esas molestias y describieron que sus hijos e hijas presentan síntomas de este tipo durante el año y eso hace que la familia los clasifique como enfermos de las vías respiratorias en forma independiente a un diagnóstico médico.

Los resultados anteriores son una muestra de los elementos que nos motivaron a cruzar los resultados del muestreo puntual de calidad del aire que indicó que había material particulado fino y ultrafino fuera de Norma en una sola semana de muestreo; pues las 37 familias presentan en mayor o menor grado condiciones determinantes de su salud como trabajo precario, bajos salarios, violencia de género, humo de segunda mano y migración obligada por trabajo.

La perspectiva epidemiológica en Salud Ambiental no sólo se construye con los boletines epidemiológicos de la Secretaría de Salud y los reportes del Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAJ), sino que incluye los perfiles epidemiológicos de los que dan cuenta las familias. Para el caso que nos ocupa es relevante considerar que las enfermedades respiratorias sí están consideradas institucionalmente entre las primeras diez causas de enfermedad en el municipio de Tlaquepaque; información que coincide con la información empírica que aquí se presenta.

Muestreo puntual de calidad del aire

Las enfermedades respiratorias son identificadas como más frecuentes y coligadas a la contaminación ambiental cuando se tiene mayor contacto material con la degradación. La dimensión económica impacta las condiciones objetivas de vida y la dimensión sociocultural lo hace sobre la forma en cómo los habitantes de Pintas de Abajo entienden la exposición referida a la duración del tiempo en que se ha estado en contacto con humo, humedad, vapores, malos olores y smog, es decir, partes por millón que puede haber de PM10, 5 y 2.5 en el aire urbano respirable de la zona. La selección de los puntos monitorear se hizo con base en la identificación de los principales puntos de exposición ambiental que hicieron las familias en los recorridos de campo.

Figura 2 Principales puntos de contaminación ambiental



En la **Tabla 2** se presenta el rango para el análisis comparativo de material particulado que se usó: La Norma Mexicana de referencia es la NOM-025-SSA1-2014 Salud ambiental (SSA, 2014) la cual establece que para Partículas PM10 para promedios de 24 horas no existe una frecuencia tolerada para exposiciones agudas y crónicas; establece los valores límite para exposición aguda máxima en $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgramos sobre metro cúbico) y para la exposición crónica $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio anual.

Tabla 2 Valor de referencia para partículas suspendidas

Tamaño	Concentración		
	Buena	Precaución	Peligro
0.3 μg	0 a 100.000	100,001 a 250,000	250,001 a 500,000
0.5 μg	0 a 35,200	35,201 a 87,500	87,501 a 175,000
1.0 μg	0 a 8, 320	8,321 a 20,800	20,801 a 41,600
2.5 μg	0 a 545	546 a 1,362	1,363 a 2,724
5.0 μg	0 a 193	194 a 483	484 a 968
10.0 μg	0 a 68	69 a 170	170 a 340

Mientras que para Material Particulado PM2.5 en exposición aguda no se permite, pero el valor límite máximo es de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para exposición crónica el promedio anual es de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las PM2.5, partículas finas y ultra finas están formadas primordialmente por gases y por material proveniente de la combustión de automotores, polvo, materia orgánica de los hornos ladrilleros que se depositan con facilidad en tráquea hasta bronquiolo terminal y puedan ingresar a los alvéolos causando daños específicos a la salud respiratoria de todos los habitantes de la zona expuestos a estas partículas. Los resultados fuera del límite se marcan en negritas.

Tabla 3 Puntos de monitoreo fuera del limite

Puntos de Muestreo	Promedios					
	0.3 μg	0.5 μg	1.0 μg	2.5 μg	5.0 μg	10.0 μg
Medición	Malo	Precaución				
Punto 1 Ladrilleras	371, 560	80387	10240	974	205	107
	Precaución	Bueno	Bueno	Precaución		
Punto 2 Antigua Carretera Chapala	153377	29848	4891	770	255	143

Se realizaron 10 puntos de medición, en compañía de las madres, el día 12 de octubre de 2016 entre las 09:00 y las 14:00 hrs., de los cuales se encontraron niveles por encima de los normados en la NOM-025-SSA1-2014 sólo en dos puntos.

Lo que la Tabla indica es que existen concentraciones por encima de lo que establece la Norma en las inmediaciones del área de ladrilleras y sobre la Antigua Carretera a Chapala, es decir, que hay una cantidad superior de estas partículas (PM 0.3, 0.5, 1.0, 5.0 μg) extrañas al ambiente de las que están permitidas y que podemos suponer que niños y niñas que viven de forma cotidiana en estas colonias o se encuentran cerca de estos lugares están expuestos a condiciones casi perenes de mala calidad del aire.

Los resultados de calidad del aire buena y regular del 9 al 16 de octubre reportados por el SIMAJ estuvieron vinculados a las condiciones climáticas en esa semana, la lluvia abundante bajo ciertas condiciones permite remover del ambiente algunas partículas mayores como las PM 10.00 μg (Montoya, Zapata, & Correa, 2013).

Agradecimientos

CONACYT
CIESAS sede Occidente
Universidad de Guadalajara

Conclusiones

Autores como Ennis-McMillan (2001), Harper (2004) y (Mendenhall, Kohrt, Norris, Ndeti, & Prabhakaran, 2017) han señalado que con frecuencia, las autoridades sanitarias, tienden a trivializar el discurso popular en torno a las enfermedades respiratorias, sin embargo, los datos que reportamos sugieren que las familias no responden pasivamente a los procesos de degradación socio ambiental; si bien es real que las enfermedades respiratorias no son unicasales si es relevante considerar la ubicuidad de las contingencias atmosféricas y los frecuentes reportes de mala calidad del aire en las colonias de Pintas de Abajo; reconociendo que las condiciones ambientales han articulado una cultura de la contaminación que se traduce en nuevas prácticas: evitar salir a determinadas horas del día cuando la presa y canales supuran malos olores, evitar caminar espacios oscuros y desprovistos de protección, afianzar puertas y paredes en sus casas, cerrar ventanas, estar pendientes de la calidad del aire (bajar app, ver la televisión, sintonizar la estación de radio para escuchar el reporte), usar cubrebocas, poner mosquiteros y usar más aromatizantes, desinfectantes e insecticidas. Estos mecanismos de auto protección que nos hablan de un deterioro sustancial en la calidad de vida y la salud de la población históricamente más desprotegida.

Referencias

- Atkinson, P. (2013). Ethnography and craft knowledge. *Qualitative Sociology Review*, 9 (2), 56-63 .
- Auyero, J., & Swistun, D. (2009). *Flammable. Environmental Suffering in an Argentine ShantyTown*. New York: Oxford University Press.
- Bell, M. L. (2010). Contaminación del aire. En H. Frumkin, *Salud Ambiental de lo global a lo local* (págs. 359 - 392). México: Organización Panamericana de la Salud.
- Breilh, J. (1994). Las Ciencias de la Salud Pública en la construcción de una prevención profunda. Determinantes y Proyecciones. En s. a. *Lo biológico y lo social*, María Isabel Rodríguez (págs. 63 - 100). Washington D.C: Organización Panamericana de la Salud.
- Brown, P. (2007). *Toxic Exposures: Contested Illnesses and the Environmental Health Movement*. New York, NY, USA: Columbia University Press.
- CONEVAL. (2014). *Pobreza urbana y de las zonas metropolitanas en México*. México D.F: Consejo Nacional de Evaluación de la Política Social.
- Cortinas, C. (2012). *Cáncer: herencia y ambiente*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Dalbokova, D. K. (2007). *Children's health and the environment in Europe: a baseline assessment / edited by D. Dalbokova, M. Krzyzanowski and S. Lloyd*. Copenhagen Ø, Denmark: WHO.
- Ennis-McMillan, M. C. (2001). Suffering from Water: Social Origins of Bodily Distress in a Mexican Community. *Medical Anthropology Quarterly* Volume15, Issue3 <https://doi.org/10.1525/maq.2001.15.3.368>, 368-390.
- Etzel, R. A. (2012). *Pediatric Environmental Health*. EUA: Council on Environmental Health American Academy of Pediatrics
- Ennis-McMillan, M. C. (2001). Suffering from Water: Social Origins of Bodily Distress in a Mexican Community. *Medical Anthropology Quarterly* Volume15, Issue3 <https://doi.org/10.1525/maq.2001.15.3.368>, 368-390.
- Figuroa Montaña, A., Davydova-Belitskaya, V., Garibay Chávez, G., & Parada Gallardo, T. (2016). PM10 y O3 como factores de riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares y neumonía en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. *Ingeniería*, vol. 20, núm. 1, 14-23.
- Galvez, M., Forman, J., & Landrigan, P. (2010). Niños. En H. Frumkin, *Salud Ambiental de lo global a lo local* (págs. 887 - 930). México: Organización Panamericana de la Salud.
- Garibay, G. (2009). *Aire y Salud*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.

- Garibay, G. (2017). La salud ambiental en la Universidad de Guadalajara. Tres décadas desde lo local con perspectiva global. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Garibay, M. G. (2015). Salud ambiental en la zona metropolitana de Guadalajara. Imaginando futuros diferentes. Guadalajara, México: CUCBA Universidad de Guadalajara.
- Haro. (2013). El planteamiento de una epidemiología sociocultural: principios cardinales y modelos de aplicación. En O. Romaní, Etnografía, metodologías cualitativas e investigación en salud: un debate abierto (págs. 21-42). Tarragona: Publicaciones URV.
- Harper, J. (2004). Breathless in Houston: A Political Ecology of Health Approach to Understanding Environmental Health Concerns. *Journal Medical Anthropology*, Volume 23, 1-9.
- Hersch. (septiembre – octubre de 2013). Epidemiología sociocultural: una perspectiva necesaria. *Salud Pública de México*, 55(5).
- Hoover Elizabeth et al. (2015). Social Science Collaboration with Environmental Health. *Environmental Health Perspectives*, 100 - 106.
- INEGI. (2015). Encuesta Intercensal. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Obtenido de Encuesta Intercensal.
- Jímenez, Torres, Salcedo. (2010). La ciudad desde los determinantes de la salud. En L. A. al, Determinantes ambientales y sociales de la salud (págs. 197 - 214). Washington, DC: OPS.
- Krieger, N. (2001). Theories for social epidemiology in the 21st century: An ecosocial perspective. *International Journal of Epidemiology*, n° 30, 668-677.
- Luque, C. Z., & García, C. S. (2016). Sistema real de atención a la salud en México. En R. Campos-Navarro, *Antropología Médica e Interculturalidad* (págs. 186 - 200). México: McGrawHill.
- McCulligh, C. (2019). El lado gris del crecimiento verde: la contaminación industrial del Río Santiago y la No regulación ambiental. En D. Tetreault, C. McCuligh, & C. Lucio, *Despojo, conflictos socioambientales y alternativas en México* (págs. 211-245). Ciudad de México: Miguel Ángel Porrúa.
- Mendenhall, E., Kohrt, B. A., Norris, S. A., Ndetei, D., & Prabhakaran, D. (2017). Non-communicable disease syndemics: poverty, depression, and diabetes among low-income populations. *The Lancet*, Volume 389, Issue 10072, 4–10 March , 951-963.
- Menéndez, E. (1992). Modelo Hegemonico, Modelo alternativo subordinado, Modelo de autoatencion. Caracteres estructurales. En E. Menéndez, *La antropología médica en México* (págs. 97 -113). México: Universidad Autonoma Metropolitana.
- Menéndez, E. (1998). Estilos de vida, riesgos y construcción social. Conceptos similares y significación diferente. *Estudios Sociologicos XVI* :46, 37 - 67.
- Montoya, M. L., Zapata, P., & Correa, M. A. (2013). Contaminación ambiental por PM10 dentro y fuera del domicilio y capacidad respiratoria en Puerto Nare, Colombia. *Rev. salud pública*, Volumen 15, Número 1 DOI: 10.15446/rsap, 103 -115.
- Morales-Borrero, C. (2013). ¿Determinación social o determinantes sociales? Diferencias conceptuales e implicaciones praxiológicas. *Revista de Salud Pública* · Volumen 15 (6), Diciembre , 797- 808.
- OPS, O. P. (2013). Salud, ambiente y desarrollo sostenible: hacia el futuro que queremos. Una colección de textos basado en la serie de. Washington, DC: OPS/OMS.
- Osorio, R. M. (2001). Entender y Atender la enfermedad. Los saberes maternos frente a los padecimientos infantiles. México, México: CIESAS/ INI/CONACULTA.

Osorio, R. M. (2016). Cultura de atención médica materna en las enfermedades infantiles. En R. C. Navarro, *Antropología médica e interculturalidad* (págs. 201-214). Ciudad de México: McGraw-Hill.

Osorio, R. M. (2017). El significado del diagnóstico en la trayectoria del enfermo reumático: De la incertidumbre a la disrupción biográfica. *Salud Colectiva* 13(2) <https://doi.org/10.18294/sc.2017.1144>, 211-223.

Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, Vol. 26, 16-25.

Petersen-Farah, Márquez-Amezcu, Luévanos-Velázquez, Rodríguez-Rodríguez, & Esparza-Rubio. (2019). Estado de salud en niños de 3 a 5 años en colonias con mayor y menor exposición a contaminación del aire en zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México, 2018. *Revista Salud Jalisco • Año 6 • Número 1 • Enero-Abril*, 20 -30.

Pinal, G., & Curiel, A. (2009). Indicadores de salud ambiental en materia de calidad del aire para la zona metropolitana de Guadalajara. En M. G. Garibay Chavez, *Aire y Salud* (págs. 21- 41). Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara.

PMD. (15 de enero de 2016). Plan Municipal de Desarrollo 2015 -2018 Gobierno de Tlaquepaque. Obtenido de Transparencia Tlaquepaque: https://transparencia.tlaquepaque.gob.mx/wp-content/uploads/2016/01/PMD-15-18_.pdf

Prüss-Ustün, J., Wolf, C., Corvalán, R., & Neira, B. a. (2016). Preventing disease through healthy environments. A global assessment of the burden of disease from. Francia: World Health Organization.

Ramírez-Sánchez, H. U., Andrade-García, M. D., González-Castañeda, M. E., & Celis, A. d. (2006). Contaminantes atmosféricos y su correlación con infecciones agudas de las vías respiratorias en niños de Guadalajara, Jalisco. *Salud pública Méx* vol.48 no.5 Cuernavaca sep./oct., 385-394.

REDIM. (2018). No apto para pulmones pequeños. Diagnostico de calidad del aire y el derecho de niñas, niños y adolescentes al aire limpio. México: Greenpeace, REDIM.

Sánchez, R; Sánchez, S; Sánchez,Alcala, J; Aguirre, G. (2015). Análisis espacial estimando regiones de riesgo por contaminantes que exceden con más frecuencia la norma en Guadalajara, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, Vol. 2 No. 2 marzo, 1 - 21.

SEMADET. (2013). Informe Anual de Calidad el Aire . Guadalajara: Gobierno del Estado de Jalisco.

Singer, M., Bulled, N., Ostrach, B., & Mendenhall, E. (2017). Syndemics and the biosocial conception of health. *The Lancet*, vol 389 March 4, 941- 949.

Variación de la temperatura relacionada con el intenso desarrollo de la Zona Conurbada de Guadalajara, México (1996-2018)

Temperature variation related to the intense development of the Guadalajara urban sprawl, Mexico (1996-2018)

DAVYDOVA-BELITSKAYA, Valentina†* & ALAMILLA-CHAN, Daniel

Universidad de Guadalajara

ID 1^{er} Autor: *Valentina, Davydova-Belitskaya* / **ORC ID:** 0000-0001-8224-3150, **Researcher ID Thomson:** X-6164-2019, **CVU CONACYT ID:** 20417

ID 1^{er} Coautor: *Daniel, Alamilla-Chan* / **ORC ID:** 0000-0003-1090-2545, **Researcher ID Thomson:** AAC-8533-2019, **CVU CONACYT ID:** 997865

V. Davydova & D. Alamilla

valentina.davydova@cucba.udg.mx

N. Zapata (Dir.). Biotecnología y Ciencias Agrícolas TI. Collection-©ECORFAN-Mexico, CDMX, 2019

Abstract

Quality of life of the inhabitants are being affected by the generalized variation of global climatic and meteorological events along with the micro-environmental conditions of the big cities. The heat islands prevailing in heavily built cities are modeling new microclimates in densely populated areas, which becomes into risk of exposure to thermal stress conditions. The present work carries out an elaborate study of the thermal variation of the Guadalajara Conurbation Zone (ZCG) based on the analysis of data from eight meteorological stations of the Automatic Environmental Monitoring Network (AEMN), provided by the State Commission of Ecology of Jalisco. The data series includes hourly records of temperatures and relative humidity, over a period of 22 years between 1996 and 2018. Among the most important results of the work is an increase in maximum, minimum temperatures and, as a consequence, the intensity of the heat island of the ZCG. In addition, the temperature oscillation range also rose during the last two decades, marking the presence of a more extreme climate compared to the last century.

Urbanización, Isla de calor, Guadalajara

Introducción

La Salud Ambiental está definida como aquella área de la salud pública dedicada a evaluar riesgos y daños a la salud producto de la degradación y contaminación ambientales, así como proponer y evaluar programas para su reducción (Riojas H. *et al.*, 2013). A pesar de los esfuerzos realizados desde hace más de 30 años en nuestro país las influencias de eventos climáticos y fenómenos meteorológicos aún siguen siendo temas poco estudiadas bajo el enfoque de salud humana. Riojas (2013) expresa que entre los retos ambientales más importantes en el futuro se encuentra la creciente escasez de agua potable, los riesgos vinculados a la seguridad alimentaria y sobre todo la construcción de sistemas de alerta temprana vinculados a los sistemas epidemiológicos donde las variables climatológicas sean incorporadas adecuadamente.

De acuerdo a la nueva actualización del análisis oceánico del Instituto de Física Atmosférica (IAP) clasifica los últimos cinco años como los más cálidos. Esto respalda el anuncio provisional de la Organización Meteorológica Mundial en noviembre de 2018 de que "el contenido de calor del océano fue el más alto o el segundo más alto registrado". Y el nuevo récord en 2018 confirma la perspectiva (Cheng. *et al.*, 2019) de que el calentamiento del océano continúa y se ha acelerado desde la década de 1990 (en comparación con 1960 hasta la década de 1980).

Otras evidencias científicamente demostradas, indican que las temperaturas globales se están alterando drásticamente; la Organización Meteorológica Mundial (OMM) prevé temperaturas medias superiores a lo normal tanto en tierra como en la superficie del mar en gran parte del mundo, por lo cual ha venido produciendo olas de calor y otros fenómenos meteorológicos extremos. En 2012, el Informe especial del Grupo de Trabajo I del Panel Intergubernamental sobre El cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés) sobre eventos extremos indicó que la longitud, frecuencia y / o intensidad de las olas de calor probablemente aumentarían en la mayoría de las áreas de tierra en el siglo XXI. Posteriormente El Quinto Informe de Evaluación (AR5) del IPCC, publicado en septiembre de 2013, declaró que, en los últimos 50 años, tanto los días y noches calurosas como las olas de calor se volverían más frecuentes (WMO. 2015).

Las olas de calor, actualmente han llegado a ser el peligro meteorológico más mortífero durante el período 2015-2019 con más de 8900 muertes, afectando a todos los continentes, también contribuyeron a que se registrase un nuevo récord de aumento de la temperatura media mundial de 1,1 °C desde la era preindustrial y en 0,2 °C con respecto al período 2011-2015 (OMM, 2019).

Los análisis realizados en los seis continentes poblados en los últimos años demuestran claramente que las altas temperaturas exteriores e interiores tienen un impacto en la mortalidad (Gasparrini, A., *et al.* 2015). Las olas de calor individuales pueden durar semanas, ocurrir consecutivamente y provocar un exceso de mortalidad significativo. Por ejemplo, en 2003, 70 000 personas en Europa murieron como resultado del evento de junio a septiembre. En 2010, se produjeron 55 000 muertes durante una ola de calor de 44 días en la Federación de Rusia (Shaposhnikov, D. 2014). Como podemos observar con estos estudios, el estrés por calor es una seria amenaza para la salud de los humanos.

El calor es una de las principales causas de muerte relacionada con el clima y puede exacerbar las morbilidades subyacentes, incluidas las enfermedades cardiovasculares, la diabetes, la angustia psicológica, el asma, así como aumentar el riesgo de accidentes y enfermedades infecciosas.

El organismo Público para la Salud en Inglaterra (2016) expone que los picos diarios de mortalidad se observan claramente durante los días de olas de calor, como los que ocurrieron durante el verano de 2016 (Public Health England., 2016)

Para el caso de México los sectores más afectados por las condiciones extremas en el clima son varios, pero todos tienen como común denominador los cambios en las lluvias y humedad en el suelo por tratarse de un país semiárido en su mayor parte (Martínez y Fernández 2004).

Específicamente para el Estado de Jalisco, de acuerdo al Reporte de Evaluación 4 (AR4, 2007) del IPCC, sufrirá una disminución en precipitación, que junto con un aumento en las temperaturas máximas y extremas, causará un aumento en la evapotranspiración. Esto afectará el agua almacenada en presas y lagos, como el caso del Lago de Chapala. De manera puntual, el Estado sufrirá los impactos de un aumento en las temperaturas extremas, con un mayor número de olas de calor que afectarán a la población, en mayor medida a los niños y a personas de la tercera edad (SEMADET. 2019).

Aunque también es importante destacar que, desde el 2015 la mayoría de estudios han encontrado que las actividades antropogénicas han aumentado significativamente la probabilidad de que eventos climáticos extremos sucedan. Por ejemplo, la ola de calor que afectó a Japón en julio de 2018 habría sido imposible sin la influencia humana. Estos estudios muestran que los resultados más claros se obtienen con indicadores que cubren un largo periodo de tiempo, tales como temperaturas anuales (Imada, Y., et al, 2019). Por lo que la planeación adecuada de las ciudades, es otro aspecto que cobra relevancia en el momento de entender la variación térmica urbana y explicar el aumento de las temperaturas percibidas en las zonas altamente construidas.

Según Tejedor y colaboradores (2016) estos cambios micro-climáticos se deben a que los procesos de desarrollo y urbanización generan cambios sustanciales en la cubierta vegetal y los usos del suelo, por lo que los flujos de energía solar entre la atmósfera y las distintas superficies construidas se ven retenidos entre la contaminación alterando las características del clima local.

En 1977 Jáuregui realizó un estudio en la República Mexicana donde revela que existe una estrecha relación entre las dinámicas de las actividades humanas, su crecimiento, desarrollo económico y la contaminación de su medio ambiente.

Para el caso de Guadalajara, últimamente, se ha venido observando que varios parámetros climáticos se han estado expresando de forma irregular; por ejemplo, en la temperatura mínima se observa una tendencia a aumentar con un gradiente de $0.59\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ años}$, como lo demuestra Davydova y colaboradores (1999).

Sin embargo, ¿Han aumentado significativamente las temperaturas de forma paralela a la urbanización que se ha tenido en los últimos años? El objetivo del presente trabajo es actualizar estudio sobre el comportamiento de dos parámetros meteorológicos de gran importancia para la Zona Conurbada de Guadalajara (temperatura y humedad relativa) con miras a cuantificar la variación térmica relacionada con el crecimiento urbano de los últimos 22 años comprendidos entre 1996 y 2018.

Antecedentes

El cambio climático es un problema con características únicas, ya que es de naturaleza global, sus impactos mayores serán a largo plazo e involucra interacciones complejas entre procesos naturales (fenómenos ecológicos, y climáticos) y procesos sociales, económicos y políticos a escala mundial (Martínez y Fernández, 2004).

Sin embargo el elemento que más lo caracteriza es el aumento gradual de las temperaturas globales debido a las altas concentraciones gases de efecto invernadero en la atmósfera (WMO, 2015).

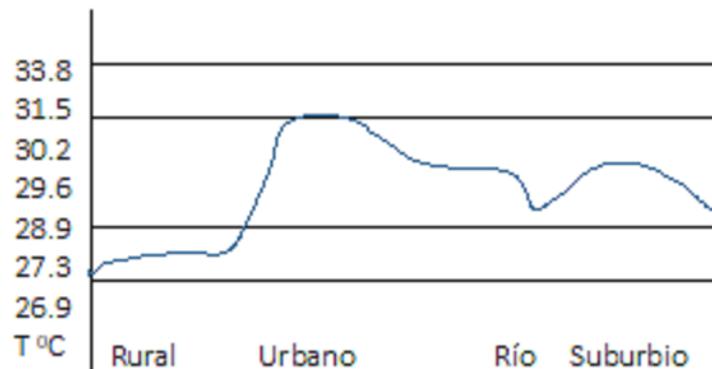
Este calentamiento generalizado, tanto, de la superficie terrestre como de los océanos desencadena una serie de eventos climáticos característicos y atribuibles al cambio climático, tales como derretimiento de casquetes polares, aumento del nivel del mar, ciclones y tormentas tropicales, olas de calor y por supuesto, impactos a la salud tanto animal, vegetal y humana.

En conclusión el cambio climático se puede definir como la variación en el estado del sistema climático, formado por la atmósfera, la hidrosfera, la criosfera, la litosfera y la biosfera, que perdura durante periodos de tiempo suficientemente largos (décadas o más tiempo) hasta alcanzar un nuevo equilibrio. Puede afectar tanto a los valores medios meteorológicos como a su variabilidad y extremos (Pacheco y Petrus, 2013).

El segundo factor de gran importancia que influye en el aumento de las temperaturas es ampliamente estudiado como el fenómeno de la isla de calor urbana (ICU). En 1817, Luke Howard (Moreno y Serra, 2016) será el primer investigador en descubrir la modificación térmica que presenta Londres, señalando que su centro urbano tenía unas temperaturas más altas que los campos de los alrededores.

Así pues, la isla de calor es un fenómeno de origen térmico que se desarrolla en las áreas urbanas causado por la diferencia de temperatura existente entre los sectores más densamente edificados de la ciudad y la de sus alrededores afectando directamente el microclima de cada zona. (Fig. 2.1). De esta forma, la enfermedad o la salud podían relacionarse “geográficamente”, y como tales son susceptibles de una cartografía o de un tratamiento espacial (Tornero, et al. 2006).

Figura 1 Efecto de las islas de calor



Fuente: Tornero, et al. 2006

El Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) se integra con los municipios de San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos y el citado Guadalajara que en conjunto comparten una constante conurbación.

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) indica que el AMG es la segunda más poblada de la República Mexicana y solo es superada por el Área Metropolitana del Valle de México (Ramírez, 2019).

Según la CONAPO, al 1 de julio de 2017 el AMG alcanzó los 4, 980,756 personas, las cuales representan el 61.4% de la población del estado; lo que implica que 6 de cada 10 jaliscienses radican en alguno de estos municipios. En una superficie de 2,734 km², esta cantidad arroja una densidad poblacional de aproximadamente 1,822 habitantes por km², siendo Guadalajara el municipio más poblado con cerca de 1.5 millones de tapatíos (IEEG, 2017).

El proceso de crecimiento y desarrollo urbano de Guadalajara queda de manifiesto, en los últimos años, en los grandes desarrollos habitacionales tanto horizontales como verticales cada vez más a la periferia de la gran urbe forzando la construcción de carreteras, el uso excesivo de recursos naturales y servicios eco-sistémicos. A su vez también intensifica el desequilibrio climático y aumenta los riesgos ambientales para la sociedad.

Actualmente existen varios trabajos realizados con el principal motivo de estudiar el cambio climático en Jalisco y tratar de explicar el aumento de las temperaturas que año con año se van percibiendo. De acuerdo al análisis y proyección de las temperaturas a nivel estatal, realizado por Jorge Cruz en el SIESAS, encontró una significativa tendencia al aumento de la temperatura media anual de (0.48°C), esto desde 1960 hasta 2014.

Cabe resaltar que las regiones donde se localiza el principal aumento es en las regiones: Norte, Altos Norte y Sur, Centro, Valles y Ciénega; en el caso de las regiones costeras, el aumento no es significativo debido a que las condiciones que presentan ante el océano como un termorregulador, por lo que el cambio o aumento no es representativo. En el caso de las regiones señaladas como más calientes, se observa un significativo incremento de noches más cálidas, también un incremento de días cálidos, es decir el clima se registra más extremo. Además se incrementa significativamente la frecuencia de olas de calor (Cruz, 2018).

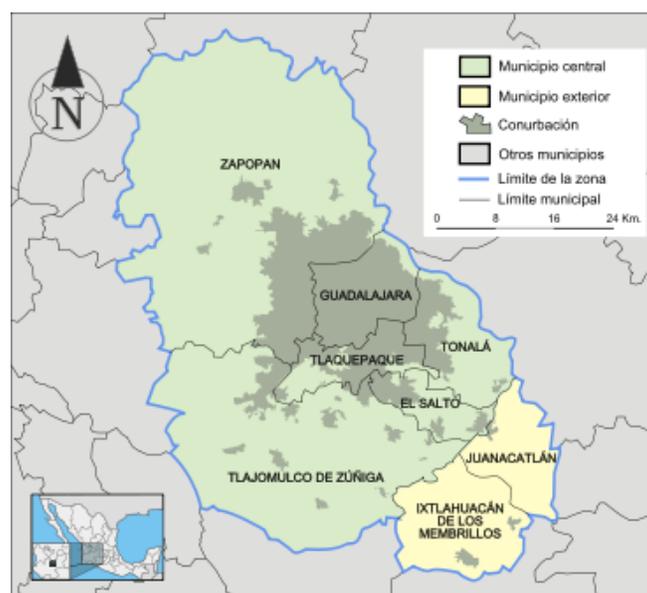
Las series largas de información son suficientes para estimar tendencias de aumento de las temperaturas ante el cambio climático en el estado, por lo cual presenta los resultados de las proyecciones hasta el año 2040, donde se demuestra que existe una tendencia a incrementar la temperatura media anual de 0.4 a 1.3°C en promedio (Cruz, 2018).

Otro estudio climatológico realizado para el Área Conurbada de Guadalajara fue en el año 1999 en el que analizaron más de 110 años de mediciones de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y la precipitación; se aplicaron métodos estadísticos básicos, límites de confianza e hipótesis de pruebas estadísticas para determinar la variación térmica del periodo comprendido entre 1881 y 1997. Los resultados mostraron que la isla de calor en la ciudad (temperaturas) y la precipitación presentaban tendencias significativas a aumentar con un gradiente de $0.59^{\circ}\text{C}/10$ años y 1.75 mm/año respectivamente (Davydova y Skiba, 1999; Davydova y otr., 1999), similares a los encontrados por Jáuregui para el periodo 1980 al 1981 (Jáuregui, 1986; Jáuregui E., Godínez L. and Cruz F. 1992).

Área de estudio

Geográficamente, la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) se ubica al centro del Estado de Jalisco, en la región centro-occidente del país; sus coordenadas extremas corresponden a latitud norte $20^{\circ}46'00''$, latitud sur $20^{\circ}32'08''$, longitud oriental $103^{\circ}12'30''$ y longitud occidental $103^{\circ}29'00''$ aproximadamente, con una altitud promedio de 1,540 metros sobre nivel del mar. Enmarca los Municipios de Guadalajara, Tlaquepaque, Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos, Tonalá y Zapopan, así como sus Cabeceras Municipales (Fig. 3.1) (Ulloa, et al. 2011).

Figura 2 Delimitación de la Área Metropolitana y Zona Conurbada de Guadalajara, Jalisco, México



Fuente: SEMARNAP, 1997

En referencia a su relieve, se sitúa en la Cuenca del Valle del Río Grande de Santiago, en los Valles de Atemajac y la Planicie de Tonalá; entre las zonas montañosas de la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico (Fig. 3.2). Las montañas que circulan el área son: al noroeste la Sierra de San Esteban; al sureste, la Serranía de San Nicolás y los conjuntos montañosos Cerro Escondido-San Martín y El Tapatío-La Reina; al sur, El Cerro del Cuatro-Gachupin-Santa María; y al oeste, el bosque La Primavera. Por tanto, su topografía corresponde a un valle semicerrado caracterizado por cadenas montañosas, donde el perfil de su relieve y la cuenca atmosférica propician condiciones meteorológicas estables (Ramírez, et al. 2008, SEMARNAP, 1997).

Figura 3 Relieve de la Zona Metropolitana de Guadalajara



En cuanto al clima de la ZCG, según la clasificación de Köppen, se considera de clima templado, subhúmeda con lluvias en verano, el periodo de lluvias va de mayo a octubre y el resto del año es de temporada seca (García, 1988).

En el año 2001, Davydova y sus colaboradores, después de diversos análisis de temperaturas máximas y mínimas registradas en la ZCG concluyeron, que las características climatológicas de la Zona Metropolitana de Guadalajara corresponden a un clima templado mesotermal con temperatura media anual por encima de los 18°C.

En el 2018 el instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, apunta que la temperatura media anual es de 21.7°C, mientras que sus máximas y mínimas promedio oscilan entre 32.0°C y 9.9°C respectivamente. La precipitación media anual es de 998 mm (IIEG, 2018).

Materiales y métodos

Se recuperó una serie de datos de temperatura para diez estaciones de la Red Automática de Monitoreo Ambiental (RAMA), Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del estado de Jalisco, México, comprendida para el período 1996 – 2018.

Aquí, en la tabla 4.1 se muestra la ubicación de las estaciones en el territorio de la ZCG, mientras las tablas 4.2 y 4.3 manifiestan el comportamiento de temperaturas máxima y mínima promedios mensuales respectivamente estimados para el período de últimos 22 años en las estaciones de la RAMA.

Los datos de series largas por temperatura fueron sometidos a un procedimiento básico de control de calidad para cumplir con las condiciones de consistencia (75% o más de datos observados al día, mes y año).

Tabla 1 Lista y ubicación de las estaciones del SIMAJ en la zona conurbana de Guadalajara, Jalisco.

Estación	Clave	Municipio	Latitud (°N)	Longitud (°W)	Altitud (msnm)
Atemajac	S1	Zapopan	20,719	-103,355	1593
Oblatos	S2	Guadalajara	20,700	-103,246	1608
Loma Dorada	S3	Tonalá	20,629	-103,264	1645
Tlaquepaque	S4	Tlaquepaque	20,641	-103,313	1622
Miravalle	S5	Guadalajara	20,614	-103,343	1622
Las Águilas	S6	Zapopan	20,631	-103,417	1633
Vallarta	S7	Zapopan	20,680	-103,398	1640
Centro	S8	Guadalajara	20,674	-103,333	1582

Tabla 2 Temperatura máxima promedios mensuales en las estaciones de la RAMA, Guadalajara, Jalisco: 1996-2018

Año	AGU	ATM	CEN	LDO	MIR	OBL	TLA	VAL	ZCG
1996	25.2	27.5	26.0	27.9	28.6	26.4	28.6	25.9	27.0
1997	24.9	25.4	26.2	27.1	27.9	25.8	28.6	25.4	26.4
1998	26.3	26.7	27.4	28.9	29.6	27.5	30.6	26.7	27.9
1999	26.0	27.0	27.7	28.2	29.0	26.7	30.3	25.8	27.6
2000	29.5	28.2	28.0	28.7	29.0	27.0	30.2	28.5	28.6
2001	28.7	27.8	26.7	28.3	28.7	28.4	29.8	28.5	28.4
2002	27.6	27.9	28.1	28.2	29.0	29.1	29.8	28.4	28.5
2003	27.6	28.1	30.9	28.4	29.1	SD	29.9	28.6	28.9
2004	27.0	27.2	28.9	27.4	27.9	SD	28.9	27.8	27.9
2005	26.7	30.0	31.2	26.8	28.6	SD	29.9	28.9	28.9
2006	26.6	27.7	28.8	26.2	27.0	SD	28.1	27.3	27.4
2007	25.1	29.0	26.8	26.6	27.4	25.6	28.3	26.1	26.9
2008	26.7	27.4	27.0	26.8	27.4	26.7	28.5	26.2	27.1
2009	SD								
2010	26.0	21.8	26.5	27.6	27.3	SD	29.3	26.3	26.4
2011	SD								
2012	30.8	30.1	SD	32.3	29.6	30.2	30.8	29.9	30.5
2013	30.2	30.5	SD	32.3	30.4	30.7	32.8	29.9	31.0
2014	29.6	26.3	SD	33.4	30.5	29.4	32.9	33.4	30.8
2015	29.1	29.6	29.8	29.5	31.3	31.6	29.1	31.3	30.2
2016	29.4	32.0	SD	29.9	31.8	32.4	32.0	31.6	31.3
2017	31.2	33.3	33.7	31.2	32.8	33.7	32.7	31.8	32.5
2018	31.6	31.6	34.8	SD	SD	SD	27.1	34.0	33.0

Tabla 3 Temperatura mínima promedios mensuales en las estaciones de la RAMA, Guadalajara, Jalisco: 1996-2018

Año	AGU	ATM	CEN	LDO	MIR	OBL	TLA	VAL	ZCG
1996	14.3	13.7		14.0	14.3	15.2	14.8	15.1	14.5
1997	14.3	13.6	15.7	13.9	14.0	14.7	13.6	14.8	14.3
1998	15.1	14.3	16.3	14.7	14.6	15.6	14.9	15.5	15.1
1999	14.6	13.6	15.5	14.0	13.9	15.1	14.4	14.7	14.5
2000	15.0	13.8	16.3	14.6	14.3	15.3	14.9	15.3	14.9
2001	15.2	13.8			14.3	15.1	14.8	14.7	14.7
2002	14.9	14.3	16.9	14.8	14.8	15.6	15.2	15.1	15.2
2003	14.6	14.3	17.5	14.7	14.2		15.1	15.1	15.1
2004	14.3	14.0	17.8	14.4	16.2		14.7	14.3	15.1
2005	14.5	13.8	17.7	15.4	16.1		15.2	14.6	15.3
2006	14.1	14.7	17.0	14.7	15.9		15.0	15.2	15.2
2007	14.9	15.8	16.4	15.1	16.2	15.7	15.7	15.7	15.7
2008	15.1	15.4	16.6	15.3	16.2	15.2	15.4	15.5	15.6

Resultados

Para iniciar el análisis de los resultados obtenidos es muy importante destacar la gran porosidad de datos de temperatura mínima, también una alta frecuencia de valores de temperatura fuera de rango del intervalo de confianza de 99.9% de probabilidad a partir del año 2012, es decir

$$(\bar{x} \pm 4\sigma) \quad (1)$$

Aquí la \bar{x} es la media de la temperatura de interés, y σ es su desviación estándar. Para continuar con el análisis de datos de temperatura mínima es importante realizar un control de calidad de datos para verificar la presencia de datos sospechosos y su posibilidad de recuperación.

También se resalta una falta de registros los años 2009 y 2011 en toda la red. Por lo anterior la temperatura mínima promedio anual (Fig. 5.1) se analizó para el período 1996 – 2008, mientras la temperatura máxima promedio anual se analizó para todo el período (Fig. 5.2).

Figura 4 Comportamiento de temperatura mínima: 1996-2008.

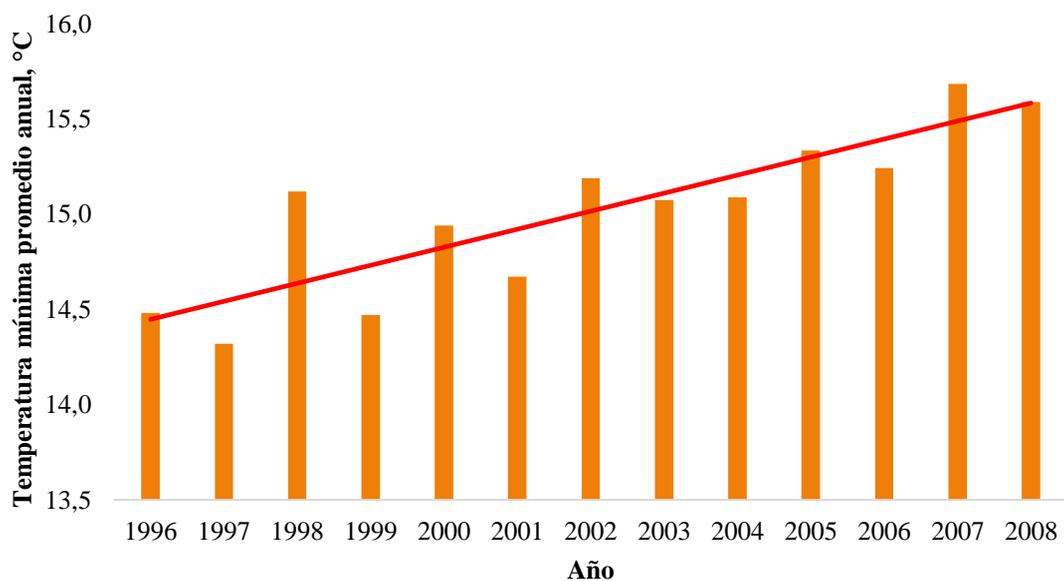


Figura 5 Comportamiento de temperatura máxima: 1996-2018



Entre resultados obtenidos se sobresale la tendencia creciente tanto para la temperatura mínima ($0.94^{\circ}\text{C}/10$ años) también para la temperatura máxima ($2.27^{\circ}\text{C}/10$ años). Este crecimiento observado a lo largo de primeras décadas del siglo XXI es más intenso de lo encontrado para la zona conurbada de Guadalajara en Davydova y Skiba (1999).

Este estudio se complementó con el análisis de magnitudes de temperaturas máxima y mínima anuales absolutas, en donde la temperatura máxima absoluta marca una tendencia a crecer mientras la temperatura mínima absoluta contrasta la tendencia de decrecer. Esta ampliación de la variación anual de las temperaturas muestra la presencia del clima más extremo en la zona conurbada de Guadalajara. Lo anterior se puede explicar con el detrimento de áreas verdes, suelo natural, y como consecuencia, una significativa pérdida de humedad.

Agradecimiento

Se agradece de la manera más profunda y sincera a todas aquellas personas e instituciones que con su apoyo han contribuido en la realización del presente trabajo:

A CONACYT por las facilidades económicas otorgadas para la realización de este trabajo y por la oportunidad de aprendizaje en la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental perteneciente al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC).

Se agradece profundamente a la Universidad de Guadalajara por dar la oportunidad de formar recursos humanos, particularmente futuros profesionistas en ciencias de la salud ambiental.

Se agradece a la Dra. Martha Georgina Orozco Medina por guiar todo el proceso de publicación de este capítulo, por su paciencia en los momentos de espera y sobre todo, por confianza de que todo será un éxito.

Conclusiones

Con base a los datos analizados se ha encontrado que en la Zona Conurbada de Guadalajara a partir de los años 90's, la temperatura mantiene una tendencia acelerada a extremar, de acuerdo a los reportes del año 2019 de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2019) los años 2015 al 2019 fueron los años más cálidos registrados, se confirma que nuestra sociedad no está exenta de sufrir los efectos de los cambios que suceden de forma global.

Se puede concluir que el desarrollo urbano, la edificación masiva y crecimiento poblacional es un factor importante en la variación climática de las ciudades como lo afirma Tejedor y colaboradores (2016) debido al cambio de uso de suelo, a la emisión de contaminantes y al uso excesivo de los recursos naturales.

Uno de los mayores impactos a la salud pública está dado por la presencia de eventos meteorológicos extremos y repentinos, en este caso, se evidencia el aumento del riesgo al que la sociedad podría estar expuesta bajo la presencia constante de olas de calor en la Zona Conurbada de Guadalajara.

Referencias

Cheng, L., et al., 2019: 2018 Continues record global ocean warming, *Advances in Atmospheric Sciences*, 36:249–252, <https://doi.org/10.1007/s00376-019-8276-x>.

Cruz J. (2018). El comportamiento de la temperatura ante el cambio climático en Jalisco y en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social de Occidente. Disponible en: <https://occidente.ciesas.edu.mx/calorenguadalajarajalisco>. Consultado: 01 de octubre, 2019.

Davydova Belitskaya, V., Skiba, Y. (1999). Climate of Guadalajara City (Mexico), Its Variation and Change within Latest 120 Years. *World Resource Review*, 11(2), pp 258-270.

- Davydova Belitskaya, V., Skiba, Y., Martínez Zatarain, A., Bulgakov, S. (1999). Modelación matemática de los niveles de contaminación en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México. Modelo numérico de transporte de contaminantes y su adjunto. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, **17**(2), 97-107.
- García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Gasparrini, A., Et al., 2015: Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet*, 386(9991):369–375.
- Imada, Y., M. Watanabe, H. Kawase, H. Shiogama and M. Arai, 2019: The July 2018 high temperature event in Japan could not have happened without human-induced global warming. *Scientific Online Letters on the Atmosphere*, 15A:8–12, <https://doi.org/10.2151/sola.15A-002>.
- IIEG. (2018). Guadalajara. Diagnóstico municipal. Instituto de Información Estadística y Geográfica. Disponible en <http://www.iieg.gob.mx>
- Jáuregui Ostos, E. (1986). The Urban Climate of Mexico City. En T. Oke (Ed.), *Proceedings WMO Technical Conference on Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas* (págs. 63-86). Ginebra: WMO.
- Jauregui E., Godínez L. and Cruz F. (1992). Aspect of Heat – Island Development in Guadalajara, México. *Atmospheric, Environmental*. Vols 26B, 3, pp 391-396.
- Martínez, J. y Fernández, A. (2004). Cambio climático: Una versión desde México. Instituto Nacional de Ecología. ISBN 968 817 704 0. México DF. Disponible en <http://www.ine.gob.mx>
- Moreno, M., y Serra, J. (2016). El estudio de la isla de calor urbana en el ámbito mediterráneo. Una revisión bibliográfica. *Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*. Universidad de Barcelona. España. **XXI** (1179), 742-98.
- Pacheco, S. y Petrus, J. (2013). Vocabulario climático. Para comunicadores y divulgación general. AEC-ACOMET. ISBN-10:84-695-9892-9 ISBN-13:978-84-695-9892-4. Disponible en http://www.acomet-web.com/vocabulario_climatico.pdf. Consultado el 30 de septiembre de 2019.
- Public Health England, 2016: Heatwave Mortality Monitoring Summer 2016. London, PHE, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/714933/PHE_heatwave_mortality_monitoring_report_2016.pdf.
- Ramírez, G. (2019). Área Metropolitana de Guadalajara. Gobierno del Estado de Jalisco. Jalisco, México. Disponible en <https://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/guadalajara>.
- Ramírez, H., Andrade, M., De la Torre, O., García, M., Meulenert, A., García, O., Alcalá, J. (2008). Evaluación de eventos climáticos extremos y su impacto en la salud en América Latina. ISBN: 978-970-27-1324-1. Universidad de Guadalajara, México: 180.
- Riojas, R. H., Schilmal, A., López, C. L., Finkelman, J. (2013). La salud ambiental en México: Situación actual y perspectivas a futuro. *Salud Pública de México*. **5** (6), pp. 638-649.
- SEMARNAP/SS/GEJ (1997). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales /Secretaría de Salud / Gobierno del Estado de Jalisco. Programa para el mejoramiento de la calidad del aire en la zona metropolitana de Guadalajara. 1997-2001. Págs. 240.
- Shaposhnikov, D., B. Revich, T. Bellander, G. Bero Bedada, M. Bottai, T. Kharkova, E. Kvasha, E. Lezina, T. Lind, E. Semutnikova and G. Pershagen, 2014: Mortality related to air pollution with the Moscow heat wave and wildfire of 2010. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, **25**(3):359–364.

Tejedor E., Cuadrat, J.M., Saz, M.A., Serrano-Notivoli, R., López, N., Aladrén, M. 2016. Islas de calor y confort térmico en Zaragoza durante la ola de calor de julio de 2015. X Congreso Internacional AEC: Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio. Zaragoza. España.

Tornero, J., Pérez, A., Gómez, F. (2006). Ciudad y confort ambiental: Estado de la cuestión y aportaciones recientes. *E.T.S. Arquitectura*. Universidad de Valencia. Departamento de Geografía. Valencia. España. 80, 147 – 182.

Ulloa, H., García, M., Pérez, A., Meulenert, A., Ávila D. (2011). Clima y radiación solar en las grandes ciudades: Zona Metropolitana de Guadalajara (estado de Jalisco, México). *Investigaciones Geográficas*, **56**, p-p 165-175. Instituto Interuniversitario de Geografía. Universidad de Alicante. España.

WMO. (2015). Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development. WMO-1142. ISBN 978-92-63-11142-5, Geneva 2, Switzerland: pp. 1-114.

WMO. (2019). The Global Climate in 2015 – 2019. JN 191303. Geneva 2, Switzerland: pp. 24.

Análisis de la calidad e inocuidad de agua subterránea para uso agrícola: base para mejorar la salud de los alimentos

Analysis of the quality and safety of groundwater for agricultural use: basis for improving food health

CABRERA-DIAZ, Elisa †* & GARCIA-DIAZ, Jesús Magdiel

Universidad de Guadalajara

ID 1^{er} Autor: *Elisa, Cabrera-Díaz* / **ORC ID:** 0000-0002-1970-2104, **CVU CONACYT ID:** 250576

ID 1^{er} Coautor: *Jesús Magdiel, García-Díaz* / **ORC ID:** 0000-0003-4392-3684, **CVU CONACYT ID:** 1001910

E. Cabrera & J. Garcia

A. Marroquín, J. Olivares, P. Diaz, L. Cruz. (Dir.). Mujeres en la tecnología. Collections-©ECORFAN-Mexico, Queretaro, 2019.

Resumen

El uso de fuentes de agua en actividades agrícolas requiere cumplir con distintas normatividades para minimizar la contaminación de los alimentos, ya que el agua representa un vehículo potencial de contaminantes microbiológicos, químicos como plaguicidas o metales, que pueden ser introducidos al organismo mediante la ingesta del alimento contaminado. Estas normatividades establecen análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, que determinan la calidad del agua. El agua subterránea constituye una tercera parte del agua destinada para riego agrícola en México, a su vez, el estado de Jalisco cuenta con un volumen concesionado de 2,598.1 hm³, esta fuente de agua se crea a partir de la infiltración de precipitaciones al subsuelo, sin embargo, puede contener contaminantes que también son filtrados a partir del suelo. Estos pueden ser: a) microbiológicos por vertederos de residuos sólidos humanos y actividades ganaderas, presencia de fosas sépticas o drenajes, b) residuos químicos generados por actividades industriales y agrícolas, ó c) metales presentes en el propio suelo y subsuelo, por lo cual, se plantea realizar una revisión bibliográfica que aborde la problemática de contaminación de agua subterránea, mediante el acceso a bases de datos como SCOPUS y WebOfScience utilizando palabras clave delimitadas a los objetos de estudio.

Agua subterránea, Uso agrícola, Organismos microbiológicos, Plaguicidas, Metales pesados

Abstract

The use of water sources in agricultural activities requires complying with different standards to reduce food contamination, since water represents a potential vehicle for transport microbiological contaminants and chemicals, such as pesticides and metals, which can be introduced to the human being through the intake of contaminated food. These regulations can establish some physical, chemical and microbiological analysis of the water source, which will determine water quality. Groundwater constitutes a third part of the water destined for agricultural irrigation in Mexico, on the other hand, the state of Jalisco has a concessioned surface of 2,598.1 hm³, this water source is created from the infiltration of surface rainfall, however, it may contain some contaminants that are also filtered from the soil or other sources, therefore, it is proposed to carry out a literature review that addresses the problem of contamination of groundwater, through access to databases such as SCOPUS and WebOfScience using keywords delimited to the objects of study.

Groundwater, Agricultural use, Microbiological organisms, Pesticides, Heavy metals

Introducción

La salud ambiental se define como un campo de estudio interdisciplinario, que establece relaciones de la salud humana y calidad de vida, con las distintas condiciones físicas, químicas, biológicas, sociales, psicosociales, estéticas, entre otras, que interactúan en el medio ambiente en el que el individuo se desarrolla, comprometiendo que estos aspectos externos al individuo pueden afectar su salud, ya sea mental, física, psicológica o meramente clínica.

Además, analiza la relación de daño y control que el hombre ejerce sobre su ecosistema y como el ecosistema se enferma, afectando no solamente a las formas de vida dentro del ecosistema sino también a la misma sociedad humana (WHO, 2004; European Charter on Environment and Health, WHO regional Office Europe, 1990).

La salud ambiental estudia el medio ambiente en el que interactúan y desarrollan los individuos, o el medio con el que tienen contacto, por lo que estos medios llegan a ser agua, aire, suelo, vegetación, fauna silvestre, urbanización, seguridad alimentaria, vivienda, transporte, entre otros (Frumkin, 2005).

Uno de los recursos ambientales que influye en mayor medida tanto en la salud de las personas como en los ecosistemas es el agua, por lo que avanzar en su estudio y caracterización se vuelve primordial para la implementación de acciones tanto a nivel de investigación como de propuestas de atención a nivel gubernamental y del sector de producción de alimentos.

El agua es un recurso natural que promueve salud a las personas y al ecosistema, pero a su vez, representa una fuente potencial de contaminación hacia la salud humana por su uso y consumo.

El agua subterránea destinada a usos agrícolas en México cuenta con una superficie de 2,598.1 hm³ (Palacios-Vélez y Escobar-Villagrán, 2016), la cual se crea a partir de la infiltración de precipitaciones por el suelo, que a su vez podrían arrastrar contaminantes presentes en la superficie, como agentes microbiológicos mediante la presencia de vertederos de residuos sólidos humanos y actividades ganaderas, presencia de fosas sépticas o drenajes, así como residuos químicos generados por actividades industriales y agrícolas, o metales pesados (COEH y COID, 2009; Sánchez 2017).

Por estas razones es necesario el seguimiento de distintas normatividades según el destino del cultivo; ya sea para exportación o producción nacional. Estas normatividades involucran un análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que determinan la calidad del agua.

Un ejemplo de estas normatividades a nivel de exportación hacia los Estados Unidos de América es la *Ley de Modernización de la Inocuidad de Alimentos (Produce Safety Rule- FSMA)*, y a nivel nacional la *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, dividido en aguas de riego, consumo y asentamientos naturales.*

Los valores para cada parámetro varían según el tipo de cultivo, debido a que la agricultura es una de las actividades humanas que hace uso de fuentes de agua de baja calidad en cultivos de bajo riesgo, en comparación con cultivos de alto riesgo, industria alimentaria y uso doméstico que requiere de agua potable (Ayers y Westcot, 1985), por lo cual, se plantea realizar un análisis teórico representativo de la problemática de contaminación de agua subterránea, mediante la recuperación de información contenida en documentos disponibles en la plataforma de SCOPUS y WebOfScience, aplicando una técnica de investigación documental, con el objetivo de divulgar e informar a los lectores sobre esta problemática, y concientizar a la población lectora sobre el peligro evidenciado para el consumo fresco de productos hortofrutícolas. .

Marco teórico

Se realizó una búsqueda en la base de datos SCOPUS delimitando la búsqueda a los años 2008 a 2019, utilizando las siguientes palabras clave y obteniendo los siguientes resultados: Ground water quality and agriculture 130 y solamente se tomaron 20, Ground water and pesticides 918 y se tomaron 24, Ground water and bacteria 42 y se tomaron 9, Irrigation water and *Salmonella* 167 y se tomaron 13, Irrigation water and *Escherichia coli* 277 y se tomaron 28, en total se obtuvieron 94 artículos y después se realizó una purificación para especificar más el tema de agua subterránea, obteniendo 41 artículos. De este número de artículos se realizó un clasificado, separándolos en *E. coli*-Irrigation water (7), *E. coli* y *Salmonella* (8), *Salmonella*-Irrigation water (2), Pesticides (4), Pesticides-ground water (8) y Ground water quality (12).

Por otra parte, se hizo una búsqueda en la plataforma de Google académico con Agua de uso agrícola y bacterias, Calidad de agua subterránea, Calidad de agua subterránea y bacterias, calidad de agua de riego agrícola.

Una vez seleccionados estos artículos, se aplicara la Técnica de investigación documental, citada por Rojas 2011), que consiste en la recuperación de información contenida en documentos, ejemplos de esta técnica son las técnicas de lectura, reseña, resumen, etc. Por lo que en resultados se plantea en forma de descripción los hallazgos de cada investigación, considerando su relación con las principales variables mencionadas.

Resultados

En este apartado se tomaron como base los artículos encontrados en las bases de datos, y se redactaron como una revisión bibliográfica acerca de la problemática de calidad e inocuidad de agua subterránea para uso agrícola, destacando los resultados de cada investigación y la zona de estudio.

Calidad de agua agrícola

Según la Ley de Modernización de la Inocuidad de Alimentos (Produce Safety Rule-FSMA) el agua de uso agrícola corresponde al agua utilizada en los productos cubiertos por la ley y que debido a su uso previsto o probable, establece contacto con el producto o con las superficies del producto; incluye agua utilizada en actividades durante el cultivo, (como es el caso de agua de riego, que se aplica en un método de contacto directo con la fruta o el vegetal, y el agua utilizada en cosecha, envasado y almacenaje), implicando que debe de cumplir con ciertos criterios para su uso, los cuales evalúan la realización de un perfil microbiológico de la calidad del agua (Microbial Water Quality Profile- MWQP), donde se establece una media geométrica para la detección de *Escherichia coli* de 126 a 410 UFC/100ML, en agua de uso agrícola para productos de exportación (FSMA, 2019). Por otra parte, a nivel nacional se hace referencia de 1000 NMP o UFC/100 ml en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, dividió por aguas de riego, consumo y asentamientos naturales.

Cuando se hace referencia a calidad de agua, su definición y valores están condicionados por sus componentes orgánicos e inorgánicos (físicos, químicos y biológicos), pero es muy importante hacer la diferenciación de esta calidad dependiendo el posible uso de la fuente, ya que en la agricultura se da el uso de distintas fuentes de agua, tales como: aguas residuales, aguas superficiales o aguas subterráneas, según el tipo de producto que se cultive.

Para garantizar una inocuidad de estos productos es de vital importancia partir de uno de los primeros contactos que tiene el producto en desarrollo con otro producto como lo es el agua de riego, ya que esta será uno de los combustibles para ayudarlo en su desarrollo y lo seguirá por la cadena de producción de alimentos, por lo que aquellas personas que manejan el suministro de agua y los aditivos para mejorar la vida del producto, tienen la obligación de seguir buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manejo (BPM), para tratar de evitar la contaminación del cultivo, cuyo principio fundamental lo constituye el conocimiento de que todo lo que se pone en contacto con las frutas o verduras, puede ocasionar un tipo de contaminación, y que la mayoría de los microorganismos patógenos y residuos de pesticidas, provienen de la acción del hombre y su mal manejo y administración de estas.

Tipos de contaminantes

El agua destinada al uso agrícola es identificada como una posible fuente de patógenos ligados a la generación de brotes de enfermedades por el consumo de productos frescos, así como también, una fuente que transporta plaguicidas en el ambiente y que puede dar lugar a un considerable riesgo a la salud humana, principalmente a los agricultores y para el ecosistema en general, lo que implica un daño a la seguridad e inocuidad de los productos frescos, y por consiguiente a la salud de los consumidores (Gelting y Baloch, 2012; Lu et al, 2015). Por otra parte, el agua está condicionada a absorber los nutrientes o metales presentes en el suelo, en algunas regiones del mundo los suelos suelen ser ricos en metales o metales pesados, principalmente en zonas con actividad volcánica, por lo que el agua subterránea presentara alguna concentración.

La concentración de los contaminantes que aportan estos factores pueden fluctuar en el agua, ya que es considerada como principal vehículo distribuidor de distintos contaminantes como agentes patógenos y sustancias tóxicas (Sigua et al. 2010), por lo que su inadecuado control puede representar riesgos potenciales a la salud del consumidor de productos sobre los cuales se utiliza dicha fuente.

Contaminación por microorganismos biológicos

Día con día, personas alrededor del mundo contraen enfermedades provocadas por el consumo de alimentos contaminados, a estas afecciones se le denominan enfermedades de transmisión alimentaria y pueden ser secundarias a la presencia de microorganismos patógenos, como bacterias, hongos y virus en los alimentos. El consumo de productos hortofrutícolas es un factor importante para la transmisión de estas enfermedades, debido a su consumo fresco-cruo. Las enfermedades de transmisión alimentaria son una problemática global, causantes de epidemias alrededor del mundo, ya sea en países desarrollados o en vía de desarrollo, se estima que de los 4 mil millones de casos de diarrea que se presentan anualmente en el mundo, aproximadamente 1.8 millones de ellos tienen consecuencias mortales (Neira, Okoro y McCarthy, 2007; OMS, 2007).

Una gran amenaza para la inocuidad de los alimentos es el creciente problema de contaminación de cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos, resaltando como principal contaminante los organismos enteropatógenos que se distribuyen a lo largo de estos cuerpos de agua (EPA, 2005).

El desarrollo de la civilización e incremento desmedido de la población ha generado un vertido desordenado de residuos a los cursos de agua (Seoanez, 1999), contaminando con organismos patógenos intestinales principalmente procedentes de heces humanas y animales (Solarte *et al.* 2006).

Existen diversos factores que pueden contribuir a la presencia de microorganismos patógenos asociados a productos frescos, como la contaminación de agua de uso agrícola, contaminación de los cultivos con residuos fecales, una inadecuada administración de plaguicidas y el mal manejo por parte del trabajador en distintas etapas del cultivo, inadecuada limpieza o lavado de los productos en recepción, empaque, canales de distribución y la higiene personal de los trabajadores que es una fuente posible de contaminación para los productos.

Por otra parte, la vía de exposición por las cuales puede contaminarse el agua subterránea con algún *microorganismo como Salmonella spp. y Escherichia coli son por la presencia de* residuos en la superficie, los cuales llegan a los acuíferos por la infiltración a través del suelo y por su arrastre con la lluvia, exponiendo a las aguas subterráneas a contaminantes como: residuos sólidos humanos, agentes tóxicos en aguas residuales y/o en residuos de zonas ganaderas, de actividades industriales y actividades agrícolas (Sánchez 2017).

La contaminación de alimentos y agua por la presencia de microorganismos patógenos como *Salmonella spp.* es un riesgo potencial para la población, especialmente para las personas más vulnerables en condiciones de pobreza o infantes. *Salmonella* es un género de bacterias gram-negativa que invade el epitelio del íleon y colon, presentándose comúnmente como afecciones al tracto gastrointestinal, destacando la especie más común *Salmonella typhi* causante de fiebre tifoidea y otras sintomatologías como puede ser gastroenteritis, enterocolitis, infecciones en articulaciones o huesos, aunque puede haber casos que no se presente sintomatología alguna (CDC, 2019). Por otra parte, la Salmonellosis es un problema de salud mundial al encontrarse distribuida en los productos de mayor consumo como las cárnicos, agua y productos hortofrutícolas.

Esta bacteria vive en los intestinos de las personas y de algunos animales, y usualmente es transmitida a las personas por la ingesta de comida contaminada por heces fecales de algún animal, por ejemplo un huevo contaminado con heces fecales, un pollo que criado en condiciones insalubres con un sacrificio incorrecto, una interacción con el medio ambiente donde se encuentra el patógeno, o el uso de agua agrícola contaminada (Carneiro *et al.* 2017).

Otro microorganismo muy frecuente asociado a padecimientos de infecciones gastrointestinales es *Escherichia coli*, habitual en el intestino del ser humano y de otros animales de sangre caliente. Aunque la mayoría de las cepas son inofensivas, algunas pueden causar una grave enfermedad de transmisión alimentaria. La infección por *E. coli* se transmite generalmente por consumo de agua o alimentos contaminados, como productos cárnicos poco cocidos y leche cruda. Los síntomas de la enfermedad incluyen cólicos y diarrea, que puede llegar a ser sanguinolenta, a su vez, también puede aparecer fiebre y vómitos. La mayoría de los pacientes se recuperan en el término de 10 días, aunque en algunos casos la enfermedad puede causar la muerte (CDC, 2014).

Se han realizado diversas investigaciones que han determinado la presencia de bacterias indicadoras de contaminación como *E. coli* y bacterias patógenas como *Salmonella spp.* en agua de uso agrícola, tal es el caso reportado por Behravesch *et al.* (2011), quienes asociaron brotes de *Salmonella Saintpaul* con el agua de riego en una granja de cultivos de chile serrano en México, reportando 1500 casos en Estados Unidos en el periodo de Abril-Julio 2008, de igual manera Hernández-Domínguez *et al.* (2008), reportaron la presencia de *Salmonella* y coliformes fecales en agua de uso agrícola para la producción de melón “Cantaloupe” en Zirándaro de los Chávez, Guerrero, usada en distintos procesos de la producción de melón, detectando *Salmonella* en el agua de río y en cintas de goteo no filtradas, generando seis brotes de salmonelosis y la muerte de al menos dos personas en E.U.A. y Canadá asociadas a su consumo.

Investigaciones más específicas sobre la calidad microbiológica del agua subterránea, han determinado la presencia de *E. coli* y *Salmonella* en agua de pozos en cultivos de lechuga, como lo es el estudio realizado por Ndiaye et al. (2011), cuya zona de estudio fue Dakar, Senegal, obteniendo una media geométrica de *E.coli* con un valor de 7.2 ± 3.5 en agua subterránea, a su vez, analizaron la presencia de *Salmonella* spp., obteniendo 17 positivas de 78, y en agua de pozo usada para riego una media para *E.coli* de 6.3 ± 2.4 y 12 muestras positivas para *Salmonella* spp.

Otros autores como Topalcengiz et al. (2017), realizaron el primer estudio para evaluar la calidad microbiológica en estanques, usando los parámetros que plantea la Ley de Modernización de la Inocuidad de Alimentos (Produce Safety Rule- FSMA) en Central Florida, determinando que los valores obtenidos para *E.coli* si respetaban los previstos por la ley, con excepción de los obtenidos durante la etapa de crecimiento del cultivo, obteniendo una media de 118 NMP/100 mL, por otra parte mencionan haber detectado al menos una *Salmonella* spp. o gen STEC en el 2.6 % de sus muestras. Destacando una importante serie de autores que establecieron relación entre algunos contaminantes microbiológicos y eventos meteorológicos como Gu et al. (2013) y Haley et al. (2009), que establecieron una correlación positiva de *Salmonella* y los niveles de precipitación pluvial, así como también Won, Kline y Lejeune (2013), quienes determinaron que su conteo de *E.coli* fue más alto después de fuertes lluvias a comparación de las lluvias calmadas.

Todos estos autores mencionados concuerdan con la falta del monitoreo del recurso hídrico que está destinado para producción agrícola, y de una rigurosa necesidad de producir alimentos inocuos que contribuyan a la salud del consumidor de una buena manera y no enfermando a la población.

Ley de modernización de la inocuidad de alimentos

Desde la década de 1990, se han propuesto nuevos enfoques para el control de dispersión de patógenos en la producción de frutas y hortalizas, basados en la mitigación del riesgo exponencial de estos productos. Por lo cual, en 1998, la Agencia de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) publicó el documento *Guide to minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables*, que contiene lineamientos para la producción de frutas y hortalizas que minimizan el riesgo al contagio de patógenos (FDA, 1998):

Este es un apartado que pertenece a la Ley de Modernización de la Inocuidad de Alimentos (FSMA), que actúa de manera preventiva para evitar enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), abordando principalmente sobre el lineamiento de Inocuidad de los productos agrícolas frescos, estableciendo estándares para minimizar la contaminación de estos productos. Se enfoca en condiciones y prácticas que podrían potencializar la contaminación microbiológica y establecer ciertos puntos estándares que cumplir, como lo son (FDA, 2018):

- Agua de uso agrícola
- Mejorador de suelo agrícola de origen animal
- Salud e higiene de los trabajadores
- Equipos, herramientas, edificios y saneamiento
- Animales domesticados y silvestres
- Actividades de cultivo, cosecha, empaque y almacenamiento
- Requisitos para germinado

Tomando para esta investigación el punto de Agua de uso agrícola, el cual establece que debe hacerse un análisis de la calidad microbiológica del agua y el cumplimiento de los estándares fijados en la ley para poder exportar su producto, además define que el agua debe ser de una buena calidad sanitaria y la realización de un buen análisis de criterios microbianos específicos, dependiendo del tipo de producto que se vaya a exportar.

Para conceder la exportación, el agricultor tiene que cumplir con distintas normativas como lo son:

- La frecuencia de un análisis del agua dependiendo del tipo de fuente, puede presentar este con menor frecuencia para aguas subterráneas sin tratar, pero para aguas superficiales sin tratar es de rigor su actualización.

- Antes de su cultivo tiene que tener una inspección inicial para elaborar su perfil microbiológico de la calidad del agua a usar (MWQP).
- Inspección anual para la actualización del MWQP para complementar con los datos iniciales.
- Caracterizar nuevamente el MWQP bajo ciertas condiciones (FDA, 2018).

Esto permitirá entender la dinámica del agua de riego al paso de un año para que de esta manera, el agricultor pueda determinar ciertos criterios para su tratamiento y destino. Y por último, el rigor de los criterios microbianos dependerá del uso del agua:

- Para actividades como el lavado posterior a la cosecha y la irrigación de germinados – Niveles no detectables de E.coli genérica.
- Para las actividades de cultivo, como la irrigación de semillas no germinadas – Media geométrica de 126 UFC/100 ml de E. coli genérica y un valor umbral estadístico (STV) de 410 UFC/100 ml o menos de E. coli genérica
- Permite la reducción del microorganismo en el suelo de hasta cuatro días consecutivos, entre la última irrigación y la cosecha

Que a su vez, permite la disminución o eliminación microbiana posterior a la cosecha, también a través de prácticas comerciales o de almacenamiento (FDA, 2018).

Por otra parte, a nivel nacional no existe una normatividad establecida que evalúe lineamientos acerca de los límites permisibles de plaguicidas en agua de uso agrícola, mas sin embargo, la NMX-001-SEMARNAT, establece límites permisibles de metales pesados, considerando que su presencia es igual de significativa ya que estos contaminantes son acumulables en el ambiente y llegan a presentar daños a largo plazo.

Contaminación por la presencia de plaguicidas

El término plaguicida abarca una amplia gama de compuestos incluyendo insecticidas, fungicidas, herbicidas, rodenticidas, molusquicidas, nematocidas, reguladores de crecimiento de plantas y otros (Akatar y Segupta, 2009). Los plaguicidas son sustancias químicas destinadas a prevenir, destruir o controlar las plagas.

En nula agricultura, su uso se relaciona fundamentalmente con el control de las plagas que afectan la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos y productos agrícolas (García, Ramírez y Lascaña, 2002).

Los plaguicidas pueden ser clasificados en base a criterios de toxicidad, la plaga a cuál van dirigidos, el modo de formulación, basados en su estructura química y la vida media (Kim, Kabir y Jahan, 2017; Ramirez y Lacasaña, 2001).

Clasificación de los plaguicidas según el riesgo de toxicidad

La OMS clasifica a los plaguicidas en cinco tipos según su peligrosidad o grado de toxicidad aguda, definida ésta como la capacidad del plaguicida de producir un daño agudo a la salud a través de una o múltiples exposiciones, en un período de tiempo relativamente corto (Ramirez y Lacasaña 2001): Ia (extremadamente peligrosos), Ib (altamente peligrosos), II (moderadamente peligrosos), III (ligeramente peligrosos), y U (improbable que se presente peligro agudo) (WHO, 2009).

Clasificación de los plaguicidas según su objetivo

Existen diferentes clases de pesticidas según su uso. Los principales grupos de plaguicidas son los herbicidas, utilizados para matar malezas y otras plantas que crecen en lugares donde no son deseados. Insecticidas, empleados para matar insectos y otros artrópodos, así como también los fungicidas cuya finalidad es eliminar hongos (Tadeo, Sánchez-Brunete y González, 2008) Otros tipos de plaguicidas son los alguicidas, avicidas, bactericidas, acaricidas, moluscicidas, nematocidas, piscicidas y rodenticidas (Kim, Kabir y Jahan, 2017).

Clasificación de los plaguicidas según su modo de formulación

Según su modo de empleo los plaguicidas se pueden clasificar en: concentrados emulsionables (no requieren agitación constante antes de cada aplicación), polvos humectables (requiere agitación constante antes de cada aplicación), granulados (obtenidos por la mezcla del ingrediente activo con arcilla), cebos (obtenidos por la mezcla del ingrediente activo con alimentos) y polvos (no se pueden mezclar con agua y deben aplicarse en seco) (Kim, Kabir y Jahan, 2017).

Clasificación de los plaguicidas según su estructura química

De acuerdo a su estructura química, los plaguicidas se clasifican en diversas familias, que incluyen desde los compuestos organoclorados, organofosforados, carbamatos, hasta compuestos inorgánicos (Ramírez y Lacasaña, 2001).

Vías de dispersión de plaguicidas

La atmosfera juega un papel muy importante en el transporte y distribución de algunos componentes de plaguicidas, los cuales llegan a la atmosfera mediante numerosos procesos como la volatilización de plaguicidas en sitios contaminados o la suspensión de partículas de suelo que absorben dichos contaminantes. La volatilización de plaguicidas en el suelo depende del vapor de presión del compuesto, del suelo y de las condiciones medio-ambientales que se presenten en dicha zona contaminada. Una vez en el aire, la reincorporación del plaguicida al medio ambiente dependerá de una variedad de condiciones meteorológicas y de la composición propia del mismo. Esta acción se presenta cuando el compuesto se encuentra suspendido en forma gaseosa y se libera mediante la precipitación, depositándose en cultivos abiertos, fuentes de agua superficiales y subterráneas, suelo y ecosistema en general (Mahugija *et al.* 2015). Los plaguicidas pueden contaminar agua, aire y suelo, lo que lleva a la precipitación jugar un papel en la distribución y filtrado de plaguicidas hacia aguas subterráneas y suelo. Se han realizado diversas investigaciones para corroborar este hecho, tal es el caso del estudio realizado por Mahugija *et al.* (2015), donde demostraron que el agua de lluvia es un dispersor de los plaguicidas en el ambiente, determinando la presencia de DDT, DDE, DDD, hexachlorocyclohexane (HCH) isomers, dieldrin, heptachlor, chlordane, endrin, hexachlorobenzene y methoxychlor, en sus muestras de agua de lluvia. Indicando que su presencia en este medio se debía a la volatilización de los plaguicidas presentes en el suelo que depende directamente de la presión de vapor de los pesticidas, suelo y las condiciones medio ambientales.

En este estudio los plaguicidas con mayor concentraciones fueron DDT con una concentración total de 0.005-3200 $\mu\text{g/L}$ -1 y HCH 0.001-170 $\mu\text{g/L}$ -1. Estas concentraciones se encontraron en el suelo agrícola ya que la agricultura es el más grande consumidor de pesticidas para la prevención y control biológico de distintas plagas en el cultivo, consumiendo un 85 % de la producción mundial del producto. Por otra parte, algunos plaguicidas son usados como controladores de vectores causantes de enfermedades en salud pública. Por este uso descontrolado de agentes químicos en la agricultura, los plaguicidas llegan a estar presentes y transportados en suelo, agua y aire, posicionando a la salud humana como un factor de vulnerabilidad en el ambiente por su constante interacción humana-ambiente, por lo que estos plaguicidas podrían infiltrarse a las ambientes subterráneos (Yang *et al.* 2016; Kim, Kabir y Lacasaña, 2017).

Plaguicidas en agua subterránea

El agua subterránea es un recurso hídrico que suele estar expuestas a un bajo nivel de contaminación, sin embargo, distintos autores han determinado la presencia de plaguicidas en agua subterránea, tal es el caso de Herrero-Hernández *et al.* (2017), quienes analizaron la presencia de plaguicidas en agua subterránea de La Rioja, España, tomando como periodos de muestreo los meses de Septiembre 2010-Marzo 2011-Junio 2011-Septiembre 2011 y a su vez en las distintas etapas del cultivo de uvas presentes en la zona, determinando la presencia de 27 pesticidas en las muestras analizadas, presentándose con mayor incidencia en Marzo 2011 y Septiembre 2011, obteniendo mayores concentraciones en temporal de lluvia en comparación de secas, a su vez, Chaza *et al.* (2017), realizaron un estudio sobre la determinación de plaguicidas en el agua subterránea para actividades agrícolas en Akkar, northern Lebanon, obteniendo como resultado una alta concentración de organoclorados con 58.9 $\mu\text{g/L}$, una alta incidencia del organofosforado Methylparathion con una concentración de 44.6 $\mu\text{g/L}$, y una concentración de organonitrogenados con 5.6 $\mu\text{g/L}$.

Por otra parte, a nivel estado de Jalisco, Sandoval (2015), realizó un análisis del agua subterránea del acuífero Autlán, determinando la presencia de plaguicidas clasificados como altamente peligrosos en México como: Aldrin, Dielfrin, Endosulfon, Clordano, DDT, Hexaclorobenceno, Heptacloro, Metoxicloro y 2,4-D.

Contaminación de agua subterránea por metales

Algunos metales como el hierro, manganeso, cobalto, cobre y zinc, son considerados esenciales en bajas concentraciones para muchos procesos fisiológicos (Francisco et al. 2019). Por otra parte, los principales metales pesados detectados en aguas subterráneas son cromo (Cr), níquel (Ni), zinc (Zn), cadmio (Cd), arsénico (Ar) y plomo (Pb), los cuales suelen ser más persistentes en el ambiente que algunos contaminantes orgánicos. Los metales pesados son uno de los contaminantes con alta importancia y prioridad debido al incremento de su toxicidad en el medio ambiente. Pueden ser transportados en el suelo y filtrados a los acuíferos, determinando con su presencia daños a los posibles usos de esta agua, ya sea para consumo o agua agrícola (Lou et al. 2017).

Los principales factores del porque la presencia de metales en agua es la precipitación atmosférica, descargas industriales, drenaje urbano, minería, su infiltración por el suelo, y por la formación geológica de dicha área de estudio. Los metales pesados son insolubles en el agua, por lo que la mayoría son transformados de fase acuosa a solida para depositarse en sedimento (Zheng et al. 2010, citado por Zhong et al. 2015)

Se han realizado diversas investigaciones en torno a la presencia de metales en cuerpos de agua y su posible afectación a la salud humana, como el estudio realizado por Francisco *et al.* (2019), en Itaporã y Caarapó, municipios de Mato Grosso do Sul, Brasil, donde evaluaron la contaminación del agua subterránea por la presencia de metales, tomando muestras de agua de pozo en el mes de Junio 2015, usando como referencia a Brasil CONAMA No. 396/2008 que establece los valores máximos permitidos de sustancias químicas en agua subterránea para uso y consumo humano, obteniendo como resultado que las concentraciones de los siguientes elementos estaban por arriba de lo permitido por dicha ley: aluminio (0.7880 mg/L), hierro (1.1240 mg/L), manganeso (1.3152 mg/L) y níquel (0.0918 mg/L), mientras que cadmio, cobalto, cobre, cromo y zinc, si respetaban lo marcado por la guía. Sin embargo, la presencia de todos estos elementos en el agua subterránea demuestra la vulnerabilidad de los pozos ante su exposición a la creciente población e impactos antropogénicos a la contaminación de fuentes de agua.

Por otra parte, el estudio realizado por Edokpayi *et al.* (2018), evaluaron la calidad del agua y el riesgo humano debido a la presencia de metales pesados en agua subterránea en los alrededores de Muledane del distrito Vhembe, Provincia de Limpopo al Sur de África, determinando una alta concentración de cromo (Cr) con una variación de 0.005-0.15 mg/L en comparación a lo establecido por la guía basada en la calidad de agua para consumo humano por WHO que establece una concentración menor de 0.05, implicando que una larga exposición a concentraciones por encima de la normada es un riesgo a desarrollar cáncer gastrointestinal, a su vez, determinaron altas concentraciones de hierro de 0.15-1.86 mg/L cuyo impacto podría expresarse en la apariencia física de las personas afectadas, como la pérdida del gusto y aparición de manchas en ropa. Concluyendo que es altamente necesitado el educar a la población de zonas rurales, debido a la falta de información del manejo inocuo del agua.

Conclusión

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada, diversos autores mencionan la importancia de mantener una buena calidad de agua subterránea destinada a uso agrícola y la necesidad de un continuo monitoreo que evalué la presencia de contaminantes disueltos en esta agua, con la intención de prevenir algún daño a la salud del consumidor de productos hortofrutícolas.

De esta manera no solo se ve beneficiado los consumidores si no que el agricultor ofrecerá productos de mayor calidad cumpliendo con las distintas normatividades que se le asignen para la venta de su cultivo. Por otra parte, la constante infiltración de estos contaminantes es difícil de controlar, por lo que un monitoreo durante las distintas etapas del cultivo es necesario, para ofrecer una buena calidad e inocuidad de sus productos.

Por lo que en este artículo se presentó una revisión bibliográfica interpretada de tal manera que fuera accesible a todo tipo de lectores, esto con la intención de dar a conocer los riesgos potenciales que puede conllevar el consumir productos hortofrutícolas frescos sin un lavado y desinfección previa antes del consumo. De tal manera que esta información pudiera generar cambios individuales en el razonamiento de la importancia de la inocuidad de los alimentos y el consumir productos de calidad.

Referencias

- Akatar, W., Sengupta, D. y Chowdhury, A. 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisc Toxicol.* 2, 1–12.
- Ayers, R.S. y Westcot D.W. 1985. *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Viale delle Terme di Caracalla, Rome, Italy.
- Behraves, B., Mody, R.K., Jungk, J., Gaul, L., Red, J.T., Chen, S., Cosgrove, S., Hedican, E., Sweat, D., Chavez-Hauser, L., Snow, S.L., Hanson, H., Nguyen, T.A., Sodha, S.V., Boore, A.L., Russo, E., Mikoleit, M., Theobald, L., Gerner- Smidt, P., Hoekstra, R.M., Angulo, F.J., Swerdlow, D.L., Tauxe, R.V., Griffin, P.M., Williams, J.T. 2011. 2008 Outbreak of *Salmonella* Saintpaul infections associated with raw produce. *N Engl J Med.* 364:918-927.
- Carneiro, F., Chaves, P. y Ensari, A. 2017. Pathology of the Gastrointestinal Tract. *Encyclopedia of Pathology*. Springer International Publishing. 621-655.
- Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) 2019. *Salmonella and Food*. Consultado en Octubre 2019. <https://www.cdc.gov/features/salmonella-food/index.html>
- Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) 2014. *E. coli (Escherichia coli)*. Consultado en Octubre 2019. <https://www.cdc.gov/ecoli/general/index.html>
- Chaza, Ch., Sopheak, N., Mariam, H., David, D., Baghdad, Ou., Moome, B. 2017. Assessment of pesticide contamination in Akkar groundwater, northern Lebanon. *Environmental Science and Pollution Research*, ;25 (15):14302-14312.
- Committee on Environmental Health y Committee on Infectious Diseases. 2009. Consumo de agua de pozos particulares y riesgos para los niños. *Pediatrics (Ed esp)*. 2009;67(6):363-369.
- Edokpayi, J.N., Enitan, A.M., Mutileni, N., Odiyo, J.O. 2018. Evaluation of water quality and human risk assessment due to heavy metals in groundwater around Muledane area of Vhembe Distric, Limpopo Province, South Africa. *Chemistry Central Journal*, 12 (2), 1-16.
- Food and Drug Administration (FDA) 1998. Guidance for industry: Guide to minimize microbial food safety hazards for fresh fruits and vegetables. *Fed. Regist.* Oct. 20204, 49.
- Food and Drug Administration (FDA), 2018. Food Safety Modernization Act (FSMA) - FSMA Final Rule on Produce Safety <https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/FSMA/ucm334114.html>
- Francisco, L.F.V., do Amaral, C.B., Spósito, J.C.V., Solórzano, J.C.J., Maran, N.H., Kummrow, F., do Nascimento, V.A., Montagner, C.C., De Oliveira, K.M.P., Barufatti, A. 2019. Metals and emerging contaminants in groundwater and human health risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*. 26(24):24581-24594.
- Frumkin, H. 2005. *Environmental health, from global to local*. JOSSEY-BASS, A Wiley Imprint. San Francisco. USA.
- García, A. M., Ramírez, A. y Lascaña, M. 2002. Pesticide application practices in agricultural workers. *Gaceta Sanitaria*. 16, 236-240.
- Gelting, R.J. y Baloch, M. 2013. A system analysis of irrigation water quality in environmental assesments related to foodborne outbreaks. *Aquatic Procedia*, 1,130-137.

- Gu, G., Luo, Z., Cavellos-Cavellos, J.M., Adams, P., Vellidis, G., Wright, A.C., Van Bruggen, A. I. 2013. Factors affecting the occurrence of *Escherichia coli* O157 contamination in irrigation ponds on produce farms in the Suwannee River Watershed. *Canadian Journal of Microbiology*. 59 (3), 175-182.
- Haley, B.J., Cole, D.J., Lipp, E.K. 2009. Distribution, diversity, and seasonality of waterborne *Salmonellae* in a rural watershed. *Applied and Environmental Microbiology*. 2009; 75: 1248±1255.
- Hernández-Domínguez, C., Hernández-Anguiano, A.M., Cháidez-Quiroz, C., Rendón-Sánchez, G., Suslow, T. 2008. Detección de *Salmonella* y coliformes fecales en agua de uso agrícola para la producción de Melón “Cantaloupe”. *Agricultura Técnica en México*, 34 (1), 75-84.
- Kim, K.H., Kabir, E., Jahan, S.A. 2017. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of the Total Environment*; 575, 525-535.
- Lou, S., Liu, S., Dai, C., Tao, A., Tan, B., Ma, G., Chalov, R.S., Chalov, S.R. 2017. Heavy Metal Distribution and Groundwater Quality Assessment for a Coastal Area on a Chinese Island. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26 (2), 733-745.
- Lu, Y., Song, S., Wang, R., Liu, Z., Meng, J., Sweetman, A.J., Jenkins, A., Ferrier, R.C., Li, H., Luo, W., Wang, T. *Environment International*, 77,5–15.
- Neira-Munoz, E., Okoro, C., McCarthy, N.D. 2007. Outbreak of waterborne cryptosporidiosis associated with low oocyst concentrations. *Epidemiology and Infection*, 135: 1159–64.
- Ndiaye, M.L., Niang, S., Pfeifer, H.R., Peduzzi, M., Tonolla, M., Dieng, M. 2011. *Irrigation and Drainage*. 60, 509–517.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2017. Diario Oficial de la Federación. 5 Enero 2018. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510140&fecha=05/01/2018
- Mahugija, J.A.M., Henkelmann, B., Schramm, K.W. 2015. Levels and patterns of organochlorine pesticides and their degradation products in rainwater in Kibaha Coast Region, Tanzania. *Chemosphere*, 118, 12–19
- Organización Mundial de la Salud. 2007. Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares. (Internet). Disponible en: https://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease_es.pdf
- Palacios-Vélez, Oscar Luis, & Escobar-Villagrán, Bernardo Samuel. (2016). La sustentabilidad de la agricultura de riego ante la sobreexplotación de acuíferos. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(2), 5-16. Recuperado en 12 de octubre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000200005&lng=es&tlng=es.
- Ramírez, J.A. y Lacasaña, M. 2001. Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch Prev Riesgos Labor*. 4, 67-75.
- Rojas, C.I.R. 2011. Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Tiempo de Educar*. 12 (24), 277-297.
- Sandoval, M.M.T. 2015. Contaminación por plaguicidas en acuíferos del valle de Autlán, Jalisco. *Revista iberoamericana para la investigación y el desarrollo educativo*. 5 (10).
- Sánchez, S.R.F.J. 2017. *Hidrología Superficial y Subterránea*. Create space Independent Pub. Universidad de Salamanca, Departamento de Geología, España.
- Seoanez, M. 1999. Aguas residuales urbanas. Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento. Colección Ingeniería Medioambiental. Mundimedia. Madrid, España.

- Sigua, C.G., Pascale, P.J.C., Deon, K.J., Mulinari, M.G., Mattei, M., Kleinm J.B., Muller, S. y Plieske, G. 2010. Microbiological Quality Assessment of Watershed Associated with Animal-Based Agriculture in Santa Catarina, Brazil. *Water Air Soil*. 210 (1):307-316.
- Solarte, Y., M. Peña y C. Madera. 2006. Transmisión de protozoarios patógenos a través del agua para consumo humano. *Col. Med.* 37: 74-82.
- Tadeo, J.L., Sánchez-Brunete, C. y González, L. 2008. Analysis of pesticides in food and environmental samples: pesticides: classification and properties. 1ª ed. Boca Raton FL: CRC Press, 4 p.
- Topalcengiz, Z., Strawn, L.K., Danyluk, D. 2017. Microbial quality of agricultural water in Central Florida. *PLoS ONE* 12(4), 1-18.
- US-EPA (United States Environmental Protection Agency). 2005. United States Environmental Protection Agency Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in water by filtration/IMS/IFA.
- Won, G., Kline, T.R., y Lejeune, T.J. 2013. Spatial-temporal variations of microbial water quality in surface reservoirs and canals used for irrigation. *Agric Water Manag.* 116, 73-78.
- World Health Organization, Regional Office for Europe. 1990. Environment and health: The European charter and commentary: WHO Regional Publications European Series no.35. Copenhagen.
- World Health Organization. 2009. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification.
- World Health Organization. 2004. "Protection of the Human Environment". (Accesado 01 Noviembre 2019). <http://www.who.int/phe/en>
- Yang, X., Van Der Zee, S. E.A.T.M., Gai. L., Wesseling, J.G., Ritsema, C.J., Geissen, V. 2016. Integration of transport concepts for risk assessment of pesticide erosion. *Science of the Total Environment* 551–552, 563–570.
- Zhong, S., Geng, H., Zhang, F., Liu, Z., Wang, T., Song, B. 2015. Risk Assessment and Prediction of Heavy Metal Pollution in Groundwater and River Sediment: A case Study of a Typical Agricultural Irrigation Area in Northeast China. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2015, 1-11

Calidad del Agua de la Presa el Tule, en Arandas, Jalisco, México

Water Quality of El Tule Dam, in Arandas, Jalisco, Mexico

DE LA MORA-OROZCO, Celia †*

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C. Experimental Centro-Altos de Jalisco, Av. Biodiversidad 2470, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, CP. 47600

ID 1^{er} Autor: *Celia, De La Mora-Orozco* / **ORC ID:** 0000-0002-3675-6569, **CVU CONACYT ID:** 222798, **CVU CONACYT ID:** 38745

C. De La Mora

delamora.celia@inifap.gob.mx

N. Zapata (Dir.). Biotecnología y Ciencias Agrícolas TI. Collection-©ECORFAN-Mexico, CDMX, 2019

Abstract

The surface water quality is directly related to the human activities that take place in the watershed. The water quality is determined through the physical and chemical parameters, which are important for the decisions makers to determine the use and limitations of the water resources. The objective of this research was to evaluate the water quality of the El Tule dam for irrigation use through the determination of the sodium adsorption ratio (SAR). The study was carried out at the Tule dam, which is located in Arandas, Jalisco. The sampling sites were selected by using the satellite image of the El Tule dam, the image was divided into quadrants of 1 km² using Google earth™ software. The quadrants were listed and the sites for sampling were randomly selected using the Minitab statistical software. A bout and GPS (Etrex Garming® Brand was used inside the dam to located the sampling sites. Ten samples were collected throughout the reservoir; the sampling was carried out in agreement to technical guidelines established in the Official Mexican Standard NOM-AA-14-1980 for water sampling. The samples were analyzed in the soil fertility laboratory of the INIFAP, in the experimental research center located in Santiago Ixcuintla, Nayarit. The results indicated that the water quality conditions of the Tule dam, meet the international requirements for use as irrigation water. The results found are also within the requirements established by the Ecological Criteria for Water Quality (CE-CCA-001/89) for use as irrigation water. Annual monitoring of water quality is recommended to determine its seasonal variability.

Irrigation, agriculture, salinity

Introducción

La evaluación de la calidad de los cuerpos de agua es una herramienta importante para el desarrollo de las estrategias de manejo en una cuenca. Se ha mencionado que el recurso agua se encuentra en riesgo ya que, experimenta un proceso de degradación y escases en el planeta (Sánchez et al., 2007). Por otro lado, las actividades antrópicas que se llevan a cabo en una cuenca tienen un impacto importante en la calidad del agua superficial y subterránea. Sin embargo, la degradación de este recurso también puede ser influenciado por factores naturales, como el desgaste de las rocas y los escurrimientos superficiales en la temporada de lluvia.

En conjunto, esta serie de factores pueden afectar la calidad del agua para el uso en agricultura, industria, pesca, recreación y uso doméstico entre otros (Simeonov et al., 2003). En este sentido, la calidad del agua en lagos y presas, está influenciada directamente por los contaminantes generados por las diversas actividades, los iones disueltos que son acarreados por escurrimientos superficiales, así como por los procesos hidrológicos y biológicos que se llevan a cabo en el cuerpo de agua (Brainwood et al., 2004; Gruszowski et al., 2003).

Por lo tanto, la calidad del agua en una presa es el resultado de la interacción de una serie de factores como la evaporación, la precipitación y las actividades humanas. Por ejemplo, De La Mora et al. (2005) mencionan que en la temporada de lluvia una significativa cantidad de contaminantes puede entrar a las presas, como es el caso de compuestos químicos utilizados en la agricultura. Sin embargo, también mencionan que la dilución ocasionada por la precipitación puede atenuar el impacto negativo en los cuerpos de agua. Por otro lado, diversos autores han mencionado como el uso del suelo afecta la calidad del agua superficial y subterránea, los cambios en el uso del suelo pueden impactar los parámetros de calidad del agua (Zalidis et al., 2002; Tong et al., 2002).

Los cuerpos de agua superficiales, como lagos y presas son especialmente susceptibles a la contaminación por nutrientes, microorganismos y elementos tóxicos por medio de los escurrimientos superficiales en la estación lluviosa, o fuentes no puntuales de contaminación, así como las fuentes puntuales como ríos y afluentes permanentes. Existe una serie de parámetros físicos-químicos y biológicos para evaluar la calidad del agua y su clasificación para los diversos usos. Lo más importante es determinar si los parámetros evaluados se encuentren dentro de los límites máximos permisibles en las normas oficiales establecidos en los diversos países (Beamonte et al., 2010). Sin embargo, también es común el uso de índices, los cuales conjuntan una serie de parámetros que proporcionan un número indicando de manera general la calidad del agua para los diversos usos. Es el caso del índice de sodicidad o proporción de sodio absorbido (RAS) (Pesce et al., 2000; Jonnalagadda et al., 2001).

Según distintos autores (García, 2015; Ruíz, 2018) una de las características más significativas para determinar la calidad del agua para su uso en la agricultura es el contenido y tipo de sales. El aumento del contenido de sales en el agua es uno de los problemas más frecuentes, las sales incrementan la tensión osmótica exigiendo a la planta un mayor esfuerzo para su abastecimiento de agua por las raíces, lo cual disminuye la disponibilidad para las plantas. Cuando se presentan contenidos altos de sodio y bajos contenidos de calcio, esto ocasiona que las partículas del suelo tiendan a disgregarse, disminuyendo de esta manera la infiltración de agua, limitando su disponibilidad.

El tipo, así como la concentración de sales solubles, concentración de sodio, magnesio y calcio, alcalinidad, entre otros, pueden ocasionar desbalances nutricionales y en consecuencia la reducción de cantidad y calidad de cosecha, también la economía de los agricultores se puede ver impactada por el costo de los sistemas de riego (García, 2012). Como ejemplo, Los niveles altos de alcalinidad pueden ocasionar que el pH del sustrato aumente por arriba de los niveles aceptables para el crecimiento saludable de las plantas, en el pH también se encuentran consecuencias como la solubilidad de los agroinsumos (Goldense, 2016).

Contenidos altos de sodio y bajos de calcio ocasionan que las partículas del suelo tiendan a disgregarse, lo que disminuye la infiltración de agua y limita su disponibilidad. La toxicidad que provocan altos contenidos de sodio, cloro y boro, al acumularse en los cultivos, reduce el rendimiento de la cosecha (García, 2015), por ello es de suma importancia caracterizar el recurso hídrico que se ha destinado a este fin, ya que, para obtener mejores resultados en las cosechas, la calidad del agua es relevante.

Por otro lado, el tipo y la concentración de sales solubles, sodio, magnesio y calcio, alcalinidad, entre otros, pueden ocasionar desbalances nutricionales, en consecuencia, reducción en la cantidad y calidad de la cosecha. Estas sales, también afectan los sistemas de riego, lo cual aumenta los costos para los agricultores (García, 2012). Así, los niveles altos de pH en el sustrato pueden sobrepasar los límites aceptables para el óptimo crecimiento de las plantas. En su caso, pueden afectar negativamente la solubilidad de los agroinsumos (Goldense, 2016).

El método más utilizado para medir la sodicidad en el agua y el suelo es a través del cálculo de la proporción de sodio adsorbido (RAS). El RAS define la sodicidad en términos de la concentración relativa de sodio (Na) en comparación con la suma de los iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg). El RAS evalúa los problemas de potencial de infiltración debido al desbalance de sodio en el agua. Para el cálculo del RAS la concentración de los iones Na, Ca y Mg se estiman en miliequivalentes por litro (meq/L). De acuerdo a los criterios internacionales establecidos para agua de irrigación (Ayers y Westcot, 1994), se utiliza una escala para determinar el riesgo por sodio en el agua.

En Arandas Jalisco, la presa del Tule es un cuerpo de agua con 30 años de funcionamiento aproximadamente, en los últimos años se han instalado en los alrededores una serie de invernaderos que son abastecidos con agua de la presa. Además, en el área existe una serie de establos de ganado bovino, así como granjas porcícolas que genera una importante cantidad de residuos, los cuales son desechados de manera continua al ambiente sin previo tratamiento.

Estos residuos toman el cauce hasta llegar de manera continua a la presa El Tule, estos se incrementan en la temporada de lluvia ya que son acarreados por los escurrimientos superficiales típicos del temporal. El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad del agua de la presa del Tule, para determinar su uso en riego agrícola, a través de diversos parámetros físicos y químicos y la determinación de la Proporción de Sodio Absorbido

(RAS). Por lo anterior, el conocimiento sobre los parámetros de calidad para agua de riego en la presa del Tule, permitirá determinar las condiciones en las que se encuentra el cuerpo de agua, para así determinar si cumple con los requerimientos de calidad para su uso en irrigación y planificar el manejo adecuados para el aprovechamiento de este recurso.

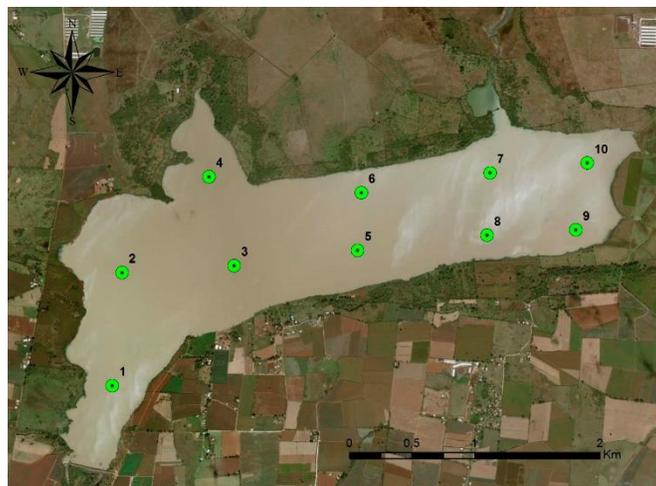
En esta investigación se plantea como hipótesis principal que el agua de la presa El Tule localizada en Arandas, Jalisco, cumple con los requerimientos de calidad para su uso como agua de riego. Así como realizar una comparación de los resultados obtenidos con los requerimientos para diferentes usos del agua que establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89.

Metodología

Área de estudio y sitios de muestreo

El estudio se llevó a cabo en la presa el Tule, que se localiza en el Municipio de Arandas, Jalisco con coordenadas; longitud -102.441, latitud 20.7169. La presa se localiza a una altura de 2005 msnm. El volumen promedio de la presa es de 27,288 mm³. Para la selección de sitios dentro de la presa, se desarrolló un muestreo aleatorio, utilizando la imagen satelital de la presa el Tule, la imagen se dividió en cuadrantes de 1 km² utilizando el software Google earthTM. Los cuadrantes fueron enumerados y por medio del paquete estadístico Minitab se seleccionaron aleatoriamente los sitios para el muestreo. Para la recolección de muestras se utilizó una lancha dentro de la presa utilizando un GPS (Etrex Marca Garmin®). Los sitios de muestreo seleccionados se muestran en la Figura 2.1.

Figura 1 Sitios de muestreo georeferenciados



Recolección de muestras

La recolección de muestras de agua se realizó en agosto de 2018 conforme a los lineamientos técnicos establecidos en la Norma Oficial mexicana NOM-AA-14-1980 “Cuerpos receptores, muestreo” publicado en el Diario Oficial de la federación el viernes 27 de agosto de 1980, se utilizó material de muestreo con las condiciones específicas de material y volumen requerido para cada parámetro a evaluar, así como las especificaciones de preservación y traslado al laboratorio. Las muestras se analizaron en el laboratorio de Fertilidad de Suelos en el Campo Experimental Santiago Ixcuintla, en Nayarit, los parámetros que se analizaron se muestran en la Tabla 1.1.

Tabla 1 Parámetros para determinar la calidad del agua de riego

Parámetros	Simbología	Unidades	Rango (agua de riego)
Conductividad eléctrica	EC _w	dS/m	0 – 3
Sólidos disueltos totales	TDS	mg/L	0 – 2000
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ⁺⁺	meq/L	0 – 20
Magnesio	Mg ⁺⁺	meq/L	0 – 5
Sodio	Na ⁺	meq/L	0 – 40
Carbonato	CO ₃ ⁻	meq/L	0 – .1
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	meq/L	0 – 10
Cloruros	Cl ⁻	meq/L	0 – 30
Sulfatos	SO ₄ ⁻	meq/L	0 – 20
Nutrientes			
Potasio	K ⁺	mg/L	0 – 2
Otros parámetros importantes			
Boro	B	mg/L	0 – 2
pH	pH	1–14	6.0 – 8.5
Absorción de sodio	RAS	(meq/L)	0 – 15

Determinación de Adsorción de Sodio (RAS)

El SAR define la sodicidad en términos de la concentración relativa de sodio (Na) en comparación con la suma de los iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg). El SAR evalúa los problemas de potencial de infiltración debido al desbalance de sodio en el agua. Para el cálculo del SAR la concentración de los iones Na, Ca y Mg se estiman en milli-equivalentes por litro (meq/L). De acuerdo a los criterios internacionales establecidos para agua de irrigación (Ayers y Westcot, 1994) se utiliza una escala para determinar el riesgo por sodio en el agua (Tabla 2.1).

Tabla 2 Escala de riesgo por sodio en agua de irrigación

Riesgo Sodicidad	
Valor SAR	Riesgo
0 - 10	Bajo
11 - 17	Medio
18 - 26	Alto
más de 26	Muy alto

Fuente: Ayers y Westcot, 1994

Para el análisis de resultados se utilizó el cálculo de la proporción de sodio adsorbido (RAS). Representado con la siguiente ecuación:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (1)$$

Donde el sodio, calcio y magnesio se requiere en meq/L

Comparación con los criterios ecológicos de la calidad de agua.

La comparación se llevó a cabo de acuerdo a lo que establecen los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89 que especifica el “Grado de calidad del agua, requerido para llevar a cabo prácticas de riego sin restricción de tipos de cultivo, tipos de suelo y métodos de riego”.

Estadística descriptiva de resultados

Los resultados se analizaron a través de estadística descriptiva utilizando Microsoft Excel.

Resultados y discusión

Parámetros físico-químicos

Temperatura: Los datos de temperatura se obtuvieron in situ, los resultados mostraron variabilidad en los sitios de muestreo, los valores obtenidos fluctuaron entre 22 a 28 °C. Con un promedio de 25.6 °C, el valor mínimo fue de 22.9 °C correspondiente al sitio de muestreo 1 mientras que el máximo presentó un valor de 28.6 °C. Sin embargo, es importante mencionar que se observó cierto incremento en la temperatura del agua conforme la hora de muestreo de manera que el sitio 1 fue el primero donde se realizó la recolección de datos, y por lo tanto la temperatura del agua fue menor. Los resultados se muestran en la Tabla 3.1.

En este sentido, se puede mencionar que la temperatura impacta las características biológicas y químicas de las aguas superficiales. Alta temperatura en el agua disminuye la capacidad de mantener el oxígeno disuelto en niveles óptimos (Caron et al., 1986). Esto puede ocasionar la muerte de peces y otras especies acuáticas. Provoca además aumento en general la concentración de sales y la velocidad de reacciones metabólicas, acelerando la putrefacción (Bonilla et al., 2015). Villar y Carrasco (2002), mencionan que no solo se debe considerar la variable de la temperatura del agua, se debe considerar además la temperatura del suelo, ya que el agua de riego finalmente se mezclara con el suelo cambiando la temperatura.

Al igual que Bonilla et al. (2015) y sus colaboradores mencionan que el agua de riego entre valores de 20 a 29 °C no representa problema para los cultivos. Los resultados obtenidos en la presente investigación no representan un riesgo para la vida acuática y su uso en riego agrícola.

Tabla 3 Estadística de los parámetros evaluados

Parámetro	Promedio	Desviación estandar	min	max
Temperatura (°C)	25.6	25.75	22.9	28.6
pH	7.5	7.5	7.33	7.67
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.1658	0.166	0.162	0.169
Bicarbonatos (mg/L)	30.94	31.73	17.69	45.76
Cloruros (mg/L)	39.47	39.19	32.27	46.1
Sulfatos (mg/L)	0.97	1.69	0.48	2.9
Potasio (mg/L)	14.7	14.86	13.69	16.03
Boro (mg/L)	0.39	0.34	0.21	0.47
Magnesio (meq/L)	0.34	0.355	0.33	0.38
Calcio (meq/L)	0.49	0.485	0.46	0.51
Sodio (meq/L)	0.44	0.435	0.41	0.46

Los resultados de Magnesio, Calcio y Sodio se presentan en meq/L ya que es lo requerido para el cálculo del RAS

Potencial de hidrógeno: Los resultados de la medición de pH se muestran en la Tabla 3.1. Los resultados mostraron un promedio de 7.502, el valor más bajo fue de 7.33 unidades y correspondió al sitio de muestreo 8, mientras que el valor más alto se observó en el sitio 2, que correspondió a un valor de 7.67 unidades. La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. Los resultados de pH muestran una diferencia de valores relativamente baja, oscilando entre un pH de 7 considerado como neutro. Esto representa que el número de protones iguala al número de iones hidroxilo según Zawaideh y Zhang (1998). Los requerimientos de pH de diferentes organismos fluctúan en un rango de 6.5 a 8.0 (Yan et al., 2007).

Además, Barbaro et al. (2014) mencionan que a diferencia del rango óptimo considerado para los organismos acuáticos el rango óptimo para la mayoría de los cultivos se encuentre 5.5 a 6.8. Valores de pH por encima del rango, la solubilidad del hierro, fósforo, manganeso, zinc y cobre puede disminuir, por debajo del rango óptimo requerido por los cultivos. Esta condición también puede provocar la deficiencia de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio. Por otro lado, los óxidos metálicos de hierro, magnesio, cobre y zinc son más solubles cuando los valores de pH disminuyen y resultar fitotóxicos. En este estudio los valores de pH encontrados de acuerdo a los CE-CCA-001/89, no representan un riesgo como agua de riego, ya que se encuentran dentro de los LMP, ya que considera un rango entre 4.5 a 9.0 unidades.

Conductividad Eléctrica: Los resultados de la CE se muestran en la Tabla 3.1, estos mostraron un valor promedio de CE de 0.1658, siendo la más baja de 0.162 dS/m, y se presentó en los sitios de muestreo 1 y 7, mientras que la más alta correspondió a un valor de 0.169 dS/m, y correspondió a los sitios de muestreo 3 y 5. La CE presentó variabilidad en los valores, sin embargo, el rango fue mínimo (0.007 dS/m).

García, (2012) mencionó que debido que las plantas requieren agua relativamente pura, el acceso de sales en ella disminuye su disponibilidad, si existe un exceso de agua en el suelo, si los valores de CE son muy elevados la planta no absorberá más que el agua libre de sales. También se ha mencionado que la salinidad es una concentración de sales solubles que sobrepasa la cantidad necesaria que favorece el crecimiento óptimo de los diversos cultivos, por consecuencia puede impactar significativamente la absorción de agua que las raíces tienen acceso (Martínez et al., 2011).

En CE-CCA-001/89 menciona que las desviaciones considerables del valor medio (1.0 dS/m) de éstas variables pueden hacer inseguro el uso de esta agua. En este caso los valores de la conductividad eléctrica se encuentran en un rango de valores de 0.16 dS/m, por lo tanto, se considera que su uso en riego es adecuado ya que los valores no rebasan el 1.0 para su restricción.

Bicarbonatos: Los resultados de la concentración de bicarbonato obtenidos se muestran en la Tabla 3.1. Los resultados mostraron un valor promedio de 30.94 mg/L, el valor más bajo se observó en el sitio 1 con un valor de 17.69 mg/L, mientras que el más alto se presentó en los sitios 9 con un valor de 45.76 mg/L. Es importante mencionar que la diferencia entre los valores fue de 28.07 mg/L.

Cortés (2008) afirma que el uso de agua en irrigación con altas concentraciones de bicarbonatos, ocasiona el incremento del pH y tiene un efecto en la saturación de sodio en el suelo, ocasionando la disminución en la permeabilidad del agua en el suelo. Bonilla, et al. (2015) también menciona que el aumento del pH es provocado por valores altos de bicarbonatos. Por otro lado, Castellón et al. (2015), mencionan que altas concentraciones de bicarbonatos en el agua de riego, no limita la disponibilidad de nutrientes para las plantas y no tiene un impacto negativo en los suelos a corto y mediano plazo. Sin embargo, también mencionan que, si la concentración de bicarbonatos es mayor que el doble de la concentración de calcio y magnesio se presentará sodicidad en el suelo, esto debido al desequilibrio entre bicarbonatos y cationes divalentes fundamentalmente Ca y Mg.

El promedio obtenido en la presa El Tule de bicarbonatos fue de 0.51 meq/L, valor que está dentro del rango sugerido por Ayers y Westcot (1994) de 0 – 10 meq/L de bicarbonatos, por lo que los valores están dentro de los Límites Máximos permisibles que marcan los criterios internacionales para agua de riego (Ayers y Westcot, 1994).

Cloruros: Los resultados de la concentración de cloruros mostraron un promedio de 39.47 mg/L. El valor más bajo perteneció al sitio de muestreo 9, con un valor de 32.27 mg/L, mientras que el valor más alto se observó en el sitio 4 con 46.10 mg/L, como se puede apreciar en la Tabla 3.1, los resultados mostraron un rango amplio con una diferencia de 13.83 mg/L.

En niveles de toxicidad es una de las más frecuentes, un alto contenido de cloruros puede dañar estructuras metálicas y evitar el crecimiento de plantas (De La Mora et al., 2013). También encontramos que las altas concentraciones de cloruro en aguas, cuando éstas son utilizadas para el riego en campos agrícolas deteriora, en forma importante la calidad del suelo (NMX-AA-073-SCFI-2001).

El ion permanece libre en la solución del suelo, las plantas lo absorben y se mueve con la corriente transpiratoria hasta las hojas en donde se acumula, si se excede la tolerancia de las plantas una vez en ella se presentan síntomas de toxicidad como quemazón o secamiento de los tejidos foliares (García, 2012). En acuerdo con lo anterior De La Mora et al, (2013) reitera que normalmente el daño se refleja primero en la punta de las hojas siendo progresivo extendiéndose a la base de la hoja aumentando severamente así mismo afirma que la sensibilidad hacia el cloruro varía entre las diferentes especies de cultivos. Bonilla (2015) También hace mención de la importancia de la medición del contenido de cloruro cuando el propósito es evaluar la aptitud de agua para el riego de cultivos, ya que en un valor elevado interfiere en el desarrollo y crecimiento vegetal.

En los CE-CCA-001/89 establecen como límites máximos permisibles de cloruros en agua de riego 147.5 mg/L. De acuerdo a los resultados, los valores encontrados no representan riesgo para las actividades mencionadas en los criterios ecológicos, con un promedio de 39.47 mg/L, en el agua de la presa El Tule.

Sulfatos: Los resultados de la concentración de sulfatos obtenidos se muestran en la Tabla 3.1. Los resultados mostraron un valor promedio de 0.97 mg/L. En los sitios 4, 6, 7, 9 y 10 se observó el valor más bajo con un valor de 0.48 mg/L, mientras que el más alto se presentó en el sitio 3, con un valor de 2.90 mg/L. Es importante mencionar que el rango entre los valores fue de 2.42 mg/L.

En este sentido, es importante mencionar que cuando se riega con aguas ricas en sulfatos se presentan limitaciones en el desarrollo radicular y en la producción, esta se agrava con el empleo de abonos a base de sulfato. Sin embargo, el azufre es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, pero no es comúnmente incorporado en los abonos, si en el agua de riego su concentración es inferior a 50 mg/L se recomienda suplementar con sulfato para obtener un correcto crecimiento vegetal según Martínez, (2010). En el agua de la presa El Tule se encontró el sulfato con un promedio de 0.97 mg/L por lo que la presencia de sulfatos está por debajo de los límites máximos permisibles de lo CE-CCA-001/89, donde especifican para riego agrícola 130 mg/L.

Magnesio: Los resultados de la concentración de magnesio obtenidos se muestran en la Tabla 3.1. El promedio de la concentración fue de 0.34 meq/L, el valor más bajo se observó en los sitios 6,7,8,9 y 10 con un valor de 0.33 meq/L, mientras que el valor más alto se observó en el sitio 3 y correspondió a un valor de 0.38 meq/L. La diferencia en la concentración del magnesio fue mínima de solo 0.05 meq/L.

El magnesio al igual que el calcio está sujeto a fenómenos de intercambio catiónico, generalmente los suelos tienen más calcio que magnesio ya que el magnesio no se absorbe con la misma fuerza que el calcio por los coloides del suelo, y se puede perder fácilmente por lixiviación (Marín, 2011). El magnesio es el principal elemento que forma la clorofila y la consecuente formación de azúcares, la deficiencia de magnesio en las plantas se puede observar físicamente en la coloración de las hojas, uno de los síntomas es la coloración rojiza y manchas amarillas, en casos muy severos la defoliación total de la planta (Marín, 2011). El magnesio al igual que el calcio no se mencionan en los criterios ecológicos de la calidad de agua CE-CCA-001/89, por lo que su comparación se realiza con lo sugerido por Ayers y Westcot (1994), para lo que obtenemos que el promedio obtenido está dentro del rango (0 – 5 meq/L), con un 0.34 meq/L.

Calcio: Los resultados de la concentración de calcio se muestran en la Tabla 3.1. Los resultados mostraron un promedio de 0.49 la concentración más baja de observó en el sitio 1 con un valor de 0.46 ppm, mientras que la más elevada se observó en los sitios 3 y 10, y correspondió a un valor de 0.51 meq/L, la diferencia entre la concentración más baja y la más alta fue de solo 0.05 meq/L.

El calcio es importante para el crecimiento y nutrición de la planta, sin embargo, se le considera un nutriente secundario en los cultivos. Una característica importante del calcio es que puede reducir la salinidad y mejora la penetración del agua en el suelo, además, ayuda a mantener un balance químico en la tierra (Martínez, 2010). Sin embargo, García (2012) menciona que cuando el contenido de calcio es bajo, el sodio y magnesio pueden ocasionar la dispersión de las partículas de arcilla, reduciendo la velocidad de infiltración del agua en el suelo, disminuyendo la disponible de agua para las plantas. Terrón (citado en Bonilla, 2015) menciona que el calcio y el magnesio son cationes importantes para los cultivos ya que forman los complejos estructurales granulares del suelo. De acuerdo a esto, una baja concentración del calcio puede ocasionar impactos negativos en los cultivos. En este sentido, es importante considerar al calcio en las estrategias de nutrición de los cultivos, lo cual puede reducir la dosis de ciertos fertilizantes.

En los criterios ecológicos de la calidad de agua CE-CCA-001/89 el calcio no se menciona, sin embargo, en comparación con los resultados de los límites máximos permisibles para aguas de irrigación sugeridos por Ayers y Westcot (1994), mencionan un rango apropiado para irrigación de 0 a 20 meq/L, para lo que el resultado obtenido del agua de la presa el Tule se encuentra dentro del rango con un promedio de 0.49 meq/L.

Sodio: Los resultados de la concentración de sodio obtenidos se muestran en la Tabla 3.1. Los resultados mostraron un valor promedio de 0.44 meq/L, el valor más bajo se observó en el sitio 4 con un valor de 0.41 meq/L, mientras que el más alto se presentó en los sitios 8 y 9, con un valor de 0.46 meq/L. Es importante mencionar que la diferencia entre los valores fue de 0.05 meq/L.

El sodio no se menciona en los criterios para agua de riego CE-CCA-001/89. Sin embargo, según Ayers y Westcot (1994) los valores obtenidos en esta investigación se encuentran dentro del rango de 0-40 meq/L, con un promedio de 0.44 meq/L. Las sales más comunes en el agua de riego y suelos son las de sodio. Altas concentraciones de sodio en el agua tienden a acumularse en los suelos, impactando de manera negativa, ya que incentiva el deterioro de la estructura del suelo (SEMARNAT & SAGARPA 2010). En suelos con alto contenido de arcilla la presencia de sodio puede ocasionar la inestabilidad de la estructura del mismo Rucks (citado en Marín 2011). Méndez y González (2009) afirman también que altos contenidos de sodio en las aguas de riego afectan la permeabilidad del suelo, causan problemas de infiltración, debido a que el sodio en el suelo es intercambiable por otros cationes como calcio y magnesio.

Potasio: Los resultados de la concentración de potasio se muestran en la Tabla 3.1. El valor promedio de los resultados fue de 14.70 mg/L. En el sitio 3 se observó el valor más bajo de 13.69 mg/L, y el más alto se presentó 9 con un valor de 16.03 mg/L. Es importante mencionar que el rango de diferencia entre los valores fue de 2.34 mg/L.

El potasio es importante en los cultivos ya que mantiene la homeostasis (Capula, 2014). Los cultivos presentan características físicas cuando existe deficiencia de potasio, los bordes amarillentos y marrones, aunque las hojas se mantengan verdes, también presentan reducción de la floración, fructificación. Es común que la deficiencia de potasio también disminuya el desarrollo de la planta, incluso causar la muerte de la misma (Marín, 2011).

Dobermann y Fairhurst (2001), mencionan que la concentración más comúnmente encontrada en aguas superficiales utilizadas para riego, tiene un rango entre 1 a 5 mg/l. En la presa el Tule se obtuvo un promedio de 14.70 mg/L. Los resultados obtenidos en la presente investigación están por encima de los sugeridos por Ayers y Westcot, (1994) en el agua para irrigación, ya que los autores recomiendan una concentración en un rango de 0 – 2 mg/L.

Proporción de Sodio Absorbido (RAS)

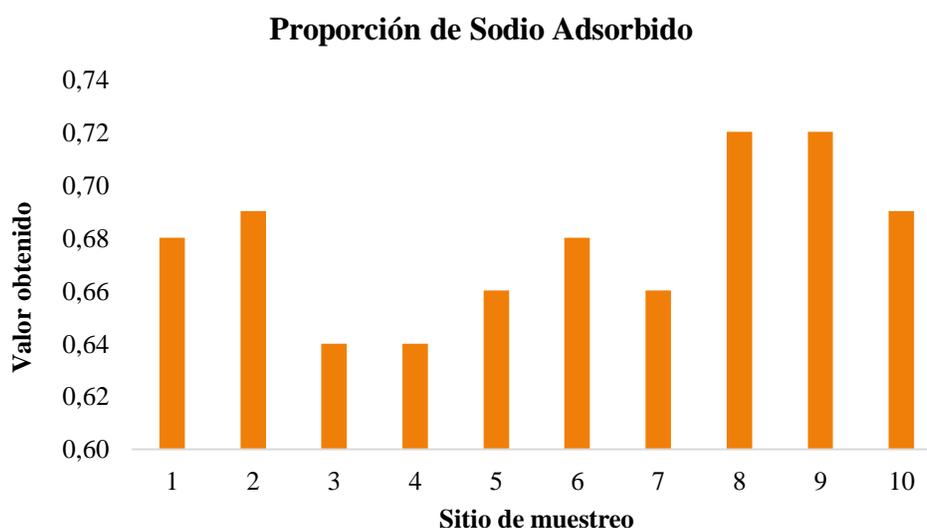
Los resultados de la concentración de Absorción de sodio obtenidos se muestran en el gráfico 1. Los resultados mostraron un valor promedio de 0.68 meq/L, el valor más bajo se observó en los sitios 3 y 4 con un valor de 0.64 meq/L, mientras que el más alto se presentó en los sitios 8 y 9, con un valor de 0.72 meq/L. Es importante mencionar que la diferencia entre los valores fue mínima con un valor de 0.08 meq/L.

Al precipitarse el calcio y el magnesio en el suelo ocurre el aumento de la proporción relativa de sodio presente en el suelo, es decir aumenta el valor de RAS por tanto aumenta también el riesgo de sodificación del suelo Martínez (2010).

El RAS, se encuentra en niveles bajos por lo que no representa un riesgo para el uso de las aguas para riego. Castellón et al., (2015), obtuvo valores menores a 1.32 meq/L, indicando que con dichos valores no existe restricción para el uso del agua en riego, al igual que lo indicado por Ayers y Westcot (1994) quienes sugieren un rango de 0 – 15 meq/L de los Límites máximos permisibles para aguas de irrigación de RAS.

En los criterios ecológicos de la calidad de agua, se menciona que la absorción de sodio para cosechas de frutas sensibles debe ser menor o igual que 4 meq/L y para forrajes la RAS podrá estar entre 8 y 18 meq/L. El promedio obtenido en la presa El Tule fue de 0.68 meq/L, por lo que no representa riesgo alguno en el uso de agua para riego.

Gráfico 1 Resultados del RAS para los sitios de muestreo seleccionados



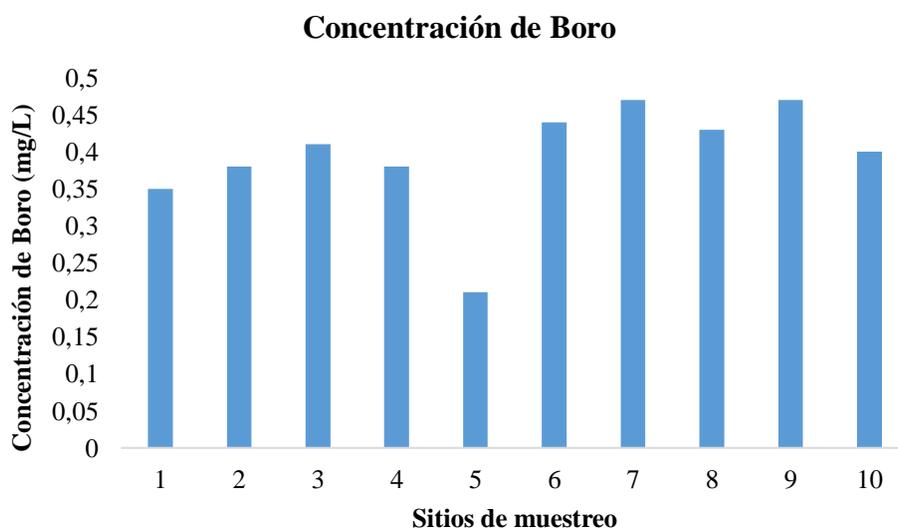
Boro: Los resultados de la concentración de Boro se muestran en la Figura 3.2. Mostraron un promedio de 0.39 mg/L. El valor más bajo correspondió al sitio de muestreo 5 con un valor de 0.21 mg/L mientras que el valor más alto se observó en los sitios 7 y 9 con 0.47 mg/L. Es importante mencionar que aun cuando los resultados de la concentración de B fueron bajos, el rango de los valores fue amplio, con 0.26 mg/L de diferencia.

Alarcón (2015) Afirma que el exceso de boro puede limitar la absorción de potasio y magnesio; Sin embargo, la presencia de una deficiencia de boro hace aparecer en las plantas síntomas internos a nivel celular y bascular, así como síntomas externos, que se presentan cuando el boro no se desplaza fácilmente desde las hojas basales.

Alarcón (2015) hace mención de algunos de los síntomas encontrados en deficiencia de boro en los cultivos, entre ellos y por mencionar algunos, se encuentran la proliferación de células deformadas, descenso de actividad de enzimas oxidantes, acumulación de nitratos y menor contenido de proteínas en citoplasma, aparición de zonas fibrosas, desarrollo anómalo de vasos conductores, disminución del contenido en azúcares en frutos y tubérculos, aspecto arbustivo o encogido de la planta, las hojas jóvenes se ven deformadas, más o menos rizadas, gruesas, quebradizas, pequeñas y curvadas a veces toman unos tonos oscuros, azul-verdosos o marrones y mueren, alteración en la germinación del polen y formación no uniforme de frutos a veces aparecen frutos pequeños y de escasa calidad comercial, Las semillas presentan una más baja viabilidad.

A pesar de la importancia de la presencia del boro, por las afectaciones que su ausencia puede provocar en los cultivos siendo este un elemento esencial para el desarrollo de las plantas sus límites de tolerancia son muy estrechos y están relacionados con el tipo de cultivo (Mladinic et al., 1987). Goldberg (citado en Ramírez, 2009) también menciona que, así como en condiciones de deficiencia, tanto como en toxicidad del boro, limita el crecimiento de la planta, lo que por consecuencia se verá una reducción de las cosechas, lo que traerá además una pérdida económica. Y aun que como se mencionó anteriormente, todo depende de la tolerancia de cada cultivo (Ramírez, 2009). La clasificación del contenido de boro en el agua de la presa el tule para riego se realizó, dando un promedio de 0.39 mg/L por lo que no representa ningún riesgo para irrigación, clasificándose sin grado de restricción en su uso, ya que se encuentra por debajo del límite máximo permisible de los criterios ecológicos para la calidad del agua, en los que se señala que para riego de cultivos sensibles al boro, el agua contendrá como máximo 0.75 mg/L de esta sustancia, excepto para otros cultivos donde se pueden aplicar concentraciones de hasta 3 mg/L.

Gráfico 2 Resultados de la concentración de Boro para los sitios de muestreo seleccionados



Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el INIFAP, se agradece en especial a la Dra. Irma Julieta González Acuña encargada del laboratorio de fertilidad de suelos del INIFAP, del Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit por el apoyo financiero y de infraestructura para el análisis de muestras. También se agradece la valiosa colaboración de la Ing. Ambiental Luz Stephanie Valadez, en la recolección y análisis de muestras.

Conclusiones

La calidad del agua de la presa El Tule, cumple con los requerimientos para su utilización como agua de riego.

Los parámetros que mencionan los Criterios Ecológicos de calidad del Agua que se analizaron en el agua de la presa El Tule, cumplen con los requerimientos para su uso como agua de recreación, acuacultura, de riego y como uso doméstico. Sin embargo, es necesario mencionar que en esta investigación en particular no se analizaron parámetros microbiológicos. En este sentido es importante mencionar que una práctica de campo realizada por los alumnos de Ing. Ambiental del tecnológico, reportaron importante contaminación por Coliformes totales y fecales, lo cual es una limitante para su utilización en cualquiera de los usos comunes del agua. En conclusión, se recomienda dar seguimiento estacional de la calidad del agua del embalse incluyendo el análisis microbiológico.

Referencias

- Alarcón, A.L. (2015). El boro como nutriente esencial. Recuperado de <http://static.plenummedia.com/40767/files/20150523033838-el-boro-como-nutriente-esencial.pdf>
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W. (1994). Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Barbaro, L.A., Karlanian, M.A. y Mata, D.A. (2014). Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. [INTA]. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf
- Beamonte, C.E., Martínez, C.A. and Ferrer, V.E. (2010). Water quality indicators: Comparison of a probabilistic index and a general quality index. The case of the Confederación Hidrográfica del Júcar (Spain). *Ecol. Indic.* 10, 1049–1054.
- Bonilla, M.N., Ayala, A.I., González, S., Santamaría, J. D. y Silva, S. E. (2015) Calidad fisicoquímica del agua del distrito de riego 030 “Valsequillo” para riego agrícola. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, (3), 1-29.
- Brainwood, M.A., Burgin, S. and Maheshwari, B. (2004). Temporal variations in water quality of farm dams: Impacts of land use and water sources. *Agric. Water Manag.* 70, 151–175.
- Capula, R. (2014). Respuestas de plantas jóvenes de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) al multiestres en función de la aplicación Suplementaria de calcio y potasio. Tesis de maestría no publicada, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Caron, D.A., Goldma, J.C. and Dennett, M.R. (1986). Effect of temperature on growth, respiration and nutrient regeneration by an omnivorous microflagellate. *Appl. Environ. Microbiol.* 52(6),130-137.
- Castellón, J., Bernal, R. y Hernández, M. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1), 39-50.
- Cortés, J. M. (2008). Parámetros de calidad del agua procedente del acuífero del valle del Yaqui, Sonora, e índices de riesgo asociados a su uso agrícola en suelos arcillosos. Tesis de doctorado no publicada, Centro de investigaciones biológicas del noreste, S.C., La Paz, Baja California Sur, México.
- De La Mora, C., Flores, H. E. y Chavez, A. A. (2013). Calidad del agua del embalse de la presa la Vega y su impacto en las tierras agrícolas bajo riego. Jalisco, México: Prometeo editores.
- Dobermann, A. y Fairhurst T. (2001). Manejo del potasio en arroz. *Informaciones Agronómicas*, 45,1–6.
- García, A. (2012). Criterios Modernos para Evaluación de la Calidad del Agua para Riego. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 7(2), 26-34.
- García, Y. (2015). Calidad del agua con fines de riego. *Calidad del agua para el riego*, 12(35), 89-94.
- Goldense, D. (2016). Cómo la calidad del agua de riego afecta los cultivos. Hortalizas. Recuperado de <http://www.hortalizas.com/irrigacion/como-la-calidad-del-agua-de-riego-afecta-los-cultivos/>

- Gruszowski, K.E., Foster, I.D., Lees, J.A. and Charlesworth, S.M. (2003). Sediment sources and transport pathways in a rural catchment, Herefordshire, UK. *Hydrol. Process.* 17, 2665–2681.
- Jonnalagadda, S.B., Mhere, G. (2001). Water quality of the Odzi River in the eastern highlands of Zimbabwe. *Water Res.* 35, 2371–2376.
- Marín, G. L. (2011) Edafología 1. Recuperado de <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
- Martínez, A., López, C. V., Basurto, M., y Pérez, R. (2011). Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo. *Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*, 5(3), 156-161.
- Martínez, L. (2010). Estudio de la calidad agronómica del agua de riego de las islas baleares. Dgrechid. Recuperado de http://dgrechid.caib.es/www/doc/AIGUES_SUBTERRANIES_1.pdf
- Méndez, F. y González, J. (2009). Evaluación de la calidad del agua de riego usada en los cultivos de arroz de la zona alta de la meseta de la ciudad de Ibagué (Tolima, Colombia). *Tumbaga*, 1(4), 73-84.
- Mladinic, P. A., Hrepic, N. V. y Quintana, M. H. (1987). Caracterización física y química de las aguas de los lagos Chungará y Cotacotani. *Arch. Biol. Med. Exp.*, 20, 89-94.
- Pesce, S.F. and Wunderlin, D.A. (2002). Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquia River. *Water Res.* 34, 2915–2926.
- Ramírez, J. (2009). Índices de salinidad de la red hidrográfica del Estado de Morelos, México. Tesis de maestría no publicada, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, México.
- Ruíz, R. (2018). Calidad del agua de riego. Recuperado de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR11839.pdf>
- Sánchez, E., Colmenarejo, M.F., Vicente, J., Rubio, A., García, M.G., Travieso, L. and Borja, R. (2007). Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecol. Indic.* 7, 315–328.
- SEMARNAT y SAGARPA. (2010). Salinidad Del Suelo. Recuperado de <https://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/publicaciones-nayarit/FOLLETOS%20Y%20MANUALES/FOLLETOS%20IMTA%202009/folleto%206%20salinidaddelsuelo.pdf>
- Simeonov, V., Stratis, J.A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., Sofoniou, M. and Kouimtzis, T. (2003). Assessment of the surface water quality in Northern Greece. 37, 4119–4124.
- Tong, T.Y.S. and Chen, W. (2002). Modeling the relationship between land use and surface water quality. *J. Environ. Manag.* 66, 377–393.
- Villar M., J. M. y Carrasco M., I. (2002). Aptitud del agua caliente para su uso en agricultura de regadío. *Ingeniería del Agua*, 9, 163-169.
- Yan, L., Yinguang, C. and Qi, Z. (2007). Effect of initial pH control on enhanced biological phosphorus removal from wastewater containing acetic and propionic acids. *Chemosphere*, 66, 123-129.
- Zalidis, G., Stamatiadis, S., Takavakoglou, V., Eskridge, K. and Misopolinos, N. (2002). Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2002, 88, 137–146.
- Zawaideh, L. L. and Zhang, T. C. (1998). The effects of pH and addition of an organic buffer (HEPES) on nitrate transformation in Fe-water systems. *Water Science and Technology*, 38, 107-115

Efecto del Índice Temperatura-Humedad y temperatura ambiental sobre las constantes fisiológicas de borregos de pelo estabulados y al aire libre en Tepatitlán, Jalisco

Effect of the Temperature-Humidity Index and ambient temperature on the physiological constants of staggered and outdoor hair sheep in Tepatitlán, Jalisco

FLORES LÓPEZ, Hugo Ernesto†* & VILLASEÑOR GONZÁLEZ, Fernando

Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, INIFAP-CIRPAC

ID 1^{er} Autor: *Hugo Ernesto, Flores-López* / **ORC ID:** 0000-0002-8372-1510, **CVU CONACYT ID:** 201722

ID 1^{er} Coautor: *Fernando, Villaseñor-González* / **ORC ID:** 0000-0003-2266-8098, **CVU CONACYT ID:** 309758

H. Flores & F. Villaseñor

flores.hugo@inifap.gob.mx

N. Zapata (Dir.). Biotecnología y Ciencias Agrícolas TI. Collection-©ECORFAN-Mexico, CDMX, 2019

Abstract

Sheep production in Los Altos de Jalisco presents adequate natural environmental conditions for its production. However, the livestock farmers in the region are facing several problems reflected in their production and productivity. One of these problems is heat stress in sheep, of which little research has been done. The objective of this research was to evaluate the Temperature-Humidity Index and air temperature on physiological constants of hair sheep in conditions of housing and outdoor, in Tepatitlán de Morelos, Jalisco. The study was carried out during May 2018, in a commercial sheep production farm. Crossed hair sheep of the Pelibuey, Blackbelly and Katahdin races were used. All animals were feed with the same diet with free access. They were divided in two groups for ten days, the first one was placed under roof that offered them shade and the other group stay at outdoors conditions. Rectal temperature (RT), heart rate (HR), respiratory rate (FR) and skin temperature (TP) were monitored every two hours. TP was measured in sheep with a temperature-humidity sensor. The temperature and relative humidity of the air under roof was measured with a sensor placed in the center of the settlement and for environment was used an automatic weather station. With these data was calculated the Temperature-Humidity Index (THI). The results show that the FC was above the welfare conditions, without a definite trend with the temperature of the air for sheep under roof and outdoors. The FR of the sheep inside the roof tile was statistically different from that placed outdoors, with an average of 125 and 63 breaths/minute, respectively, classified as high and medium heat stress (HS). The time of day when the maximum value of the FR occurs was at 2:00 p.m. to 4:00 p.m., while sheep inside the roof tile go from 2 p.m. to 8 p.m. The average sheep FR was within the condition of thermo neutrality, but the extreme values within the tile varied from 37.7 to 41.2°C; for outdoors the TR varied from 36.6 and 40.9°C. The TP for sheep under roof and in outdoor, were 32.8 and 32.7°C, respectively. The TP, TR and TA are closely related to a lag in their occurrence, dependent on the energy balance and driven by direct solar radiation. The average outdoor THI was 66.4 and on the roof tile the average was 69.6. with extreme values at each site of 74.3 and 54.9, and 76 and 63, respectively. The THI threshold for sheep was identified with a value of 72, based on the ratio of FR and THI. The dynamics of the THI show that the THI threshold of 72 is exceeded from before noon until after 18 hours, but outdoors it occurs after 13 hours until after 18 hours. This response is closely related to the thermal constants evaluated. It is necessary to correlate the values of THI with the levels of production and sheep productivity.

Heat Stress, Rectal Temperature, Respiratory Rate

Introducción

La producción de carne ovina en canal de México fue de casi 63 millones de toneladas anuales en 2018, de las cuales Jalisco aportó 6.97% con un peso promedio de 21.086 kg/canal, mientras los Altos de Jalisco aportaron 2.13% con un peso promedio de 20.986 kg/canal (SIAP-SADER, 2019). Aunque en los Altos de Jalisco se tiene de manera natural un ambiente con aptitud para este ganado, los sistemas de producción de ovinos están sujetos a clima del lugar, la genética del ganado, la sanidad, alimentación, infraestructura con que se cuenta y la tecnología de manejo, con sus interacciones, lo que producen alta complejidad en la respuesta del sistema y dificultad en tomar decisiones acertadas en el desempeño de este.

Pero además dentro de las explotaciones de ovinos, otros problemas que enfrentan los sistemas de producción (SP) son: baja productividad, elevados costos de inversión en los sistemas intensivos, no hay planeación estratégica ni control productivo en las explotaciones, incremento constante en el precio de los insumos (ingredientes, equipo, medicamentos, mano de obra, servicios, etc.), existencia de un fuerte rezago en el uso de tecnología, entre otros de tipo socioeconómico (Partida de la Peña et al., 2013). Estos autores identifican el factor que mayor efecto tiene en el desempeño de los SP es la baja productividad.

La productividad representa la eficiencia con que se utilizan los factores de los SP, particularmente los asociados con las instalaciones y la alimentación, pero poca importancia es dada al ambiente térmico y su interacción con el ovino, el cual genera estrés calórico con el consecuente baja productividad al provocar una marcada reducción en el consumo de alimento, cambios en el flujo sanguíneo y cambio en las funciones endocrinológicas que influyen negativamente en el desempeño productivo y reproducción del borrego (Al-Haidary, 2004).

La situación anterior hace necesario ajustar las prácticas de manejo de los sistemas de producción, con la finalidad de hacerlos sostenibles y económicamente viable. Estos cambios requieren de la generación de conocimiento para tener mayor entendimiento del efecto de las variables climáticas y su interacción con los animales ovinos, las respuestas conductuales, fisiológicas y productivas, de acuerdo con los objetivos de la actividad (Miranda-Neiva et al., 2004).

Las constantes fisiológicas son parámetros o valores preestablecidos de algunas funciones vitales de los organismos. El estrés calórico en los animales afecta las constantes fisiológicas frecuencia respiratoria, temperatura rectal, temperatura de la piel, entre otras (Marai et al., 2007). La frecuencia respiratoria y la temperatura rectal son parámetros fáciles de determinar y pueden servir como indicadores de estrés calórico (Lees et al., 2019; Sejian et al., 2017). La frecuencia respiratoria (FR) en borregos que experimentan condición termoneutral varía de 20 a 30 respiraciones por minuto, como condición basal (Eyal, 1963c), pero en condición de máxima tasa de respiración se incrementa de 74 a 83 respiraciones por minuto (Eyal, 1963c). Con más de 40 respiraciones por minuto puede considerarse, como jadeo para facilitar la pérdida de calor del borrego al exhalar vapor de agua en la respiración y con más de 300 respiraciones por minutos, representa estrés calórico severo (Wojtas et al., 2014). Al respecto se han propuestos indicadores de FR asociados la ausencia o presencia de estrés (Sejian et al., 2017; Wojtas et al., 2014) o inclusive, el jadeo como indicador de estrés calórico (Lees et al., 2019).

Con respecto a la temperatura rectal (TR), este parámetro fisiológico animal se usa como medida representativa de la temperatura del núcleo corporal y los animales homeotermos se esfuerzan por mantener esta temperatura dentro de un rango bastante estrecho, aún en condiciones climáticas adversas. Las TR de las ovejas varían entre 38.3 y 39.9 °C bajo condiciones termoneutrales; un aumento en la temperatura del aire de 18 a 35°C produce de aumentos significativos en la TR de las ovejas, pero temperaturas rectales de 42°C y superiores se consideran peligrosas (Marai et al., 2007; Eyal, 1963a). Se identifican pequeños cambios estacionales (verano respecto al invierno) y diurnos (madrugada respecto tarde) no significativos en la TR (Eyal, 1963a).

La frecuencia cardiaca (FC) de ovinos va de 65 a 85 latidos por minuto, dependiendo de la temperatura ambiental y el nivel de nutrición (Mendoza-González, 2010; Eyal, 1963b; Shrode et al., 1960). En condiciones de EC, la FC es probablemente utilizada por los borregos para aumentar el flujo sanguíneo para facilitar el enfriamiento evaporativo respiratorio y cutáneo, sin embargo, cuando están expuestas a condiciones severas de calor hay evidencia de vasoconstricción por calor en toda la piel, pero no en el tracto respiratorio superior, aunque la importancia no está clara (Alexander, 1974).

Originalmente el Índice Temperatura-Humedad (THI, por sus siglas en inglés) se desarrolló para evaluar el confort térmico para humanos (Thom, 1959). Posteriormente se han perfeccionado múltiples índices para estimar el efecto ambiental sobre la producción animal (Herbut et al., 2018; Sejian et al., 2017). El THI aplica a humanos y cualquier tipo de ganado, de manera que un THI de 70 o menor se considera como ambiente confortable, de 71-78 es un ambiente estresante y más de 78 causa estrés en ganado lechero (Aggarwal y Upadhyay, 2013).

Estos autores también mencionaron que la temperatura rectal se incrementa con valores de THI mayores 80 y la tasa de respiración se incrementa con THI arriba de 73. Cuando el THI es mayor de 72, la producción de leche en bovinos comienza a disminuir (Du-Preez, 2000; Johnson, 1994). Estudios donde se utiliza el THI para evaluar el impacto en la respuesta animal, muestran diferentes valores del índice para diferentes especies animales (St-Pierre et al., 2003), de ahí la necesidad de identificar para ovinos el efecto que tiene el ambiente sobre su desempeño. Por esta razón al THI se ha modificado agregando otros elementos climáticos para hacerlo más robusto, como lo indican diversos autores presentan diferentes índices para estimar el impacto del ambiente sobre el ganado (Gomes-da Silva y Campos-Maia, 2013; Sejian et al, 2017).

Cuando los ovinos están sujetos a estrés calórico, inicialmente usan vasodilatación periférica para promover el flujo sanguíneo en la superficie corporal, con el consecuente aumento de la temperatura en la piel de los animales para facilitar la disipación de calor por mecanismos no evaporativos (radiación térmica). Si la temperatura del ambiente continúa aumentando, las pérdidas de calor por medios sensibles son menos efectivas y continuará el aumento de la temperatura del núcleo central (Gesualdi-Júnior et al., 2014). En este caso, el animal comienza a sudar y a aumentar la frecuencia respiratoria (Curtis, 1983).

Si se incrementa la humedad relativa del aire, los animales no pueden disipar el exceso de calor y la condición térmica en el animal puede empeorar produciéndose un aumento en la temperatura rectal por encima de los valores fisiológicos normales, lo que explica parcialmente la baja productividad observada en los ovinos bajo condiciones de alta temperatura ambiental. En estas condiciones los efectos de transferencia de calor del núcleo del animal a la superficie están supeditadas a las condiciones ambientales prevalecientes en el sitio donde se localice el animal y el manejo adecuado de ellos requiere conocimiento preciso de cómo es la transferencia de calor en tales condiciones. El objetivo del presente estudio fue evaluar el Índice Temperatura-Humedad y temperatura del aire sobre constantes fisiológicas de borregos de pelo en condiciones de estabulamiento y al aire libre, en Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

Descripción del método

Localización el sitio de estudio. El estudio se realizó en Tepatitlán de Morelos, Jalisco, durante el mes de mayo de 2018, en una unidad de producción comercial de borregos, donde se engordan aproximadamente 300 animales, localizada a 20.87228° de latitud norte, 102.71253° de longitud oeste y 1,887 msnm de altitud. El clima del sitio se clasifica como templado con verano semicálido con menos de 3 % de lluvia invernal y oscilación térmica extremosa (A)Cb(w₁)(w)e (Ruíz-Corral et al., 2004); el promedio de las temperaturas máximas y mínimas de junio a diciembre son: 25.1 y 9.7°C, respectivamente; la precipitación promedio de junio a diciembre es de 815.5 mm.

Borregos de pelo. Para el estudio se utilizaron borregos de pelo cruzados de las razas Pelibuey, Blackbelly y Katahdin recién destetados de 8 semanas de edad con un peso promedio inicial de 15.70±2.91 kg. A todos los animales se les ofreció la misma dieta a libre acceso, que consistía en un concentrado comercial con 14% de proteína y tuvieron cuatro días de adaptación. Se mantuvieron en dos grupos por diez días, el primer fueron colocados en un tejaban que les ofrecía sombra y el otro a la intemperie.

Monitoreo de constantes fisiológicas. En los borregos se monitoreó cada dos horas la temperatura rectal (TR), frecuencia cardiaca (FC), frecuencia respiratoria (FR) y temperatura de la piel (TP). La temperatura rectal se midió utilizando un termómetro digital (Citizen®). La FC se obtuvo con estetoscopio auscultando la zona del codo entre el tercer y sexto espacio intercostal del lado izquierdo del ovino. La FR se determinó por el conteo de los movimientos de la caja torácica. Ambas frecuencias fueron monitoreadas durante 15 segundos y posteriormente se multiplicaron por cuatro, para estimar la frecuencia por minuto. Las mediciones se realizaron cada dos horas durante los siete días que duró el experimento (Mendoza-González et al., 2010). La TP se midió en cuatro borregos, dos mantenidos en tejaban y dos dejados a la intemperie; a cada uno se les colocó un sensor de temperatura-humedad marca Watchdog modelo 450®, pegado con cinta gris en el tórax para el monitoreo continuo cada diez segundos y obteniendo promedio cada media hora de la temperatura de su piel durante la duración del experimento. Monitoreo ambiental. Se estableció una estación meteorológica marca Watchdog modelo ET2000®, para registrar la temperatura del aire, la humedad relativa y radiación global. Con los dos primeros elementos meteorológicos se calculó el Índice Temperatura-Humedad (THI), con la función siguiente (adaptado de Thom, 1959):

$$THI = 0.8T + HR(T - 14.4) + 46.4 \quad (1)$$

Donde T es la temperatura del aire y HR es la humedad relativa en forma decimal.

Análisis de información. Los datos obtenidos fueron analizados por estadística descriptiva, regresión lineal en el programa EXCEL®, se aplicó la prueba de *t* de Student con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS 9.1, para factores de exposición de los borregos a la intemperie y dentro del tejaban.

Resultados

Constantes fisiológicas de borregos. En la Tabla 1.1 se muestran las constantes fisiológicas de borregos de pelo estabulados y aire libre. Se observan diferencias estadísticas significativas en la frecuencia cardiaca (FC), frecuencia respiratoria (FR) y temperatura de la piel (TP), pero no en la temperatura rectal (TR).

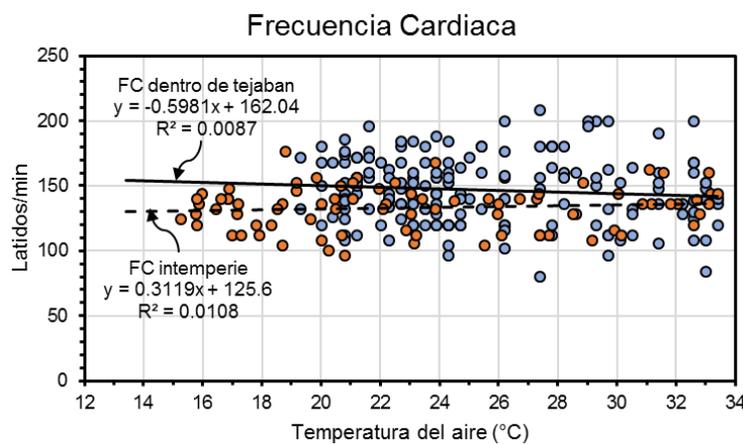
La FC de borregos en condiciones termoneutrales va de 70 a 80 latidos/min (Mendoza et al., 2010) y de acuerdo con la información de la Tabla 1.1, la FC estuvo muy por encima de las condiciones de bienestar. En esta cuadro se presentan diferencias altamente significativas entre condiciones estabuladas y a la intemperie (Tabla 1.1), resultado asociado con las condiciones de temperatura y humedad en el tejaban y a la intemperie, mostrado en el Cuadro 2. La FC tiene valores muy por encima de las condiciones termoneutrales, indicador del EC a que se sujetaron los borregos. Por otro lado, la temperatura del aire varió de 14 a 33°C, la FC no mostró una tendencia definida dentro del tejaban como a la intemperie, como se muestra en el Gráfico 1. Sin embargo, Eyal (1963) reportó que, con el aumento de la temperatura del aire, la FC se reduce.

Tabla 1 Constantes fisiológicas registradas en borregos de pelo en condiciones estabuladas en tejaban y al aire libre, durante mayo de 2018 en Tepatitlán de Morelos, Jalisco

BORREGO dentro de tejaban				
Variable	Frecuencia Cardiaca (Latidos/min)	Frecuencia Respiratoria (Respiraciones/min)	Temperatura Rectal (°C)	Temperatura Piel (°C)
Media	146.7	125.4	39.7	32.8
Var	672.9	1481.9	0.2	4.3
DE	25.9	38.5	0.5	2.1
Max	208.0	240.0	41.2	39.3
Min	80.0	40.0	37.7	28.3
BORREGO al aire libre				
Variable	Frecuencia Cardiaca (Latidos/min)	Frecuencia Respiratoria (Respiraciones/min)	Temperatura Rectal (°C)	Temperatura Piel (°C)
Media	126.1	62.8	39.8	32.6
Var	497.5	1533.0	0.441	16.7
DE	22.3	39.2	0.664	4.1
Max	192.0	200.0	40.9	38.8
Min	72.0	24.0	36.6	18.7
Tt (0.05, 334 gl)	1.65	1.65	1.65	1.65
Tc	7.82	14.77	1.58	0.55
P >0.05	**	**	NS	NS

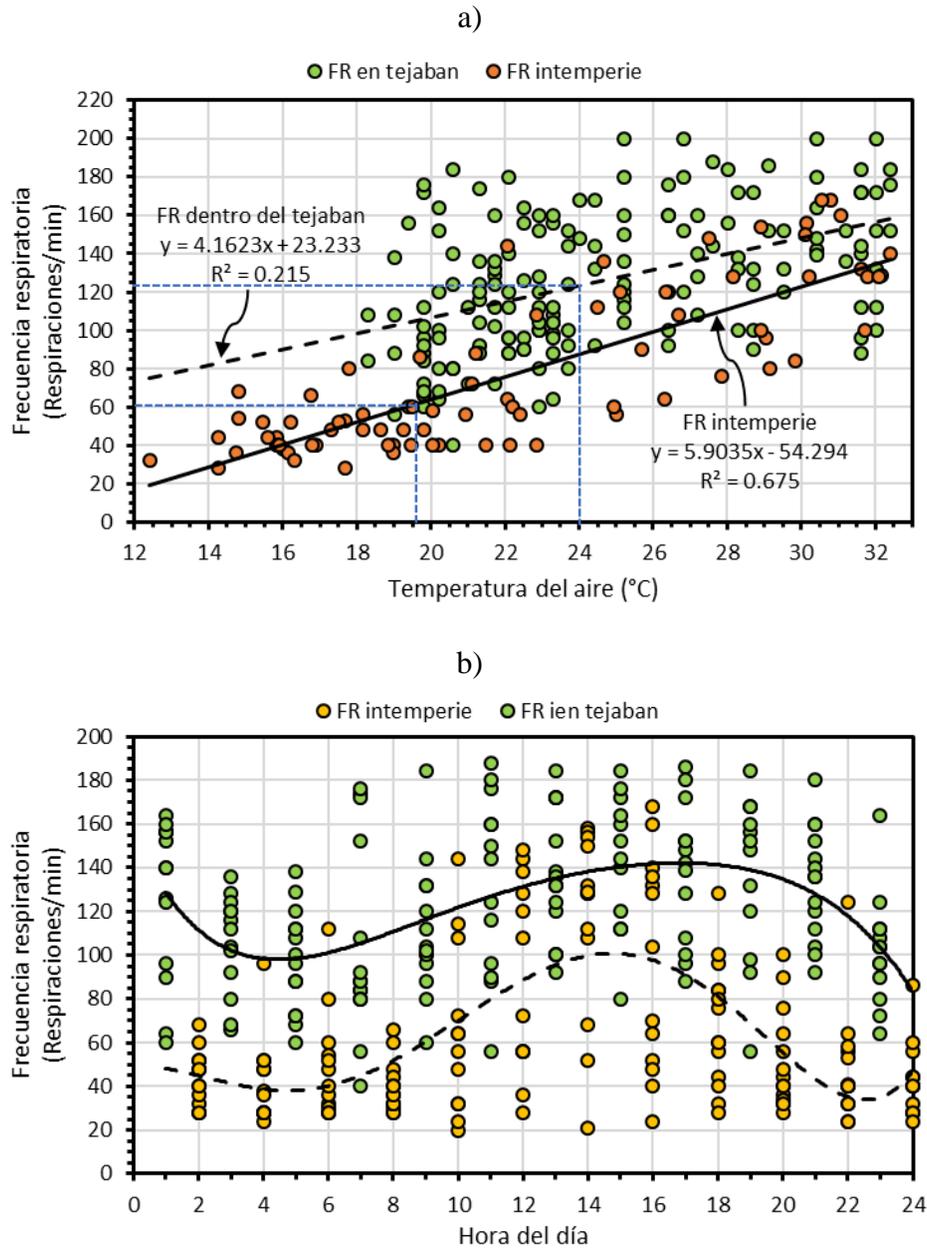
La frecuencia respiratoria (FR) es otro parámetro fisiológico importante por considerar en el bienestar de los borregos. La Tabla 1.1 muestra las estadísticas descriptivas de la FR para borregos colocados dentro del tejaban y a la intemperie. La FR de los borregos dentro del tejaban fue estadísticamente diferente a los colocados en la intemperie, con promedio de 125 y 63 respiraciones/minuto, respectivamente. Silanikove (2000) relacionó la condición de estrés calórico (EC) con FR, donde menos de 60 respiraciones/min se clasifica como EC bajo, de 60-80 respiraciones/min se clasifica como EC medio, de 80-200 respiraciones/min se clasifica como EC alto y más de 200 respiraciones/min se clasifica como EC Severo. Con base en esta clasificación, la FR de los borregos observada dentro del tejaban tuvo un promedio de 125 respiraciones/min y se clasifica con EC alto, mientras al aire libre fue de 63 respiraciones/min y se considera como EC medio. De acuerdo con el Gráfico 2a, la FR corresponde a condiciones térmicas de 24°C y 19.5°C, respectivamente. Eyal (1963b) encontró una respuesta similar en la FR, para condiciones estacionales de primavera, verano e invierno.

Gráfico 1 Tendencia de la frecuencia cardíaca en borregos dentro del tejaban y a la intemperie, en función de la temperatura del aire



Con respecto a la hora del día en que ocurre el máximo valor de la FR, el Gráfico 2b muestra que a la intemperie sucede de las 14 a las 16 horas, mientras en borregos dentro del tejaban va desde las 14 a las 20 horas. Esta respuesta también fue observada por Hahn (1999) en bovinos de leche en pastoreo, con estrecha relación a la ocurrencia de la radiación solar directa (Silanikove, 2000).

Gráfico 2 Tendencia de la frecuencia respiratoria en borregos dentro de tejaban y a la intemperie, en función de a) la temperatura del aire y b) hora del día



La temperatura rectal (TR) bajo condiciones termoneutrales se reporta de 38.3 a 39.9°C (Wojtas et al., 2014). En la Tabla 1.1 del presente estudio contiene las estadísticas descriptivas de temperatura rectal para borregos dentro de tejaban y a la intemperie, con valores promedio de 39.7 y 39.8°C, respectivamente, sin diferencia estadística entre ellas. Aunque el promedio de TR está dentro del rango de confort térmico, los valores máximos y mínimos de TR mostrados en la Tabla 1.1 indican que valores extremos para borregos en tejaban de 41.2 y 37.7°C, respectivamente. En cambio, para condiciones de intemperie los borregos tuvieron un TR extrema de 40.9 y 36.6°C, respectivamente.

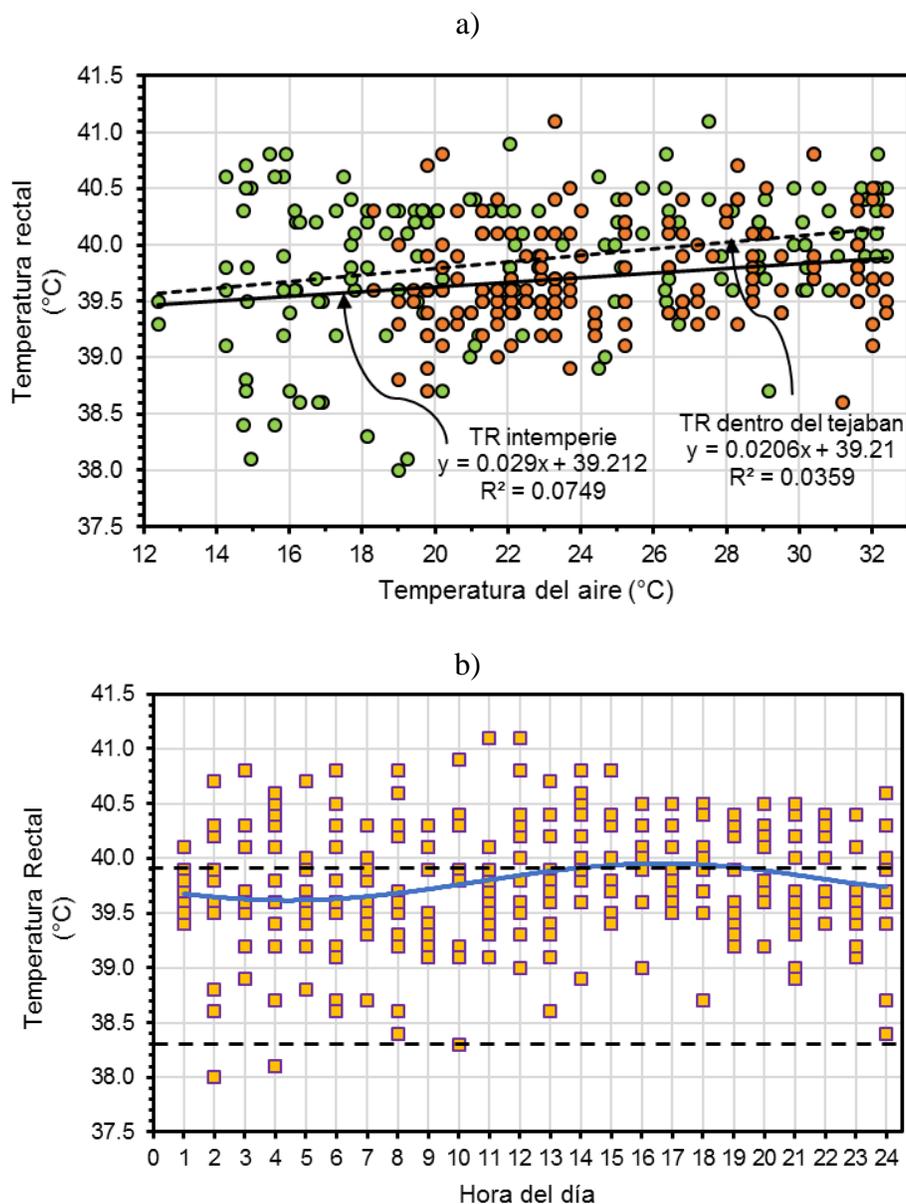
En el Gráfico 3 se muestra la tendencia lineal de la TR en borregos dentro de tejaban y a la intemperie, en función de a) la temperatura del aire y b) la hora del día. El Gráfico 3a presenta la tasa de incremento de la TR en función de la temperatura del aire como lineal positiva, con una tasa muy baja para ambas condiciones de manejo de los borregos. Finch (1985) en un estudio en cámaras de control ambiental controlado, encontró una tendencia curvilínea positiva en estas variables en ganado bovino.

En el Gráfico 3b se muestra que la TR es mayor que el límite superior de termoneutralidad entre las 14 a 20 horas, cuando se rebasa la TR límite superior de termoneutralidad de 39.9°C (Wojtas et al., 2014). La baja pendiente lineal y positiva en la TR observada en el Gráfico 3a para borregos mantenidos en la intemperie y dentro del tejaban, es el resultado de la acción de los mecanismos de termorregulación para que los borregos mantengan su TR entre los límites de termoneutralidad (Silanikove, 2000).

Sin embargo, durante muchas horas de la tarde los borregos tuvieron condiciones de EC, situación que hace necesario implementar prácticas de manejo para controlar el EC en los animales para ese periodo (Nienaber y Hahn, 2007).

Por otro lado, aunque bajas TR se asocian con temperaturas nocturnas que regularmente son frescas y vuelven al animal a la zona termoneutral, esto se considera un método natural efectivo para aliviar el EC en clima cálidos (Scott, 1983) o evitar actividades operativas de manejo en condiciones ambientales del medio día, cuando se tiene periodo de estrés potencial (Nienaber y Hahn, 2007).

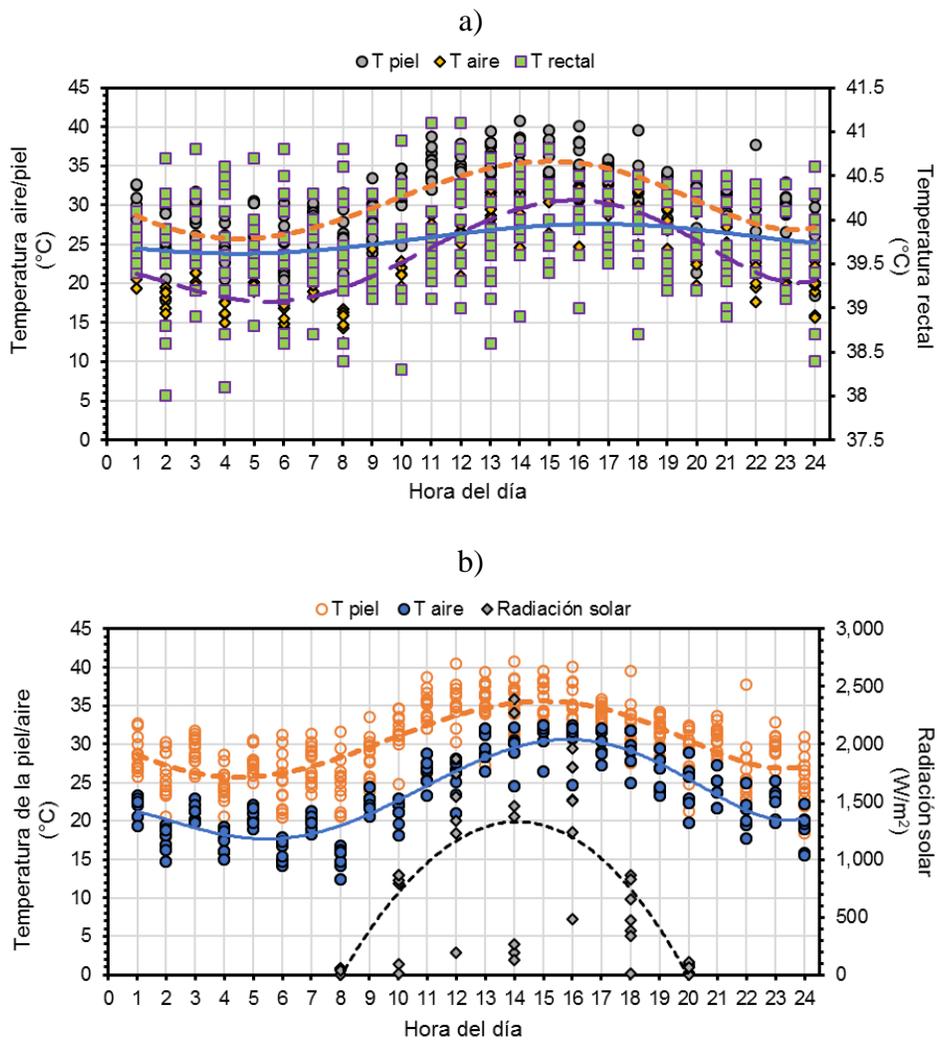
Gráfico 3 Tendencia de la temperatura rectal en borregos dentro de tejaban y a la intemperie, en función de a) la temperatura del aire y b) hora del día



La temperatura de la piel (TP) es un parámetro medido que refleja el efecto del balance de energía en el borrego, con resultado mostrado en la Tabla 1.1. No se encontraron diferencias significativas entre la TP de los borregos colocados dentro del tejaban y a la intemperie, con valores de 32.8 y 32.7°C, respectivamente. La temperaturas máximas fueron muy similares dentro del tejaban y a la intemperie, pero no las temperaturas mínimas, que a la intemperie fue menor 10.1°C con relación al tejaban.

La TP, TR y TA están estrechamente relacionados como se muestra en el Gráfico 4a, pero con un rezago en la ocurrencia de los valores máximos y mínimos. La temperatura máxima del aire ocurre alrededor de las 15 horas, la máxima TP se presenta aproximadamente de las 16 horas y la TR más alta se indica cerca de las 17 horas. Los mínimos de la TA se presentan entre las 4 y 5 horas, y de la TR y TP entre las 5 y 6 horas. La respuesta térmica de los borregos expresada en la TA, TR y TP, es dependiente del balance de energía donde actúan los componentes de cara calórica generada por el metabolismo animal, la conducción térmica del aire, la radiación solar incidente y reflejada del suelo, contrastada con la pérdida de calor por convección, radiación emitida por el borrego y la evaporación (Alexander, 1974). En este contexto, la radiación solar juega un papel fundamental al ser absorbida por el animal a través de la piel y la temperatura del aire circundante al animal (Cena, 1974). Esta relación es mostrada por el Gráfico 4b, donde se observa la influencia que tiene la radiación solar sobre la TP y al TA, que explica su importancia en el balance de energía.

Gráfico 4 Tendencia de: a) la temperatura rectal, temperatura de la piel, temperatura del aire en borregos dentro de tejaban y a la intemperie, en función de la hora del día y b) la temperatura de la piel, temperatura del aire y radiación solar en borregos dentro de tejaban y a la intemperie en función de la hora del día



El Índice Temperatura-Humedad (THI, por sus siglas en inglés) es determinado para las condiciones de temperatura y humedad relativa experimentados por los borregos dentro de tejaban y a la intemperie con resultados mostrados en la Tabla 1.2. La humedad relativa (HR) dentro del tejaban fue de 39.5% y a la intemperie de 46.8%, con diferencias altamente significativas entre estos puntos. De acuerdo con los valores de HR máximos y mínimos, en la intemperie se tuvieron valores con mayor variación comprados con el interior del tejaban. Respecto a la temperatura del aire (TA), el promedio a la intemperie fue más baja (22.2°C), mientras en el tejaban fue mayor (24.2°C) con diferencias altamente significativas entre puntos, pero con más oscilación térmica a la intemperie que en el tejaban. El comportamiento de la HR y TA al aire libre e intemperie repercutió en el THI.

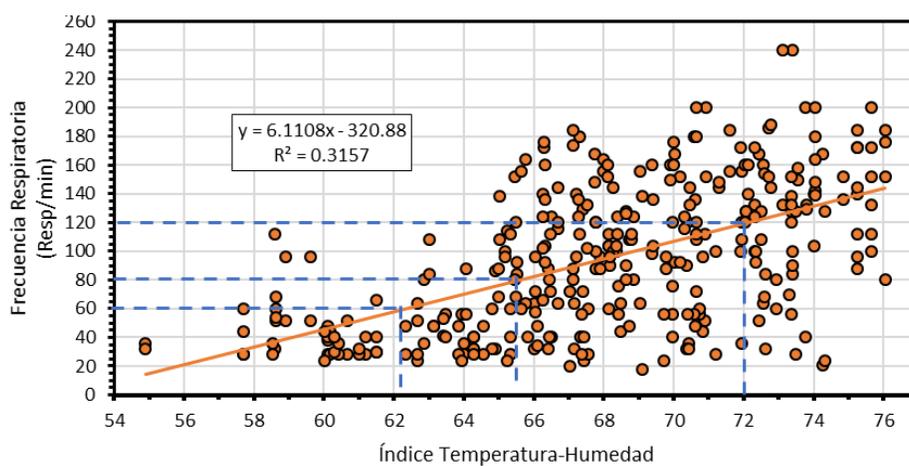
EL promedio de THI al aire libre fue de 66.4, mientras en el tejaban el promedio resultó de 69.6, con diferencias altamente significativas. Al aire libre el THI máximo y mínimo fue de 74.3 y 54.9, respectivamente; en cambio en el tejaban el THI máximo y mínimo fue de 76 y 63, respectivamente.

Tabla 2 Condiciones de humedad relativa, temperatura del aire e Índice Temperatura Humedad (THI) para borregos de pelo bajo condiciones estabuladas con tejaban y a la intemperie, durante mayo de 2018 en Tepatitlán de Morelos, Jalisco

BORREGO dentro de tejaban			
Estadísticas descriptivas	Humedad Relativa (%)	Temperatura del Aire (°C)	THI interior tejaban
Media	39.5	24.7	69.6
Var	244.8	16.3	11.2
DE	15.6	4.0	3.3
Max	74.9	32.4	76.0
Min	20.7	18.3	63.0
BORREGO al aire libre			
Estadísticas descriptivas	Humedad Relativa (%)	Temperatura del Aire (°C)	THI exterior
Media	46.8	22.2	66.4
Var	689.3	32.9	26.5
DE	26.3	5.7	5.1
Max	97.9	32.4	74.3
Min	7.9	12.4	54.9
Tt (0.05, 334 g)	1.65	1.65	1.65
Tc	3.06	4.51	6.74
P >0.05	**	**	**

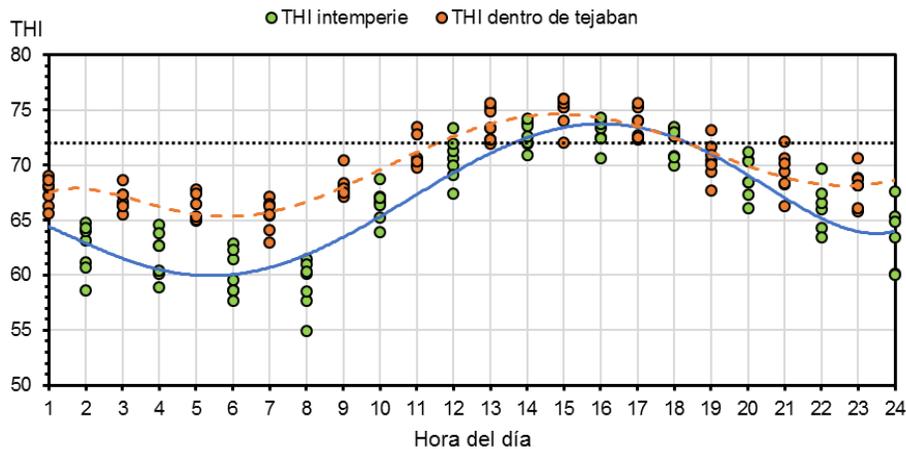
El THI umbral para condiciones termoneutrales de rumiantes se considera de 72 (Johnson, 1994; Du-Preez, 2000), por lo que se esperaría que en borregos se tenga este mismo valor. La FR se ha identificado como un excelente mecanismo de termorregulación en borregos, pero con dificultad de medirlo en campo (Lees et al., 2019). Wojtas et al. (2014) clasifica la FR en los niveles de EC siguientes: estrés bajo con menos de 60 respiraciones/min, estrés medio de 60 a 80 respiraciones/min, estrés alto de 80 a 200 respiraciones/min y estrés severo con más de 200 respiraciones/min. Estos niveles de estrés se cotejaron con el Gráfico 5 para identificar la relación de la FR con el THI del presente estudio.

Gráfico 5 Relación del Índice Temperatura-Humedad (THI) con la Frecuencia Respiratoria (FR) de borregos dentro de tejaban y a la intemperie en función de la hora del día



En el Gráfico 5 se identificaron tres niveles de EC: bajo, medio y alto. Los datos disponibles para el sitio donde se desarrolló la investigación no presentaron condiciones severas de EC. Un resultado interesante es que el EC alto se identifica con un THI de 72 a 120 respiraciones/min. Este resultado es similar al utilizado en bovinos de leche para indicar inicio de disminución en la producción láctea (Johnson, 1994; Du-Preez, 2000).

Gráfico 6 Dinámica del Índice Temperatura-Humedad (THI) y el umbral de 72 para señalar las condiciones termoneutrales de borregos dentro de tejaban y a la intemperie en función de la hora del día



En el Gráfico 6 se presenta la dinámica del THI de borregos dentro de tejaban y a la intemperie en función de la hora del día. Se observa que dentro del tejaban se rebasa el THI umbral de 72 desde antes del mediodía hasta después de la 18 horas. En cambio, a la intemperie los borregos tuvieron un THI superior al umbral de 72 después de la 13 horas hasta después de los 18 horas. Estos valores de THI reflejan los valores descritos de las constantes térmicas previamente descritas.

Es necesario asociar los valores de THI con los niveles de producción de los borregos, para evaluar el efecto del EC sobre la productividad del este ganado.

Agradecimiento

Agradecemos a los propietarios de la empresa Ovitep; al MVZ Antonio Vargas y al Sr. Ramón Jauregui por el apoyo en la realización de este estudio, así como al grupo de estudiantes de la Universidad de Guadalajara que realizaron sus prácticas profesionales durante el periodo en que se realizó el experimento.

Conclusiones

La respuesta de los borregos dejados a la intemperie con respecto a los colocados dentro de tejaban mostraron diferencias en las constantes fisiológica de frecuencia respiratoria y frecuencia cardiaca, pero no en la temperatura rectal y temperatura de la piel. El resultado observado en estas últimas variables se atribuye a los mecanismos de termorregulación de las borregas.

Se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la temperatura del aire, humedad relativa del aire y el Índice Temperatura-Humedad, para los sitios de intemperie y dentro de tejaban del sitio experimental.

Se identificó el THI umbral para inicio de estrés calórico en borregos con valor de 72. El THI del medio día dentro del tejaban y a la intemperie se rebasa el valor umbral para inicio de la condición de estrés calórico. Por esta razón debe darse mayor importancia a la condición ambiental que produce estrés calórico en las granjas de borregos de pelo.

Es necesario establecer la relación que guarda el THI que define el estrés calórico asociado con la producción y productividad de los borregos de pelo, así como la tasa de perdida con el incremento de THI.

Referencias

Alexander, G. (1974). Heat loss from sheep. In J.L. Monteith and L.E. Mount (Ed.), *Heat loss from animals and man. Assessment and Control* (pp. 173-203). Londres, Ing.: Proceedings of the Twentieth Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham. Butterworth & Co (Publishers) Ltd.

- Al-Haidary, A.A. (2004). Physiological Responses of Na imey Sheep to Heat Stress Challenge under Semi-Arid Environments. *Int. J. Agri. Biol.*, 6(2), 307–309.
- Cena, K. (1974). Radiative heat loss from animals and man. In J.L. Monteith and L.E. Mount (Ed.), *Heat loss from animals and man. Assessment and Control* (pp. 33-58). Londres, Ing.: Proceedings of the Twentieth Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham. Butterworth & Co (Publishers) Ltd.
- Curtis, S. E. (1983). *Environmental management in animal agriculture*. USA: Iowa State University, Ames.
- Du-Preez, J.H. (2000). Parameters for the determination and evaluation of heat stress in dairy cattle in South Africa. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 67, 263-271.
- Eyal, E. (1963a). Shorn and unshorn Awassi sheep I. Body temperature. *J. Agric. Sci.*, 60, 159-168.
- Eyal, E. (1963b). Shorn and unshorn Awassi sheep II. Pulse rate. *J. Agric. Sci.*, 60, 169-173.
- Eyal, E. (1963c). Shorn and unshorn Awassi sheep III. Respiration rate. *J. Agric. Sci.*, 60, 175-181.
- Finch, V.A. (1985). Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds. *Aust. J. Agric. Res.*, 36, 497-508.
- Gesualdi-Júnior, A., Viana-Sales, É. S., Souza-Freitas, R., Costa-Henry, F., Santos de Oliveira, V.P., and Ladeira de Souza Gesualdi, A. C. (2014). Effects of heat stress on the physiological parameters and productivity of hair sheep in tropical and coastal environments. *R. Bras. Zootec.*, 43(10), 556-560.
- Hahn, G.L. (1999). Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J Anim. Sci.*, 77(Suppl 2), 10–20.
- Herbut, P., Angrecka, S., and Walczak, J. (2018). Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—a review. *Int. J. Biometeor.*, 62, 2089–2097.
- Johnson, H.D. (1994). Animal Physiology. In J.F. Griffiths (Ed.), *Handbook of Agricultural Meteorology* (pp. 44–58). New York, USA: Oxford University Press.
- Lees, A.M., Sullivan, M. L., Olm, J. C. W., Cawdell-Smith, A. J., and Gaughan, J. B. (2019). A panting score index for sheep. *Int. J. Biometeor.*, 63, 973–978.
- Marai, I.F.M., El-Darawany, A.A., Fadiel, A., and Abdel-Hafez, M.A.M. (2007). Physiological traits as affected by heat stress in sheep—A review. *Small Ruminant Research*, 71, 1–12.
- Mendoza-González, A., Berumen-Alatorre, A.C., Santamaría-Mayo, E., y Vera y Cuspinera, G.G. (2010). *Diagnóstico clínico de ovinos*. Villahermosa, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-Fundación Produce Tabasco.
- Miranda-Neiva, J.N., Teixeira, M., Nogueira-Turco, S. H., Pinheiro de Oliveira, S. M., Araripe-Noronha Moura, A. A. (2004). Efeito do Estresse Climático sobre os Parâmetros Produtivos e Fisiológicos de Ovinos Santa Inês Mantidos em Confinamento na Região Litorânea do Nordeste do Brasil. *R. Bras. Zootec.*, 33(3), 668-678.
- Nienaber, J.A., and Hahn, G.L. (2007). Livestock production system management responses to thermal challenges. *Int. J. Biometeorol.*, 52, 149–157.
- Partida de la Peña, J.A., Braña, D., Jiménez, H., Ríos, F.G., y Buendía, G. (2013). *Producción de Carne Ovina*. Ajuchitlán, Colón, Qro.: Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal -Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Ruiz-Corral, J.A., González, I.J., Anguiano, J., Vizcaíno, I., Alcántar, J.J., Flores, H.E., y Regalado, J.R. (2004). *Clasificación climática del estado de Jalisco*. Guadalajara, Jalisco, México: INIFAP-CIRPAC.

- Scott, I.M., Johnson, H.D., and Hahn, G.L. (1983). Effect of programmed diurnal temperature cycles on plasma thyroxine level, body temperature, and feed intake of Holstein Dairy cows. *Int. J. Biometeorol.*, 27, 47–62.
- Sejian, V., Krishnan, G., Bagath, M., Vaswani, S., Pragna, P., Aleena, J., Lees, A. M., Maurya, V.P., and Bhatta, R. (2017). Measurement of Severity of Heat Stress in Sheep. In Sejian et al. (Ed.), *Sheep Production Adapting to Climate Change* (pp. 307-3018). Singapore Pte Ltd: Springer Nature.
- Shrode, R.R., Quazi, F.R., Rupel, I.W., and Leighton, R.E. (1960). Variation in Rectal Temperature, Respiration Rate, and Pulse Rate of Cattle as Related to Variation in Four Environmental Variables. *Journal of Dairy Science*, 43(9), 1235-1244.
- SIAP-SADER. (2019). *Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. Ovinos*. Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/ Fecha de acceso: 16-10-2019
- Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Prod. Sci.*, 67, 1–18.
- St-Pierre, N.R., Cobanov, B., y Schnitkey, G. (2003). Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.*, 86, E52-E77.
- Thom, E.C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12, 57–60.
- Wojtas, K., Cwynar, P., and Kolacz, R. (2014). Effect of thermal stress on physiological and blood parameters in merino sheep. *Bull, Vet, Inst, Pulawy*, 58, 283–288.

Humedales estacionales: Posibles escenarios ante el cambio climático. Caso Laguna de Sayula

Seasonal wetlands: Possible scenarios in the face of climate change. Case of Laguna de Sayula

GÜITRÓN-LÓPEZ, María Marcela†

Departamento de Ciencias Ambientales. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara

ID 1^{er} Autor: *María Marcela, Güitrón-López* / **ORC ID:** 0000-0003-1379-4658, **CVU CONACYT ID:** 969450

Resumen

Las poblaciones de aves han disminuido a través del tiempo debido a factores como la destrucción y fragmentación de sus hábitats, la contaminación, la sobreexplotación y el cambio climático. Las proyecciones indican que durante los próximos decenios la precipitación tenderá a concentrarse en episodios más intensos, separados por periodos más prolongados de precipitación escasa. Los lagos y lagunas endorreicas son los ecosistemas más vulnerables a los cambios de clima debido a su sensibilidad a las alteraciones del balance entre el insumo hídrico y la evaporación. La Laguna de Sayula, ubicada al sur del estado de Jalisco en una cuenca endorreica, es un humedal de importancia internacional por su riqueza y grandes concentraciones de aves acuáticas migratorias de otras latitudes. Estudios a largo plazo realizados en la zona revelan cambios en la presencia y distribución de las especies debido a alteraciones en las precipitaciones, lo que podría esperarse siga hacia el futuro por los escenarios predichos ante los potenciales cambios del clima.

Aves Acuáticas, Cambio Climático, Embalses, Humedales

Abstract

Bird populations have declined over time due to factors such as destruction and fragmentation of their habitats, pollution, overexploitation and climate change. Projections indicate that during the next decades precipitation will tend to be concentrated in more intense episodes, separated by longer periods of scarce precipitation. Endorheic lakes and lagoons are the most vulnerable ecosystems to climate changes due to their sensitivity to balance alterations between water input and evaporation. Sayula Lagoon, located south of the state of Jalisco in an endorheic basin, is a wetland of international importance for its richness and large concentrations of migratory waterfowl from other latitudes. Long-term studies conducted in the area reveal changes in the presence and distribution of species due to alterations in rainfall, which could be expected to continue in the future due to the scenarios predicted in the face of potential climate changes.

Climate Change, Reservoirs, Water Birds, Wetlands

Introducción

Nuestro planeta enfrenta una de las mayores amenazas de su historia a raíz de una modificación gradual del clima, provocada principalmente por la excesiva emisión de bióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. El patrón de lluvias ha cambiado, ahora son más intensas y prolongadas en algunas regiones, mientras que en otras zonas se agudizan las sequías. Asimismo, eventos como huracanes y ciclones se presentan cada vez con mayor frecuencia, y como resultado del deshielo en los polos, el nivel medio del mar se ha incrementado. En consecuencia, ya hay impactos negativos en los seres vivos, sobre todo en los que habitan en los cuerpos de agua, y es de esperarse que los daños aumenten de manera progresiva (González y Vallarino, 2012).

Desde el punto de vista de la biodiversidad se ha documentado que el cambio climático (CC) afecta directa e indirectamente a individuos, poblaciones y especies, así como a los ecosistemas en su composición y función (Parmesan, 2006; IPCC, 2007; Janetos et al. 2008). Este cambio puede generar pérdida del hábitat, de componentes del ecosistema y de interacciones intra e interespecífica, así como aumento en la distribución de especies invasoras, modificaciones en los patrones de la migración de los organismos, en el tamaño y distribución de las poblaciones, entre otros aspectos (Peterson et al., 2002; Crick, 2004; Lemoine et al., 2007; Ballesteros-Barrera, 2008; Huang y Geiger, 2008). Es decir, genera cambios dentro de la diversidad biológica tanto en su composición, estructura y función a diferentes escalas temporales y espaciales. Entre los grupos de fauna que han sido más estudiados por su respuesta rápida al CC están las aves (Crick, 2004; Sekercioglu et al., 2008). Algunos expertos prevén que el cambio climático deteriorará el estado de conservación de algunas aves y describen los potenciales impactos del aumento de la temperatura y la reducción de la precipitación en áreas de América Latina y el Caribe en sistemas montañosos, costeros e insulares, acuáticos y bosques de tierras bajas. El Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014) concluye, más allá de toda duda razonable, que el clima de la Tierra se está calentando. Desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios.

Los seres humanos han alterado la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas del mundo de manera más rápida y generalizada que en ningún otro periodo de la historia de la humanidad (Duarte et al., 2009). El cambio climático ha sido reconocido como uno de los retos principales que enfrentará la humanidad en el presente siglo (Martínez-Austria y Patiño-Gómez, 2012).

Implicaciones del cambio climático (CC) sobre los ecosistemas acuáticos continentales

Las interacciones entre clima e hidrología son tan estrechas que cualquier cambio afecta en una doble dirección. Por un lado, los cambios en las variables climáticas (e.g. temperatura y precipitación) producen impactos significativos en los recursos hídricos, y a partir de éstos en las sociedades y los ecosistemas. Por otro, los cambios inducidos por el ser humano en los recursos hídricos (e.g. embalses, sistemas de irrigación, sobreexplotación de acuíferos) influyen en las condiciones climáticas (Camarsa et al., 2010). La Convención Ramsar (COP10, marzo de 2007) afirma que el CC se dejará sentir de forma más pronunciada en los humedales de agua dulce continentales a través de la alteración de las precipitaciones y de una mayor frecuencia o intensidad de los fenómenos perturbadores (aumento de las temperaturas, descenso en las precipitaciones, sequías, tormentas, inundaciones). Los lagos endorreicos (cerrados y estacionales) son los más vulnerables a los cambios de clima, debido a su sensibilidad a las alteraciones del balance entre el insumo hídrico y la evaporación. En estos lagos, la alteración del insumo hídrico podría tener efectos muy notables y, en algunas condiciones climáticas, el lago podría desaparecer completamente. Por lo tanto un pequeño aumento de la variabilidad de los regímenes de precipitación puede afectar de manera importante a la flora y fauna de los humedales (Keddy, 2000; Burkett y Kusler, 2000). En estos humedales estacionales la biodiversidad puede resultar muy afectada por los cambios de precipitación y de humedad del suelo (Bauder, 2005).

Las lagunas de cuencas endorreicas son uno más de los muchos focos de atención para la conservación de la biodiversidad en México, donde algunos humedales se han visto seriamente afectados ante el CC, lo que ha provocado desajustes entre el tiempo de migración y la disponibilidad de alimento. Los cambios en la precipitación esperados bajo el CC muestran con claridad que las lluvias en México disminuirán en casi todo el país pero especialmente hacia la zona occidente con cambios porcentuales más pronunciados en invierno que en verano (Magaña y Caetano, 2007). Podemos citar el ejemplo de la Laguna de Sayula, localizada en el occidente del país y al sur del estado de Jalisco. Se trata de una laguna estacional ubicada en una cuenca endorreica.

Presenta una elevada riqueza de aves si se compara con otros humedales de Jalisco: 73 especies de aves acuáticas; de estas el 66% son migratorias de invierno. La mayoría de estas aves siguen la llamada ruta del Centro y llegan a la región en busca de un sitio de descanso, alimento y anidación. La Laguna de Sayula se hace más vulnerable por depender de las precipitaciones (julio a octubre). El área cubierta por agua varía notablemente durante el año y paulatinamente se va secando dando lugar a la formación de extensas playas de suelos salitrosos. Esta variación también se presenta de manera interanual, de acuerdo a estudios realizados en la zona (Güitrón-López et al., 2018), lo que la hace ser un ecosistema muy dinámico.

El futuro de los embalses intermitentes

Los ecosistemas acuáticos continentales son muy diversos, incluidos en cuencas hidrográficas muy grandes, a menudo dependen de las aguas subterráneas y experimentan intensas fluctuaciones hídricas, relacionadas con el balance hídrico local, que afectan a su funcionamiento ecológico. Muchos de estos son humedales endorreicos y ecosistemas temporales, con floras y faunas singulares. Con un gran nivel de certeza se puede asegurar que el CC hará que parte de estos ecosistemas pasen de ser permanentes a estacionales, y algunos de estos desaparecerán. La biodiversidad de muchos de ellos se reducirá y sus ciclos biogeoquímicos se verán alterados. La magnitud de estos cambios aún no puede precisarse. Los ecosistemas más afectados serán: ambientes endorreicos, lagos, lagunas, ríos y arroyos de alta montaña, humedales costeros y ambientes dependientes de las aguas subterráneas (Álvarez et al., 2005).

Se estima que el impacto climático a corto plazo (2010-2040) implicará una reducción de los recursos hídricos de aproximadamente un 19% y a largo plazo (2040-2100) una reducción de entre un 40-50%; esto implica que cada vez tengan más relevancia los modelos de previsión en la gestión de las cuencas hidrográficas en relación con la sostenibilidad a corto y largo plazo (Martínez, 2013).

Hay cada vez más evidencias provenientes de todo el mundo de que las especies y ecosistemas se están transformando debido al CC (Walther et al., 2002). Muchos de esos cambios son cíclicos y, por lo tanto, son más evidentes en latitudes templadas donde el inicio de las estaciones se puede monitorear fácilmente. En muchos países se han observado cambios en los patrones migratorios (Parmesan, 2006). Se tiene bien documentado que las alteraciones climáticas ya están teniendo efectos en la biodiversidad a diferentes niveles (IPCC, 2002). Por ejemplo, se han detectado cambios en la fenología de plantas (Myneni et al., 1997), en la fisiología de algunos mamíferos (Smith et al. 1998), en los patrones de reproducción y fecundidad en ciertas especies de ranas y aves (Beebee, 1995; Crick et al., 1997), en patrones de migración e hibernación en algunas especies de aves e insectos (Both y Visser, 2001), y movimientos en los límites de distribución hacia los polos o hacia altitudes mayores en algunas variedades de mariposas y aves, así como en plantas (Hansen et al., 2001; Parmesan, 1996; Pounds et al., 1999; Thomas y Lennon, 1999).

En los ecosistemas acuáticos, algunos de los efectos adversos del CC que ya están teniendo consecuencias sobre su biodiversidad y que podrían incrementarse dependiendo de las acciones de mitigación son: 1) reducción de los caudales y espejos de agua, 2) posibles cambios de condiciones fisicoquímicas, 3) alteración de la cadena trófica, 4) reducción de la cobertura vegetal por efectos sinérgico del CC y uso de la tierra, 5) comienzo de procesos de desertificación: a) erosión y fragmentación de hábitats, b) disminución de la eficiencia del uso del agua por los ecosistemas naturales, c) extinciones locales en especies de humedales por desecación de lagunas, y d) propagación de enfermedades transmitidas por vectores.

Las aves acuáticas

Según las predicciones hay ciertas regiones, como la parte occidental de México, que presentan cambios drásticos en la precipitación para el invierno, en tanto que otras permanecen sin cambios significativos (Magaña y Caetano, 2007). En este caso las aves migratorias invernales si no alteraran su temporalidad y migraran hacia el sur, encontrarían una reducción en el área de inundación de humedales por la disminución en la precipitación, no encontrarían humedales suficientemente vastos con las condiciones hidrológicas y de abastecimiento de alimento y se crearía una competencia con las especies residentes por el espacio y el alimento.

Expertos afirman que el problema no es tanto el cambio en las condiciones climáticas del planeta, sino la velocidad a la que produce, ya que, según han dicho la adaptación de los animales requiere mucho tiempo, pero el cambio es tan rápido que algunas especies no pueden hacerle frente. Las especies más susceptibles al CC están agrupadas en aquellas con: a) dependencia de un hábitat y/o un microhábitat especializado, b) reducida tolerancia o umbrales ambientales muy estrechos que son susceptibles de ser sobrepasados en cualquiera de las etapas del ciclo vital, c) dependencia de un detonante o señal ambiental específica que es susceptible de sufrir una perturbación, d) dependencia de interacciones interespecíficas susceptibles de sufrir perturbaciones, y e) limitada capacidad de dispersión o de colonización de zonas nuevas o más favorables. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha recopilado información sobre estas características biológicas para todas las especies de aves (10,500). Cuando una especie posee una o varias características asociadas a los impactos negativos del CC, se la califica como “sensible al cambio climático”. Al compilar los datos obtenidos, los primeros resultados sugieren que cerca del 35%, de estas serían sensibles al CC, dentro de estas algunas especies amenazadas (Vié et al., 2009).

Existen incontables estudios que intentan predecir cuáles serán las distribuciones en el futuro en base a los diversos escenarios de cambio climático propuestos con objeto de optimizar los planes de gestión y conservación de la biodiversidad (Iverson y Prasad, 1998; Townsend-Peterson et al., 2004; Thuiller et al., 2005; Araújo et al., 2006; Huntley et al., 2007; Sekercioglu et al., 2008). Las predicciones que se derivan de todos ellos coinciden con las evidencias empíricas que ya se han podido observar: las poblaciones están colonizando regiones más frías, bien al moverse más al norte (Parmesan et al., 1999; Parmesan y Yohe, 2003; Hickling et al., 2006) o a mayor altitud (Wilson et al., 2005; Kely y Goulden, 2008; Lenoir et al., 2008; Moritz et al., 2008). En lugares donde la temperatura y la precipitación son los principales factores limitantes para la distribución de una especie, como es el caso de las lagunas intermitentes, se puede anticipar que los mapas de distribución de muchas especies cambiarán. Algunos individuos podrán emigrar en medida que sus condiciones ecológicas óptimas cambien.

Escenarios de Cambio Climático

La razón principal de desarrollar diferentes escenarios es explorar las incertidumbres que están detrás de las tendencias potenciales entre los desarrollos globales y las emisiones de gases invernadero, así como los agentes clave que influyen en ellas. Sin embargo, debido a que los escenarios de emisión son predicciones de largo plazo, también es posible que la tendencia actual no resulte en una desviación de largo plazo de las posibilidades descritas por estos escenarios de emisión.

A nivel de las poblaciones, estas respuestas varían dependiendo de las especies y su capacidad de respuesta a los cambios, es decir, hay especies que tienen gran amplitud de su nicho (generalistas) que se pueden ver beneficiadas por las modificaciones en el clima por lo que podrían responder aumentando sus poblaciones e incluso aumentado su área de distribución geográfica. Sin embargo, existen otras especies con una reducida amplitud de su nicho (especialistas) que potencialmente se verán afectadas más drásticamente por los cambios, es decir tienen una mayor sensibilidad al efecto del cambio climático (Vié et al., 2009).

Para las aves de México, han predicho escenarios y modelos usados, así como años (del 2020 al 2080), diferentes grupos de aves (prioritarias, endémicas, migratorias) temas (distribución, conservación, modelación) y escalas analizadas (regional, estatal y nacional). Los pocos trabajos publicados sobre el efecto del CCG en las aves de México sugieren que algunas especies podrían extinguirse localmente o ampliar su distribución dependiendo de sus capacidades de dispersión (Peterson et al., 2001), de su amplitud de nicho (Peterson et al., 2002) y de su nicho actual (Bravo-Cadena, 2010). Según Peterson et al. (2002) el recambio de las especies en las comunidades de aves en México podría superar el 40% para el año 2055, ya que muchas especies podrían desaparecer o ser desplazadas por otras. Los cambios en la precipitación esperados bajo el cambio climático han sido presentados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC AR4) y muestran con claridad que las lluvias en México disminuirán en casi todo el país pero especialmente hacia la zona occidente (Magaña y Caetano, 2007).

El riesgo de extinción va a aumentar para muchas especies que ya son vulnerables. Las especies con rangos climáticos limitados y/o pequeñas poblaciones son normalmente las más vulnerables a la extinción. Entre éstas figuran la biota restringida insular (por ejemplo, las cigüeñas que anidan en islas y migran a humedales interiores) o costeras (manglares y humedales costeros). En contraste con esto, las especies con gamas amplias y no irregulares, con mecanismos de dispersión de largo alcance y grandes poblaciones tienen un riesgo de extinción menor. En algunas regiones podría darse un aumento de biodiversidad local (normalmente como consecuencia de la introducción de especies) pero las consecuencias a largo plazo son muy difíciles de predecir (Arribas et al., 2012).

Caso Laguna de Sayula, un embalse intermitente

La Laguna de Sayula, se encuentra en la Región Hidrológica Lerma-Santiago, que junto con otras forman cuencas que se conocen como endorreicas o cerradas. Su drenaje es radial, con arroyos perennes e intermitentes que en épocas de lluvias descargan las aguas a las partes bajas del valle. Dependiendo del temporal de lluvias, en algunos años se llega a quedar sin agua. Casi todos los años conserva alguna cantidad de agua hasta el mes de junio. Las playas de las lagunas no tienen, por esta razón, orillas definidas. En la cuenca Laguna de Sayula sus principales depósitos son el vaso lacustre, la presa La Joya, algunos manantiales, arroyos permanentes y pequeños arroyos de caudal solamente en época de lluvias. La precipitación promedio anual registrada en los últimos cinco años es de 818.6 mm, con régimen de lluvias que va desde fines de mayo hasta el mes de septiembre y en algunos casos hasta octubre.

Las precipitaciones que se tienen registradas en esta Región Hidrológica denotan las irregularidades y carencias del precipitado líquido, lo que generó la clasificación de varios de los municipios que se encuentran en la cuenca con una Intensidad de Sequía denominada "Anormalmente Seca", dentro del Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE).

De acuerdo con el procedimiento establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, la Disponibilidad Media Anual de Aguas Subterráneas en la Cuenca Laguna de Sayula, indica que existe un déficit, por lo que actualmente no existe volumen disponible para concesiones (CEAJ 2015).

La falta de un decreto de protección estatal o federal pone en riesgo el futuro del humedal por el cambio de uso del suelo, aunado esto al efecto potencial del CCG junto con el desarrollo rural y agrícola, y porque no, también urbano, podría llevar a la extinción local de muchos tipos de aves acuáticas que dependen de los diferentes ambientes que ofrece y que no se encuentran en otros humedales.

Un estudio a largo plazo

Para conocer la dinámica temporal anual e interanual de la avifauna acuática en la Laguna de Sayula (LS), se realizó un estudio a largo plazo que abarcó cinco temporadas invernales (Güitrón-López et al., 2018). Durante este tiempo se observaron variaciones temporales y espaciales en riqueza, abundancia y composición de especies dentro del vaso lacustre, lo que era de esperarse por ser una laguna estacional que depende de las precipitaciones pluviales para abastecer los diferentes hábitats acuáticos que ofrece y que presenta cambios drásticos en el paisaje hasta casi su completa desecación durante el estiaje. La dinámica interanual presentó amplias diferencias en abundancia y distribución de las aves. Como parte de los resultados se tienen registros de las respuestas a la variación estacional y a la estructura del paisaje que siguen los organismos, de acuerdo a la disponibilidad de los distintos tipos de hábitats y a su disposición espacial. Estos patrones presentaron diferencias interanuales, mostrando una similitud en riqueza y abundancia entre las temporadas más distantes y una diferencia notable con el resto. El año más seco (511 mm) presentó los valores más bajos de riqueza y abundancia (4348), en contraste el año con la mayor precipitación (838 mm) registró los valores más altos (25811 individuos). Así mismo la distribución de los organismos respondió a la variación estacional y a la estructura del paisaje. En las diferentes temporadas de migración se presentaron nuevos registros para la zona y para el interior del Estado, así como avistamientos de especies vagabundas y accidentales, que pudieron estar asociados a cambios ambientales (Güitrón y Huerta, 2018).

Los resultados muestran que en un plazo de ocho años (del 2004 al 2011) se presentaron cambios en la presencia y distribución de las especies (Güitrón y Huerta, 2018) debido a alteraciones en las precipitaciones, lo que podría esperarse siga hacia el futuro por los escenarios predichos ante los potenciales cambios del clima. Las especies podrían responder con la capacidad de desplazarse a otros humedales cercanos donde las condiciones climáticas fueran idóneas que les permitiera colonizarlos. Algunas especies podrían mostrar expansiones de sus rangos de distribución y podría presentarse también que existieran contracciones de los rangos de distribución especialmente en especies con rangos de distribución restringida como las especies raras o especies amenazadas.

Conclusiones

El cambio climático afectará sustancialmente los recursos hídricos actualmente disponibles en el mundo. Las series históricas, consideradas hasta ahora como estadísticamente representativas del ciclo hidrológico local, no serán suficientes para la gestión futura del agua, por lo que será necesario contar con mejores modelos basados en escenarios de cambio climático. En las latitudes en las que se ubica México, los efectos esperados del cambio climático serán un incremento importante de temperaturas (superior a 3 °C) y una disminución en la precipitación (superior al 15% en promedio nacional anual). Como consecuencia, se verá disminuido el escurrimiento superficial y la recarga de acuíferos y, por lo tanto, la disponibilidad de agua, lo que se sumará al estrés hídrico que producirá el crecimiento poblacional y económico previsto en el siglo XXI (Martínez-Austria y Patiño-Gómez, 2012).

Aunque los pronósticos sobre el cambio climático señalan que en los próximos 50 años la temperatura mundial continuará aumentando, aún es muy incierto el impacto de este fenómeno en los patrones de distribución de las precipitaciones en casi todo el mundo (IPCC, 2007). Ante esto se recomienda diseñar y priorizar acciones de adaptación a los efectos del cambio climático en las regiones hidrológicas más vulnerables de México, como lo son los embalses intermitentes, y con ello el planteamiento de políticas públicas que permitan a las futuras generaciones contar con las condiciones mínimas de sustentabilidad hídrica en el país. Lo que no es incierto, y lo confirman los expertos, es que el cuidado de los humedales y su correcto manejo son parte de la solución al problema del cambio climático. Estos ecosistemas y su biodiversidad también tienen un papel que desempeñar en la mitigación del cambio climático y serán importantes para ayudar a los humanos a adaptarse al cambio gracias a su función esencial de garantizar agua y alimentos.

Referencias

- Álvarez, C.M., M. J. Catalán, D. García de Jalón (2005). Impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales. En: Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del Cambio Climático (J. M. Moreno, coordinador), Ministerio de Medio Ambiente, 113-146.
- Araújo, M., Thuiller W. y Pearson R. (2006). Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography* 33: 1712-1728
- Arauz, P. (2015). Impacto potencial del cambio climático en la distribución de aves frugívoras en el gradiente altitudinal Caribe-Villa Mills en Costa Rica. Tesis de Posgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica.
- Ruiz, C., Sánchez, J., Ramírez, G., Ramírez, J., Durán, P., de la Cruz, L., Medina, G., Rodríguez, V. y Zarazúa, P. (2014). Cambio climático en México y distribución potencial del grupo racial de maíz cónico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(spe 10), 1871-1883. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v0i10.1023>
- Arribas, P., Abellán, P., Velasco, J., Bilton, D., Lobo, J., Millán, A. y Sánchez-Fernández, D. (2012). Species vulnerability under climate change, a new challenge for biodiversity conservation. *Ecosistemas* 21(3): 79-84. Doi: 10.7818/ECOS.2012.21-3.10
- Ballesteros-Barrera, C. (2008). Efecto del cambio climático global en la distribución de especies del Desierto Chihuahuense. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México D.F.
- Bauder, E. (2005). The effects of an unpredictable precipitation regime on vernal pool hydrology. *Freshw. Biol.*, 50: 2129–2135
- Beebee, T. 1995. Amphibian breeding and climate. *Nature* 374: 219-220.
- Bonada, N., Doledec, S., Statzner, B. (2007). Taxonomic and biological trait differences of stream macroinvertebrate communities between mediterranean and temperate regions: implications for future climatic scenarios. *Global Change Biology* 13: 1658–1671.
- Both, C. y Visser, M. (2001). Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature*. 411: 296-298. Burkett, V. y Kusler, J. (2000). Climate change: Potential impacts and interactions in wetlands of the United States. *Journal of the American Water Resources Association* 36: 313.
- Camarsa, G., Toland, J., Gardner, S., Jones, W., Eldridge, J., Thévignot, Ch. (2010). Water for life - LIFE for water: Protecting Europe's water resources. *Life Focus*. European Union. doi 10.2779/22224
- Cavazos, T., Salinas, J., Martínez, B., Colorado, G., de Grau, P. y Prieto, R. (2013). Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional. Informe final. SEMARNAT, INECC, CICESE, IMTA, UNAM. Recuperado de: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012_estudio_cc_vyagef12.pdf.
- CEAJ (Comisión Estatal del Agua del Estado de Jalisco) (2015). Ficha Técnica Hidrológica del Municipio de Sayula. Gobierno de Jalisco. México. Recuperado de: http://www.ceajjalisco.gob.mx/doc/fichas_hidrologicas/region3/sayula.pdf
- Chessman, B. (2009). Climatic changes and 13-year trends in stream macroinvertebrate assemblages in New South Wales, Australia. *Global Change Biology* 15: 2791–2802.
- Crick, H. (2004). The impact of climate change on birds. *Ibis*. 146:48–56.
- Duarte, M. (coord.) (2009). Cambio global, Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. Abanades, J., Agustí, S., Alonso, S., Benito, G., Ciscar, J., Dachs, J., Grimalt, J., López, I., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A., Simó, R. y Valladares, F. CSIC. Colección Divulgación. Madrid.

- Espinar, J., García, L., García, P. y Toja, J. (2002). Submerged macrophyte zonation in a Mediterranean salt marsh: a facilitation effect from established helophytes? *Journal of Vegetation Science* 13: 1-15.
- Güitrón, L. y Huerta, M. (2018). Nuevos registros de aves acuáticas para el interior del Estado de Jalisco: caso Laguna de Sayula, México. *Acta Universitaria*, 28 (6), 14-19. doi: 10.15174/ au.2018.1945
- Güitrón-López, M., Huerta-Martínez, F., Báez-Montes, O., Estrada-Sillas, Y. y Cha-pa-Vargas, L. (2018). Temporal and spatial variation of waterbirds at Sayula Lagoon, Jalisco, Mexico: a five-year winter season study. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 16: 135-150, Doi: <https://doi.org/10.32800/amz.2018.16.0135>
- Iverson, I. y Prasad, A. (1998). Predicting abundance of 80 tree species following climate change in the eastern United States. *Ecol. Monogr.* 68: 465-485.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2002). Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico V del IPCC. H. Gitay, A. Suárez, R. Watson y D. Dokken (eds.). Ginebra. 85 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007). Cambio climático 2007: informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, R. Pachauri y A. Reisinger (eds.). Ginebra. 104 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014). El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC ¿Qué implica para Latinoamérica? Resumen Ejecutivo. Alianza, Clima y Desarrollo, y Overseas Development Institute. Recuperado de: <https://cdkn.org/wp-content/uploads/2014/12/INFORME-del-IPCC-Que-implica-para-Latinoamerica-CDKN.pdf>
- Hickling R, Roy, D., Hill, J., Fox, R. y Thomas, C. (2006). The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology* 12: 450-455.
- Huang, C y Geiger, E. (2008). Climate anomalies provide opportunities for large-scale mapping of non-native plant abundance in desert grasslands. *Divers Distrib.* 14:875-884.
- Myneni R., Keeling, C., Tucker, C., Asrar, G. y Nemani, R. (1997). Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature*, 386: 698-702.
- Perkins, D., Reiss, J., Yvon-Durocher, G., y Woodward, G. (2010). Global change and food webs in running waters. *Hydrobiologia*. DOI 10.1007/s10750-009-0080-7
- Smith, P., Powlson, D., Smith, J. y Elliot, E. (1997). Evaluation and comparison of soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. *Geoderma* 81 (Special Issue), 225.
- González Z. y Vallarino, A. (2012). Las aves acuáticas ante el cambio climático global. *Ecofronteras* Núm. 45, mayo/agosto.
- Martínez, Ll. (2013). Evaluación del Impacto del Cambio Climático en Cuencas Hidrográficas. Agua, Medio Ambiente, Construcción, Ing. Civil, Salud, Calidad de Vida, Sostenibilidad. Red de divulgación de la Ciudad Politécnica de la Innovación. Recuperado de: <https://cpipolinnova.wordpress.com/2013/03/21/nuevo-modelo-para-la-evaluacion-del-impacto-del-cambio-climatico-en-cuencas-hidrograficas/>
- Hansen, A., Neilson, R., Dale, V., Flather, C., Iverson, L., Currie, D., Shafer, S., Cook, R. y Bartlein, P. (2001). Global change in forests: Responses of species, communities, and biomes interactions between climate change and land use are projected to cause large shifts in biodiversity. *BioScience* 51(9): 765-779.
- Huntley, B., y Green, R. (2011). The utility of bioclimatic models for projecting future changes in the distribution of birds in response to climate change. In R. T. Watson, T. J. Cade, M. Fuller, G. Hunt, and E. Potapov (Eds.). *Gyrfalcons and Ptarmigan in a Changing World*. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA. <http://dx.doi.org/10.4080/gpcw.2011.0111>

- Keddy, W. (2000). *Wetland ecology: Principles and conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 614.
- Kelly A. y Goulden, M. (2008). Rapid shifts in plant distribution with recent climate change. *PNAS*, 105: 11823–11826.
- Lenoir, J., Gégout, J., Marquet, P., de Ruffray, P. y Brisse, H. (2008). A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science*, 320(5884): 1768-1771.
- Lemoine, N., Bauer, B., Peintinger, M. y Böhning-Gaese, K. (2007). Effects of Climate and Land-Use Change on Species Abundance in a Central European Bird Community. *Conserv. Biol.* 21: 495–503.
- Magaña V. y Caetano, E. (2007). Pronóstico climático estacional regionalizado para la República Mexicana como elemento para la reducción de riesgo, para la identificación de opciones de adaptación al cambio climático y para la alimentación del sistema: cambio climático por estado y por sector (informe final). Dirección General de Investigación sobre Cambio Climático, SEMARNAT-INE. 41 pp.
- Martínez-Austria, P. y Patiño-Gómez, C. (2012). Effects of climate change on water availability in Mexico. *Water Technology and Sciences* (in Spanish). Vol. III, No. 1, January-March, pp. 5-20.
- Moritz, C., Patton, J., Conroy, C., Parra, J., White, G. y Beissinger, S. (2008). Impact of a century of climate change on small-mammal communities in Yosemite National Park USA. *Science*, 322, pp. 261-264
- Perkins, D., Reiss, J., Yvon-Durocher, G. y Woodward, G. (2010). Global change and food webs in running waters. *Hydrobiologia*. DOI 10.1007/s10750-009-0080-7
- Peterson, A., Ortega-Huerta, M., Bartley, J., Sánchez-Cordero, J., Soberón, J., R., Buddemeier y Stockwell, D. (2002). Future projections form Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626-629
- Sekercioglu, C., Schneider, S., Fay, J. y Loarie, S. (2008). Climate change, elevational range shifts, and bird extinctions. *Conservation Biology*, 22:140-150. *Conservation Biology*. Doi: 10.1111/j.1523-1739.2007.00852.x
- Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. y Midgley, M. (eds.) (2013). *IPCC: Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press/Cambridge, Reino Unido/Nueva York.
- Townsend-Peterson, A., Scachetti, R y Hargrove, W. (2004). Potential geographic distribution of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) in North America. *American Midland Naturalist* 151: 170-178.
- Thuiller W, Lavorel, S., Araújo, M., Sykes y M., Prentice, I. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 102:8245–8250.
- Parmesan, C. (1996). Climate and species? range. *Nature* 382: 765-766
- Parmesan, C., Ryrholm, N., Stefanescu, C., Hill, J., Thomas, J. y Descimon, H. (1999). Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399: 579–583.
- Parmesan, C. y Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421: 37–42.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary response to recent climatic change. *Annual Review of Ecology and Systematics* 37:637-669.

Pounds J., Fogden, M. y Campbell, J. (1999). Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398: 611-615.

Thomas, C. y Lennon, J. (1999). Birds extend their ranges northwards. *Nature* 399: 213

Wilson, R., Gutiérrez, D., Gutiérrez, J., Martínez, D., Agudo, R. y Montserrat, V. (2005). Changes to the elevational limits y extent of species ranges associated with climate change. *Ecology Letters* 8: 1138-1146.

Vié, J., Hilton-Taylor, C., Stuart, S. (eds.) (2009). *Wildlife in a changing world-an analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN, Gland.

Walther, G., Beibner, S. y Burga, A. (2005). Trends in the upward shift of alpine plants. *Journal of Vegetation Science* 16:541-548.

Instructions for Scientific, Technological and Innovation Publication

Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1st author: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID) and CVU 1st author: (Scholar-PNPC or SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1st coauthor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID) and CVU 1st coauthor: (Scholar or SNI) (No.10 Times New Roman)

ID 2nd coauthor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID) and CVU 2nd coauthor: (Scholar or SNI) (No.10 Times New Roman)

ID 3rd coauthor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID) and CVU 3rd coauthor: (Scholar or SNI) (No.10 Times New Roman)

(Report Submission Date: Month, Day, and Year); Accepted (Insert date of Acceptance: Use Only ECORFAN)

Citación: Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 1^{er} Autor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 1^{er} Coautor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 2^{do} Coautor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 3^{er} Coautor. Apellido

Correo institucional [Times New Roman No.10]

Primera letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre Editores. Apellidos (Dir.) *Título del Collection [Times New Roman No.10]*, Temas Selectos del área que corresponde ©ECORFAN- Filial, Año.

Instructions for Scientific, Technological and Innovation Publication

Abstract

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo, en inglés.

Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.12

1 Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?.

Enfocar claramente cada una de sus características.

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Capítulo.

Desarrollo de Secciones y Apartados del Capítulo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Capítulos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Capítulo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

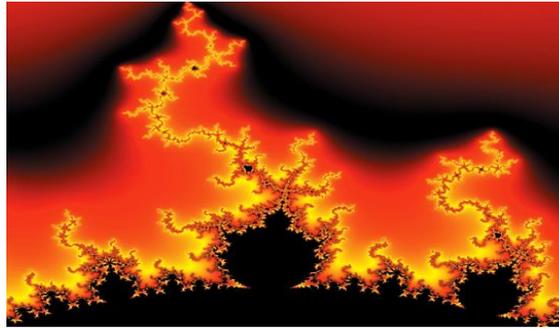
[Indicando el título en la parte Superior con Times New Roman No.12 y Negrita, señalando la fuente en la parte Inferior centrada con Times New Roman No. 10]

Tabla 1.1 Título

Particiones	Valores	Log
P1	7.58	0.88
P2	7.62	0.88
P3	7.58	0.88
P4	7.59	0.88
P5	7.57	0.88
P6	7.58	0.88
P7	7.57	0.88

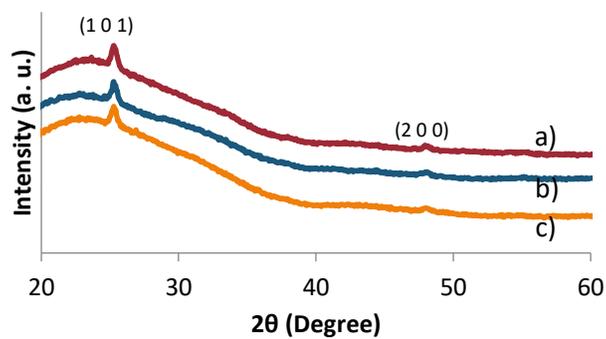
Fuente de Consulta:
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Figura 1.1 Título



Fuente de Consulta:
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Gráfico 1.1 Título



Fuente de Consulta:
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Cada Capítulo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$P = \frac{[V_V - P_V]^{1/2}}{V_O - P^{Uh}} + \frac{3}{4} \left[\frac{(P^{VL})}{(P_u)} \right] \rightarrow \int_V^a L_a \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados.

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Capítulo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Instructions for Scientific, Technological and Innovation Publication

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo, en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Capítulo.

Ficha Técnica

Cada Capítulo deberá presentar en un documento Word (.docx):

Nombre del Collection

Título del Capítulo

Abstract

Keywords

Secciones del Capítulo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

ECORFAN Collections se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar la Obra Científica a la Política Editorial del ECORFAN Collections. Una vez aceptada la Obra Científica en su versión final, el ECORFAN Collections enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación de la Obra Científica.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito de la Obra Científica, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de la Obra Científica que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes de la Obra Científica deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia de la Obra Científica propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título de la Obra Científica:

- El envío de una Obra Científica a ECORFAN Collections emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Obra Científica, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en esta Obra Científica ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en la Obra Científica, así como las teorías y los datos procedentes de otras Obras Científicas previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Obra Científica se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding México considere pertinentes para divulgación y difusión de su Obra Científica cediendo sus Derechos de Obra Científica.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de esta Obra Científica se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en la Obra Científica.

Copyright y Acceso

La publicación de esta Obra Científica supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding México para su ECORFAN Collections, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada de la Obra Científica y la puesta a disposición de la Obra Científica en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título de la Obra Científica:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre la Obra Científica enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio a la Obra Científica el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de la Obra Científica. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con la Obra Científica que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter la Obra Científica a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Obras Científicas son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Obra Científica definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza de la Obra Científica presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Collections con PLAGSCAN

Evaluación de Obra Científica

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Obra Científica

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Publicación de Obra Científica

Certificado de Obra Científica

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

143 - 50 Itzopan, Ecatepec de Morelos – México. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan),sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

143 - 50 Itzopan, Ecatepec de Morelos – México.

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre – Bolivia.

38 Matacerquillas, CP-28411. Morzarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenida, Salinas I - Santa Elena-Ecuador.

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Camerún.

Avenida Suroeste, San Sebastian - León-Nicaragua.

31 Kinshasa 6593- Republique Démocratique du Congo.

Avenida San Quentin, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 kilómetros, carretera estadounidense, casa Terra Alta, D7 Mixco Zona 1-Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Capitán, CP-2060. Luque City- Paraguay.

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán.

43 Calle # 30 -90 B. El Triunfo CP.50001. Bogotá-Colombia.

