



KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen 27

Número 58

Mayo-Agosto 2021

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas



DISTRIBUCIÓN, HÁBITAT Y FENOLOGÍA

Esta especie se distribuye en México en los estados de San Luis Potosí, Puebla, Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Campeche, Chiapas, Yucatán y Quintana Roo, así como en Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Hábita en bosques tropicales húmedos, bosques semi-caducifolios y selvas secas, a veces, en bancales en bosques templados o de coníferas, desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1000 m de altitud.

En el Estado de Tabasco la especie se ha registrado en los municipios de Cárdenas, Tuxtla y Teapa dentro de selvas altas perennifolia y selva mediana subperennifolia.

Florece principalmente de abril a junio, e reduce en julio en aquellos lugares donde el clima es templado.

USOS

Es una especie de uso ornamental, de hecho, la más popular de todos los miembros de su género, debido al aroma a cacao de sus flores, que puede apreciarse por las mariposas, además de su fácil cultivo y sus atractivas flores.

DISTRIBUCIÓN, HÁBITAT Y FENOLOGÍA

Maxillaria Lindl. es una epífita epífito arbórea de crecimiento lento que puede vivir hasta 50 años. En todo el mundo, se cultiva en jardines y en casa. En México, se encuentra en los estados de Chiapas, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Hábita en bosques tropicales húmedos, bosques semi-caducifolios y selvas secas, a veces, en bancales en bosques templados o de coníferas, desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1000 m de altitud.

USOS

Maxillaria Lindl. es una epífita epífito arbórea de crecimiento lento que puede vivir hasta 50 años. En todo el mundo, se cultiva en jardines y en casa. En México, se encuentra en los estados de Chiapas, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Hábita en bosques tropicales húmedos, bosques semi-caducifolios y selvas secas, a veces, en bancales en bosques templados o de coníferas, desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1000 m de altitud.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, J. (2010). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2011). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2012). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2013). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2014). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2015). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2016). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2017). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2018). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2019). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2020). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2021). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

APUNTES DE LA FLORA DE TABASCO

Funastrum clausum (Jacq.) Schltr.
El bejuco de leche

Maxillaria tenuifolia Lindl.
Una orquídea con aroma a cacao

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Liana delgada, con frecuencia rastrera, con las ramas trepadoras subterráneas, glabras o velutas zona con los nodos blanco-pubescentes, con látex blanco muy abundante; hojas caducas, elípticas a ovadas, por lo general de 2 a 9 cm de largo y 0.5 a 2.5 cm de ancho, membranáceas a subcoriáceas, haz y envés glabras o glabrescentes. Ápice acuminado a mucronado, base obtusa o ligeramente cordada nervadura central formentosa, pecíolos de 2 a 6 mm de largo. Glandulas en la base de la nervadura central y en las axilas. Inflorescencias umbeliformes, bracteadas, en grupos de 7 a 15 flores pequeñas, las cuales son empinadamente puberulentas por fuera y glabras por dentro, corola campanulada, amarillenta a blanca, cilíndrica, lóbulos ovado-elípticos, apiculados, densamente puberulentos por fuera, glabrescentes por dentro, gónostio estipitado, anterior 1.5 mm de largo, apíndice apical uniforme a subcónico, los corones estaminal con lóbulos ovales, corona los pseudobulbos, antra con pedúnculo adnata a la anterior, prominentes y revoluta como sereno, estigma con 2 papilas pequeñas, ovarios de 2.5 mm de largo, los sacos del polvillo cilíndricos a oblongos a 1.8 mm de largo, un corpiolito sagitado. El fruto es un folículo obclavado, atenuado, de 5-8.5 cm de largo, 1.2-1.5 de ancho, puberulento, finamente estriado, ligeramente pagilado en ambos superficies, el margen delgado y serrado en el ápice.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Maxillaria Lindl. es una epífita epífito arbórea de crecimiento lento que puede vivir hasta 50 años. En todo el mundo, se cultiva en jardines y en casa. En México, se encuentra en los estados de Chiapas, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Hábita en bosques tropicales húmedos, bosques semi-caducifolios y selvas secas, a veces, en bancales en bosques templados o de coníferas, desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1000 m de altitud.

USOS

Maxillaria Lindl. es una epífita epífito arbórea de crecimiento lento que puede vivir hasta 50 años. En todo el mundo, se cultiva en jardines y en casa. En México, se encuentra en los estados de Chiapas, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Hábita en bosques tropicales húmedos, bosques semi-caducifolios y selvas secas, a veces, en bancales en bosques templados o de coníferas, desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1000 m de altitud.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, J. (2010). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2011). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2012). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2013). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2014). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2015). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2016). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2017). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2018). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2019). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2020). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGUIRRE, J. (2021). *Guía de campo de plantas medicinales de México*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.





EJEMPLAR DE GUACAMAYA VERDE ('*Ara militaris*'): PROGRAMA DE RESGUARDO, PROTECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE ESPECIES ENDÉMICAS EN LA UMA DE PSITÁCIDOS.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Jesús Ramírez.



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE ”

DIRECTORIO

L.D. Guillermo Narváez Osorio
Rector

Dra. Dora María Frias Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Mtro. Jorge Membreño Juárez
Secretario de Servicios Administrativos

Mtro. Miguel Armando Vélez Téllez
Secretario de Finanzas

Dr. Arturo Garrido Mora
Director de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dra. Ana Rosa Rodríguez Luna
Coordinadora de Investigación y Posgrado, DACBiol-UJAT

M. en A. Arturo Enrique Sánchez Magliano
Coordinador Administrativo, DACBiol-UJAT

Ing. Filemon Baeza Vidal
Coordinador de Docencia, DACBiol-UJAT

M.C.A. Yessenia Sánchez Alcudia
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBiol-UJAT

COMITÉ EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina †
Editor fundador

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Editor ejecutivo y encargado

Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa

Dr. Jesús García Grajales

Dra. Carolina Zequeira Larios

Dr. Rodrigo García Morales

Dra. María Elena Macías Valadez-Treviño

Ocean. Rafael García de Quevedo Machain

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña

Dr. Nicolás Álvarez Pliego

Dra. Nelly del Carmen Jiménez Pérez

Dr. Marco Antonio Altamirano González Ortega

Dra. Rocío Guerrero Zárate

Dr. Eduardo Salvador López Hernández

Dra. Nadia Florencia Ojeda Robertos

Dr. Maximiano Antonio Estrada Botello

Dra. Melina del Carmen Uribe López

Dr. José Guadalupe Chan Quijano

Dra. Martha Alicia Perera García

Editores asociados

Dra. Ramona Elizabeth Sanlúcar Estrada

M.C.A. Alma Deysi Anacleto Rosas

Dra. Ena Edith Mata Zayas

M. en Pub. Magally Guadalupe Sánchez Domínguez

Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez

M. en C. Leonardo Noriel López Jiménez

Dra. Violeta Ruiz Carrera

Correctores de pruebas

M.Arq. Marcela Zurita Macías-Valadez

M. en C. Sulma Guadalupe Gómez Jiménez

Traductoras

Ing. Armando Hernández Triano

Soporte técnico institucional

Srta. Ydania del Carmen Rosado López

Biól. José Francisco Juárez López

Est. Biól. Gloria Cecilia Arecha Soler

Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez †

Apoyo técnico

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Julieta Norma Fierro Gossman

Instituto de Astronomía, UNAM - México

Dra. Tania Escalante Espinosa

Facultad de Ciencias, UNAM - México

Dr. Ramón Mariaca Méndez

El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR San Cristóbal, Chiapas - México

Dr. Julián Monge Nájera

Universidad Estatal a Distancia (UNED) - Costa Rica

Dr. Jesús María San Martín Toro

Universidad de Valladolid (UVA) - España

ISSN 2448-508X

KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés, así como también imágenes caricaturescas.

KUXULKAB' se encuentra disponible electrónicamente y en acceso abierto:



Revistas Universitarias (<https://revistas.ujat.mx/>)

Portal electrónico de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).



Repositorio Institucional (<http://ri.ujat.mx/>)

Plataforma digital desarrollado con el aval del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), se cuenta con un acervo académico, científico, tecnológico y de innovación de la UJAT.



Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (www.latindex.ppl.unam.mx)

Red de instituciones que reúnen y diseminan información sobre las publicaciones científicas seriadas producidas en Iberoamérica.



PERIÓDICA (<http://periodica.unam.mx>)

Base de datos bibliográfica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con registros bibliográficos publicados América Latina y el Caribe, especializadas en ciencia y tecnología.



Nuestra portada:

Investigaciones desde el campo, el laboratorio y la generación de conocimiento.

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo; División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Fotografías de:

Imágenes obtenidas de textos aquí publicados, así como, expuestos en diversos medios (internet por ejemplo).

KUXULKAB', año 27, No. 58, mayo-agosto 2021; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <https://revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Fernando Rodríguez Quevedo. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Editor ejecutivo, Fernando Rodríguez Quevedo; Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5; entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 19 de abril del 2021.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBiol y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Editorial

Estimados lectores:

Esperando se encuentren bien y con más ánimo, hoy nos dirigimos para presentar el segundo número de **Kuxulkab'** de este año; dando muestra así de que seguimos trabajando para recuperarnos y redoblar el esfuerzo para mantener nuestra presencia. Este número, en esta ocasión, cuenta con cinco aportaciones donde, conoceremos la experiencia adquirida en investigaciones, así como el análisis bibliográfico de temas de interés. También es importante recalcar, la presencia de aportaciones de académicos del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC); del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (PCJIC); LADISER Inmunología y Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana (UV); igualmente, de El Colegio de Postgraduados (COLPOS); a quienes le brindamos una fraterna bienvenida.

En constancia a nuestra manera de trabajo, proporcionamos una breve sinopsis de las aportaciones que conforman esta publicación:

«**Primera experiencia de cultivo de robalo aleta amarilla (*Centropomus robalito*) en Guatemala**»; escrito donde se exponen los primeros resultados de cultivo de dicha especie, considerando el crecimiento en un sistema de recirculación.

«**Polución y conservación biológica: elementos relacionales**», una aportación donde se exponen algunas directrices, de carácter internacional y que proyectan soluciones para combatir dichos efectos.

«**El diagnóstico para la enfermedad de Chagas: a más de 110 años de su descubrimiento**»; participación en la que los autores, dan a conocer de manera general los métodos de diagnóstico, ventajas y desventajas, así como las perspectivas del diagnóstico para este padecimiento.

«**Stevia la hierba dulce ¿puede crecer en Tabasco?**»; texto donde se expresan los primeros resultados de un cultivo de dicha planta (variedad Morita II), en una comunidad del municipio de Centro en el estado de Tabasco.

«**Caracterización morfológica "in situ" de chiles (*Capsicum spp.*) silvestres y cultivados en la región Usumacinta, Tabasco**»; documento que brinda información respecto al estudio sobre la determinación de la diversidad morfológica de chiles silvestres y cultivados en la región.

Por otro lado, hoy damos inicio a una nueva sección «**Apuntes de la flora de Tabasco**», donde se presentara información taxonómica, etimología, descripción morfológica, nombres comunes y datos generales sobre dos especies presentes en el estado de Tabasco. Este esfuerzo, forma parte del apoyo de nuestros colaboradores en la generación de conocimiento científico a la sociedad.

Como siempre, la consolidación de este número es un esfuerzo en conjunto con los autores, evaluadores, editores asociados y demás miembros del comité editorial de esta revista. Agradecemos a cada uno de ellos su apoyo y entusiasmo de colaborar en la divulgación de la ciencia con estándares de calidad emanados por esta casa de estudios. Esperamos vernos pronto.

Arturo Garrido Mora
DIRECTOR DE LA DACBIOL-UJAT

Fernando Rodríguez Queredo
EDITOR EJECUTIVO DE KUXULKAB'

Contenido

PRIMERA EXPERIENCIA DE CULTIVO DE ROBALO ALETA AMARILLA (*Centropomus robalito*) EN GUATEMALA 05-14

FIRST AQUACULTURE EXPERIENCE OF YELLOWFIN SNOOK FISH (*Centropomus robalito*) IN GUATEMALA

Carlos Mazariegos Ortiz & Josué García Pérez

POLUCIÓN Y CONSERVACIÓN BIOLÓGICA: ELEMENTOS RELACIONALES 15-30

POLLUTION AND BIOLOGICAL CONSERVATION: RELATIONAL ELEMENTS

Dora Luz Yepes Palacio & Ana Marcela Muñoz Díaz

EL DIAGNÓSTICO PARA LA ENFERMEDAD DE CHAGAS: A MÁS DE 110 AÑOS DE SU DESCUBRIMIENTO 31-39

DIAGNOSIS FOR CHAGAS DISEASE: MORE THAN 110 YEARS AFTER ITS DISCOVERY

Jaime López Domínguez, Angel Ramos Ligonio, Alicia Cessa Mendoza, Miriam del Carmen Mora Díaz, Víctor Adolfo Romero Cruz & Aracely López Monteon

STEVIA LA HIERBA DULCE ¿PUEDE CRECER EN TABASCO? 41-47

STEVIA THE SWEET PLANT. CAN IT GROW IN TABASCO?

Salomé Gayosso Rodríguez & Maximiano Antonio Estrada Botello

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA *in situ* DE CHILES (*Capsicum* spp.) SILVESTRES Y CULTIVADOS EN LA REGIÓN USUMACINTA, TABASCO 49-57

in situ MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF WILD AND CULTIVATED PEPPERS (*Capsicum* spp.) IN THE USUMACINTA REGION, TABASCO

Alex Ricardo Ramírez García

Apuntes de la flora de Tabasco:

'*Funastrum clausum*' (Jacq.) Schltr.; EL BEJUCO DE LECHE 59-61

'*Funastrum clausum*' (Jacq.) Schltr.; MILKWEED VINE

Iván Leonardo Ek Rodríguez, María de los Ángeles Guadarrama Olivera, Mariana Ortiz Guadarrama, Mauricio Labastida Astudillo & Nelly del Carmen Jiménez Pérez

'*Maxillaria tenuifolia*' Lindl.; UNA ORQUÍDEA CON AROMA A COCO 63-65

'*Maxillaria tenuifolia*' Lindl.; COCONUT-SCENTED ORCHID

Leydi Daniela Pérez de la Cruz, Nelly del Carmen Jiménez Pérez, María de los Ángeles Guadarrama Olivera, Mariana Ortiz Guadarrama & Mauricio Labastida Astudillo



POLUCIÓN Y CONSERVACIÓN BIOLÓGICA: ELEMENTOS RELACIONALES

POLLUTION AND BIOLOGICAL CONSERVATION: RELATIONAL ELEMENTS

Dora Luz Yepes Palacio^{1✉} & Ana Marcela Muñoz Díaz²

¹Profesora asociada al Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (PCJIC); estudiante del doctorado en Desarrollo sostenible en la Universidad de Manizales, Colombia; M. en C. en Medio ambiente y Desarrollo por la Universidad Nacional de Colombia; especialista en gestión ambiental e ingeniera sanitaria por la Universidad de Antioquia, Colombia. ²Profesora de tiempo completo en el PCJIC; M. en C. en Salud ocupacional por la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, Colombia e ingeniera química por la misma universidad.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (PCJIC): Calle 29S 46A-51; C.P. 055422. Envigado; Colombia.

✉ dlyepes@elpoli.edu.co

0000-0003-3967-5884 0000-0002-2306-1186

Como referenciar:

Yepes Palacio, D.L. & Muñoz Díaz, A.M. (2021). Polución y conservación biológica: elementos relacionales. *Kuxulkab'*, 27(58): 15-30, mayo-agosto. DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a27n58.3751>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>
<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a27n58.3751>

Resumen

La contaminación atmosférica es uno de los grandes problemas ambientales urbanos de la actualidad. Está asociada con graves consecuencias para la calidad de vida de las personas, pero también influye en el deterioro de la diversidad biológica. Por ello, resulta importante hacer un análisis relacional que muestre los elementos comunes entre la biología de la conservación como ciencia multidisciplinaria y la contaminación atmosférica partiendo de sus conceptos básicos. El factor común es el conjunto de efectos sobre los sistemas ecológicos y los recursos naturales a nivel global y local, causado por diversos factores asociados a la polución, que se describe en el segundo apartado del artículo. Finalmente, se muestran algunas directrices de carácter internacional que proyectan soluciones para combatir dichos efectos, tales como las establecidas por Naciones Unidas al 2030. Este material puede aportar a la intercomunicación, enseñanza e investigación y a la toma de decisiones para la protección de los sistemas naturales.

Palabras clave: Contaminación atmosférica; Ecosistemas; Cambio climático; Biodiversidad; Aire.

Abstract

Air pollution is one of the major urban environmental problems today. It is associated with serious consequences for people's quality of life, but it also influences the deterioration of biological diversity. For this reason, it is important to carry out a relational analysis that shows the common elements between conservation biology as a multidisciplinary science and air pollution based on its basic concepts. The common factor is the set of effects on ecological systems and natural resources at a global and local level, caused by various factors associated with pollution, which is described in the second section of the article. Finally, some international guidelines are shown that project solutions to combat effects, such as those established by the United Nations by 2030. This material can contribute to intercommunication, teaching and research and to decision-making for the protection of natural systems.

Keywords: Air pollution; Ecosystems; Climate change; Biodiversity; Air.

Muchas ciudades de América Latina están creciendo a pasos agigantados convirtiéndose en grandes centros urbanos, conurbados y conformando megalópolis como Bogotá, Ciudad de México, Río de Janeiro, Sao Paulo, Buenos Aires, y Santiago de Chile; este fenómeno ha traído consigo problemas de movilidad, congestión, usos del suelo y calidad del aire, los cuales deterioran los esquemas de vida de las poblaciones, pero también la forma y estructura de los sistemas naturales, incluyendo sus funciones.

En este contexto, el estudio de la contaminación del aire como problema de gran actualidad en el mundo por sus consecuentes impactos sobre la calidad de vida de las personas y los ecosistemas a nivel local, regional y global, adquiere relevancia a la luz de lo que significa la preservación de la vida y los sistemas naturales que la soportan. Dichos impactos abarcan, desde procesos de desestabilización del sistema climático global, como puntales de la comunidad científica internacional, hasta la modificación o alteración de las funciones de los ecosistemas a nivel local o regional. Por ello, las ideas desarrolladas en este artículo se enfocan, en principio, en visualizar los aspectos comunes existentes entre la biología de la conservación y la polución, partiendo de aspectos conceptuales involucrados en cada área de estudio.

Este tópico conlleva a evolucionar seguidamente, hacia la descripción de un repertorio de afectos o formas de alteración de los sistemas naturales a causa de diversos factores asociados a la calidad del aire como son, las fuentes de emisión, las características o propiedades de los contaminantes, las relaciones o respuestas de interacción entre contaminantes y variables de los sistemas naturales o factores abióticos, o las que se presentan con dinámicas atmosféricas o climáticas. Conocer dichas formas de afectación a niveles globales y locales, se constituye en un material de utilidad que puede contribuir a la toma de decisiones para la protección de los sistemas naturales afectados y de la población a riesgos asociados a la calidad del aire.

Existen antecedentes, informes de organismos gubernamentales y trabajos científicos desarrollados en el mundo, los cuales muestran diferentes tópicos de análisis que dan cuenta de la alteración de los recursos biológicos y niveles de organización, en asocio con contaminantes atmosféricos a varias escalas. Es así como este artículo de revisión científica, pretende dar respuesta a interrogantes como: ¿qué elementos comunes comparten la biología de la conservación y la contaminación del aire? y de paso, ¿de qué formas la polución interfiere en la afectación, alteración o modificación de las funciones de los recursos biológicos de un sistema natural?

A partir de estas respuestas, se construyen una serie de directrices definidas como objetivos de carácter internacional para combatir, de manera global, dichos efectos y otros asociados a la contaminación del aire; tales lineamientos son los contemplados por Naciones Unidas en su Programa 21 y en sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al 2030. De este modo se logra disponer de un material académico que, con lenguaje común, puede ayudar a la ilustración, enseñanza e investigación, y también a robustecer el conocimiento y las propuestas de solución que demandan los actuales entornos urbanos, cada día más poblados y caracterizados por la alta cantidad de emisiones atmosféricas.

«Conocer las formas de afectación al ambiente a niveles globales y locales, constituye en un material de utilidad que puede contribuir a la toma de decisiones para la protección de los sistemas naturales afectados y de la población a riesgos asociados a la calidad del aire»

La conservación biológica y la contaminación del aire: elementos comunes

Para establecer una relación entre la contaminación del aire y la conservación biológica resulta importante, en primer lugar, clarificar los conceptos correspondientes a cada temática, para luego analizar los elementos comunes entre ambas ciencias. Dichas nociones y análisis se relacionan a continuación.

Los contaminantes son definidos como *«todo lo que se agrega al ambiente que causa una desviación de la composición media geoquímica»* y pueden ser responsables de causar algún efecto adverso en el entorno a corto mediano o largo plazo (Zannetti, 2013). De manera similar, son entendidos como una o más sustancias químicas en concentraciones suficientemente elevadas en el aire como para hacer daño a seres humanos, animales, a la vegetación o a los materiales. Las condiciones físicas (como el calor excesivo o el ruido) son consideradas contaminantes del aire (EPA, 2018). Así, la contaminación atmosférica *es el fenómeno de acumulación de contaminantes físicos, de sustancias o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana* (MINAMBIENTE, 2015).

Se ha definido como criterio para que una sustancia en la atmósfera sea considerada contaminante, que su concentración debe superar el nivel considerado normal (natural) durante periodos suficientemente largos como para afectar la salud y bienestar humano, los ecosistemas, los materiales y el patrimonio (IDEAM, PNUD, MADS, DNP & CANCELLERIA, 2015, p. 6).

Estos contaminantes son liberados a la atmósfera en forma de gases, como el dióxido de azufre (SO_2) o de material particulado (polvo fino), esto puede ocurrir desde fuentes naturales (volcanes, polen, etcétera) o de tipo antropogénico (industria, transporte, vivienda, por mencionar algunos). Cuando los contaminantes son emitidos directamente desde las fuentes son llamados *«primarios»* y experimentarán reacciones químicas propiciando la formación de otras especies o compuestos llamados *«secundarios»* (Zannetti, 2013).

Son diferentes fuentes las que aportan compuestos a la atmósfera, para el caso del material particulado (Hidy, 1984; Zannetti, 2013) destacando las siguientes: las emisiones de sal marina generadas por los rompeolas de los océanos; la suspensión del polvo proveniente del suelo; la acción del viento o vehículos en áreas de suelo

suelto; las erupciones volcánicas; las quemadas e incendios forestales y de maleza; y las emisiones de la combustión generadas por el transporte y las actividades industriales. En términos generales, los contaminantes atmosféricos en áreas urbanas provienen de fuentes móviles (vehículos automotores) y de fuentes fijas de combustión, como industrias, vivienda, climatización, y procesos de eliminación de residuos (Ballester, 2005).

Para el caso de las emisiones como el dióxido de azufre (SO_2), estas han representado, el mayor y más común problema de contaminación del aire en todo el mundo, siendo responsables de varios episodios letales de contaminación del aire y de los efectos de deposición ácida y de sulfato asociados con el transporte. El uso de petróleo y carbón como materiales de combustión, especialmente para la producción de energía eléctrica, es la principal fuente antropogénica de este contaminante (Zannetti, 2013).

Existen otros contaminantes en la atmósfera de importancia planetaria a la luz del problema de calentamiento global que preocupa hoy a la comunidad científica mundial, estos son los llamados *«Gases de Efecto Invernadero (GEI)»*, compuestos que, aunque están presentes en cantidades pequeñas, pueden aumentar de manera significativa la temperatura de la atmósfera baja, debido a su capacidad para absorber y enviar radiación infrarroja. Los GEI directos o de larga vida son, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y los compuestos cloro-fluorocarbonados (CFCs). Así mismo, están los GEI indirectos o de corta vida dentro de los cuales el principal es el ozono (O_3) troposférico formado en la baja atmósfera a partir de emisiones de precursores de óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COVs).

Se dice que, aunque el CO_2 , CH_4 , N_2O y CFCs han superado sus niveles de concentración normal preindustrial, no tienen efectos tóxicos directos, como si lo tienen los contaminantes atmosféricos denominados de criterio (material particulado, O_3 , CO , NO_2 , SO_2). No obstante, la corte suprema de justicia de los Estados Unidos en 2007, otorgó a los GEI la característica de contaminantes, toda vez que los aumentos de su concentración causan afectaciones indirectas que perturban el clima (IDEAM *et al.*, 2015).

De otro lado, el concepto de biología de la conservación, es entendido como una ciencia multidisciplinaria desarrollada en respuesta a la crisis en de la diversidad ecológica que integra ciencias del área social y ambiental

Fuente: Pixabay.com



(2021). Pixabay.com | Alexander Droeger [AlexanderD]
<https://pixabay.com/es/fotos/industria-la-contaminaci%C3%B3n-smog-4725108/>

KUXULKAB' Revista de divulgación científica de la División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

que aportan hipótesis, metodologías, datos y conceptos a varias disciplinas aplicadas en el manejo de recursos naturales (Salazar-Bravo, 2004), dicha diversidad ecológica se ha visto afectada entre varios factores, por la polución o contaminación del aire, dado que los agentes y sustancias contaminantes de la atmósfera pueden perturbar seres vivos aéreos, terrestres o acuáticas, pero también contribuyen al deterioro de ecosistemas rurales y especialmente, comunidades humanas en entornos urbanos.

En relación con las múltiples disciplinas involucradas en el estudio de la biología de la conservación según Salazar-Bravo (2004), se identifican algunas ciencias que guardan relación con el tema de la polución, las áreas científicas (taxonomía, ecología, biogeografía, genética, epidemiología, etcétera) donde vale la pena resaltar, primero, la rama de la ecología, la cual toma como unidad básica de estudio los sistemas ecológicos, dentro de ellos están los urbanos que acorde con Romero, Toledo, Órdenes & Vásquez (2001) tienen la manutención

de la biodiversidad dentro de sus principales misiones, y facilitan el reconocimiento del confuso entramado socio-ambiental de las ciudades y de los servicios ecológicos que prestan como producción de aire y agua limpios, reciclaje, depuración de aire y aguas residuales, mitigación de ruidos, aislamiento de fuentes contaminantes y ofrecer áreas bellas y tranquilas, suministro de energía solar, de agua, de insumos para productos farmacéuticos y agro-ecosistemas productivos, entre otros; no obstante, la actividad antrópica reduce la capacidad ecosistémica de producir estos bienes y servicios y, además, los efectos se presentan en ambas vías, los cambios en la biodiversidad afectan el funcionamiento de ecosistemas, pudiendo ocasionar alteraciones importantes en los bienes y servicios que proporcionan y en los beneficios que las personas obtienen.

Esto dio pie para que en el 2000 Naciones Unidas realizara una evaluación de los <Ecosistemas del milenio> para analizar las consecuencias sobre el bienestar humano y las estrategias de intervención (OMS, s.f.).



Es precisamente en este tipo de sistemas ecológicos urbanos donde se presentan uno de los mayores problemas ambientales de nuestra contemporaneidad a nivel global, regional y local, el de la contaminación del aire que, ligado al cambio climático, trae efectos adversos sobre la salud humana, el entorno natural y el sistema climático mundial. Esto sugiere que la calidad del aire es una de las causales del deterioro de los ecosistemas.

En segundo lugar, la analogía se presenta con las disciplinas asociadas con ciencias como las agropecuarias y forestales y otras dedicadas a la productividad del suelo, los bosques y los recursos florísticos y el desarrollo rural. La contaminación del aire influye en estos ecosistemas, especialmente en las regiones templadas, que pueden resultar afectados por el estrés de los nutrientes, la reducción de la velocidad fotosintética o reproductiva, la inducción de la morbilidad aguda o la mortalidad de árboles, entre otras causas (Smith, 1974). En el caso opuesto, los ecosistemas forestales contribuyen a la restauración de entornos, siendo este uno de los objetivos de la biología de conservación (Salazar-Bravo, 2004).

En estudios realizados en grandes ciudades (Villacís Valle, 2018) se ha evidenciado una disminución de los contaminantes atmosféricos correlacionado con el incremento de la vegetación, evidenciándose que los efectos del cambio de cobertura forestal influyen directamente a la calidad del aire. En coherencia con este estudio, la Comisión Europea (2016) muestra la importancia de los bosques para la mitigación del cambio climático, debido al papel de su 'stock' de carbono y al intercambio de gases de efecto invernadero (GEI) entre la atmósfera, los suelos y la vegetación que puede darse en ambos sentidos. Por ello, los bosques desempeñan un papel importante en la reducción de riesgos de desastres, suavizando algunos de los efectos más agudos del cambio climático, proveen

albergue para los animales y medios de vida para las personas, protegen cuencas hídricas y previenen erosión del suelo (WWF, 2018).

En este contexto, se dice que en el mundo existen más de mil millones de hectáreas de tierras forestales perdidas y degradadas que podrían restaurarse, no obstante, la restauración de al menos 350 millones de hectáreas para el 2030 generaría 130,000 millones de euros anuales en beneficios netos para la protección de cuencas hidrográficas, mejorar rendimientos en los cultivos y en productos forestales. Esto contribuiría a secuestrar entre 1-3 Gt CO₂/año (giga-toneladas de CO₂ equivalente) dependiendo de las características de las áreas restauradas (Comisión Europea, 2016).

En tercer lugar, al igual que las ciencias de recursos naturales, la biología de la conservación está influenciada por las disciplinas físicas, toda vez que aborda problemas con fuertes vínculos ecológicos y ambientales (Hunter & Gibbs, 2007), dentro de estas, la geografía, donde se incluye la meteorología de montaña, que según Palacio & Jiménez (2012) tiene por objeto el estudio de fenómenos que ocurren en la tropósfera baja sobre terrenos montañosos. Los procesos que allí ocurren son los que mayormente pueden representar un factor influenciador de la calidad del aire en los ecosistemas urbanos populosos rodeados de montañas, ya que según el <Área Metropolitana del Valle de Aburrá> (AMVA, 2018) las condiciones de montaña y las características morfológicas y topográficas de una región influyen sobre la calidad del aire, dado que, cuando la cantidad de energía no es suficiente para dispersar los contaminantes, la lenta dinámica de las capas de aire cercanas a la superficie dificulta el rompimiento de la estabilidad atmosférica y, en consecuencia, disminuyen los procesos convectivos y la capacidad de dispersión de los contaminantes en la vertical.

Asimismo, la biología de la conservación está influenciada por las ciencias humanas, como el derecho, la educación y otras disciplinas, toda vez que opera en el mundo de las instituciones socioeconómicas y políticas humanas y busca cambiar esas instituciones para permitir que las personas coexistan con el resto de las especies del mundo (Hunter & Gibbs, 2007). Estas áreas abordan las causas humanas de la actual crisis ambiental (Salazar-Bravo, 2004).

En el caso del derecho ambiental, alimenta con herramientas institucionales y jurídicas para propiciar regulaciones que favorezcan la condición de conservación, el control y manejo de recursos naturales como el aire, pero también la protección de hábitats y especies en peligro o amenazadas. Desde la educación, como área transversal a todas las ciencias, se busca generar cultura, cambios comportamentales y en buenas prácticas para el mejoramiento de la calidad del aire y la protección de recursos naturales y mejoramiento de la capacidad de los servicios ecosistémicos en general.

Desde otro ángulo, en asocio con los principales objetivos de la biología de la conservación, vale la pena mencionar los planteamientos de Salazar-Bravo (2004) enfocados, en primer lugar, en la investigación de los efectos de las actividades humanas sobre los demás seres vivos, las comunidades biológicas y los ecosistemas y, en segundo lugar, en el desarrollo de conocimientos prácticos para prevenir la degradación de hábitats y la extinción de especies, a fin de recuperar ecosistemas, reintroducir poblaciones y reestablecer las relaciones sostenibles entre las comunidades humanas y los sistemas ecológicos.

En este orden de ideas, otra área común es la epidemiología, que fundamentada en la salud pública permite medir, definir y comparar problemas y condiciones de salud y su distribución en un contexto poblacional, espacial y temporal (Bonita, Beaglehole, & Kjellström, 2008), dichas condiciones que interfieren en la salud pueden estar asociadas a la calidad del aire que respiran comunidades humanas y demás organismos vivos en el planeta. En este aspecto, los objetivos de la biología de la conservación son coherentes con los de esta ciencia de la salud ambiental, en particular, el objetivo orientado a proveer información derivada de la investigación en relación con los efectos de la contaminación sobre los seres vivos.

Como puede observarse, son precisamente los efectos de la polución sobre los sistemas ecológicos, los que determinan el factor común entre ambas áreas de estudio. Con respecto a los efectos asociados a las acciones humanas, se dice que, desde la revolución industrial, la expansión de la agricultura y, especialmente, desde que terminó la segunda Guerra Mundial, la actividad antropogénica ha emitido hacia la atmósfera dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y otros Gases de Efecto Invernadero (GEI) a tasas mayores que, tanto la biósfera y los océanos pueden asimilar, causando incrementos en las concentraciones atmosféricas de los GEI. Estas elevadas concentraciones, aumentan el



Fuente: Pixabay.com

atrapamiento de luz infrarroja en la atmósfera baja (o efecto invernadero) causando cambio climático. Este aumento del efecto invernadero es llamado también <calentamiento global> y tiene origen antropogénico (IDEAM *et al.*). Diversos estudios realizados por grupos de investigación de comunidades científicas en el mundo, evidencian los efectos de la calidad del aire provocados por diversos contaminantes atmosféricos sobre los seres vivos y ecosistemas. Alguna información alusiva a estos efectos sobre los ecosistemas presentados a diversos niveles, se relaciona a continuación.

Efectos globales de la polución

Como lo plantea el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), el cambio climático y la acidificación de los océanos son cambios que evidencian los límites planetarios que también se han intensificado.



(2021). Pixabay.com | Marcin [marcinjozwiak]
<https://pixabay.com/es/photos/la-contaminaci%C3%B3n-el-medio-ambiente-4796858/>

Ambos comparten una causa común: las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera (WWF, 2018). Este cambio climático es sin duda una amenaza creciente, pero hoy los principales motores de la disminución de la biodiversidad siguen siendo la sobreexplotación de especies, la agricultura y la conversión del suelo, todos impulsados por el consumo humano incontrolado. Este problema global de dimensiones cada vez mayores se ha asociado con efectos sobre los ecosistemas, la salud humana y la vida de las especies, incluso a nivel genético (Scheffers 2016, citado por WWF 2018, p. 28).

Se dice que, aunque los GEI de larga vida (CO_2 , CH_4 , N_2O y CFCs) han superado sus niveles de concentración normal preindustrial, no tienen efectos tóxicos directos, como si lo tienen los contaminantes atmosféricos denominados de criterio (material particulado, O_3 , CO , NO_2 , SO_2).

No obstante, la corte suprema de justicia de los Estados Unidos en 2007, otorgó a los GEI la característica de contaminantes, dado que su aumento de concentración causa afectaciones indirectas perturbadoras del clima (IDEAM *et al.*).

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático —IPCC, por sus siglas en inglés— (IPCC, 2007) así como de Yepes & Valencia (2018) las concentraciones atmosféricas mundiales de CO_2 , CH_4 y N_2O han aumentado notablemente por efecto de las actividades humanas y, en el siglo XXI, han adquirido valores preindustriales muy superiores, determinados a partir de núcleos de hielo que abarcan muchos milenios. Sumado a esto, la variación de las concentraciones de GEI y aerosoles en la atmósfera, y las de la cubierta terrestre y la radiación solar, alteran el equilibrio energético del sistema climático (IPCC, 2007, p. 5).

En tal sentido, para la Comisión Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) existe un «nivel de interferencia antropógena peligrosa con el sistema climático», horizonte que debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurando la producción de alimentos y permitiendo que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible (NU, 1992); esto permite adoptar decisiones con conocimiento de causa sobre los criterios para definir las vulnerabilidades que se podrían considerar «claves», las cuales pueden relacionarse con gran número de sistemas sensibles, como el abastecimiento de alimentos, la infraestructura, la salud humana, los recursos hídricos, el ozono estratosférico, los sistemas costeros, los ecosistemas terrestres, los ciclos biogeoquímicos mundiales, los mantos de hielo, o los modos de circulación oceánica y atmosférica.

Para el caso de cuerpos de agua, el cambio climático influye de diferentes maneras sobre los ecosistemas afectando su equilibrio, según la WWF (2018) los ecosistemas de agua dulce son fuertemente amenazados por el cambio climático que está agravando el estrés existente y generando cambios en la temporalidad, disponibilidad y temperatura de las aguas afectando su estado y calidad; además, se ven alterados por causas antropogénicas y por la acción de especies invasoras disminuyendo catastróficamente la biodiversidad de agua dulce. Asimismo, perturba los ecosistemas de agua salada debido a sobrecalentamientos en los océanos tropicales conllevando al deterioro de la vida acuática y la desaparición de corales una tasa sin precedentes.

Posterior a los eventos de blanqueamiento, el calor extremo y prolongado ocasiona la muerte catastrófica de especies de coral de crecimiento rápido, siendo reemplazadas por grupos de especies de crecimiento más lento que albergan menos criaturas marinas.

Las poblaciones de fauna silvestre también se impactan con el cambio climático como lo expresa la WWF (2018), la abundancia, diversidad y salud de los polinizadores se ve perturbada, sin mencionar los detalles sobre la amenaza para poblaciones de aves, peces y mamíferos, toda vez que se ha evidenciado una gran asociación entre el aumento de las temperaturas y la disminución de animales silvestres en todo el mundo. Esto indica que las reducciones han sido más significativas en zonas cuyos climas han experimentado un calentamiento más rápido, conllevando a modificaciones importantes en la configuración futura de la biodiversidad. A medida que la temperatura cambie, algunas especies deberán hacer adaptaciones modificando sus rangos para poder detectar los climas aptos. Dichas variaciones climáticas pueden generar efectos indirectos en las especies, ya que inducen a confusión sobre los signos que desencadenan los eventos estacionarios y generarlos cuando no corresponde.

Las alteraciones que sufren los suelos, se consideran también como cambio global. Entre ellas se incluyen cambios de uso agrícola, la tala de masas forestales para instalación de cultivos o por la sustitución de poblaciones arbóreas nativas por plantaciones con exóticas, la forestación en términos generales, la pérdida de superficie agrícola y forestal con fines urbanísticos e industriales, la propia contaminación atmosférica de suelos, agua, vida terrestre y marina (IPCC, 2000; Pardos, 2006).

Según la WWF (2018) el recién publicado <Atlas Global de la Biodiversidad del Suelo> mapeó por primera vez las amenazas potenciales a la biodiversidad del suelo en todo el planeta, generando un índice de riesgo, al combinar ocho factores de estrés potencial para los organismos que lo habitan: pérdida de la diversidad sobre el suelo, contaminación y sobrecarga de nutrientes, sobrepastoreo, agricultura intensiva, incendios, erosión del suelo, desertificación y cambio climático.

Efectos locales de la polución sobre la diversidad biológica

Los contaminantes atmosféricos causan impactos ecológicos en todos los niveles de la organización biológica, tanto en ecosistemas terrestres, como acuáticos (Cole

& Landres, 1996). Diversas sustancias contaminantes y factores ambientales intervienen en estos procesos de deterioro. En este sentido, el IPCC (citado por Pardos, 2006) plantea que los nitratos, sulfatos, amoníaco (NH_3) y otras sustancias solubles en agua, al ser emitidas a la atmósfera, producen ácido nítrico y sulfúrico, ocasionando la lluvia ácida, la cual ha provocado la disminución en poblaciones de anfibios e inhibición en los procesos de descomposición por parte de microorganismos, entre otros efectos.

Asimismo, la emisión de óxidos de azufre (SO_x), la deposición de óxidos de nitrógeno (NO_x), las altas concentraciones de ozono (O_3), los metales pesados y los derivados fluorados, son factores cuya acción dañina sobre los bosques europeos ha sido ampliamente descrita por Percy (citado por Pardos, 2006).

De igual manera, en ecosistemas acuáticos, los efectos de compuestos ácidos en la atmósfera contribuyen a la acidificación de lagos, la eutrofización de estuarios y aguas costeras, y a la bio-acumulación de mercurio en las redes alimentarias acuáticas. Este impacto es significativo sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas naturales en todo el Este de los Estados Unidos, según lo planteado por Lovett, Tear, Evers, Findlay, Jack Cosby, Dunscomb, Driscoll & Weathers (2009).

Igualmente, los cambios en la composición de plantas en un ecosistema se hacen evidentes debido al enriquecimiento del nitrógeno, estas variaciones en plantas de la misma especie, no causan extinciones inmediatas, pero los efectos se propagan a través de una red alimentaria que perturba a muchos individuos. Este aumento en el contenido de nitrógeno no extingue un árbol, pero lo vuelve más susceptible a plagas y patógenos que si pueden matarlo (Lovett *et al.*, 2009).

Además, el principal vector que impacta el suelo con los compuestos que provienen de la polución, son las aguas atmosféricas. En sistemas oligotróficos la cantidad de bioelementos retenidos por el sistema es muy baja, dado que la entrada de nuevos elementos permite la adsorción de los que van llegando con las aguas, mientras que, en los medios eutróficos, se produce un intercambio entre los compuestos que son retenidos y los que entran, a un ritmo que se da en función de la cantidad de contaminantes que llegan del vector hídrico.

Esto sugiere que las condiciones climáticas y de humedad edáfica son cruciales en la efectividad de las interacciones entre los contaminantes y el suelo (Gallardo Lancho, 2013).

Algunos conceptos de ayuda...

Antropogénico: aquello producido o causado por el hombre¹.

Eutrófico: medios acuáticos ricos en nutrientes vegetales y que, por lo tanto, suelen ser muy productivos, tienen gran cantidad de plancton, generalmente dominados por las cianobacterias y en verano el agua suele ser turbia. Las aguas eutróficas experimentan frecuentes estallidos algales².

Oligotróficos: que proporciona insuficiente nutrición o relativo a ella; por ejemplo, a las aguas relativamente pobres en nutrientes; como los océanos abiertos comparados con las plataformas continentales; otro serían algunos lagos cuyas aguas son pobres en minerales disueltos y no pueden mantener mucha vida vegetal³.

Polución: término derivado del inglés "Pollution" equivalente a contaminación⁴. Es la presencia en el aire de contaminantes o sustancias polutantes que interfieren con la salud humana o en su bienestar, o producen otros efectos perjudiciales de tipo ambiental⁵.

Rizosfera: región del suelo que rodea las raíces de las plantas y que está influida por ellas⁶.

¹Lawrence (2003, p. 54; 2014, p. 50).

²Lawrence (2003, p. 241; 2014, p. 221).

³Lawrence (2003, p. 443; 2014, p. 406).

⁴Barla Galvan (2006, p. 200).

⁵Vallero (2014).

⁶Lawrence (2003, p. 553; 2014, p. 506).

Información alusiva a los efectos sobre el suelo es complementada por Edwards (2002) cuando plantea que una amplia gama de sustancias llegan de maneras diferentes y por varias rutas. Se incluyen aquí pesticidas, metales pesados, almacenamiento de ácidos y diversos químicos de origen industrial, los cuales se depositan sobre el sustrato, ocasionando impactos ecológicos en los sistemas agrícolas que pueden deteriorar diversos niveles de organización. El primero, el nivel poblacional recibe afectaciones en términos de historias de vida individuales (natalidad, crecimiento, mortalidad). El segundo, las comunidades donde se evidencian perturbaciones en las interacciones entre planta y planta, plantas y microbios o plantas y fauna, diversidad de especies y en las redes alimentarias del suelo.

De otro lado, a nivel del ecosistema, este autor plantea que se presentan efectos en la productividad primaria y secundaria, la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. Finalmente, los paisajes, también exteriorizan cambios en la heterogeneidad espacial de las plantas y organismos del suelo, transferencias de materiales y nutrientes y a nivel hidrológico.

En ecosistemas terrestres, los contaminantes pueden tener influencias indirectas drásticas sobre estos al modificarse las relaciones entre depredador y presa y al presentarse efectos contundentes en las complejas redes tróficas del suelo. Las emisiones ácidas y los herbicidas pueden ocasionar daños graves en la flora a nivel terrestre. Estos de igual modo, pueden influenciar significativamente los sistemas del suelo al cambiar la disponibilidad de materia orgánica, los efectos sobre las rizosferas de la vegetación y al variar el nivel de pH de la superficie de manera importante. Dichos cambios pueden afectar no sólo a las poblaciones, sino también, comunidades y las funciones ecosistémicas (Edwards, 2002, p. 226).

A su vez en ecosistemas forestales, Smith (1974) señala que la naturaleza de la relación que presenta la polución en todas las regiones templadas del mundo se puede dividir en tres clases. La primera, en condiciones de baja dosificación, donde la vegetación y los suelos funcionan como un lavabo muy importante para los contaminantes atmosféricos. La segunda, es con dosificación intermedia en la cual, las especies de árboles individuales pueden verse afectados adversa y sutilmente por el estrés de los nutrientes, la reducción de la velocidad fotosintética o reproductiva, la predisposición al estrés entomológico o microbiano o la inducción directa de la enfermedad. Y la última, es la exposición a altas dosis que puede provocar la morbilidad aguda o la mortalidad de determinados árboles.

Otros impactos sobre la vegetación también han sido evidenciados por Cerón Bretón, Cerón Bretón, Guerra Santos, López Contreras & Endañu Huerta (2012), quienes detectaron

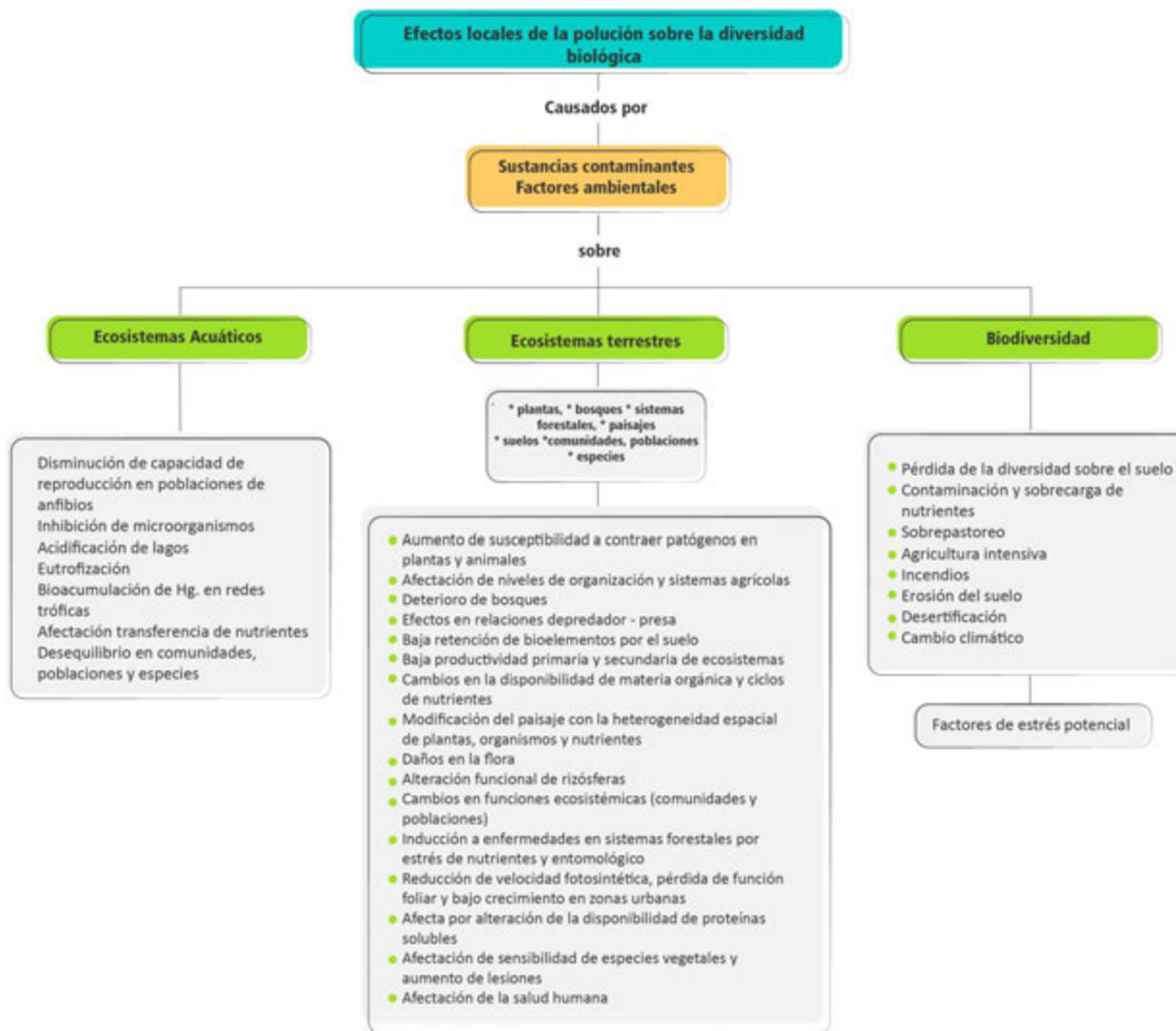


Figura 1. Resumen de efectos de la polución sobre la diversidad biológica.

la sensibilidad de algunas especies seleccionadas, ante los niveles reales de polución encontrados en una zona costera del Estado de Campeche (México). Los autores detectaron los efectos de la exposición controlada a contaminantes atmosféricos como el dióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃) y acidez de la lluvia sobre especies como caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrus* ssp.), maculís (*Tabebuia rosea*), palo de tinte (*Haematoxylum campechianum*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*).

Según la exposición controlada de la lluvia ácida, se han evidenciado daños visibles severos en forma de clorosis y necrosis a los valores más bajos de pH. Las especies que mostraron mayor sensibilidad a la lluvia ácida fueron los mangles, el cedro y el palo de tinte. De igual modo, se evidenció disminución en las proteínas solubles siendo más incuestionable en altas concentraciones de ozono, pero a mayores concentraciones de dióxido de azufre, las especies mostraron incrementos en los niveles de estas proteínas.

Desde otro ángulo, en áreas silvestres según Cole & Landres (1996), los oxidantes fotoquímicos, los metales pesados y la deposición ácida generados por fuentes puntuales y no puntuales son transportados fácilmente por los vientos locales. Estos contaminantes han afectado zonas urbanas al Oeste de los Estados Unidos, las fuentes no puntuales generadoras de ozono, nitrógeno y azufre representan la mayor amenaza para este tipo de áreas, donde varias especies de árboles, por ejemplo el pino real americano (*'Pinus ponderosa'*), el pino de Jeffrey (*'Pinus jefferyi'*), pino amarillo (*'Pinus patula'*), pino negro de montaña (*'Pinus uncinata'*) y líquenes, han mostrado lesiones visibles, capacidad fotosintética y bajo crecimiento, pérdida prematura de las hojas y mayor susceptibilidad a patógenos, todas estas, a causa de la polución. Adicionalmente, debido a la poca capacidad de amortiguación en suelos los ecosistemas acuáticos se tornan muy aptos a recibir los impactos de la deposición ácida.

Desde otra perspectiva, se presentan afectaciones en muchas zonas rurales y esencialmente urbanas, donde los vehículos automotores son fuentes de emisión que contribuyen de manera significativa a la contaminación del aire y a nivel del suelo.

En los centros urbanos, las emisiones generadas por el consumo de combustibles utilizados por el transporte, es una de las fuentes principales de emisión de GEI a la atmósfera, lo cual ha conllevado al incremento de problemas ambientales como el calentamiento global y la contaminación atmosférica (Yepes & Valencia, 2018).

En estas áreas una mezcla de contaminantes puede ser ecológicamente significativa conteniendo, entre otros compuestos, óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos azufrados, hidrocarburos aromáticos poli-cíclicos (PAHs), metales y partículas de diversos tamaños; dentro de estas últimas, las de diámetro menor a 2.5 micrones (PM2,5) resultan ser las más nocivas para la salud de comunidades humanas. También, el amoníaco (NH₃) y el ácido nítrico (HNO₂) son potencialmente importantes para el estudio, dado que forman parte de las emisiones generadas por el parque automotor y presentes principalmente en carreteras (Bignal, Ashmore, Headley, Stewart, & Weigert, 2007).

En las áreas urbanas las dispersiones de contaminantes generadas por fuentes puntuales también provocan daños en lugares lejanos, según Cole & Landres (1996), en zonas metropolitanas y debido a la industria pesada se produce una amplia contaminación no puntual. Bennett

(1985) y Armentano & Loucks (1983) citados por este autor, refieren respectivamente, daños extensos sobre la vegetación a causa del O₃ y del SO₂ en diez parques nacionales y detección de O₃ y contaminantes formadores de ácido en la mayoría de los parques en la Gran Región de Los Lagos. Debido a su relativa lejanía, lo más probable es que las áreas silvestres se hayan visto afectadas por la contaminación crónica que permanece en el aire, más no por la aguda. Además, variedades de contaminantes atmosféricos reaccionan entre sí y con factores climáticos, generando tensiones sinérgicas que afectan seres vivos.

En este sentido, la radiación ultravioleta-B mejorada (especialmente en evoluciones más altas) combinada por ejemplo con la deposición ácida, es una posible causa de la disminución de poblaciones de anfibios. Estas tensiones crónicas, causan una pérdida general de vigor y capacidad reproductiva, y aumentan la susceptibilidad a enfermar o contraer patógenos en muchas plantas y animales según Blaustein *et al.* (1994) (citado por Cole & Landres, 1996). En la figura 1 se observa el resumen de los efectos mencionados.

Lineamientos de soluciones que se proyectan

A la luz del Programa 21 de Naciones Unidas (NU, s.f.) e independiente de los lineamientos dados en relación con la lucha contra la deforestación y la desertificación, la ordenación de ecosistemas frágiles, el fomento de la agricultura y el desarrollo rural y la conservación de la biodiversidad, se plantean directrices para proteger la atmósfera, las cuales pueden contribuir a la conservación de la vida en términos generales.

Este objetivo requiere la intervención de varios sectores económicos. Para lograrlo, Naciones Unidas sugiere mejorar la capacidad de predicción de propiedades a escala mundial, regional y local de la atmósfera y de los ecosistemas afectados, fortalecer estos sistemas en relación con las afectaciones a la salud y en algunos factores socioeconómicos, generar un mejor acercamiento a la comprensión de las consecuencias económicas y sociales de los cambios atmosféricos y de las medidas de mitigación y respuesta para responder a dichos cambios.

En consecuencia los gobiernos, con las Naciones Unidas, las organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales y el sector privado, deberían enfocarse en esfuerzos como:

- Promover el desarrollo de políticas energéticas, ambientales y económicas para el desarrollo sostenible.

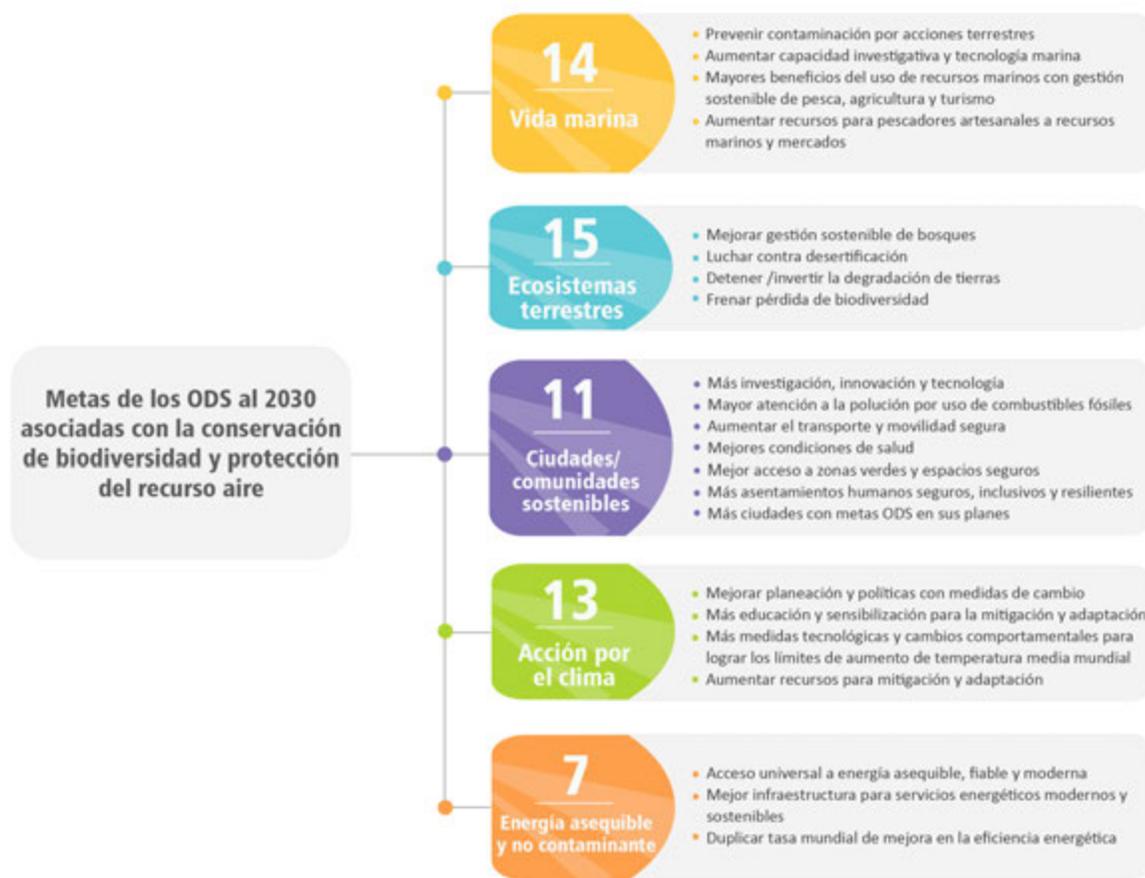


Figura 2. Metas propuestas por Naciones Unidas al 2030.

- Promover la investigación, el desarrollo y la transferencia para el uso de nuevas tecnologías y prácticas de mejor rendimiento energético y para el establecer sistemas energéticos ecológicamente racionales y el aumento de las capacidades institucionales, científicas y de planificación.
- Coordinar planes energéticos en los niveles regional y subregional.
- Desarrollar sistemas de transporte económicos, más eficientes, menos contaminante y más seguros.
- Fortalecer los análisis de los efectos del transporte prestando atención a la observación sistemática de las emisiones.
- Evaluar políticas o programas en función de los costos que incluyan medidas diversas a fin de reducir al mínimo la contaminación industrial y los efectos negativos.
- Apoyar la promoción de tecnologías y procesos industriales menos contaminantes y más eficientes.

De otro lado, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al 2030 (UN, 2015), el número 14 (vida marina) y el número 15 (vida de ecosistemas terrestres), se orientan respectivamente a conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos y, a gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de tierras y detener la pérdida de biodiversidad. Además, Naciones Unidas ha contemplado, en otros objetivos, metas asociadas a un aire más limpio y saludable para comunidades humanas y ecosistemas; dentro de estas, las que se articulan con el tema de la conservación de la biodiversidad y se presentan a continuación.

En el ODS 11 se reconoce en primer lugar, que el acelerado e incontrolado crecimiento y urbanización en las ciudades genera escenarios muy vulnerables a riesgos provocados por emisiones atmosféricas, y, en segundo lugar, que, si más de la mitad de la población mundial vive en ciudades, resulta menester la inversión en investigación, innovación científica y avances tecnológicos, todos estos, elementos esenciales para encontrar soluciones permanentes a los desafíos económicos y ambientales. Este panorama conlleva a proponer la <reducción del impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, prestando especial atención a la calidad del aire> (UN, 2015).

Algunas de las metas planteadas al 2030 que vale la pena resaltar en asocio con la calidad de aire son: proporcionar transporte y movilidad segura y sostenible, la mejora de las condiciones de salud, la reducción del impacto ambiental, el acceso a zonas verdes y espacios públicos seguros y, por último, lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Para lograrlo es necesario proporcionar apoyo a los países menos adelantados, además de aumentar el número de ciudades que adopten políticas y planes que tengan las anteriores metas (UN, 2015).

De igual modo, el ODS 13 reconociendo los cambios en los patrones climáticos reflejados en aumentos de niveles del mar, eventos cada vez más extremos y los excesivos niveles de emisiones que se han presentado históricamente, establece metas como: incorporar medidas del cambio a las diferentes políticas y estrategias nacionales, hacer énfasis en la educación, la sensibilización en cuanto a la mitigación del cambio climático y el fortalecimiento de la capacidad de adaptación a riesgos. Para cumplir esto se deberá poner en práctica el aumento en los recursos para programas de mitigación y adaptación, y la promoción de métodos para aumentar la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático en los países menos desarrollados (UN, 2015).

Finalmente, el ODS 7, reconociendo que la energía es fundamental para casi todas las oportunidades y desafíos de hoy y que su uso intensivo es el factor que más contribuye al cambio climático, establece metas como: el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos, mejorar la infraestructura y tecnologías para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles a todos los países en desarrollo.

Articulado a lo anterior y teniendo en cuenta el progreso detectado en cada ODS, (NU, 2017) plantea ejes prioritarios

en torno a la temática de calidad del aire, donde se recalca sobre la necesidad de hacer mayores esfuerzos para atender el problema de la contaminación atmosférica ocasionada por uso de combustibles, el cual afecta el sistema planetario en sus diversos niveles. Una síntesis de las metas propuestas por Naciones Unidas en sus ODS, lo ilustra la figura 2. Al observar con detenimiento las metas establecidas, no se evidencia una formulación clara, que permita su medición y seguimiento en el tiempo para la mayoría de ellas en torno al tema de la contaminación del aire.

Conclusiones

La contaminación del aire como uno de los grandes problemas ambientales de la actualidad está ligada a impactos sobre la calidad de vida de las personas y los ecosistemas a nivel local, regional y global. Dichos impactos abarcan, desde procesos de desestabilización del sistema climático, hasta la modificación o alteración de las funciones de los ecosistemas a menor escala.

Fueron analizados elementos comunes que comparten la biología de la conservación y la polución, sobre lo cual puede decirse que si la biología de la conservación, es una ciencia multidisciplinaria desarrollada en respuesta a la crisis en de la diversidad ecológica, dicha diversidad se ha visto afectada por la polución o contaminación del aire de diversos modos. Por ello, fue importante describir algunos de los efectos provocados por la polución sobre los sistemas ecológicos y la biodiversidad.

En relación con las múltiples disciplinas involucradas en la ciencia de la biología de la conservación, se detectan áreas de estudio que tienen elementos correlacionados con la contaminación del aire, tales como, la ingeniería forestal, la geografía, el derecho ambiental, la educación y la epidemiología.

En cuanto a los efectos globales asociados al deterioro de la diversidad biológica a causa de la polución, se encuentra que la actividad antropogénica es la principal responsable de los cambios en el sistema climático. Algunos efectos identificados son procesos de los límites planetarios que se han intensificado, dentro de los cuales está el cambio climático y la acidificación de océanos. Otros efectos globales se presentan a diversos niveles de organización de los sistemas ecológicos e incluyen, alteración de cuerpos de agua, de poblaciones de fauna silvestre, de desertificación y pérdida de diversidad de suelos, entre otros.

Efectos locales también fueron evidenciados, tales como: alteración de los niveles de organización biológica, tanto en ecosistemas terrestres, como acuáticos asociados a la acción de compuestos atmosféricos como, nitratos, sulfatos, amoníaco, óxidos de azufre, oxidantes fotoquímicos, metales pesados, deposiciones ácidas y de óxidos de nitrógeno y altas concentraciones de ozono.

Se evidenciaron influencias directas e indirectas de contaminantes en ecosistemas terrestres, cambios en la composición de plantas, en redes alimentarias y en el suelo cuyo el principal vector son las aguas atmosféricas. De igual modo, alteraciones a nivel de paisaje, de comunidades vegetales, de poblaciones, de especies de árboles individuales con diversos impactos, y afectaciones a las condiciones de morbilidad y de mortalidad de especies bajo la acción de ciertos contaminantes.

Se identificaron también impactos en áreas silvestres y ecosistemas estratégicos influenciados por la distribución de sustancias generadas por emisiones de tipo urbano provenientes de fuentes puntuales y no puntuales.

Lineamientos de soluciones que se proyectan a nivel internacional se resumen en los establecidos por el Programa 21 de Naciones Unidas que sugieren mejorar la capacidad de predicción de propiedades de la atmósfera y de los ecosistemas afectados a escala mundial, regional y local. En dichas directrices, los gobiernos, demás organizaciones y el sector privado tienen un papel importante en la contribución de soluciones al problema de deterioro de la calidad del aire.

Otras directrices son las establecidas por los ODS al 2030 en los cuales el 3, 7, 11 y 13 son los que presentan mayor relación con las soluciones a problemas como: el cambio climático, las ciudades insostenibles, el uso intensivo de la energía y el deterioro de la calidad del aire. De este modo, hace énfasis en la importancia de fortalecer la inversión en investigación, innovación científica, avances tecnológicos a fin de reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, prestando especial atención a la calidad del aire ocasionada por el uso de combustibles. Asimismo, se apunta a la educación y la sensibilización para propiciar la mitigación del cambio climático y el fortalecimiento de la capacidad de adaptación a los riesgos asociados. No obstante, el planteamiento de unas metas al 2030, se percibe falta de claridad en su formulación lo cual limita la medición y seguimiento en el tiempo para determinar su impacto sobre las condiciones de sostenibilidad.

Referencias

AMVA (Área Metropolitana del Valle de Aburrá). (2018). *Acuerdo metropolitano No. 04 de 2018 «por el cual se deroga el Acuerdo Metropolitano No. 15 de 2016 y se adopta el nuevo Protocolo del Plan Operacional para Enfrentar Episodios de Contaminación Atmosférica en la Jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.* Medellín; Colombia. Recuperado de «<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/POECA/Acuerdo-Metropolitano-04-de-2018-POECA.pdf>»

Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2): 159-175. Recuperado de «http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005»

Barla Galvan, R. (2006). *Un diccionario para la educación ambiental: glosario ecológico*; (p. 265). Recuperado de «https://www.academia.edu/38477367/UN_DICCIONARIO_PARA_LA_EDUCACION%20C3%93N_AMBIENTAL_Rafael_Barla_Galv%C3%A1n_pdf»

Bignal, K.L.; Ashmore, M.R.; Headley, A.D.; Stewart, K. & Weigert, K. (2007). Ecological impacts of air pollution from road transport. *Applied Geochemistry*, 22(6): 1265-1271. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2007.03.017>»

Bonita, R.; Beaglehole, R. & Kjellström, T. (2008). Book review: *Epidemiología básica* (2^{da} ed.; p. 269), Washington: Organización Panamericana de la Salud. *Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo*, 50(6): 338. Recuperado de «<https://doi.org/10.1590/S0036-46652008000600012>»

Cerón Bretón, J.G.; Cerón Bretón, R.M.; Guerra Santos, J.J.; López Contreras, J.E. & Endañu Huerta, E. (2012). *Efectos de contaminantes atmosféricos sobre especies de vegetación representativa de la zona costera del estado de Campeche*; (p. 4). Recuperado de «<https://www.researchgate.net/publication/236135934>»

Cole, D.N. & Landres, P.B. (1996). Threats to wilderness ecosystems: impacts and research needs. *Ecological applications*, 6(1): 168-184. DOI «<https://doi.org/10.2307/2269562>»

Comisión Europea. (2016). Acuerdo de París. *Acuerdo de París, acción por el clima* [Web]. Consultado en «https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es»

Edwards, C.A. (2002). Assessing the effects of environmental pollutants on soil organisms, communities, processes and ecosystems. *European Journal of Soil Biology*, 38(3-4): 225-231. DOI «[https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(02\)01150-0](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(02)01150-0)»

EPA (Environmental Protection Agency). (2018, 23 de octubre). Aire. *EPA en español, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos* [Web]. Consultado en «<https://espanol.epa.gov/espanol/aire>»

Gallardo Lancho, J.F. (2013). *Contaminación del aire y su efecto en plantas y suelo, descontaminación y restauración*; (Primer Taller Internacional de Biorremediación Pritibio; p. 7). Recuperado de «<http://hdl.handle.net/10261/84386>»

Hidy, G.M. (1984). *Aerosols: an industrial and environmental science*; (p. 794). United States of America: Academic Press Inc. ISBN 0-12-347260-1

Hunter, M.L. & Gibbs, J. (2007). Book review: Fundamentals of Conservation Biology, third ed. *Biological Conservation*, 139(1-2): 231-232. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.06.021>»

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales); PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo); MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible); DNP (Departamento Nacional de Planeación) & CANCELLERÍA. (2015). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Colombia*; (Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia; p. 35). IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, Fondo Medio Ambiental Mundial (FMAM). Bogotá. Recuperado de «http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla_INGEI.pdf»

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). *Cambio climático 2007: informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*; (p. 104). Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial (OMM); Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Recuperado de «https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf»

Lawrence, E. (Comp.). (2014). *Diccionario de Biología*, (Trad. Henderson's Dictionary of Biology; p. 622). México: Editorial Trillas. ISBN 978-607-17-2057-3

Lawrence, E. (Edit.). (2003). *Diccionario Akal de Términos Biológicos*, (12^{va} ed.; Henderson's Dictionary of Biological Terms; R. Codes Valcarce & Fco. J. Espino Nuño, Trad.; p. 688). Madrid, España: Ediciones Akal. ISBN 84-460-1582X.

Lovett, G.M.; Tear, T.H.; Evers, D.C.; Findlay, S.E.G.; Jack Cosby, B.; Dunscomb, J.K.; Driscoll, C.T. & Weathers, K.C. (2009). Effects of air pollution on ecosystems and biological diversity in the Eastern United States. *The Year in Ecology and Conservation Biology 2009*, 1162(1): 99-135. DOI «<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04153.x>»

MINAMBIENTE (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). (2015, 26 de mayo). *Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. MINAMBIENTE. Bogotá, Colombia: Consultado en «<http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/81-normativa/2093-plantilla-areas-planeacion-y-seguimiento-30#>»

NU (Naciones Unidas). (s.f.). Programa 21: Capítulo 9 – Protección de la Atmósfera. *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales: División de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas* [Web]. Consultado en «<https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter9.htm>»

NU (Naciones Unidas). (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*; (p. 27). Recuperado de «<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>»

NU (Naciones Unidas). (2017). *Progresos en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*; (Informe del Secretario General, Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas; p. 22). Ginebra. Recuperado de «<https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2017/secretary-general-sdg-report-2017--ES.pdf>»

OMS (Organización Mundial de la Salud). (s.f.). Cambio climático y salud humana. *Diversidad biológica, Organización Mundial de la Salud* [Web]. Consultado en «<https://www.who.int/globalchange/ecosystems/biodiversity/es/>»

Palacio, C.A. & Jiménez, J.F. (2012). Climatología urbana y de montañas. *DYNA*, 79(175): 61-69. Recuperado de «<https://www.redalyc.org/pdf/496/49624956010.pdf>»

Pardos, J.A. (2006). La contaminación atmosférica y los ecosistemas forestales. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales, Fuera de serie*: 55-70. Recuperado de «[http://www.inia.es/gcontrec/pub/055-070-\(07\)-S_contaminacio_1169111632453.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/055-070-(07)-S_contaminacio_1169111632453.pdf)»

Romero, H.; Toledo, X.; Órdenes, F. & Vásquez, A. (2001). Ecología urbana y gestión ambiental sustentable de las ciudades intermedias chilenas. *Ambiente y Desarrollo*, 17(4): 45-51. Recuperado de «<https://www.researchgate.net/publication/40883154>»

Salazar-Bravo, J. (2004). Artículo de revisión: Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas, (Fondo de Cultura Económica, México, ISBN 968-16-6428-0). *Journal of Mammalogy*, 85(1): 170-171. DOI «[https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2004\)085<0171:BR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2004)085<0171:BR>2.0.CO;2)»

Smith, W.H. (1974). Air pollution – Effects on the structure and function of the temperate forest ecosystem. *Environmental Pollution (1970)*, 6(2): 111-129. DOI «[https://doi.org/10.1016/0013-9327\(74\)90027-5](https://doi.org/10.1016/0013-9327(74)90027-5)»

UN (United Nations). (2015). Take Action for the Sustainable Development Goals. *Sustainable Development Goals, United Nations* [Web]. Consulted in «<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>»

Vallero, D.A. (2014). *Fundamentals of air pollution*; (Fifth edition; p. 996). USA: Academic press-Elsevier. Hardcover ISBN: 9780124017337; eBook ISBN: 9780124046023. Consulted in «<https://www.elsevier.com/books/fundamentals-of-air-pollution/vallero/978-0-12-401733-7>»

Villacís Valle, D.A. (2018). *Efecto de los cambios de la cobertura forestal en la calidad del aire de la ciudad de Quito*; (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental en Prevención y Remediación). Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de Las Américas. Recuperado de «<http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10227/1/UDLA-EC-TIAM-2018-38.pdf>»

WWF (World Wide Fund for Nature). (2018). *Informe Planeta Vivo 2018: apuntando más alto*; (Grooten, M. & Almond, R.E.A. (Eds); p. 144). Gland, Suiza: World Wildlife Found for Nature (WWF). Recuperado de «http://awsassets.wwf.es/downloads/informe_planeta_vivo_2018.pdf»

Yepes, D.L. & Valencia, J.G. (2018). La eficiencia energética como mecanismo para disminuir Gases de Efecto Invernadero generados por el transporte urbano: caso Colombia. En: Czerny, M.; Serna Mendoza, C.A. & Red Científica; *Texto y contexto en el desarrollo sostenible*, (pp. 59-76). Varsovia, Polonia: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego. DOI «<https://doi.org/10.31338/uw.9788323534235>»

Zannetti, P. (2013). *Air pollution modeling: theories, computational methods and available software*; (p. 444). New York: Unites States of America: Springer Science+Business Media, LLC. ISBN 978-1-4757-4467-5. DOI «<https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4465-1>»



EJEMPLAR DE LORO CABEZA AMARILLA (*Amazona oratrix*): PROGRAMA DE RESGUARDO, PROTECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE ESPECIES ENDÉMICAS EN LA UMA DE PSITÁCIDOS.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Jesús Ramírez.

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBIOL



EJEMPLAR HERBORIZADO DE *Ruellia* sp. (Acanthaceae) DE LA COLECCIÓN DE PLANTAS VASCULARES DEL «HERBARIO UJAT»

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: José Francisco Juárez López



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

+52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415

kuxulkab@ujat.mx • kuxulkab@outlook.com

www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.
Villahermosa, Tabasco. México.

