

Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades
Informe de trabajo de los profesores de tiempo completo
para el periodo 2020-2021



1. DATOS GENERALES

Nombre:	HERNANDEZ PEÑALOZA ALBERTO		
Área:	Ciencias Experimentales	Adscripción:	Sur
Categoría:	Profesor de Carrera Titular "B" de Tiempo Completo Definitivo		

2. INFORME GLOBAL 2020-2021

2.1. ÁREA BÁSICA

Perfil de enseñanza:

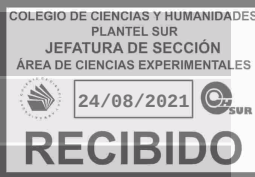
Horario de clase:	Martes y Jueves de 15:00 a 21:00 horas y Viernes de 15:00 a 18:00
Asignatura en la cual desarrolló su proyecto de enseñanza:	
· Biología I · Biología II · Biología III	

2.2. ÁREA COMPLEMENTARIA

Perfil de enseñanza o comisionado:

Título completo del proyecto:	Libro de texto: Teórico-práctico de temas ambientales y la ciudad, en apoyo a los programas de Biología II y IV.
Producto (con base en el Protocolo de equivalencias):	· Libro. (Rubro I, Nivel C, Numeral 13)
Inserción en el Campo de Actividad aprobado por el H. Consejo Técnico para el proyecto de trabajo del periodo 2020-2021.	
Campo 3. Diseño y elaboración de materiales didácticos pertinentes con los Programas de Estudio Vigentes	

3. Actividad individual o grupal:

Tipo de proyecto:		Grupal		
Participación en un grupo de trabajo institucional:		Coordinador		
				
Integrantes del grupo de trabajo				
Nombre	RFC	Categoría académica	Correo electrónico	Plantel de adscripción
HERNANDEZ PEÑALOZA ALBERTO (Coordinador)	HEPA680602KF7	Profesor de Carrera Titular "B" de Tiempo Completo Definitivo	altobe2005@yahoo.com.mx	Dirección General
ESTRADA AVILA CLAUDIA AIMEE (Integrante)	EAAC800920925	Profesor Asignatura "A" Interino	aimee.estrada20@gmail.com	Sur
GALINDO ROSETE CARLOS ALBERTO (Integrante)	GARC730808P27	Profesor Asignatura "A" Interino	cgrosete@gmail.com	Vallejo
GARCIA PEREZ LIZBETH (Integrante)	GAPL801221R18	Profesor Asignatura "A" Interino	lizgarciap@gmail.com	Sur
GARDUÑO AMBRIZ CECILIA (Integrante)	GAAC530822FE4	Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo	cexy5351@hotmail.com	Sur
MORENO NAVARRETE ROSA GRISELDA (Integrante)	MONR700910GR8	Profesor Asignatura "A" Definitivo	monrog@servidor.una.mx	Sur
TORO BADILLO SILVIA (Integrante)	TOBS7010064A5	Profesor de Carrera Titular "A" de Tiempo Completo Definitivo	silviatorobadilloo6@hotmail.com	Sur
Periodicidad y horario de las reuniones:		mensuales y extraordinarias; viernes de 13:00 a 15:00 horas.		



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
CONSEJO TÉCNICO



OFICIO CCH/CT/5911/2020

Número de Acta: CT/CCH/21/2020

Asunto: Notificación sobre Proyecto de Trabajo



HERNÁNDEZ PEÑALOZA ALBERTO
PROFESOR DE CARRERA TITULAR "B" DE TIEMPO COMPLETO DEFINITIVO
DIRECCIÓN GENERAL
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
P R E S E N T E

Me es grato comunicarle que el H. Consejo Técnico del Colegio de Ciencias y Humanidades, en su sesión celebrada el día de hoy, con fundamento en los artículos 56, 60 y 61 del Estatuto del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México así como en las Prioridades y Lineamientos Institucionales para Orientar los Planes y Programas de Trabajo de las Instancias de la Dirección y los Proyectos e Informes del Personal Académico de Carrera de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades para el Ciclo Escolar 2020-2021 y en la Normatividad para la Presentación y Evaluación de Proyectos e Informes Anuales del Personal Académico de Carrera; aprobados por el Consejo Técnico en sesión extraordinaria del 2 de junio de 2020, tomó el siguiente:

ACUERDO

Considerar Aceptado su Proyecto de Trabajo 2020-2021:

Área Básica del 21/09/2020 al 08/08/2021. Área Básica Enseñanza

Área Complementaria del 21/09/2020 al 08/08/2021. Coordina Actividad Grupal

Campo: 3. Diseño y elaboración de materiales didácticos pertinentes con los Programas de Estudio Vigentes.

Título: *LIBRO DE TEXTO: TEÓRICO-PRÁCTICO DE TEMAS AMBIENTALES Y LA CIUDAD, EN APOYO A LOS PROGRAMAS DE BIOLOGÍA II Y IV.*

Producto: *Libro*

Fundamentación:

Su Proyecto de Docencia 2020-2021 SE ACEPTA porque:

- Presenta la planeación general de las principales actividades que realizarán el profesor y los alumnos durante el curso de las asignaturas Biología I y Biología II.
- Describe la evaluación diagnóstica que realizará para conocer los conocimientos previos de los alumnos.
- Explica las actividades académicas con las que atenderá a los alumnos que presenten dificultades para lograr los aprendizajes propuestos.
- Presenta el diseño de dos estrategias o secuencias didácticas que aplicará en su curso, una por semestre, de acuerdo con la definición institucional.
- Justifica cómo estas estrategias o secuencias didácticas permitirán a los alumnos alcanzar los aprendizajes propuestos.
- Especifica las formas y/o los instrumentos de evaluación de los aprendizajes esperados.
- Describe de manera general la relación entre su Proyecto de Área Básica y su Proyecto de Área Complementaria.
- Incluye las fuentes consultadas en las que apoya su proyecto en formato APA.



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
CONSEJO TÉCNICO



OFICIO CCH/CT/5911/2020

Número de Acta: CT/CCH/21/2020

Asunto: Notificación sobre Proyecto de Trabajo



Su Proyecto de Apoyo a la Docencia 2020-2021 SE ACEPTA, dado que:

- a) En la introducción indica el Campo de Actividad, los objetivos, la fundamentación y los alcances del Proyecto.
- b) Explica cómo, a través del producto o actividades, atenderá el propósito general del Campo de Actividad seleccionado.
- c) Presenta las actividades y/o productos que se compromete a desarrollar de acuerdo con las definiciones institucionales.
- d) Presenta el calendario o cronograma de actividades que precisa las formas de organización del trabajo.
- e) Indica los compromisos, las responsabilidades y actividades a realizar por cada uno de los integrantes del grupo de trabajo (coordinadores y participantes).
- f) Especifica los recursos humanos y materiales requeridos para el desarrollo del proyecto.
- g) Incluye las fuentes consultadas que apoyan su proyecto en formato APA.
- h) Anexa las cartas compromiso actualizadas y firmadas por cada uno de los profesores de carrera de Medio tiempo y de asignatura que participarán voluntariamente en el proyecto.

Por lo anteriormente expuesto, se emite una evaluación de **ACEPTADO** sobre su Proyecto de Trabajo.

(El proyecto que por su naturaleza y/o campo de actividad requiera ser revisado y avalado por el comité de pares, tendrá que ser enviado a la instancia correspondiente para que sea sancionado).

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 1 de diciembre de 2020.

LA SECRETARIA DEL CONSEJO

MTRA. SILVIA VELASCO RUIZ

Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades

Ficha de identificación del proyecto de trabajo de los profesores de tiempo completo para el periodo 2020-2021



1. DATOS GENERALES

Nombre:	HERNANDEZ PEÑALOZA ALBERTO		
Área:	Ciencias Experimentales	Adscripción:	Sur
Categoría:	Profesor de Carrera Titular "B" de Tiempo Completo Definitivo		

2. PROYECTO GLOBAL DEL PROFESOR

2.1. ÁREA BÁSICA

Perfil de enseñanza:

Horario de clase:	Martes y Jueves de 15:00 a 21:00 horas y Viernes de 15:00 a 18:00
Asignatura en la cual desarrollará su proyecto de enseñanza:	
· Biología I · Biología II · Biología III	

2.2. ÁREA COMPLEMENTARIA

Perfil de enseñanza o comisionado:

Título completo del proyecto:	Libro de texto: Teórico-práctico de temas ambientales y la ciudad, en apoyo a los programas de Biología II y IV.
Producto (con base en el Protocolo de equivalencias):	· Libro. (Rubro I, Nivel C, Numeral 13)
Inserción en el Campo de Actividad aprobado por el H. Consejo Técnico para el proyecto de trabajo del periodo 2020-2021.	
Campo 3. Diseño y elaboración de materiales didácticos pertinentes con los Programas de Estudio Vigentes	



Acepto el compromiso de cubrir 40 horas de formación docente.

3. Actividad individual o grupal:

Tipo de proyecto:	Grupal
Participación en un grupo de trabajo institucional:	Coordinador

Integrantes del grupo de trabajo				
Nombre	RFC	Categoría académica	Correo electrónico	Plantel de adscripción
HERNANDEZ PEÑALOZA ALBERTO (Coordinador)	HEPA680602KF7	Profesor de Carrera Titular "B" de Tiempo Completo Definitivo	altobe2005@yahoo.com.mx	Dirección General
ESTRADA AVILA CLAUDIA AIMEE (Integrante)	EAAC800920925	Profesor Asignatura "A" Interino	aimee.estrada20@gmail.com	Sur
GALINDO ROSETE CARLOS ALBERTO (Integrante)	GARC730808P27	Profesor Asignatura "A" Interino	cgrosete@gmail.com	Vallejo
GARCIA PEREZ LIZBETH (Integrante)	GAPL801221R18	Profesor Asignatura "A" Interino	lizgarciap@gmail.com	Sur
GARDUÑO AMBRIZ CECILIA (Integrante)	GAAC530822FE4	Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo	cexy5351@hotmail.com	Sur
MORENO NAVARRETE ROSA GRISELDA (Integrante)	MONR700910GR8	Profesor Asignatura "A" Definitivo	monrog@servidor.una.mx	Sur
TORO BADILLO SILVIA (Integrante)	TOBS7010064A5	Profesor de Carrera Asociado "C" de Tiempo Completo Definitivo	silviatorobadillo06@hotmail.com	Sur
Periodicidad y horario de las reuniones:	mensuales y extraordinarias; viernes de 13:00 a 15:00 horas.			



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR

**SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL
 ECOLOGÍA URBANA.**



**PROYECTO DE TRABAJO DEL ÁREA COMPLEMENTARIA A
 DESARROLLARSE DURANTE EL PERÍODO 2020-2021.**

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL LIBRO TEÓRICO-PRÁCTICO: TEMAS
 AMBIENTALES Y LA CIUDAD DE MÉXICO, EN APOYO A LOS PROGRAMAS DE
 BIOLOGÍA II Y IV.**



Campo III. Diseño y elaboración de materiales didácticos pertinentes con los Programas de Estudio Vigentes: **i. Libro (Rubro I, Nivel B ó C, Numeral 13).**

Grupo de trabajo:

Castillo Espinoza Karla María	★	Prof. Asociado C	Plantel Sur.
Damián Guillén María Isabel	★	Prof. Asociado C	Plantel Sur.
Estrada Ávila Claudia Aimée		Prof. Asignatura	Plantel Sur.
Galindo Rosete Carlos Alberto		Prof. Asignatura	Plantel Vallejo.
García Pérez Lizbeth		Prof. Asignatura	Plantel Sur.
Garduño Ambriz Cecilia		Prof. Titular C	Plantel Sur.
Hernández Peñaloza Alberto	★	Prof. Titular B	Plantel Sur
Moreno Navarrete Rosa Griselda		Prof. Asignatura	Plantel Sur.
Téllez Velasco M de los A. Aída	★	Técnico Acad. Tit. B	Jardín Botánico.
Toro Badillo Silvia		Prof. Asociado C	Plantel Sur.

★ Coordinador.
 ★ Integrante externo.

Agosto de 2020





ÍNDICE

1. PROPUESTA GENERAL

a. INTRODUCCIÓN.....	2
• CAMPO DE ACTIVIDAD.....	6
• OBJETIVOS.....	6
• FUNDAMENTACIÓN Y ALCANCES.....	7
b. ATENCIÓN AL PROPÓSITO GENERAL DEL CAMPO(S) DE ACTIVIDAD SELECCIONADO (S)	8
c. ACTIVIDADES A DESARROLLAR Y PRODUCTOS	12
d. RESULTADOS ESPERADOS.....	14
e. CRONOGRAMA Y PERIODICIDAD.....	15
f. CUADRO DE ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES PARA LOS INTEGRANTES DEL SEMINARIO.....	17
g. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES.....	18
2. FUENTES CONSULTADAS.....	19
3. ANEXO	
CARTAS COMPROMISO DE LAS PROFESORAS PARTICIPANTES EN EL GRUPO DE TRABAJO.....	20





**DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL LIBRO TEÓRICO-PRÁCTICO: TEMAS
AMBIENTALES Y LA CIUDAD DE MÉXICO, EN APOYO A LOS PROGRAMAS DE
BIOLOGÍA II Y IV.**

1. Propuesta General.

a. Introducción

Estos meses de pandemia en que se ha tenido que permanecer en casa, han significado grandes dificultades y retos para la Educación. Estudiantes, profesores y administrativos transitamos de forma acelerada hacia el trabajo en línea, muchas veces con incertidumbre, pero sabiendo que por ahora, es la única manera de evitar la propagación del COVID 19. En este sentido, y ante las declaraciones de las autoridades federales que expresan que la pandemia seguirá un buen rato entre nosotros, el Rector de la UNAM, Doctor Enrique Graue Wiechers, ha declarado que *“sea cual fuese la fecha de regreso a las actividades, ésta no podrá ser con el aforo y con las características con las que operábamos antes de esta contingencia”*.

Aunado a ello, México vive un momento complejo ya que enfrenta grandes retos en cuanto a salud, pobreza, seguridad, empleo, desnutrición, vivienda, **medio ambiente y desarrollo metropolitano con sustentabilidad y sostenibilidad**¹. Se requiere el impulso de acciones que en un marco de globalización permitan la competitividad económica, política y social y que desarrollen valores que transformen las conciencias ciudadanas y de los políticos, ya que en los últimos tiempos muchos valores como la objetividad, integridad, responsabilidad, servicio y protección de la diversidad étnica, cultural y del **medio ambiente** se han debilitado. Para tal fin la **Educación** juega un papel preponderante. En el caso de la **Educación Superior** ésta tiene que constituirse como uno de los motores que impulsen la configuración de un nuevo tipo de sociedad. La Educación debe

¹ Rodríguez R, Muñoz de Cota J, 2019





ubicarse en la base de la toma de decisiones y de las acciones estratégicas para atender los problemas sociales, económicos y ambientales². No hay aspecto de la realidad que no convoque al conocimiento como herramienta fundamental para prevenir, atender y resolver los grandes desafíos que el mundo actual nos presenta. Todo problema humano y natural exige una visión plural y diversa para la asimilación de su complejidad y para su comprensión cabal.



Para seguir a la vanguardia la **UNAM** debe continuar realizando acciones que le permitan mejorar su quehacer, estar en capacidad de seguir compitiendo en los planos nacional y mundial, así como adecuarse de manera crítica y racional a las nuevas modalidades que globalmente han adquirido los procesos de generación, transmisión, uso y transferencia de conocimientos. En **su Plan de Desarrollo** ha considerado 17 programas entre los que se encuentran: mejora de la educación universitaria (1), planes y programas de estudio (2), apoyo a la formación de los alumnos (3), superación y reconocimiento del personal académico (4), investigación (8) y sostenibilidad (14). Como actividades para mejorar la educación universitaria se señalan en el mismo: mantener y acrecentar la calidad de la formación media superior y superior, desarrollar la capacidad de abstracción, innovar los métodos de enseñanza, diseñar materiales de apoyo, incorporar los avances de la ciencia y la tecnología a la docencia y a la investigación para perfeccionar los procesos de acceso al conocimiento, impulsar el interés temprano por la investigación y fortalecer los medios principales por los que se divulga el saber. La UNAM ha considerado integrar la visión de la sostenibilidad a sus tareas fundamentales, es decir, a la docencia, la investigación y la extensión de los beneficios de la cultura, así como a sus aspectos operativos y estructurales. Con esta visión es que se plantea el despliegue de medidas entre la comunidad universitaria que integren **acciones en torno a temas ambientales** y de

² Plan de Desarrollo Institucional de la UNAM 2015-2019





sostenibilidad y que promuevan que los miembros de la comunidad universitaria participen en la **preservación del medio ambiente**. Así mismo se considera la preservación y mantenimiento de la infraestructura de los espacios universitarios.

Para la Universidad y para el Colegio de Ciencias y Humanidades, el **aprendizaje de los alumnos** sigue siendo su **propósito fundamental**, por lo que en sus Planes de trabajo se señalan como metas el elevar la calidad del egreso de los estudiantes y considerarlos como el centro de las actividades de la Institución. Para **mejorar la calidad de la enseñanza** a nivel medio superior se requiere contar con **estrategias y materiales de apoyo** novedosos y actualizados, así mismo es necesaria la **formación y actualización docente** y la profundización disciplinaria, lo que permitirá mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje y promover el aprendizaje significativo de los alumnos. También se consideran de importancia la formación de profesores y alumnos hacia el **cuidado del medio ambiente** y el **desarrollo sostenible**.

En este marco de referencia el **Plan de trabajo del Colegio 2018-2022** contempla apoyar acciones para mejorar la calidad de los aprendizajes de los alumnos, fomentar su formación integral, avanzar en la superación académica de sus profesores y mantener e incrementar la infraestructura y los servicios comunitarios. En cuanto a equipamiento e infraestructura, plantea continuar con la mejoría de la infraestructura y reforzar el equipamiento del CCH³. Tomando en cuenta estos objetivos y acciones, para el período escolar **2020-2021**, el presente proyecto se enmarca en las siguientes **prioridades**⁴:

1. Fortalecer la **calidad de los aprendizajes** de los alumnos en las aulas y los laboratorios.

³ Plan de desarrollo del CCH, 2018-2022

⁴ Cuadernillo de orientaciones 2020-2021.





3. **Apoyar la formación de los alumnos**, a través de la vinculación de las actividades curriculares con las extracurriculares y los programas institucionales de apoyo el de Jóvenes Hacia la Investigación y SILADIN, entre otros).



10. **Promover** la formación ciudadana a través de acciones que fomenten el respeto al **cuidado del medio ambiente**, los derechos humanos, la cultura de la paz y la tolerancia.

13. **Apoyar a la planta docente** del Colegio con acciones para lograr que su trabajo se realice en un ambiente propicio en el que los alumnos sean sujetos de su propia cultura y den cuenta de las razones, la validez de su conocimiento y sus procesos de aprendizaje.

17. Propiciar una mayor participación de **profesores de asignatura** en la vida académica institucional, mediante su **integración en Seminarios y/o Grupos de trabajo**, que contribuyan a la aplicación del Modelo Educativo del Colegio en su práctica docente.

20. **Elaborar y difundir materiales didácticos, estrategias e instrumentos de evaluación**, para apoyar la aplicación de los programas de estudio vigentes y elevar la calidad del aprendizaje de los cursos ordinarios.

21. **Impulsar una mayor vinculación con las Facultades, Escuelas, Institutos y Centros del Investigación**, para favorecer la incursión de la comunidad en temas actuales de investigación y encauzar las vocaciones científicas y humanísticas de los alumnos.





Campo de actividad.

De acuerdo al panorama actual, mismo que privilegia el trabajo colectivo pero a distancia, a los lineamientos y prioridades citados anteriormente, al trabajo desarrollado durante los últimos periodos en relación a la formación integral de alumnos y profesores para el conocimiento del ambiente en su Ciudad y Plantel, y a la importancia de contar con materiales actualizados para apoyar la puesta en marcha de los Programas Actualizados de Biología II y IV, el Seminario acordó inscribir su proyecto de trabajo de Apoyo a la Docencia para el **período 2020-2021** en el **Campo de Actividad III** “Diseño y elaboración de materiales didácticos pertinentes con los Programas de Estudio Vigentes”, particularmente en el **inciso i. Libro**, a fin de dar continuidad a la labor de formación de profesores y alumnos que en torno al ambiente en la CDMX y el Plantel, ha venido realizando desde hace más de dos décadas, ubicándolo de acuerdo al Protocolo de Equivalencias⁵ en el **Rubro I, Nivel B o C, numeral 13**. Así mismo, si las circunstancias lo permiten, se continuarán realizando las actividades de supervisión que periódicamente se realizan para el mantenimiento y conservación del Área de Reserva y Sendero Ecológico del Plantel y se realizarán actividades de difusión del trabajo realizado.

Los **objetivos** de este proyecto son:

- ❖ Contribuir a elevar la calidad de los aprendizajes sobre los temas de Ecología, Ambiente y Biodiversidad, incluidos en los programas actualizados de las asignaturas de Biología II y IV.
- ❖ Promover el conocimiento del ambiente en general y del la CDMX en particular.

⁵ Protocolo de Equivalencias,





- ❖ Fomentar el desarrollo de actividades en el ámbito cotidiano del ~~alumno~~ tanto en la CDMX como en el Pedregal de San Ángel y el Sendero Ecológico del Plantel Sur.
- ❖ Diseñar actividades y estrategias a desarrollar por profesores y alumnos sobre temas ambientales en estos espacios.
- ❖ Continuar con la formación de los profesores del Seminario y de otros profesores interesados en temas ambientales, a través de la integración de un libro que les sirva de apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje de temas de ecología, ambiente, biodiversidad y conservación, incluidos en los programas de Biología II y IV.
- ❖ Promover la formación de los alumnos, a través de la vinculación de las actividades curriculares y extracurriculares diseñadas, con el Sendero Ecológico, el SILADIN y otras Dependencias de la UNAM.
- ❖ Fomentar las vocaciones científicas en los alumnos del Bachillerato.
- ❖ Llevar a cabo trabajos de vinculación y colaboración académica con diferentes entidades de la UNAM.
- ❖ Promover, a través de la difusión de los materiales generados, una conciencia ambiental en la comunidad del Plantel.

Fundamentación y alcances.

Además de responder a los lineamientos y prioridades que orientan el trabajo académico en el Colegio para el ciclo 2020-2021 y a la necesidad de realizar trabajos colegiados a distancia, este proyecto se **fundamenta** en la necesidad de que los profesores elaboren estrategias y materiales didácticos en torno a la CDMX y al Sendero Ecológico del Plantel, que apoyen su labor docente, para que los alumnos alcancen los aprendizajes establecidos en cada una de estas asignaturas, así como en la prioridad de seguir contribuyendo al proceso de formación y actualización de los profesores en el ámbito disciplinario y didáctico, mediante la elaboración de materiales que tomen en cuenta ~~problemas~~





ambientales actuales, su ámbito cotidiano y que estén acordes con el Modelo Educativo del Colegio. Los **alcances** de estas actividades se verán reflejados en la calidad académica de alumnos y profesores y en la mejora del proceso enseñanza-aprendizaje de temas ambientales incluidos en los programas de Biología II y IV. Así mismo con la elaboración de este material se fortalecerá el trabajo extra clase, se fomentarán las vocaciones científicas, se contribuirá al mantenimiento del Área de Reserva y Sendero Ecológico del Plantel, a la conservación de su flora, a la valoración del ambiente en su Ciudad y País y se vinculará el trabajo del Colegio con el de otras Dependencias de la UNAM.

b. Atención al propósito general del campo(s) de actividad seleccionado (s).

Para garantizar la calidad académica del proceso de enseñanza y el aprendizaje de los alumnos, es esencial que los profesores elaboren de manera colegiada materiales que apoyen su labor docente, a fin de que los alumnos logren los aprendizajes planteados en los Programas. Así mismo se requiere **promover el conocimiento y uso de los espacios de su ámbito cotidiano y de los recursos del Plantel**, como es el caso de la CDMX y del Sendero Ecológico y el SILADIN, para apoyar el desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje. Estos espacios pueden ser excelentes herramientas didácticas ya que permiten realizar **actividades de campo, curriculares y extracurriculares** con los alumnos, sin necesidad de salir de la Ciudad, de ahí la importancia de elaborar el libro teórico-práctico sobre temas ambientales objeto de este proyecto. El **campo III** tiene como propósito continuar con el diseño y elaboración de **materiales didácticos** para las asignaturas del tronco común, así como fortalecer la puesta en práctica de los Programas de Estudio Actualizados de las asignaturas de quinto y sexto semestres, incluidas las materias extracurriculares, mediante propuestas innovadoras, congruentes con los postulados del Modelo Educativo del Colegio. En el **inciso i** plantea la **elaboración del libro** para la puesta en marcha de los Programas de Estudio de IV y VI semestres, así como el desarrollo de actividades extracurriculares. El **libro sobre temas ambientales y la Ciudad de México que**





aquí se plantea responde a estas finalidades, así como a las prioridades de elevar la calidad de los aprendizajes, apoyar la formación y actualización de los profesores sobre temas ambientales, apoyar la formación de los alumnos vinculando actividades curriculares, extracurriculares y programas institucionales, fomentar la formación ciudadana para el cuidado del ambiente y promover las vocaciones científicas. Por otro lado es importante continuar apoyando la **Formación de Profesores**, tanto disciplinaria como didácticamente a través de la elaboración de este tipo de materiales y plasmar la experiencia de que sobre temas ambientales ha atesorado el Seminario por más de tres décadas..

Con las actividades que se realizarán durante este ciclo, se pretende apoyar el logro de los **Aprendizajes y la Temática** que se señalan en el siguiente cuadro, en torno a las asignaturas de Biología II y IV.

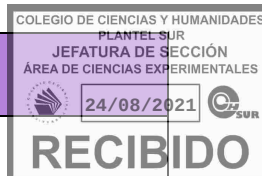
BIOLOGÍA II (Unidad 2, Temática 1 y 2)	
APRENDIZAJES	TEMATICA
- Identifica los niveles de población, comunidad, ecosistema, bioma y biosfera en la organización ecológica. - Reconoce los componentes bióticos y abióticos, así como su interrelación para la identificación de distintos tipos de ecosistemas. - Identifica las relaciones intra e interespecíficas en los ecosistemas. - Describe el flujo de energía y ciclos de la materia (carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y agua) como procesos básicos en el funcionamiento del ecosistema.	1. Estructura y procesos del ecosistema. - Niveles de organización ecológica. - Componentes bióticos y abióticos. - Relaciones intra e interespecíficas. - Niveles tróficos y flujo de energía.





• Identifica el concepto de biodiversidad y su importancia para la conservación biológica. • Identifica el impacto de la actividad humana en el ambiente, en aspectos como: contaminación, erosión, cambio climático y pérdida de especies. • Realiza investigaciones en las que aplica conocimientos y habilidades, a través de la realización de actividades características del trabajo científico y comunica de forma oral y escrita los resultados empleando un vocabulario científico. • Respeta el ambiente y todas las formas de vida. • Muestra una actitud crítica y reflexiva ante la relación ciencia–tecnología–sociedad– ambiente • Valora la importancia de la conservación biológica como parte de su formación ética. • Aplica habilidades, actitudes y valores en la realización de investigaciones escolares, sobre alguno de los temas o situación cotidiana relacionada con los contenidos del curso.	2. Biodiversidad y conservación biológica. • Concepto de biodiversidad. • Impacto de la actividad humana.
--	--





BIOLOGÍA IV (Unidad 2, temas I y II)	
APRENDIZAJES	TEMATICA
- Analiza los niveles genético, ecológico y biogeográfico de la biodiversidad. - Contrasta los patrones taxonómicos, ecológicos y biogeográficos de la biodiversidad. - Relaciona los tipos y la medición de la biodiversidad con el concepto de megadiversidad. - Comprende los factores que determinan la megadiversidad de México. - Relaciona los factores naturales y antropogénicos con la pérdida de la biodiversidad. - Identifica acciones para el uso y la conservación <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> de la biodiversidad en México. - Comprende el valor de la biodiversidad y propone acciones para el mejoramiento de su entorno. - Desarrolla procedimientos en investigaciones escolares documentales, experimentales, virtuales o de campo sobre los temas del curso, que incluyan: La búsqueda, selección e interpretación de información. La identificación de problemas, formulación de hipótesis y formas de comprobación. El manejo de los datos y análisis de los resultados para su comunicación individual o por equipo.	Unidad 2 Tema I. Caracterización de la biodiversidad. - Niveles de la biodiversidad. - Patrones de la biodiversidad. - Tipos de diversidad Tema II. Biodiversidad de México. - Factores que explican su megadiversidad (geológicos, geográficos, biogeográficos y culturales). - Factores que afectan la biodiversidad. - Regionalización de la biodiversidad. - Uso y conservación de la biodiversidad. - Importancia de la biodiversidad.





c. Actividades a desarrollar y productos.

Actividades:



1. Diseño y elaboración de un libro teórico-práctico sobre temas ambientales y la CDMX. Con el propósito de continuar apoyando la puesta en práctica de los programas actualizados de Biología, así como el conocimiento y uso del medio ambiente cotidiano tanto en la CDMX como en el Pedregal y el Sendero Ecológico del Plantel, se diseñará y elaborará un libro para profesores y alumnos que contenga enfoques y datos actualizados sobre la temática ambiental, así como estrategias o actividades prácticas para reforzar las temáticas y que ayuden a ejemplificar los temas de Ecología, Ambiente, Biodiversidad y Conservación, incluidos en los programas de Biología II y IV. Así mismo a través del mismo se pretende involucrar a profesores y alumnos en el trabajo de campo para promover la valoración y conservación de su ambiente cotidiano. Estos materiales se trabajarán a distancia y se realizarán reuniones periódicas a través de zoom, mientras la situación de la pandemia no cambie.

Así mismo, si la contingencia lo permite se llevarán a cabo las siguientes actividades:

2. Supervisión y gestión para la conservación y mejora de la infraestructura del Área de Reserva y Sendero Ecológico del Plantel.

La conservación de esta Área requiere de supervisión periódica y de llevar a cabo las gestiones necesarias ante las autoridades para la conservación y mejora de la infraestructura. Para tal fin durante el período 2020-2021 se continuará con las actividades de supervisión y gestión. También se llevarán a cabo el fotografiado y observación de las especies presentes en el Área.

3. Difusión de las actividades realizadas en eventos o foros.





Productos⁶

1. Libro (Rubro I, Nivel B o C, numeral 13). El libro se elaborará tomando en cuenta las especificaciones del protocolo de equivalencias, que al respecto señala que: *es la obra original cuyo contenido y estructura son coherentes e integrados; presenta rigor conceptual y metodológico en el desarrollo temático y están vinculados al Modelo Educativo y al Plan de Estudios del Colegio. El libro deberá ser revisado y evaluado por un Comité Editorial; después de atender las observaciones se pondrá a disposición para su publicación impresa o en versión digital para su uso. La valoración será de nivel C, cuando sean hasta seis autores. Si son más, se denominarán coautores y la valoración será de nivel B para todos, excepto cuando la comisión evaluadora, previo juicio y por la calidad de la obra, considere de nivel C a todos los participantes.*

Para su estructuración se tomarán en cuenta las siguientes características:

- Manejar información actualizada sobre la temática Ambiental, incluida en los programas de Biología II y IV.
- Incluir un marco de referencia para dar coherencia a los temas, en donde se hable de ecosistema y de sistema urbano, modo de vida y huella ecológica.
- Llevar una organización secuencial de los temas, agrupándolos en **5 módulos o capítulos**: agua, aire, suelo, biodiversidad y ecología urbana. En los mismos se incluirán datos y ejemplos para México y para la CDMX. Cada capítulo incluirá un marco teórico, cuestionarios y materiales y actividades prácticas o estrategias de laboratorio y campo.
- Estar acorde a los intereses, edad y nivel académico de los alumnos.

⁶ Protocolo de equivalencias, 2020.





2. Informe de las actividades realizadas en relación con el mantenimiento de la infraestructura del Sendero Ecológico del Plantel y la difusión de las mismas:

- Supervisión y gestión para la rehabilitación de la infraestructura del Sendero Ecológico.
- Fotografiado y observación de especies.
- Informe de difusión.

d. Resultados esperados con el desarrollo del proyecto.

Con la realización de este proyecto se apoyarán las prioridades y necesidades del Colegio y se coadyuvará a mejorar la enseñanza-aprendizaje de las asignaturas de Biología II y IV. Este trabajo se considera **pertinente** ya que corresponde a los lineamientos y prioridades Institucionales para el ciclo escolar 2020-2021; está acorde con las necesidades de la Institución y del Plantel; tiene continuidad con el trabajo realizado en períodos anteriores y contribuye a mejorar la calidad de la enseñanza en el campo de la Biología y a promover una Educación Ambiental en la comunidad del Plantel. El proyecto se inserta en el **Campo III** apoyando la generación materiales didácticos que enriquezcan la puesta en marcha de los programas actualizados y el uso de recursos didácticos importantes tanto en la CDMX como en el Plantel, el Sendero Ecológico y el SILADIN. Así mismo promueve la formación de profesores y alumnos en la temática ambiental.

Los resultados esperados se consideran de **calidad**, ya que su desarrollo se llevará a cabo en correspondencia con **el Rubro I, nivel B o C, numeral 13** del Protocolo de Equivalencias: **Libro** y el producto que se genere se elaborará conforme a las especificaciones del mismo. Así mismo se considera de calidad por que a través de los materiales que se desarrollarán se dará una visión actual de la temática y algunas de las actividades que se diseñen se trataran de vincular con diferentes entidades de la UNAM y fuera de ella.





Además los resultados esperados son **trascendentes** ya que responden a las necesidades del Plantel y de la Institución y contribuyen a fortalecer la preparación académica de alumnos y profesores y a dotarlos de herramientas de apoyo didáctico, lo que repercutirá en mejorar la calidad del aprendizaje de los alumnos y fomentar una formación acorde con los desafíos que les tocará enfrentar el día de mañana. Así mismo se pretende trascender al aula, con las actividades experimentales o de campo que se diseñen. Los conocimientos, habilidades y valores que con respecto al ambiente se promueven en los profesores trascenderán al alumno y a su vida cotidiana. Finalmente se trasciende a otras Dependencias de la UNAM.



e. Cronograma y periodicidad.

Cronograma: Durante el primer semestre se elaborarán por equipos los marcos teóricos de los capítulos y se irán revisando en línea con todos los integrantes del Seminario. Durante el segundo semestre los integrantes del Seminario diseñarán por lo menos 5 actividades prácticas por capítulo y seleccionarán materiales didácticos complementarios. Dichos trabajos se pondrán a discusión de manera virtual y/o presencial. Las supervisiones del Sendero Ecológico y observación de especies se efectuarán periódicamente durante el ciclo 2020-2021, en los meses que las condiciones lo permitan.

Periodicidad: Las reuniones se realizarán por lo menos una vez al mes, en horarios y días que no afecten a los grupos que atienden los integrantes del seminario.





CALENDARIO CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO



Actividades a realizar en el Proyecto 2020-2021	Posible calendario de reuniones y sesiones de trabajo									
	2020					2021				
	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene	Feb.	May.	Abr.	May.	Jun.
- Sesiones de trabajo informativa para tomar acuerdos, decisiones y para presentar las propuestas del libro a realizar. - Solicitud de los espacios requeridos en el SILADIN. - Solicitud de los materiales, equipos y reactivos necesarios para llevar a cabo las actividades de los profesores				V A C A C I O N E S						
Planeación, metodología, etapas generales para la elaboración del Libro con Actividades Experimentales.										
Análisis preliminar de los resultados parciales.										
Período de trabajo grupal para el fortalecimiento de la formación integral de los profesores.										
Presentación en el seminario de las actividades en los laboratorios curriculares y/o en los laboratorios del SILADIN.										
Revisión de los resultados obtenidos.										
Adecuaciones pertinentes a las actividades diseñadas.										
Período para la recopilación de información y productos del trabajo colegiado para elaboración de informe.										
Supervisiones del Sendero Ecológico del CCH Sur.										

Observaciones. El calendario propuesto esta bajo las restricciones de trabajo propuesta por la UNAM con la contingencia de COVID-19.





f. Cuadro de responsabilidades para los integrantes del Seminario.

A continuación, se señalan las responsabilidades de cada uno de los integrantes, para cada actividad propuesta en el proyecto, independientemente de que todos participarán en dichas actividades.

Actividad	Responsable (s)
➤ Diseño general y especificaciones de formato del libro.	Todos los integrantes.
➤ Marco de referencia.	C. Aimée Estrada Avila Cecilia Garduño Ambriz
➤ Capítulo I. Agua.	Alberto Hernández Peñaloza Castillo Espinoza Karla María
➤ Capítulo II. Aire.	Carlos A. Galindo Rosete Damián Guillén María Isabel
➤ Capítulo III. Suelo.	Ma. de los A. Aída Téllez V. García Pérez Lizbeth
➤ Capítulo IV. Biodiversidad.	Rosa Griselda Moreno Navarrete Toro Badillo Silvia
➤ Capítulo V. Ecología Urbana.	C. Aimée Estrada Avila Cecilia Garduño Ambriz





➤ Informe de las actividades de supervisión y gestión del Sendero Ecológico del Plantel y de la observación de las especies.	Supervisión; Claudia Aimee Estrada Ávila, Karla Ma. Castillo Espinoza, Lizbeth García Pérez, Carlos Alberto Galindo Rosete y Silvia Toro Badillo. Especies: Elizabeth Damian Guillen, Rosa Griselda Moreno Navarrete, Cecilia Garduño Ambriz, Alberto Hernández Peñalosa, y Ma. de los A. Aída Téllez Velasco.
---	--



Como **coordinador** desarrollaré las actividades que se enmarcan dentro del documento *Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales*, así como en los términos que establece el *Protocolo de equivalencias para el ingreso y promoción de los profesores ordinarios de carrera del CCH*.⁷

g. Recursos humanos y materiales viables para el desarrollo del proyecto.

- ❖ Apoyo de la Dirección del Plantel; las Secretarías General, Técnica y Administrativa; Departamentos de Impresiones y de Mantenimiento. Papelería y fotocopiado.
- ❖ Apoyos para mejora de las instalaciones.

Este proyecto es **viable** tanto en tiempo y recursos como por las actividades a desarrollar.

⁷ Reglas para el reconocimiento de los grupos de trabajo, 2012.





2. Fuentes Consultadas.

- ❖ Gaceta CCH. Suplemento especial. **Protocolo de Equivalencias** para el ingreso y promoción de los profesores de carrera ordinarios de carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades. 17 de enero de 2020. CCH-UNAM.
- ❖ Gaceta CCH. Suplemento Especial. **Cuadernillo de orientaciones 2020-2021**. 5 de junio de 2020. UNAM.
- ❖ Gaceta CCH. Suplemento especial Núm. 13. **Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales**. 7 de junio de 2012. CCH-UNAM.
- ❖ **Plan de Desarrollo Institucional de la UNAM 2015-2019**. UNAM.
- ❖ **Plan General de Desarrollo del Colegio de Ciencias y Humanidades 2018-2022**. Dirección General. Abril de 2018. CCH-UNAM.
- ❖ **Plan de Trabajo de la UNAM 2019-2023**. Dr. Enrique L Graue W. Octubre 2019. UNAM.
- ❖ **Programas de Estudio de Biología III y IV**. 2018. CCH-UNAM.
- ❖ Rodríguez R., Muñoz-De Cota J. 2019. **La ética pública como valor en la construcción de la Agenda para el Desarrollo de México**. AAPAUNAM, academia, ciencia y cultura. Junio 2019. México. 6-12 pp.

3. Cartas compromiso (Anexo).





A N E X O 1

CARTAS COMPROMISO DE LAS PROFESORAS DE ASIGNATURA PARTICIPANTES EN EL GRUPO DE TRABAJO

Vallejo





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



**H. CONSEJO TÉCNICO DE LA ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
P R E S E N T E**

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2020-2021, en el Grupo de Trabajo Seminario institucional SILADIN, Ciencia y Tecnología Ambiental: Ecología Urbana, coordinado por Alberto Hernández Peñaloza, cuyo producto o actividad es: Campo III: Elaboración de Libro **Rubro I Nivel C Numeral 13** de acuerdo con el Glosario de Términos.¹

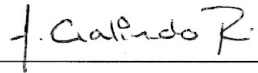
Por tal motivo me comprometo a cumplir con la normatividad relativa al funcionamiento de los grupos de trabajo.²

- Participar **únicamente** en este grupo de trabajo.
- Realizar las actividades que se me asignen.
- Asistir a las sesiones a las que se me convoque, **sin afectar** la atención de mis grupos escolares.

Si por algún motivo personal o laboral no continuara colaborando con el grupo de trabajo, lo notificaré **por escrito** al H. Consejo Técnico, en la Secretaría General de la DG, con copia al Consejo Académico y a la Jefatura de Sección del plantel o Departamento, dentro de un plazo no mayor a los 60 días naturales de haber iniciado el ciclo escolar, cuya fecha límite es el **26 de noviembre de 2020** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2020-2021*.

Atentamente

Cd. Mx., a 10 de agosto de 2020

Nombre y Firma del profesor(a): Carlos Alberto Galindo Rosete 
RFC: GARC730808P27
Plantel de adscripción: CCH - Vallejo
Profesor de (X) Asignatura () Carrera Ordinario de Medio Tiempo
Categoría Interino

¹ "Glosario de Términos" del. *Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Recuperado el 3 de marzo de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Protocolo_Equivalencias.pdf.

² Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales (2020). Recuperado el 5 de agosto de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/suplemento_Grupos_de_Trabajo.pdf





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



H. CONSEJO TÉCNICO DE LA ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
P R E S E N T E

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2020-2021, en el Grupo de Trabajo SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA, coordinado por el PROF. TITULAR B ALBERTO HERNÁNDEZ PEÑALOZA, cuyo producto o actividad es: DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL LIBRO TEÓRICO-PRÁCTICO: TEMAS AMBIENTALES Y LA CIUDAD DE MÉXICO, EN APOYO A LOS PROGRAMAS DE BIOLOGÍA II Y IV. **Rubro I Nivel B ó C Numeral 13**, de acuerdo con Glosario de Términos.¹

Por tal motivo me comprometo a cumplir con la normatividad relativa al funcionamiento de los grupos de trabajo.²

- Participar **únicamente** en este grupo de trabajo.
- Realizar las actividades que el responsable o coordinador me asigne.
- Asistir a las sesiones que convoque el responsable o coordinador, **sin afectar** la atención de mis grupos escolares.

Si por algún motivo personal o laboral no continuara colaborando con el grupo de trabajo, lo notificaré **por escrito** al H. Consejo Técnico, en la Secretaría General de la DG, con copia al Consejo Académico, a la Jefatura de Sección del plantel o Departamento y al coordinador o responsable del grupo de trabajo, dentro de un plazo no mayor a los 60 días naturales de haber iniciado el ciclo escolar (**26 de noviembre de 2020**).

Atentamente

Cd. Mx., a 04 de agosto de 2020

Nombre y Firma del profesor(a): Lizbeth García Pérez

RFC: GAPL801221R18

Plantel de adscripción: CCH Sur

¹ "Glosario de Términos" del Protocolo de Equivalencias para el Ingreso y la Promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades para el ingreso y Promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades (2020) y/o la Adenda del Glosario de Términos del Protocolo de Equivalencias para el Ingreso y Promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades (2020)

² Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales (2020)





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



H. CONSEJO TÉCNICO DE LA ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
P R E S E N T E

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2020-2021, en el Grupo de Trabajo Seminario institucional SILADIN, Ciencia y Tecnología Ambiental: Ecología Urbana, coordinado por Alberto Hernández Peñaloza, cuyo producto o actividad es: Campo III: Elaboración de Libro **Rubro I Nivel C Numeral 13** de acuerdo con el Glosario de Términos.¹

Por tal motivo me comprometo a cumplir con la normatividad relativa al funcionamiento de los grupos de trabajo.²

- Participar **únicamente** en este grupo de trabajo.
- Realizar las actividades que se me asignen.
- Asistir a las sesiones a las que se me convoque, **sin afectar** la atención de mis grupos escolares.

Si por algún motivo personal o laboral no continuara colaborando con el grupo de trabajo, lo notificaré **por escrito** al H. Consejo Técnico, en la Secretaría General de la DG, con copia al Consejo Académico y a la Jefatura de Sección del plantel o Departamento, dentro de un plazo no mayor a los 60 días naturales de haber iniciado el ciclo escolar, cuya fecha límite es el **26 de noviembre de 2020** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2020-2021*.

Atentamente

Cd. Mx., a 10 de agosto de 2020

Nombre y Firma del profesor(a): Claudia Aimée Estrada Avila

RFC: EAAC800920

Plantel de adscripción: Sur

Profesor de (X) Asignatura () Carrera Ordinario de Medio Tiempo

Categoría Interino

¹ "Glosario de Términos" del. Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades. Recuperado el 3 de marzo de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Protocolo_Equivalencias.pdf.

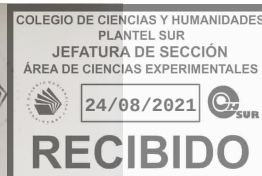
² Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales (2020). Recuperado el 5 de agosto de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/suplemento_Grupos_de_Trabajo.pdf



Seminario Institucional SILADIN. **Ciencia y Tecnología Ambiental: Ecología Urbana**
Proyecto 2020-2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



H. CONSEJO TÉCNICO DE LA ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
P R E S E N T E

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2020-2021, en el Grupo de Trabajo Seminario institucional SILADIN, Ciencia y Tecnología Ambiental: Ecología Urbana, coordinado por Alberto Hernández Peñaloza, cuyo producto o actividad es: Campo III: Elaboración de Libro **Rubro I Nivel C Numeral 13** de acuerdo con el Glosario de Términos.¹

Por tal motivo me comprometo a cumplir con la normatividad relativa al funcionamiento de los grupos de trabajo.²

- Participar **únicamente** en este grupo de trabajo.
- Realizar las actividades que se me asignen.
- Asistir a las sesiones a las que se me convoque, **sin afectar** la atención de mis grupos escolares.

Si por algún motivo personal o laboral no continuara colaborando con el grupo de trabajo, lo notificaré **por escrito** al H. Consejo Técnico, en la Secretaría General de la DG, con copia al Consejo Académico y a la Jefatura de Sección del plantel o Departamento, dentro de un plazo no mayor a los 60 días naturales de haber iniciado el ciclo escolar, cuya fecha límite es el **26 de noviembre de 2020** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2020-2021*.

Atentamente

Cd. Mx., a 10 de agosto de 2020

Nombre y Firma del profesor(a): Rosa Griselda Moreno Navarrete

RFC: MONR700910

Plantel de adscripción: Sur

Profesor de (x) Asignatura () Carrera Ordinario de Medio Tiempo

Categoría Definitiva

¹ "Glosario de Términos" del *Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los Profesores Ordinarios de la Universidad Nacional Autónoma de México*.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR**

**SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL.
ECOLOGÍA URBANA.**



**INFORME DE TRABAJO DEL ÁREA COMPLEMENTARIA A DESARROLLARSE
DURANTE EL PERÍODO 2020-2021.**

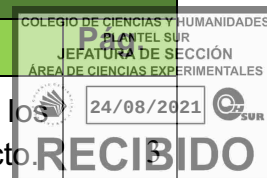
**DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL LIBRO TEÓRICO-PRÁCTICO: TEMAS AMBIENTALES
Y LA CIUDAD DE MÉXICO, EN APOYO A LOS PROGRAMAS DE BIOLOGÍA II Y IV.**



Campo III. Diseño y elaboración de materiales didácticos pertinentes con los Programas de Estudio Vigentes: i. Libro **(Rubro I, Nivel B ó C, Numeral 13).**

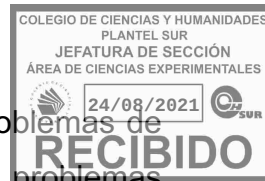
Grupo de trabajo:		
Castillo Espinoza Karla María	Prof. Asignatura	Plantel Sur.
Damián Guillén María Isabel	Prof. Asignatura	Plantel Sur.
Estrada Avila Claudia Aimée	Prof. Asignatura	Plantel Sur.
Galindo Rosete Carlos Alberto	Prof. Asignatura	Plantel Vallejo.
García Pérez Lizbeth	Prof. Asignatura	Plantel Sur.
Garduño Ambriz Cecilia	Prof. Titular C	Plantel Sur.
Hernández Peñaloza Alberto	Prof. Titular B	Plantel Sur
Moreno Navarrete Rosa Griselda	Prof. Asignatura	Plantel Sur.
Téllez Velasco M. de los A. Aída	Técnico Acad. Tit. B	Jardín Botánico.
Toro Badillo Silvia	Prof. Asociado C	Plantel Sur.

Índice	
Propuesta general	
a) Introducción, donde se indique el Campo de Actividad, los objetivos y los alcances a los que se llegó al finalizar el proyecto.	5
b) Descripción de las actividades o los productos desarrollados con respecto a lo proyectado.	7
c) Explicación sobre cómo se atendió el propósito del Campo de Actividad seleccionado, a través de las actividades o los productos desarrollados (pertinencia).	9
d) Valoración de las actividades y/o los productos indicando su calidad y trascendencia.	13
e) Reseña de las actividades desarrolladas por cada uno de los integrantes del grupo de trabajo (coordinador y participantes), señalando el cumplimiento de sus compromisos, así como el porcentaje de asistencia. Asimismo, deberá especificar las formas de organización del trabajo individual o grupal.	15
f) Evaluación global del grupo y una reflexión sobre su funcionamiento y desempeño.	18
1. Fuentes institucionales, didácticas y disciplinarias en las que el profesor apoyó su informe.	22
2. Anexos.	23
a) Listas de asistencia del grupo de trabajo o las formas de control acordadas por el grupo de trabajo.	23
b) Concentrado el porcentaje de asistencia de cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.	32
c) Minutas de las sesiones realizadas.	33
d) Producto(s) y /o constancias de actividades de Apoyo a la Docencia comprometida.	52



1. Propuesta general

a) Introducción, donde se indique el Campo de Actividad, los objetivos y los alcances a los que se llegó al finalizar el proyecto.



Los seres humanos enfrentan un reto de supervivencia no sólo por problemas de salud (COVID-19), pobreza, violencia y desempleo sino también por problemas ambientales, la sociedad destruye los ecosistemas y se está llegando a los límites.

Las consecuencias ambientales cada vez se hacen más complejas, ejemplo de ello son los cambios climáticos, el calentamiento global, el agotamiento de la capa de ozono, la deforestación, la extinción de especies animales, la contaminación del aire, del agua y del suelo, por tales motivos es preciso plantear soluciones para que esto se atienda y se lleve a cabo, pues es algo que el medio ambiente nos está exigiendo, no hay más tiempo y hay que actuar.

La presente propuesta pedagógica busca ser más que una reflexión teórica, apoyando al docente en su labor educativa para la transmisión de aprendizajes en los programas de estudios de Biología II y IV, por medio de lecturas y actividades didácticas experimentales.

La propuesta pedagógica emerge de la necesidad de crear reflexión en los estudiantes del colegio, ellos como sujetos pensantes que deben de conocer el entorno que los rodea, ya que existe un vínculo inseparable que siempre prevalecerá entre los humanos y el medio ambiente en el que vive, y es importante que el alumno reflexione sobre las consecuencias de los problemas ambientales.

Es importante mencionar, que los profesores del colegio debemos fomentar el cuidado del ambiente, de manera didáctica y significativa, en los cursos de Biología, por ello elaboramos el **Libro Teórico-Práctico: Temas Ambientales y la Ciudad de México, en Apoyo a los Programas de Biología II y IV.**

El seminario acordó inscribir el proyecto de trabajo de Apoyo a la Docencia para el período 2020-2021 en el **Campo de Actividad III. “Diseño y elaboración de materiales didácticos pertinentes con los programas de estudios vigentes”,**

particularmente en el inciso **i. Libro**, a fin de dar continuidad a la labor de formación de profesores y alumnos en entorno al ambiente de la Ciudad De México (**CDMX**); trabajo que el plantel ha venido realizando desde hace más de dos décadas. La propuesta consistió en generar un Libro con 5 unidades y estrategias didácticas que sean de utilidad para apoyar la labor docente en el proceso de enseñanza para mejorar el aprendizaje de los alumnos. (Ver. Tabla 1)



Actividad	Responsable (s)
☐ Marco de referencia.	• C. Aimée Estrada Avila • Cecilia Garduño Ambriz • Ma. De los A. Aída Téllez V.
☐ Capítulo I. Agua.	• Alberto Hernández Peñaloza • Karla María Castillo Espinoza
☐ Capítulo II. Aire.	• Carlos A. Galindo Rosete • María Isabel Damián Guillén
☐ Capítulo III. Suelo.	• Ma. de los A. Aída Téllez V. • Lizbeth García Pérez
☐ Capítulo IV. Biodiversidad.	• Rosa Griselda Moreno Navarrete • Silvia Toro Badillo
☐ Capítulo V. Ecología Urbana.	• C. Aimée Estrada Avila • Cecilia Garduño Ambriz

Tabla 1. Capítulos del libro y autores.

El proyecto desarrollado se apoyó en los objetivos, diseñando un libro con información y estrategias didácticas que favorezcan la enseñanza del cuidado del medio ambiente en la CDMX, en los alumnos de 4to y 6to semestre en las asignaturas de Biología II y IV.

Donde los objetivos específicos fueron:

- Dar a conocer aspectos teóricos y conceptuales acerca de la educación ambiental, así como antecedentes históricos, problemáticas y cuidados del ambiente.
- Analizar el papel que juega la escuela para proveer una educación ambiental; elevando la calidad de los aprendizajes sobre los temas de Ecología, Ambiente y Biodiversidad, incluidos en los programas actualizados de las asignaturas de Biología II y IV.
- Reflexionar sobre la importancia de que exista un recurso de enseñanza para la educación ambiental, que sea didáctico, lúdico, experimental y significativo.
- Diseñar actividades y estrategias didácticas de enseñanza que servirán para promover el cuidado del medio ambiente tanto en la CDMX como en el Pedregal de San Ángel y el Sendero Ecológico del Plantel Sur.
- Continuar con la formación de los profesores del Seminario y de otros profesores interesados en temas ambientales, a través de la integración de un libro que les sirva de apoyo al proceso de *enseñanza-aprendizaje* de temas de ecología, ambiente, biodiversidad y conservación, incluidos en los programas de Biología II y IV.
- Promover la formación de los alumnos, a través de la vinculación de las actividades curriculares y extracurriculares diseñadas, con el Sendero ecológico, el Siladin y otras dependencias de la UNAM.
- Fomentar las vocaciones científicas en los alumnos del bachillerato.
- Llevar a cabo trabajos de vinculación y colaboración académica con diferentes entidades de la UNAM.



- Promover, a través de la difusión de los materiales generados, una conciencia ambiental en la comunidad del Plantel.

El Libro utiliza el entorno escolar **México-CDMX-Reserva del Pedregal de San Ángel-CCH-Sur-Sendero Ecológico** en el proceso de *enseñanza-aprendizaje*. La concepción y utilización del medio ambiente desde un punto de vista didáctico es algo más que el conocimiento de los elementos físicos, químicos y biológicos que lo rodean. Considerar el entorno como espacio educativo amplía las posibilidades didácticas que en otros tiempos estaban enmascarados exclusivamente en la escuela. Esta posibilidad acerca al alumno a la realidad y lo aleja del conocimiento abstracto, teórico, desconocido e imaginario que se suele impartir en las aulas. El medio ambiente es vivo, real y fácil de observar como recurso didáctico o como método de aprendizaje.



El sistema educativo es una parte de un sistema social más amplio y con el que interactúa de forma continua. La sociedad necesita que la escuela proporcione a los alumnos las aportaciones de sociedades y generaciones anteriores, así como los conocimientos científicos actuales y los métodos de análisis crítico del medio ambiente para promover la mejora de su calidad y ayudarles a solventar las necesidades actuales y futuras de la humanidad.

En este sentido, el aprendizaje de las personas como consecuencia de su interacción con el entorno más inmediato les lleva a investigar y explorar a su alrededor como una forma de adaptación al medio que les rodea. Esta indagación de lo próximo, facilitada y motivada por la escuela en forma exploratoria, proporcionará conocimientos que permitirán llegar a alcanzar la fase de pensamiento formal.

El papel de la educación se ha vuelto muy importante, ya que la problemática ambiental demanda una apropiada Educación Ambiental, con ello será viable producir e innovar temas educativos no sólo en el aspecto ambiental, sino también en temas sociales, políticos y económicos, ante esto sólo se debe de innovar y producir, se debe de ser constante. La Educación Ambiental". debe ser permanente,

supervisar, programar y evaluar con periodicidad, además de practicarse con ahínco..” (López, 1998: 11)

b) Descripción de las actividades o los productos desarrollados con respecto a lo proyectado.



El trabajo realizado en el seminario permitió diseñar un libro con temas ambientales de la CDMX con lecturas y estrategias experimentales como una vía de interpretación, que contribuya a la formación científica. Por ello, la formación del profesor debe estar encaminada a elevar la cultura universal y profesional, de forma contextualizada, para dotar a los profesores de herramientas necesarias para su práctica profesional con un enfoque de Historia-Sociedad-Ciencia-Tecnología y Medio Ambiente.

En relación a los propósitos logrados, propuestos en el proyecto correspondiente, se describen los siguientes:

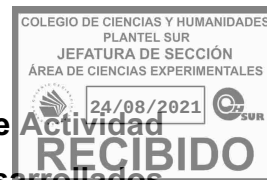
- Se fomentó la *formación integral de los profesores para la docencia*, especialmente en el contexto de la Enseñanza Experimental con Enfoque Ciencia Tecnología Sociedad (CTS). Campo 3. *Diseño y elaboración de materiales didácticos pertinentes con los Programas de Estudio Vigentes*. Fomentando la actualización interrelación de conceptos, inherentes a la enseñanza de la ciencia. Además, se propició en los docentes la capacitación en aspectos didácticos, pedagógicos, metodología experimental, dentro de las instalaciones del CCH-Sendero Ecológico.
- Se organizó un proceso de enseñanza aprendizaje de las asignaturas de Biología II y IV, teniendo en cuenta el principio de la interdisciplinariedad relacionándolo con la sociedad-ciencia-tecnología y medio ambiente, de manera que se constituyó una fase de aprendizaje dinámico, donde se enriqueció y favoreció la motivación profesional de los profesores.

- Se identificaron y desarrollaron situaciones de aprendizaje que llevaron a la motivación, la reflexión, el análisis y las valoraciones de los conocimientos que revelan la relación didáctica-ciencia-aprendizaje.
- Se fomentó la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación, al orientar a los estudiantes en la búsqueda de temas actuales relacionados con los contenidos que se tratan en clase,
- El trabajo colaborativo y metodológico constituyeron una de las funciones principales del seminario en el desempeño de los docentes noveles. Esto permitió elevar su nivel de preparación, y con ello mejorar la calidad de los aprendizajes de los alumnos. De ahí la atención que se debe presentar desde las estructuras directivas encargadas de planificar, organizar, ejecutar y controlar el proceso de formación docente.
- El trabajo realizado en el seminario formó espacios de reforzamiento del conocimiento, que contribuyeron a la formación de habilidades que se requieren para el desempeño profesional de los docentes noveles. Es el Colegio la escuela ideal para la materialización de ese desempeño profesional y que en los primeros años de profesionalización se comience con la familiarización del Modelo Educativo del Colegio, y luego progresivamente se perfeccione e incremente el nivel de exigencia.
- El trabajo realizado se planificó y organizó teniendo en cuenta las características tanto de los docentes como de los estudiantes y el Modelo Educativo del Colegio. A partir de esta caracterización, debidamente fundamentada, se diseñaron varias actividades. Estas comenzaron con reuniones metodológicas, donde se daba a conocer a los docentes la línea de trabajo a seguir, con sus correspondientes especificaciones para la asignatura y el sistema de trabajo a emprender en función de los propósitos y metas propuestas.
- El docente tiene que estar plenamente consciente de su responsabilidad como educador en ciencia, la que se materializa, con el cumplimiento de los objetivos



de su asignatura, clase, unidad, del programa en curso. Con un enfoque CTS y Cuidado del Ambiente, materiales que sin duda actualizan la docencia y seguirán apoyando el aprendizaje de los estudiantes.

- c) **Explicación sobre cómo se atendió el propósito del Campo de Actividad seleccionado, a través de las actividades o los productos desarrollados (pertinencia).**



Los maestros son elementos fundamentales del proceso educativo. La sociedad deposita en ellos la enseñanza y les asigna la responsabilidad de favorecer los aprendizajes y de promover el logro del perfil de egreso. Los maestros son conscientes de que no basta con poner en juego los conocimientos logrados en su formación inicial, sino que requieren, además, de aplicar toda la experiencia adquirida durante su desempeño profesional, y mantenerse en permanente actualización.

En consecuencia, los maestros asumen el compromiso de fortalecer su actividad profesional para renovar sus prácticas pedagógicas, con un mejor dominio de los contenidos curriculares y una mayor sensibilidad ante los alumnos, sus problemas y la realidad en que se desenvuelven.

Para apoyar el fortalecimiento profesional de los maestros y garantizar la reforma curricular de este nivel se diseñaron e implementaron una serie de actividades para el trabajo docente, teniendo como marco de referencia el Modelo Educativo del Colegio y la Metodología Científica Experimental. Las principales acciones que nos indicaron el logro del propósito general del *Campo 3. Diseño y elaboración didácticos pertinentes con los Programas de Estudio de Estudio Vigentes:*

TEMAS AMBIENTALES Y LA CIUDAD DE MÉXICO, EN APOYO A LOS PROGRAMAS DE BIOLOGÍA II Y IV.

Para esta propuesta se presentó un cronograma de actividades para el ciclo escolar 2020–2021, que guió el avance y desarrollo de las actividades más significativas en las que participaron los profesores integrantes del seminario: reuniones de trabajo

vía Zoom para la presentación del plan de trabajo e integración de los profesores que recién se incorporaron, reuniones para tomar acuerdos y decisiones sobre las tareas a realizar; sesiones para compartir experiencias educativas exitosas y para el intercambio de experiencias, la actualización en conceptos con mayor grado de dificultad de la disciplina; programación de sesiones para la docencia asistida. (Ver Tabla 2)

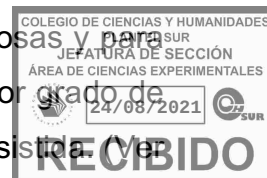


Tabla 2.

CALENDARIO CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Actividades a realizar en el Proyecto 2020-2021	Posible calendario de reuniones y sesiones de trabajo									
	2020				2021					
	Sep	Oct	Nov.	Dic	En e	Feb	Mar	Abr	May	Jun
- Sesiones de trabajo informativa para tomar acuerdos, decisiones y para presentar las propuestas del libro a realizar. - Solicitud de los espacios requeridos en el SILADIN. - Solicitud de los materiales, equipos y reactivos necesarios para llevar a cabo las actividades de los profesores.				V A C A C I O N E S						
Planeación, metodología, etapas generales para la elaboración del Libro con Actividades Experimentales.										
Análisis preliminar de los resultados parciales.										
Período de trabajo grupal para el fortalecimiento de la formación integral de los profesores.										
Presentación en el seminario de las actividades en los laboratorios curriculares y/o en los laboratorios del SILADIN.										
Revisión de los resultados obtenidos.										
Adecuaciones pertinentes a las actividades diseñadas.										

• Período para la recopilación de información y productos del trabajo colegiado para elaboración de informe.										
• Supervisiones del Sendero Ecológico del CCH Sur.										
Observaciones: El calendario propuesto está bajo las restricciones de trabajo propuesta por la UNAM con la contingencia de COVID-19.										



1. Una vez que los profesores de asignatura tuvieron definidos horarios, turnos y materias a impartir en cada semestre, se acordó de manera grupal y/o individual los días y horario de trabajo, cuidando el no afectar la atención a los grupos.
2. Respetando siempre los tiempos disponibles, intereses y necesidades de formación y/o actualización de los profesores integrantes del seminario, al iniciar el semestre logramos la integración o reintegración de los nuevos participantes y al establecimiento de los compromisos de trabajo personal y entre pares.
3. Para la presentación y realización personal de cada una de las actividades, frente a los pares, se programaron sesiones de trabajo en las que se intercambiaron experiencias para enriquecer o mejorar las propuestas presentadas.

“El proceso de enseñanza-aprendizaje caracterizado por un trabajo interdisciplinario es un acto de cultura caracterizado en principio; por un pensamiento favorecedor, flexible, dinámico y de comprensión de la realidad contemporánea mundial, si de avances científico-técnicos, condiciones histórico-sociales concretas y contextos educativos modernos y novedosos se trata, para intervenir en cada una de las esferas de la vida”.

Esta afirmación es importante en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Química, Biología y Física en la concepción del Modelo Educativo del Colegio. El objetivo del seminario fue: plantear la elaboración de un libro con una diversidad de actividades interdisciplinarias a partir de la Ciencia, que contribuya al aprendizaje en los estudiantes del Bachillerato.

Por lo que es **pertinente** mencionar que el contexto del proceso *docente-educativo* y el concepto de *interdisciplinariedad* abarcan no sólo nexos que se pueden establecer entre los sistemas de conocimientos de una disciplina y también aquellos vínculos que se pueden crear entre los modos de formas de pensar, cualidades, valores y puntos de vista que potencian las diferentes disciplinas. En la enseñanza de las Ciencias resulta loable el establecimiento diversas relaciones pues el modelo de formación docente establece la interacción sistemática entre profesores con experiencia, profesores noveles y alumnos.



Con el diseño del libro se pretende enriquecer, innovar y mejorar la formación didáctica y metodológica de los profesores, en diversos momentos, sesiones y etapas del trabajo realizado durante el ciclo escolar, con lo que se consolidaron las siguientes actividades:

- Se ofreció a los profesores oportunidades para centrarse en el contenido que los alumnos deben de aprender y en cómo enfrentarse a las dificultades que los alumnos se encontrarán al aprender el contenido.
- Incluir oportunidades para que los profesores de forma colaborativa puedan analizar el trabajo de los alumnos.
- Se propició que los profesores reflexionaran activamente acerca de sus prácticas y que las compartieran con sus pares de práctica profesional.
- Los profesores identificaron sus necesidades de lo que necesitan aprender y planifican experiencias de aprendizaje que les permitan cubrir sus necesidades.
- Se proporcionó a los profesores nuevos métodos de enseñanza, y recibieron apoyo y asesoramiento en sus clases cuando se encontraron con problemas de implementación.

- Se socializaron diversas actividades que animaron a los profesores a hacer menos privadas sus prácticas de forma que puedan recibir retroalimentación de sus pares.
- Lectura y análisis del material de apoyo entregado para dar sustento a las actividades a elaborar.
- Actualización en los contenidos temáticos del curso que se imparte, en especial en aquellos conceptos que presentan un alto nivel de abstracción para los alumnos.



d) Valoración de las actividades y/o los productos indicando su (calidad) y (trascendencia).

Los profesores ante un mundo globalizado deben auto-reconocerse como un estudiante de por vida. Aunque la imagen del maestro ha cambiado al pasar de los años, al igual que su mentalidad y sus necesidades profesionales. El maestro debe continuar su formación académica con el propósito de adquirir herramientas teóricas, prácticas didácticas y tecnologías modernas que le ayuden a fortalecer su labor.

El sistema educativo actual solicita un maestro diferente. Un maestro que posea cultura y que se distinga como profesional idóneo y debidamente preparado para impactar de manera positiva a los estudiantes, el maestro calificado se caracteriza por tener conocimientos sobre el proceso de desarrollo y aprendizaje de los alumnos. De esta forma puede poner en práctica nuevas estrategias y técnicas de enseñanza, que aporten positivamente el proceso educativo y de aprendizaje en el aula de clase.

El profesor que se requiere en estos momentos debe ser un trabajador de la educación, produciendo materiales didácticos de **calidad**, centrados en la

comprensión de las realidades del alumno, y respondiendo a las necesidades actuales de la sociedad.

Por lo que el seminario diseñó un libro para las asignaturas de Biología II y IV. Para consolidar este proceso los profesores compartimos e intercambiamos experiencias para conocer la visión que tenemos sobre el medio ambiente y cómo lo hacemos operativo. Con este producto se integran aprendizajes *conceptuales*, *procedimentales* y *actitudinales* que se describen en el Modelo Educativo del Colegio.



Con estas actividades recuperamos los siguientes aspectos:

- Presentar situaciones problemáticas o preguntas que se conviertan en problemas concretos y que pongan en conflicto cognitivo a los estudiantes.
- Favorecer la reflexión de los estudiantes sobre la relevancia del cuidado del medio ambiente, México-CDMX-Reserva Pedregal de San Ángel, CCH Sur-Sendero Ecológico.
- Promover el análisis cualitativo y significativo, que ayuden a comprender y delimitar las situaciones planteadas.
- Plantear posibles respuestas a la pregunta – problema planteado-.
- Elaborar el diseño, planeación y desarrollo de actividades experimentales y de campo, con aportaciones de los estudiantes.
- Promover el análisis y la reflexión de los resultados y evidencias experimentales; integrando los conocimientos aprendidos a través de la pregunta ¿qué aprendí?.
- Elaborar el reporte de la actividad experimental o de campo para fortalecer la comunicación escrita y oral.

- Promover la interacción entre cada equipo de trabajo colaborativo para la presentación y discusión de los resultados y la elaboración de conclusiones.

El trabajo realizado en el seminario tuvo como productos un libro con actividades experimentales y de campo las cuales tienen la **trascendencia** de enseñar a los alumnos a que formulen preguntas, cuestionamientos de un contenido determinado, para desarrollar una cultura de aula pensada en despertar la curiosidad. Los alumnos tomarán una postura que les permita ser realmente los protagonistas de su aprendizaje, en el contexto de una cultura científica, de la cual el docente es el guía.



El libro tuvo como propósito:

- Crear en el alumno oportunidades y tiempo para preguntas en un ambiente de aula cordial.
- El alumno crea oportunidades para preguntar y elaborar cuestionamientos, que construyan mejores preguntas buscando oportunidades para formularlas.
- Ayudar al alumno a realizar un análisis del cuidado del Medio Ambiente construyendo su conocimiento.

- e) **Reseña de las actividades desarrolladas por cada uno de los integrantes del grupo de trabajo (coordinador y participantes), señalando el cumplimiento de sus compromisos, así como el porcentaje de asistencia. Asimismo, deberá especificar las formas de organización del trabajo individual o grupal.**



Actividades y compromisos realizados por el Coordinador del Seminario

- Al iniciar el 1er semestre escolar, se presentó el programa de actividades, fechas y horarios para las reuniones de trabajo en formato Zoom. Esta propuesta de trabajo se aceptó considerando los tiempos de los profesores integrantes.
- En un ambiente de pares, durante la primera sesión se dio la bienvenida a los profesores nuevos del seminario.
- Durante todas las sesiones se coordinó, promovió y fortaleció el intercambio de experiencias interdisciplinarias, el trabajo colaborativo y participativo entre pares, en el que se puso de manifiesto el nivel de compromiso personal y colectivo para desarrollar las actividades que van a incidir en el mejoramiento del aprendizaje de los alumnos. En esta reunión, además, se presentó la propuesta de trabajo: (Ver Tabla 3)

-Proyecto, Temática a desarrollar.

-Fundamentación Teórica.

-Diseño.

-Resultados

- En colaboración con los profesores integrantes del seminario, se presentaron los avances de los capítulos del libro realizado. Es importante mencionar que este trabajo se compartió en una carpeta de Google Drive para su manejo y revisión; todos los profesores participantes propusimos y expusimos los materiales para enriquecer el trabajo.

- Los capítulos tienen un anexo de actividades experimentales y/o de campo que apoyan el marco teórico de cada capítulo en la enseñanza de aprendizajes conceptuales, procedimentales y actitudinales en las asignaturas de Biología II y IV.
- Como producto del trabajo colaborativo e interdisciplinario, los integrantes del seminario elaboramos un libro:



LIBRO TEÓRICO-PRÁCTICO: TEMAS AMBIENTALES Y LA CIUDAD DE MÉXICO, EN APOYO A LOS PROGRAMAS DE BIOLOGÍA II Y IV.

En este libro se integran aspectos conceptuales y actividades prácticas sobre: Agua, Aire, Suelo, Biodiversidad y Ecología Urbana en la CDMX.

- Las minutas de las sesiones y reuniones de trabajo, las listas de asistencia, así como el apoyo para el mejor desarrollo del trabajo realizado, estuvo a cargo del coordinador.
- El Libro y el informe de trabajo, fue elaborado por los integrantes del grupo de trabajo.

Actividades, compromisos y responsabilidades de los profesores integrantes del grupo de trabajo

- Como se mencionó en párrafos anteriores, el entusiasmo, el compromiso, el trabajo continuo y responsabilidad fueron las principales características de este seminario. Por ello, su participación fue amplia y responsable, con una asistencia del 100% en las reuniones y en las actividades desarrolladas. (Ver Tabla 4)
- El marco conceptual del libro está reforzado por actividades experimentales, fortaleciendo la Metodología Experimental del Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades en el Área de las Ciencias Experimentales.

- Los profesores participaron de manera sobresaliente en cada una de las actividades asignadas. (Ver Tabla 3)
- Este material va a apoyar y fortalecer los aprendizajes conceptuales, procedimentales y actitudinales de las asignaturas de Biología II y IV.



Tabla 3.

ACTIVIDADES REALIZADAS POR LOS INTEGRANTES DEL SEMINARIO

Integrantes % de asistencia	Actividades a realizar en el Proyecto 2020-2021
❖ Damián Guillen María Isabel ❖ Estrada Avila Claudia Aimée ❖ Galindo Rosete Carlos Alberto ❖ García Pérez Lizbeth ❖ Garduño Ambriz Cecilia ❖ Hernández Peñaloza Alberto ❖ Moreno Navarrete Rosa Griselda ❖ Tellez Velasco M. de los A. Aída ❖ Toro Badillo Silvia	Proyecto, Temática a desarrollar • Asistencia a las reuniones ordinarias y extraordinarias. • Sesión de trabajo informativa para tomar acuerdos, decisiones y para presentar las propuestas del libro a realizar. • Participación en el análisis y discusiones de cada sesión. • Elaboración y presentación de propuestas. • Elaboración de orden del día y minutas de la sesión.
	Fundamentación Teórica • Planeación, metodología, etapas generales para la elaboración del Libro con Actividades Experimentales.
	Diseño • Análisis preliminar de los resultados parciales. • Período de trabajo grupal para el diseño de capítulos del Libro.
	Resultados • Revisión de los resultados obtenidos. • Adecuaciones pertinentes a las actividades diseñadas.

	Producto Final • Período de recopilación de Marco Teórico y capítulos de Libro para su integración. • Período para la recopilación de información y productos del trabajo colegiado para elaboración de informe.
Asistencia 100%	Evaluación Integrantes: <u>Cumplimiento Satisfactorio</u>



f) Evaluación global del grupo y una reflexión sobre su funcionamiento y desempeño.

Como coordinador de este proyecto institucional no se perdió de vista el propósito: crear las condiciones necesarias para el desarrollo del proyecto involucrando a todos los miembros del seminario en el establecimiento de los compromisos, lo que promovió que los profesores se sintieran partícipes y útiles en el cumplimiento de los objetivos, desarrollando un trabajo colaborativo.

Para un buen trabajo en equipo es fundamental la disposición a colaborar y el intercambio de conocimientos y destrezas. Esto implicó contar los requisitos y el tiempo necesario para que cada integrante mostrará a los otros lo que sabe y esté dispuesto para facilitar los conocimientos que posee para que los demás aprendan. En la medida que se escucharon las opiniones de todos, se obtuvo la máxima información antes de decidir, pues los integrantes se convencen con argumentos.

Es importante mencionar que se dio un clima democrático, en el que cada profesor pudo expresar libremente sus propuestas sin ser juzgado por sus pares, y en el que cada idea fue aceptada por el grupo. La participación de todos los miembros del seminario en las tareas asignadas, determinó el éxito de esta gestión administrativa

Aspectos positivos:

- Se tuvieron claros los objetivos a desarrollar.
- Existió un pensamiento proactivo para mejoras en el marco de una perspectiva de calidad.
- Se mostró interés por escuchar y reflexionar de forma colaborativa.
- Existió un compromiso serio por los integrantes del seminario por conseguir un trabajo cooperativo, en el que cada profesor realizó su aportación.
- Se proporcionaron espacios para comunicarse eficazmente en busca del intercambio de ideas.
- Con claridad, se señalaron las labores que debe desarrollar cada uno de los integrantes del seminario.
- Se identificaron la obtención de avances y resultados en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto.
- Se entregaron los productos en tiempo y forma, para la integración del informe final.



Reflexión

Uno de los objetivos planteados en el seminario fue el desarrollo de un trabajo colaborativo promoviendo un intercambio de ideas y acciones de los profesores. La propuesta se fundamenta en un principio fundamental de **comunicación**, que fue *frecuente, fluida y rápida*, y parte del hecho de que no basta con aportar ideas, sino que es indispensable justificarlas por medio de criterios. En nuestro seminario, todas las aportaciones de los miembros del seminario fueron tratadas de forma crítica y constructiva. Asimismo, todos los miembros aportaron ideas y argumentaciones de la información presentada. Los resultados alcanzados son el reflejo de su cohesión, de modo que cada miembro del grupo asume su responsabilidad individual para la

realización de la actividad propuesta. Por lo tanto, es necesario ser responsable para el producto final, lo cual se logró con una relación positiva del trabajo colaborativo.

Este trabajo colaborativo, se desarrolló en un ambiente de confianza absoluta, en cuatro ejes: *la formación integral de los profesores, el mejoramiento de su docencia cotidiana, la actualización e innovación de su enseñanza experimental* y el *apoyo y fortalecimiento del aprendizaje significativo de los alumnos* que atenderemos. El trabajo desarrollado por los profesores es valioso y de gran importancia, sobre todo si se considera que los alumnos que atendemos son de diferentes horarios y turnos (matutino, vespertino o mixto) y que los nueve profesores que integramos el Seminario atendemos un promedio de cinco grupos con 25 alumnos cada uno.

Lograr un aprendizaje significativo en el alumno requiere docentes altamente capacitados que contribuyan a la creación de nuevas metodologías, materiales y técnicas, que hagan más sencillo a los alumnos la adquisición de conocimientos y habilidades que les sean útiles y aplicables en su vida personal, académica y profesional. De ahí la importancia de estas herramientas cuyos objetivos primordiales serán fungir como facilitadores y potencializadores de la enseñanza que se quiere significar.

Las ventajas que aporta el libro lo hacen un instrumento indispensable en la formación académica: Proporcionando información y guía en el aprendizaje, es decir, aporta una base concreta para el pensamiento conceptual y contribuye en el aumento de los significados; desarrollan la continuidad de pensamiento, la actividad de los alumnos; proporcionan, además, experiencias que se obtienen fácilmente mediante los materiales desarrollados ofreciendo un alto grado de interés para los alumnos; proporcionando conocimientos y habilidades, así como proveer entornos para la expresión y la creación. Vemos pues, que no sólo transmite información sino que actúa como mediador entre la realidad y el estudiante. El desarrollo de este material didáctico es clave para aprovechar su potencialidad conceptual y práctica, con recursos educativos, con calidad objetiva en consonancia con los aspectos



curriculares de nuestro entorno educativo. De ahí que el diseño de dicho material se realizó contextualizando en el marco del Modelo Educativo del Colegio.



1. Fuentes institucionales, didácticas y disciplinarias en las que el profesor apoyó su informe.

Institucionales

- DGCCH. 2012. **Reglas para el reconocimiento, creación y funcionamiento de los grupos de trabajo institucionales**. Gaceta CCH Suplemento especial #13. México: DGCCH-UNAM.
- DGCCH. 2016. **Programas de Estudio Área de Ciencias Experimentales Biología I-IV**. México: DGCCH-UNAM.
- DGCCH. 2020. **Cuadernillo de Orientaciones 2020-2021**. Suplemento
- Especial CCH. México: DGCCH-UNAM.

Didáctico-pedagógicas

- Alberta Education 1994. **Curriculum Standards**. Canadá.
- Díaz, B. A. F. 2006 **“Enseñanza Situada: vínculo entre escuela y vida”**. México Mc Graw Hill.
- Domenech, J. 2013. **La organización del espacio y del tiempo en el centro educativo**. GRAO. 152 pp.
- Fernández, N. 2011. **Instrumentos de Evaluación en la Investigación Educativa**. Trillas. 160 pp.
- Foures, G. 1997. **Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza**
- Gil, D., y Vilches, A. (2001). **Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación**. Investigación en la Escuela. No. 43, 27-37.

- Gronlund, E. y Norman. (1998), **Assessment of Student Achievement**. Allyn and Bacon.
- Hernández, S., y Lira, G. (2008), “**Estructura Conceptual del Pensamiento Científico.**” Una propuesta.
- Marco, B. (2000). **La alfabetización científica.** En Perales, F. y Cañal, P. (Eds.),: *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 141-164. Alcoy: Marfil.
- Monereo, C., Castelló, M., Clariana, M., Palma M. y Pérez, M.L. (2007). “**La evaluación de las estrategias de aprendizaje de los alumnos**” en: **Estrategias de enseñanza y aprendizaje.** Graó/Colofón, México. p. 99-124.



2. Anexos.

- a) Listas de asistencia del grupo de trabajo o las formas de control acordadas por el grupo de trabajo.

Asistencia en Formularios de Google:



SEMINARIO 20 Octubre 2020 (respuestas)			
Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Formulario Complementos			
100% € % .0 .00 123 Predetermi... 10 B I S A			
A13 fx			
	A	B	C
1	Marca temporal	Dirección de correo elect	Lista de asistencia.
2	20/10/2020 20:03:56		García Pérez Lizbeth
3	20/10/2020 20:11:10		Castillo Espinoza Karla María (Integrante externo)
4	20/10/2020 20:11:33		Damián Guillén María Isabel (Integrante externo)
5	20/10/2020 20:48:23		Estrada Ávila Claudia Aimée
6	20/10/2020 21:05:22		Moreno Navarrete Rosa Griselda
7	20/10/2020 21:05:32		Toro Badillo Silvia
8	20/10/2021 20:52:24		Téllez Velasco M. de los A. Aída (Integrante externo)
9	20/10/2021 20:52:42		Garduño Ambriz Cecilia
10	20/10/2021 21:40:15		Galindo Rosete Carlos Alberto
11	20/10/2021 21:01:45	altobe2015@gmail.com	Hernández Peñaloza Alberto (Coordinador)
12			



SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Martes 24 de Noviembre de 2020

SEMINARIO 24 noviembre 2020 (respuestas) ☆ 📁 ☁			
Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Formulario Complementos			
100% ▼ € % .0 .00 123 ▼ Arial ▼ 10 ▼ B <i>I</i> <u>S</u> A			
A11	<i>fx</i>	24/11/2021 21:42:30	
	A	B	C
1	Marca temporal	Dirección de correo elect	Lista de asistencia.
2	24/11/2021 20:48:04		Toro Badillo Silvia
3	24/11/2021 20:48:44		García Pérez Lizbeth
4	24/11/2021 20:48:54		Castillo Espinoza Karla María (Integrante externo)
5	24/11/2021 20:49:58		Téllez Velasco M. de los A. Aída (Integrante externo)
6	24/11/2021 20:50:10		Garduño Ambriz Cecilia
7	24/11/2021 21:04:14		Estrada Ávila Claudia Aimée
8	24/11/2021 21:04:24		Damián Guillén María Isabel (Integrante externo)
9	24/11/2021 21:04:52		Galindo Rosete Carlos Alberto
10	24/11/2021 21:41:07		Moreno Navarrete Rosa Griselda
11	24/11/2021 21:42:30	altobe2015@gmail.com	Hernández Peñaloza Alberto (Coordinador)
12			



SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 27 de enero 2021

SEMINARIO 27 Enero 2021 (respuestas) ☆ 📁 ☁		
Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Formulario		
↶ ↷ 🖨 🔍 100% € % 0.00 123 Predetermi... 10		
B14	fx	
	A	B
1	Marca temporal	Lista de asistencia.
2	27/01/2021 20:53:52	García Pérez Lizbeth
3	27/01/2021 20:53:55	Garduño Ambriz Cecilia
4	27/01/2021 20:54:05	Castillo Espinoza Karla María (Integrante externo)
5	27/01/2021 20:54:07	Téllez Velasco M. de los A. Aída (Integrante externo)
6	27/01/2021 20:54:09	Toro Badillo Silvia
7	27/01/2021 21:05:37	Galindo Rosete Carlos Alberto
8	27/01/2021 21:05:40	Damián Guillén María Isabel (Integrante externo)
9	27/01/2021 21:05:41	Estrada Ávila Claudia Aimée
10	27/01/2021 22:06:17	Moreno Navarrete Rosa Griselda
11	27/01/2021 22:07:16	Alberto Hernández Peñaloza (Coordinador)
12		



SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 24 de Febrero de 2021

 SEMINARIO 24 Febrero 2021 (respuestas) ☆ 📁 ☁		
Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas For...		
↶ ↷ 🖨 📋 100% € % .0 .00 123 Predetermi... 10		
B14	fx	
	A	B
1	Marca temporal	Lista de asistencia.
2	24/02/2021 21:16:04	Toro Badillo Silvia
3	24/02/2021 21:16:11	Estrada Ávila Claudia Aimée
4	24/02/2021 21:16:12	Castillo Espinoza Karla María (Integrante externo)
5	24/02/2021 21:16:26	Téllez Velasco M. de los A. Aída (Integrante externo)
6	24/02/2021 21:16:28	Moreno Navarrete Rosa Griselda
7	24/02/2021 21:16:57	Garduño Ambriz Cecilia
8	24/02/2021 21:17:04	Damián Guillén María Isabel (Integrante externo)
9	24/02/2021 21:22:34	Galindo Rosete Carlos Alberto
10	24/02/2021 21:23:34	Hernández Peñaloza Alberto (Coordinador)
11	24/03/2021 21:21:06	García Pérez Lizbeth
12		



SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 24 de Marzo de 2021

SEMINARIO 24 Marzo 2021 (respuestas)		
Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Formulas		
Undo Redo Print Paste 100% € % .0 .00 123 Predetermi... 10		
A14	fx	
	A	B
1	Marca temporal	Lista de asistencia.
2	24/03/2021 21:23:36	García Pérez Lizbeth
3	24/03/2021 21:23:49	Estrada Ávila Claudia Aimée
4	24/03/2021 21:23:49	Damián Guillén María Isabel (Integrante externo)
5	24/03/2021 21:23:50	Galindo Rosete Carlos Alberto
6	24/03/2021 21:23:53	Castillo Espinoza Karla María (Integrante externo)
7	24/03/2021 21:24:11	Moreno Navarrete Rosa Griselda
8	24/03/2021 21:24:31	Garduño Ambriz Cecilia
9	24/03/2021 21:24:33	Alberto Hernández Peñaloza (Coordinador)
10	24/03/2021 21:24:36	Toro Badillo Silvia
11	24/03/2021 21:24:40	Téllez Velasco M de los A. Aída (Integrante externo)
12		



SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 28 de Abril 2021

 SEMINARIO 28 Abril 2021 (respuestas) ☆ 📁 ☁		Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Form	
   		100% ▾ € % .0 .00 123 ▾ Predetermi... ▾ 10	
A15		<i>fx</i>	
	A	B	
1	Marca temporal	Lista de asistencia.	
2	28/04/2021 21:23:03	Damián Guillén María Isabel (Integrante externo)	
3	28/04/2021 21:23:40	Toro Badillo Silvia	
4	28/04/2021 21:23:43	Castillo Espinoza Karla María (Integrante externo)	
5	28/04/2021 21:24:25	Galindo Rosete Carlos Alberto	
6	28/04/2021 21:36:11	Téllez Velasco M. de los A. Aída (Integrante externo)	
7	28/04/2021 21:38:57	Estrada Ávila Claudia Aimée	
8	28/04/2021 22:17:37	Moreno Navarrete Rosa Griselda	
9	28/04/2021 22:43:20	Garduño Ambriz Cecilia	
10	28/04/2021 22:44:22	Alberto Hernández Peñaloza (Coordinador)	
11	28/04/2021 22:44:30	García Pérez Lizbeth	
12			



SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 26 de Mayo 2021

 SEMINARIO 26 Mayo 2021 (respuestas) ☆ 📁 ☁		
Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas For		
↶ ↷ 🖨 📄 100% € % .0 .00 123 Predetermi... 10		
A14	fx	
	A	B
1	Marca temporal	Lista de asistencia.
2	26/05/2021 21:34:34	Damián Guillén María Isabel (Integrante externo)
3	26/05/2021 21:34:39	Galindo Rosete Carlos Alberto
4	26/05/2021 21:34:42	García Pérez Lizbeth
5	26/05/2021 21:34:50	Toro Badillo Silvia
6	26/05/2021 21:35:00	Moreno Navarrete Rosa Griselda
7	26/05/2021 21:35:19	Garduño Ambriz Cecilia
8	26/05/2021 21:35:43	Castillo Espinoza Karla María (Integrante externo)
9	26/05/2021 21:35:54	Estrada Ávila Claudia Aimée
10	26/05/2021 21:36:01	Aberto hrnández Peñaloza (Coordinador)
11	26/05/2021 21:36:10	Téllez Velasco M. de los A. Áida (Integrante externo)
12		



SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 28 de Junio 2021

SEMINARIO 28 de Junio 2021 (respuestas)		
Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Formu		
100% € % .0 .00 123 Predetermi... 10		
C10	fx	
	A	B
1	Marca temporal	Lista de asistencia.
2	28/06/2021 20:51:19	Estrada Ávila Claudia Aimée
3	28/06/2021 21:13:00	Galindo Rosete Carlos Alberto
4	28/06/2021 21:15:32	Damián Guillén María Isabel (Integrante externo)
5	28/06/2021 21:22:44	García Pérez Lizbeth
6	28/06/2021 21:23:39	Toro Badillo Silvia
7	28/06/2021 21:25:19	Moreno Navarrete Rosa Griselda
8	28/06/2021 21:25:30	Castillo Espinoza Karla María (Integrante externo)
9	28/06/2021 21:26:48	Hernández Peñaloza Alberto (Coordinador)
10	28/06/2021 21:26:49	Garduño Ambriz Cecilia
11	28/06/2021 20:27:02	Téllez Velasco M. de los Ángeles (Integrante externo)
12		



SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 28 de Julio 2021

Miércoles 28 de julio (respuestas) ☆ 📁 ☁			
Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Formulario Complementos Ayud			
100% ▼ € % .0 .00 123 ▼ Predetermi... ▼ 10 ▼ B <i>I</i> <u>S</u> <u>A</u>			
C17			
	A	B	C
1	Marca temporal	Dirección de correo electrónico	Lista de asistencia.
2	28/07/2021 19:47:14	karla_castillo@ciencias.unam.mx	Castillo Espinoza Karla María (Integrante externo)
3	28/07/2021 19:47:20	cexy5351@hotmail.com	Garduño Ambriz Cecilia
4	28/07/2021 19:47:36	misabel.damian@gmail.com	Damián Guillén María Isabel (Integrante externo)
5	28/07/2021 19:47:47	altobe2015@gmail.com	Hernández Peñaloza Alberto (Coordinador)
6	28/07/2021 19:48:12	silviatorobadillo06@hotmail.com	Toro Badillo Silvia
7	28/07/2021 19:48:15	cgrosete@gmail.com	Galindo Rosete Carlos Alberto
8	28/07/2021 19:48:37	monrog08@gmail.com	Moreno Navarrete Rosa Griselda
9	28/07/2021 19:48:44	lizbeth.garcia@cch.unam.mx	García Pérez Lizbeth
10	28/07/2021 19:55:46	cardelinarubra@gmail.com	René Sabel Reytez Gómez
11	28/07/2021 20:05:54	aimee.estrada20@gmail.com	Estrada Avila Claudia Aimée
12	28/07/2021 20:05:56	atellez@ib.unam.mx	Téllez Velasco M. de los A. Áida (Integrante externo)
13			

- b) Concentrado de porcentaje de asistencia de cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.

Tabla 4.



CONTROL DE ASISTENCIA										
	2020		2021							
Integrante	20 Oct	24 Nov	24 Ene	24 Feb	24 Mar	28 Abr	26 May	29 Jun	28 Jul	ASIS %
1. Castillo Espinoza Karla María	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
2. Damián Guillén María Isabel	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
3. Estrada Avila Claudia Aimée	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
4. Galindo Rosete Carlos Alberto	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
5. García Pérez Lizbeth	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
6. Garduño Ambriz Cecilia	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
7. Hernández Peñaloza Alberto	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
8. Moreno Navarrete Rosa Griselda	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
9. Téllez Velasco M. de los A. Aída	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
10. Toro Badillo Silvia	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%

c) **Minutas de las sesiones realizadas.**

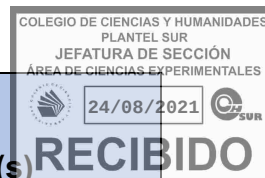


Orden del día.

1. Lista de asistencia diseñada en Google Forms.
 2. Presentación de los integrantes del seminario.
 3. Presentación del proyecto.
 4. Organización del trabajo por capítulos.
 5. Acuerdos.
-
1. El registro de asistencia se realizó con un formulario en Google Forms. Se obtiene el registro de asistencia en hoja de cálculo excel.
 2. Se realizó la presentación de cada uno de los integrantes del **Seminario Institucional SILADIN. Ciencia y Tecnología Ambiental: Ecología Urbana.** El cual está integrado por profesores de asignatura y de carrera de los planteles Sur, Vallejo y del Instituto de Biología. El trabajo colaborativo permitirá el desarrollo de cada una de las actividades propuestas en el proyecto.
 3. Se realizó la presentación del proyecto por parte del coordinador: Alberto Hernández Peñaloza, presentado el cronograma de actividades y el producto a obtener.

4. Organización del trabajo: Se realizó la organización del trabajo el cual fue repartido por pares de acuerdo al interés de cada uno de los integrantes. (Ver Tabla 1)

Tabla 1	
Actividad	Responsable (s)
☐ Diseño general y especificaciones de formato del libro.	Todos los integrantes
☐ Marco de referencia.	• C. Aimée Estrada Avila • Cecilia Garduño Ambriz • M. de los A. Aída Téllez V.
☐ Capítulo I. Agua.	• Alberto Hernández Peñaloza • Castillo Espinoza Karla María
☐ Capítulo II. Aire.	• Carlos A. Galindo Rosete • María Isabel Damián Guillén
☐ Capítulo III. Suelo.	• Ma. de los A. Aída Téllez V. • Lizbeth García Pérez
☐ Capítulo IV. Biodiversidad.	• Rosa Griselda Moreno Navarrete • Silvia Toro Badillo
☐ Capítulo V. Ecología Urbana.	• C. Aimée Estrada Avila • Cecilia Garduño Ambriz



5. Acuerdos:

- Se acordó presentar el Marco Teórico del libro y un ejemplo de actividad práctica para la próxima reunión.
- Las profesoras Aimée Estrada Ávila y Cecilia Garduño Ambriz y Aida Téllez realizarán y presentarán el Marco.
- El profesor Alberto Hernández Peñaloza, presentará un ejemplo de actividad experimental del capítulo de agua, que será tomado como ejemplo para las actividades experimentales de cada capítulo.
- Se programó la siguiente reunión para el 24 de Noviembre de 2020 a las 20:30 horas por ZOOM.



SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Martes 24 de Noviembre de 2020

Orden del día.

1. Lista de asistencia diseñada en Google Forms.
2. Presentación del Marco Teórico del Libro.
3. Presentación de la organización del trabajo en Google Drive.
4. Presentación de ejemplo de actividad experimental.
5. Acuerdos.

1. El registro de asistencia se realizó con un formulario de Google Forms. Se anexa captura de la reunión en ZOOM. Se obtiene el registro de asistencia en hoja de cálculo excel.



2. Se realizó la presentación del Marco Teórico del Libro. Esta propuesta fue elaborada por las profesoras Cecilia Garduño, Aida Téllez y Aimée Estrada.
3. El trabajo de los capítulos del libro se realizará en Google DRIVE. El coordinador realizó la carpeta de trabajo y la compartió con los integrantes del seminario. Además, con esta dinámica de trabajo se puede socializar información documental para el trabajo.
4. Se realizó la presentación de una propuesta de actividad experimental para el capítulo de agua. **Tratamiento de agua residual por fitorremediación.**
5. La propuesta de actividad experimental se compartió en la carpeta de DRIVE.
6. Los avances de los capítulos del Libro serán subidos en DRIVE, para revisar sus avances y observaciones propuestas.
7. Acuerdos:
 - Se acordó presentar el calendario de presentación de los capítulos del libro y el formato de diseño.
 - Realizar una segunda revisión del Marco Teórico por todos los integrantes del seminario.
 - Se programó la siguiente reunión para el 27 de Enero de 2021 a las 20:30 horas por ZOOM.





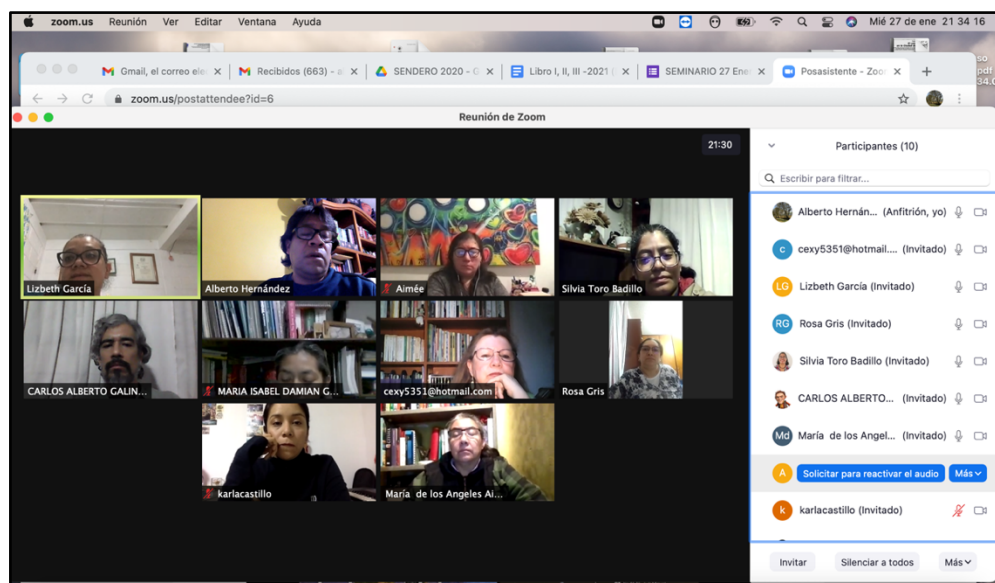
SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 27 de enero 2021

Orden del día.

1. Lista de asistencia diseñada en Google Forms.
2. Presentación de la última versión del Marco Teórico del libro.
3. Presentación adecuaciones de formato para la elaboración del libro.
4. Acuerdos.

1. El registro de asistencia se realizó con un formulario de Google Forms. Se anexa captura de la reunión en ZOOM. Se obtiene el registro de asistencia en hoja de cálculo excel.



1. Se realizaron cambios al Marco Teórico y se presentó en la reunión, para su aprobación final del seminario.
2. Se presentaron los contenidos temáticos a desarrollar para cada capítulo del libro, así como el formato del libro. Considerando los aprendizajes, objetivos y actividades de acuerdo al Modelo Educativo del Colegio.
3. Acuerdos:
 - Presentación de dudas sobre el eje temático a abordar en la estructura del libro.
 - Se programó la siguiente reunión para el 24 de Febrero de 2021 a las 21:00 horas por ZOOM.





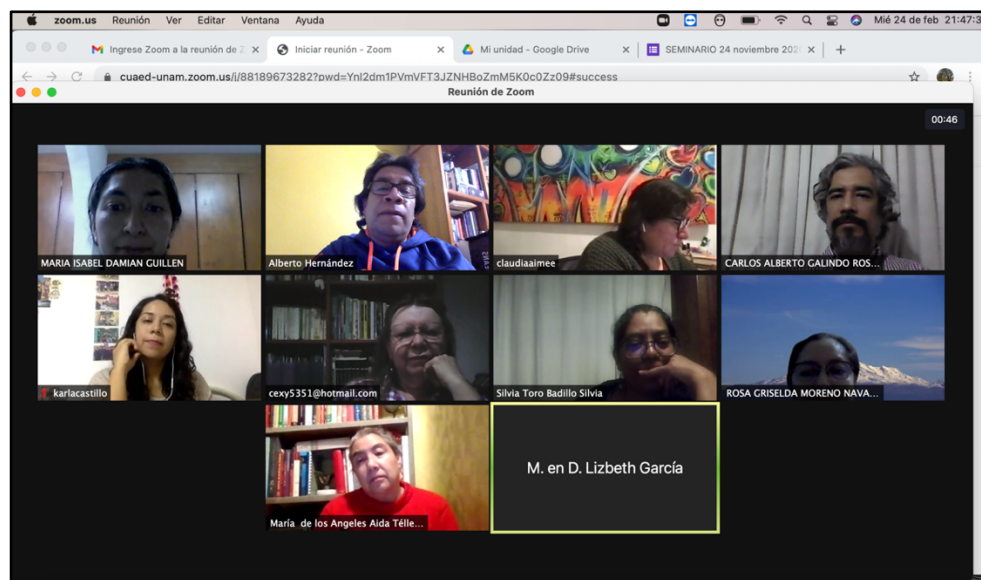
SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 24 de Febrero de 2021

Orden del día.

1. Lista de asistencia diseñada en Google Forms.
2. Presentación de la última versión del marco Teórico del libro.
3. Presentación de los avances del capítulo de Agua por los profesores Karla Castillo Espinoza y Alberto Hernández Peñaloza.
4. Presentación adecuaciones de formato para la elaboración del libro.
5. Acuerdos.

1. El registro de asistencia se realizó con un formulario de Google Forms. Se anexa captura de la reunión en ZOOM. Se obtiene el registro de asistencia en hoja de cálculo excel.



2. Se presentó la tercera y última revisión del Marco Teórico.
3. Se planteó el eje temático del libro tomando como ejemplo el capítulo de Agua:
 - La problemática Ambiental en México.
 - La CDMX con sus problemáticas ambientales.
 - Generalidades del Ecosistema Pedregal de San Ángel.
 - Se presentaron ejemplos de Actividades Experimentales .
 - Se propuso que el número de actividades prácticas quedará de 5 a 6 por capítulo.
 - Se presentó el formato de cada capítulo: Texto, interlineado, imágenes, referencias bibliográficas en formato APA, etc.
4. Organización de las Actividades Prácticas: Cada capítulo del libro en las actividades prácticas estará representado por un color elegido por los profesores a cargo de cada capítulo. (Ver Tabla)



Tabla	Actividad	Responsable (s)
?	Diseño general y especificaciones de formato del libro.	Todos los integrantes
?	Marco de referencia.	• C. Aimée Estrada Avila • Cecilia Garduño Ambriz • M. de los A. Aída Téllez V.
?	Capítulo I. Agua. Azul	• Alberto Hernández Peñaloza • Castillo Espinoza Karla María
?	Capítulo II. Aire. Gris	• Carlos A. Galindo Rosete • María Isabel Damián Guillén
?	Capítulo III. Suelo. Café	• Ma. De los A. Aída Téllez V. • Lizbeth García Pérez
?	Capítulo IV. Biodiversidad. Verde	• Rosa Griselda Moreno Navarrete • Silvia Toro Badillo
?	Capítulo V. Ecología Urbana. Morado	• C. Aimée Estrada Avila • Cecilia Garduño Ambriz

5. Acuerdos:

- Presentación de avances de capítulos del libro y de actividades prácticas.
- Cada actividad práctica estará representada por una imagen acorde a la actividad.
- La Bibliografía de cada actividad práctica estará al final de esta.
- Se programó la siguiente reunión para el 24 de Marzo de 2021 a las 21:00 horas por ZOOM.



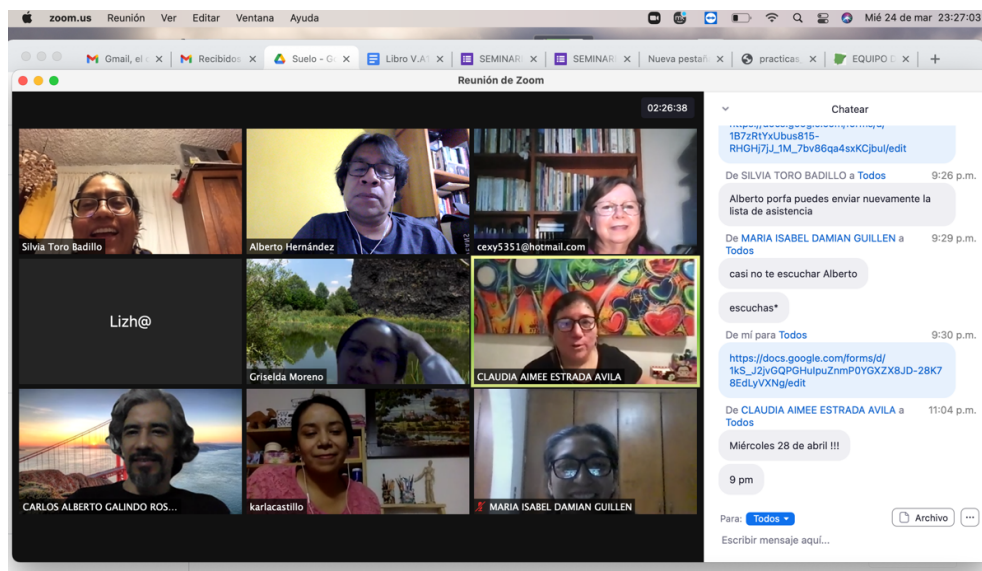


SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 24 de Marzo de 2021

1. Lista de asistencia diseñada en Google Forms.
2. Presentación de los avances del capítulo de Ecología Urbana por las profesoras Aimée Estrada Avila y Cecilia Garduño Ambriz.
3. Presentación de los avances del capítulo de Suelo por las profesoras Ma. de los A. Aída Tellez y Lizbeth García Pérez.
4. Presentación adecuaciones de formato para la elaboración del libro.
5. Acuerdos.

1. El registro de asistencia se realizó con un formulario en Google Forms. Se obtiene el registro de asistencia en hoja de cálculo excel.



2. Se presentaron los avances del capítulo de Ecología Urbana considerando el eje temático revisado en la sesión anterior; en donde se plantearon las siguientes propuestas:

- Los apartados de cada capítulo pueden iniciar con una pregunta.
- Se debe considerar en cada capítulo una reflexión de la mancha urbana en la CDMX.
- Existe una vinculación entre los temas; por lo que debe de determinarse qué contenidos deben abordarse en cada capítulo. Por ejemplo, apartado de lluvia ácida debe estar incluido en agua y no en aire.
- La problemática de transporte debe estar en el capítulo de aire, contemplando vías, medios y daños.
- No mezclar contenidos en Biodiversidad y Suelo.

3. Se presentaron los avances del capítulo de Suelo, donde se plantaron las siguientes propuestas:

- Plantear la problemática que existe en el suelo de la CDMX.
- Que es el Horizonte de suelo y ejemplificar.
- Hablar de los diferentes tipos de suelo en la CDMX.
- Mostrar ejemplos de actividades en el Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, Sendero Ecológico CCH-Sur.
- Generalidades del ecosistema del Pedregal de San Ángel.

4. Se presentó el formato del libro para su presentación tomando como ejemplo el capítulo de agua y Biodiversidad los cuales fueron compartidos en la carpeta de trabajo de DRIVE.

5. Acuerdos:

- Presentación de avances de capítulos del libro.
- Se programó la siguiente reunión para el 28 de Abril de 2021 a las 21:00 horas por ZOOM.



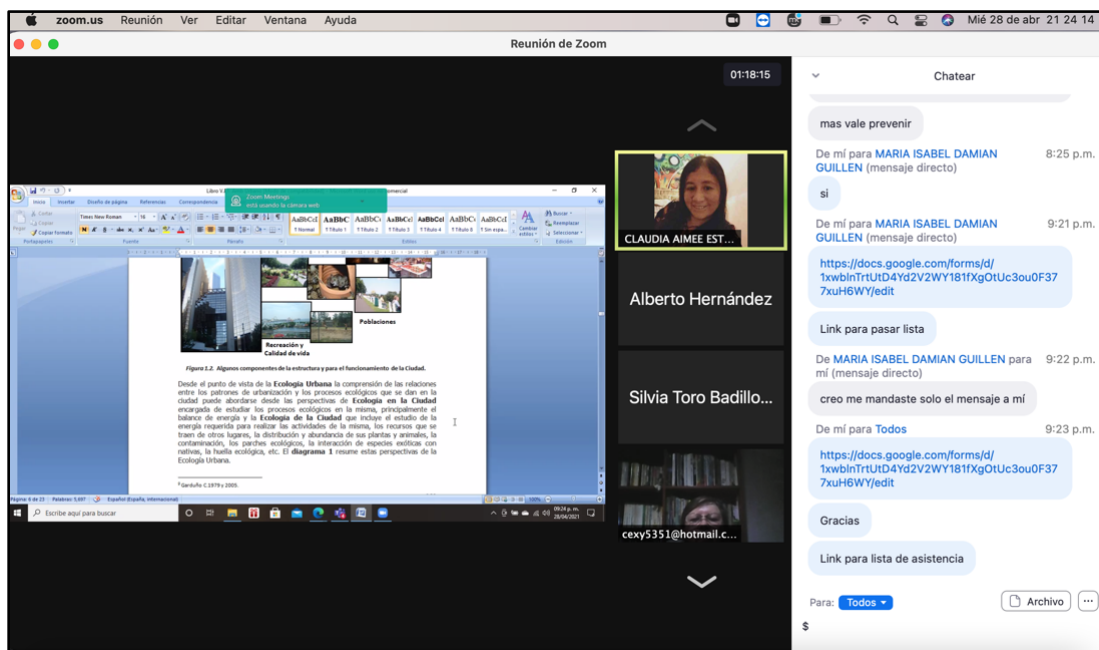


SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 28 de Abril 2021

1. Lista de asistencia diseñada en Google Forms.
2. Presentación de actividades prácticas y sugerencias.
3. Acuerdos.

1. El registro de asistencia se realizó con un formulario en Google Forms. Se obtiene el registro de asistencia en hoja de cálculo excel.



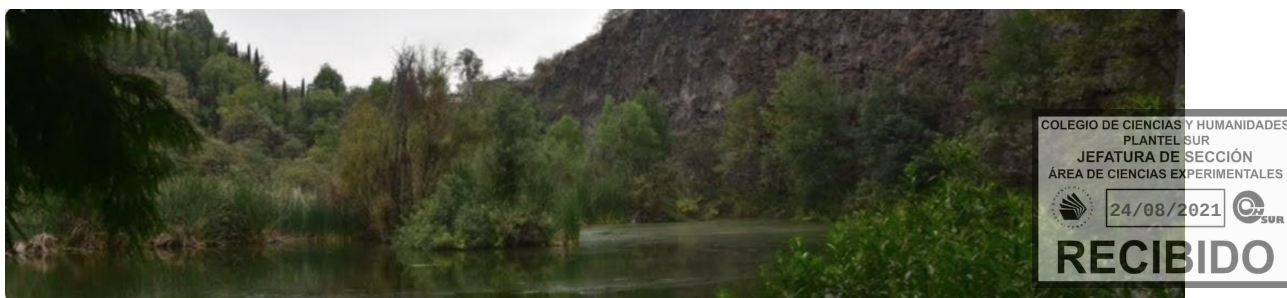
2. Se presentaron sugerencias de actividades prácticas:

- Biodiversidad: Reserva del Pedregal de San Ángel (aspecto histórico), Biodiversidad de México, Factores Geológicas vinculados a la diversidad, Niveles de Biodiversidad.
- Observación: Aves de la CDMX, Zoológicos (observación de organismos), Ajolotario en CCH-Oriente, Visita Sender CCH-Sur, Fitopatología (Muérdago).
- Actividades Experimentales: Práctica en Ecoguardas, Observación e identificación de organismos utilizando App, Transectos sobre distribución de organismos, Identificación de especies exóticas introducidas.

3. Acuerdos:

- Presentación de avances de capítulos del libro.
- Se programó la siguiente reunión para el 26 de Mayo de 2021 a las 21:00 horas por ZOOM.





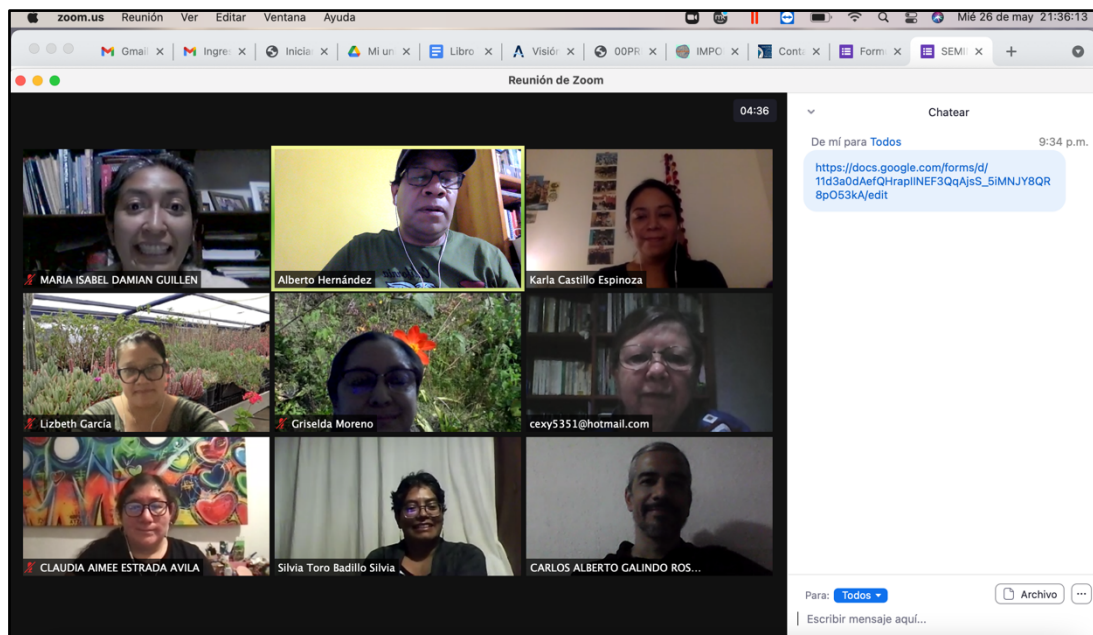
SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 26 de Mayo 2021

Orden del día.

1. Lista de asistencia diseñada en Google Forms.
2. Presentación de los avances del capítulo de Aire por los profesores María Isabel Damián Guillén y Carlos Alberto Galindo Rosete.
3. Acuerdos.

1. El registro de asistencia se realizó con un formulario en Google Forms. Se obtiene el registro de asistencia en hoja de cálculo excel.



2. Se presentaron los avances del capítulo de Aire considerando el eje temático; en donde se plantearon las siguientes propuestas:

- Hablar sobre el calentamiento global, plan de acción para calentamiento.
- El apartado de lluvia ácida debe ser considerado en agua.
- Se debe hablar de Imecas, calidad del aire.
- Se debe enfatizar cómo los cambios atmosféricos producen un cambio en el medio ambiente.
- El aire como dispersor de microorganismos.
- Cuál es la diferencia entre aire y viento.
- Actividad práctica como los organismo indican la calidad del aire (líquenes).
- Como se encuentra la salud humana en ciudades altamente contaminadas como la DMX



3. Acuerdos

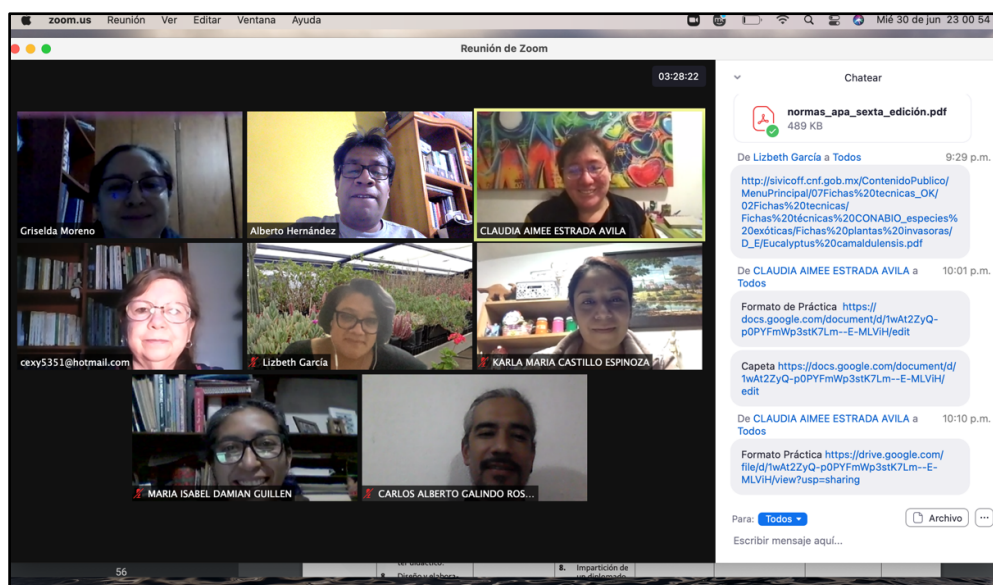
- Se propuso terminar los capítulos para la sesión de Junio para su revisión y se empezaría la revisión con el capítulo de suelo:
 - Se propuso el diseño de 5-6 actividades prácticas.
 - Estructura chinampera un recorrido en el campo.
 - Elaboración de composta y micronutrientes.
- Se programó la siguiente reunión para el 30 de Junio de 2021 a las 20:00 horas por ZOOM.



Orden del día.

1. Lista de asistencia diseñada en Google Forms.
2. Presentación de los avances del capítulo de Biodiversidad por las profesoras Silvia Toro Badillo y Rosa Griselda Moreno Navarrete.
3. Acuerdos.

1. El registro de asistencia se realizó con un formulario en Google Forms. Se obtiene el registro de asistencia en hoja de cálculo excel.



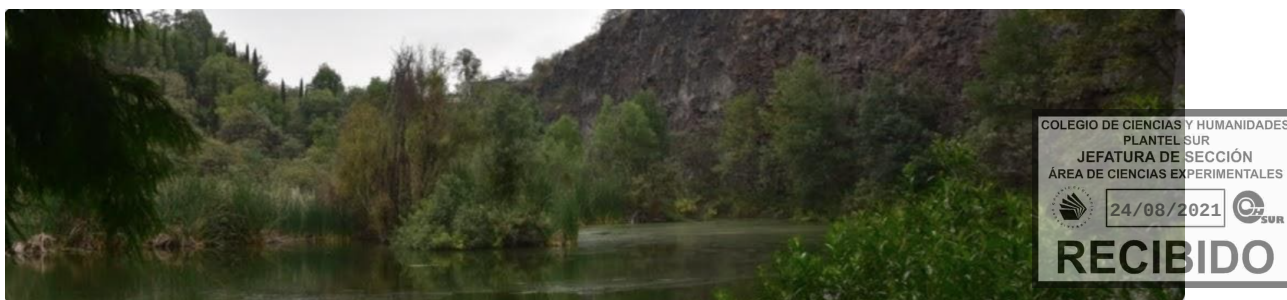
4. Se presentaron los avances del capítulo de Biodiversidad de la Ciudad de México, donde se plantaron los siguientes propuestas:

- Habla de la conservación de la Biodiversidad de la CDMX *in situ* (Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel) y *ex situ* (Jardín Botánico).
- Fauna propia de la CDMX nociva/domesticada.
- Agregar un apartado sobre Jardines Botánicos y Zoológicos de la CDMX.
- Revisar clasificación de la fauna.
- En el apartado de angiospermas incluir lo de árboles urbanos.
- En caso de que lo requiera agregar el cuestionario al final del capítulo para reforzar el contenido de las temáticas propuestas.



5. Acuerdos

- Se plantearon algunas actividades prácticas para el capítulo de suelo:
 - Importancia del suelo con el tipo de vegetación.
 - El suelo de los microorganismos.
 - Comparación del suelo con fertilizantes.
 - Composta.
 - Hablar de la biodiversidad del suelo.
 - Suelo Natural/Artificial.
 - Erosión del suelo.
 - Perfil del suelo.
- Presentación de avances de capítulos del libro.
- Se programó la siguiente reunión para el 28 de Julio de 2021 a las 19:30 horas por ZOOM.

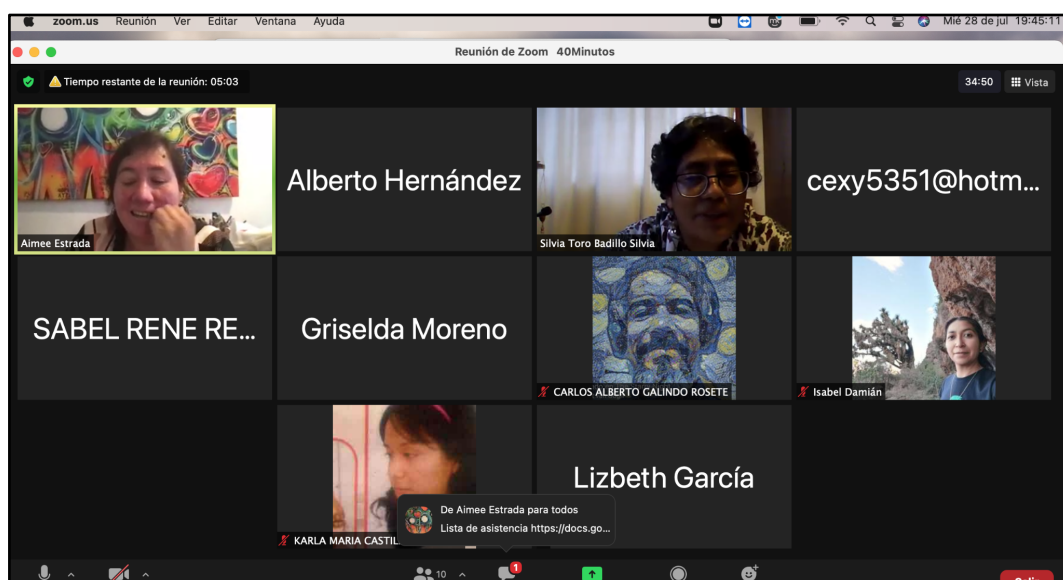


SEMINARIO INSTITUCIONAL SILADIN. CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL: ECOLOGÍA URBANA.

Miércoles 28 de Julio 2021

Orden del día.

1. Lista de asistencia diseñada en Google Forms.
 2. Presentación del informe final de coordinación del grupo de trabajo.
 3. Presentación de la última versión de los capítulos del Libro.
 4. Acuerdos.
-
1. El registro de asistencia se realizó con un formulario de Google Forms. Se anexa captura de la reunión en ZOOM. Se obtiene el registro de asistencia en hoja de cálculo excel.



2. Se presentó el informe tomando como referencia el apartado III. Especificaciones para la presentación de Informes de Área Complementaria del Cuadernillo de Orientaciones 2020-2021. Para este informe se consideraron cada una de las actividades desarrolladas por los profesores integrantes del seminario y del producto desarrollado. Se realizaron las adecuaciones pertinentes.
3. Se programó la presentación de los capítulos del Libro con sus respectivas actividades experimentales. Se realizaron las adecuaciones pertinentes.
4. Se consideró que debería de existir una segunda revisión más exhaustiva, por lo que se propuso la elaboración de una carpeta en Google Drive con el nombre de: Producto Final 2020-2021; en donde se compartirán los productos finales para su revisión final.
 - Se organizó la logística para la revisión final, en donde se intercambié la información.
 - Se programó la siguiente reunión para el 16 de Agosto de 2021 a las 18:30 por ZOOM.
 - Se presentará el producto terminado para su entrega en la plataforma académica.



Producto(s) y /o constancias de actividades de Apoyo a la Docencia comprometida.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR**



Autores:

Castillo Espinoza Karla María, Damián Guillén María Isabel, Estrada Ávila Claudia Aimée, Galindo Rosete Carlos Alberto, García Pérez Lizbeh, Garduño Ambríz Cecilia, Hernández Peñaloza Alberto, Moreno Navarrete Rosa Griselda, Téllez Velasco Ma. de los Ángeles Aída, Toro Badillo Silvia.



Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades.
Plantel Sur. Área de Ciencias Experimentales.
Seminario SILADIN. Ciencia y Tecnología Ambiental: Ecología Urbana.



Agosto 2021

Agradecimientos

Desde el año de 1993 ha sido una preocupación del Seminario Ciencia y Tecnología Ambiental: Ecología Urbana el promover una Ambiental en la comunidad del Plantel Sur del C.C.H, siendo una de sus actividades prioritarias la generación de materiales de apoyo didáctico. Agradecemos a todos los profesores y amigos que en el transcurso de los primeros 20 años de existencia del Seminario, fueron parte del mismo y que con sus conocimientos y experiencia contribuyeron a reunir y generar algunos de los materiales que en torno al ambiente, a la CDMX, al Pedregal de San Ángel y al Plantel han sido integrados a este libro, entre ellos están:

Catalán Vázquez Austreberta †
García Lugo Gabino
García Rey Sonia Yolanda
Parra Rojo Laura Gloria
Salinas Hernández Irma Sofía



Índice	Pag.
I. Presentación	6
II. Objetivos	7
III. Asignaturas y contenidos que apoya	7
IV. Marco de referencia	9
V. Capítulos	
A. <u>EL AGUA Y SU PROBLEMÁTICA</u>	
A.1. Marco Teórico	29
A. 2. Actividades prácticas	80
✓ Tratamiento de aguas residuales por <i>fitorremediación</i>	
✓ Aguas residuales urbana	
✓ Contaminación ambiental: "Lluvia ácida"	
✓ Cálculo de Huella Hídrica	
✓ ¿Qué pasa con el agua usada una vez que llega al drenaje?	
A.3. Bibliografía	83
B. NUESTRA ATMÓSFERA	
B.1. Marco Teórico	84
B.2. Actividades prácticas:	141
✓ El viento como factor de dispersión de organismos	
✓ La fuerza del viento para generar electricidad	
✓ Observación de nubes	
✓ Observando el origen del cambio climático	
✓ Investigando como funciona el famoso efecto invernadero	
✓ Acidificación del Océano por CO ₂	
B.4. Bibliografía.	174
C. <u>EL SUELO, USO Y ABUSO</u>	
C.1. Marco Teórico	175
C.2. Actividades prácticas:	214



- ✓ Conociendo el suelo, del suelo de conservación
- ✓ Ciclaje de nutrientes + flujo de materia y energía = composta
- ✓ ¿Uno vive donde quiere? o ¿Dónde puede?
- ✓ Chinampa, tierra firme entre el pantano
- ✓ La desertificación
- ✓ Análisis de cantidad de materia orgánica en suelo



C.3. Bibliografía **260**

D. LA BIODIVERSIDAD, CONOCER PARA CONSERVAR

D.1. Marco Teórico **261**

D.2. Actividades prácticas: **306**

- ✓ Estudio de plantas medicinales en el jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM, como ejemplo de Biodiversidad.
- ✓ Estructura y proceso en el ecosistema.
- ✓ Observación de aves en la Ciudad de México.
- ✓ Diversidad paisajista producto del derrame lávico del Xitle.
- ✓ Árboles urbanos en el entorno de nuestro Colegio.
- ✓ Zoológico los Coyotes, Ciudad de México conservación ex situ.

D.3. Bibliografía **341**

E. EL AMBIENTE URBANO Y SU PROBLEMÁTICA

E.1. Marco Teórico **342**

E.2. Reflexión y actividades **261**

E.3. Actividades prácticas: **367**

1. Flujo de materia y energía en la Ciudad.
2. Ambiente y contexto urbano en una zona de una Alcaldía de la Ciudad de México.
3. El mercado público como indicador de los productos de consumo básico que sustentan a la población de la Ciudad de México.
4. Crecimiento poblacional al restringirse el alimento y el espacio.

5. La ruta de los residuos.
6. Residuos sólidos orgánicos para elaboración de composta.
7. Calculando la huella de carbono. ¿Podemos reducirla?

E.4. Bibliografía

423



I. Presentación

Ante la problemática ambiental que caracteriza el inicio del Siglo XXI, misma en la que destacan los efectos provocados por el cambio climático; la escasez del agua como recurso básico; la creciente disminución de los ecosistemas naturales debido a la expansión de la mancha urbana y a la forma de vida de las sociedades modernas; la destrucción del hábitat lo que ha ocasionado una extinción de muchas especies, así como el mal manejo de las mismas generando crisis sanitarias como la del COVID-19; la constante erosión con la consiguiente pérdida de suelos y la contaminación ambiental con el incremento de la basura entre otros problemas. Hoy en día una de las prioridades de la humanidad para asegurar su supervivencia y la de las demás especies con las que comparte el planeta, es el conocimiento, valoración y conservación del ambiente en que vive, así como la búsqueda de soluciones a la problemática ambiental, de la cual es la principal causante. Para ello es necesario fomentar una Educación Ambiental en todos los sectores de la población, a través de la cual se promueva la participación individual y colectiva en el conocimiento del entorno y la búsqueda de soluciones a esta problemática, así como una actitud de respeto y responsabilidad hacia el ambiente.

El libro teórico práctico que aquí se presenta retoma en parte el trabajo realizado por el Seminario SILADIN, Ciencia y Tecnología Ambiental: Ecología Urbana en años anteriores y lo enriquece con las aportaciones de los jóvenes académicos que se han venido integrando al mismo, a fin de promover una Educación Ambiental en la comunidad del Plantel y del Colegio. Con el mismo se pretende contribuir a la formación ambiental de los alumnos del Bachillerato y generar un material de apoyo para la enseñanza-aprendizaje de temas relacionados con la Ecología, el Ambiente y la Biodiversidad. Dichos temas, han sido tratados tomando en cuenta el entorno cotidiano del alumno, que en este caso corresponde a la Ciudad de México (CDMX) y particularmente al Plantel Sur del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM (C.C.H. Sur), mismo que se ubica en colindancia con la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de la UNAM (REPSA).

Este libro ha sido estructurado en cinco capítulos que tocan aspectos relacionados con el agua, el aire, el suelo, la biodiversidad y el ambiente urbano. Dichos capítulos se han integrado en el marco de la Ecología Urbana y en cada uno de ellos se incluye: información actualizada sobre la temática; actividades prácticas experimentales y de campo que pueden realizarse curricular o extracurricularmente; cuestionarios y ejercicios; así como algunos materiales complementarios. El formato de cada actividad práctica consta de: título, introducción, objetivo(s), material, método, tratamiento de resultados, sugerencias de evaluación y bibliografía, señalándose el número de horas que se requieren para su desarrollo.



Este material sea de utilidad tanto a profesores y alumnos de las asignaturas de Biología II y IV, así como a todas aquellas personas interesadas en la problemática ambiental y en la búsqueda de soluciones a la misma.



II. Objetivos

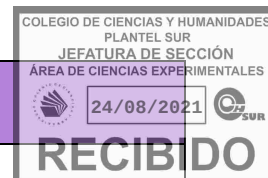
- ❖ Apoyar la Enseñanza-Aprendizaje de temas de Ecología, Ambiente y Biodiversidad, incluidos en los programas vigentes de las asignaturas de Biología II y IV.
- ❖ Contribuir al desarrollo de actividades prácticas de laboratorio y campo, a realizarse tanto en los Laboratorios Curriculares como en el SILADIN, en el Sendero Ecológico del Plantel e incluso en una zona de la Ciudad de México.
- ❖ Mejorar la calidad de los aprendizajes en el campo de la Biología, particularmente de los relacionados con la temática ambiental.
- ❖ Presentar información actualizada sobre temas de interés para profesores y alumnos, contribuyendo a la producción de materiales de apoyo pertinentes y de calidad para el Colegio.
- ❖ Estimular el interés y la creatividad de alumnos y profesores en la realización de actividades y estrategias de laboratorio y campo, en las que se considere el entorno o contexto del alumno.
- ❖ Promover una Educación Ambiental y actitudes de respeto y responsabilidad ante ambiente.

III. Asignaturas y contenidos que apoya

Este libro apoya el logro de los aprendizajes de los temas de Ecología, Ambiente, Biodiversidad y problemática ambiental, incluidos en los programas vigentes de Biología II y IV, en particular de los que se detallan en el cuadro 1, tanto en los aspectos teóricos como en la realización de actividades prácticas de laboratorio y campo, utilizando los espacios y recursos con los que cuenta el Plantel, como el Sendero Ecológico o el SILADIN, la Universidad, la Ciudad de México y algunos lugares cercanos a la misma.

CUADRO 1. APRENDIZAJES Y TEMATICA QUE APOYA ESTE TEXTO

BIOLOGÍA II (Unidad 2, Temática 1 y 2)	
APRENDIZAJES	TEMÁTICA
• Identifica los niveles de población, comunidad, ecosistema, bioma y biosfera en la organización ecológica. • Reconoce los componentes bióticos y abióticos, así como su interrelación para la identificación de distintos tipos de ecosistemas. • Identifica las relaciones intra e interespecíficas en los ecosistemas. • Describe el flujo de energía y ciclos de la materia (carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y agua) como procesos básicos en el funcionamiento del ecosistema. • Identifica el concepto de biodiversidad y su importancia para la conservación biológica. • Identifica el impacto de la actividad humana en el ambiente, en aspectos como: contaminación, erosión, cambio climático y pérdida de especies. • Realiza investigaciones en las que aplica conocimientos y habilidades, a través de la realización de actividades características del trabajo científico y comunica de forma oral y escrita los resultados empleando un vocabulario científico.	1. Estructura y procesos del ecosistema. • Niveles de organización ecológica. • Componentes bióticos y abióticos. • Relaciones intra e interespecíficas. • Niveles tróficos y flujo de energía. 2. Biodiversidad y conservación biológica. • Concepto de biodiversidad. • Impacto de la actividad humana.



• Respetar el ambiente y todas las formas de vida. • Muestra una actitud crítica y reflexiva ante la relación ciencia–tecnología–sociedad–ambiente. • Valora la importancia de la conservación biológica como parte de su formación ética. • Aplica habilidades, actitudes y valores en la realización de investigaciones escolares, sobre alguno de los temas o situación cotidiana relacionada con los contenidos del curso.	
---	--



BIOLOGÍA IV (Unidad 2, temas I y II)

APRENDIZAJES	TEMATICA
• Analiza los niveles genético, ecológico y biogeográfico de la biodiversidad. • Contrasta los patrones taxonómicos, ecológicos y biogeográficos de la biodiversidad. • Relaciona los tipos y la medición de la biodiversidad con el concepto de megadiversidad. • Comprende los factores que determinan la megadiversidad de México. • Relaciona los factores naturales y antropogénicos con la pérdida de la biodiversidad.	Tema I. Caracterización de la biodiversidad. • Niveles de la biodiversidad. • Patrones de la biodiversidad. • Tipos de diversidad. Tema II. Biodiversidad de México. • Factores que explican su megadiversidad (geológicos, geográficos, biogeográficos y culturales). • Factores que afectan la biodiversidad. • Regionalización de la biodiversidad.

• Identifica acciones para el uso y la conservación <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> de la biodiversidad en México. • Comprende el valor de la biodiversidad y propone acciones para el mejoramiento de su entorno. • Desarrolla procedimientos en investigaciones escolares documentales, experimentales, virtuales o de campo sobre los temas del curso, que incluyan: La búsqueda, selección e interpretación de información. La identificación de problemas, formulación de hipótesis y formas de comprobación. El manejo de los datos y análisis de los resultados para su comunicación individual o por equipo.	• Uso y conservación de la biodiversidad. • Importancia de la biodiversidad.
--	---



IV. Marco de referencia.

1. Ecosistemas: natural y urbano

La historia de la vida en la Tierra ha sido la historia de la interacción entre los seres vivos y su ambiente¹. El hombre siempre ha transformado la naturaleza, sin embargo, su capacidad de transformación del ambiente se incrementó a partir de la Revolución Industrial y se disparó de forma exponencial después de la segunda mitad del siglo XX. El más alarmante de todos los impactos en el ambiente es la contaminación de todos los medios: del agua (ríos y mares), del aire y del suelo, con materiales peligrosos o letales. De tal manera que la contaminación del ambiente es universal. Los compuestos químicos son contaminantes importantes y a veces su papel es poco reconocido en la transformación de la naturaleza. Por ello es necesario que la humanidad reconozca que los procesos que ocurren en todo sistema natural se regulan y controlan por los mismos componentes estructurales que lo forman².

Estudiar los ecosistemas, sean naturales o artificiales, requiere considerar la estructura y las propiedades emergentes de los mismos. A continuación se presenta un marco teórico sobre algunos aspectos que avalan lo anteriormente descrito.

El concepto de Ecología aparece por primera vez en 1869 en la obra del biólogo alemán Ernst Haeckel quien propuso designar con este nombre a una subdisciplina de la Zoología encargada de estudiar el conjunto de relaciones que establece una especie animal con su entorno orgánico e inorgánico. No obstante, cabe destacar que la Ecología como disciplina científica de la naturaleza tiene poco más de 100 años. Dentro de la Ecología, la unidad básica de estudio es el **ecosistema**, cuyo vocablo fue acuñado por el ecólogo inglés Arthur C. Tansley en 1935, para denominar a aquellos sistemas formados por la suma de los elementos vivos (factores bióticos) y los no vivos (factores abióticos) de la naturaleza³.

El planteamiento del concepto de ecosistema constituyó un gran avance del pensamiento ecológico debido a que:

- reconoce la complejidad con la que funciona la naturaleza,
- es inclusivo porque incorpora al hombre y sus actividades. Una ciudad o un campo de cultivo pueden ser estudiados desde este punto de vista,
- su enfoque es holístico, es decir, estudia a la naturaleza como una unidad que incluye todos sus componentes bióticos y abióticos,

¹ Boada y Toledo. 2003.

² Herrera k I. 1998.

³ Valverde, Meave, Carabias y Cano.2005.



- permite reconocer las conexiones que existen entre componentes y sucesos que pueden estar separados en el espacio o en el tiempo. Es posible la conexión espacial entre sucesos distantes porque los ecosistemas son sistemas abiertos en los que entra y sale materia y energía que puede trasladarse de un ecosistema a otro,
- constituye el escenario en el que ocurren los cambios evolutivos de los seres vivos,
- constituye la unidad básica de conservación de la naturaleza, ya que carece de sentido proteger a una especie sin conservar el ecosistema donde habita,
- constituyen la base de la existencia humana debido a que son la fuente de materia prima para muchos de los productos que consume el hombre y ofrecen una serie de condiciones indispensables o beneficios para el desarrollo de las sociedades humanas denominados servicios ecosistémicos.



La Biosfera es el ecosistema más grande concebido ya que comprende a todos los ecosistemas del planeta. Son ejemplos de ecosistema naturales un lago, una cueva, un manglar, el pico de una montaña, una fracción del Mar Caribe, un arrecife de coral o unas hectáreas de selva tropical, mientras que un campo de cultivo o un poblado se consideran ecosistemas artificiales.

El ecosistema constituye un nivel de organización de la materia viva con identidad propia, es por ello que los ecosistemas tienen atributos característicos de este nivel de organización, conocidos como **propiedades emergentes**. Algunas de estas propiedades son⁴:

- **Producción**, es la cantidad total de materia que se acumula en los organismos del ecosistema.
- **Productividad primaria** o tasa de fijación de materia y energía por parte de los organismos autótrofos (sean fotosintéticos o quimiosintéticos).
- **Productividad secundaria** o tasa de fijación de materia o energía por parte de los organismos heterótrofos.
- **Velocidad y patrón de movimiento de la materia**, es la rapidez y la ruta que siguen los compuestos químicos dentro del ecosistema y a través de la biosfera.
- **Velocidad y patrón de movimiento de la energía**, es la rapidez y ruta que sigue la energía a través de los componentes del ecosistema.
- **Estructura trófica**, es la forma de organización de los seres vivos en el ecosistema, de acuerdo con su tipo de alimentación (productores, consumidores, desintegradores). El número de niveles tróficos o el número de veces que la energía o materia pasa de un organismo a otro, así como el número de conexiones o enlaces alimenticios que existen entre las especies o red trófica (**Figura 1**). Cabe resaltar la importancia de los saprófagos (detritívoros y desintegradores) dentro del ecosistema, por ser los

⁴ Valverde, Meave, Carabias y Cano. 2005.

encargados de reincorporar sustancias nutritivas al ambiente a partir de cadáveres, excremento, hojas secas, etc. Muchas ciudades se encuentran repletas de heces fecales de perros y gatos debido a la baja población de descomponedores, como los insectos coprófagos que las desintegran ya que el pavimento es un medio inhóspito para ellos.

- **Tasa de descomposición** o velocidad a la cual los materiales producidos por los organismos (hojarasca, heces fecales, cadáveres, etc.) se desintegran.
- **Eficiencia ecológica**, se refiere a qué tanto de la energía se transfiere exitosamente de un nivel trófico a otro. La energía disminuye al pasar de un nivel trófico a otro, siendo de solo el 10% la energía que queda disponible.
- **Biomasa en pie**, es la cantidad de materia que se almacena en los tejidos de los seres vivos de un ecosistema.
- **Especies clave**, son aquellas especies que tienen mayor influencia sobre los patrones de movimiento de materia y energía en un ecosistema.

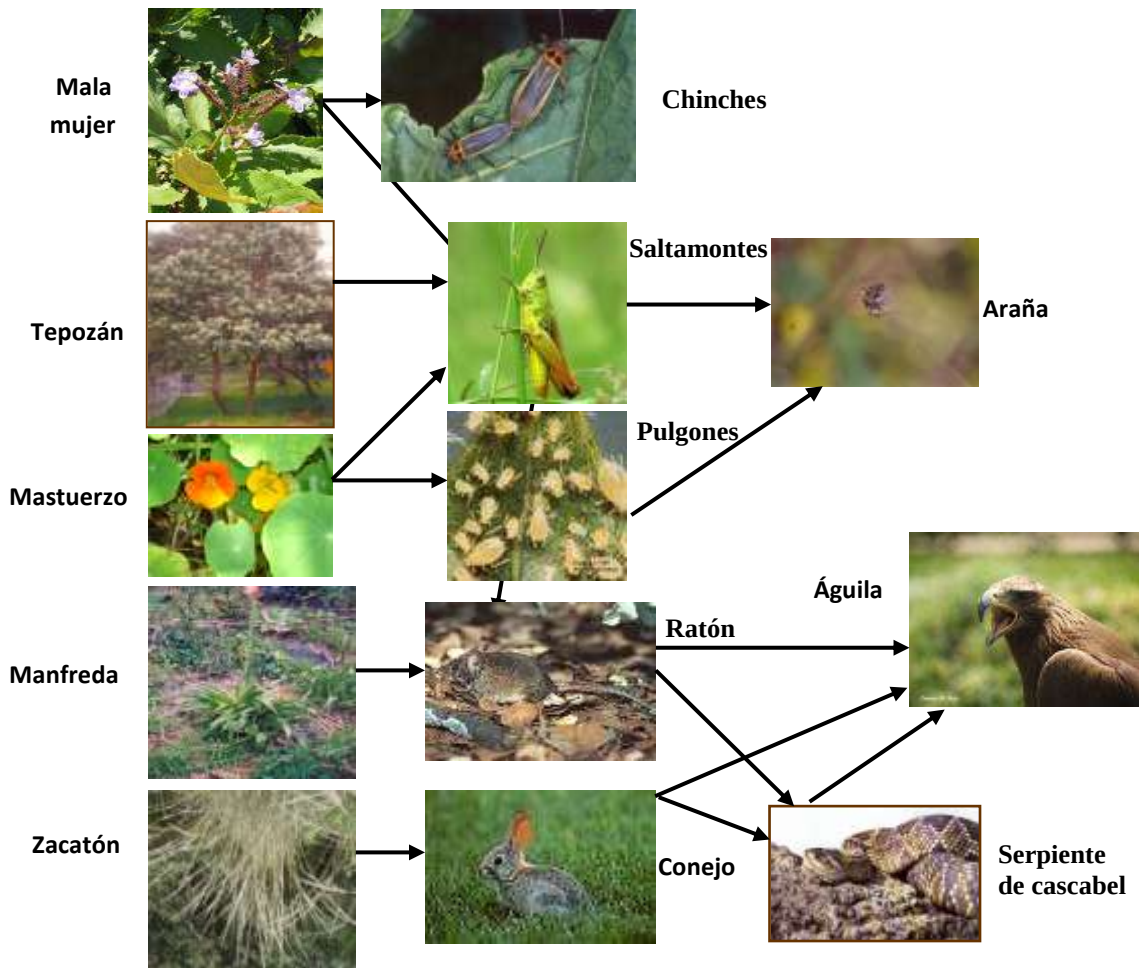


Figura 1. ¿Quién sirve de alimento a quien? Ejemplo de una red trófica en el ecosistema del Pedregal de San Ángel, de la Ciudad de México.

Como **ecosistema urbano o ciudad** se entiende al sistema artificial o hábitat creado por el hombre, máxima expresión de su capacidad tecnológica y desarrollo cultural, que en cierta forma lo resguarda de muchos percances naturales (tormentas, climas extremos, etc.) y le brinda satisfactores, pero que a su vez se somete a otro tipo de presiones (contaminación, ruido, estrés) que ponen en riesgo su supervivencia y la de muchas otras especies⁵. Este sistema, al igual que los ecosistemas naturales, es un sistema abierto y posee una estructura definida y un funcionamiento característico. A través del mismo también se da un flujo de energía y hay movimiento de la materia⁶. Sin embargo, el mantenimiento de los sistemas urbanos está basado en la explotación de los recursos ubicados en zonas más o menos lejanas; el agua, la electricidad, los combustibles y los alimentos tienen que hacer largos recorridos en poco tiempo para llegar a ellos, por lo que se tienen que construir grandes obras de infraestructura que acaban afectando a otros sistemas naturales. En resumen, podemos decir que el funcionamiento de la ciudad impacta al medio de dos formas: en cuanto a la producción de recursos para mantenerla y en relación a la construcción de las vías necesarias para transportar dichos recursos.



A esta concepción del ecosistema urbano como nuestro ambiente construido y cultural, se incorpora la del ecosistema natural, del cual depende el sistema socioeconómico humano. Semejante enfoque significa un cambio relevante en la planeación y manejo del sistema, desde un sistema cerrado hacia un sistema abierto. El ecosistema urbano puede ser caracterizado por mecanismos de control tanto naturales y como sociales, con predominio de los segundos. El ecosistema urbano es una conjunción de elementos naturales y artificiales, unidos por profundas interacciones. Entre los elementos naturales del mismo están las características topográficas, hidrológicas, climáticas, edafológicas y los seres vivos, incluido el hombre. Así mismo se consideran las características del tejido urbano, el metabolismo (fuentes y flujos de energía), su crecimiento y desarrollo y la contaminación.

Actualmente el concepto de ciudad va más allá de su núcleo y estructura física y administrativa. A pesar de su centralismo, el sistema ciudad se abre o expende en dirección a sus alrededores y hacia los recursos tanto inmediatos como lejanos. Dicha expansión se manifiesta en una gran diversidad de formas o estructuras (radial, tentacular o de mancha)⁷. A partir de la 2da mitad del siglo XX se presentó el fenómeno de metropolización y las ciudades se extendieron más allá de sus límites municipales, por lo que se dificultó establecer una frontera entre el medio natural y la ciudad. La metropolización alcanzó primero a los sistemas naturales más cercanos y luego se ha ido extendiendo al resto del territorio. Hoy en día la **Huella Ecológica** del sistema ciudad se muestra a lo largo de todo el planeta.

⁵ The Institute of Ecology, 1974

⁶ Duvigneaud, 1976

⁷ Boada y Toledo, 2003

Movimiento de la Energía.

En los ecosistemas, entre ecosistemas y en toda la biosfera, la materia se mueve en forma de ciclos, mientras que la **energía** pasa sólo una vez por el ecosistema y no regresa a su origen, es decir, se mueve en un **flujo** unidireccional. No toda la radiación del Sol llega a la tierra, ni toda la energía que llega es utilizada. Los organismos fotosintéticos captan parte de ésta y la transforman en energía química que fluye a través de los niveles tróficos (**Fig. 2**).

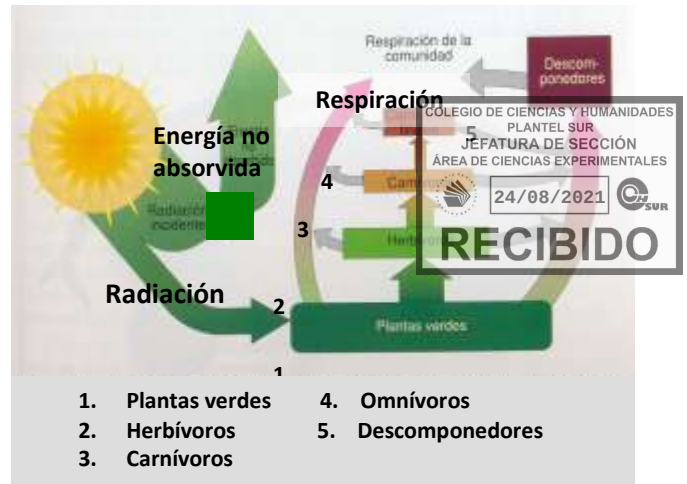


Figura 2. Flujo de energía en el ecosistema.

Para la Ecología de Sistemas, la ciudad es también un ecosistema, pero si se aplica este concepto a la ciudad es necesario tomar en cuenta que ésta tiene una escasa producción primaria y que el metabolismo de la misma requiere de grandes entradas de materia y energía que provienen del exterior (alimentos, gasolina, información, etc.), y que llegan a la misma mediante un transporte en sentido horizontal (camiones, trenes, etc.), lo que es energéticamente muy caro, por lo que la ciudad, a diferencia de otros ecosistemas naturales, es un ecosistema escasamente productivo en términos ecológicos, pero altamente productivo en cuanto a información, servicios, cultura, recreación, etc. (**Fig. 3**).



Figura 3. Algunas de las entradas y salidas de materia y energía, que mantienen al Ecosistema Urbano, el cual es escasamente productivo en términos energéticos.

El ecosistema ciudad está sometido a un estrés funcional sostenido, lo que lo hace muy vulnerable. Si durante algunas horas cesa la entrada de energía o materia al mismo como la de electricidad, gas o agua, puede provocarse una grave alteración y hasta un caos funcional en toda la ciudad.

Movimiento de la materia: ciclos biogeoquímicos.

Los seres vivos se componen en general en un 70% de agua y un 30% de biomasa. El 95% de la misma son biomoléculas (glúcidos, lípidos, proteínas) y el 5% restante se forma de 27, de los 107 elementos de la tabla periódica. Estos elementos se dividen en *esenciales o macronutrientes*, que son aquellos que se requieren en grandes cantidades, y *no esenciales o micronutrientes*, que son aquellos que se requieren en muy pequeña concentración.

Como antes se mencionó, la materia puede entrar o salir de un ecosistema y/o pasar de un ecosistema a otro interconectándolos y haciendo que funcionen de manera integrada. De este modo se explica porque es posible encontrar un insecticida que fue aplicado en Europa, para controlar los mosquitos, acumulándose en el tejido graso de los pingüinos de la Antártida, a 15,000 kms de distancia.

La materia puede **entrar** al ecosistema por diferentes formas o vías:

- ✓ Por ríos que pueden transportar animales muertos, heces fecales, troncos y ramas, entre materiales.
- ✓ Por la caída de partículas de la atmósfera, como ceniza volcánica, arena de los desiertos, hollín, esporas y granos de polen.
- ✓ Inmigración de animales y dispersión de semillas.
- ✓ Fijación de Nitrógeno (N), por las bacterias del suelo.
- ✓ Intemperización y desintegración de la roca madre, liberando sales minerales.
- ✓ Contaminación del suelo por fertilizantes y pesticidas y por disposición de desechos sólidos.

A su vez la materia puede **salir** del ecosistema por vías como:

- ✓ Los ríos, que se llevan diferentes materiales,
- ✓ Emigración de animales y dispersión de semillas.
- ✓ Liberación de gases a la atmósfera.
- ✓ Erosión de suelo y rocas.
- ✓ Extracción o cosecha de materiales por los seres humanos: suelo, agua, animales, plantas, hongos, etc.



Como puede verse, el movimiento de entrada y salida de materia en el ecosistema es través de los seres vivos o de los factores abióticos (aire, agua, suelo), por lo tanto en el movimiento cíclico de la materia intervienen procesos geológicos, químicos y biológicos y es por ello que a este movimiento se le da el nombre de **Ciclos Biogeoquímicos**. Un ejemplo de estos ciclos puede ser el Ciclo del Nitrógeno⁸ (**Fig. 4**).

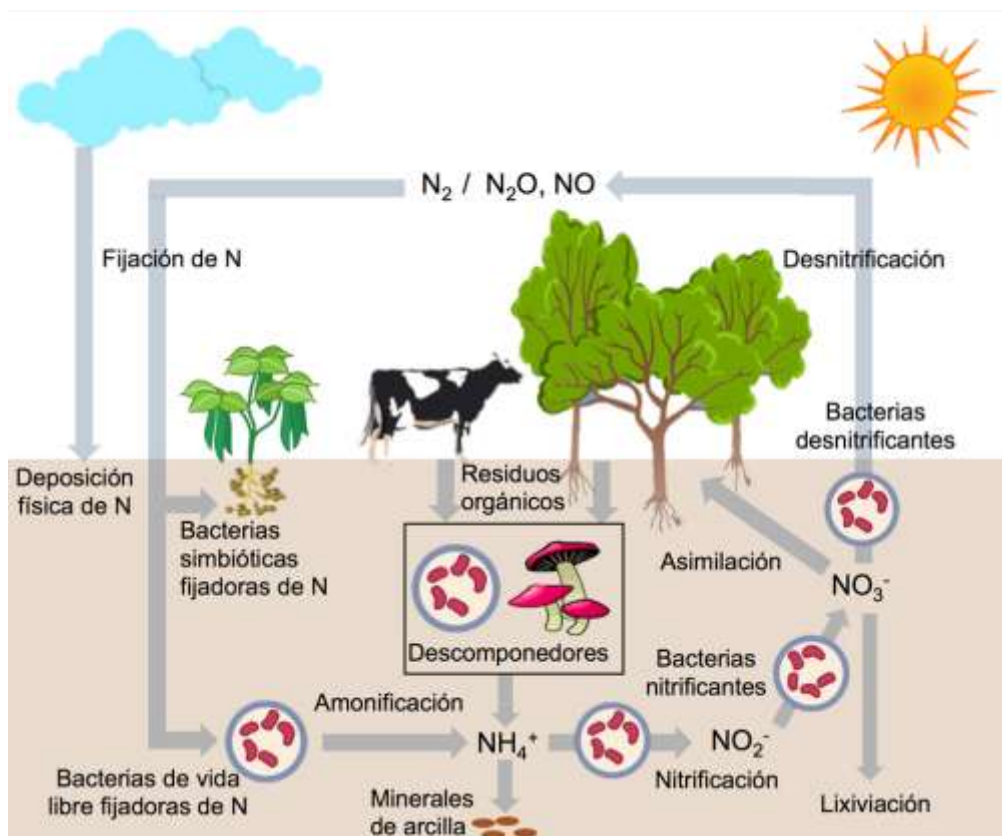


Figura 4. Principales procesos del ciclo del nitrógeno (N) a través de componentes bióticos y abióticos en el ecosistema.

Otro ejemplo lo constituye el Ciclo del Carbono (C) que es el conjunto de transformaciones que suceden en torno a los compuestos que contienen C entre sus componentes. Este proceso constante y natural sucede entre las capas de Tierra donde hay vida: la biósfera, lugar destinado para el desarrollo de la vida animal y vegetal; la atmósfera, la gran capa protectora de los rayos del sol; la hidrósfera, superficie de agua que incluye productos nutritivos y minerales y la litósfera, la cual sirve como primera capa de tierra por debajo de la biosfera. El C es aprovechado de distintas maneras, por lo que es un elemento clave para el sostenimiento de la vida en el planeta. Los océanos y plantas son grandes captadores del dióxido de carbono (CO_2) y emisores de oxígeno (O_2), aunque

⁸ Web.ecologia.unam.mx/oikos3.0.

existen ciertas regiones en las que en el mar se pierde este gas y se emite más CO_2 que el que es absorbido, formando un ciclo del CO_2 . Por otro lado, las plantas absorben dicho elemento y lo convierten en azúcares en los tejidos vegetales; los animales herbívoros consumen estas plantas y consecuentemente, los animales carnívoros consumen a los herbívoros; que a su vez expedirán el elemento, por lo que el ciclo volverá a repetirse. La **Figura 5** resume el Ciclo del Carbono.

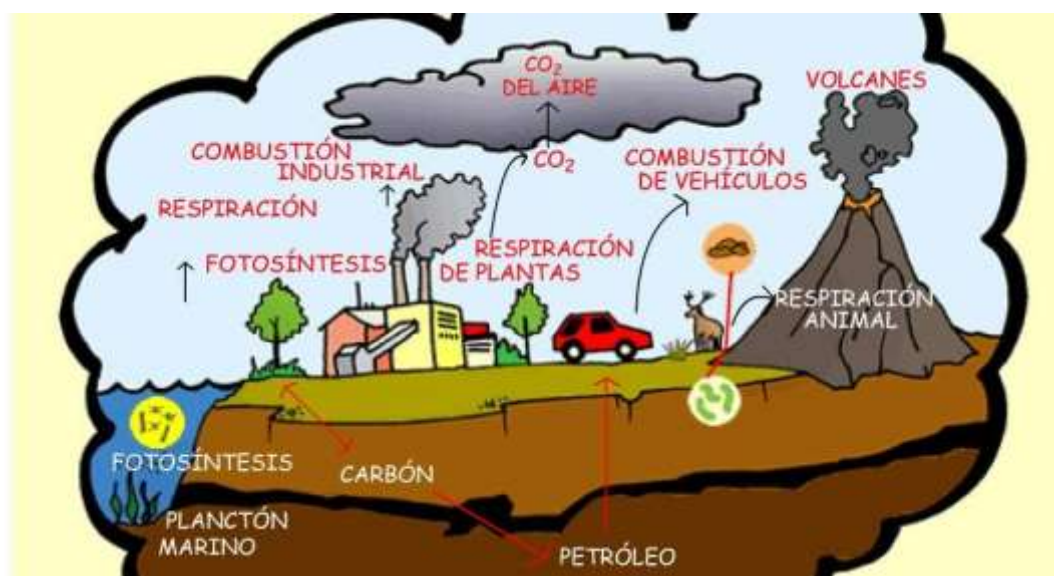


Figura 5. Ciclo de carbono que rápido muestra el movimiento de carbono entre tierra, atmósfera y océanos en miles de millones de toneladas por año. Los números amarillos son flujos naturales, los rojos son contribuciones humanas, los blancos indican el carbono almacenado.

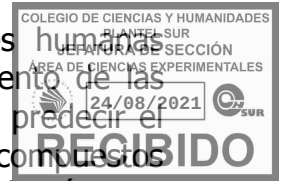
Los elementos tienen diferente movilidad. Los Ciclos de los elementos que no se mueven a través de la atmósfera y que se acumulan básicamente en el suelo, como los del Calcio, el Fósforo o el Potasio, se conocen como *Ciclos Sedimentarios* y los ciclos de elementos y compuestos que en estado gaseoso se mueven por todo el planeta, a través de las corrientes de aire, como el del Carbono, Nitrógeno, Oxígeno y Agua, se conocen como *Ciclos Atmosféricos*.

Alteración de los Ciclos Biogeoquímicos.

Los ecosistemas dependen no solo del flujo de energía para mantenerse, sino también de la circulación de la materia dentro de los mismos o entre ecosistemas distantes, por ejemplo: la selva del Amazonas recibe nutrientes gracias al polvo de las tolvaneras de arena del Desierto del Sahara, que es acarreado por los vientos, a través de la atmósfera. Lo anterior denota que los ciclos biogeoquímicos relacionan a todos los elementos de la biosfera y que ningún ecosistema funciona de modo aislado; por lo tanto si se altera alguno de los "pasos" de estos ciclos, el ecosistema sufre modificaciones, tiene un mal funcionamiento o deja de funcionar.

Estas transformaciones afectan a todas las especies, incluyendo a la especie humana.

Las sustancias tóxicas y de desecho producidas por las actividades humanas también se mueven a través de estos ciclos, por lo que el conocimiento de las rutas que sigue la materia en los ecosistemas nos ayuda a conocer y predecir el movimiento que siguen en el planeta algunas sustancias como los compuestos radioactivos, los materiales pesados, y los desechos industriales y domésticos, entre otros. Aquí también se incluyen muchos de los productos que se utilizan a diario y de los que dependemos como: plásticos, fertilizantes y pesticidas, e hidrocarburos, entre otros.



Conocer a fondo el funcionamiento del Ecosistema es una herramienta indispensable en la búsqueda de soluciones a la problemática ambiental.

Los contaminantes

Los contaminantes son sustancias tóxicas o factores “extraños” que al alcanzar altas concentraciones en el ambiente, alteran las características originales de los ecosistemas, dañando a los organismos. Muchas sustancias químicas se encuentran de manera natural en la biosfera, pero a altas concentraciones se vuelven tóxicas y el ecosistema ya no las puede absorber o manejar. Otras sustancias contaminantes aparecieron a raíz del acelerado desarrollo tecnológico que inició en el siglo XIX, con la Revolución Industrial.

Estas sustancias tienen hoy sus propios ciclos biogeoquímicos y circulan por el agua, el aire, el suelo y las cadenas tróficas. Un ejemplo puede verse con el Dicloro difenil tricloroetano (DDT): cuando las avionetas lo esparcieron en el norte de África para controlar plagas de insectos que atacaban a los cultivos, el 50% llegó al suelo y el otro 50% se movió con las masas de aire y se depositó en el océano Atlántico e incluso hasta las Antillas del Caribe (a 7000 Km). Ahí se movió a través de las cadenas tróficas marinas y a veces llegó a depositarse en los tejidos grasos de los habitantes de Alaska que consumen productos marinos. La **Figura 6** muestra el paso del DDT a través de las cadenas tróficas de un sistema acuático.

Otro ciclo es el de los plaguicidas usados en los cultivos. En general los plaguicidas se transportan a través del aire, el agua y el suelo y ponen en peligro la calidad del agua de las zonas cercanas a los campos de cultivo. Una vez en el agua contaminan de manera crónica la vida silvestre e incluso al hombre. La **Figura 7** ejemplifica este ciclo.

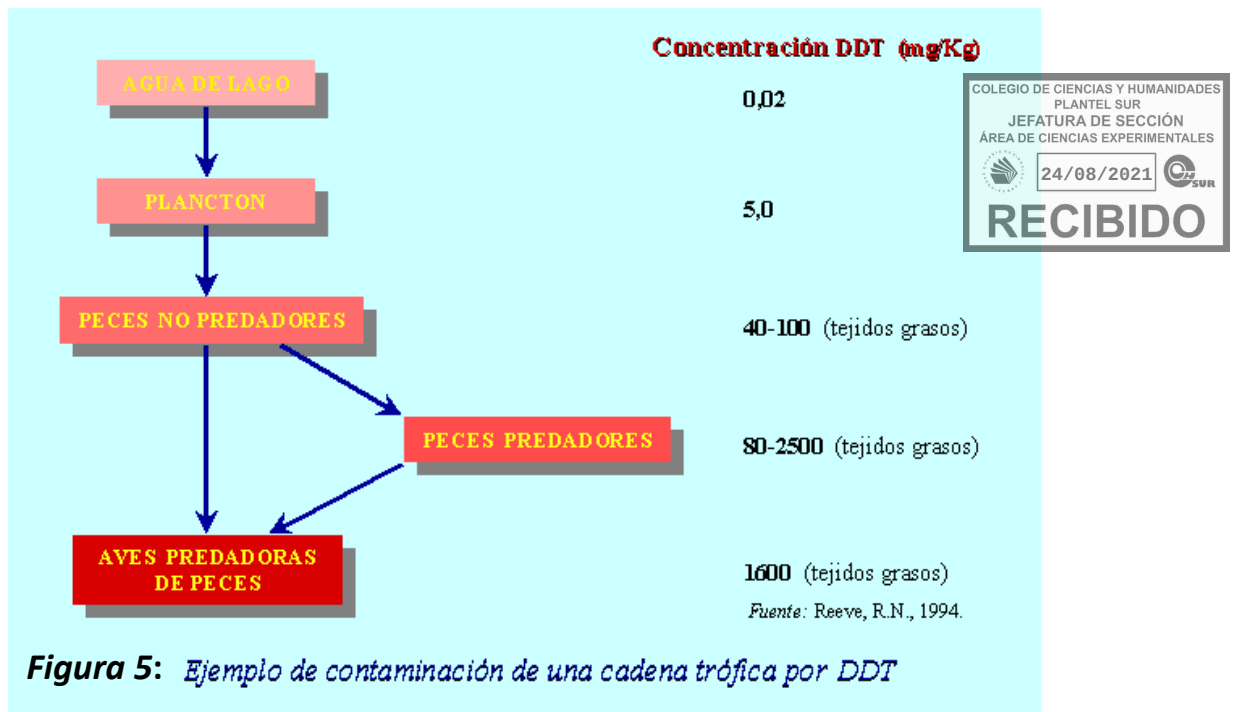


Figura 6. Ejemplo de contaminación de una cadena trófica acuática por DDT.

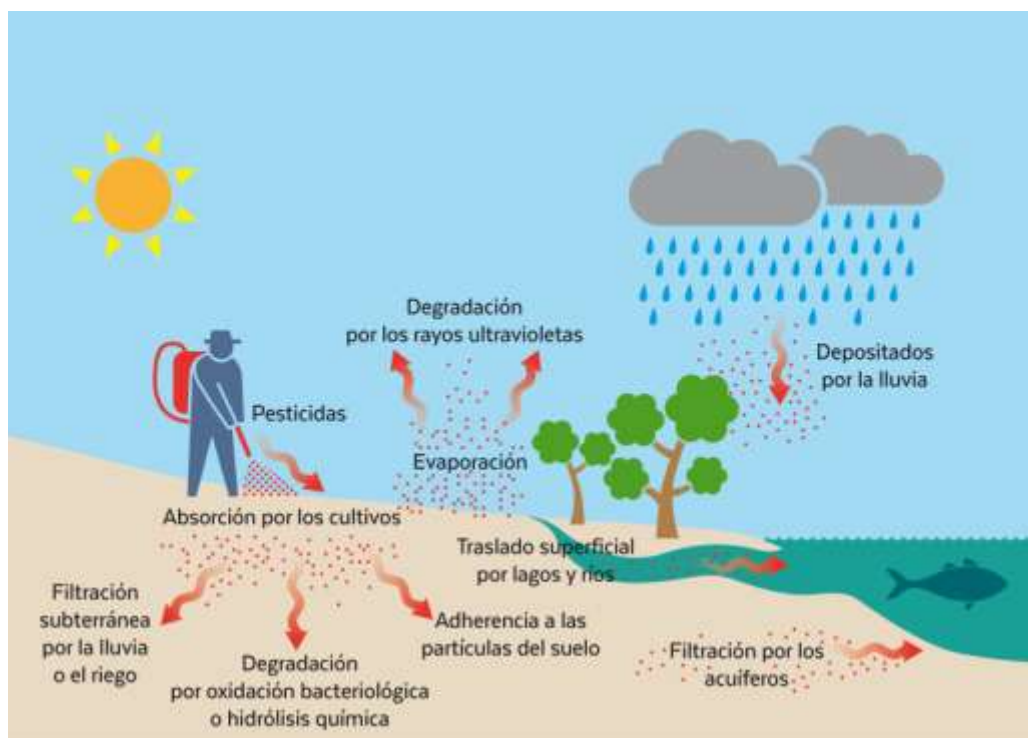


Figura 7. Ciclo de plaguicidas utilizados en los cultivos.

De acuerdo a la forma en que se generan, los contaminantes se clasifican en: *contaminantes naturales* que son los que provienen de fenómenos naturales como erupciones volcánicas, fuego, cenizas, etc., y *contaminantes artificiales* que son los que se producen por las actividades humanas como: industria, transportes, agricultura, ganadería y construcción. Entre los contaminantes artificiales más importantes están los plásticos, detergentes, herbicidas, insecticidas, fertilizantes y muchos desechos domésticos e industriales. El problema es que además este tipo de contaminantes se producen de modo masivo, se desechan pronto, se acumulan y no se degradan fácilmente ya que los organismos desintegradores o saprófagos de los ecosistemas naturales no degradan compuestos artificiales (**Fig. 8**).



Figura 8. Ejemplos de fuentes contaminantes naturales y artificiales: erupción del volcán Popocatepetl, México y quema de basura en París.

Los contaminantes también se clasifican de acuerdo al estado físico en que se liberan al ambiente, en sólidos, líquidos y gaseosos⁹.

- ✓ Los *contaminantes gaseosos* más importantes son: CO₂ (dióxido de carbono), CO (monóxido de carbono), SO_x (óxidos de azufre), CH₄ (metano), No_x (óxidos de nitrógeno), O₃ (ozono) y el ClO (óxido de cloro), se conocen como gases de invernadero pues contribuyen al calentamiento de la atmósfera y al efecto Invernadero.
- ✓ Los *contaminantes líquidos* se encuentran principalmente en las aguas residuales, los aceites y los solventes, así como el petróleo y sus derivados líquidos.
- ✓ Entre los *contaminantes sólidos* más comunes están el vidrio, el plástico, el metal y los metales pesados.
- ✓

Los contaminantes también se clasifican de acuerdo al medio en el que se acumulan y así tenemos contaminantes de la atmósfera, del agua y del suelo (**Fig. 9**).

⁹ <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-contaminantes-ambientales-2477.html>

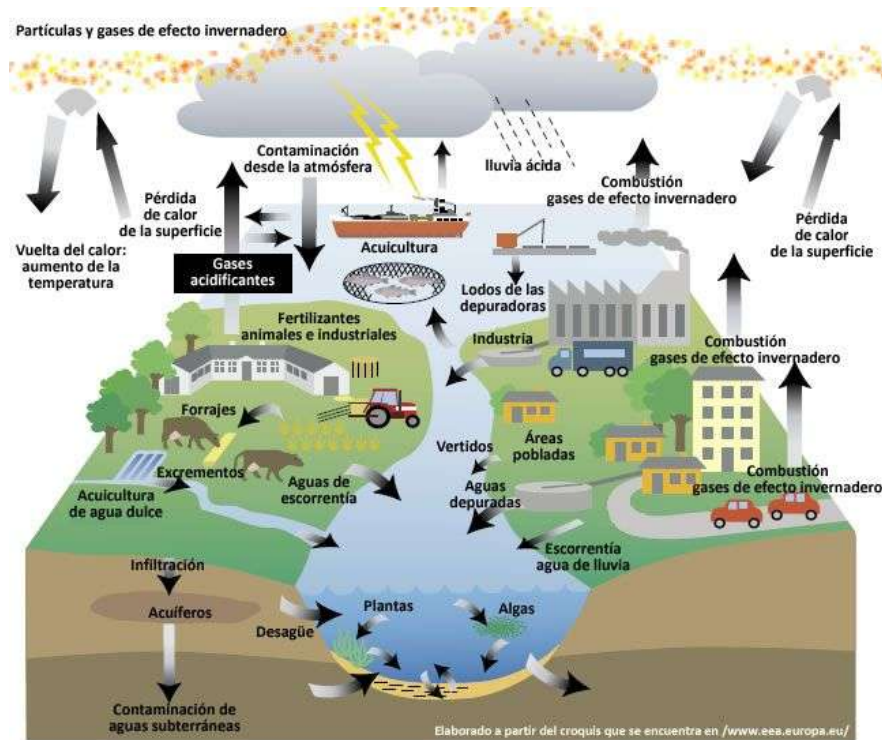


Figura 9. Movimiento de agentes contaminantes.

La *contaminación auditiva y visual* no entran en estas categorías, sin embargo a menudo se hace referencia a ellas por sus marcados efectos en las ciudades, sobre todo en la salud mental y física de los seres humanos. La contaminación por ruido también causa efectos en muchos de los animales que viven en las ciudades y la luz artificial de las mismas tiene efectos en el comportamiento de los animales nocturnos.

2. La Ciudad de México (CDMX), un ecosistema urbano

La CDMX se ubica en la Cuenca de México que es una región muy heterogénea desde el punto de vista cultural, ecológico y biológico. Tiene una extensión de 1485 km² y aunque solo ocupa el 1% del territorio nacional ha dado lugar a un mosaico de paisajes con alta diversidad biológica debido a su ubicación geográfica, a los factores climáticos, geológicos, edáficos y a la interacción del sistema natural con el socioeconómico¹⁰.



¹⁰ Biodiversidad de la Ciudad de México, Vol. I. 2016.

La Cuenca de México es una altiplanicie a 2240 msnm cuya mayor altitud es el volcán Ajusco a 4000 msnm. Sus coordenadas geográficas son: al Norte 19°36' y al Sur 19°03' de latitud norte; al Este 98°57' y al Oeste 99°22' de Longitud Oeste. Colinda al Noreste y Noroeste con el Estado de México y al Sur con el Estado de Morelos.

Su relieve es heterogéneo (**Fig. 10**), la mayoría de sus suelos son antrópicos (derivados de la actividad humana) y su clima presenta variaciones en sus diferentes zonas, estando presentes 5 tipos de clima que van desde los semiáridos en las partes bajas a los subhúmedos, templados y semifríos¹¹ (**Fig. 11**). Presenta temperaturas promedio de los 8 a los 24°C y precipitaciones de 1000 a 1500 mm por año.



Figura 10. Relieve de la CDMX.

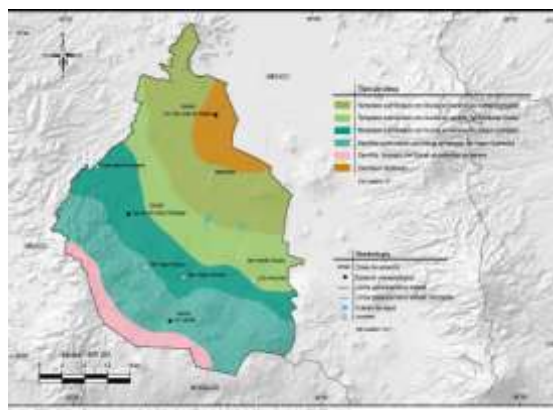


Figura 11. Climas de la CDMX.

Por el alto sellamiento de su superficie (pavimento, asfalto) se presenta el fenómeno urbano de isla de calor, originado por la absorción de la radiación solar, lo que genera un incremento de temperatura de hasta 4°C con respecto a la temperatura de las áreas verdes¹², modificando la dinámica natural del clima en la Ciudad (**Fig. 12**).



Figura 12. Isla de calor en CDMX.

¹¹ <https://www.paratodomexico.com/estados-de-mexico/ciudad-de-mexico/clima>

¹² Biodiversidad de la Ciudad de México, Vol. I. 2016.

De los más de 21 millones de personas que viven en la zona metropolitana de la Ciudad de México, integrada por la Ciudad y sus áreas conurbadas, el 43% habita en dicha Ciudad (9 209 944 habitantes) lo cual representa un reto ya que es indispensable proveer de agua tanto a sus habitantes como a los ecosistemas y áreas verdes que la conforman, así como entender la dinámica de sus aguas superficiales y profundas.



En la Ciudad de México se encuentran tres tipos de paisajes: el urbano que ocupa el 48% de su superficie; el natural presente en el 36%, el cual incluye básicamente comunidades vegetales semiáridas y templadas, y el 16% restante que corresponde a un paisaje intermedio o periurbano, con áreas agropecuarias y semiurbanizadas (**Fig. 13**).

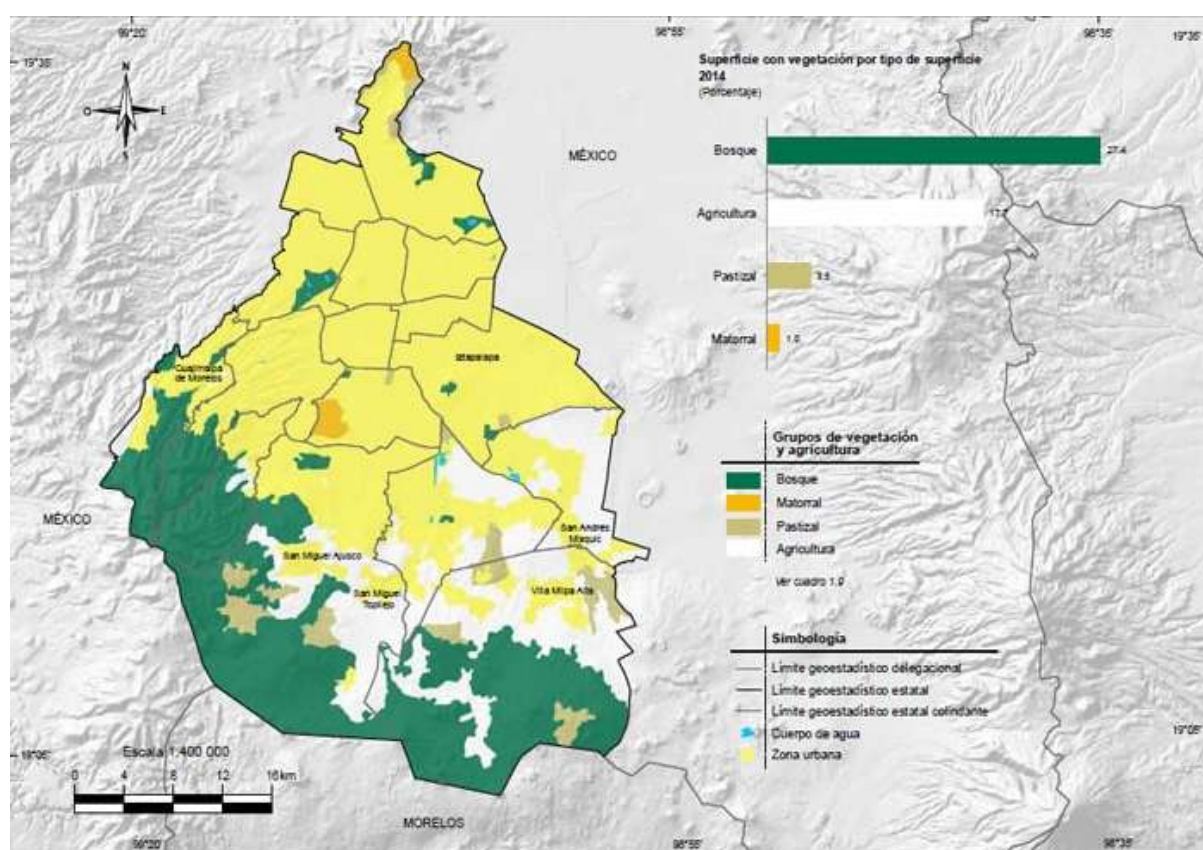


Figura 13. Paisajes de la CDMX.

La superficie de la CDMX está organizada en 16 alcaldías (**Fig. 14**) que de acuerdo a su superficie se agrupan de la siguiente manera¹³:

¹³ Censo de población y vivienda, 2020.

Alcaldía	km²
Tlalpan	312
Milpa Alta	228
Xochimilco	122
Iztapalapa	117
Álvaro Obregón	96.2
Gustavo A. Madero	94
Tláhuac	85.3
Cuajimalpa de Morelos	80.1
Magdalena Contreras	74.6
Coyoacán	54.4
Miguel Hidalgo	47
Azcapotzalco	33.7
Venustiano Carranza	33.4
Cuauhtémoc	32.4
Benito Juárez	26.6
Iztacalco	23.3



Figura 14. Alcaldías de la CDMX.



continúa afectando las áreas verdes de la Ciudad, las áreas periurbanas agrícolas y los pocos ecosistemas naturales que aún quedan en la Ciudad.

La proporción de la población que vive en la CDMX ha mostrado un incremento y la tasa de cambio de uso del suelo es continua. En 2012 fue del 2.3% siendo el principal cambio al uso de suelo urbano, lo que denota un proceso continuo de transformación como resultado de los asentamientos irregulares, con marcadas diferencias entre las alcaldías que conforman a la CDMX. La tendencia hacia la urbanización

Bibliografía

- Boada M y Toledo V. 2003. **El planeta, nuestro cuerpo: la ecología y el ambientalismo y la crisis de la modernidad.** La Ciencia para todos/194. SEP-Fondo de Cultura Económica-CONACYT. México. 237 pp.
- Castillo, H. 1990. **La sociedad de la basura.** *Ciencias* 20:25-30.
- CONABIO. 2016. **La Biodiversidad de la Ciudad de México.** Vol. 1. México.
- Duvigneaud P. 1976. **La synthèse écologique.** Doin Editeurs. Paris, Francia.
- Enkerlin, E., Cano, G., Garza, R. y E. Vogel. 1997. **Ciencia ambiental y desarrollo sostenible.** Ed. International Thomson Editores. México. 690 pp.
- Enkerlin, E., Cano, G., A. Correa y Robles A. 2000. **Vida, ambiente y desarrollo en el siglo XXI: lecciones y acciones.** Ed. Grupo Editorial Iberoamericana. México. 251 pp.
- Garduño A. C. 1979. **El ecosistema urbano y la enseñanza del método experimental.** _Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM.
- González F y Medina L. 1995. **Ecología.** McGraw-Hill. México. 365 pp.
- Heres P. A. 2006. **Seminario de Educación Ambiental.** _Pub. Cultural. México. 247 pp.
- Herrera K. I. 1998. **Factores Ambientales y la otra mitad del medio ambiente.** Trillas. México. 197 pp.
- INEGI. 2021. **Censo de población y vivienda 2020.** Comunicado de Prensa núm. 98/21, 29 de enero de 2021. Ciudad de México.
- Institute of Ecology. 1974. **The Urban Ecosystem: A holistic approach.** Dowden Hutchinson and Ross Inc. USA.
- Miller Jr. G. Tyler. 1994. **Ecología y medio ambiente.** Ed. Grupo editorial iberoamericana. México. 867 pp.
- Smith, Enger. 2006. **Ciencia ambiental. Un estudio de interrelaciones.** Ed. Mc Graw Hill Interamericana. México, D. F. 476 pp
- Valverde, T., Cano-Santana, Z., Meave, J. y Carabias J. 2005. **Ecología y medio ambiente.** Ed. Pearson Prentice-Hall. México, 230 pp.
- Varios. 1993. **Tratado del medio ambiente.** Rezza Editores, Madrid. 1-55 pag.
- <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>. febrero 2021
- <https://www.google.com/search?q=poblaci%C3%B3n+urbana+mundial+2019&sxsrf=ALeKk01Y->
- <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- <https://lanzateyviaja.com/mundo/ciudades-mas-grandes>



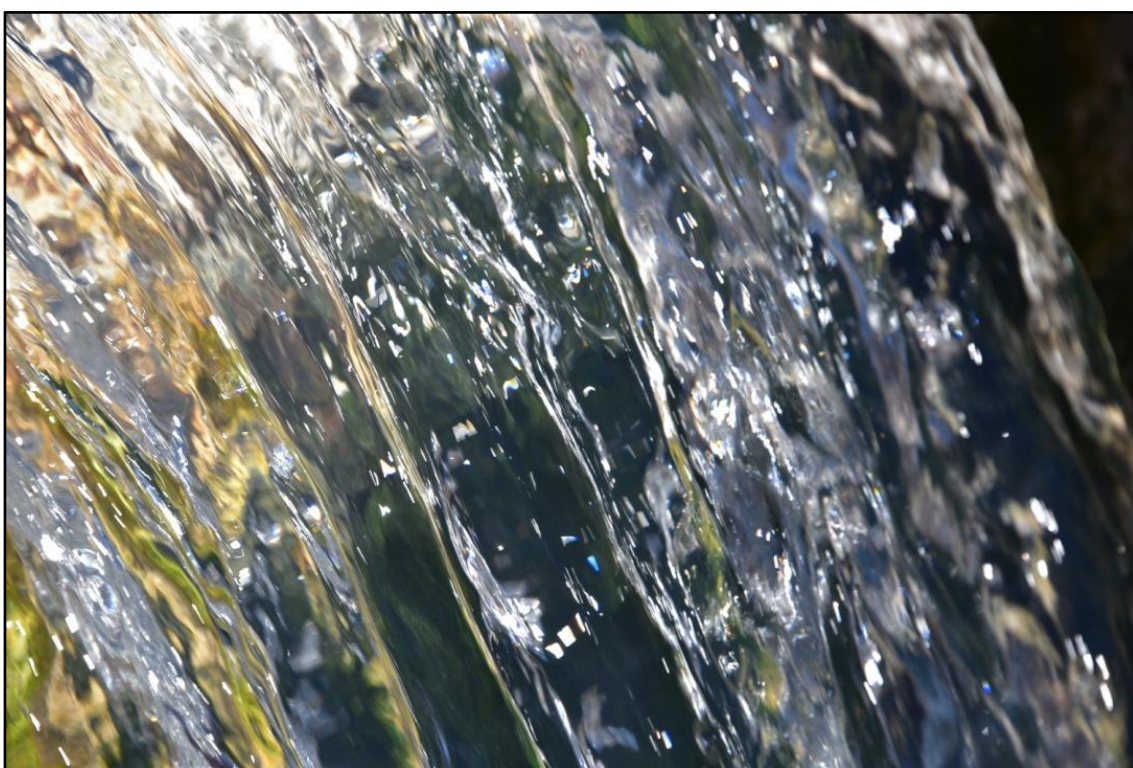
- <https://www.paratodomexico.com/estados-de-mexico/ciudad-de-mexico/clima-ciudad-de-mexico.html>
- https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/08/gsm_folleto_de_datos_poblacionales_2020_0.pdf
- <https://www.viajablog.com/ciudades-mas-pobladas-mundo/> México, 2020, ONU
- https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_metropolitana_del_valle_de_México
- Web.ecologia.unam.mx/oikos3.0. Silvia Pajares Moreno. La cascada del nitrógeno ocasionada por actividades humanas La cascada del nitrógeno ocasionada por actividades humanas (unam.mx)
- Web.ecologia.unam.mx/oikos3.0.



CAPÍTULO



A. EL AGUA Y SU PROBLEMÁTICA



Alberto Hernández Peñaloza
Karla María Castillo Espinoza

A.1. Marco teórico

El Recurso Agua

En muchas regiones del mundo el agua se está convirtiendo en un factor limitante para la salud humana, la producción de alimentos, el desarrollo industrial y la estabilidad económica y política. Aunque 70% de la superficie del planeta está compuesta por agua, solamente 2.5% es agua dulce, y de esta última poco menos de 0.3% es agua superficial. La cantidad de agua dulce superficial junto con la subterránea de todo el planeta es menor al 1%, lo que implica que solamente 200 000 km³ están disponibles para el consumo humano y el mantenimiento de los ecosistemas naturales.

La disponibilidad natural de agua es muy heterogénea espacial y temporalmente en las distintas regiones del mundo. Esta condición propicia que algunos países cuenten con agua para el consumo humano en abundancia y otros padecen escasez, como los casos de Canadá con 99 700 m³ por habitante al año y la India con 2 300. En México la disponibilidad promedio se estimó en 4 547m³ para el año 2004, cifra que lo coloca en el noveno lugar de disponibilidad en el contexto internacional, aunque, de acuerdo con las categorías establecidas por los organismos internacionales está considerado como un país con baja disponibilidad natural de agua.¹ (Cuadro 1)

VOLUMEN DE AGUA (m ³ /hab/año)	CATEGORÍA DE DISPONIBILIDAD
< 1000	extremadamente baja
> 1000 < 2000	muy baja 2000 5000
> 2000 < 5000	baja (peligrosa en años de precipitación escasa)
> 5000 < 10000	media
> 10000 < 20000	alta
> 20000	muy alta

Cuadro 1. Categorías de disponibilidad de agua establecidas por organismos internacionales (World Bank y Wri, 2002).

¹ Carabias 2005

Agua y naturaleza

¿Qué es el agua?

El agua, un compuesto extraordinariamente simple, es sin embargo una sustancia de características tan excepcionales y únicas que sin ella sería imposible la vida. El hombre tiene necesidad de agua para realizar sus funciones vitales, para preparar y cocinar los alimentos, para la higiene y los usos domésticos, para regar los campos, para la industria, para las centrales de energía: en una planta, para vivir (Figura 1).



Figura 1. El agua en la vida cotidiana

El agua es en el hombre, el líquido en el que se produce el proceso de la vida y, de hecho, la supervivencia de las células depende de su capacidad. Es fundamental para prácticamente todas las funciones del organismo y es también su componente más abundante (1). Sin embargo, aunque dependemos de ella, nuestro organismo no es capaz de sintetizarla en cantidades suficientes ni de almacenarla, por lo que debe ingerirse regularmente. Por ello el agua es un verdadero nutriente que debe formar parte de la dieta en cantidades mucho mayores que las de cualquier otro nutriente. Existen organismos capaces de vivir sin luz, incluso sin oxígeno, pero ninguno puede vivir sin agua. Tal y como escribió Hildreth Brian *un hombre puede vivir días sin comer, pero solo unos 2-5 días sin*

agua. Podemos perder casi toda la grasa y casi la mitad de la proteína de nuestro cuerpo y seguimos vivos, pero la pérdida de tan sólo un 1-2% del agua corporal afecta a la termorregulación y a los sistemas cardiovascular y respiratorio y limita notablemente la capacidad física y mental; una hidratación mayor puede tener consecuencias fatales. Además, tampoco debemos perder de vista que en la naturaleza no se encuentra el agua de los químicos, es decir, el agua pura, inodora, incolora e insípida. El agua de los ríos, el agua subterránea, el agua de lluvia y el agua que bebemos contiene siempre otras sustancias disueltas que, aún en cantidades reducidas, aporta cualidades organolépticas y nutritivas por lo que el agua también debe considerarse un alimento, un componente más de nuestra dieta, un ingrediente fundamental en la cocina, contribuyendo al aporte de algunos nutrientes y mejorando también el valor gastronómico de las recetas culinarias.



Conocida la dependencia que los seres vivos tienen del agua y la importancia que ha tenido en la Historia de la humanidad, cabe preguntarse qué es lo que hace de ella una sustancia tan especial y diferente de otras. El secreto de sus excepcionales características está precisamente en su composición y estructura, que le confieren el mayor número de propiedades físicas y químicas.²

Composición y estructura del agua

El agua es una molécula sencilla formada por átomos, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad electrónica, pues el oxígeno, uno de los elementos más electronegativos, atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces covalentes, de manera que alrededor del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica (carga negativa) y cerca de hidrógeno la menor (carga positiva). La molécula tiene geometría angular (los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de unos 105°) (Figura 2^a). lo que hace de ella una molécula polar que puede unirse a otras moléculas polares.

La atracción electrostática entre la carga parcial positiva cerca a los átomos de hidrógeno de una molécula de agua y la carga parcial negativa cercana al oxígeno de otra, permite la unión de moléculas de agua vecinas mediante un enlace químico muy especial y de excepcional importancia para la vida y que aplica al amplio abanico de sus propiedades físicas y químicas: el puente de hidrógeno (Figura 2b). El enlace sólo requiere que el átomo electronegativo (el oxígeno en el caso del agua) que atrae al hidrógeno sea pequeño, poses un par de electrones no enlazantes y una geometría que permita que el hidrógeno haga de puente entre los dos átomos electronegativos. Cada molécula de agua puede potencialmente formar 4 puentes de hidrógeno con otras tantas moléculas de

² Brown 1993

agua dando lugar a una estructura tetraédrica reticular relativamente ordenada, responsable de sus peculiares propiedades físico-químicas (Figura 2c).

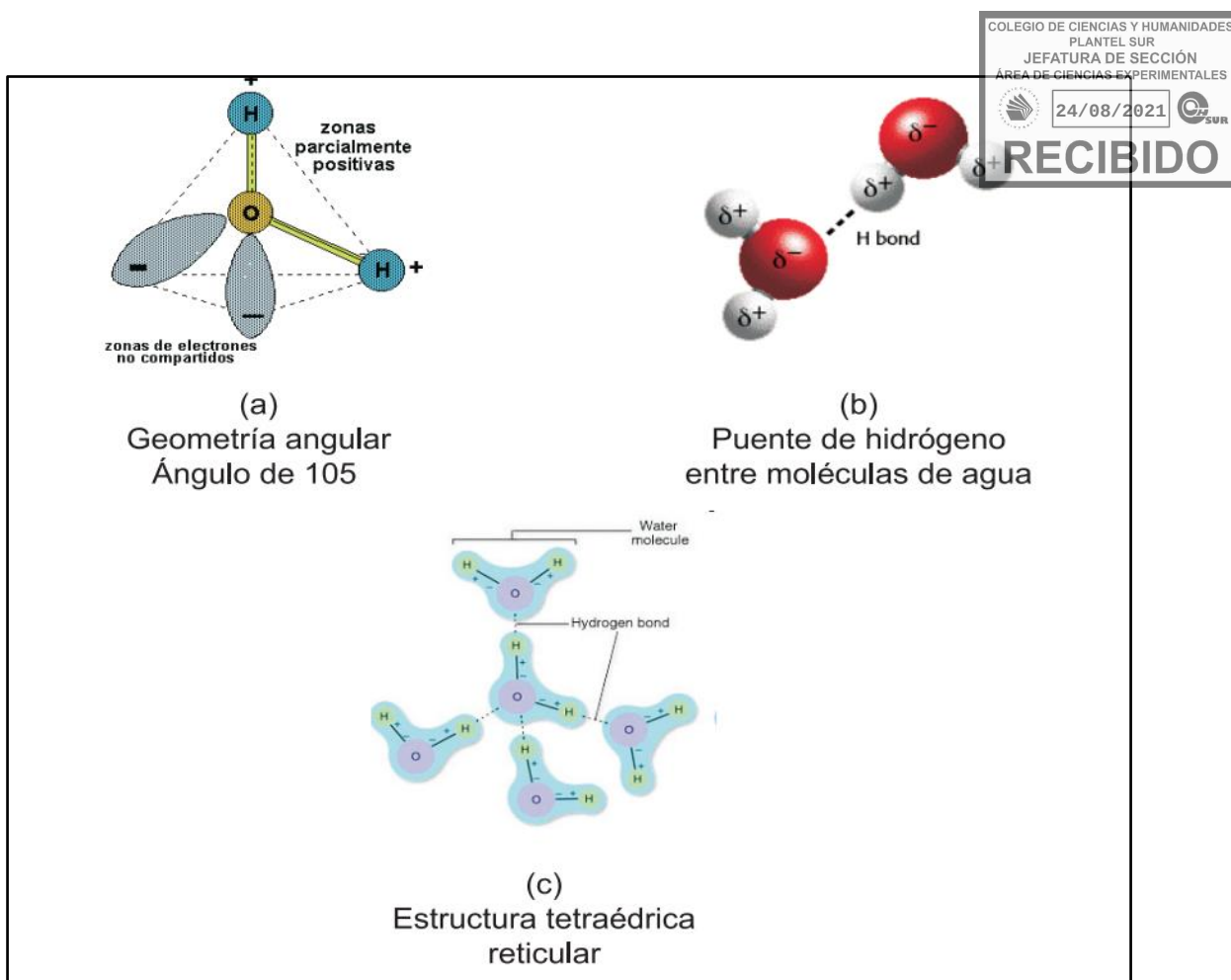


Figura 2. Agua. Estructura

Importancia del agua

Es el factor abiótico más importante de la tierra y uno de los principales constituyentes del medio en que vivimos y de la materia viva. Aproximadamente un 71% de la superficie terrestre está cubierta por agua en estado líquido, que se distribuye por cuencas saladas y dulces, formando los océanos, mares, lagos y lagunas. El 97% del agua está en los océanos. Se le encuentra además como gas constituyendo la humedad atmosférica, las nubes y también en forma sólida como nieve o hielo.

El agua constituye lo que llamamos hidrosfera, sin límites precisos con la atmósfera y la litósfera porque se compenetra con ellas. La vida depende del agua tanto para los organismos que viven en ambientes acuáticos como para aquellos que viven en ecosistemas aeroterrestres.

Los seres vivos están compuestos de agua en una proporción, desde 45% en insectos pasando por un 70% en mamíferos y en algunos, como en las medusas, compone el 95% de sus cuerpos. Por otro lado, es el componente inorgánico más abundante de los seres vivos.



Agua en los ecosistemas

Si consideramos la vida sobre la Tierra como un solo gran ser vivo, el agua sería la sangre. Si el agua está envenenada, la sangre de la vida llevara el veneno a todos los seres vivos. Por otro lado, si mueren las fábricas de agua, simplemente no hay sangre, la vida comienza a extinguirse, incluyendo los seres humanos.

El agua dulce disponible, la luz y la temperatura, entre otros factores, determinan la cantidad de vida y de distintas especies en un área específica. En las zonas tropicales húmedas donde hace mucho calor, hay mucha luz (energía disponible) llueve mucho, lo más frecuente es encontrar gran cantidad de vida, que se manifiesta mediante una alta diversidad de especies.

En zonas con condiciones distintas, como en los desiertos o las zonas áridas, la biodiversidad tiende a ser menor. En las zonas templadas y húmedas es común encontrar gran cantidad de especies, de las cuales algunas dominan el entorno, como los árboles de los bosques templados o fríos.

Hay factores que gobiernan la vida, y el agua es uno de ellos. La disponibilidad de agua gobierna la vida y en consecuencia a los ecosistemas y, de manera paradójica, los ecosistemas llegan a influir en la disponibilidad, la cantidad y la calidad del agua. Aunque esto parezca contradictorio o complicado, es un hecho que después de millones de años de cambios en el planeta, el ciclo del agua también ha variado. Bosques, selvas pantanos, pastizales, etc., actúan como esponjas que retienen agua, como protectores que evitan la erosión, que detienen las avenidas torrenciales y que funcionan como filtros.

Los bosques y las selvas están estrechamente vinculados con la dinámica del agua y, en consecuencia, con la diversidad de flora y fauna silvestre. Estos ecosistemas conforman una barrera física capaz de retener y recargar los acuíferos subterráneos; sus raíces forman redes de contención que eviten la erosión del suelo, y su follaje contribuye a mantener la calidad del suelo, al amortiguar la caída de la lluvia y la fuerza del viento. La cubierta vegetal, al impedir el arrastre de suelos, evita el azolve de canales, presas y cuerpos de agua, así como las inundaciones que afectan en gran medida a los centros de población y a la infraestructura productiva.

Los bosques, las selvas y prácticamente todos los ecosistemas han sido modificados por la humanidad. En la actualidad, los problemas más graves relacionados con la naturaleza y el agua (y por tanto con el ambiente del ser humano) son:

- La desaparición de las fábricas de agua por la deforestación, la desertificación y la transformación o desviación de las cuencas.
- El envenenamiento del agua mediante la contaminación industrial y agrícola, principalmente.
- La sobreexplotación, el derroche y el mal uso del agua.
- El cambio que se ha provocado en el clima del planeta.
- La población humana crece y demanda más agua cada día.



En México, en los últimos 20 años se ha perdido 58% de los bosques y únicamente se conserva 2% de las selvas. La deforestación se debe principalmente a la expansión de la frontera agropecuaria, ante la carencia de otras opciones productivas; a los altos niveles de marginación de la población rural, y al establecimiento de políticas públicas de fomento agropecuario que afectan en forma directa a las zonas arboladas. Otras causas importantes son la tala ilegal para aprovechamientos comerciales, la indefinición de la tenencia de la tierra, la valoración insuficiente de los bienes y servicios ambientales que brindan los bosques y el desarrollo de asentamientos urbanos.

Las fuentes de información ofrecen diferentes tasas de deforestación, pero cualquier que sean esas cifras, son alarmantes. Las cifras proporcionadas por la Comisión Nacional Forestal (Conafor) van desde las 300 mil a las 800 mil ha por año, tan sólo en lo relativo a bosques y selvas. Independientemente de la cifra de deforestación, sólo se reforestan 220 mil ha por año, en cualquiera de los casos, la proporción de reforestación es insuficiente.

La principal causa de degradación de suelos en México es la deforestación y 51% de la superficie total degradada se asocia con los cambios de uso del suelo hacia actividades agropecuarias. Alrededor de 64% de los suelos del país está afectado por algún tipo de degradación; los procesos más importantes de deterioro son la erosión hídrica (37%) y la eólica (15%). En el 70% de estos terrenos no se desarrollan actividades agropecuarias de carácter marginal. lo que aumenta el riesgo de degradación.

La degradación química, que incluye la salinización y la contaminación, afecta principalmente a las zonas agrícolas y abarca 13 millones de hectáreas del territorio nacional, de las cuales 6 millones 600 mil están salinizadas. Cerca de 18 millones de hectáreas de suelos se consideran de moderada a severamente degradadas y han perdido entre 40 y 60% de su capacidad para retener agua, lo que afecta la infiltración de agua, disminuye la productividad y empobrece la calidad del recurso.

Alrededor de 22 millones de hectáreas corresponden a tierras vulnerables al deterioro, por estar ubicadas en zonas con condiciones de terreno y de suelo.

Ante eventos hidrometeorológicos adversos, como huracanes o sequías, la falta de bosques propicia que ocurran inundaciones y desgajamientos de tierras, lo que ocasiona graves pérdidas económicas y ambientales. Sin embargo, la problemática en relación del agua con la naturaleza no sólo tiene que ver con la deforestación. La extinción de especies y ecosistemas también tiene que ver con

el agua, o más bien con las actividades humanas que modifican la cantidad y la calidad del agua, afectando el ciclo hidrológico natural. Así, entre los problemas principales están:

- La contaminación o envenenamiento del agua por la industria y la agricultura, principalmente.
- La desecación o sobreexplotación de los recursos hídricos.
- La modificación de las cuencas (construcción de presas, desvío de ríos, cambios de uso de suelo, etc.
- Cambio climático global.
- La deforestación.



En México, la industria y la agricultura son las responsables de la mayoría de los contaminantes y menos de 25% del agua residual que vierte a ríos y lagos es tratada, según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) afirma que sólo se trata 15% de las aguas residuales y que la industria consume 6 km³ de agua y descarga anualmente 5.3 km³ de aguas residuales.

Las cuencas han sido fuertemente modificadas y muchas ya no soportan suficiente agua a sus ecosistemas naturales sobrevivientes.³⁴

Visión General del agua en México

México dispone aproximadamente del 0.1% del total de agua dulce disponible mundial, lo que determina que un porcentaje importante del territorio este catalogado como zona semidesértica.

El agua es necesaria para todas las formas de vida, es un elemento crucial para el funcionamiento de los ecosistemas y la provisión de servicios ambientales de los que dependemos para sobrevivir y es un factor estratégico para el desarrollo del país.

México recibe alrededor de 1,489 mil millones de m³ al año de agua en forma de precipitación, de los cuales el 67% entre junio y septiembre, sobre todo en la región sur sureste (Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco), donde se recibe 49.6% de la lluvia.

De este total 73% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, 22% escurre por los ríos o arroyos y 6% se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos (Figura 3).

³ El agua en el medio ambiente

⁴ Rzedowski 2006

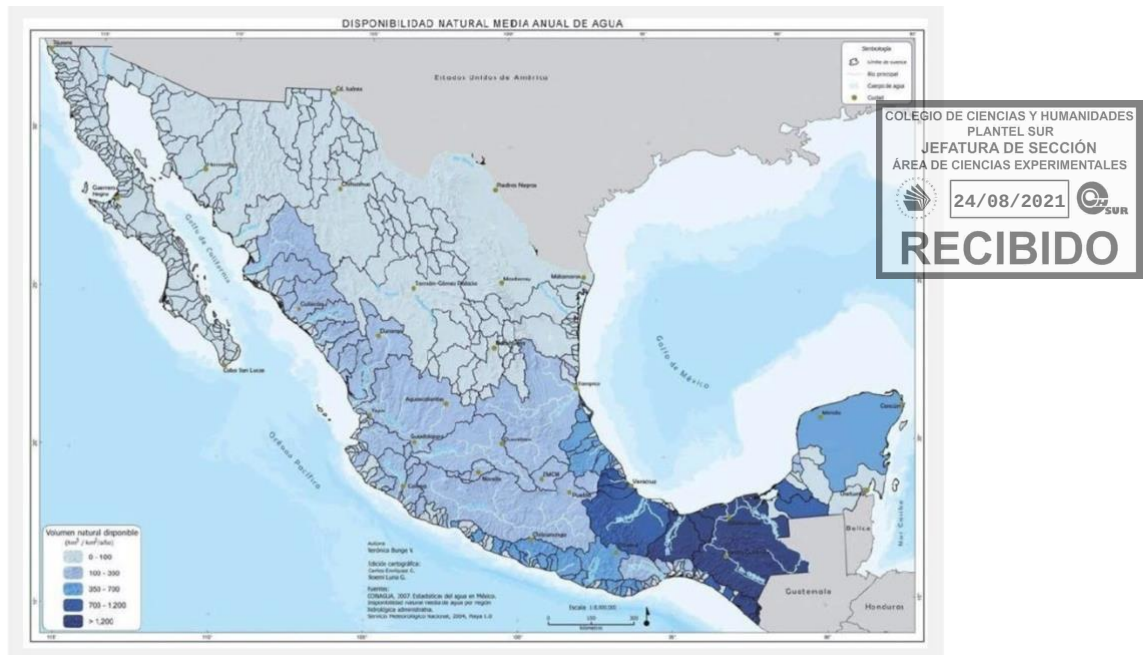


Figura 3. Agua de México (Cotler 2010).

Un aspecto importante que considerar en la disponibilidad de agua es el incremento de la población y su concentración en zonas urbanas. Según estimaciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO), entre 2012 y 2021 la población del país se incrementará en 21 millones de personas. Además, para 2030, aproximadamente el 75% de la población estará en localidades urbanas. El incremento de la población ocasionará la disminución del agua renovable *per cápita* a nivel nacional.

¿Cómo se usa?

En México los usos del agua se han clasificado en dos grupos: el uso consuntivo, que en términos sencillos se refiere al consumo de agua por parte de los diferentes sectores, y el uso no consuntivo, que involucra el uso de la energía motriz del agua para producir electricidad (hidroeléctricas).

Año con año, la autoridad responsable de la administración del agua en México, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) emite un informe en el que analiza el volumen de agua autorizada por tipos de uso. Aún cuando estos son los datos oficiales, el volumen autorizado en una concesión no representa el volumen real de uso, pero sí permite hacer inferencias y comparaciones entre sectores y usos en el país.

En el último informe de Estadísticas del Agua en México 2016, el volumen total concesionado para usos consuntivos, a 85,664.6 hm³ se distribuyó de la siguiente manera:

Como se observa el uso agrícola el primer lugar con el 68.23% de este volumen, le siguen en importancia el uso público con el 14.52%, el uso industrial con el 7.41, el uso múltiple con 6.50% y los demás usos que no alcanzan el 2%. Adicionalmente, en el mismo año se concesionó un volumen de 180,895 hm³ para la hidroeléctrica (uso no consuntivo).



¿Quiénes consumen más?

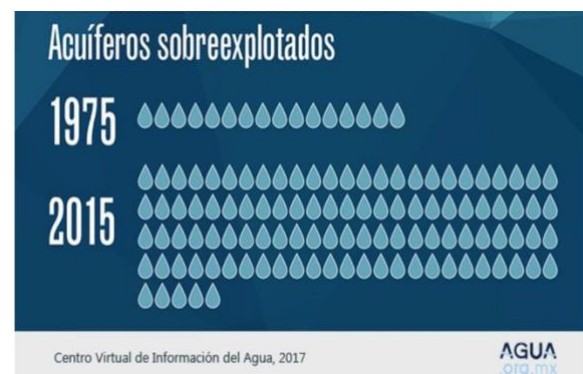
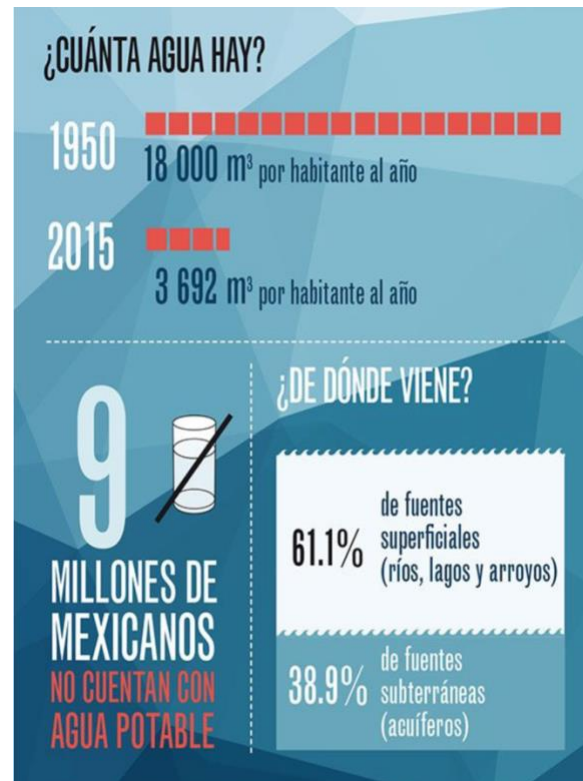
Las actividades agropecuarias consumen la mayor cantidad de agua dulce, tanto en México como en el mundo. En México, la agricultura y la ganadería consumen el 76.3%. En el mundo, estas actividades consumen en promedio un 70%.

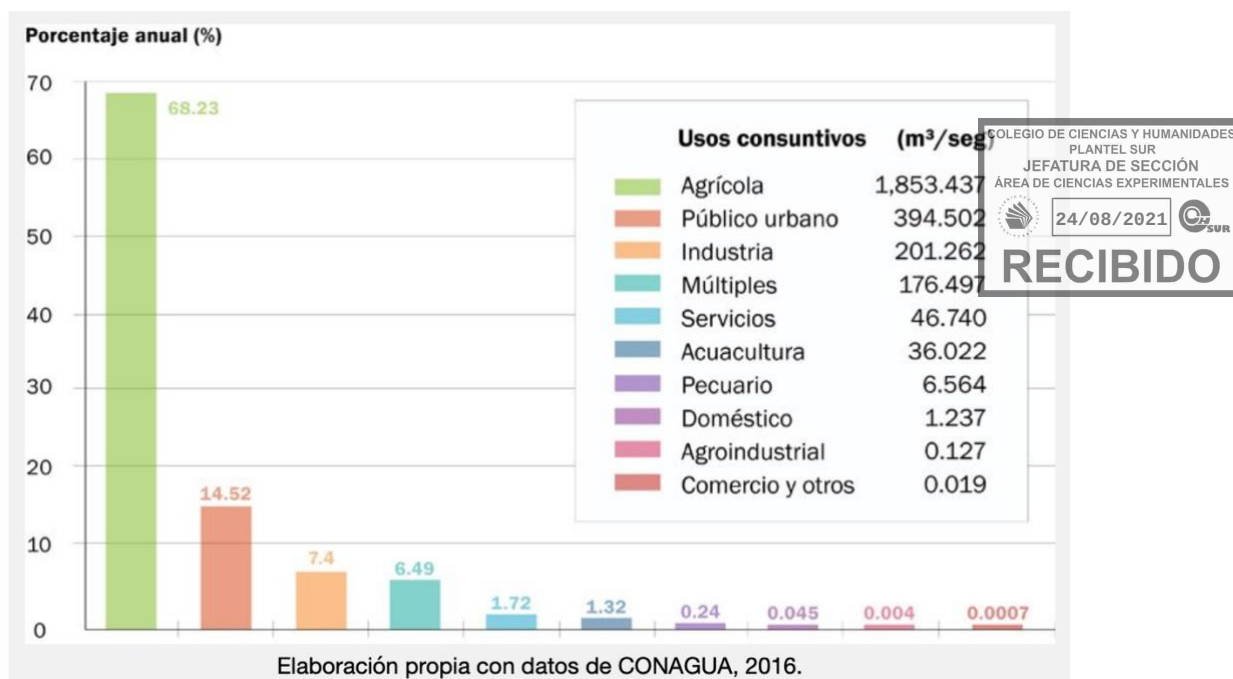
Los siguientes grandes consumidores son la industria y la generación de energía. En México consumen 13% del agua dulce; el promedio mundial es de 22%.

El uso doméstico al final: en México corresponde a 10% del agua dulce y en el mundo a un promedio de 8%.

¿Quiénes desperdician más?

En México, el sector que más agua desperdicia es el que más la consume: el sector agropecuario (agricultura y ganadería). Las estimaciones de la Comisión Nacional de Agua mencionan que 57% del agua que se consume se pierde por evaporación, pero, sobre todo, por infraestructura de riego ineficiente, en mal estado u obsoleta. La superficie irrigada es de 6.3 millones de hectáreas y aporta el 42% de la producción agrícola nacional. Las pérdidas por infiltración y evaporación ascienden a más de 60% del agua almacenada y distribuida para fines agrícolas.





La ciudad mexicana que más agua desperdicia es la más grande del país; la Ciudad De México (CDMX) y su área metropolitana. Como abarca varias poblaciones, lo correcto sería definirla como una cuenca: la cuenca del Valle de México. Aquí el desperdicio lo causan las fugas de la red hidráulica y, según las autoridades de la Comisión Nacional del Agua, alcanza un 38%.⁵

¿Quiénes contaminan más?

La contaminación de los cuerpos de agua es producto de las descargas de aguas residuales sin tratamiento, ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola, pecuario o minero. A finales del año 2010, más de 70% de los cuerpos de agua del país presentaban algún indicio de contaminación (Estadísticas del agua en México, edición 2011). Las cuencas que destacan por sus altos índices de contaminación son del Lerma-Santiago-Pacífico, la del Balsas y, sobre todas, la del Valle de México.

Si bien la industria autoabastecedoras sólo consume 4% del agua total (3.5 km³ anuales), la contaminación que genera en demanda bioquímica de oxígeno es tres veces mayor que la que producen 100 millones de habitantes. En 2009, los giros industriales con mayores descargas contaminantes sumaban un volumen total de 176 m³/s. La actividad con mayor volumen de descarga es la acuacultura, con 68 m³/s (39%), seguida por la industria azucarera 46 m³/s, la petrolera 12 m³/s, los servicios 11 m³/s y la química 7 m³/s (CnA, 2009). La industria azucarera es la que produce la mayor cantidad de materia orgánica contaminante y la petrolera y química las que producen los contaminantes de mayor impacto

⁵ Comisión Nacional del Agua.

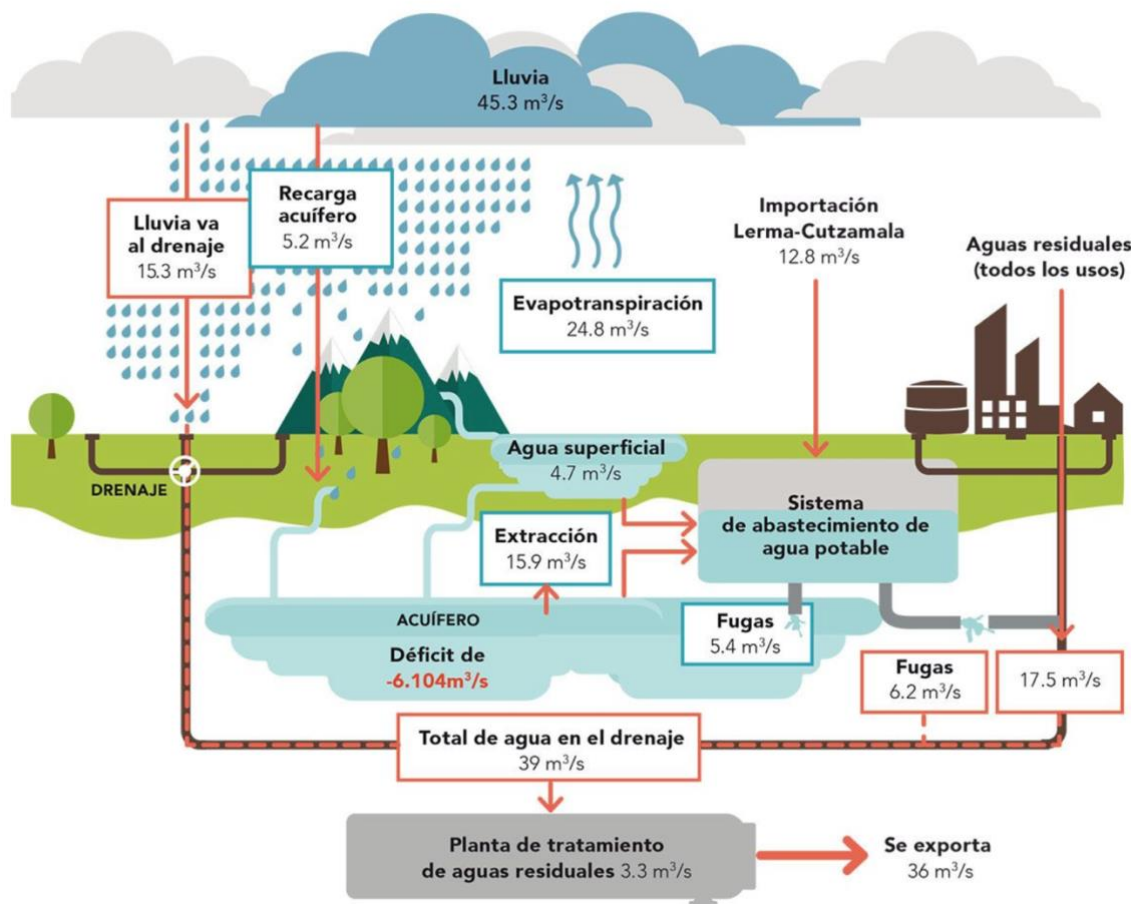
ambiental. El sector industrial compite por el uso del agua con otros sectores productivos, particularmente con la agrícola.

La sobre explotación de los acuíferos ha ocasionado también el deterioro de la calidad del agua, sobre todo por intrusión salina y migración de agua fosfórica (la que, de manera natural, después de siglos, contiene sales y minerales nocivos para la salud humana) inducidas por los efectos del bombeo y por contaminación difusa producida en las ciudades y zonas agrícolas: Por otra parte, el monitoreo de la calidad de los acuíferos es escaso y poco confiable.

Debido a las características propias del ciclo hidrológico, un río puede quedar limpio en un tiempo relativamente corto si la fuente de contaminación se suspende y si no queda atrapada una cantidad de contaminantes en el sedimento; sin embargo, cuando se contamina un acuífero, el problema puede durar decenas de años.⁶



BALANCE HÍDRICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO



⁶ Cotler 2010.

Contaminación del agua

Las concentraciones de sustancias contaminantes en el agua de la Ciudad de México han ido en aumento desde el 2018. Información solicitada a través de sistemas de transparencia revela que, en 16 de 50 criterios de evaluación para medir la calidad del agua, han aumentado los niveles de contaminación durante los últimos tres años, el 32 por ciento del total.



Entre los 16 elementos contaminantes cuya concentración ha crecido están las bacterias coliformes, asociadas a padecimientos gastrointestinales.

Además, especialistas señalan que el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex) no mide químicos tóxicos -como el benceno- asociado al cáncer. También consideran que aunque la calidad del agua es aceptable, representa un problema de salud, pues las concentraciones encontradas puede provocar enfermedades a la ciudadanía.

Elementos en aumento

Reporte por el departamento de salud Pública de la Facultad de Medicina de la UNAM mostraron datos de los Pozos de 2018, 2019 y 2020 de la dirección de apoyo técnico y planeación del Sacmex a través de la solicitud de información hecha en el sistema InfoMexDF. En dicho documento se muestra el primer elemento cuya concentración en el agua ha crecido es el hierro, en el 2018 se registraron 0.402 miligramos por litro (mg/l), cifra que aumentó a 2,200 mg/l en el 2020.

Según el documento consultado, los niveles referidos rebasan la norma oficial mexicana NOM-127-SSA-1-1994 que establece la cantidad máxima de contaminantes en el agua y estipula que el hierro no debe ser mayor a 0.3 mg/l.

Sólidos totales en 2018 reportaron 550.309 miligramos en cada litro de agua de los pozos capitalinos, el índice creció a mil 029 en el 2020. En este caso la NOM mencionada no señala un máximo. Después sigue el nitrógeno amoniacal, la concentración en 2018 era de 0.807 mg/l y para este año se incrementó a 5.177: Lo que supera por mucho el parámetro de la norma que señala que el límite debe ser de 0.5 mg/l.

El manganeso pasó de 0.134 mg/l en 2018 a 2.200 en 2020, a pesar de que la norma indica que no debe rebasar los 0.15 mg/l. Sigue el potasio, cuya concentración máxima no se detalla en la norma, pero también creció su presencia en el agua. En 2018 se contaron 11.914 mg/l y en 2020, 19.112.

Mientras que el sodio aumentó de 100.900 mg/l en 2018 a 266.161 en el 2020, lo que supera el parámetro de 200 mg/l. Por otra parte, el magnesio creció de 26.900 a 32.651 en el lapso mencionado, para este elemento está definido un máximo en la regulación.

Por otra parte, el magnesio creció de 26.904 a 32.651 en el lapso mencionado, para este elemento tampoco está definido un máximo en la regulación. El calcio se reportó en una concentración de 34.072 mg/l en el 2018 y en el 2020 se situó en 43.041. Sin embargo, para este caso tampoco existe un parámetro que defina las concentraciones límite.



Mientras que las bacterias coliformes totales en el 2018 tenían una concentración en el agua de la ciudad de 8.503 mg/l, que en 2020 se incrementó a 23.046. La norma señala que el índice máximo es de 0.

La turbiedad pasó de 9.697 unidades de turbiedad (UNT) en 2018 a 12.283 en 2020; también se supera el parámetro de la norma que afirma que no se deben rebasar las cinco UNT.

La cantidad de sólidos totales es otro criterio que también se incrementó de 696.966 en 2018 a mil 52 en 2020. Este otro elemento para el que la regulación no prevé un límite. También están los sólidos disueltos totales que de 775 en 2018, pasaron a mil 184 en 2020 aún cuando estipula que la máxima acumulación debe ser de mil.

Parámetros preocupantes de la contaminación del agua

La concentración de los contaminantes del agua mencionados hace que su calidad sea aceptable; sin embargo, los niveles de bacterias coliformes, sólidos totales y de turbiedad tienen niveles que pueden afectar la salud de las personas, menciona Guadalupe soto, especialista del Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina de la universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Señala que el Sacmex debe trabajar en mejorar los niveles de coliformes porque su concentración en el agua debe ser nula para evitar afecciones a la población. "Es importante que no tengan presencia y se debe revisar que exista el nivel de cloro adecuado para eliminarlos". Por otra parte, se considera que el sistema de aguas local debe evaluar contaminantes como el benceno, etil benceno y tolueno, que no aparecen en el reporte y que en concentraciones altas provocan cáncer.

¿Qué es la Lluvia Ácida?

"El concepto de lluvia ácida se refiere principalmente al pH de la lluvia. El pH es medida que va a indicar qué tan ácida o alcalina es una solución: El fenómeno de lluvia teóricamente tendrá un pH de siete, pero no es así ya que en la atmósfera hay otros gases aparte del oxígeno y nitrógeno, como el bióxido de carbono, los que provocan un amortiguamiento que puede dar un valor de 5.6.

El viento puede provocar que estos corrosivos elementos recorran miles de kilómetros desde el lugar que se originaron, y además de caer con lluvia, también

pueden hacerlo con rocío, granizo, nieve o niebla, e incluso en forma de gases y partículas ácidas.

El problema ya se conoce desde hace décadas. El primero en darlo a conocer fue el químico británico Robert Angus Smith en 1982; si bien pasó más de un siglo para que se reconociera su incidencia a nivel mundial.



Los informes de calidad del aire de la Secretaría del Medio Ambiente revelan que la lluvia ácida se registra con mayor frecuencia en la zona suroeste de la CDMX. Esto afecta las áreas boscosas, principalmente las que son parte del suelo de conservación, pero el territorio urbano también se ve afectado.

Peligro en ecosistemas y ciudades

El agua se puede ver afectada por el aumento de la acidez en los ríos y lagos, provocando perturbaciones importantes en el medio. Algunos organismos consiguen adaptarse a las nuevas condiciones para sobrevivir, pero otros no, ya que el aumento de la acidez y los niveles de aluminio pueden ser mortales para la vida acuática silvestre. Dentro del ciclo hidrológico este fenómeno penetra las reservas de agua subterráneas aumentando los niveles tóxicos. Actualmente más de 18 mil lagos están acidificados lo que ha provocado daños a los ecosistemas

El suelo también aumenta su acidez causando cambios en su composición y ocasionando la lixiviación de nutrientes para las plantas e infiltrando metales tóxicos, tales como el cadmio, níquel, magnesio, plomo, mercurio; y provocando la intoxicación de las especies. Algunas de las consecuencias se pueden percibir en la afectación que ocurre en los bosques, debido a que el agua que cae al suelo puede disolver los minerales y nutrientes que los árboles necesitan para mantenerse sanos.

En México se han realizado estudios para evaluar el efecto de la lluvia ácida en los ecosistemas, particularmente en los bosques que rodean a la zona metropolitana, registrándose valores entre 5.11 y 6.74 en la lluvia. Las zonas que se han percibido más afectadas son la Sierra del Ajusco, el Desierto de los Leones, Tlalpan y Xochimilco. En el estado de México también existen registros de valores ácidos en la lluvia. Esta acidez está relacionada con diferentes tipos de daños a la vegetación.

La lluvia ácida también ha dañado algunos edificios y monumentos históricos. Algunas de las construcciones que se hicieron con piedra caliza o mármol reacciona y se transforma en yeso (que disuelve con el agua con mucha facilidad), por lo que deben ser continuamente restaurados. Los principales daños documentados en México son en la zona arqueológica de el Tajín, en Veracruz, registrando valores de pH menores a 5.72 en la lluvia.

Siguiendo los pasos de la lluvia ácida

A partir de 1987 se efectuaron las primeras investigaciones sobre la presencia y efectos de la acidez. El monitoreo se consolidó en 2001 con la Red de Depósito Atmosférico (Redda), formada por 26 estaciones de monitoreo, y operada por el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (Simat), que por un convenio tiene apoyo del Laboratorio Certificado de Cromatografía de la UNAM encargados de recibir todas las muestras de depósito atmosférico de la Ciudad de México para ser analizadas.



El Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM es una de las principales instituciones a nivel nacional en el estudio de contaminación atmosférica en nuestro país. Con lo que se ha contribuido a la investigación del comportamiento de la calidad del aire a través de las concentraciones de gases como el ozono, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, y partículas presentes en la atmósfera, utilizando equipo de monitoreo que tiene diferentes técnicas y recolectando materiales que después es analizado en el laboratorio para así obtener la composición química de las partículas.

Los estudios que se realizan para el estudio de la lluvia ácida requieren un amplio protocolo en el que las muestras son sometidas a diferentes parámetros y técnicas de análisis. Entre los principales parámetros se encuentran los de volumen, pH, conductancia específica, acidez, alcalinidad, aniones y cationes. Los parámetros son medidos con técnicas volumétricas, electrométricas, potenciometría, titulación y cromatografía de líquidos iónicas.

El agua en la Ciudad de México

En México, siete de cada diez habitantes viven en la ciudad. Las proyecciones demográficas para los siguientes 25 años indican que continuará un incremento sostenido de las zonas urbanas y con ello el riesgo de mayores problemas de acceso y abastecimiento de agua, situación que ya afecta a 38 urbes del país, entre ellas la CDMX. La ciudad de México, con una extensión territorial de 1 504 km² -tan solo 0.1% de la superficie total del país-, es una de las ciudades más sobrepobladas del mundo. Actualmente cuenta con poco más de 8.72 millones de habitantes, lo que acarrea una gran demanda de agua y por ello 67% de la disponibilidad total se destina al uso doméstico.

En la CDMX la problemática en torno a este recurso radica en el deterioro de la calidad y su disponibilidad, así como en la deficiencia en la distribución y los servicios de drenaje. El conflicto de la distribución aumenta día a día debido principalmente a la inequidad en el reparto entre las alcaldías políticas de la ciudad y entre los diferentes grupos sociales que conforman la entidad. (FIg. 1)

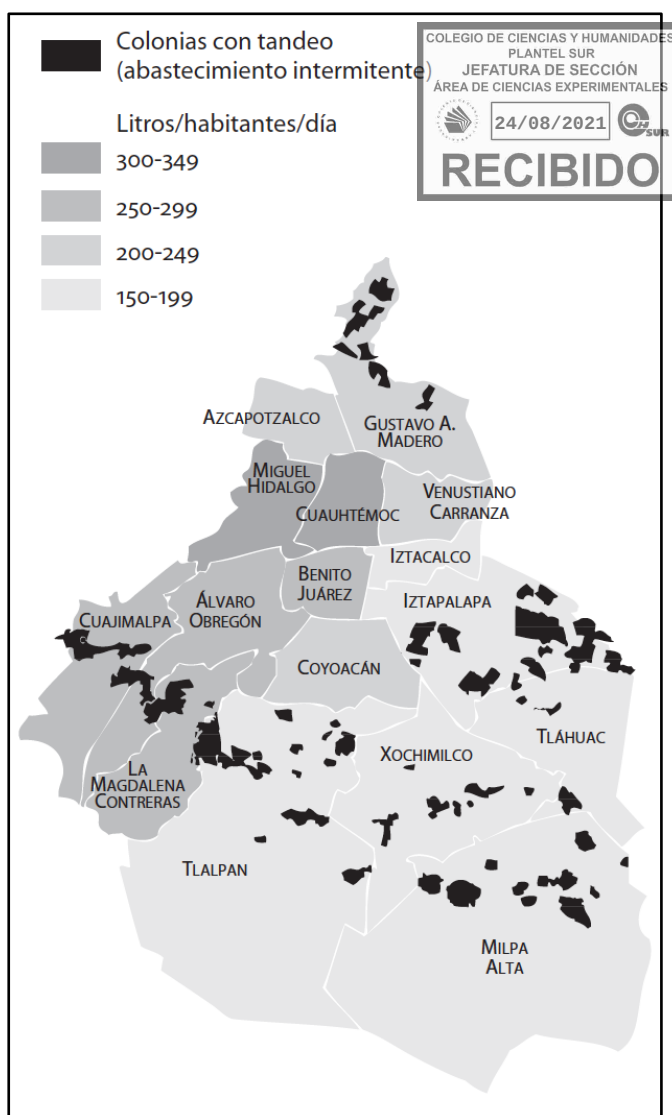


Fig. 1 Distribución de la dotación de agua en las alcaldías políticas de la CDMX.

El agua que se utiliza en la CDMX proviene de tres fuentes: 71% de aguas subterráneas, 26.5% del Río Lerma y Cutzamala y 2,5% del Río Magdalena, de esta forma la principal fuente de abastecimiento la constituyen los mantos acuíferos. El déficit hidráulico ha inducido a la sobreexplotación de los acuíferos, lo cual es resultado de un mayor volumen de extracción de agua del subsuelo con respecto de la cantidad que se infiltra. Anualmente el acuífero se recarga con cerca de 700 millones de metros cúbicos, pero son extraídos 1 300 millones, es decir por cada litro de agua de recarga se extrae casi el doble. Los procesos de deforestación, la expansión urbana hacia sitios de recarga de acuíferos y la canalización de las aguas pluviales al drenaje indican que este equilibrio se

profundizará. Además, las expectativas de una explotación más racional y de recarga del acuífero resultan todavía inciertas.



Disponibilidad de agua en la Zona Metropolitana Ciudad de México

Localización

La Cuenca es una cuenca endorreica de carácter lacustre, donde la corteza ha sufrido grandes esfuerzos, produciendo un intenso fracturamiento. Está circundada por montañas y cubierta en diferentes puntos por áreas lacustres producto de lagos que existieron al final de la época glacial. Al cerrarse la cuenca en el Cuaternario Superior, las aguas pluviales quedaron encajonadas, formando un conjunto de lagos someros. Podrían mencionarse hacia el centro Lago de México, al este el de Texcoco, al sur los de Xochimilco y Chalco, que formaban un solo y al norte el de Zumpango.

El fondo de la Cuenca es una planicie lacustre de 1,431 km², a una altitud que varía entre 2,230 y 2,240 msnm, y se mantiene seca artificialmente. El parteaguas de la cuenca se extiende por las zonas montañosas circundantes, la que frecuentemente se eleva por encima de los 3,00 msnm.

El acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México se encuentra ubicada en el sur poniente de la Cuenca del Valle de México, ocupa el 17% de la superficie de la cuenca endorreica. La Ciudad de México y su área conurbada depende fundamentalmente del abastecimiento de agua potable y del suministro del acuífero.

La ciudad y el acuífero están separados, en su mayor parte por un acuitardo arcilloso, el espesor del acuitardo es de alrededor de 50 metros, el acuífero alcanza profundidades mayores a 800 metros, y en él se entrecruzan pozos con profundidades que oscilan entre 100 y 400 m.

Municipios

Dentro del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México se consideran 13 alcaldías y siete Municipios del Estado de México los cuales se mencionan a continuación:

CDMX	ALCALDÍA	EDOMEX	MUNICIPIO
	Álvaro Obregón		Atizapán de Zaragoza
	Azcapotzalco		Huixquilucan

	Benito Juárez		Jilotzingo
	Coyoacán		Lerma
	Cuajimalpa de Morelos		Naucalpan de Juárez
	Cuauhtémoc		Tlalnepantla de Baz
	Gustavo A. Madero		Xonacatlan
	Iztacalco		
	La Magdalena Contreras		
	Miguel Hidalgo		
	Tlalpan		
	Venustiano Carranza		
	Xochimilco		



El índice de población más elevado se localiza en las alcaldías Gustavo A. Madero y en el Estado de México se encuentra en el Municipio de Naucalpan de Juárez.

¿De donde viene el agua potable que se usa en la CDMX?

La Zona Metropolitana del Valle de México (MVM) una de la urbes más grandes del planeta, con 21.01 millones de habitantes, de acuerdo con datos de 2014 del Instituto Nacional de estadística y Geografía (INEGI) recibe tres fuentes principales: alrededor de 70% se obtiene de pozos de extracción subterránea, que se calcula son entre 400 y 600 en las distintas alcaldías, y el resto se obtiene principalmente del Sistema Lerma (administrado por el gobierno de la CDMX), Cuencas Externas y del Sistema Cutzamala (administrado por la CONAGUA).

El sistema Lerma-Cutzamala es una de las obras de ingeniería hidráulica más complejas que se han realizado en el mundo, puesto que su infraestructura inicia en Michoacán y luego pasa por el Estado de México para, finalmente, llegar a la CDMX, gracias al trabajo de seis plantas de bombeo (las más grandes de América

Latina, según datos del gobierno federal) y de una potabilización, que se localizan en sus más de 330 kilómetros de canales abiertos, túneles y acueductos.

Esta red se alimenta con agua de lluvia de siete presas y cada segundo se bombea con destino a la ZMVM 16 m³ de líquido, que equivalen a 16 tinacos de mil litros, teniendo un alto costo económico, social y ambiental. Al tener su origen a unos 150 kilómetros de la ZMVM, cada año se deben destinar más de 3,000 millones de pesos para su operación debido a los costos de bombeo y distribución de líquido.



Además, debido a la necesidad de bombear el agua a más de 1,000 metros de altura, el sistema consume 2,280 millones de kilowatts cada hora, el equivalente a la energía que gasta una ciudad como Toluca, en el estado de México, donde habitan unos dos millones de personas.

Por si fuera poco, 40% del agua que corre por las tuberías del Lerma-Cutzamala se pierde debido a fugas en el sistema, el cual solo cubre a unos, puesto que los habitantes de las poblaciones aledañas sufren escasez de agua.

Cuencas externas

Ya se ha mencionado que el abastecimiento de agua para la CDMX depende cada vez más de cuencas externas, en virtud de la insuficiencia de las aguas superficiales y de los riesgos que implica explotar progresivamente el acuífero.

Desde principios de la década de los cincuenta se inició la importación de agua proveniente del río Lerma, que inicialmente proveyó de 4 m³/s a la ciudad, gracias a una obra que fue monumental en su momento.

En virtud de que este proyecto ocasionó serios problemas ecológicos, sociales, económicos y políticos, a inicios de la década de los setenta, cuando proporcionó 13.7 m³/s, se iniciaron estudios de otras cuencas cercanas a efecto de complementar el abasto a la ciudad, que seguía demandando cantidades de agua cada vez mayores. Se seleccionó la cuenca del río Cutzamala, ubicada 126 km al poniente de la urbe.

El sistema Cutzamala se proyectó para operar en varias etapas con la siguiente capacidad:

Primera etapa: Inició su operación en 1982, aportando 4 m³/s provenientes de la presa Villa Victoria.

Segunda etapa: Comenzó a funcionar en 1985 con una capacidad de 6 m³/s de la presa de Valle de Bravo.

Tercera etapa: Está proyectada para operar a una capacidad de 9 m³/s, actualmente proporciona cerca de 5 m³/s.

En el presente se obtienen de este sistema en su conjunto cerca de 15 m³/s, lo que representa casi una cuarta parte del abasto total de la ciudad.

La capacidad del sistema Cutzamala, una vez llegue a su etapa final, proporcionando 19 m³/s (30% del abasto actual de la ciudad), aunque en los últimos años la población de Temascaltepec, desde donde se canalizará el agua, se ha opuesto al proyecto de manera radical. Argumenta, y con razón, que la desviación de sus recursos naturales en beneficio de la ciudad más grande del país no sólo tendría efectos adversos en el medio ambiente local, sino en sus actividades económicas, su cultura y su vida cotidiana.



Frente a los conflictos que ha generado la continuación del proyecto Cutzamala, las autoridades que administran el agua en la CDMX se han propuesto optimizar el manejo del líquido mediante la eliminación de las fugas, reutilización de las aguas, nuevas formas de construcción, como la utilización de inodoros con seis litros de capacidad, en lugar de los 16 litros que se usaban antes de 1989, entre otras medidas.

Actualmente se estima que el subsidio que se otorga a los consumidores representa entre 66% Y 90% del costo real del abastecimiento de agua. Una medida que ayudaría a racionalizar la demanda consistiría precisamente en cobrar precios que reflejan el costo real; sin embargo, ante el cada vez mayor deterioro del poder de compra de la población capitalina, difícilmente se podrá lograr este objetivo en el corto plazo. La evolución de la disponibilidad per cápita ha variado en el tiempo. Se estima que en la época prehispánica el consumo era elevado, dadas las costumbres de la época que incluían el baño diario, el frecuente lavado de ropa, así como la limpieza de los bienes inmuebles. No obstante, carecemos de estimaciones precisas acerca del consumo per cápita.

Las cifras disponibles se refieren principalmente al siglo XX. Por ejemplo, para el año 1900, con base en las cifras de población y de abasto, calculamos un abasto promedio de 122 litros por habitante al día. Para 1927 se dispone de información que indica que el abasto promedio ascendía a 216 litros por habitante al día. En 1937 era de 430 litros por habitante al día. En 1951, con la puesta en operación del sistema Lerma, se proveyó a la población de 340 litros por habitante al día, y en 1952 de 327. El abasto diario promedio per cápita en 1964 era de 330 litros y en 1975 el agua disponible sumaba 32 m³/s para una población estimada en 11 millones de habitantes, lo que arrojaría un abasto per cápita diario promedio de 282 litros, cifra bastante inferior a la registrada en las últimas décadas.

Para 1994 se estimaba en 337, para 1997 en 324, y en la actualidad, considerando una población aproximada de 18 millones de habitantes, con un abasto de 63 m³/s, podemos calcular una disponibilidad promedio de alrededor de 300 litros por habitante al día. En 2020, el consumo promedio de agua por persona es de 380 litros de agua al día.

La Organización Mundial de la Salud recomienda un abasto diario de 150 litros por habitante para las ciudades de los países desarrollados: en Tokio, Nueva York y París no se sobrepasan los 200 litros.

El Banco Mundial establece un mínimo de 50 litros disponibles por habitante al día para evitar problemas de salud.

En la CDMX se estima que una dotación confort, entendida como la cantidad mínima de agua que requiere un ser humano para satisfacer principalmente sus necesidades de alimentación y de higiene es de 196 litros diarios por habitante, aunque tradicionalmente se ha considerado para las estimaciones de la demanda un total de 351 litros por habitante al día. Este diferencial radica en que la segunda cantidad incluye el abasto a los sectores industrial, comercial y municipal.



La diversidad de las cifras puede reflejar los distintos patrones de uso del agua a lo largo del tiempo y la desigual distribución del recurso, pero tal discrepancia también puede estar afectada por una posible inexactitud de los datos, tanto de población como de oferta de agua. Sería encomiable que a principios de siglo el agua fuera mejor aprovechada y que se racionalizara su consumo, o bien, que su distribución desigual entre la población no se refleja en las cifras promedio.

Esta última dificultad persiste, ya que el agua en la CDMX escasea en temporadas de estiaje, principalmente en las zonas menos privilegiadas económicamente. La expansión de la ciudad sobre diferentes unidades político-administrativas dificulta también la generación de información confiable para la zona metropolitana en su conjunto.⁷

Descenso del nivel de agua en el acuífero y hundimiento del terreno

En sus orígenes, en el siglo XIV, la ciudad de Tenochtitlan utilizaba un elaborado sistema de acueductos para llevar agua de manantial desde la parte más alta de la porción sur de la cuenca de México hasta la ciudad situada en tierra y ganada al lago salino de Texcoco. Tras vencer a los aztecas en 1521, los españoles construyeron estos acueductos y continuaron utilizando agua de manantial hasta mediados del siglo XIX. El descubrimiento en 1846 de agua potable subterránea proveniente de los pozos artesianos, provocó un furor por la perforación de pozos (Orozco y Berra, 1864). hacia estos años, la extracción creciente de agua de pozo, combinada con los métodos artificiales de drenado del valle, provocó que muchos manantiales naturales se secaran, que los lagos menguaran y que el agua del subsuelo perdiera presión, con la subsecuente consolidación de la formación de arcillas lacustres sobre las que se asienta la ciudad. El consecuente hundimiento del terreno ha constituido un serio problema para la CDMX desde principios del siglo XX. En 1993, ya se había demostrado que dicho hundimiento estaba asociado a la extracción de agua subterránea, por lo que muchos pozos del área urbana fueron clausurados.

Uno de los primeros signos de disminución en el nivel del agua subterránea fue el desecamiento de los manantiales naturales en los años treinta, hecho que

⁷ Comisión Nacional del Agua 2016.

coincidió con la explotación intensiva del acuífero principal por medio de pozos profundos. (de 100 a 200 metros de profundidad). Desde entonces, el promedio anual de descenso del agua subterránea se ve de 0.1 a 1.5 metros **por año en las diferentes zonas de la Ciudad de México.** Con el creciente bombeo **efectuado en el período que va de 1948 a 1953,** el hundimiento había llegado **a los 46 centímetros por año en algunas áreas.** De acuerdo con la Gerencia de Aguas del Valle de México, el hundimiento neto en los últimos años ha hecho descender el nivel del suelo de la CDMX un promedio de 7.5 metros. El resultado ha sido un daño extensivo a la infraestructura de la ciudad, que abarca los cimientos de los edificios y el sistema de alcantarillado.



Fugas

El principal problema que enfrenta el abastecimiento de agua en la CDMX son las fugas, cuyo monto se acerca a 40% de la oferta, y principalmente son ocasionados por fracturas y antigüedad de las redes de distribución.

Este porcentaje, que resulta excesivo dada la problemática del abasto de agua en la CDMX, no es privativo de ella. En otras ciudades latinoamericanas las fugas se estiman entre 40% y 70%. Incluso en países desarrollados este porcentaje supera 50%, como ocurre en Londres, Los Ángeles y Nueva York. En otras ciudades de México las fugas alcanzan proporciones que varían de 30 a 50 por ciento.

En la parte de la CDMX se realizó recientemente un estudio de detección de fugas en el sistema de distribución de agua potable, encontrándose que 22% de la pérdida deriva de desperfectos en las tomas domiciliarias y 17% de fallas en la red de distribución. Las causas principales de estas fugas son los hundimientos del terreno y los movimientos sísmicos. A efecto de solucionar este problema se propuso cambiar las tomas domiciliarias para así recuperar 5 m³/s de un total de 23 que se pierden en fugas.

Entre 1998 y 1999 se logró detectar y eliminar múltiples fugas en el sistema de distribución y en las tomas domiciliarias, lo que permitió la recuperación de 900 l/s, volumen aún muy modesto respecto al total de la problemática actual.

¿Qué se hace con el agua una vez que se ha usado?

Ante la evidencia del inadecuado manejo del recurso en la Ciudad de México y su dependencia de las importaciones de otras cuencas, desde 1956 se comenzó a tratar el agua residual, principalmente con el fin de utilizarla en actividades industriales, en el riego de áreas verdes y deportivas, el llenado de lagos recreativos y el lavado de vehículos.

En la ciudad de México se genera un caudal de aguas negras del orden de los 45m³/s, de los cuales la CDMX produce 25m³/s y 17 municipios conurbados del Estado de México aportan 20 m³/s.

La primera planta se instaló en Chapultepec y el agua tratada se destina principalmente a llenar los lagos recreativos y al riego de áreas verdes. En la actualidad se disponen de 27 plantas de tratamiento, 819 km de red de distribución, 22 plantas de bombeo y 18 tanques de almacenamiento. La capacidad instalada es de 6.3 m³/s, es decir alrededor de 10% del consumo de la ciudad, aunque cabe advertir que las plantas a menudo trabajan a una capacidad muy inferior. La cantidad de agua sometida al proceso es de 4.3 m³/s, que representa menos del 10% del flujo de aguas municipales de desecho en época de estiaje, estimado en 44.4 m³/s.



En la CDMX, la mayor parte del caudal de aguas residuales se genera en las alcaldías más consolidadas, ubicadas en el centro de la ciudad, y en las delegaciones periféricas de Iztapalapa y Gustavo A. Madero por su elevado número de habitantes.

Las cuatro salidas del Valle de México finalmente conducen las aguas residuales de la zona metropolitana hacia el río Tula, en donde son captadas para riego sin tratamiento previo, salvo el que pueden alcanzar a lo largo de su recorrido en cauces y en conductos cerrados. El mayor número de usuarios se encuentran en los distritos de Riego 03 y 100, que se alimentan con aguas del río Tula, donde se reciben las aguas residuales de la zona metropolitana de la ciudad de México y aguas de los ríos Tepeji, Tula y Rosas. También hay extracciones de aguas residuales del Gran Canal del Desagüe, usadas para riego desde Chiconautla, en el Valle de México, hasta los túneles de descarga. Además, el Emisor Poniente deriva un caudal de 5 m³/s hacia Zumpango.

En los distritos de riego 3 y 100, localizados en el estado de Hidalgo, los cultivos predominantes son maíz, alfalfa, praderas, cebada, chile y jitomate. La superficie con riego es de 43,972 y 24,972 ha y los volúmenes que se utilizan son de 908.5 y 304.4 millones de metros cúbicos al año, respectivamente. Además, se continúa ampliando la infraestructura ante la expectativa de incremento de las aportaciones de aguas residuales; ejemplo de ello es el Canal Ajacuba.

Es importante señalar que las aguas residuales generadas por la zona metropolitana de la ciudad de México no solamente benefician a los distritos de riego hidalguense, sino también a un distrito de riego mexiquense y a una serie de entidades de riego localizadas en territorio del Estado de México. De hecho, el Distrito de riego 088 Chiconautla fue creado en 1962 a partir de un convenio firmado entre la Ciudad de México y los agricultores de la zona. La CDMX construyó un nuevo sistema de captación (conocido como Sistema Chiconautla) para incrementar el abastecimiento de agua en la capital. Desde la perspectiva de las autoridades de la CDMX, para garantizar el buen funcionamiento de este sistema tenían que convencer a los agricultores de la zona de que dejaran de operar sus pozos de riego. Este convenio plantea darles aguas residuales del Gran Canal del Desagüe a cambio de que suspendieran la actividad de sus pozos.⁸

⁸ Día mundial del Agua

Agua Virtual y Huella Hídrica

La mayor parte de nuestro consumo de agua es indirecto. Mucha del agua que se ocupa se encuentra en productos y servicios que utilizamos a diario, pero tanto no la vemos, a diferencia del agua que se usa en las actividades domésticas como el lavado de manos, de dientes, ropa, limpieza de las casas o riegos del jardín. El concepto de agua virtual (AV) se refiere al volumen total de agua utilizada directa o indirectamente para la elaboración de un producto.⁹ Esto incluye el agua utilizada en el cultivo, crecimiento, procesamiento, fabricación, transporte y venta de productos. Para cada producto, se puede calcular el agua utilizada desde su elaboración y se llama agua virtual porque no se encuentra en el producto final.¹⁰ Por otro lado, la huella hídrica (HH) es un indicador de toda el agua que utilizamos en la vida diaria, como la elaboración de alimentos, procesos industriales, generación de energía, etc. e incluye toda el agua que se ensucia y contamina a través de estos procesos. Este indicador permite conocer la cantidad de agua que utiliza un individuo, un grupo de personas o una nación.¹¹

Los patrones de consumo de agua han ido cambiando a lo largo del tiempo, conforme las sociedades se desarrollan y requieren de más recursos como el agua.

También se necesita agua para producir bienes y servicios, el agua utilizada para producir productos agrícolas e industriales se denomina agua virtual; se llama así porque no está presente en los productos finales, sin embargo, es muy necesaria para su producción. Cada objeto que nos rodea necesita miles de litros de agua para ser producido, pero como el agua virtual no la podemos ver, no somos muy conscientes de ello.

Agua Virtual

Hallan, en 1998 definió el Agua Virtual (AV) como el volumen de agua requerido para producir un bien o servicio; es decir, el agua "contenida" en un producto, esto se refiere a no sólo la cantidad de agua contenida en el producto, sino la cantidad de agua que ha sido necesario utilizar para generar dicho producto.¹²

El concepto de Agua Virtual puede verse desde dos puntos de vista: por un lado, el AV proporciona información del agua que se requiere para la elaboración de un producto, ya sea agrícola, industrial y también de bienes y servicios. Así se puede hablar de la cantidad de agua (en metros cúbicos) que hay que utilizar para producir un kilo de carne de vaca, un kilo de maíz, una playera, etc. Y por otro lado, desde el punto de vista comercial, nos da información sobre el flujo de Agua Virtual entre países, podemos conocer el agua virtual importada y exportada a través del agua "contenida" en los productos comercializados.

Así es como tenemos un punto de vista de producción y otro de consumo. Esto es importante porque, por ejemplo, desde el punto de vista del consumidor, se

⁹ Vázquez del Mercado Arribas & Buenfil Rodríguez, 2012

¹⁰ Comisión Nacional del Agua

¹¹ Tolón, *et al*, 2013

¹² Allan, 1998

cuantifica el agua virtual como la cantidad de agua que se hubiera utilizado para elaborar el producto en el lugar donde se necesita y se puede responder la interrogante de cuánta agua se ahorra un país al importar ciertos productos en lugar de producirlos.

Se considera que el agua virtual es acumulativa, ya que el agua consumida por productos primarios debe añadirse al agua consumida por productos secundarios en los que se usan los primarios para su producción. Por ejemplo, producir un kilo de trigo requiere 1000 litros de agua, mientras que producir un kilo de carne requiere 15 veces más, porque se suma el agua necesaria para cultivar y producir el alimento que consume el animal.¹³

El flujo de agua en México depende más de las importaciones, sus aportaciones de Agua Virtual son positivas ya que importa grandes volúmenes a través de productos agropecuarios, que proviene principalmente de EUA. (Figura 2)

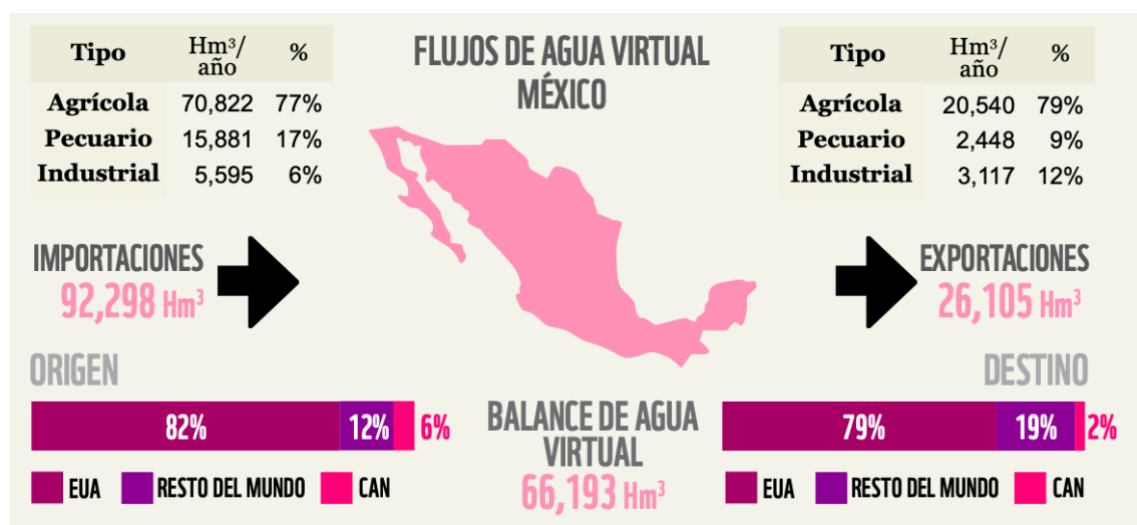


Figura 2. Flujo y balance de agua virtual en México Tomado de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2013/02/Libro-Huella-hidrica-en-Mexico.pdf>

Huella Hídrica

La Huella Hídrica (HH) es un indicador medio ambiental que define el volumen total de agua dulce utilizado para producir los bienes y servicios que utilizamos; este indicador ayuda a evaluar el impacto de los recursos hídricos sobre los bienes, servicios durante toda su cadena de producción, incluyendo en el cálculo las materias primas, y se establece sumando las necesidades de uso y consumo de agua de cada etapa de producción desde el origen hasta el consumidor final.

El concepto de huella hídrica fue propuesto por Arjen Hoekstra en 2003. La huella hídrica se mide en unidades de volumen (litros o metros cúbicos) por unidad de producto fabricado o servicio consumido.

¹³ Parada-Puig, 2012.

El concepto de la huella hídrica está muy relacionado al del agua virtual, ya que la HH es un concepto que se refiere al agua utilizada en la creación de un producto, por lo cual, podemos hablar del “contenido de agua virtual” de un producto, en lugar de su huella hídrica. La huella hídrica no sólo se refiere al volumen contenido de agua de cada producto, sino a un indicador multidimensional que hace explícito el lugar de origen, la fuente (color del agua) y el momento en que el agua es utilizada y regresada (al lugar de origen o bien a otro lugar).



Componentes de la huella hídrica:

La HH considera únicamente el agua dulce y se conforma de 4 componentes básicos:

- Volumen
- Color/clasificación del agua
- Lugar de origen de extracción del agua
- Momento de extracción del agua

El color del agua va de acuerdo con el lugar de donde proviene y se clasifica en 3 tipos o colores: azul, verde y gris.

El agua azul se refiere al agua superficial de los ríos, lagos y agua subterránea como la de los mantos acuíferos y es importante recalcar que, si el agua que se utiliza regresa intacta al mismo lugar del que se tomó dentro de un tiempo breve, no se toma en cuenta como HH y que para los productos agrícolas se asocia con la necesidad de regadío de los cultivos.

El agua verde es el agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad, evapotranspirada o asimilada por plantas de cultivo. Esta agua del suelo es la que permite la existencia de la vegetación natural (bosques, praderas, matorral, tundra, etc.).¹⁴

El agua gris está relacionada con la calidad del agua y la contaminación de esta en algún proceso y no es un indicador del agua contaminada como tal, sino la cantidad de agua dulce que se necesita para asimilar la carga de contaminantes.

¿Cómo se calcula la Huella Hídrica?

La Huella Hídrica se puede calcular para un producto, una persona o un país. La suma del agua azul, el agua verde y el agua gris que requiere un producto o servicio dentro de todo el proceso de elaboración será su huella hídrica.

La HH puede calcularse, para una persona o para una nación, de modo que la HH de una persona se obtienen de sumar la HH de todos los productos bienes y servicios que consume y utiliza; la HH de un país puede ser de producción, consumo y externa. La HH de producción de un país se obtiene de sumar el agua verde, azul y gris en todos sus procesos productivos agropecuario, así como el agua azul y gris de los industriales y domésticos. La HH de consumo es lo que produce el país para consumir y lo que importa para consumo. Y por último la

¹⁴ Llamas-Madurga, 2005

HH externa es la proporción del consumo de un país que fue producido en otro país. Por último, están las transferencias de agua virtual, que es el contenido de agua virtual transferido a otros países mediante el comercio de productos.

Ejemplo:

El contenido de agua virtual de una playera de algodón es la suma del agua que se utiliza en el cultivo de la planta de algodón y toda el agua que se necesita para el procesamiento industrial de la semilla de algodón de donde se obtiene la tela. Entonces, para obtener 1 kilo de tela de algodón, se requieren 10,800 litros de agua. De esta cantidad, el 45% es el agua para riego consumida por la planta de algodón, 41% es agua de lluvia que se evapora en el campo de cultivo durante el periodo de crecimiento de la planta (agua verde), el 14 % es el agua necesaria para diluir el agua residual que resulta del uso de fertilizantes en el campo y de sustancias químicas en la industria textil (agua gris), por ejemplo, el agua que se utiliza para el blanqueamiento de la tela donde se requieren 30 mil litros de agua por tonelada de algodón, a esto se le suma 140 mil litros por tonelada para el teñido de la tela. Con la suma de toda esta agua, una playera de algodón con un peso aproximado de 250 gramos tiene una huella hídrica de 2, 700 litros.¹⁵

Otros ejemplos:

Para la producción de una manzana de aproximadamente 70 g, se necesitan 70 litros.

1 rebanada de pan (30 g): 40 litros

1 huevo (40 g): 135 litros

1 hamburguesa (150 g): 2 mil 400 litros

1 hoja de papel A4 (80g/m²): 10 litros

La Huella Hídrica en México

México es un importador neto de agua virtual, en el año 2006 importó 29 859 hm³, con una tendencia creciente a partir del año 2000. Los tres productos con los que México importa más agua son los cereales, las carnes y los frutos y las semillas, esto representa el 83% del total de la importación de agua virtual en México. Por otro lado, los productos con los que México exportó más agua virtual en ese mismo año fueron los frutos comestibles, las legumbres y hortalizas y las carnes, que representan el 43% del total de agua virtual exportada.

La HH de un país se puede medir de acuerdo con la producción y el consumo. En el caso de la producción, México es el 11º país con mayor HH de producción en el mundo. La producción agrícola y pecuaria representan el 91% de la HH nacional; el 9% de la HH restante corresponden al uso doméstico e industrial.¹⁶

¹⁵ Comisión Nacional del Agua

¹⁶ (2021)



La HH de consumo en México es la octava mayor en el mundo, principalmente debido al tamaño de la población (11% más poblado). Del total del consumo, el 2.7% es industrial y 5.3% es doméstico.

El 86% de la HH de un mexicano consiste en productos alimenticios y bebidas, 6% de productos agropecuarios, 5% de consumo doméstico y 3% de productos industriales.¹⁷ (Figura 3)



Figura 3. Huella Hídrica de México. Tomado de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2013/02/Libro-Huella-hidrica-en-Mexico.pdf>

Sin olvidar factores como los tratados y acuerdos comerciales internacionales, el crecimiento económico y poblacional, el desarrollo tecnológico, los subsidios a la agricultura, los precios internacionales de los productos agrícolas e insumos, las políticas macroeconómicas de importación y exportación de los países, las políticas microeconómicas, la cultura y religión de los productores, y la eficiencia en la producción agrícola o industrial, el comercio de agua virtual entre naciones es una forma de promover y propiciar un uso más eficiente del agua en el mundo. El abastecimiento de alimentos y productos básicos es un problema de pobreza, más que de escasez hídrica. En la medida en que se comprenda el sistema hidroeconómico, el agua virtual podrá ayudar a resolver los problemas de escasez de agua en muchas regiones del mundo. Es importante establecer políticas hídricas de comercio internacional para evitar por ejemplo, que se elaboren productos industriales y agrícolas altamente demandantes de agua en zonas con escasez de ella.

¹⁷ (2021)

Bibliografía

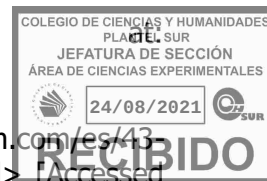
1. J.A. (1998). Virtual water: a strategic resource, global solutions to regional demands. *Ground Water* .36, 545–546.
2. Carabias, J., Landa, J. Collado, P. Martínez 2005. *Agua, Medio Ambiente y Sociedad*. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. UNAM/Colmex/Fundación Gonzalo Río Arronte, México.
3. Brown, T. L. (1993). *Química. La Ciencia Central*. Prentice-Hall. 500pp.
4. *El agua en el Medio Ambiente. Problemática, Contaminación y Potabilidad*. Vol 33 Nº 6. Química e Industria 1987.
5. Rzedowski, Jerzy (2006): *Vegetación de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Documento disponible en: <https://es.scribd.com/doc/50112956/Vegetacion-de-Mexico-de-Jerzy-Rzedowsky-parte-1>
6. Comisión Nacional del Agua, (2015): *Atlas del Agua en México*. Conagua. Documento disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/ATLAS2015.pdf>
7. Cotler, Helena (2010): *Las Cuencas Hidrográficas de México: Diagnóstico y Priorización*. Instituto Nacional de Ecología.
8. Comisión Nacional del Agua, (2016): *Estadísticas del Agua en México*. Conagua . Documento disponible en: <https://agua.org.mx/biblioteca/estadisticas-del-agua-en-mexico-edicion-2016/>
9. GDF (2005) Día mundial del Agua (22 de marzo, 1994) GDF/Consejo de población del Distrito Federal en: www.copo.df.gob.mx.
10. Llamas-Madurga, M.R. (2005). Los colores del agua virtual y los conflictos hídricos. *Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fis.Nat*, 99(2), 369-389.
11. Parada - Puig, G. (2012). El agua virtual: conceptos e implicaciones. *Orinoquia*, 16 (1), 69.
12. Tolón-Becerra, et al. (2013) Huella Hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos. *M+A. Revista Electrónica de Medio Ambiente*. 14(1), 56-86.
13. Vázquez del Mercado Arribas R., y Buenfil Rodríguez, M. (2012). *Huella Hídrica de América Latina: Retos y oportunidades*. Aqua-LAC, 4 (1), 41-48.
14. (2021) Retrieved 27 July 2021, from <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2013/02/Libro-Huella-hidrica-en-Mexico.pdf>



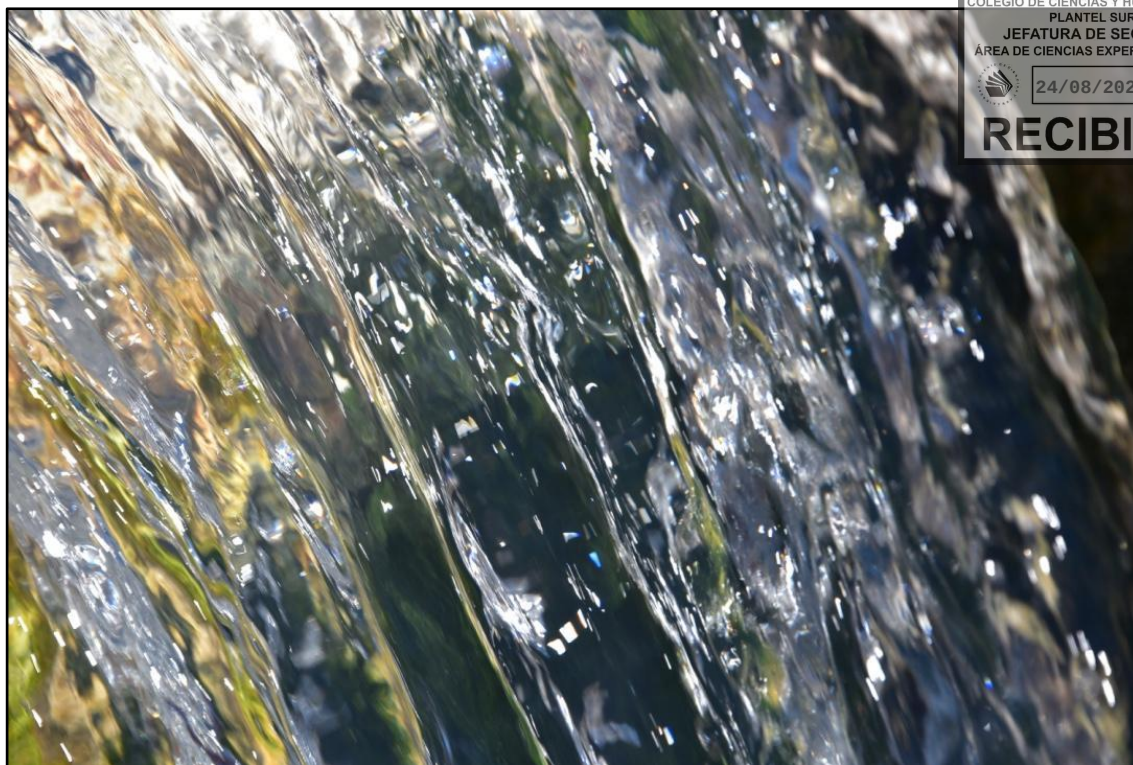
Ciberografía

14. Cerón, A., 2021. *¿Qué es la lluvia ácida y cómo afecta?*. [online] México Ciencia y Tecnología. Available at: <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/ambiente/19290-lo-que-la-lluvia-acida-se-llevo-en-los-miercoles-de-divulgacion>.
15. Centro.paot.org.mx. 2021. [online] Available at: http://centro.paot.org.mx/documentos/unam/guerra_por_agua_digital.pdf

16. Cemda.org.mx. 2021. [online] Available at: <https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf> [Accessed 10 Abril 2021].
17. Redalyc.org. 2021. [online] Available <<https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>>
18. 2021. [online] Available at: <<https://www.revistacienciasunam.com/es/43-revistas/revista-ciencias-94/203-el-agua-en-la-ciudad-de-mexico.html>> [Accessed 15 Abril 2021].
19. 2021. [online] Available at: <<https://www.revistacienciasunam.com/es/43-revistas/revista-ciencias-94/203-el-agua-en-la-ciudad-de-mexico.html>> [Accessed 15 Abril 2021].



A. EL AGUA Y SU PROBLEMÁTICA



ACTIVIDADES CURRICULARES

Programa y contenidos que apoya:

Biología II.

Unidad 2. Tema 1. Estructura y proceso del ecosistema: ecosistema natural y urbano. Ambiente y Dimensión Ambiental.

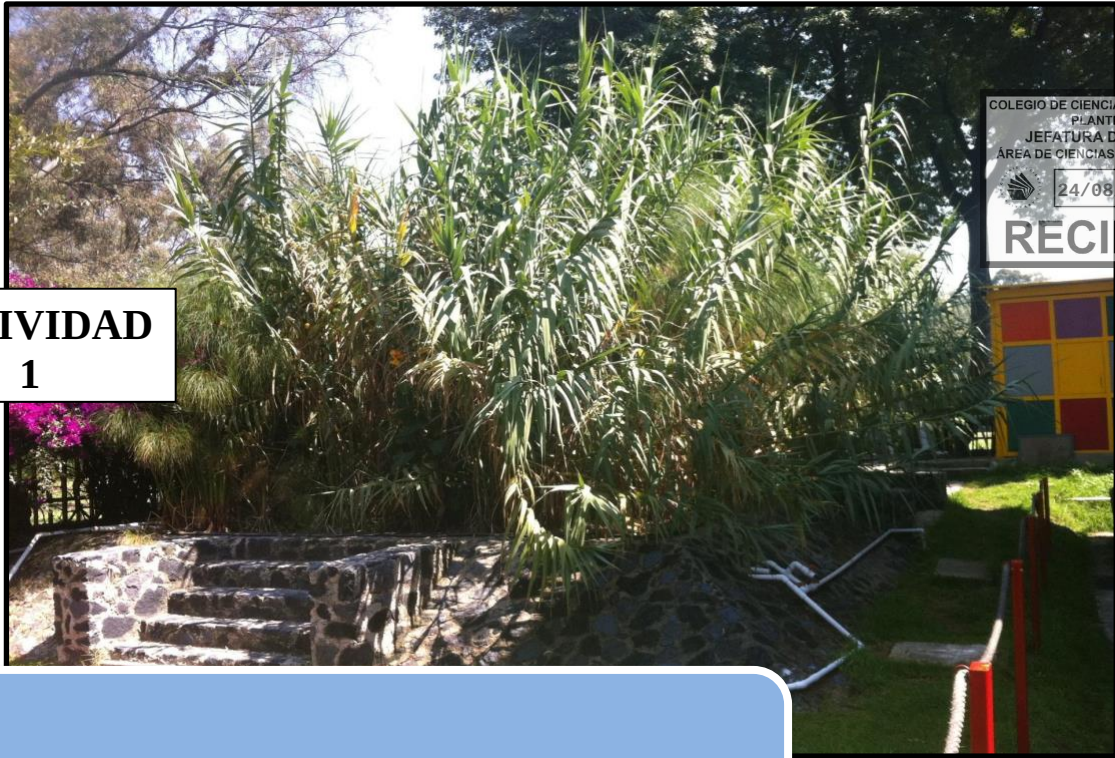
Tema 2: Impacto de la actividad humana en el ambiente.

Biología IV.

Unidad 2. Tema 2: Factores que afectan la Biodiversidad.

Uso y conservación de la Biodiversidad

ACTIVIDAD 1



Tratamiento de agua residual por *fitorremediación*

INTRODUCCIÓN

El término *fitorremediación* hace referencia a una serie de tecnologías que se basan en el uso de plantas para limpiar o restaurar ambientes contaminados, como aguas, suelos e incluso el aire. Es un término relativamente nuevo, acuñado en 1991. Se compone de dos palabras, *fito*, *ta*, que en griego significa planta o vegetal, y *remediar* (del latín *remediare*), que significa poner remedio al daño, o corregir o enmendar algo. Fitorremediación significa un daño por medio de plantas.

De manera más completa, fitorremediación puede definirse como una tecnología sustentable que se basa en el uso de plantas para reducir *in situ* la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, sedimentos, agua, y aire, a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a su sistema de raíz que conducen a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de los diversos contaminantes.

Tradicionalmente, las plantas vasculares acuáticas han sido consideradas como una plaga en sistemas enriquecidos con nutrientes. Su rápida proliferación puede dificultar la navegación y amenazar el balance de la biota en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, en la actualidad se considera que estas plantas también

pueden ser manejadas adecuadamente y volverse útiles, debido a su capacidad para remover y acumular diversos tipos de contaminantes. Además, su biomasa puede ser aprovechada como fuente de energía, forraje y fibra.

Los primeros sistemas de tratamiento de aguas residuales a base de plantas se implementaron en los países europeos a principios de 1960., utilizando juncos o carrizos. Desde entonces, los sistemas de fitorremediación acuática se han perfeccionado y diversificado, y su aceptación y aplicación cada vez es mayor. La fitorremediación acuática tiene la ventaja de que se pueden remover, *in situ*, diferentes tipos de metales que se hallen con bajas concentraciones en grandes volúmenes de agua.



SISTEMAS DE FITORREMEDIACIÓN ACUÁTICA

Los sistemas de fitorremediación acuática pueden ser de cuatro tipos:

Humedales contruidos: se definen como un complejo de sustratos saturados, vegetación emergente y subemergente, animales y agua que simula los humedales naturales, diseñado y hecho por el hombre para su beneficio-

Sistema de tratamiento con plantas acuáticas flotantes: pueden ser estanques semi contruidos o naturales, donde se mantienen plantas flotantes para tratar aguas residuales.

Sistema de tratamiento integral: es una combinación de los dos sistemas anteriores.

Sistema de rizofiltración: se basa exclusivamente en hacer crecer, en cultivo hidropónico, raíces de plantas terrestres con alta tasa de crecimiento y área superficial para absorber, concentrar y precipitar metales pesados de aguas residuales contaminadas.

Objetivos

La fitorremediación representa una tecnología alternativa, sustentable y de bajo costo para la restauración de ambientes y afluentes contaminados. En México es necesario crear recursos humanos y financieros en este campo emergente.

- Fijar físicamente los contaminantes sobre las raíces de las plantas hidrófitas o sobre la superficie del material inerte que se les pone para soportar a las plantas acuáticas.
- Utilizar y transformar las sustancias que contaminan el agua por intermedio de microorganismos o de las raíces de las plantas acuáticas.
- Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y un mínimo costo de mantenimiento.

¿Qué es un filtro de agua?

Un filtro purificador de agua es un dispositivo para reutilizar agua contaminada que se utiliza para sanear el agua contaminada o sucia para un empleo en el

consumo humano. Este tipo de filtros simulan lo que sucede de manera orgánica en la naturaleza, donde el agua se filtra de manera natural al pasar por este tipo de materiales al pasar por las diferentes capas que la limpian de sedimentos.



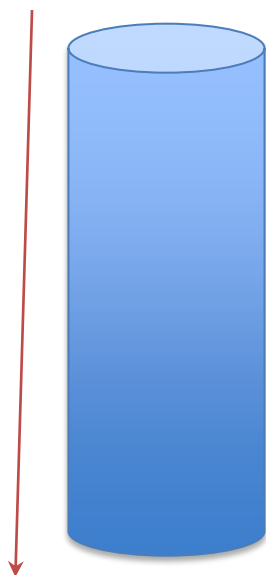
Material

- Un contenedor de plástico de aproximadamente un metro de altura.
- Grava.
- Arena fina y limpia.
- Piedras pequeñas.
- Piedras medianas.
- Carbón activado.

Método

Parte "A"

I. Construcción del purificador casero.



1. Colocar una tapa en la base del cilindro, con llave para la salida de agua.
2. Colocar 25 cm de piedras medianas de tipo canto rodado.
3. Colocar 3 cm de grava de entre 2 a 64 mm.
4. Colocar 3 cm de carbón activado.
5. Colocar 2 cm de grava entre 2 a 64 mm.
6. Colocar 6 cm de arena fina o sustrato .
7. Sembrar las plantas seleccionadas.
- 8- Colocar 12 cm de piedras pequeñas de más de 64 mm.

II. Funcionamiento y mantenimiento del filtro purificador de agua.

El principio es muy simple. El Agua entra por la parte superior y atraviesa las distintas capas para llegar limpia al final del recorrido. Cada 6 meses debemos desarmar el filtro y lavar bien la arena, la grava y reemplazar el carbón activado, ya que éste pierde sus propiedades con el paso del tiempo y con los litros de agua que filtra.

El tamaño propuesto se puede variar según las necesidades incluso se puede hacer un filtro más rápido y simple con una botella, por ejemplo con una botella.

FITORREMEDIACIÓN ACUÁTICA

Tradicionalmente, las plantas vasculares acuáticas han sido consideradas una plaga en sistemas enriquecidos con nutrientes. Su rápida proliferación puede dificultar la navegación y amenazar el balance de la biota en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, en la actualidad se considera que estas plantas también pueden ser manejadas adecuadamente y volverse útiles, debido a su capacidad para remover y acumular diversos tipos de contaminantes. Además, su biomasa puede ser aprovechada como fuente de energía, forraje y fibra.

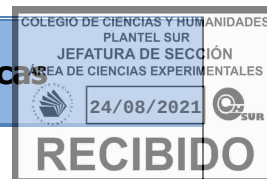
1. ¿Cuales son las ventajas y desventajas de la fitorremediación?

Ventajas	Desventajas



CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PLANTAS PARA LA FITORREMEDIACIÓN

Especie	Características
 <i>Cyperus papyrus</i>	
FUNCIÓN DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO	
Raíces o tallos sumergidos.	
Tallos u hojas emergentes.	



Al terminar la actividad los alumnos elaborarán un reporte de la investigación experimental y harán una exposición en clase de su trabajo en una infografía en Piktochart, bajo el siguiente esquema:

- Título
- Introducción
- Objetivos
- Metodología o procedimientos
- Resultados (cuadros y tablas)
- Análisis de resultados y conclusiones
- Bibliografía

Sugerencias de evaluación

- Participación constante y comprometida en todas las actividades del experimento.
- Participación fundamentada en el reporte escrito y entrega del mismo.
- Interés mostrado durante el desarrollo de la investigación y desarrollo de habilidades.

Bibliografía

- Cobbett C. S. (2000), Phytochelatin and their roles in heavy metal detoxification, Plant Physiology 123:825-832.
- Núñez R. A. (2004), Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. Ciencia julio-septiembre. Pag. 69-82.
- Polprasert C, (1996), Organic waste recycling, technology and management, 2ª edición, Wiley. Ontario, Canada, 412 pp.
- Reddy K. R. Y W. H. Smith (1987), Aquatic plants for water treatment and resource recovery, Orlando, Magnolia Publishing.



ACTIVIDAD
2



Aguas residuales urbana

INTRODUCCIÓN

El término agua residual define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedente de desechos orgánicos humanos o animales. Contiene materia orgánica, patógenos (como por ejemplo coliformes fecales), detergentes, patógenos, aceites entre otros contaminantes. Aunque no lo parezca, el usar este tipo de agua para riego, reporta grandes beneficios: la capacidad de filtraje y amortiguamiento del suelo hace la función de planta de tratamiento.

Entre las ventajas más notables están el incremento de la productividad agrícola, la disposición de agua en zonas con déficit hídrico, y el reciclaje de nutrientes en zonas agrícolas. El beneficio también es económico, ya que se destinan menos ingresos al bombeo, el agua potable es para uso exclusivamente humano, los agricultores obtienen mayores ganancias y ahorran gastos en fertilizantes; también se ahorra en el costo del tratamiento de agua pues el filtro del suelo es gratis.

El lado negativo está en que esa agua contiene patógenos (coliformes fecales), que pueden traer enfermedades para los agricultores que tienen contacto con ella, y para quienes consumen los frutos de las hortalizas regadas con esas

“aguas negras”. Además, contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero y a la contaminación de los mantos acuíferos con nitratos y sales solubles.

Además, se ha descubierto que una buena parte de los antibióticos que ingiere una persona en tratamiento médico, se excreta sin cambios, ocasionando que en el agua residual haya pequeñas concentraciones de estos fármacos, además de los patógenos antes mencionados. La coexistencia de los patógenos con bajas concentraciones de antibióticos genera la diseminación de resistencia a los antibióticos entre las bacterias, tanto las patógenas como las que no lo son.



Lo curioso, es que los agricultores tienen conocimiento de este proceso de riego, prefieren que se siga utilizando agua sin tratamiento, pues a pesar de las enfermedades gastrointestinales que pudieran contraer, han observado que con este líquido no quieren usar fertilizantes en los terrenos y obtienen muy buenos rendimientos.

Es de gran interés estudiar los efectos que tendrá el cambio en la calidad del agua, no solo en la incidencia de enfermedades gastrointestinales, sino también en el comportamiento de los contaminantes que se han acumulado en los suelos. Y particularmente resulta de interés estudiar al impacto que el tratamiento biológico del agua tendrá sobre la presencia y diseminación de genes de resistencia a antibióticos.

Objetivos

- Que los alumnos conozcan la metodología para el cultivo y aislamiento de bacterias del medio ambiente.
- Aislar y observar bacterias con el microscopio fotónico, mediante la tinción de Gram.
- Demostrar mediante un experimento que la presencia de bacterias coliformes en el agua nos indica el grado de contaminación de esta.

Material de laboratorio por equipo

- 1 Gradilla
- 1 Mechero
 - Asa de siembra
- 1 Piceta con agua destilada
- 3 pipetas de 5 ml
- 4 Varillas de vidrio
- 4 Goteros
 - Portaobjetos
 - Cubreobjetos
 - Cajas de Petri
- 1 Microscopio Fotónico

Sustancias

Agua destilada
Cristal violeta
Yodo Gram
Alcohol-Acetona
Safranina
Medio de montaje

Material individual

Bata



Metodología

1. Se ponen a cultivar las bacterias coliformes de las muestras de aguas negras municipales, en cajas de Petri como medio de cultivo. El cultivo se mantendrá por espacio de cinco días.
2. Después de transcurridos los cinco días, se procede a identificar las bacterias y hacer el recuento de las colonias desarrolladas, ya que en base al número de estas se podrá determinar si esa agua está contaminada con bacterias que causan enfermedades en los humanos.



3. Elaboración de preparaciones permanentes con la tinción de Gram.
4. Preparar la extensión del cultivo: En un portaobjetos limpio, libre de grasa, y con un asa bacteriológica colocar una pequeña cantidad de la colonia bacteriana.

- a) Muestra sólida: colocar solución salina. previamente a colocar la colonia, igual en muestra semisólida.
- b) Muestra líquida: colocar la colonia directamente.

Dejar secar al aire, luego fijar la preparación pasando la placa rápidamente por el mechero (2 ó 3 veces).

- c) Agregar violeta cristal durante 20 a 30 segundos, el cual tiene afinidad con el peptidoglicano de la pared bacteriana (Colorante primario), enjuagar con agua seguidamente.

- d) Agregar yodo gram durante 40 a 60 segundos que sirve como mordiente (compuesto químico intensificador del color) e impide la salida del cristal violeta por la formación de un complejo cristal violeta-yodo que satura los espacios del peptidoglicano de la pared bacteriana. Enjuagar con agua seguidamente.

- e) Agregar alcohol acetona y enjuagar con agua inmediatamente (decoloración, disuelve lípidos de la pared de Gram negativas). Esta mezcla de alcohol-acetona, deshidrata la pared bacteriana y cierra los poros de la misma, también destruye la membrana externa de las bacterias Gram negativas debido a que ésta es soluble a la acción de solventes orgánicos, como la mezcla de alcoholacetona.
- f) Agregar safranina durante 20 segundos, enjuagar con agua seguidamente. La safranina funciona como un colorante secundario o de contratinción y sirve para teñir las bacterias que no pudieron retener el complejo cristal violeta-yodo.



Bacterias Gram +	Bacterias Gram -
Las bacterias Gram positivas poseen una pared celular gruesa constituida por peptidoglicano, pero no cuentan con membrana celular externa. Las bacterias G+ retienen el cristal-violeta después de la decoloración y aparecen de color azul intenso (purpura).	La pared celular de las bacterias Gram negativas está constituida por una capa fina de peptidoglicano y una membrana celular externa, cuyo componente estructural único son los lipopolisacáridos. Las bacterias G- no son capaces de retener el cristal-violeta después de la decoloración y son teñidas de rojo con safranina.

5. Se harán observaciones al microscopio para su posible identificación.

Observaciones realizadas

Elabora esquemas de tus observaciones.

Contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Qué forma tienen las bacterias observadas?
2. ¿Las bacterias aparecen aisladas o agrupadas? Indica el tipo de asociación.
3. Indica el tipo de Gram (positivo o negativo)



Sugerencias de evaluación

- Participación constante y comprometida en todas las actividades desarrolladas durante la investigación
- Participación fundamentada en el reporte escrito
- Interés mostrado en la realización de las actividades de la investigación

Bibliografía

- Cuello Subirana Joseph. Et al. (1978). **Prácticas de Biología**. Ed. Fontoba, Barcelona.
- Cursos, Seminarios y Talleres. CISE. (1995). Curso Taller: **Formación de Profesores en Educación Ambiental**. Enero.
- Química. (1989). **Enfoque Ecológico**. T. R. Dickson. Ed. Limusa, México.





ACTIVIDAD 3

Contaminación ambiental por: "Lluvia ácida"

INTRODUCCIÓN

La lluvia ácida es un problema ambiental asociado a la actividad industrial en algunas regiones geográficas del país, la cual ya presenta síntomas detectables en algunas ciudades como la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, así como en algunas regiones petroleras de Veracruz, Tabasco y Campeche.

Los automóviles, camiones y las industrias que consumen combustibles fósiles así como las operaciones de fundición, liberan óxidos de nitrógeno y de azufre a la atmósfera. Las centrales termoeléctricas e industrias que consumen grandes cantidades de carbón y combustóleo, son las principales fuentes generadoras de azufre. Los automóviles y camiones emiten principalmente óxido de nitrógeno. Estos gases se mezclan con el vapor de agua formando una solución de ácido sulfúrico y ácido nítrico. Los gases de SO_2 y NO_2 , también pueden reaccionar con otros contaminantes para formar sulfatos y nitratos, los cuales a su vez pueden formar soluciones ácidas cuando se mezclan con agua. Eventualmente estos caen o se precipitan al suelo en forma de lluvia, granizo, neblina y rocío.

La contaminación generada por la lluvia ácida puede causar problemas cuando estos compuestos se precipitan en forma húmeda o seca a los cuerpos de agua superficiales.

La precipitación húmeda sucede cuando el vapor de agua se combina con los contaminantes de la atmósfera y son depositados en la lluvia, nieve y rocío. La precipitación seca es depositada en forma de partículas de polvo que caen por gravedad.

La lluvia ácida es más ácida que la lluvia normal. Una medida común de la acidez es el pH o potencial de hidrógeno. Un pH bajo (menos de 7.0) indica una acidez alta y un pH alto (más de 7.0) indica una acidez baja (alcalinidad). La lluvia normal tiene un pH entre el rango de 5.6 y 6. El agua destilada tiene un pH de 7 por lo tanto, es neutra. La lluvia es ligeramente más ácida porque los gases naturales de la atmósfera, particularmente el bióxido de carbono, se mezclan con el agua y forman ácido carbónico débil, generando un efecto amortiguador. La lluvia ácida puede tener un pH de 3 a 5. La lluvia ácida puede cambiar el pH de lagos y ríos, lo cual puede afectar negativamente a la vida acuática de estos cuerpos de agua. También puede debilitar a los árboles en zonas boscosas y reducir la producción en los cultivos, así como favorecer el efecto de plagas y enfermedades. La lluvia ácida puede deteriorar diversos tipos de materiales tales como el metal y la roca, y puede generar problemas de corrosión en estructuras, edificios y monumentos.

Todos podemos evitar la generación de lluvia ácida usando menos los automóviles y ahorrando electricidad en casa y en el trabajo.

Objetivos

- Conocer cómo las emisiones de gases de combustión de escapes de vehículos automotores pueden causar lluvia ácida.
- Describir algunas acciones que se lleven a cabo para evitar la lluvia ácida.
- Comparar la acidez del agua de lluvia en zonas de la ciudad donde hay mayor o menor tránsito de vehículos automotores.
- Conocer cómo afecta al ambiente la lluvia ácida.

Material

Agua de lluvia o agua destilada -pHmetro o papel indicador de pH

Cuentagotas o Jeringuilla de plástico. -Ácido sulfúrico, ac. nítrico o ácido acético.

Semillas de judías o lentejas. -Placas de petri (o tubos de ensayo) y algodón.

Trozos de caliza.

Método

1. Recoge agua de lluvia utilizando frascos de vidrio de boca ancha limpios. Si no puedes conseguir agua de lluvia, utiliza agua destilada o agua de grifo.
2. Determina el grado de acidez del agua de lluvia con papel indicador de pH o un pHmetro. Anota el resultado.



3. Simula la lluvia ácida usando ácido acético, ácido sulfúrico o ácido nítrico en diferentes concentraciones. Coloca varias placas de petri o envases con algodón (o con tierra), siembra en cada uno de ellos varias semillas y márcalos.
4. Riega cada envase con soluciones de diferente concentración de lluvia ácida. Riega sólo con agua una placa de petri con varias semillas, que servirá de control.



Solución de una lluvia ácida artificial: a 100 ml de agua añádele gota a gota ácido sulfúrico, nítrico o ácido acético concentrado. Después de cada adición determina el pH del agua acidificada, hasta conseguir que llegue a tener pH = 5. Cuando lo consigas, anota el gasto de ácido nítrico.

5. Mide la germinación y el crecimiento de las plantas cada día y registra los datos en una tabla.
6. A partir de los datos registrados, construye una gráfica de crecimiento en función de la concentración de ácido.
7. A partir de las investigaciones anteriores, saca conclusiones sobre el efecto de la lluvia ácida sobre la germinación y el crecimiento de los vegetales.

Al terminar la actividad los alumnos elaborarán un reporte de la investigación experimental y harán una exposición en clase de su trabajo, bajo el siguiente esquema:

- a) Título
- b) Introducción
- c) Objetivos
- d) Metodología o procedimientos
- e) Resultados (cuadros y tablas)
- f) Análisis de resultados y conclusiones
- g) Bibliografía

Sugerencias de evaluación

- Participación constante y comprometida en todas las actividades del experimento.
- Participación fundamentada en el reporte escrito y entrega del mismo.
- Interés mostrado durante el desarrollo de la investigación y desarrollo de habilidades.

Bibliografía

- Bravo A. H. R. Sosa E, y R. Torres. (1991). **Ozono y lluvia ácida en la Ciudad de México**. Ciencias nº 22, abril, 33-40 pg.
- Comisión de Aguas del Distrito Federal. (1994). **Agua una nueva estrategia para el Distrito Federal**. Departamento del Distrito Federal, Secretaría General de Construcción y Operación Hidráulica.
- Varios. (1992). **Memoria del programa de uso eficiente del agua**. México, D. F.
- Raúl Cremoux. Gabriel Quadri. Et al. (1993). **iAyúdame! Acciones prácticas para mejorar el Medio Ambiente en la Ciudad de México**. Secretaría de Educación Pública. Lotería Nacional para la Asistencia Pública. México D. F. 87 pp.



ACTIVIDAD 4

Cálculo de Huella Hídrica

Introducción

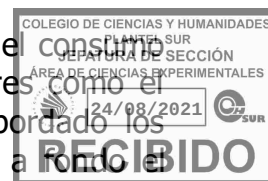
El agua es un recurso indispensable para todos los seres vivos, sin embargo, este recurso se ha visto afectado debido a las diferentes actividades que realizan los seres humanos con el fin de satisfacer diferentes necesidades por medio de un producto o servicio. Las actividades económicas actualmente como la agricultura incluyendo también la irrigación, la ganadería y la acuicultura, generan un alto consumo y contaminación del recurso hídrico para la realización de sus procesos, ya que representan el 69% de las extracciones anuales de agua a nivel global. La industria (incluyendo la generación de energía) representa el 19%, y los hogares el 12%).¹⁸ Muchos de los procesos que se realizan en estas actividades económicas requieren de un alto consumo y uso irracional del agua y de los demás recursos naturales sin tener en cuenta la limitación que cada uno presenta.

El cálculo de la Huella Hídrica en una organización ha demostrado ser una herramienta imprescindible para conocer la magnitud de su impacto sobre los recursos hídricos, identificar puntos críticos en su cadena de valor en los que

¹⁸ UNESCO, 2019

focalizar esfuerzos y reducir riesgos operacionales y reputacionales asociados al agua.

El concepto de Huella Hídrica permite visualizar y tomar en cuenta el real de agua de las actividades humanas y relacionarlo con factores como el comercio, lo cual permite cambiar el modo en el que se han abordado los problemas de agua a nivel global. También permite conocer más a fondo el impacto que tienen los patrones de consumo en una región determinada o país donde son producidos los bienes importados.



Es de gran importancia identificar los impactos que se generan a los recursos naturales principalmente al recurso hídrico, ya que este se ve afectado debido a las diferentes acciones cotidianas del ser humano y los diferentes procesos que se realizan. Los hábitos alimenticios, patrones de consumo y estilo de vida (transporte, tecnología, entretenimiento, ocupación, aficiones) son los factores que determinan la magnitud de nuestra huella hídrica individual, es decir, qué tanta agua es necesaria para que podamos vivir de la forma en que lo hacemos.¹⁹ Debido a esta problemática es necesario tomar conciencia y tener una responsabilidad ambiental con el fin de realizar un uso eficiente del agua y buscar reducir su consumo.

Los impactos causados a este recurso, se pueden identificar por medio del cálculo de la huella de agua, la cual, es una herramienta que permite cuantificar los impactos ambientales más significativos.

Objetivos

- Conocer el volumen total de agua dulce utilizado por una persona en un día y en un año.
- Calcular la Huella Hídrica de los hábitos diarios y alimentación de una persona.

Material

- Computadora o teléfono celular con acceso a internet.
- Calculadora de Huella Hídrica disponible en:

<http://caem.org.co/ConveniosCARCAEM/huellahidrica/#secciones>

Método

- Ingresa a la página
<http://caem.org.co/ConveniosCARCAEM/huellahidrica/#secciones>

¹⁹ (2021)

- Responde a cada una de las preguntas relacionadas con tu alimentación y hábitos diarios.
- Compara tus resultados con los de tus compañeros.
- Con tus resultados y los resultados de tus compañeros de equipo y de grupo, completa el siguiente cuadro:



Cálculo de Huella Hídrica

	Alimentos L/día	Hábitos diarios L/día	Total de litros consumidos por día.
1 persona			
5 personas			
25 personas			

- Responde las siguientes preguntas:
 1. Investiga: ¿Qué elementos son necesarios para calcular la Huella Hídrica de una persona?
 2. ¿Qué cantidad de agua potable utilizamos en un día?
 3. ¿Qué cantidad de agua potable utilizan en una semana en tu grupo?
 4. ¿Qué acciones podrías llevar a cabo para disminuir tu consumo de agua potable?

Sugerencias de evaluación

- Participación constante y fundamentada.
- Reporte de la actividad mediante la realización del cuadro y el cuestionario.

Bibliografía

- Allan, J.A. (1998). **Virtual water: a strategic resource, global solutions to regional deficits**. Ground Water 1998, 36, 545–546.
- UNESCO. (2019). **Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos** 2019.
- (2021). Retrieved 27 July 2021, from <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2013/02/Libro-Huella-hidrica-en-Mexico.pdf>



Recursos digitales

- Calculadora de Huella Hídrica disponible en:
<http://caem.org.co/ConveniosCARCAEM/huellahidrica/#secciones>

ACTIVIDAD 5

Reúso del agua en la UNAM

Rafael Val Segura
Junio 2011



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
JEFATURA DE SECCIÓN
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
24/08/2021

RECIBIDO



¿Qué pasa con el agua usada una vez que llega al drenaje?

INTRODUCCIÓN

Las aguas usadas, conocidas como aguas residuales, pasan por un proceso para eliminar las sustancias contaminantes que contienen. Dicho proceso consta de diferentes etapas, también llamadas operaciones unitarias. El tratamiento que reciban dependerá de la naturaleza física, química y bioquímica de los contaminantes contenidos.

Por ejemplo, si el jabón con el que nos lavamos las manos está hecho de grasa, lejía o sosa, con un sistema biológico siempre sería suficiente. Sin embargo, si tiene sustancias químicas para darle color, aroma, suavidad, se tendrán que incluir operaciones unitarias conocidas como tratamiento *terciario* para eliminar las sustancias contaminantes. El objetivo del tratamiento de aguas residuales es separar las sustancias que contaminan el agua al menor costo, pero con la mayor eficiencia posible, dependiendo de si al separar las sustancias contaminantes se transforman en gases o en sólidos. También es importante que en el lugar donde se depositen esos contaminantes, ya separados, no causen daños a la atmósfera o a los suelos principalmente. Si se logra este tratamiento de manera completa y efectiva, el agua ya tratada puede emplearse sin problema para cualquier uso. Por ejemplo en Europa occidental, los ríos se usan como fuente de abastecimiento de agua. Ya usada, la tratan de manera integral y vuelve a

verterla al río. En el tratamiento de aguas residuales, México enfrenta un gran reto para combatir la contaminación debido a la falta de infraestructura efectiva y eficiente para el tratamiento y reutilización de las aguas residuales.



Objetivos

- Describir algunas acciones que se lleven a cabo para el tratamiento de aguas residuales.
- Conocer el programa integral de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM, con la participación de toda la comunidad universitaria.
- Visita a la Planta tratadora de agua residuales de la UNAM.

Método

- Solicitar una visita programada a la planta tratadora de aguas residuales de la UNAM

Cuestionario

1. ¿De acuerdo con la información de la Conagua, los procesos de tratamiento de las aguas residuales municipales e industriales se clasifican en?
2. ¿Describir la metodología que se utiliza para el tratamiento de aguas residuales en la UNAM?
3. ¿Describir en cuáles son las etapas del Programa Integral sobre el tratamiento de aguas residuales de la UNAM:
4. Elaborar una infografía en Piktochart mostrando el Plan Integral de Tratamiento de Agua en la UNAM con fotos tomadas en la Planta tratadora de agua.

Sugerencias de evaluación

- Participación constante y comprometida en todas las actividades del propuestas.
- Participación fundamentada en la fotografía solicitada.
- Interés mostrado durante el desarrollo de las actividades y desarrollo de habilidades.

Bibliografía

- Agua.unam.mx. 2021. [en línea] Disponible en:
<http://www.agua.unam.mx/assets/acuiferos/pdfs/presentaciones/rafael_al_pumagua.pdf> [Consultado el 2 de junio de 2021].
- Agua.unam.mx. 2021. *Red del Agua UNAM*. [en línea] Disponible en:
<<http://www.agua.unam.mx/>> [Consultado el 2 de junio de 2021].
- Uv.mx. 2021. *Volumen XXVII - Número 2 - Revista: La ciencia y el hombre - Universidad Veracruzana*. [en línea] Disponible en:
<<https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol27num2/articulos/nunca-digas.html>> [Consultado el 2 de junio de 2021].



CAPÍTULO



B. NUESTRA ATMÓSFERA



Foto: Isabel Damián

***María Isabel Damián Guillén
Carlos Alberto Galindo Rosete***

El hecho de que el planeta Tierra sea un lugar adecuado para la vida tal como la conocemos es principalmente una consecuencia de su clima moderado. Un requerimiento fundamental para la vida es el agua líquida y la Tierra es el único planeta del sistema solar que la posee. El componente que le da esta característica es su atmósfera. Ésta permite que penetre la luz solar, pero retarda la velocidad con que se pierde el calor, sin esta propiedad la temperatura promedio de la superficie de la Tierra sería de -18°C , y el planeta estaría congelado y estéril¹.



En este capítulo conoceremos más acerca de las propiedades de nuestra atmósfera.

¿Qué es la atmósfera y cómo se compone?

La **atmósfera** de la Tierra es una cobertura gaseosa compuesta principalmente por nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2) molecular, con pequeñas cantidades de otros gases como vapor de agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2). Además de estos gases, que son los principales, la atmósfera contiene otros en menor proporción que afectan el clima. Los más importantes son el ozono (O_3), el metano (CH_4), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los clorofluorocarbonos (Tabla 1), esta mezcla de gases se conoce comúnmente como **aire**¹.

En la atmósfera también están presentes nubes de agua líquida y cristales de hielo como impurezas provenientes de fuentes naturales y humanas. Partículas de polvo, suelo y sal marina son incorporados a ella por la acción del viento y cumplen un papel beneficioso para actuar como superficies donde el agua se condensa, para formar gotas de nubes. En cambio, las partículas que se introducen en la atmósfera por acciones humanas constituyen por su acción contaminante un riesgo para el sistema Tierra-atmósfera¹.

TABLA 1.
GASES DE LA ATMÓSFERA

Gas	Fórmula química	Porcentaje (por volumen)
Gases permanentes		
Nitrógeno	N_2	78,08
Oxígeno	O_2	20,95
Argón	Ar	0,93
Neón	Ne	0,0018
Helio	He	0,0005
Hidrógeno	H_2	0,00006
Xenón	Xe	0,000009
Gases variables		
Vapor de agua	H_2O	0 a 4
Dióxido de carbono	CO_2	0,036
Metano	CH_4	0,00017
Óxido nitroso	N_2O	0,00003
Ozono	O_3	0,000004
Partículas (polvo, etc.)		0,000001
Clorofluorocarbonos (CFC)		0,00000002

Aunque nuestra atmósfera tiene un espesor de 800 kilómetros, cerca del 99% de su masa gaseosa se encuentra dentro de los primeros 30 km cercanos a la superficie terrestre debido a la atracción de la fuerza gravitacional, esto provoca un cambio en su densidad, volviéndose menos densa cuando está más alejada de la superficie.

¹ Camilloni & Vera, 2007.

La atmósfera se encuentra dividida en cinco capas, que no tienen fronteras visibles entre ellas. Dichas capas se describen desde la más interna, hasta la más externa (Figura 1)².

1. **Troposfera:** se extiende desde el nivel del mar hasta 8 - 15 km por encima de él. La temperatura disminuye casi 6 °C por cada kilómetro que se aleja del nivel del mar. La troposfera contiene casi el 75% del total de los gases de la atmósfera, en ella encontramos la mayor concentración de vapor de agua de la atmósfera, por lo tanto, es la capa donde vemos representadas las expresiones climatológicas como nubes, lluvias, tormentas eléctricas, tornados, huracanes, nieve.



Figura 1. Capas de la atmósfera terrestre. (modificado de <https://cuadrocomparativo.org/cuadros-sinopticos-e-imagenes-sobre-las-capas-de-la-atmosfera/>)

2. **Estratosfera:** se extiende de la parte superior de la troposfera hasta los 50 km. Contiene aproximadamente el 19% de los gases atmosféricos, en su mayoría ozono. El ozono se encuentra en una banda entre 15 y 30 km por encima del nivel del mar. Debido a que la capa de ozono absorbe la radiación del sol, ayuda a mantener estable la temperatura de nuestro planeta, generando un efecto invernadero natural. Las capas superiores de la estratosfera son más calientes que las inferiores.
3. **Mesosfera:** tiene una temperatura decreciente y se encuentra a una distancia de 50 a 80 km del nivel del mar.
4. **Termosfera:** recibe también el nombre de Ionosfera, debido a la gran cantidad de iones que tiene. Es una capa con temperatura decreciente que se extiende aproximadamente de 80 a 5000 km, por encima del nivel del mar. Aquí tiene lugar el fenómeno conocido como Auroras boreales.

² Hidden Nature, 2019.

5. **Exosfera:** es la capa más exterior y extensa de la atmósfera. Se encuentra a partir de los 500 km de altura desde el nivel del mar y en ella los gases atmosféricos como el oxígeno y el nitrógeno casi no existen, ~~apenas hay~~ moléculas de materia. Esta capa la exploran los satélites artificiales y ~~no tienen~~ menor influencia sobre los fenómenos meteorológicos. Es considerada la zona transitoria entre la atmósfera terrestre y el espacio interplanetario.



¿Cuál es la función de la atmósfera?

La energía solar calienta la superficie terrestre sólo durante el día, mientras que la superficie terrestre emite constantemente radiación infrarroja hacia el exterior tanto durante el día como durante la noche. Si la atmósfera no existiese y no hubiera estos mecanismos de transferencia de calor, la superficie terrestre estaría en equilibrio de radiación (la cantidad de energía que absorbe es igual a la que emite Sin el efecto invernadero estaríamos perpetuamente congelados, con temperaturas medias globales de cerca de -15 °C (bajo cero), en lugar de los confortables 15 °C (sobre cero), que es la temperatura media del planeta. Físicamente, la temperatura de la superficie terrestre depende de tres factores: la radiación solar que recibe; la reflectividad de su superficie (albedo) y la cantidad de calor proporcionada por la atmósfera¹.

Se conoce como efecto invernadero a la acción de determinados componentes de la atmósfera (gases de invernadero). Esa acción consiste en la absorción de parte de la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre y su irradiación devuelta hacia abajo, esto permite que la atmósfera de la Tierra se caliente. Como ya sabemos, la atmósfera es una mezcla de gases, partículas sólidas y líquidas que se encuentran suspendidas en ella; sin embargo, no todos sus componentes participan en este fenómeno, tan solo el 1% de ellos son considerados **gases de efecto invernadero (GEI)**, los más importantes son el vapor de agua (H₂O) y el dióxido de carbono (CO₂), los demás GEI (CH₄, NO_x, clorofluorocarbonos, etc.) se conocen como **gases traza (GT)** por su limitada concentración en la atmósfera³.

El nombre de efecto invernadero se asigna por la similitud que este fenómeno tiene con las instalaciones construidas para cultivar plantas en un ambiente más cálido que el exterior; en la que el techo de esta tiene la misma propiedad que la atmósfera, dejar entrar la radiación solar y retener la terrestre generada en su interior⁴.

En el fenómeno del efecto invernadero, la atmósfera actúa como un filtro radiativo que deja pasar los rayos solares; algunos de ellos son absorbidos por la superficie (continente y océano), esta se calienta y emite una radiación terrestre, la cual es absorbida (retenida) por el vapor de agua y CO₂ contenidos en la atmósfera y las nubes. Las capas atmosféricas y las nubes van sucesivamente, absorbiendo,

³ Benavides & León, 2007.

⁴ Garduño, 2007.

calentándose y remitiendo hacia arriba y hacia abajo, radiación térmica procedente de abajo. El resultado de este complejo mecanismo es sencillo, la atmósfera superficial es cálida y se va enfriando conforme se asciende a través de ella. Es importante mencionar que otra parte de la radiación solar que llega a la Tierra es reflejada hacia arriba por las nubes y la superficie y otra es dispersada en todas direcciones por la atmósfera; mientras que una parte de la radiación terrestre es remitida por la atmósfera y las nubes, otra se fuga al espacio⁴ (Figura 2).



Figura 2. Representación del fenómeno de efecto invernadero. (tomado de <https://www.diario.eco/por-que-esta-cambiando-el-clima-que-es-el-efecto-invernadero/>)

Este efecto ha existido desde que la Tierra tiene atmósfera, hace unos 4,000 millones de años y es de suma importancia para lograr que nuestro planeta sea un lugar adecuado para que la vida exista en él.

Otra función muy importante de la atmósfera es el papel que tiene en el equilibrio que mantiene entre la salida (destrucción) y entrada (producción) de los gases que la conforman. Este balance es continuo, nunca tiene fin, por lo que se considera cíclico, es por eso a estos procesos de continuo recambio los conocemos como los **ciclos biogeoquímicos** del planeta¹. Estos ciclos describen los caminos que siguen los nutrientes (elementos y moléculas que constituyen la estructura básica de la vida) de las partes abióticas (sin vida) a las partes bióticas (con vida) de los

ecosistemas y de nuevo regresan a las partes bióticas. Gracias a los ciclos biogeoquímicos es posible que los elementos se encuentren disponibles para ser usados una y otra vez por diferentes organismos: sin ellos, la vida se extinguiría. Es importante aclarar que las principales reservas de estos nutrientes se encuentran en el ambiente abiótico⁵.



Los ciclos biogeoquímicos se pueden dividir en ciclos atmosféricos cuya principal reserva se encuentra en la atmósfera, como el del carbono y el nitrógeno y los ciclos sedimentarios, como el del fósforo y el azufre, cuya principal reserva se encuentra en el suelo de las rocas sedimentarias. A pesar de tener esta clasificación, la atmósfera tiene un papel fundamental en cada uno de ellos, ya que es el lugar de depósito o dispersión de estos nutrientes⁵.

Por ejemplo, el nitrógeno es removido de la atmósfera principalmente por procesos biológicos que involucran las bacterias presentes en los suelos, y retorna a la atmósfera por medio de la degradación de la materia orgánica por la acción de microorganismos. El oxígeno, por su parte, es removido de la atmósfera por la degradación de la materia orgánica y por los procesos de oxidación en los que se combina con otras sustancias. El oxígeno también es consumido en la respiración de los seres vivos, por la que se libera dióxido de carbono. La incorporación de oxígeno a la atmósfera ocurre, en cambio, en los procesos de fotosíntesis¹.

Existen enormes variaciones en el volumen del vapor de agua según las zonas: cerca de la superficie, en las regiones tropicales, el vapor de agua puede constituir hasta el 4 % de los gases atmosféricos, mientras que en regiones polares representa bastante menos del 1 %. El vapor de agua no sólo es un componente de la atmósfera extremadamente importante por su papel en los procesos de condensación del agua, sino también porque constituye una reserva de calor. El vapor de agua se transforma en agua líquida durante la condensación; en ese proceso se liberan grandes cantidades de energía (calor latente) que constituyen el "motor" de fenómenos meteorológicos, como las tormentas y los huracanes. Asimismo, cumple un papel importante en el balance de calor del sistema Tierra-atmósfera¹.

El dióxido de carbono, un componente natural de la atmósfera, ocupa alrededor del 0,036% del volumen del aire, lo que es un pequeño pero importante porcentaje. Este entra a la atmósfera sobre todo por la degradación de la materia vegetal, pero también lo hace por las erupciones volcánicas, la respiración de los seres vivos y, como veremos más adelante, por actividades humanas, como el uso de combustibles y la deforestación. El dióxido de carbono es removido de la atmósfera por los procesos de fotosíntesis. Los océanos actúan como reservorios enormes de dióxido de carbono, debido a que el fitoplancton lo fija en sus células. Este gas, que se disuelve directamente en el agua superficial, se mezcla "hacia abajo" y circula hasta

⁵ B@UNAM, s/f.

las grandes profundidades. Se estima que los océanos almacenan más de 50 veces el dióxido de carbono presente en la atmósfera¹.

Además del nitrógeno, el oxígeno, el vapor de agua y el dióxido de carbono, que son los gases principales, la atmósfera contiene otros en menor proporción que afectan el clima. Los más importantes son el ozono (O₃), el metano (CH₄), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los clorofluorocarbonos.



En la atmósfera también están presentes tanto nubes de agua líquida y de cristales de hielo como impurezas provenientes de fuentes naturales y humanas. Partículas de polvo, suelo y sal marina son incorporadas a ella por acción del viento y cumplen un papel beneficioso al actuar como superficies donde el agua se condensa para formar las gotas de nubes. En cambio, las partículas que se introducen a la atmósfera por acciones humanas constituyen, por su acción contaminante, un riesgo para el sistema Tierra-atmósfera¹.

A pesar de que generalmente se estudia de manera independiente a cada ciclo, es importante comprender que todos ellos están relacionados estrechamente, el proceso es continuo y los nutrientes viajan entre la atmósfera (aire), la hidrósfera (agua) y la litosfera (suelo) y suceden en cada uno de los ecosistemas del planeta (Figura 3).

¿El aire se mueve?

Nuestro planeta y su atmósfera se calientan por el calor que reciben del sol. El sistema irradia la misma cantidad de calor recibida, nuevamente hacia el espacio, de manera que, en conjunto, se mantiene el equilibrio y la temperatura global no cambia, pero este equilibrio de calor es válido para el planeta en conjunto y no para una determinada zona. La región ecuatorial recibe más calor del que se desprende o pierde, mientras que las áreas polares irradian al espacio más calor del que reciben; sin embargo, ni los polos se vuelven más fríos ni las zonas ecuatoriales aumentan su calor, lo que se debe a que el calor viaja a las regiones polares, manteniéndose las temperaturas relativamente uniformes⁶.

⁶ Jáuregui, 2003.

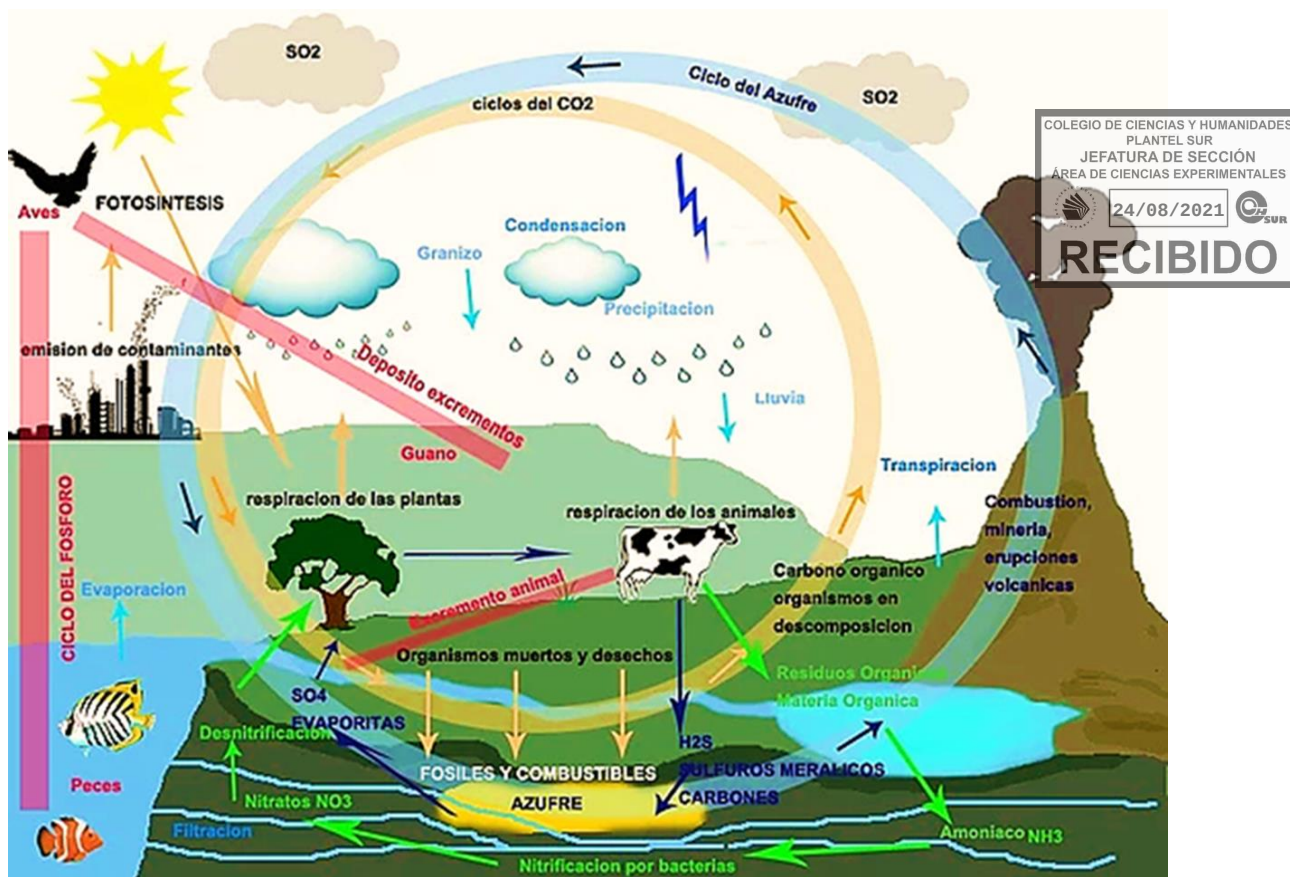


Figura 3. Representación gráfica de los ciclos biogeoquímicos.

Este intercambio de calor se lleva a cabo por medio de los movimientos atmosféricos a escala planetaria y que se denominan la **circulación general**. Entonces, la circulación del aire en la atmósfera se realiza por el intercambio de calor que se produce entre los gases o fluidos calientes que ascienden y los gases fríos que descienden. Este intercambio de energía se llama **convección**. La circulación general atmosférica se produce, pues, por convección⁶.

A causa de la rotación de la Tierra, la circulación de los vientos no es la misma en todos los sitios. En el hemisferio norte, la rotación de la Tierra desvía los vientos de manera que se mueven en el sentido de las agujas del reloj alrededor de un área de alta presión (anticiclón), y en sentido

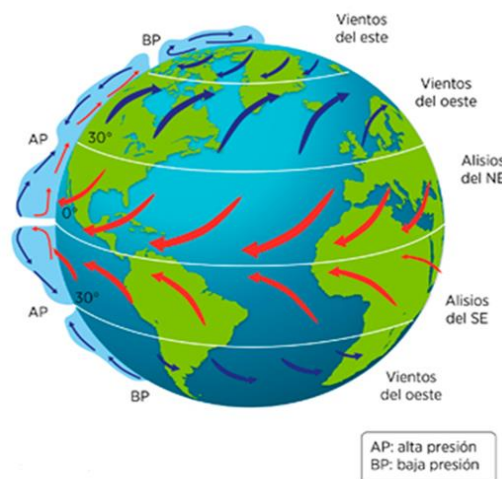


Figura 4. Patrones de circulación atmosférica. (modificado de <https://www.aprendeconenergia.cl/el-viento-infinita-fuerza-energetica/>)

contrario en un área de bajas presiones (depresión o ciclón). En el hemisferio sur los vientos se mueven en sentido contrario⁷.

En las zonas ecuatoriales la temperatura del aire que está más en contacto con la superficie es muy elevada y la presión es baja. Esto provoca que el aire ecuatorial bajo suba hasta la tropopausa circule hacia el norte o el sur y se vaya enfriando. A causa de este cambio de temperatura y al cambio de presión, el aire desciende hasta las zonas bajas de la troposfera y vuelve al ecuador, cerrando el ciclo. A este ciclo se le llama **celda de convección**. Debido al movimiento de la rotación de la Tierra en cada hemisferio se pueden encontrar tres filas de celdas convectivas⁸ (Figura 4).

De no existir esta circulación en un mundo sin vientos, los trópicos se volverían intolerablemente calientes y el resto del planeta se tornaría muy helado, las ciudades se quedarían con sus propias emanaciones tóxicas⁶.

La circulación del aire de manera vertical, sin embargo, también puede hacerlo de manera horizontal con ayuda del viento y el movimiento de rotación de la Tierra. La combinación de todos los movimientos del aire crea los patrones climáticos característicos de las diferentes regiones del mundo⁶.

El **viento** es aire en movimiento en dirección horizontal a lo largo de la superficie terrestre. Este desplazamiento es consecuencia de las diferencias de presión y temperatura entre distintas zonas. El viento va de las zonas de alta presión a las de baja presión intentando igualarlas. Hay dos parámetros importantes relacionados con el viento: la velocidad, que nos indica si es fuerte o débil, y su dirección. La dirección se mide con la veleta y la velocidad con el anemómetro⁸ (Figura 5).



Figura 5. Instrumentos para medir la dirección (a) y la velocidad (b) del viento.

Según la dirección desde donde proviene el viento, se tiene una idea del posible aporte de calor (temperatura) y de vapor de agua que hará a la zona que llega. En cuanto a la velocidad, depende del gradiente de presión (diferencia entre 2 sitios, dividido la distancia que los separa), ya que cuanto mayor sea, mayor será la velocidad resultante.

Aparte del gradiente de presión, hay otros factores que lo desvían en mayor o menor

⁷ Ambientum, 2021.

⁸ Canaltiempo21, s/f.

proporción. Por ejemplo, las irregularidades de las superficies por las que circula (espejos de agua, vegetación baja, árboles, zonas urbanas), la topografía (llanos, serranías, montañas), etc., que además de modificar su dirección, **lo tornan desordenado, caótico e impredecible**. El relieve del terreno también **reduce la velocidad**, por la fricción entre el aire y la superficie y contribuye a **un flujo desordenado**. Si la superficie fuese muy lisa, el viento tendría un flujo laminar, ordenado; se puede comparar con el fluir de un río: el agua se desplaza más veloz y serena (flujo laminar) en el centro del curso, mientras que, en sus orillas, por rozar con la tierra, se mueve a menor velocidad, hay remolinos y su avance es tanto desordenado como turbulento⁹.



Los **vientos de superficie** son los que están afectados no sólo por el gradiente de presión, sino también por el rozamiento con la superficie del suelo; mientras que llamamos vientos de altura a los que no son desviados por esta fuerza⁹.

Condicionados a la orografía tenemos el **efecto barrera** de una cordillera que se opone al flujo de viento con nubosidad de estancamiento en la ladera de barlovento; mientras, en la ladera opuesta de sotavento, los cielos aparecen más despejados y el aire más cálido y seco por efecto foehn. Los valles de los ríos, los angostos pasos de montaña redirigen y refuerzan las corrientes de aire. Las laderas de las montañas crean inestabilidad con viento vertical, con formación de nubes convectivas de desarrollo y régimen de tormentas. Es así como la contextura geográfica (fija) influye sobre el carácter de los vientos (variables) que llegan a ella. Así se tiene el tipo local y regional del tiempo atmosférico y del clima¹⁰.

Además de calor, el aire arrastra gases (vapor de agua u otros gases disueltos) y partículas sólidas y líquidas (tierra, polen, gotas, etc.), favoreciendo una redistribución de estas, en sentido vertical (convección)⁹.

La evaporación de un líquido ya sea desde el aire o desde una superficie sólida (por ejemplo, una gota en el aire o luego de impactar en una hoja), dependerá de su presión de vapor (condicionada por la temperatura) y por la humedad relativa del aire que lo rodea. Este proceso es paulatino y su velocidad dependerá del gradiente de humedad que exista entre la fuente del líquido y el aire. Si el aire está calmo, este gradiente por saturación se hará muy pequeño, haciendo más lento el proceso. A la inversa si el aire está en movimiento (presencia de viento) el ambiente circundante alrededor del líquido nunca se saturará, por lo que la evaporación será más rápida (y menor la vida media si se tratara de gotas). Es por este motivo que los días de viento producen un mayor secado. Estas características son las responsables del tiempo atmosférico y clima de una región⁹.

⁹ Massaro *et al.*, 2021.

¹⁰ Santana, 2020.

¿Cuál es la diferencia entre el tiempo atmosférico y clima?

Se considera como **tiempo atmosférico** a las condiciones atmosféricas en un momento dado para un determinado lugar. Es el estado en que se encuentra la atmósfera en ese momento en cortos períodos, generalmente horas o pocos días. Si se asoma a la ventana, se podrá observar cómo está el tiempo atmosférico. Por ejemplo, soleado, la temperatura es agradable, hay mucha humedad, está lloviendo, etc. El tiempo atmosférico es entonces una condición de corta duración¹¹ (Figura 6a).

El **clima**, son las condiciones atmosféricas predominantes durante un período determinado sobre un lugar o una región, las cuales están controladas por: factores radiativos forzantes (radiación solar y efecto invernadero de la atmósfera), así como la interacción de la atmósfera con otros componentes del sistema Tierra (hidrósfera, biósfera, litósfera y antropósfera), y la influencia de factores físicos-geográficos (latitud, altitud sobre el nivel del mar, continentalidad, orografía, circulación atmosférica y corrientes marinas)¹¹ (Figura 6b).



Figura 6. a) representación del estado del tiempo atmosférico en un determinado momento.
b) representación del clima a través de las cuatro estaciones.

En México el clima está determinado por diversos factores, entre los que se encuentran la altitud, la latitud y la distribución existente de tierra y agua, por mencionar algunos. En el territorio nacional se identificaron 7 grandes tipos de clima. Destacan con mayor extensión los climas: Cálido Subhúmedo, Seco y Semiseco, Muy Seco o Seco Desértico; con menor superficie los climas: Cálido Húmedo, Templado subhúmedo, Templado Húmedo y Frío con la mínima superficie¹² (Figura 7).

¹¹ CIIFEN, 2021.

¹² SEMARNAT, 2010.

El clima de la cuenca de México es tropical (por su régimen de lluvias) moderado por la altitud a la que se ubica en el centro del país. De acuerdo con la clasificación climática universal (Köppen) es templado en su porción centro y sur, y seco de tipo estepa en la parte norte y oriente, donde las lluvias son escasas. Otras zonas semiárida de la cuenca del encuentra en la porción centro-oriental de la ciudad, donde la lluvia anual varía entre 400 y 550 mm, mientras que la temperatura anual oscila entre 15 y 17° C ^{13,14} (Figura 8).



Esta relativa aridez se explica por la subsidencia del aire en el centro de la cuenca durante el día, originada por el desplazamiento del aire superficial en dirección cuesta arriba de las montañas (vientos de valle). Así, durante la estación lluviosa, las nubes conectivas que se forman en el centro de la cuenca se ven parcialmente frenadas en su desarrollo vertical y, por lo tanto, un menor número de esas nubes que se llega a precipitar ahí¹³.

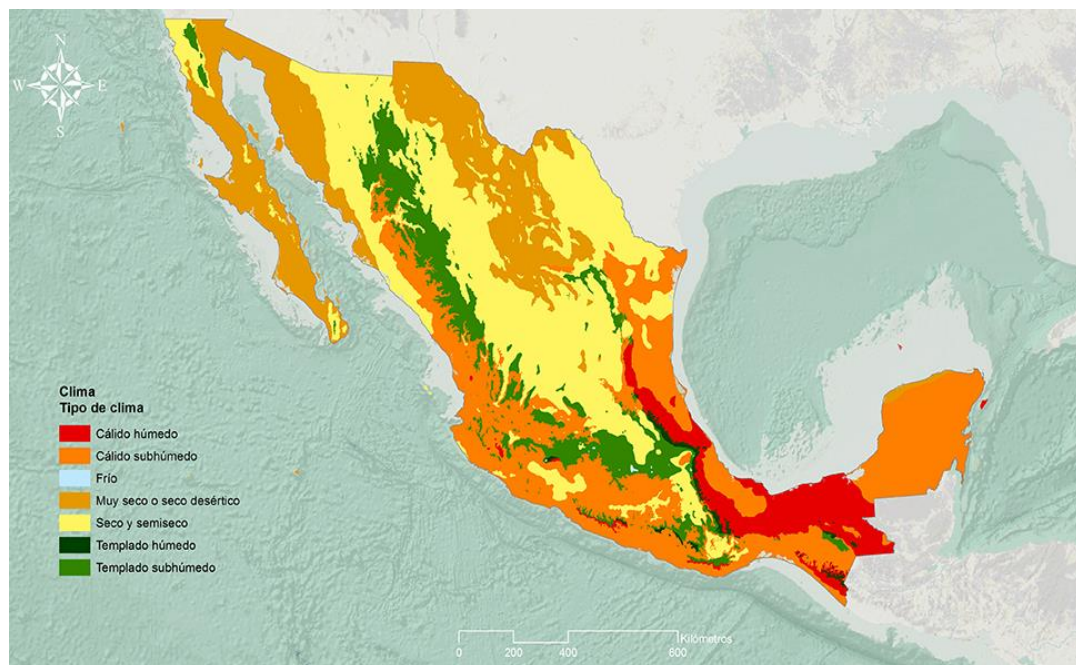


Figura 7. Ubicación de los climas que encontramos en México.

¹³ Jáuregui, 2000.

¹⁴ SNIGF, 2014.

En los años de lluvias escasas en la cuenca se acentúa la sequedad de esta parte de la ciudad, generándose entonces una mayor incidencia de las tolvaneras. Las lluvias son abundantes en el piedemonte por el levantamiento orográfico, aumentando a un máximo en el parteaguas de las montañas al oeste, sur y sureste, donde cae entre 700 y 1200 mm de lluvia al año en promedio. En el centro de la Cuenca y hacia el noreste las precipitaciones son escasas y más variables. Se ha observado que el proceso acelerado de urbanización que se desarrolla en la CDMX ha inducido el aumento en la frecuencia de aguaceros intensos, percibiendo su incremento en una quinta parte¹³.

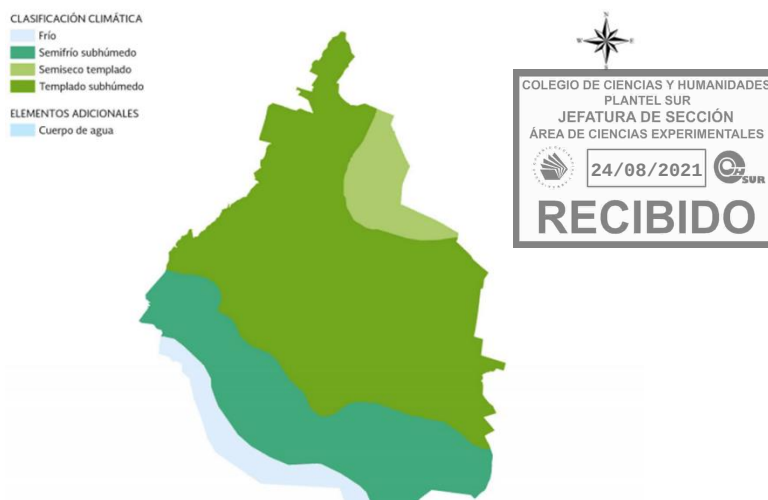


Figura 8. Clasificación de los climas de la CDMX.

¿Cómo se relaciona el clima con ...?

La *biodiversidad* o diversidad biológica, comprende la variedad de vida que se puede encontrar en un lugar, pero ¿cómo influye el clima en ella?, cada especie tiene una distribución geográfica única (lugares en donde la encontramos). Esta distribución depende directamente de las condiciones bióticas (vivas), abióticas (no vivas) y geográficas para sobrevivir, estas condiciones están determinadas a la vez por los **biomas** (tipo de ecosistema de una región), estos dependen principalmente del clima¹⁵.

El clima es el factor abiótico que determina dónde se encuentran los biomas terrestres, cada uno de ellos tiene un rango típico de temperatura y nivel de precipitación. Los biomas se ubican en bandas irregulares a lo largo de la Tierra en dirección norte-sur, las variaciones y patrones de estas bandas dependen de las variaciones en el clima. Como ya se mencionó anteriormente el clima se ve afectado por la latitud, altitud y el flujo de aire a lo largo del planeta¹⁵.

La *altitud*, se considera a la elevación sobre el nivel del mar y esto afecta al clima, ya que en general por cada 1,000 m de elevación, la temperatura disminuye 6°C. Debido a estos cambios de temperatura que se dan con la altitud (junto con la humedad y el tipo de suelo), una montaña puede tener distintos biomas a diferentes altitudes¹⁵.

¹⁵ Khan Academy, 2021.

Las montañas también afectan los patrones de lluvia, tanto en sus propias laderas como en áreas circundantes. Estas tienden a ser golpeadas por los vientos, que provienen de cierta dirección, por ejemplo, de los océanos, las laderas del lado de barlovento (el que recibe el viento) y las áreas cercanas tenderán a recibir mucha lluvia, sobre todo si esos vientos son numerosos. Esto sucede porque conforme el aire se eleva y se enfría al subir por las laderas, pierde su capacidad de retener agua y deja caer la humedad adicional como lluvia. El aire que logra pasar sobre la montaña es seco, por lo que el otro lado (sotavento) tiende a tener un clima similar al desierto. Esta zona seca del sotavento se conoce como **sombra orográfica**^{15,16} (Figura 9).

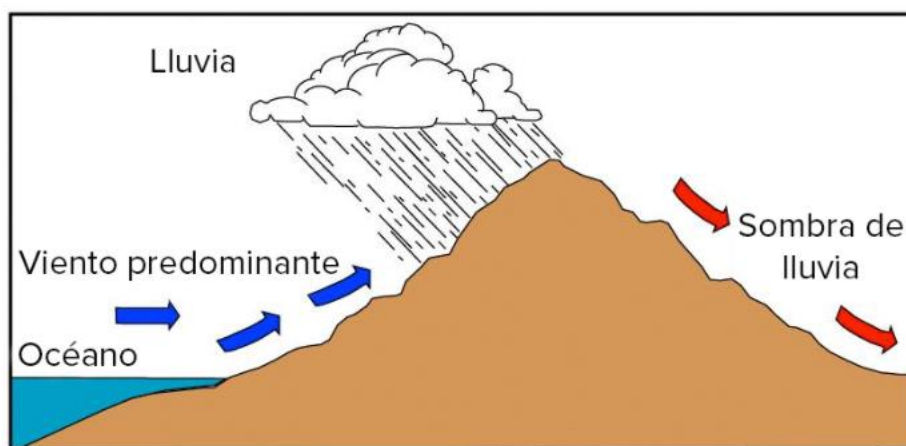


Figura 9. Representación del efecto de sombra orográfica.

Lagos, arroyos y océanos. Los cuerpos de agua, sobre todo los grandes como océanos y lagos pueden afectar el clima de las regiones cercanas de diversas formas, incluso cuando no hay montañas.

Los cuerpos de agua minimizan los cambios de temperatura en las masas continentales cercanas. Es decir, evitan que las temperaturas altas y bajas sean tan extremas como lo serían en otras circunstancias. Las corrientes oceánicas transportan el agua de un lugar a otro y pueden afectar el clima de la tierra cercana de forma importante. Estas corrientes se producen como consecuencia de los patrones de los vientos, que impulsan el desplazamiento de grandes cantidades de agua¹⁵ (Figura 10). Las corrientes marinas también están estrechamente relacionadas con los patrones de distribución de varias especies marinas¹⁷.

¹⁶ Martínez, 2007.

¹⁷ SINC, 2012.

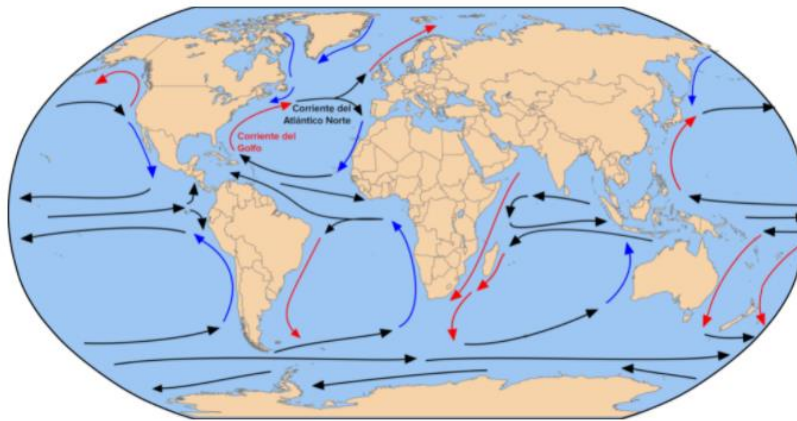


Figura 10. Representación de las principales corrientes oceánicas cálidas (rojo), neutras (negro) y frías (azul).

¿Qué otras funciones tiene el viento?

Como ya revisamos el viento es el responsable de mover grandes masas de agua y de aire a lo largo de la Tierra, estos generan los climas de las distintas regiones y promueven la biodiversidad en ellas, sin embargo, el viento también tiene distintas funciones a escalas locales, pero que pueden pasar a escalas globales por los patrones de circulación vistos anteriormente. Otra de las funciones que tiene el viento es la distribución.

Las plantas producen semillas como resultado de la fecundación en las flores, estas son los órganos que van a permitir la diseminación del organismo. Muchas de ellas están compuestas por otras estructuras (otras semillas, el fruto o parte de él, flores, inflorescencias u otras estructuras) que permitirán la diseminación, al conjunto de estas se les llama **diáspora**¹⁸. Las diásporas aprovechan la fuerza del viento para recorrer grandes distancias y favorecer la dispersión de las semillas, a este evento se le conoce como **anemocoria**¹⁹. Pese a que resulta una buena manera de colonizar nuevos lugares, el resultado es aleatorio ya que en el recorrido se pierden numerosas semillas que llegan a ambientes que no tienen las condiciones necesarias que les permitan desarrollarse²⁰.

Las plantas han desarrollado una gran variedad de diásporas que facilitan la suspensión en el aire, alargando de esta manera la distancia recorrida, por ejemplo, apéndices como aristas, coronas de pelos y coronas membranáceas¹⁹ (Figura 11).

¹⁸ Guárdia, 2013.

¹⁹ Alcaraz, 2013.

²⁰ Vilches *et al.* 2018.



Figura 11. Imágenes de distintos tipos de diásporas que se dispersan por anemocoria.

Las semillas de las plantas no son la única estructura de ellas que aprovecha el viento para su dispersión, los granos de polen también lo hacen. Algunos hongos y plantas también se valen del viento para dispersar sus esporas²⁰.

El viento no solo ayuda a la distribución de semillas, polen y esporas, también interviene en la dispersión de contaminantes atmosféricos. La mayoría de ellos se difunden en la parte baja de la tropósfera, donde interactúan entre sí y con los demás compuestos presentes, antes de su deposición. Otros ascienden a alturas considerables y son transportados hasta lugares muy alejados del foco emisor. Algunos logran traspasar la tropopausa e introducirse en la estratosfera²¹.

En general, se considera que en las áreas continentales se encuentran los focos emisores de estos contaminantes, mientras que los océanos, por su extensión, son los principales depósitos de retorno y en menor medida el suelo. El regreso a la superficie (**inmisión**) de estos contaminantes puede suceder por deposición húmeda (a través de la lluvia, la nieve la niebla o el rocío) o por deposición seca (debida a fenómenos gravitacionales y de adsorción)²². Si los niveles de inmisión no son los adecuados, disminuye la calidad del aire y se originan efectos negativos seres humanos, biosfera, animales, etc., que revisaremos más adelante.

Las propiedades y características del viento se han utilizado a través del tiempo por la humanidad, su energía se ha utilizado para labores agrícolas como en el molido de granos, bombeo de agua y otras aplicaciones mecánicas, sin embargo, en la actualidad ha aumentado a nivel mundial el uso de la **energía eólica** (energía del

²¹ CEUPE, s/f.

²² SIAC, s/f.

viento) como fuente de generación y suministro de electricidad sin la generación de contaminantes (**energía limpia**) ^{23,24}.

El desarrollo de la energía eólica a escala mundial es notable, representando ya una parte importante de la capacidad eléctrica global con fuentes renovables. La industria eólica mundial enfoca su atención hacia países en desarrollo con ubicaciones idóneas para la instalación de centrales eólicas. México se encuentra en ese grupo de países con locaciones idóneas para la explotación eólica en gran escala. Los primeros estudios serios de alcance nacional para valorar las cualidades y distribución de los vientos en el territorio mexicano se realizaron en 1980. Desde entonces sobresalió la región sur del istmo de Tehuantepec, en el estado de Oaxaca, donde la velocidad media anual de los vientos excede 10 m/s, siendo que en promedio en el mundo se aprovechan vientos de 6.5 m/s para la generación de energía. Los vientos en el istmo de Tehuantepec son además relativamente estables, un porcentaje alto de horas por año, de ahí que su potencial energético sea considerado como excelente. Las características topográficas del istmo de Tehuantepec son igualmente favorables para la instalación de centrales eoloelectricas. Todo ello lo distingue como uno de los sitios más atractivos en el mundo para la explotación eólica en escala comercial²⁵.

A nivel nacional, para el año 2021, con 68 parques eólicos en operación, ubicados en 14 estados siendo Oaxaca el de mayor producción (Figura 12), que en conjunto de manera anual producen en promedio 21.14 TW lo que equivale al consumo de 14 millones de hogares, la producción de esta energía limita las emisiones de CO₂ por año de hasta 12.2 millones de toneladas²⁴.

¿Qué es la contaminación atmosférica?

La **contaminación atmosférica** se entiende como la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza. Existe contaminación ambiental de origen natural, por erupciones volcánicas, incendios, tormentas de arena, descomposición de la materia orgánica o polen. Sin embargo, a partir del descubrimiento del fuego por el humano se inicia la contaminación antropogénica. A partir de la Revolución Industrial y el uso de combustibles fósiles como fuente de energía se generó un incremento en los niveles de contaminantes atmosféricos²⁶.

²³ Pinilla, 2008.

²⁴ AMDEE, 2018.

²⁵ Juárez-Hernández & León, 2014.

²⁶ Montañó & Sandoval, 2007.



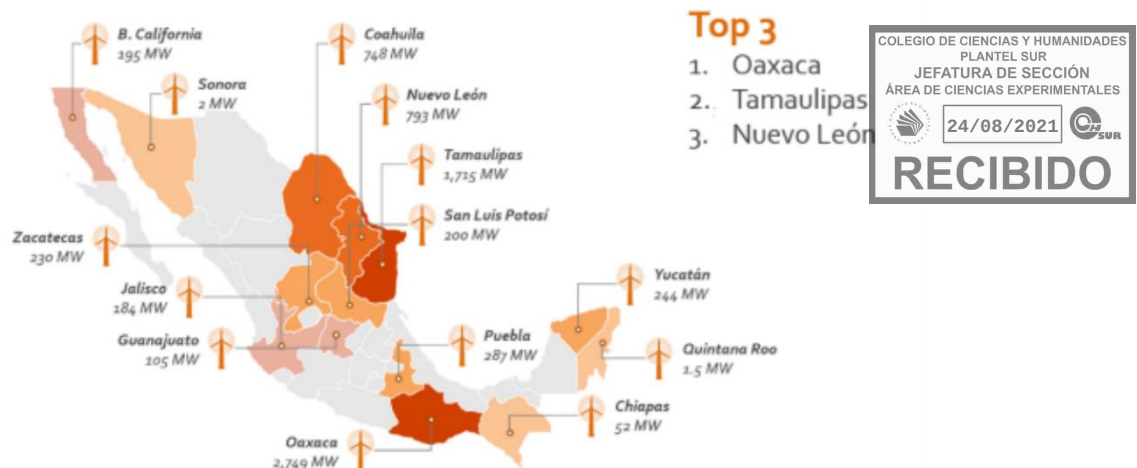


Figura 12. Ubicación de los parques eólicos y su producción en México durante el año 2021, de acuerdo con la AMDEE.

La contaminación atmosférica tiene efectos a nivel local, regional y global. Las principales ciudades de países como Japón, China y México enfrentan graves problemas en su calidad del aire. Además de los efectos locales asociados a la mala calidad del aire en la salud de las personas, también se presentan efectos a nivel regional como la afectación de los bosques y ecosistemas acuáticos debido a la lluvia ácida, o incluso a nivel mundial, como el cambio climático y la reducción de la capa de ozono estratosférico²⁷.

El problema de la contaminación del aire se ha observado que está directamente relacionado con la cantidad de personas que viven en un área y con las actividades que realizan; por ejemplo, cuando una población es pequeña y su uso de energía es bajo, el impacto humano en la calidad del aire es mínimo, ya que los contaminantes que se liberan en el aire son diluidos y transportados por el viento, lavados del aire por la lluvia o reaccionan con el oxígeno del aire para conformar materiales inocuos. En las áreas urbanas industrializadas, los contaminantes no siempre pueden diluirse antes de que alcancen otra ciudad, debido a la alta concentración de estos²⁷.

¿Qué contamina nuestro aire?

Los contaminantes del aire se pueden clasificar según su origen como naturales y antropogénicos. Los primeros provienen de fuentes naturales y los segundos son derivados de las actividades humanas (Figura 13).

En la atmósfera se encuentran diversos compuestos que contribuyen a la contaminación del aire, estos se pueden clasificar en²⁸:

²⁷ PNUMA, 2002.

²⁸ Contreras *et al.* 2013.

a) **Contaminantes primarios.** Son vertidos directamente a la atmósfera por alguna fuente de emisión como chimeneas, automóviles, entre otros.

- **Óxido de azufre (SO_x).** Se forman por la combustión del azufre presente en el carbón y el petróleo. Los SO_x forman con la humedad aerosoles incrementando el poder corrosivo de la atmósfera, disminuyendo la visibilidad y provocando la lluvia ácida.
- **Monóxido de carbono (CO).** Es el contaminante más abundante en la capa inferior de la atmósfera. Se produce por la combustión incompleta de compuestos de carbono. Es un gas inestable que se oxida generando dióxido de carbono (CO_2) alrededor del 70% del CO_2 proviene de los vehículos.
- **Óxido de nitrógeno (NO_x).** Se producen por la combustión de productos fósiles, destacando los vehículos, carbón y quema de madera. La producción de fertilizantes y explosivos, tabaco y calderas generan emisiones importantes de NO_x . El monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2) requieren especial atención. El NO se oxida formando NO_2 mientras que el NO es precursor del smog fotoquímico.
- **Partículas.** Es material respirable presente en la atmósfera en forma sólida o líquida (polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, entre otras). De acuerdo con su tamaño se pueden dividir en dos grupos principales: las de diámetro aerodinámico igual o inferior a $10\text{ }\mu\text{m}$ (PM_{10}) y las fracciones y las de fracción respirable más pequeña ($\text{PM}_{2.5}$).
- **Hidrocarburos (HC).** Las emisiones de HC están asociadas a la mala combustión de derivados del petróleo. Las fuentes más importantes de emisión son el transporte por carretera, los disolventes, pinturas, vertederos y la producción de energía. Los de mayor interés son los compuestos orgánicos volátiles (COV), dioxinas, furanos, bifelinos policlorados (PCB) y los hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH).

b) **Contaminantes secundarios.** Son los contaminantes originados en el aire como consecuencia de la transformación y reacciones químicas que sufren los contaminantes primarios en la atmósfera.

- **Ozono (O_3).** El O_3 forma parte de la composición de la atmósfera, sin embargo, a baja altura resulta perjudicial por su carácter oxidante, reactivo, corrosivo y tóxico, por lo que reacciona con rapidez generando compuestos secundarios.



- **Lluvia ácida.** Se refiere al proceso por el cual ciertos ácidos que se forman en la atmósfera a partir de los contaminantes se precipitan a la tierra. El SO_2 (dióxido de azufre) y los NO_x , causan la lluvia ácida. Estas sustancias en presencia de agua, O_2 y otros compuestos químicos forman ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido nítrico (HNO_3) respectivamente, que se precipitan a la tierra en forma líquida cuando se presentan lluvias o en forma seca en presencia de nevadas o neblinas. El pH de la lluvia normal es de alrededor de 6, mientras que la lluvia ácida presenta un pH menor a 5.
- **Contaminación fotoquímica.** La constituyen la luz solar y sustancias susceptibles de ser oxidadas. El smog fotoquímico es una mezcla de contaminantes que se forman por reacciones producidas por la luz solar al incidir sobre los contaminantes primarios.

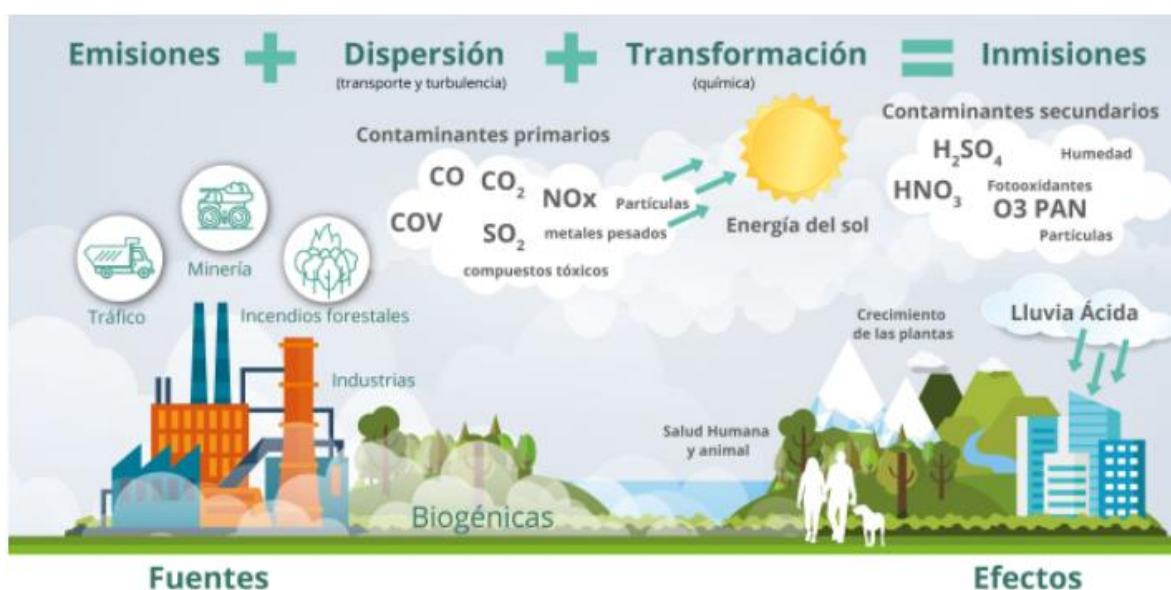


Figura 13. Tipos, fuentes y efectos de los contaminantes. (tomado de <https://sites.google.com/site/ahorroydesarrollo/desarrollo-sostenible-1/impactos-de-la-actividad-humana>)

¿Cómo viajan los contaminantes de un lugar a otro?

El transporte y dispersión de contaminantes en el aire están influenciados por factores como las variaciones globales y locales del clima y las condiciones topográficas locales. A escala mundial las variaciones del clima influyen sobre el movimiento de los contaminantes. A nivel local, los principales factores de transporte y dispersión de estos son el viento y la estabilidad, mientras que la dispersión depende de turbulencias horizontales o verticales de la atmósfera²⁹.

²⁹ Inche, 2004.

- a) **Viento.** La velocidad del viento puede afectar en gran medida la concentración de contaminantes en un área. Mientras mayor sea la velocidad del viento, menor será la concentración de contaminantes. El viento diluye y dispersa rápidamente los contaminantes en el área circundante.

- b) **Estabilidad atmosférica.** El aire cerca de la superficie de la tierra es más caliente en el día debido a la absorción de la energía solar. El aire más caliente y liviano de la superficie sube y se mezcla con el aire más frío y pesado. Este movimiento constante del aire crea condiciones inestables y dispersa el aire contaminado. Cuando el aire caliente está por encima del aire frío se presentan condiciones estables y se inhibe la mezcla vertical, a esto se le conoce como inversión térmica. Cuando la mezcla vertical no existe o es poca, los contaminantes permanecen en la zona baja y su concentración es mayor (Figura 14).

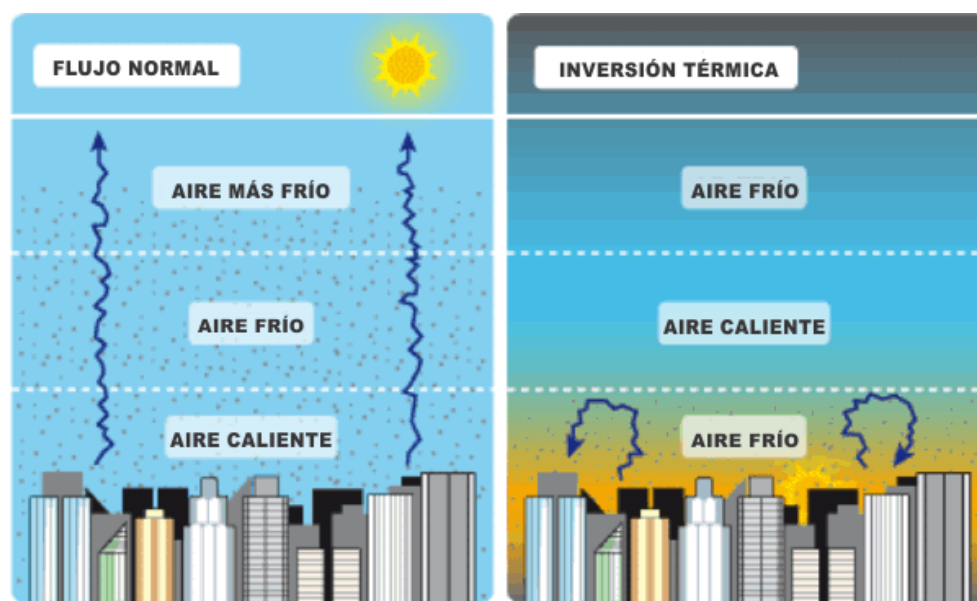


Figura 14. Esquema del flujo vertical normal del aire y de Inversión térmica. (tomado de <http://trabajocalidaddelaire.blogspot.com/2016/11/235-inversion-termica.html>)

- c) **Radiación solar.** Influye en la formación de ozono, ya que permiten la reacción de vapores orgánicos con los óxidos de nitrógeno.
- d) **Precipitación.** Lava las partículas contaminantes del aire y ayuda a minimizar las partículas provenientes de actividades como la construcción y procesos industriales.
- e) **Topografía.** El relieve que rodea a las localidades interviene en el flujo del aire. Las localidades que presentan una topografía compleja como valles o cadenas

montañosas experimentan altas concentraciones de contaminantes en el aire, debido a que la topografía actúa como una barrera que limita el flujo del aire.

¿Qué sucede con la contaminación atmosférica en México?

La calidad del aire en una zona determinada, además de ser afectada por elementos climáticos y geográficos, está relacionada directamente con el volumen y características de los contaminantes emitidos, tanto local como regionalmente a la atmósfera. Por ello, un componente indispensable para el diseño y la aplicación de cualquier programa para controlar el problema de la contaminación del aire es la información sobre las principales fuentes de contaminantes atmosféricos y los volúmenes emitidos²⁸.



En el 2001 se inició en México un programa para incrementar los inventarios de emisiones en el país, el Inventario Nacional de Emisiones de México (INEM)²⁸, que posteriormente en el 2014 se convirtió en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) que se encuentra a cargo del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Este instrumento de gestión ambiental nos permite conocer las emisiones que se originan por las actividades humanas en todo el territorio nacional y con base en él se desarrollan políticas públicas de cambio climático orientadas a la mitigación de las emisiones del GEI en los diferentes sectores de la vida económica³⁰.

El desarrollo económico e industrial en México no se distribuye de manera equitativa en los estados, este desarrollo se observa en mayor proporción en la zona metropolitana de la Ciudad de México y en los estados de Jalisco y Nuevo León, principalmente³⁰.

Debido a esta situación es de esperar que estas localidades sean las que presentan un deterioro mayor en su calidad atmosférica. En el mapa de la Figura 15 se observa la aportación al capital total del país por entidad federativa durante el año 2013, mientras que en la gráfica se puede apreciar la emisión y el origen de los contaminantes emitidos por cada entidad durante el 2005. Aunque los datos no corresponden en años, se puede observar la relación antes mencionada, que las grandes urbes mexicanas su calidad atmosférica es menor debido a la fuente de sus contaminantes³⁰.

³⁰ INECC, 2018.

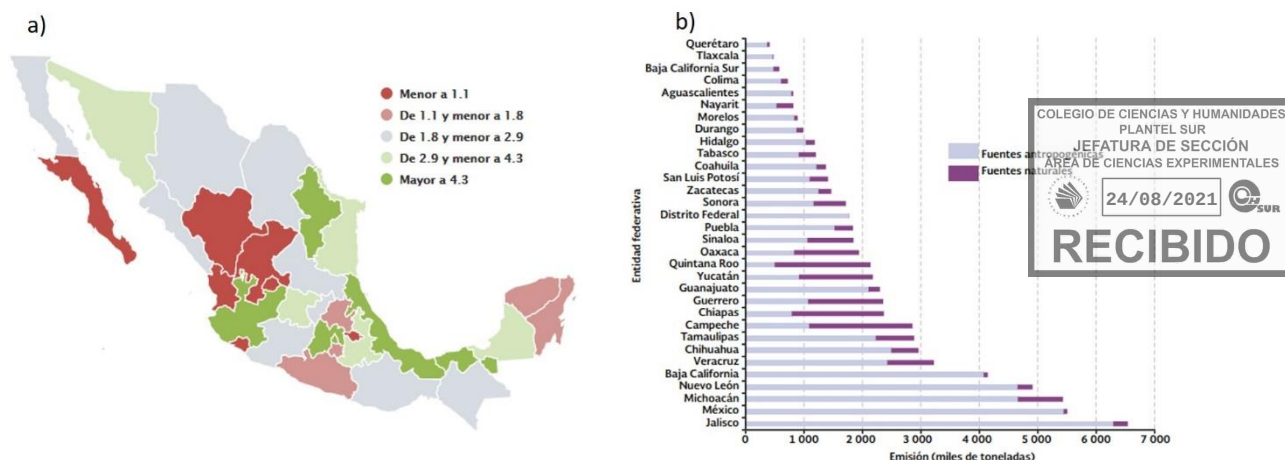


Figura 15. a) Acervo total del país por entidad federativa. b) Emisión total de contaminantes por entidad federativa. (tomados de https://www.inegi.org.mx/temas/acervos/#Informacion_general y https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/05_atmosfera/cap5_1.html respectivamente)

En la actualización del INEGYCEI 1990-2017, las emisiones crecieron 65%, a un ritmo anual de 1.9%. A pesar de este crecimiento, el ritmo durante los últimos 7 años es menor, ya que se ha reducido la tasa anual de crecimiento a 0.5%³⁰. Lo anterior debido a una disminución en el uso de petróleo y carbón, incrementos en la eficiencia del sistema de generación de energía eléctrica, un fuerte incremento en la generación con base en energías renovables, así como un ligero aumento en el uso de gas natural³¹.

Las fuentes de GEI que se consideran para su monitoreo a nivel nacional se dividen en ocho sectores. En la Figura 16 la contribución anual de los más representativos en un periodo de 17 años a nivel nacional³⁰.

Para medir y evaluar el impacto de la contaminación del aire en la población y los recursos naturales, es indispensable contar con sistemas, redes y programas adecuados de medición de la calidad del aire. El establecimiento de **Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire**, SMCA, ha permitido que las autoridades ambientales de la mayoría de las grandes ciudades en el mundo enfrenten la problemática urbana de la contaminación atmosférica. Los SMCA se han convertido en una herramienta que permite conocer, con niveles aceptables de confiabilidad, la calidad del aire con respecto a contaminantes específicos y formular, con base en los datos obtenidos, las estrategias de control y las medidas oportunas y adecuadas para una efectiva gestión ambiental³⁰.

³¹ SENER, 2018.

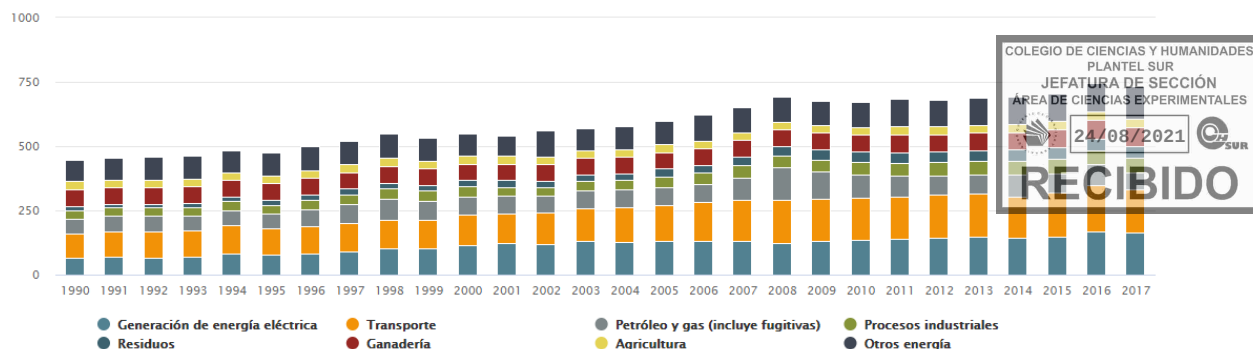


Figura 16. Distribución de las emisiones de carbono negro por sector en 2017 (tomado de <https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/Emisiones.html>)

Actualmente en México existen 34 SMCA, distribuidos en 30 entidades federativas. Quintana Roo y Baja California Sur son las únicas entidades que no poseen un SMCA en su territorio. En su conjunto, estos SMCA agrupan un total de 249 estaciones de monitoreo/muestreo repartidas en un total de 103 ciudades y zonas metropolitanas (Figura 17). El monitoreo de la calidad del aire es una actividad fundamental para los gobiernos de los estados. En general, el monitoreo de la calidad del aire es útil para³¹:

- Informar y prevenir a la población sobre los niveles de contaminación y sus posibles riesgos.
- Proporcionar información inmediata para la activación o desactivación de alertas o procedimientos de emergencia.
- Evaluar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de salud ambiental.
- Cuantificar los niveles de exposición de la población a la contaminación del aire.
- Evaluar y dar seguimiento a las estrategias de gestión de la calidad del aire.

En México, en el año 1982, se implementó el **Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA)** como valor de referencia para informar a la población de las grandes ciudades sobre los niveles de contaminación del aire que prevalecen en su zona de residencia o trabajo. Su fundamento es el *Pollutant Standard Index* o PSI de los Estados Unidos de América y las normas de protección a la salud vigentes, de forma tal que establece en 100 puntos el límite de protección a la salud para cada contaminante. Desde 2006, este Índice tiene su fundamento en la Norma Ambiental del Distrito Federal NADF-009-AIRE-2006 en donde se establecen los requisitos para su cálculo y difusión²⁸.



Figura 17. Ubicación de las estaciones de monitoreo en el territorio nacional (tomado de <https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/Aire.html>)

Se calcula para cinco de los contaminantes criterio: dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono y partículas suspendidas. Se representa con una escala que va de 0 a 500, donde el valor de 100 se asigna al valor indicado por la Norma Oficial Mexicana para cada contaminante. Un valor menor a 100 se considera satisfactorio y con un bajo riesgo para la salud. Cualquier nivel superior a 100 implica algún riesgo para la salud, entre más grande es el valor del índice, mayor es la contaminación y el riesgo. Su propósito es facilitar la comprensión del vínculo entre los niveles de contaminación del aire y los efectos en la salud. Con este fin, el índice se divide en cinco categorías, cada una corresponde a un intervalo en el índice y señala el nivel de riesgo para la salud. Para simplificar su interpretación cada intervalo se representa mediante un color²⁸ como se muestra en la Tabla 2.

La calidad del aire en muchas ciudades, principalmente las capitales en crecimiento rápido de los países en desarrollo se han deteriorado, hasta el punto de causar trastornos respiratorios en los grupos de individuos más sensibles. La OMS estima que más de 600 millones de personas están expuestas a una concentración de dióxido de azufre (SO₂) muy superior a la que se puede considerar inofensiva. La cantidad se eleva a más de 1,000 millones si se considera la exposición a una concentración de partículas suspendidas totales (PST) por encima de los límites recomendados por la OMS³².

Como se ha mencionado anteriormente, el crecimiento demográfico, el incremento importante en el número de industrias en la producción de energía, las calefacciones y el flujo vehicular contribuyen a agravar la contaminación del aire. Los vientos llevan los contaminantes a grandes distancias de donde se originan, por lo que la

³² Weitzenfeld, 1992.

contaminación no se encuentra sólo alrededor de los principales centros urbanos, sino también de zonas lejanas donde la vida se ve amenazada por la lluvia ácida³².

Tabla 2. Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), se indican los colores de calidad del aire y el calificativo correspondiente.

Valor IMECA	Calidad del aire	Efectos en la salud
0-50	Buena	Adecuada para llevar a cabo actividades al aire libre.
51-100	Regular	Posibles molestias en niños, adultos mayores y grupos sensibles. Puedes realizar actividades al aire libre.
101-150	Mala	Posibles efectos adversos en la salud de la población, en particular en niños, adultos mayores y personas con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma. Evita realizar actividades al aire libre.
151-200	Muy mala	Efectos adversos en la salud de la población en general, en particular en los niños, adultos mayores y población sensible. Evita realizar actividades al aire libre. Evita salir de casa, mantén ventanas y puertas cerradas.
>200	Extremadamente mala	Causante de efectos adversos a la salud de la población en general. Se pueden presentar complicaciones graves en los niños y los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma. Evita realizar actividades al aire libre. Evita salir de casa, mantén ventanas y puertas cerradas. Mantente informado de las instrucciones de Protección Civil y las autoridades de salud.



¿Y para la Zona Metropolitana del Valle de México?

La zona metropolitana del valle de México (ZMVM), es una cuenca hidrológica, situada a 2,240 metros de altura sobre el nivel del mar en su parte central, con una extensión territorial de 1,200 km², está rodeada por montañas que tienen una altura promedio de 1,000 metros sobre la parte central de la ZMVM, la más alta es la Sierra del Ajusco. Debido a estas características, la concentración de oxígeno está disminuida (-23%) en relación con el nivel del mar y esto a su vez reduce la eficiencia de los motores de combustión interna, aumenta la concentración de monóxido de carbono y de hidrocarburos, también favorece la exposición a radiaciones capaces de transformar los contaminantes primarios en ozono y otros oxidantes. Además, la dirección de los vientos predominantes de noreste a sureste hace que la mayor concentración de contaminantes esté en la zona sur de la ciudad, en donde la Sierra del Ajusco obstaculiza su situación³³.

³³ Vallejo *et al.* 2003.

En la Ciudad de México hay dos épocas climáticas durante el año: la estación invernal seca (noviembre–abril) y la de lluvia (mayo–octubre). Durante la época seca son frecuentes las inversiones térmicas, en las que la capa de aire frío, denso y térmicamente estable queda atrapada por la capa superior de aire caliente; situación que desaparece cuando el sol calienta el aire frío (entre las 9:00 a 10:00 hrs) y los contaminantes se dispersan. La ciudad está sujeta a la influencia de sistemas anticiclónicos generados en el Golfo de México y en el Océano Pacífico, con estabilidad atmosférica, por inhibición de la mezcla vertical del aire. Estas características generan un aumento resultante en la concentración de los contaminantes que causan daño a la salud³³.



La contaminación atmosférica se ha extendido en los últimos años a otras ciudades además de las zonas metropolitanas del Valle de México (ZMVM), Monterrey (ZMM) y Guadalajara (ZMG). El Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas pone en evidencia la necesidad de mejorar la calidad del aire en las ciudades mexicanas y resalta que la ZMVM, ya no es la peor clasificada en el país, salvo en lo que se refiere a la contaminación por ozono y dióxido de nitrógeno. Para la ZMVM, los avances en materia de gestión de calidad del aire incluyen la disminución en el número de contingencias ambientales y la disminución en el número de días por encima de los máximos permisibles de ozono y partículas. Sin embargo, los criterios de calidad del aire no han sido actualizados³⁴.

Según los últimos cálculos realizados, en la Ciudad de México aún ocurren más de mil muertes al año atribuibles a la contaminación del aire, tomando en cuenta solamente los niveles anuales encontrados para ozono y PM₁₀. Aún queda pendiente desarrollar los programas de gestión de calidad del aire en la mayoría de las medianas y grandes ciudades³⁴.

¿Y el futuro?

El cambio climático es considerado uno de los problemas ambientales más importantes de nuestro tiempo que amenaza el futuro de la vida en el planeta. El cambio climático puede definirse como todo cambio significativo en el sistema climático del planeta, que permanece por décadas o más tiempo³⁵.

El calentamiento global es la manifestación más evidente del cambio climático, y se refiere al incremento promedio de las temperaturas terrestres y marinas a nivel global. En las tres últimas décadas la superficie de la Tierra se ha vuelto cada vez más cálida, y se han superado los registros de cualquier época precedente a 1850³⁶. Aunque los cambios en la temperatura de la Tierra pueden darse por causas

³⁴ Riojas-Rodríguez, *et al.*, 2013.

³⁵ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018.

³⁶ Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, 2013.

naturales, los últimos registros apuntan a las actividades humanas como impulsoras del actual aumento en la temperatura. Ver Figura 1.

a)



b)



Figura 18. De 1928 a 2002, desapareció el glaciar del archipiélago ártico Svalbard. **a)** En la fotografía blanco y negro, tomada por el Instituto Polar Noruego, aparece un bote de remos. En la fotografía de color tomada por Christian Åslund aparece un bote de motor. **b)** Fotografía blanco y negro, tomada por el Instituto Polar Noruego. Fotografía de color tomada por Christian Åslund³⁷.

¿Qué es el IPCC y qué nos advierte?

El IPCC o Panel Intergubernamental del Cambio Climático, es una organización intergubernamental de las Naciones Unidas cuya misión es proveer al mundo de una opinión objetiva y científica sobre el cambio climático, sus impactos y riesgos naturales, políticos y económicos, así como plantear las opciones de solución posibles. El quinto informe del IPCC se presentó en 2013 y se puede consultar en internet, sus informes contienen observaciones directas, y modelos predictivos que simulan lo que podría pasar con el clima a partir de las condiciones conocidas del presente y el pasado climático de la Tierra. Datos previos y actuales, así como todas las predicciones, indican que los cambios en la concentración de gases de efecto

³⁷ Åslund, 2021.

invernadero producen un calentamiento gradual y constante de la Tierra (calentamiento global) además de otros cambios atmosféricos.

El quinto informe indica que el calentamiento del clima es inequívoco. La atmósfera y el océano se están calentando, los volúmenes de nieve y hielo están disminuyendo, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado. Cada uno de los últimos tres decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra que cualquier decenio anterior desde 1850. Es probable que el período de 1983 a 2012 haya sido el período de 30 años más cálido del hemisferio norte en los últimos 1,400 años. La Figura 19 muestra el aumento de la temperatura de la superficie terrestre y oceánica.

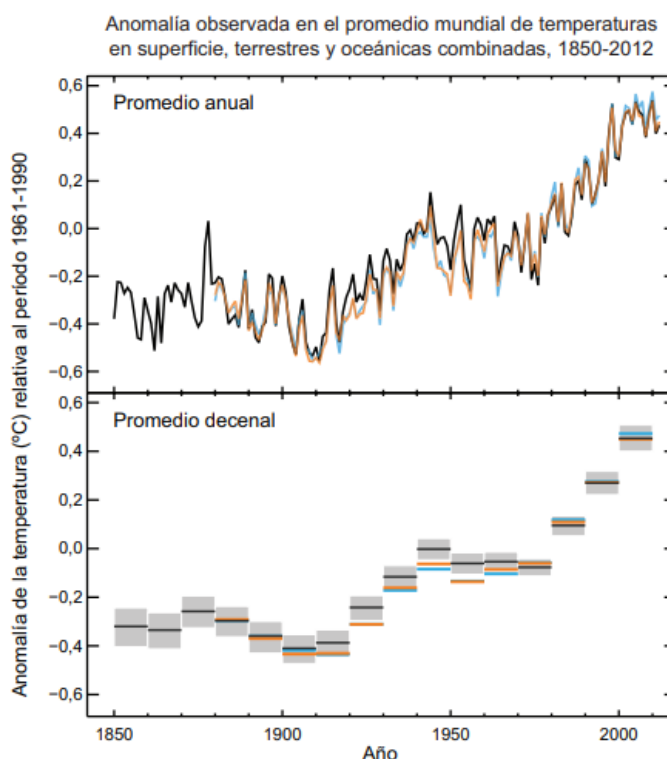


Figura 19. Cambios en la temperatura global registrados desde 1850 hasta 2012. Modificado de ³⁶

Sin embargo, el quinto informe no incluye los últimos 6 años, que se han registrado como los más calurosos jamás reportados, según la Organización Meteorológica Mundial perteneciente a la ONU³⁸. Se trata de una tendencia en el aumento de la temperatura global mínima de 0.1 °C por década.

³⁸ Organización Meteorológica Mundial, 2021.

El quinto informe muestra que, para cada una de las regiones continentales, durante el periodo de 2000 a 2050, la temperatura promedio proyectada, según distintos modelos de predicción de emisión de gases de efecto invernadero, se elevará a un ritmo mayor y el calentamiento global será mayor que en el siglo pasado (Figura 20).

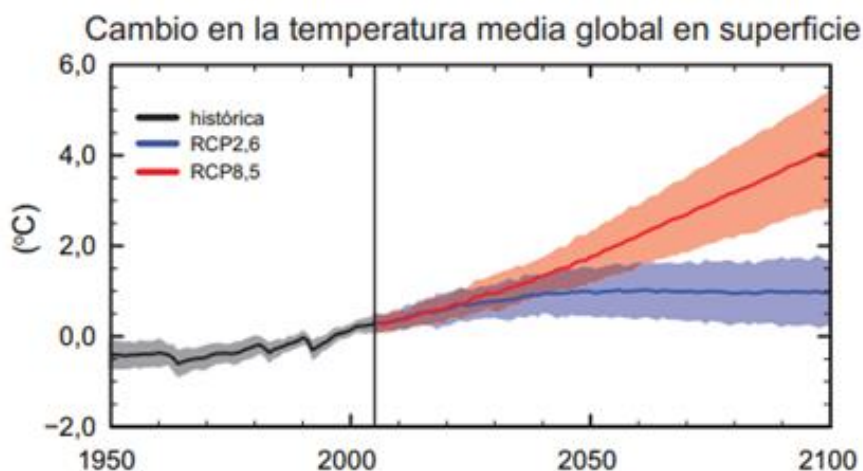


Figura 20. Cambios registrados en la temperatura global hasta 2012 y su proyección estimada para dos escenarios distintos (RCP) dependientes de la emisión de gases de efecto invernadero por actividades humanas. Modificado de ³⁶

Gracias a un aumento en el calentamiento global y de acuerdo con los registros del deshielo de los polos, se pronostica que para fines del siglo XXI este se incremente sobre la mayoría de las regiones de permafrost y que amplias regiones del océano antártico pierdan su cubierta de hielo durante todo el año (Figura 21), por lo que se prevé que el nivel del mar se siga elevando en las próximas décadas. De hecho, el calentamiento pronosticado como producto de las emisiones de gases de efecto invernadero durante el siglo XXI seguirá contribuyendo a la elevación del nivel del mar por muchos siglos.

También se pronostica que la intensidad de los ciclones tropicales cambie (Figura 22). Intensificándose los vientos máximos, así como las precipitaciones máximas, y con posibilidad de una disminución en los huracanes relativamente débiles y un incremento de los huracanes intensos.

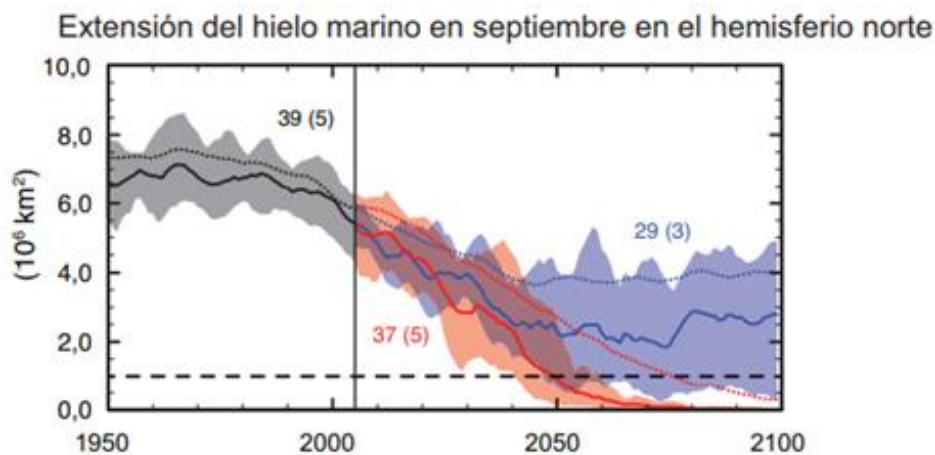


Figura 21. Disminución en la extensión del hielo marino registrada hasta 2012 y proyección para dos modelos distintos (azul y rojo). Modificado de ³⁶

Sin embargo, se proyecta que el número total de ciclones tropicales decrezca globalmente.

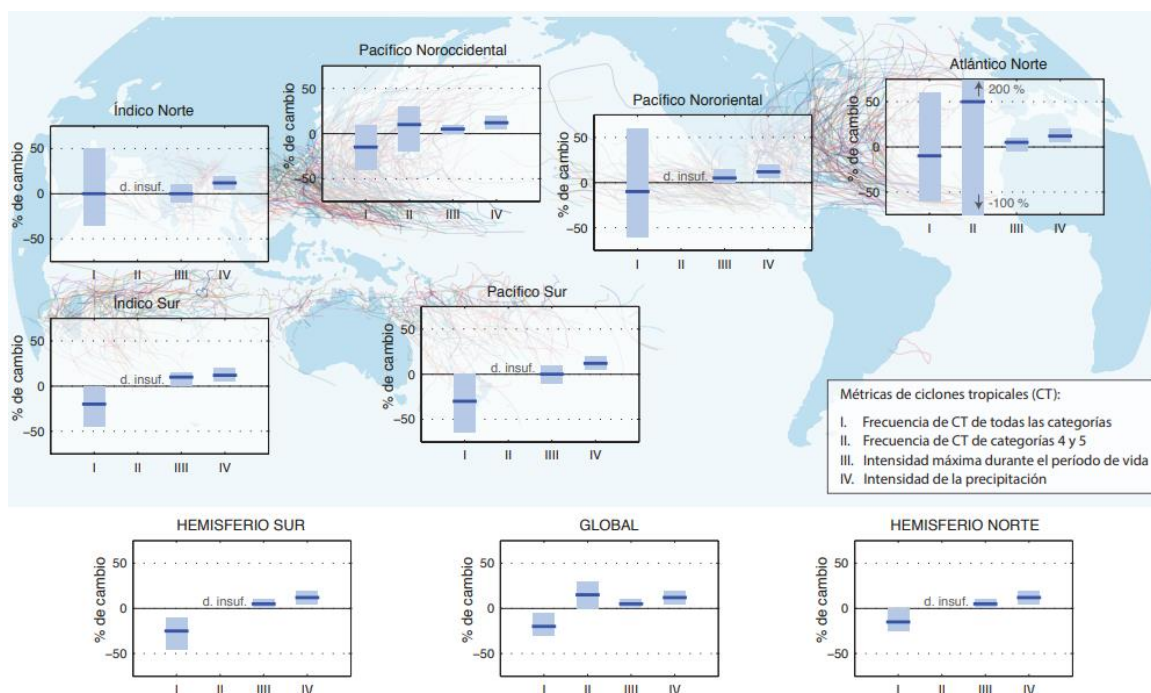


Figura 22. Cambios proyectados en las estadísticas de los ciclones tropicales. Tomado de ³⁶

En cuanto al aumento de los gases de efecto invernadero el IPCC señala que, en los últimos 800,000 años, las concentraciones atmosféricas de CO₂, CH₄ y N₂O han aumentado a niveles sin precedentes. Las concentraciones de CO₂ han aumentado un 40% desde la era preindustrial debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del

cambio de uso del suelo, es decir, al talar los bosques tenemos menos sumideros de CO_2 . Los océanos han absorbido alrededor del 30% del CO_2 antropógeno emitido, provocando su acidificación. La Figura 23, nos presenta una gráfica de los datos recopilados que sustentan esta afirmación.

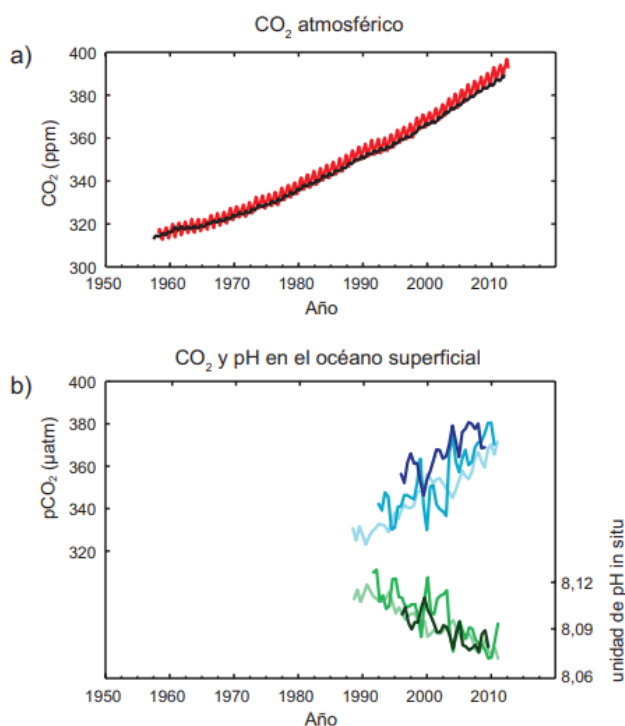


Figura 23. Distintos indicadores observados de un ciclo del carbono mundial cambiante: a) Concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO_2) en Mauna Loa (rojo) y en el Polo Sur (negro), desde 1958; b) Presión parcial de CO_2 disuelto en el océano superficial (líneas azules) y pH in situ (líneas verdes), medición de la acidez del agua del océano, mediciones de tres estaciones situadas en los océanos Atlántico (azul oscuro/verde oscuro y azul/verde) y Pacífico (celeste/verde claro). Tomado de ³⁶

La concentración global de CO_2 continuó aumentando durante el 2020, a pesar de la caída de un 7% en las emisiones anuales comparadas con 2019³⁹ debido a la pandemia de COVID-19. Este incremento se debió a varios factores como el cambio de uso de suelo, la deforestación tropical y a los grandes incendios sucedidos durante el mismo año en el círculo polar ártico (Alaska, Rusia, Groenlandia y Canadá); Australia; norte y centro de Europa (Reino Unido, Irlanda, Finlandia, Letonia, Alemania, Polonia, Suecia y Noruega); La amazonia (Brasil, Bolivia y Paraguay); Indonesia; USA (California); Chile; África; España y Portugal⁴⁰. De tal manera que la concentración de CO_2 pasó de 408 ppm en 2019 a 411 ppm en 2020⁴¹.

Las actividades humanas incrementan de manera significativa las cantidades de gases de invernadero por lo que el forzamiento radiativo total es positivo y genera la absorción de energía dentro de la atmósfera. La principal contribución al

³⁹ 4C Proyect. (2020).

⁴⁰ World Wildlife Fund España. (2021).

⁴¹ Organización Meteorológica Mundial. (2020).

forzamiento radiativo total proviene del aumento en la concentración de CO₂ desde 1750 ver Figura 24.

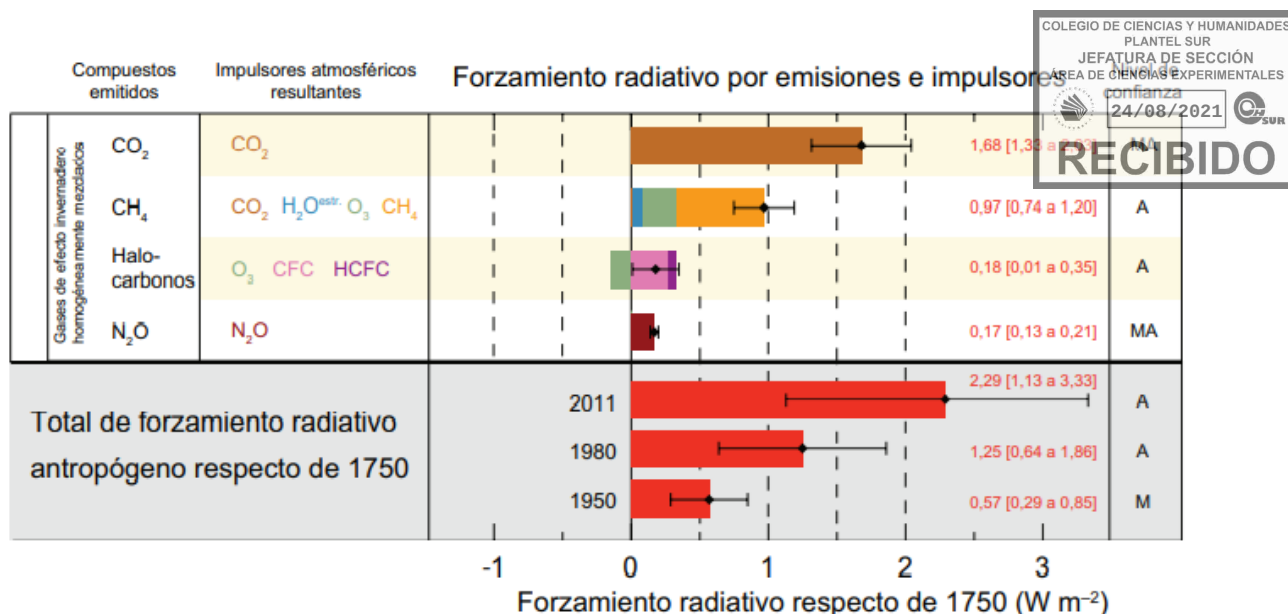


Figura 24. Estimaciones del forzamiento radiativo en 2011 respecto de 1750, e incertidumbres agregadas de los principales impulsores del cambio climático. Modificado de ³⁶

Las sustancias y los procesos naturales y antropógenos que alteran el balance energético de la Tierra son llamados impulsores del cambio climático. El forzamiento radiativo permite cuantificar las modificaciones en los flujos de energía provocados por los cambios producidos por los impulsores. Cuando el forzamiento radiativo es positivo, se produce un calentamiento, y cuando es negativo, un enfriamiento. Aunque hay muchos impulsores antropogénicos la Figura 24 muestra solo los gases de efecto invernadero, descontando gases y aerosoles de vida corta por tener poco efecto positivo sobre el forzamiento radiativo.

En la Figura 24 se puede observar que el gas de efecto invernadero de mayor impacto sobre el clima terrestre es el CO₂, y su concentración en la atmósfera aumenta de manera alarmante cada año. Esto sucede como resultado del aumento en el uso de combustibles fósiles. Se ha propuesto disminuir el ritmo en la producción de CO₂, pero según las predicciones, continuará en ascenso en las próximas décadas. Ante esta situación el IPCC propone mitigar el impacto para hacer menos drástico el cambio climático.

Si interrumpiéramos las emisiones (lo cual sería imposible porque la economía mundial se detendría), el exceso de CO₂ asociado a las actividades humanas se mantendría en la atmósfera por muchos años. Esto se debe a que tanto, el CO₂,

como el CH₄ y N₂O son químicamente estables. Pero aún si restableciéramos los niveles originales de gases de efecto invernadero en la atmósfera, el clima no regresaría a su estado anterior.

Recientemente, el IPCC publicó el informe del Grupo de Trabajo I⁴², programado para inicios del 2021, pero que se retrasó por la pandemia de COVID-19. Es la primera entrega del Sexto Informe de Evaluación (AR6) del IPCC, que se completará en 2022.

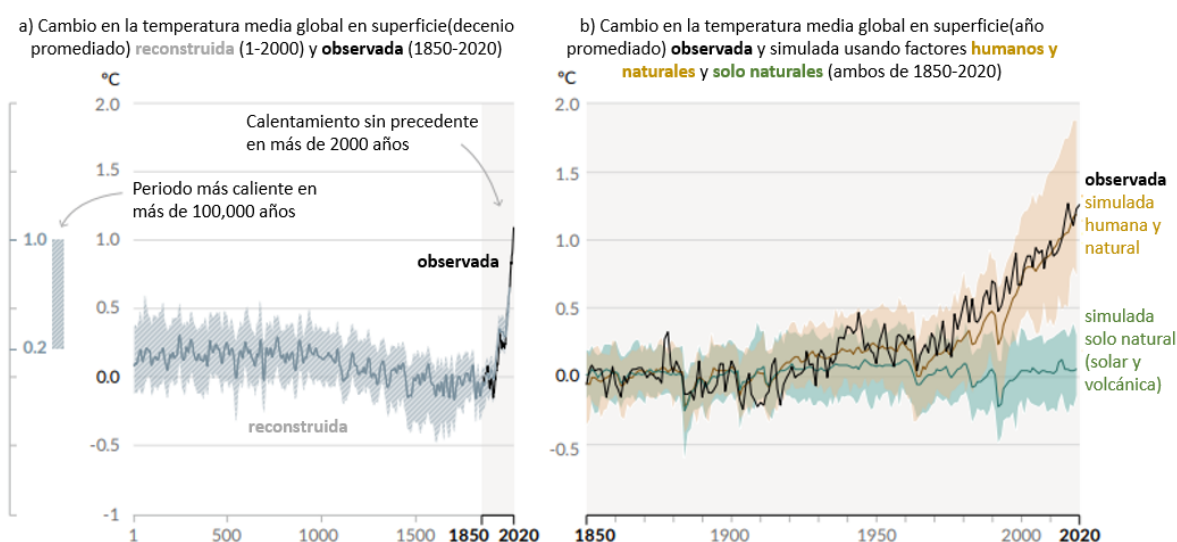


Figura 25. Historia del cambio de la temperatura global y causas del calentamiento reciente. a) cambios de la temperatura global en superficie reconstruida de archivos paleoclimáticos y observaciones directas. b) Cambios de la temperatura global en superficie durante los últimos 170 años. Modificado de ⁴¹

En resumen, este último informe proporciona nuevas estimaciones de la alta probabilidad de superar el nivel de calentamiento global de 1.5 °C en los próximos 20 años, a menos que haya reducciones inmediatas, rápidas y de gran escala en la emisión de gases de efecto invernadero, de otra manera, estará fuera de nuestro alcance el limitar el calentamiento incluso por debajo de los 2 °C⁴³, ver Figura 25.

Si comparamos la Figura 20 con la 25, podemos ver en este informe los valores de las proyecciones se elevaron, en parte porque se cuenta con mejores modeladores, y en parte porque no se ha disminuido el calentamiento global, de manera que en este nuevo informe se proponen varios escenarios hipotéticos (SSP en lugar de

⁴² Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, 2021.

⁴³ Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, 2021.

RCP⁴⁴), el escenario de bajas emisiones de gases de efecto invernadero donde el calentamiento global podría mantenerse entre 1 y 1.8 °C para 2100 en comparación con los niveles preindustriales, mientras que en el escenario hipotético de altas emisiones de gases de efecto invernadero se podría alcanzar un aumento de hasta 5.7 °C para el mismo periodo, ver Tabla 3.



Tabla 3. Se presentan 5 escenarios de emisión de gases de efecto invernadero y sus valores estimados y rangos de calentamiento global, para corto mediano y largo plazo. Modificado de ⁴²

Escenario	Corto plazo, 2021-2040		Mediano plazo, 2041-2060		Largo plazo 2081-2100	
	Estimado (°C)	Posible rango (°C)	Estimado (°C)	Posible rango (°C)	Estimado (°C)	Posible rango (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 a 1.7	1.6	1.2 a 2.0	1.4	1.0 a 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 a 1.8	1.7	1.3 a 2.2	1.8	1.3 a 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 a 1.8	2.0	1.6 a 2.5	2.7	2.1 a 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 a 1.8	2.1	1.7 a 2.6	3.6	2.8 a 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 a 1.9	2.4	1.9 a 3.0	4.4	3.3 a 5.7

También se plantea que en el caso de que el mundo lograra reducciones fuertes y sostenidas de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero el cambio climático se limitaría y los beneficios para la calidad del aire llegarían rápidamente, sin embargo, podría tomar de 20 a 30 años ver una estabilización en la temperatura global⁴².

El adelanto del Sexto Informe además de validar la información emitida por el Quinto Informe, y proporcionar información de lo alejados que estamos de llegar al 2050 con un aumento global de temperatura inferior a 1.5 °C también incluye información a nivel regional del cambio climático, que puede explorarse en un atlas interactivo⁴⁵.

Después de ser publicado el adelanto del Sexto Informe del IPCC, el secretario general de la ONU, alertó que es un código rojo para la humanidad y que las señales de alarma son ensordecedoras y las pruebas irrefutables, por lo que exigió a los políticos del mundo que tomen medidas rápidas y drásticas⁴⁶.

⁴⁴ Hausfather, 2019.

⁴⁵ Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, 2021.

⁴⁶ Aristegui Noticias, 2021.

¿Cuáles son los efectos del calentamiento global sobre los ecosistemas y la biodiversidad?

Los seres vivos están respondiendo al cambio climático a través de cambios en su morfología y comportamiento, en su fenología y con cambios en el rango de su ubicación geográfica, todos estos cambios están mediados por respuestas plásticas y evolutivas. Estas respuestas de las especies y poblaciones, combinadas con los efectos del cambio climático en los ecosistemas, están provocando cambios en la productividad, en las interacciones de las especies, en la vulnerabilidad a las invasiones biológicas y en otras propiedades emergentes de las comunidades. Estos impactos alteran los beneficios y servicios que los ecosistemas pueden brindar a la sociedad. Aunque no todos los impactos son negativos, incluso los cambios positivos pueden requerir ajustes sociales costosos⁴⁷.

La producción primaria terrestre aumentó a nivel mundial, durante finales del siglo XX y principios del XXI debido al efecto fertilizante del aumento de CO₂ atmosférico y la adición de nutrientes por las actividades humanas. Mientras que el aumento de CO₂ puede aumentar el crecimiento de la vegetación, su exceso o la falta de nutrientes y el déficit de agua por el calentamiento global, así como la contaminación del aire limitan el crecimiento. Probablemente, la producción primaria disminuirá en los bosques donde la disponibilidad de agua en el suelo es limitada en temporada de crecimiento, pero podría aumentar en los bosques donde la nieve y las temperaturas frías restringen la temporada de crecimiento.

En los sistemas marinos y acuáticos, el fitoplancton es responsable de casi toda la producción primaria y genera casi la mitad de la producción primaria global total. Al igual que en los sistemas terrestres, los impactos del cambio climático en la producción primaria marina variarán regionalmente.

La distinta exposición de las especies al cambio climático y sus respuestas son los principales impulsores de la alteración en las interacciones de las especies. Estos cambios están dando como resultado ecosistemas nuevos o híbridos y relaciones interespecíficas alteradas sin comparación histórica⁴⁷.

La evaluación histórica del impacto climático ha demostrado que las propiedades de los ecosistemas se ven alteradas y responden de manera similar al quedar dominados por especies generalistas que son un indicador del cambio climático

⁴⁷ Weiskopf, S.R., Rubenstein, M.A., Crozier, L.G., et. al., 2020.



contemporáneo. De tal forma que el calentamiento global facilita la introducción y propagación de especies invasoras no autóctonas generalistas y oportunistas que, aprovechando las condiciones, colonizan áreas perturbadas y superan a las especies nativas, alterando la composición, dominancia, y producción de la comunidad e incrementando el riesgo de extinción de las especies nativas⁴⁷.



Las sequías e incendios forestales, inducidos por el aumento de la temperatura y la alteración en los patrones de precipitación, afectan la estructura y función de los ecosistemas, particularmente los ecosistemas boscosos⁴⁷.

Los cambios en el clima regional originados por el calentamiento global son una gran amenaza para los bosques, especialmente los de clima templado y los bosques septentrionales de coníferas en regiones con un clima subártico. Conforme aumente la temperatura global, el crecimiento de los bosques en las regiones templadas se desplazará hacia los polos y remplazará la tundra abierta. Si los cinturones climáticos se mueven más rápido que la lenta migración del bosque, o si la migración es bloqueada por ciudades, campos de cultivo, carreteras y otras barreras humanas entonces, se marchitarán y morirán bosques enteros, aumentando el efecto de invernadero, por la descomposición de los árboles y la liberación de CO₂.

Las muertes de los bosques causarían la extinción de especies vegetales y animales, que no pudieran migrar. Los peces morirían al aumentar las temperaturas de ríos y lagos, y a medida que los niveles de agua disminuyan, se concentraran los contaminantes. Se aumentaría a los árboles la carga producida por plagas y enfermedades causadas por microorganismos capaces de adaptarse a los cambios climáticos más rápido que los árboles. El número de incendios en áreas más secas de bosques y praderas aumentaría, añadiendo más CO₂ a la atmósfera.

Cualquier cambio en el clima regional causado por un aumento en el efecto invernadero, plantearía amenazas severas a muchos parques, reservas de vida silvestre, zonas de vida silvestre y cuerpos de agua dulce y salada del mundo y aceleraría la ya grave y creciente pérdida de la biodiversidad de la tierra.

¿Cuáles son los desafíos al suministro de alimentos?

A pesar del aumento en la demanda mundial de alimento, las tasas de desnutrición han disminuido. Sin embargo, el costo de mantener una producción masiva ha requerido un fuerte uso recursos naturales, sobre todo de terrenos para cultivo, aproximadamente el 40% de la superficie de la Tierra, se utiliza como tierras de

cultivo y pastizales. Mientras que el riego utiliza el 66% de la extracción anual de agua⁴⁸. Actualmente la producción de alimentos es afectada por el cambio climático, pero a su vez es la responsable del 20-30% de los gases de efecto invernadero⁴⁹.

La cantidad y calidad nutricional de la producción agrícola dependen de un equilibrio dinámico de recursos biofísicos apropiados, incluida la calidad del suelo, la disponibilidad de agua, la luz solar, el CO₂, la adecuación de la temperatura y, en algunos casos, la abundancia de polinizadores. La producción disminuye bajo ciertas condiciones climáticas extremas, así como por plagas, patógenos y contaminación del aire (por ejemplo, el ozono troposférico). El cambio climático altera estas relaciones entre cultivos, plagas, patógenos y malezas; y exacerba varias tendencias, incluida la disminución de los insectos polinizadores, el aumento de la escasez de agua, el aumento de las concentraciones de ozono a nivel del suelo y la disminución de la pesca⁵⁰.

Según datos recabados por Binns y col.⁴⁸, los cambios en el suministro mundial de alimentos a los que se enfrenta la humanidad por el cambio climático son:

- Los climas más cálidos desplazarán la producción hacia los polos y provocarán un crecimiento y maduración más rápidos de los cultivos, por lo tanto, disminuirá la cantidad de sus nutrientes.
- Las tierras áridas aumentarán, mientras otras regiones tendrán precipitaciones mayores. La cantidad de tierra cultivable en uso es casi máxima, pero los aumentos en la degradación ambiental, la desertificación, el agotamiento del suelo, el pastoreo excesivo, el aumento del nivel del mar, el desarrollo urbano, las carreteras y el uso industrial pueden reducir aún más esa tierra. La invasión de agua salada afectará áreas bajas altamente productivas en Asia particularmente. Por todo ello, para mantenerse la productividad agrícola tendrá que aumentar.
- Eventos climáticos, como tormentas, huracanes, sequías, inundaciones, deslizamientos de tierra y erosión, aumentarán en frecuencia y gravedad, lo que dañará los cultivos e interrumpirá la cosecha, el transporte y el almacenamiento.

⁴⁸ Thornton, P.K., Ericksen, P.J., Herrero, M., et. al., 2014.

⁴⁹ Binns, C.W., Lee, M.K., Maycock, B., et. al., 2021.

⁵⁰ Organización Meteorológica Mundial. (2019).



▪El transporte se interrumpirá por los eventos climáticos antes mencionados, con el aumento en los costos de combustible, de conflictos y de problemas políticos.

▪Con el aumento de la temperatura, también aumentarán el deterioro y el daño bacteriano de los alimentos. Mitigar esto requerirá mejores prácticas agrícolas, mejor procesamiento, empaque y almacenamiento.



▪Los rendimientos agrícolas dependen de la protección de los cultivos. El uso de plaguicidas es para controlar plagas y malezas, y estas aumentarán con el cambio climático, dañando los cultivos, reduciendo su rendimiento y generando mayores costos, por lo que el uso de pesticidas aumentará y aumentará la contaminación.

▪Los contaminantes pueden ingresar a los alimentos en varias etapas de la agricultura, el procesamiento, el envasado, el transporte o el almacenamiento. Los contaminantes emergentes están aumentando en los alimentos como consecuencia de cambios en los procesos industriales, la intensificación de la agricultura, la contaminación y el cambio climático.

▪La productividad de cultivos comerciales (maíz, arroz y trigo) y cultivos como el mijo y el sorgo se verá afectada por el calentamiento global. Los impactos variarán según las concentraciones de CO₂, los niveles de fertilidad y la región. La adopción de prácticas y tecnologías agrícolas mejoradas, como cepas mejoradas, siembra en tiempos óptimos y una mejor gestión del agua y fertilizantes, tenderían a reducir el impacto negativo en el rendimiento de los cultivos. Con este escenario, es posible que el cambio climático sea nulo en la producción de alimentos en casi todos los países del mundo. Sin embargo, se necesitarán grandes inversiones, cambios en la política y apoyos institucionales.

▪ Mientras los sistemas alimentarios diversos son más resistentes frente al cambio climático. La variedad de alimentos disminuirá. Para la nutrición humana, la diversidad de alimentos es importante, especialmente para los niños, por su mayor probabilidad de satisfacer las necesidades nutricionales, y disminuir el impacto de contaminantes y tóxicos.

▪ Los suministros de agua potable disminuirán como consecuencia de un futuro con menos lluvias, mayor salinización, mayor contaminación, un aumento de la población y de la industria. La disminución del agua afectará a los sistemas agropecuarios intensivos, y la lechería será la más afectada. La disminución de la producción de

leche reducirá la disponibilidad de una fuente importante de calcio y proteínas de alta calidad. Volviéndose más frecuente la osteoporosis en ancianos.

▪ Del 20 a 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero se deben a la producción de alimentos, y la ganadería es la principal emisora de gases. El aumento en la demanda de carne por el crecimiento poblacional minimiza los esfuerzos de mantener el aumento de temperatura por debajo del objetivo de 2 °C.



Las proyecciones científicas anteriores, sobre cómo cambiará la producción de alimentos en el futuro, según los autores, serían compatibles con dietas saludables puesto que las elecciones alimenticias afectan la producción de alimentos y estas, a su vez tiene un efecto sobre el medio ambiente, así que recomiendan seguir pautas alimenticias con una menor ingesta de productos de origen animal. Si se sigue esta recomendación la disminución en la producción de productos de origen animal reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero.

¿El cambio climático afecta nuestra salud?

El cambio climático tiene efectos sobre la salud humana de diversas formas. El efecto más directo es el impacto de temperaturas mayores, que incrementan el número muertes por distintas causas relacionadas con el calor. Por ejemplo, la gente con problemas cardiacos es vulnerable ya que el sistema cardiovascular debe trabajar más para mantener una temperatura corporal entre 36.1 y 37.2 °C. También aumenta el cansancio por el calor y algunos problemas respiratorios. En agosto del 2019, Europa experimentó una fuerte ola de calor y varios países alcanzaron las temperaturas más altas de la historia, por ejemplo, una localidad en Francia registró 45.9 °C, de manera similar España, Alemania, Austria y Suiza, entre otros países, rompieron récord en temperaturas altas⁵⁰. Afortunadamente las medidas preventivas desplegadas por gobiernos como Francia evitaron la tragedia del año 2013 cuando 15,000 personas murieron en Francia como consecuencia del calor⁵¹. Concentraciones de CO₂ mayores de 550 ppm (el doble de los niveles preindustriales) aumentan las probabilidades de que ocurra el fenómeno de olas de calor que antes ocurrían una vez cada 50 años, pero se prevé que ahora ocurrirán una vez por década. Recientemente se determinó que las olas de calor que rompen récords tendrán hasta 7 veces más probabilidades de ocurrir ahora y hasta el 2050,

⁵¹ Bassets, 2019.

y su probabilidad de ocurrir aumentará a más de 21 veces de 2051 a 2080, en un escenario hipotético de altas emisiones de gases de efecto invernadero⁵².

La distribución de las enfermedades en el mundo depende en gran medida del clima, varias enfermedades graves aparecen sólo en áreas calientes. De tal forma que el cambio climático ya está afectando a la transmisión y propagación de enfermedades transmitidas por vectores, y es probable que sus efectos empeoren⁵³. Las enfermedades que se propagan a través de piquetes de mosquitos y otros insectos o "transmitidas por vectores" son más comunes pues los vectores, son ectotermos (animales de sangre fría), y tienen un mejor desempeño en un mundo más cálido. Estas enfermedades incluyen a la malaria, el dengue, la fiebre amarilla, la encefalitis entre muchas más, por lo que estas enfermedades podrían extenderse más al norte, e incluso a mayor altura.

Las enfermedades transmitidas por vectores no son las únicas que están aumentando su distribución debido al cambio climático, en realidad se están creando las condiciones para que proliferen varios microorganismos infecciosos y surjan nuevas infecciones, incluso varios autores plantean que la pandemia de COVID-19 ilustra el brote de una enfermedad infecciosa debido a los cambios en el clima, en los suelos, en la cubierta forestal y en el uso de la tierra⁵⁴.

El calentamiento global también está vinculado con las floraciones de fitoplancton tanto en agua dulce⁵⁵ como en agua salada⁵⁶ afectando la salud pública al generar enfermedades transmitidas por el agua y afectar los servicios ecosistémicos a nivel mundial. Los efectos nocivos de tales floraciones ocurren cuando la intensidad de una floración es demasiado alta, o cuando las especies productoras de toxinas están presentes. Cabe aclarar que este fenómeno es multifactorial y no solo es afectado por el aumento de la temperatura, el aumento en el CO₂, sino que también está muy relacionado con la eutrofización del agua por las actividades humanas, así como por la contaminación del aire.

El cambio climático también aumenta los problemas de calidad del aire. Las temperaturas de aire más altas incrementan la concentración de ozono de la atmósfera baja, produciendo daños en el tejido pulmonar y aumentando el

⁵² Fischer, E.M., Sippel, S. y Knutti, 2021.

⁵³ Rocklöv, J. y Dubrow, R. (2020)

⁵⁴ Roberts, W. (2021).

⁵⁵ Ho, J.C., Michalak, A.M. y Pahlevan, N. (2019).

⁵⁶ Gingold, D.B., Strickland, M.J., y Hess, J.J. (2014).



transporte por aire de polen y esporas que ocasionan enfermedades respiratorias, asma y desórdenes alérgicos. Los niños y los ancianos presentan mayor vulnerabilidad, por ser más propensos a sufrir daños por temperaturas más cálidas y una calidad deficiente del aire. La contaminación del aire es una de las mayores causas de muerte en todo el mundo, cobrando 7 millones de vidas al año, según la OMS⁵⁷.



A la contaminación del aire por contaminantes gaseosos tóxicos hay que agregar la contaminación por plásticos. Los residuos plásticos comienzan como piezas macroplásticas que con el tiempo se degradan a microplásticos (5 mm a 1 μ m) o más pequeños como nanoplásticos (<1 μ m)⁵⁸. Los microplásticos llegan a los océanos a través de los ríos⁵⁹, y se depositan y transportan en la atmósfera, pudiendo desplazarse hasta 100 km de las ciudades hasta regiones no contaminadas con una tasa de deposición diaria de 365 partículas por metro cuadrado.

Los efectos de los microplásticos sobre la salud humana pueden ser desde ligeros hasta severos⁶⁰, algunos pueden ser inhalados y aunque la mayoría sean eliminados por el cuerpo, algunos pueden persistir en los pulmones causando respuestas, como inflamación, especialmente en individuos con mecanismos mucociliares deficientes. Además, contaminantes asociados a los microplásticos, como hidrocarburos aromáticos policíclicos, pueden generar genotoxicidad, mientras que el plástico en sí y sus aditivos como colorantes y plastificantes, podrían producir toxicidad reproductiva, carcinogenicidad y mutagenicidad.

¿Cuáles son los efectos del cambio climático en la sociedad?

Las consecuencias ambientales y sanitarias del cambio climático también afectan los derechos humanos y la justicia social sobre todo en la población general de los países de bajos ingresos y en la población pobre de los países de altos ingresos⁶¹.

El aumento de la temperatura, el exceso de precipitaciones en algunas áreas y sequías en otras, los fenómenos meteorológicos extremos y el aumento del nivel del mar, afectarán negativamente la producción agrícola, el acceso al agua potable y la productividad de los trabajadores. La tierra inundada o seca e incultivable, obligará

⁵⁷ Organización Meteorológica Mundial. (2018).

⁵⁸ Allen, S., Allen, D., Phoenix, V.R. et al., 2019.

⁵⁹ Mattsson, K., Hansson, L.A. y Cedervall, T., 2015.

⁶⁰ Gasperi, J., Wright S.L., Dris, R., et al., 2018.

⁶¹ Levy, B.S. y Patz, J.A., 2015.

a muchas personas a desplazarse a otras zonas y convertirse en refugiados ambientales⁶¹.

Además de las enfermedades causadas por el cambio climático, los humanos se enfrentarán a una violencia colectiva y problemas de salud mental, propone que actualmente muchas personas podrían estar experimentando un nivel perjudicial de ansiedad asociado con su percepción del cambio climático⁶².



Las consecuencias ambientales y sanitarias del cambio climático amenazan los derechos civiles y políticos y los derechos económicos, sociales y culturales, incluidos los derechos a la vida, el acceso seguro a alimentos y agua, la salud, la seguridad, la vivienda y la cultura. Las personas más vulnerables son los pobres, los miembros de grupos minoritarios, las mujeres, los niños, las personas mayores, las personas con enfermedades crónicas y discapacidades, los que residen en zonas con una alta prevalencia de enfermedades relacionadas con el clima y los trabajadores expuestos al calor extremo o al aumento de la variabilidad meteorológica.

A nivel mundial, existe una gran inequidad, ya que los países de bajos ingresos, que producen menos gases de efecto invernadero, se ven más afectados negativamente por el cambio climático que los países de ingresos altos, que producen cantidades sustancialmente mayores de gases de efecto invernadero, pero se ven afectados de manera menos inmediata. Además, los países de bajos ingresos tienen mucha menos capacidad para adaptarse al cambio climático que los países de ingresos altos.

Las medidas de adaptación y mitigación para abordar el cambio climático necesarias para proteger a la sociedad humana también deben planificarse para proteger los derechos humanos, promover la justicia social y evitar la creación de nuevos problemas o la exacerbación de los problemas existentes para las poblaciones vulnerables⁶².

Ante el cambio climático se requiere mitigación y adaptación para disminuir la vulnerabilidad de las poblaciones, incluyendo el desarrollo de nuevas tecnologías y patrones de consumo⁴³.

⁶² Clayton, 2021.

Mitigación y adaptación

Como una manera de mitigar el cambio climático 195 países firmaron el acuerdo de París en 2015.



El Acuerdo de París es un tratado internacional establecido durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Firmado a finales del 2015, y que entró en vigor casi un año después. Los países firmantes establecieron el objetivo de mantenerse por debajo de los 2 °C, preferiblemente debajo de 1.5 °C, por encima de los niveles preindustriales.

Para alcanzar este objetivo, los países participantes se proponen disminuir al máximo las emisiones de gases de efecto invernadero lo antes posible para lograr un planeta con clima neutro para mediados de siglo. El Acuerdo es importante por ser vinculante y lograr que los países se unan en una causa común para emprender esfuerzos conjuntos en el combate contra el cambio climático⁶³.

La aplicación del Acuerdo de París requiere una transformación económica y social, basada en la ciencia. El Acuerdo de París funciona en un ciclo de cinco años de medidas climáticas cada vez más ambiciosas llevadas a cabo por los países. El Acuerdo comenzó en 2020, tras la finalización de la vigencia del Protocolo de Kioto y los países presentaron sus planes de acción climática conocidos como contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC).

¿Qué hace México ante el cambio climático?

De los países que contribuyen con una mayor cantidad de emisiones anuales de CO₂ en 2019, México se encontraba en el 14avo lugar con una producción de o por debajo de países como Estados Unidos; China; la Unión Europea Rusia, India y Japón⁶⁴, ver Figura 25.

Desde el 2015 México se comprometió a cumplir con los compromisos acordados en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y trabajar de manera colaborativa con la comunidad internacional para mantener el

⁶³ United Nations Framework Convention on Climate Change, 2016.

⁶⁴ Globalcarbonatlas.org., 2021.

incremento de temperatura a nivel global por debajo de los 2°C. De tal manera que en el 2020 el gobierno refrendó los siguientes compromisos⁶⁵:

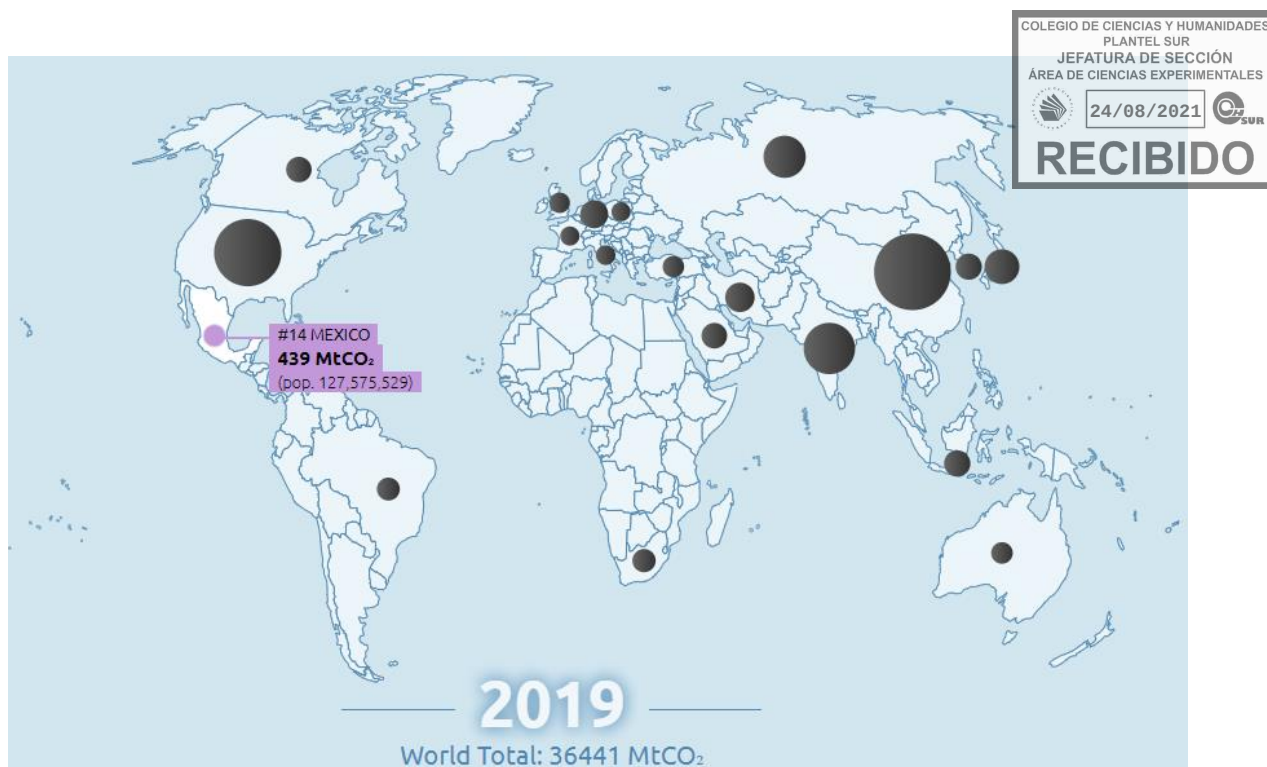


Figura 25. Primeros 20 países emisores de CO₂.

Compromisos no condicionados: Se centran en reducir el 22% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y 51% de las emisiones de carbono negro al año 2030 respecto a los escenarios de cambio propuestos.

Compromisos condicionados: Apoyarán a reducir hasta en un 36% las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y 70% de las emisiones de carbono negro al año 2030 respecto a los escenarios de cambio propuestos.

Estos compromisos se abordan con cinco ejes para la implementación de las 27 líneas de acción enfocadas en su implementación dentro del país:

- A. Prevención y atención de impactos negativos en la población humana y en el territorio. Incluye 7 líneas de acción
- B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria. Incluye 5 líneas de acción

⁶⁵ Cambioclimate.gob.mx, 2021.

- C. Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos. Incluye 7 líneas de acción
- D. Gestión integrada de los recursos hídricos con enfoque de cambio climático. Incluye 4 líneas de acción
- E. Protección de infraestructura estratégica y del patrimonio cultural tangible. Incluye 4 líneas de acción



¿Qué hace la ciudad de México ante el cambio climático?

Para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París y tener una ciudad con emisiones neutras de carbono para el año 2050, la ciudad de México se integró junto a varias ciudades del mundo al Grupo de Liderazgo Climático o C40. En 2018, México entregó su Plan de Acción Climática⁶⁶ que es su propuesta de acciones encaminadas a la reducción de emisiones de GEI acuerdo con el Marco de Referencia previamente propuesto por C40.

El Plan de Acción Climática propone un conjunto de acciones transformativas de mitigación, por ejemplo:

Reducir los GEI para el año 2050 disminuyendo el uso de vehículos privados, autobuses y metrobús, pero aumentando el uso del metro, tren ligero, bicicleta y el caminar.

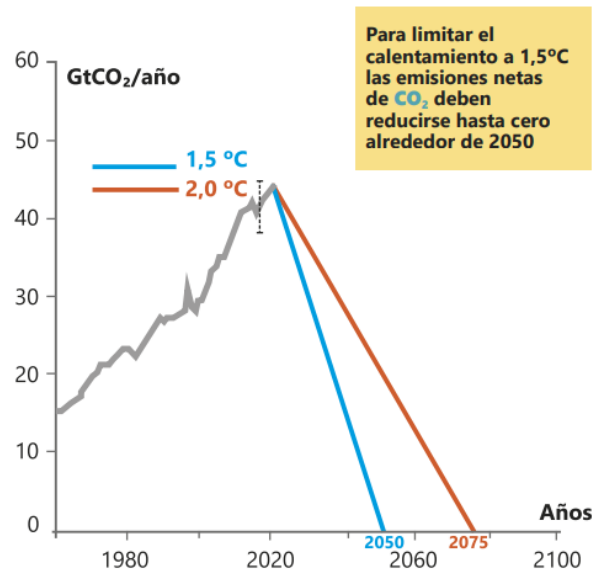


Figura 26. Reducción de las emisiones de CO₂ hasta que se alcanzan cero emisiones netas con un calentamiento de 1.5 °C y 2 °C. Imagen tomada de ⁶⁷

⁶⁶ Secretaría del medio ambiente. Ciudad de México, 2018.

⁶⁷ Agencia Estatal de Meteorología y Oficina Española de Cambio Climático, 2018.

Cambiar la fuente de energía de los vehículos, propiciando el uso de energías como la electricidad, el etanol y el biodiésel.

El cambio de fuentes de energía en el sector residencial, pasando del uso de energías como gas natural y LP por calentadores solares, biogás o electricidad

Las emisiones restantes, para alcanzar la neutralidad de carbono en el año 2050, podrían ser compensadas con sumideros de carbono, captura y almacenamiento y, por último, compensaciones a través de la comercialización de permisos de emisión en los mercados de carbono.



¿En general qué podemos hacer?

Los gobiernos deben comprometerse a ejercer acciones para reducir el cambio climático, pero nosotros debemos involucrarnos exigiendo que los políticos promuevan medidas no a y sustentables.

También podemos contribuir directamente, primero tomando conciencia del grave problema que enfrentamos y tratando de cambiar nuestros hábitos en el consumo de los recursos que utilizamos en nuestra vida diaria (huella ecológica), para ello algunas acciones propuestas⁶⁸ son:

a) **Utilizar el transporte público.** Caminar, andar en bicicleta o usar el transporte público, en lugar del coche reduce las emisiones de CO₂. Si puedes usar un vehículo eléctrico en lugar de uno de combustión hazlo. Los viajes en avión contaminan más que otros transportes, evítalos. Si puedes comparte tu vehículo.

b) **Ahorrar energía.** Al lavar tu ropa sécala al sol en lugar de usar la secadora, de preferencia lava con agua fría.

Evita usar el aire acondicionado y si lo usas no enfríes o calientes de más.

Apaga y desenchufa tus aparatos electrodomésticos cuando no los uses.

Al comprar electrodomésticos, verifica que ahorre energía.

Si puedes instala fuentes de energía renovable, como calentadores solares para calentar agua o paneles solares para generar electricidad.

Utiliza focos de bajo consumo.

c) **Consumir menos carne.** La producción de carne roja eleva las emisiones de gases de efecto invernadero más que la de pollo, frutas, verduras y cereales. Además, las vacas emiten grandes cantidades de CH₄ y los pastizales que las alimentan requieren mucha agua.

Consume alimentos de temporada de origen local y no desperdicias alimentos.

⁶⁸

Cultiva tus propios vegetales, incluso hay gente que cultiva insectos para su consumo.

d) **Reducir, reutilizar y reciclar.** Debemos evitar ser consumistas, cuando consumimos menos, generamos menos emisiones de CO₂ y somos gentiles con la Tierra. Compartir, hacer, arreglar, reciclar, reutilizar y compostar nos permite reducir nuestro consumo. Los medios nos hacen pensar que el reciclaje es la solución, pero en realidad el transporte y procesamiento de los materiales para el reciclaje también generan CO₂. Por eso, la reducción de desechos y/o el reutilizar los materiales que ya utilizaste genera un cambio. Lo mismo ocurre con el agua, ahorra agua, al bañarte, al lavar los trastes, al regar las plantas, etc. Intenta la recolección de agua de lluvia.

Utiliza productos de limpieza biodegradables

Elige alimentos con menos envases para reducir los residuos

e) **Informar y educar a los demás.** Entre todos podemos generar un cambio: reunirnos con amigos y vecinos para compartir información y promover una vida comunitaria sostenible. Infórmate más, existen grupos en redes sociales que están generando cambios y ayudando a generar conciencia acerca del problema. Recuerda que generalmente las personas confían más en sus amigos, familiares y seres queridos más que en expertos, científicos y organizaciones ambientales.

f) Protege los bosques, reservas, parques.

g) Elige productos sustentables.



Bibliografía

- 1) Camilloni, I., Vera, C. (2007). *La atmósfera: ciencias naturales*. Argentina: Explora / Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Recuperado en junio de 2021, de <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002316.pdf>
- 2) Hidden Nature. (2019). *Qué es la atmósfera, cuáles son sus capas y qué función tiene*. Recuperado en junio de 2021, del sitio Web: <https://www.hidden-nature.com/dodociencia/1o-eso/biologia-y-geologia/la-tierra-en-el-universo/capas-de-la-atmosfera-funcion/>
- 3) Benavides, H., León. G. (2007). *Información Técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático*. Nota técnica Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM.
- 4) Garduño, R. (2007). *¿Qué es el efecto invernadero?*. Recuperado en junio 2021, del sitio Web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/437/rene.html>
- 5) B@UNAM. (s.f.). *Ciclos biogeoquímicos*. Recuperado en junio de 2021. Del sitio Web de la Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y educación a Distancia de la UNAM: http://uapas1.bunam.unam.mx/ciencias/ciclos_biogeoquimicos/
- 6) Jáuregui, E. (2003). Algunos conceptos modernos sobre la circulación general de la atmósfera. [Versión electrónica], *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 50, 121-143. Recuperado en mayo de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112003000100012
- 7) Ambientum. (2021). La circulación general de la atmósfera. Recuperado en junio de 2021, del sitio Web: https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/atmosfera/la-circulacion-general-de-la-atmosfera.asp
- 8) Canaltiempo21. (s.f.). *Curso meteorología*. Cataluña: Autor. Recuperado en mayo de 2021, del sitio Web: <https://www.canaltiempo21.com/capitulo-6-el-viento/>



9) Massaro, R. A., Carrancio, L. A. y Constanzo, M. (2021). *Efecto del viento sobre las gotas en pulverizaciones terrestres*. Informe del ministerio de Agricultura, ganadería y Pesca Argentina. Recuperado en junio de 2021 de https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/9590/1/NTA_CRSantaFe_EEAOliveros_Massaro_RA_efecto_viento_sobre_gotas_pulverizaciones_terrestres.pdf?sequence=1&isAllowed=y



10) Santana, L. M. (2020). *Soplan vientos cotidianos opuestos: Efecto Foëhn y brisas*. Recuperado en mayo de 2021, del sitio Web de Museos de Tenerife Naturaleza y Arqueología: <https://www.museosdetenerife.org/wp-content/uploads/2020/11/MUNA-octavo-Efecto-Foehn-anab-y-catab.doc.pdf>

11) CIIFEN. (2021). *Tiempo Atmosférico y Clima*. Recuperado en junio 2021, del sitio Web del Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del El Niño: <https://ciifen.org/tiempo-atmosferico-clima/>

12) SEMARNAT. (2010). *Atlas-Atmósfera*. Recuperado en junio 2021, del sitio Web del Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: http://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas_atmosfera.pdf

13) Jáuregui, E. (2000). *El clima de la Ciudad de México*. México, D.F.: Plaza y Valdé S. A. de C. V.

14) SNIGF. (2014). *Inventario Estatal Forestal y de Suelos – Ciudad de México*. Recuperado en junio 2021, del sitio Web del Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal: <https://snigf.cnf.gob.mx/producto/resultados-del-inventario-estatal-de-ciudad-de-mexico/>

15) Khan Academy. 2021. Clima (artículo) | Biogeografía | Khan Academy. [en línea] Recuperado de: <https://es.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeography/a/climate>

16) Martínez, A. (2007). El agua en la atmósfera. [Versión electrónica], *Ciencia*, 58(3), 36-44. Recuperado en junio 2021, de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/58_3/PDF/06-546.pdf

17)SINC. (2012) *Las corrientes marinas influyen en la distribución de peces y hábitats* Recuperado en junio 2021, del sitio Web del Servicio de Información y Noticias Científicas: <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Las-corrientes-marinas-influyen-en-la-distribucion-de-peces-y-habitats#top>



18)Guárdia, R. (2013). La dispersión de las semillas. [Versión electrónica], *Investigación y Ciencia*, 446. Recuperado en mayo de 2021, de <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/alimentacin-587/la-dispersin-de-las-semillas-11531>

19)Alcaraz, F. (2013). Polinización y dispersión. España: Creative Commons. Recuperado en junio de 2021, de <https://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema07.pdf>

20)Vilches, J., Rodríguez, C. y Gutiérrez, N. (2018). *Tú la llevas. Unidad didáctica*. España: Junta de Andalucía. Recuperado en mayo de 2021, de <https://www.juntadeandalucia.es/educacion/portalaverroes/documents/10306/1585186/tulallevas.pdf>

21)CEUPE. (s.f.) *La dispersión de los contaminantes*. Recuperado en junio 2021, del sitio Web del Centro Europeo de Posgrado: <https://www.ceupe.com/blog/la-dispersion-de-los-contaminantes.html>

22)SIAC. (s.f.). *Aire*. Recuperado en junio 2021, del sitio Web del Sistema de Información Ambiental de Colombia: <http://www.siac.gov.co/aire>

23)Pinilla, A. (2008). El poder del viento. [Versión electrónica], *Revista de Ingeniería*, 28, 64-69. Recuperado en mayo de 2021, de <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.16924/revinge.28.9>

24)AMDEE. (2021). *Mapa eólicos*. Recuperado en junio 2021, del sitio Web de la Asociación Mexicana de Energía Eólica: <https://amdee.org/mapas-eolicos.html>

25)Juárez-Hernández, S. y León, G. (2014). Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social. [Versión electrónica], *Revista Problemas del Desarrollo*, 178(45), 139-162. Recuperado en junio

2021, de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030170361470879X>

26)Montaño, N. y Sandoval, L. (2007). Contaminación atmosférica y salud.
Elemento: Ciencia y cultura, 65, 29-33.

27)PNUMA. (2002). *Perspectivas del medio Ambiente Mundial 2002 GEO-3*.
Recuperado en junio 2021, del sitio Web del Programa de las Naciones
Unidas para el Medio Ambiente:
http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/del/Libro_PNUUMA/PNUMA_GEO-3_Introduccion.pdf

28)Contreras, A. M., García, G. y Icaza, B. (2013). *Calidad del aire: una práctica de vida*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

29)Inche, J. (2004). *Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones*.
Lima: Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial-UNMSM.

30)INEC. (2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. [en línea] Recuperado de:
<https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>

31)SENER. (2018). *México redujo sus emisiones de bióxido de carbono durante 2017: Agencia Internacional de Energía*. [en línea] Recuperado de:
<https://www.gob.mx/sener/prensa/mexico-redujo-sus-emisiones-de-bioxido-de-carbono-durante-2017-agencia-internacional-de-energia?idiom=es-MX>

32)Weitzenfeld, H. (1992). Contaminación atmosférica y salud en América latina.
Bol of Sanit Panam, 112(2), 97-109.

33)Vallejo, M., Jáuregui-Renaud, K., Hermosillo, A., Márquez, M. y Cárdenas, M. (2003). Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la ciudad de México. [Versión electrónica], *Gaceta Médica de México*, 139(1), 57-63.

34)Riojas-Rodríguez, H., Schilmann, A., López-Carrillo, L. y Finkelman, J. (2013). La salud ambiental en México: situación actual y perspectivas futuras.



[Versión electrónica], *Salud Pública de México*, 50(6), 638-649. Recuperado en mayo de 2021, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v55n6/v55n6a13.pdf>



- 35) Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2018. ¿Qué es el cambio climático? [en línea] Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/que-es-el-cambio-climatico>
- 36) Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. (2013). *Cambio Climático. Bases Físicas*. [en línea] Recuperado de: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf
- 37) Åslund C. (2021). *Glacier Comparison on Svalbard, Climate Change / Christian Åslund Photography*. [en línea] Recuperado de: <http://www.christian.se/global-warming-retreating-glaciers>.
- 38) Organización Meteorológica Mundial. (2021). *Los indicadores empeoraron y los impactos del cambio climático se agravaron en 2020*. [en línea] Recuperado de: <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/los-indicadores-empeoraron-y-los-impactos-del-cambio-clim%C3%A1tico-se>
- 39) 4C Project. (2020). *4C 2020. Carbon Outlook* [en línea] Recuperado de: https://4c-carbon.eu/sites/default/files/202012/4C%20Carbon%20Outlook_final.pdf
- 40) World Wildlife Fund España. (2021). *Informe incendios forestales 2020: El planeta en llamas*. [en línea] Recuperado de: <https://www.wwf.es/?54921/Informe-incendios-forestales-2020-El-planeta-en-llamas>
- 41) Organización Meteorológica Mundial. (2020). *Las concentraciones de dióxido de carbono siguen en niveles récord a pesar de las medidas de confinamiento debidas a la COVID-19*. [en línea] Recuperado de: <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/las-concentraciones-de-di%C3%B3xido-de-carbono-siguen-en-niveles-r%C3%A9cord-pesar>

42)Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. (2021). *Climate Change 2021 The Physical Science Basis* [en línea] Recuperado de: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf



43)Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. (2021). *Climate change widespread, rapid, and intensifying*. [en línea] Recuperado de: <https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/>

44)Hausfather, Z., (2019). *CMIP6: the next generation of climate models explained / Carbon Brief*. [en línea] Carbon Brief. Recuperado de: <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained>

45)Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. (2021). *IPCC AR6-WGI Atlas*. [en línea] Recuperado de: <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

46)Aristegui Noticias. (2021). *Así reportó el mundo la alerta climática de la ONU* [en línea] Recuperado de: <https://aristeguinoicias.com/1008/mundo/el-mundo-atento-a-la-alerta-climatica-de-la-onu/>

47)Weiskopf, S.R., Rubenstein, M.A., Crozier, L.G., et. al. (2020). *Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States*. Science of The Total Environment. 733. 137782. [en línea] Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>

48)Thornton, P.K., Ericksen, P.J., Herrero, M., et. al. (2014). *Climate variability and vulnerability to climate change: a review*. Global change biology, 20(11), 3313–3328. [en línea] Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/gcb.12581>

49)Binns, C.W., Lee, M.K., Maycock, B., et. al. (2021). *Climate Change, Food Supply, and Dietary Guidelines*. Annual review of public health, 42:233–255. [en línea] Recuperado de: <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-012420-105044>

50)Organización Meteorológica Mundial. (2019). *Nuevos récords de temperatura durante la ola de calor europea*. [en línea] Recuperado de:

<https://public.wmo.int/es/media/noticias/nuevos-records-de-temperatura-durante-la-ola-de-calor-europea>

- 51) Bassets, M. (2019). Francia bate varias veces en un día su récord de temperatura. [en línea] El País. Recuperado de: https://elpais.com/internacional/2019/06/28/actualidad/1561745595_164232.html#?rel=mas
- 52) Fischer, E.M., Sippel, S. y Knutti, R. (2021). *Increasing probability of record-shattering climate extremes*. Nature Climatic Change 11, 689–695 <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01092-9>
- 53) Rocklöv, J. y Dubrow, R. (2020) *Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control*. Nature Immunology 21, 479–483. [en línea] Recuperado de: <https://doi.org/10.1038/s41590-020-0648-y>
- 54) Roberts, W. (2021). *Air pollution and skin disorders*. International Journal of Women's Dermatology. 7:1, 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.ijwd.2020.11.001>
- 55) Ho, J.C., Michalak, A.M. y Pahlevan, N. (2019). *Widespread global increase in intense lake phytoplankton blooms since the 1980s*. Nature 574, 667–670. [en línea] Recuperado de: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1648-7>
- 56) Gingold, D.B., Strickland, M.J., y Hess, J.J. (2014). *Ciguatera fish poisoning and climate change: analysis of National Poison Center data in the United States, 2001–2011*. Environ Health Perspect 122:580–586. [en línea] Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1307196>
- 57) Organización Meteorológica Mundial. (2018). *WMO Reactive Gases Bulletin highlights ozone pollution* [en línea] Recuperado de: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-reactive-gases-bulletin-highlights-ozone-pollution>
- 58) Allen, S., Allen, D., Phoenix, V.R. et al. (2019). *Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment*. Nat. Geosci. 12, 339–344. [en línea] Recuperado de: <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5>



59)Mattsson, K., Hansson, L.A. y Cedervall, T. (2015). *Nano-plastics in the aquatic environment*. Environmental. Sciences: Processes & Impacts 17, 1712–1721. [en línea] Recuperado de:
<https://doi.org/10.1039/C5EM00227C>



60)Gasperi, J., Wright S.L., Dris, R., et al. (2018). *Microplastics in air: are we breathing it in?* Current Opinion in Environmental Science & Health 1, 1–5.
<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.002>

61)Levy, B.S. y Patz, J.A., (2015). *Climate Change, Human Rights, and Social Justice*. Annals of Global Health, 81:3, 310–322. [en línea] Recuperado de:
<http://doi.org/10.1016/j.aogh.2015.08.008>

62)Clayton S. (2021). *Climate Change and Mental Health*. Current Environmental Health Reports. 8:1-6. [en línea] Recuperado de:
<https://doi.org/10.1007/s40572-020-00303-3>

63)United Nations Framework Convention on Climate Change. (2016). *El Acuerdo de París*. [en línea] Recuperado de: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>

64)Globalcarbonatlas.org. (2021). CO2 Emissions | Global Carbon Atlas. [en línea] Recuperado de: <http://globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>

65)Cambioclimatico.gob.mx. (2021). *México ante el cambio climático*. [en línea] Recuperado de:
http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/348/968_2020_Contribucion_Determinada_a_nivel_Nacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y

66)Secretaria del medio ambiente Ciudad de México. (2018). *Plan de acción climática de la ciudad de México alineado con el acuerdo de París*. [en línea] Recuperado de:
http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/Plan-de-Accion-Climatica-de-la-CDMX.pdf

67) Agencia Estatal de Meteorología y Oficina Española de Cambio Climático. (2018). *Cambio Climático: Calentamiento Global de 1,5°C*. Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid [en línea] Recuperado de: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/ipcc_informe_especial_15pdf_tcm30-485656.pdf



68) BBC News Mundo. 2018. 5 cosas simples que puedes hacer para evitar que 2030 sea la fecha límite para una "catástrofe global" por el cambio climático BBC News Mundo. [en línea] Recuperado de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45792863#:~:text=%20Cambio%20clim%C3%A1tico%3A%205%20cosas%20que%20puedes%20hacer,menos%20carne.%20La%20producci%C3%B3n%20de%20carne...%20More%20>

ACTIVIDAD 1



EL VIENTO COMO FACTOR DE DISPERSIÓN DE ORGANISMOS

INTRODUCCIÓN:

El viento es aire en movimiento. Este desplazamiento es consecuencia, de las diferencias de presión y temperatura entre distintas zonas. El viento va de las zonas de alta presión a las de baja presión intentando igualarlas¹. Para medir la fuerza del viento se utiliza la escala de Beaufort, que mide empíricamente la intensidad del viento de acuerdo con el estado del mar, sus olas y la velocidad del viento. Los vientos alcanzan velocidades desde los 0 km/h (fuerza 0; calma Escala Beaufort) hasta más de 118 km/h (fuerza 12; temporal huracanado Escala Beaufort)². Es claro que con estas velocidades el viento puede actuar como dispersor de diferentes materiales y sustancias, los seres vivos también lo aprovechan para ayudarse a colonizar nuevos espacios.

La dispersión de semillas es un proceso ecológico importante para el mantenimiento de la biodiversidad de los ecosistemas y para la regeneración de las comunidades vegetales. Existen diversos tipos (o síndromes) de dispersión, los cuales están determinados según la forma en que las semillas son transportadas a sitios potenciales de establecimiento: por gravedad (barocoria), por viento (anemocoria), por agua (hidrocoria), o por animales (zoocoria, la cual se presenta en dos tipos:

¹ Canaltiempo21, s.f.

² Sail and Trip, 2014.

exozoocoria, que consiste en la adhesión de semillas al pelaje o plumaje de animales; y endozoocoria, que consiste directamente en su ingestión)³.

La anemocoria es la dispersión de organismos o partes de ellos que mediante el viento. Las adaptaciones están dirigidas a la reducción del peso específico (relación peso/volumen). En general, podemos decir que es seleccionada cualquier mutación que produzca un retraso en la velocidad de caída. Como es lógico, la distancia recorrida será proporcional a la fuerza del viento e inversamente proporcional al peso específico. Un factor negativo es la humedad ambiental. Existen básicamente dos tipos de semillas: Voladoras, que cuentan con apéndices plumosos (como en el caso de los vilanos de las compuestas) o alas (frutos de arces, fresnos y olmos, por ejemplo) y Corredoras (estepicultoras). También aumentan la superficie para ofrecer, en este caso, resistencia al viento. Un ejemplo es el del cardo corredor (*Eryngium campestre*): el viento termina arrancando la parte aérea de la planta, que dispersa sus frutos a medida que es arrastrada. Esta forma de dispersión es propia de zonas abiertas y de etapas pioneras de la sucesión⁴.

Pero el viento no solo ayuda a dispersar semillas, también se encuentra involucrado en la dispersión de otros organismos.

Objetivo:

Comprender el papel del viento en la dispersión de insectos y conocer algunos de los efectos que estos organismos tienen en los cultivos.

Objetivos particulares:

- Realizar una búsqueda bibliográfica de acuerdo con el tema.
- Diseñar una infografía con información sintetizada y congruente con el tema.
- Comprender la información brindada y responder un cuestionario.

Instrucciones:

1. Lee con atención el artículo "Efecto del viento en la dispersión a corta distancia del parasitoide *Amitus fuscipennis* MacGown y Nebeker (Hymenoptera: Platygasteridae) en cultivos de frijol y habichuela" de Hernández y Manzano, 2016. Lo podrás encontrar en el Anexo.
2. Realiza las anotaciones necesarias e investiga los términos que no comprendas.
3. Averigua sobre la biología de *Amitus fuscipennis*, incluyendo su ciclo de vida, distribución, reproducción y adaptaciones.

3 Pérez *et al.* 2021.

4 Vilches *et al.*, 2018.



4. Realiza una infografía, puedes ver el siguiente video para saber las características de ella (<https://youtu.be/bBEOswFcqaY>). Una vez que sabes las características de una infografía realiza una que ayude a comprender el artículo anterior haciendo énfasis en la importancia del viento y como interviene en la dispersión de *Amitus fuscipennis*, para realizarla utiliza la página de Canva (www.canva.com).
5. Después de la lectura, tu trabajo de investigación y síntesis realiza el siguiente cuestionario.



Cuestionario:

1. ¿Qué tipo de organismo es *Amitus fuscipennis*? Descríbelo brevemente

2. ¿Cuál es el papel del viento en el ciclo de vida de *Amitus fuscipennis*?

3. ¿En qué localidad se llevó a cabo el estudio? ¿Por qué se escogió ahí y cuáles son sus características?

4. ¿Cuáles fueron las observaciones registradas con respecto al tamaño y al estadio de los organismos de *Amitus fuscipennis*?

5. ¿Qué utilizaron para hacer el marcaje de avispas y como lo realizaron?

6. ¿Cuál es la función de *Amitus fuscipennis* en los cultivos de hortalizas?

7. Redacta una conclusión del artículo revisado.



Fuentes de consulta:

Canaltiempo21. (s.f.). *Curso meteorología*. Cataluña: Autor. Recuperado en mayo de 2021, del sitio Web: <https://www.canaltiempo21.com/capitulo-6-el-viento/>

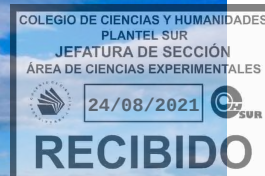
Hernández, L. y Manzano, M. (2016). Efecto del viento en la dispersión a corta distancia del parasitoide *Amitus fuscipennis* MacGown y Nebeker (Hymenoptera: Platygasteridae) en cultivos de frijol y habichuela. *Acta Agronómica*, 65(1), 80-86.

Pérez, A., Mota, C., Bonilla, M. y Rojas-Soto, O. (2021). *La dispersión de semillas por aves y la recuperación del bosque mesófilo de montaña*. Recuperado en julio de 2021, del sitio Web del Instituto de Ecología: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/632-la-dispersion-de-semillas-por-aves-y-la-recuperacion-del-bosque-mesofilo-de-montana>

Sail and trip. (2014). *Escala Beaufort. La intensidad del viento*. Madrid: Autor. Recuperado en junio de 2021, del sitio Web: <https://sailandtrip.com/escala-beaufort/>

Vilches, J., Rodríguez, C. y Gutiérrez, N. (2018). *Tú la llevas. Unidad didáctica*. España: Junta de Andalucía. Recuperado en mayo de 2021, de <https://www.juntadeandalucia.es/educacion/portalaverroes/documents/10306/1585186/tulallevas.pdf>

ACTIVIDAD 2



LA FUERZA DEL VIENTO PARA GENERAR ELECTRICIDAD

INTRODUCCIÓN:

La energía ha sido el motor de la humanidad, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XX, periodo en el que su disponibilidad y consumo se han acelerado de manera tangible, con enormes consecuencias económicas, sociales, culturales y éticas, además de los efectos sobre la atmósfera, el clima, el océano y la biosfera¹.

La fuerza del viento fue una de las primeras formas de energía renovable utilizada por la humanidad en sus principios; desde luego en la navegación, además, en los molinos de viento donde aparecieron los primeros ingenios mecánicos². La energía eólica, transformada en energía mecánica ha sido históricamente aprovechada, pero su uso para la generación de energía eléctrica es más reciente, existiendo aplicaciones de mayor escala desde mediados de la década de los 70 en respuesta a la crisis del petróleo y a los impactos ambientales derivados del uso de

1 Puchet y Bolaños, 2015.

2 de la Herrán, 2008.

combustibles fósiles³. En la actualidad y ante el grave y mundial problema energético, el viento vuelve a figurar como una solución importante; grandes fábricas en los países desarrollados construyen gigantescos molinos de viento, ahora llamados turbinas eólicas, con capacidad para producir energía eléctrica y así solucionar en gran parte nuestras necesidades de electricidad. La energía eólica es limpia por no generar contaminantes de tipo alguno (gases, residuos, calor) y además es inagotable. Por fortuna, la república mexicana cuenta con varias regiones que gozan de vientos fuertes y constantes².



OBJETIVOS:

Conocer cómo se produce energía eléctrica a partir de la energía eólica y reconocer las características del territorio nacional para producirla.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Conocer cómo se genera la electricidad en nuestro país y si son consideradas energías limpias o no.
- Ubicar en el territorio nacional cuáles son las zonas más adecuadas para instalación de turbinas eólicas y que cantidad de energía producen actualmente.
- Conocer el funcionamiento de una turbina eólica a escala.

ACTIVIDAD 1

1. Acude al Museo Tecnológico de la Comisión Federal de Electricidad (MUTEC), ubicado en Avenida Grande del Bosque s/n, 2a. Sección del Bosque de Chapultepec, 11870 Miguel Hidalgo, CDMX.
2. Visita la sala permanente "Electrópolis". En la sala presta atención a la historia de la electricidad y cómo la hemos empleado a lo largo del tiempo. También identifica las distintas formas en las que se produce la electricidad en México y el mundo. Con esta información completa los puntos siguientes.
3. Realiza una línea del tiempo con los hechos más sobresalientes en el descubrimiento, aplicación y uso de la electricidad. Para realizar esta actividad utiliza las páginas de www.canva.com o www.timetoast.com/

3 AMDEE. 2018.

- Realiza una investigación de fuentes sobre las energías limpias. En el siguiente espacio describe brevemente qué son y en qué consisten. No olvides poner tu fuente de consulta.



- Completa la siguiente tabla utilizando la información que recabaste en la sala. Modifícala si es necesario.

Energía	Descripción	Ubicación en México	Es una energía limpia

- Visita el Jardín Tecnológico y observa las estructuras que utiliza la CFE para llevar la electricidad a nuestros hogares, industria, transporte y centros de trabajo.

ACTIVIDAD 2

- Lee con atención el artículo "El viento: fuerza viva para generar electricidad" de de la Herrán, 2008. Lo podrás encontrar en el Anexo.
- Realiza las anotaciones necesarias e investiga los términos que no comprendas.
- Realiza una infografía, puedes ver el siguiente video para saber las características de ella (<https://youtu.be/bBEOswFcqaY>). Una vez que sabes las características

de una infografía realiza una que ayude a comprender el artículo anterior haciendo énfasis en la importancia del viento y cómo se utiliza para generar electricidad y por qué México es un país adecuado para su implementación. Para realizarla utiliza la página de Canva (www.canva.com).

- Después de la lectura ubica en el siguiente mapa de la República Mexicana las zonas donde se encuentran las granjas eólicas e indica cuanta electricidad generan al año.



- Realiza una búsqueda de fuentes y averigua algunos aspectos negativos sobre la energía eólica. En el siguiente espacio descríbelos, no olvides poner tu fuente de consulta.



ACTIVIDAD 3

Hagamos una turbina eólica en casa

Materiales:

- 1 motor de 12V
- 1 LED
- 2 cables
- 1 tabla de 15x15cm
- 2 abatelenguas delgados
- 5 tapas de plástico, refresco (del mismo tamaño)
- 1 palito de paleta de caramelo (que tenga el centro hueco)
- 1 pistola de silicón
- barras de silicón adicionales
- tijeras
- secadora de pelo



Método:

1. Toma los dos abatelenguas y córtalos por la mitad. Cuida que no se astillen.
2. Pega con la pistola de silicón, cada tapa (por el reverso) al extremo romo de cada uno de los abatelenguas. Espera que sequen para que pegue bien.
3. Corta el palito de paleta con 2cm de longitud.
4. Pega cada uno de los abatelenguas al palito de paleta. Debes acomodarlos de manera que se entre crucen y queden uno frente a otro. Asegúrate que las bocas de todas las tapas estén ubicadas a la misma dirección.
5. Pega la última tapa a la parte inferior del motor. Una vez seco, pega el otro extremo de la tapa a la tabla y déjalo secar.
6. Une el LED a los dos cables. Considera que la "patita" corta del LED es el polo negativo y la "patita" larga es el polo positivo.
7. Conecta los cables al motor del dispositivo ya ensamblado.

8. Aplica aire a las tapas con ayuda de la secadora de pelo. Observa que pasa con el LED, si no pasa nada cambia la posición de los cables unidos al motor y vuelve a intentarlo.



ACTIVIDAD 4

Genera una conclusión en la que integres y relaciones todas las actividades anteriores. Enfatiza la importancia del viento en la producción de electricidad, cuáles son sus ventajas y desventajas.

FUENTES DE CONSULTA:

AMDEE. (2021). *Energía eólica*. Recuperado en junio 2021, del sitio Web de la Asociación Mexicana de Energía Eólica: <https://amdee.org/mapas-eolicos.html>

De la Herrán, J. (2008). El viento: fuerza viva para generar electricidad. *Ciencia UAT*, 3(1), 8-9

Puchet, C. y Bolaños, S. (2015). *Energía limpia. ¿Cómo ves?*, 204, 30.

ACTIVIDAD 3



OBSERVACIÓN DE NUBES

INTRODUCCIÓN:

Una nube es la materialización física y visual del vapor de agua atmosférico que, al cambiar de fase (líquida o sólida) y agruparse, forma estructuras que cubren total o parcialmente el cielo. La interacción de la luz solar con las gotitas y cristalitos de hielo hace que las nubes aparezcan, preferentemente blancas, otras veces son grisáceas e, incluso, negras ante la vista. Esta aglomeración fundamentalmente formada por gotitas de agua o hielo, o ambas juntas, que se hacen visibles de forma notoria y están suspendidas en el aire, por lo que no son nubes las estructuras formadas por las irrupciones de polvo, arena, material arrojado por volcanes o cualquier otro tipo de materia en suspensión¹.

Las nubes son importantes para la atmósfera y sus procesos, tienen gran impacto en el efecto invernadero y la cantidad de radiación solar absorbida por la Tierra, debido a que pueden producir calentamientos o enfriamientos de la superficie de acuerdo con su altitud y su espesor².

1 León y Quirantes, s.f.

2 Caminolli y Vera, 2013.

Una nube no es sólo un adorno o un estético capricho de la atmósfera, es un fenómeno muy valioso del cual podemos obtener información meteorológica muy útil, por eso es muy importante su observación, que ha sido una práctica realizada por varias culturas del mundo desde hace mucho tiempo y se utilizaba principalmente para conocer la temporada de lluvias. Entonces una nube, conjunto de ellas, no está en un lugar de una forma casual, sino que obedece a un cúmulo de circunstancias de las cuales podemos obtener información cuando se observan in situ o cuando se tienen datos de ellas, en un momento dado, de muchas observaciones realizadas simultáneamente³.



Se analiza su tipo, su cantidad, su disposición vertical y horizontal, etc., y además se suministra información sobre la precipitación, intensidad, etc., que pueden llevar asociada. Algunas nubes se forman y desarrollan según la presencia o no de inestabilidad en la atmósfera. Otras nubes son importantes para la aviación. Su observación y existencia están asociadas a estabilidad y a vientos perturbados por obstáculos orográficos. La visión de un desplazamiento rápido de nubes es indicativa de la existencia de vientos rectores al nivel de la nube³.

OBJETIVO:

Identificar los distintos tipos de nubes que se pueden observar en la CDMX y conocer la importancia de ellas para el planeta.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Conocer la clasificación de las nubes.
- Realizar un registro y avistamiento de las nubes en la CDMX.
- Conocer la importancia de las nubes para la atmósfera y el planeta Tierra.
- Conocer el impacto meteorológico de las nubes en distintas localidades de acuerdo con el tipo de desarrollo urbano.

³ León y Quirantes, s.f.

ACTIVIDAD 1

- Realiza una investigación de fuentes que te permita conocer las características de las nubes según su clasificación.
- Completa la siguiente tabla con la información obtenida. Puedes modificar la tabla como mejor te convenga.



Clasificación nubosa		Descripción	Imagen
Por su origen		Frontales	
		Orográficas	
		Convectivas	
Movilidad		Estáticas	
		Móviles	
Naturaleza		Naturales	
		Artificiales	
		Mixtas	
Niveles atmosféricos que ocupan		Altas	
		Medias	
		Bajas	
		Desarrollo vertical	
Forma		Cirrus	
		Stratus	
		Cumulus	
		Nimbus	

- Busca información necesaria para completar las siguientes fichas (tomado de León y Quirantes, s.f.).
- Realiza una ficha para: Cirrus, Cirrostratus, Cirrocumulus, Altostratus, Nimbostratus, Stratus, Stratocumulus, Cumulus y Cumulonimbus.



Imagen

Nombre:	Abreviatura y/o simbología:	Nivel que ocupa:
Descripción:		
Constitución:		
Formación:		
Especies:		
Variedades:		
Tipo de tiempo:	(cuándo se presentan)	

ACTIVIDAD 2

Materiales:

- Cámara fotográfica (digital o análoga)
- Brújula
- Fichas de registro
- Manual de la NOAA y NASA (lo encuentras en el Anexo)

Instrucciones:

- Durante cinco días observa en tres momentos (día, tarde, noche) las nubes que hay en la localidad en la que te encuentres.
- Completa una ficha por cada observación que realices (tomado de León y Quirantes, s.f.).



Imagen

Fecha: _____ Hora: _____ Lugar: _____

Tipo de nube: _____

Autor: _____

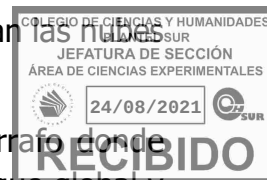
Dirección hacia dónde está tomada la foto: Según los puntos cardinales _____

Movimiento de la nube: Hacia dónde se desplaza la nube o si está quieta _____

Comentarios adicionales: _____

ACTIVIDAD 3

- Investiga que es la “Isla Urbana de Calor” y el papel que desempeñan las nubes en esta.
- Redacta en el siguiente espacio una conclusión de mínimo un párrafo donde incorpores la importancia de las nubes en el planeta, tanto en enfoque global y local.



Fuentes de consulta:

Camilloni, I., Vera, C. (2007). La atmósfera: ciencias naturales. Argentina: Explora / Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Recuperado en junio de 2021, de <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002316.pdf>.

León, F. y J. Quirantes. (s.f.). Observación e identificación de nubes. Recuperado en julio de 2021, de http://documents.meteo6q3r.es/meteorodocs/unidad_nubes.pdf

NASA y NOAA. (s.f.). *Guía de observación de las nubes*. EUA: Autor.

ACTIVIDAD

4



OBSERVANDO EL ORIGEN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

INTRODUCCIÓN

¿Conoces la causa de la última edad de hielo? ¿Sabes por qué comenzó la última edad de hielo y por qué terminó? Esta pregunta desconcertó a muchos científicos del siglo XIX, y varios se esforzaron para averiguarlo. En 1824, Joseph Fourier, descubrió que los gases en la atmósfera afectan la temperatura de la superficie de la Tierra. A este fenómeno lo llamó el efecto invernadero.

A mediados del siglo XIX, John Tyndall trataba de averiguar cómo comenzó y cómo terminó la edad de hielo. Durante su investigación, examinó cuáles son los gases de la atmósfera que podían atrapar el calor. Descubrió que el vapor de agua y el dióxido de carbono (CO₂), dos componentes de la atmósfera podían atrapar el calor. De hecho, a pesar de que solo hay unas pocas partes por millón de CO₂

en la atmósfera, Tyndall incluso calculó que una cantidad pequeña de CO₂ puede afectar la cantidad de calor que irradia la atmósfera.

A finales del siglo XIX, el científico sueco, Svante Arrhenius, realizó un complicado cálculo que mostró que reducir la cantidad de CO₂ en la atmósfera podría reducir la temperatura en 4 o 5

°C. Este cambio sería suficiente para causar una edad de hielo. En el momento de la última edad de hielo, varios eventos geoquímicos pueden haber causado variaciones en la cantidad de CO₂ en la atmósfera. Según Arvid Hogbom, amigo de Arrhenius, la actividad humana a finales del siglo XIX estaba añadiendo CO₂ a la atmósfera aproximadamente al mismo ritmo que los procesos geoquímicos que originaron la era de hielo, de esta manera se contrarrestó la disminución en la temperatura. Arrhenius predijo que, a ese ritmo, habría un calentamiento global en unos pocos siglos. Arrhenius no sabía que los humanos continuarían incrementando la tasa de producción de CO₂. Seguramente el que la Tierra aumentara su temperatura tenía sin cuidado a Arrhenius ya que él vivía en la fría Suecia. Pero la historia no termina ahí, a finales de 1950 y principios de 1960, Charles Keeling, estudió la concentración de CO₂ atmosférico en Mauna Loa (Hawái) y pudo confirmar la teoría de Arrhenius sentando las bases para el conocimiento del cambio climático.



Objetivos

El cambio climático es un fenómeno relacionado con el aumento de los gases de efecto invernadero que permiten al planeta Tierra mantenerse con un clima cálido a diferencia de otros planetas, sin embargo, los gases involucrados en este fenómeno han aumentando a partir de la revolución industrial por el empleo de combustibles fósiles en las máquinas desarrolladas desde entonces, de tal manera

que su aumento en su concentración atmosférica se ve reflejado en un aumento de la temperatura global, lo que se conoce como el cambio climático.

- Visualizar y tomar datos de un modelo de planeta con “efecto invernadero” y compararlo con un modelo de planeta con “efecto invernadero” y con una mayor concentración de CO₂ esta comparación se hará respecto a la temperatura de cada modelo o sistema.
- Tomar datos de diferentes condiciones y graficarlos para su interpretación.
- Relacionar el fenómeno encontrado en la práctica con el cambio climático
- Responder preguntas complementarias a la elaboración de un reporte de práctica



Material

- 2 contenedores de plástico transparente de aproximadamente 2 litros (como ejemplo pueden buscar el contenedor hermético Rubbermaid Brilliance 2.3 Litros de Walmart).
- 2 recipientes de cristal que permitan la adición de 40 mL de líquido cada uno, se pueden utilizar frascos de comida para bebé, limpios sin tapa.
- 1 botella de 500 mL de vinagre
- 1 bolsa de bicarbonato de sodio de 250 gms.
- 2 termómetros que puedan medir al menos hasta 60 °C.
- Papel cuadriculado para graficar.
- Cuaderno de notas para anotar los datos a recopilar.

Método

I. Instalación del modelo de planeta con "efecto invernadero".



1. Tomen sus contenedores de plástico transparente y colóquenlos boca abajo al aire libre en un lugar soleado donde no sea alterado durante siete días. Traten de encontrar una ubicación que esté sobre el suelo y no en el concreto o en ladrillo. Coloquen un termómetro y un recipiente de comida para bebé dentro de cada contenedor de plástico.

2. No debe haber espacios grandes entre la boca del contenedor de plástico y el suelo.

3. A uno de los recipientes de comida para bebé se les agregarán 40 mL de agua 30 minutos antes de tomar la primera lectura de temperatura del día, este contenedor es nuestro modelo que representa un planeta con "efecto invernadero" como el creado por nuestra atmósfera, sin un aumento de CO₂, sino de vapor de agua.

4. Al otro de los recipientes de comida para bebé se les agregarán 40 mL de vinagre más dos cucharadas pequeñas de bicarbonato de sodio, 30 minutos antes de tomar la primera lectura de temperatura del día, este contenedor es nuestro modelo que representa un planeta con "efecto invernadero" como el creado por nuestra atmósfera, pero con un aumento de CO₂.

5. Registren en su cuaderno de notas, la temperatura dentro de cada contenedor de plástico entres momentos diferentes del día, durante siete días previo cambio de líquidos media hora antes de la primera lectura del día. Llenen una tabla de datos, como la que se muestra a continuación y traten de tomar la medición de la temperatura aproximadamente a las mismas horas cada día. Registren el clima de cada día que tomen lecturas de temperatura en su cuaderno de notas.

5. Grafiquen sus datos en dos gráficas de dispersión. Etiqueten la hora del día en el eje X y la temperatura en el eje Y. Tracen los datos para los siete días en la misma gráfica. Hagan una gráfica para los datos tomados del termómetro del contenedor con agua y una gráfica para los datos tomados del termómetro del contenedor con CO₂. ¿Hay alguna diferencia entre los datos del contenedor con H₂O y los datos del contenedor con CO₂? ¿Qué tan grande es la diferencia?

¿Hay dependencia del clima?

Fecha	Clima	Hora	Temp. interior (°C)	Temp. exterior (°C)



Preguntas para contestar al final de la práctica:

¿Qué es el cambio climático? ¿A qué se debe?

¿Cuáles son los diversos gases de efecto invernadero?

¿Cuáles son los gases de efecto invernadero en los que el humano está aumentando su concentración en la atmósfera? ¿De qué manera están aumentando?

Al terminar la actividad los alumnos elaborarán un reporte de la investigación experimental y harán una exposición en clase de su trabajo en una infografía en Piktochart, bajo el siguiente esquema:

- a) Título
- b) Introducción

- c) Objetivos
- d) Metodología o procedimientos
- e) Resultados (Imágenes del experimento, tablas y gráficas)
- f) Análisis de resultados y conclusiones
- g) Respuestas a las preguntas anteriores
- h) Bibliografía



Sugerencias de evaluación

- Participación constante y comprometida en todas las actividades del experimento.
- Participación fundamentada en el reporte escrito y entrega del mismo.
- Interés mostrado durante el desarrollo de la investigación y desarrollo de habilidades.

Bibliografía

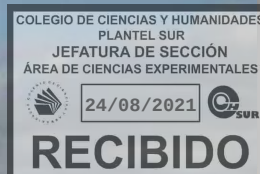
Centre d'Educació Ambiental de la Comunitat Valenciana. (2013), Fichas de trabajo en el aula. Comprender el cambio climático. Recuperado de http://www.cma.gva.es/comunes_asp/documentos/agenda/Cas/84754.COMPRENDER_CC.pdf

Loret, J y J. Tanacredi, eds. Experiment Central: Understanding Scientific Principles through Projects. Volume 2, United States of America: UXL, 2000. 294-300.

Science Buddies. (2020). Is it Getting Hot in Here? Investigate the Greenhouse Effect. Recuperado de https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/EnvSci_p047/environmental-science/what-is-the-greenhouse-effect

ACTIVIDAD

5



INVESTIGANDO CÓMO FUNCIONA EL FAMOSO EFECTO INVERNADERO

INTRODUCCIÓN

En 1824, Joseph Fourier, el famoso matemático y físico francés, descubrió que los gases en la atmósfera podrían afectar la temperatura de la superficie de la Tierra. Lo llamó el efecto invernadero. Fourier razonó que la energía, en forma de luz visible del Sol, puede penetrar fácilmente en la atmósfera para llegar a la superficie de la Tierra y calentarla, pero el calor no puede escapar fácilmente al espacio. Nuestra atmósfera absorbe el calor proveniente del sol, conocido como radiación infrarroja, e irradia parte de él de vuelta al espacio. Si toda la energía que irradia la Tierra, tras ser calentada por la luz del Sol, se perdiese en la inmensidad del espacio, la temperatura media del planeta estaría cercana a los -18°C . Los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI) crean una situación similar a la de un invernadero, de modo que dejan pasar la radiación solar que incide sobre la Tierra, pero atrapan parte de la radiación reflejada, devolviéndola hacia la superficie. A

este fenómeno se le conoce como Efecto Invernadero, el causante de que la temperatura media de la Tierra ronde los 15°C. El principal gas invernadero es el dióxido de carbono (CO₂), pero también contribuyen a este efecto el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), el hexafluoruro de azufre (SF₆), los gases hidrofluorocarbonados (HFCs) y los gases perfluorocarbonados (PFCs), además del vapor de agua. Estos gases son la razón por la que vivimos en un planeta cálido, en lugar de un planeta sin vida y congelado.



El estudio de la climatología y los efectos del exceso de los gases de efecto invernadero son muy complicados. En esta práctica, construirás un modelo de planeta con “efecto invernadero” o un simple invernadero, y registrarás cómo el calor queda atrapado en el modelo y cómo varía la temperatura con respecto a la temperatura fuera del modelo en diferentes momentos del día. ¡Podrán ver por sí mismos cómo funciona el efecto invernadero!

Objetivos

El efecto invernadero es un fenómeno natural que permite al planeta Tierra mantenerse con un clima cálido a diferencia de otros planetas, de tal manera que su presencia es indispensable para la vida tal como la conocemos. En esta práctica compararemos la diferencia que hay entre tener un efecto invernadero y no tenerlo en nuestros modelos.

- Visualizar y tomar datos de una representación de un planeta con “efecto invernadero” y compararlo con datos de una representación de un planeta sin “efecto invernadero”.
- Tomar datos y graficarlos para su interpretación.
- Responder preguntas complementarias a la elaboración de un reporte de práctica.

Material

- Un contenedor de plástico transparente de aproximadamente 2 litros (como ejemplo pueden buscar el contenedor hermético Rubbermaid Brilliance 2.3 Litros de Walmart).
- 2 termómetros que puedan medir al menos hasta 60 °C.
- Papel cuadriculado para graficar.
- Cuaderno de notas para anotar los datos a recopilar.



Método

I. Instalación del modelo de planeta con “efecto invernadero”.

1. Tomen su contenedor de plástico transparente y colóquenlo boca abajo al aire libre en un lugar soleado donde no sea alterado durante siete días. Traten de encontrar una ubicación que esté sobre el suelo y no en el concreto o en ladrillo. Coloquen uno de los termómetros dentro del contenedor de plástico.
2. No debe haber espacios grandes entre la boca del contenedor de plástico y el suelo. El contenedor es nuestro modelo que representa un planeta con “efecto invernadero” como el creado por nuestra atmósfera. El suelo es el planeta y el contenedor representa la atmósfera del planeta.
3. Coloquen el segundo termómetro fuera del contenedor de plástico, a un lado de él. Traten de colocarlo sin que el contenedor le haga sombra. Este termómetro representa al modelo de un planeta sin atmósfera o sin “efecto invernadero”.
4. Registren en su cuaderno de notas, la temperatura dentro y fuera del contenedor de plástico en tres momentos diferentes del día, durante siete días. Llenen una tabla de datos, como la que se muestra a continuación y traten de tomar la medición de la temperatura aproximadamente a las mismas horas cada día. Registren el clima de cada día que tomen lecturas de temperatura en su cuaderno de notas.
5. Grafiquen sus datos en dos gráficas de dispersión. Etiqueten la hora del día en el eje X y la temperatura en el eje Y. Tracen los datos para los siete días en la

misma gráfica. Hagan una gráfica para los datos tomados del termómetro fuera del contenedor y una gráfica para los datos tomados del termómetro dentro del contenedor. ¿Hay alguna diferencia entre los datos del interior y los del exterior del contenedor? ¿Qué tan grande es la diferencia? ¿Hay dependencia del clima?



Fecha	Clima	Hora	Temp. interior (°C)	Temp. exterior (°C)

Preguntas para contestar al final de la práctica:

¿Qué es el efecto invernadero? ¿Cómo funciona?

¿Cuáles son las diferentes capas que forman la atmósfera?

¿Cuáles son los diversos gases que componen la atmósfera?

Al terminar la actividad los alumnos elaborarán un reporte de su investigación experimental y harán una exposición en clase de su trabajo en una infografía en Piktochart, bajo el siguiente esquema:

a) Título

- b) Introducción
- c) Objetivos
- d) Metodología o procedimientos
- e) Resultados (Imágenes del experimento, tablas y gráficas)
- f) Análisis de resultados y conclusiones
- g) Respuestas a las preguntas anteriores
- h) Bibliografía



Sugerencias de evaluación

- Participación constante y comprometida en todas las actividades del experimento.
- Participación fundamentada en el reporte escrito y entrega del mismo.
- Interés mostrado durante el desarrollo de la investigación y desarrollo de habilidades.

Bibliografía

Centre d'Educació Ambiental de la Comunitat Valenciana. (2013), Fichas de trabajo en el aula. Comprender el cambio climático. Recuperado de http://www.cma.gva.es/comunes_asp/documentos/agenda/Cas/84754.COMPRENDER_CC.pdf

Loret, J y J. Tanacredi, eds. Experiment Central: Understanding Scientific Principles through Projects. Volume 2, United States of America: UXL, 2000. 294-300.

Science Buddies. (2020). Is it Getting Hot in Here? Investigate the Greenhouse Effect. Recuperado de https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/EnvSci_p047/environmental-science/what-is-the-greenhouse-effect

ACTIVIDAD

6



ACIDIFICACIÓN DEL OCÉANO POR CO₂

INTRODUCCIÓN

Científicos de todo el mundo están preocupados por el calentamiento global y el cambio climático. El calentamiento global se define como el aumento de la temperatura promedio de las capas del aire y del océano más cercanas a la superficie de la Tierra. El cambio climático se define como cualquier cambio significativo a largo plazo en el clima promedio que experimenta una región determinada. Las causas del calentamiento aún siguen siendo objeto de investigación. Sin embargo, una teoría muy aceptada es que el calentamiento global se debe, en parte, al aumento de los gases de efecto invernadero de origen antropogénico, como el bióxido de carbono (CO₂), a partir del inicio de la revolución industrial.

La tierra está protegida y se mantiene caliente por la atmósfera, que se compone de varias capas. La luz solar visible penetra fácilmente a través de la atmósfera y calienta la superficie de la Tierra. La superficie de la Tierra emite radiación infrarroja invisible. A medida que la radiación se mueve hacia arriba, capa por capa, a través de la atmósfera, parte de ella es absorbida por cada capa. Entonces cada capa de aire envía parte de la energía absorbida de vuelta hacia la Tierra, y otra parte de esta energía es enviada hacia arriba, es decir hacia las capas más altas. A medida que la radiación infrarroja emitida por la Tierra sube, las capas de la atmósfera se vuelven más delgadas y frías. Eventualmente, la energía infrarroja alcanza una capa tan delgada que la radiación puede escapar al espacio. El agregar más dióxido de carbono a una capa permite que esa capa absorba más radiación o energía térmica. Así que las capas que reciben la mayor parte de la energía térmica en su camino para salir de la Tierra se vuelven más cálidas, enviando más de la energía térmica de regreso a la Tierra. Esto significa que la energía no puede salir de la Tierra hasta que alcance capas más altas y delgadas, que son más frías y, que, por lo mismo, envían menos calor de regreso a la Tierra. Entonces el planeta, en su conjunto, retiene más energía de la que emite, lo que significa que se torna más caliente.

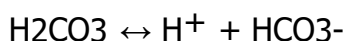


Un mecanismo que impide que parte del CO₂ se incorpore a la atmósfera son los océanos. Los océanos absorben aproximadamente un tercio del CO₂ antropogénico. Sin embargo, esto tiene un costo ecológico, que es el fenómeno llamado acidificación de los océanos. A medida que el CO₂ se disuelve en el agua de los océanos, el pH del agua disminuye. El pH es una medida de la cantidad de iones de hidrógeno o de su actividad en una solución. Mientras el pH siga disminuyendo, el agua sigue viviéndose cada vez más ácida.

Cuando el CO₂ se disuelve en el agua, forma ácido carbónico. Esta reacción se muestra en la ecuación 1:



El dióxido de carbono y el agua se combinan para formar ácido carbónico. Parte del ácido carbónico se disocia en el agua, liberando iones de hidrógeno y bicarbonato. Esta reacción se muestra en la ecuación 2:



El ácido carbónico se disocia en el agua de los océanos, generando iones de hidrógeno y iones de bicarbonato.

Los iones de hidrógeno tienen dos efectos en los océanos. Algunos de ellos se quedan en el agua aumentando el pH general de los océanos. Otros reaccionan con iones de carbonato que están presentes en el agua para formar bicarbonato. Este proceso elimina los iones disponibles de carbonato del agua. Los organismos como los corales, los caracoles marinos y las almejas usan iones de carbonato y calcio para construir sus conchas o esqueletos. Si se reduce la cantidad de carbonato, entonces es más difícil que estos organismos se desarrollen. En cuanto a los organismos marinos superiores, el aumento en el CO_2 puede generar acidosis. La acidosis es un aumento del ácido carbónico en los fluidos corporales, causando valores de pH más bajos en la sangre. Esto puede conducir a una gran cantidad de problemas de salud en estos organismos.

Objetivos

Los océanos como parte del ciclo de carbono “capturan” de forma natural el CO_2 de la atmósfera en aproximadamente 7 mil millones de toneladas métricas por año. Los océanos absorben CO_2 en la superficie y lo transfieren a las aguas profundas, fuera de contacto con la atmósfera durante siglos. Antes de la revolución industrial, las concentraciones de CO_2 en el océano y la atmósfera estaban en equilibrio. Pero el aumento en los niveles atmosféricos de CO_2 , causados por la quema de combustibles fósiles, ha llevado al exceso de CO_2 en

las aguas superficiales del océano. Este exceso de CO₂ se ha calculado en un aumento cercano al millón de toneladas de CO₂ por hora. Los océanos son más ácidos ahora de lo que han sido en miles de años.

El agua acidificada también puede generar problemas en los organismos marinos como un déficit de carbonato que impide que desarrollen sus conchas o esqueletos de carbonato de calcio además de que puede llegar a producir acidosis a organismos marinos superiores. En esta práctica el alumno comprueba cómo al incorporar CO₂ al agua esta se acidifica.



- Comprobar cómo la absorción de CO₂ genera acidificación del agua.
- Comprender los efectos de la acidificación del mar sobre el hábitat marino.
- Tomar datos de diferentes condiciones y graficarlos para su interpretación.
- Responder preguntas complementarias a la elaboración de un reporte de práctica

Material

- 4 vasos desechables de 250 ml con tapa y popote (de preferencia usa vasos reciclados previamente lavados).
- 1 paquete de tiras medidoras de pH.
- Papel cuadriculado para graficar.
- Cuaderno de notas para anotar los datos a recopilar.

Método

I. Instalación del modelo de océano o con exceso de CO₂.

1. Etiqueten sus vasos desechables con las siguientes leyendas "control", "5 minutos", "10 minutos" y "15 minutos" agreguen 200 ml de agua potable y colóquenlos en un lugar donde no sean alterados durante siete días.

2. Después de colocar en cada uno de los vasos la tapa y el popote deben soplar suavemente el tiempo que indica la etiqueta, es decir, no soplaremos en el vaso control, pero lo haremos durante 5, 10, y 15 minutos dependiendo de la etiqueta de los otros vasos.

3. A continuación debemos medir el pH de nuestros vasos introduciendo la punta de una tira reactiva en cada vaso, por un minuto, después de que haya cambiado de color, comparar con la guía de colores de la caja de tiras que nos indicará el valor del pH en cada tira.

4. Registren en su cuaderno de notas, el pH de cada vaso una vez al día, durante siete días. Llenen una tabla de datos, como la que se muestra a continuación y traten de tomar la medición del pH aproximadamente a la misma hora cada día.

5. Grafiquen sus datos en 4 gráficas de dispersión. Etiqueten el día (de 1 a 7) en el eje X y el pH en el eje Y. Hagan una gráfica para el pH tomado del vaso "Control", una gráfica para el pH tomado del vaso "5 minutos", una gráfica para el pH tomado del vaso "10 minutos", y una gráfica para el pH tomado del vaso "15 minutos". ¿Hay alguna diferencia entre los datos del vaso control y los datos de los otros vasos? ¿Qué tan grande es la diferencia?

Fecha	Hora	pH Control	pH 5 min.	pH 10 min.	pH 15 min.





Preguntas para contestar al final de la práctica:

¿A qué se debe que una solución sea ácida?

¿Cómo describirías la acidificación de los océanos?

¿Cuáles son los efectos de un menor pH en los organismos marinos?

Al terminar la actividad los alumnos elaborarán un reporte de la investigación experimental y harán una exposición en clase de su trabajo en una infografía en Piktochart, bajo el siguiente esquema:

- Título
- Introducción
- Objetivos
- Metodología o procedimientos
- Resultados (Imágenes del experimento, tablas y gráficas)
- Análisis de resultados y conclusiones
- Respuestas a las preguntas anteriores
- Bibliografía

Sugerencias de evaluación

- Participación constante y comprometida en todas las actividades del experimento.
- Participación fundamentada en el reporte escrito y entrega del mismo.
- Interés mostrado durante el desarrollo de la investigación y desarrollo de habilidades.

Bibliografía

Centre d'Educació Ambiental de la Comunitat Valenciana. (2013), Fichas de trabajo en el aula. Comprender el cambio climático. Recuperado de http://www.cma.gva.es/comunes_asp/documentos/agenda/Cas/84754.COMPRENDER_CC.pdf

Maranowski, M. y Science Buddies. (2020). Swimming in Acid: Understanding Ocean Acidification. Recuperado de https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/OceanSci_p013/ocean-sciences/ocean-acidification



CAPÍTULO



C. EL SUELO, USO Y ABUSO



¿Qué es el suelo?

Entre las definiciones más antiguas y básicas se dice que es el medio natural para el crecimiento de plantas terrestres, en esta definición se denota el interés humano, entendiendo al suelo como servicio ambiental, ya que es en él se siembran y cultivan las plantas que nos proveen de alimentos, fibras, medicamentos, madera, entre otras necesidades.



Al realizar un repaso histórico sobre la transformación del concepto de suelo, Fadda¹ explica que la definición inicial fue diseñada bajo una concepción marcadamente antropocentrista, la cual, existió hasta la mitad del siglo XIX, siendo transformada en 1870 por la escuela rusa de Dokuchaiev, quienes consideraron a los suelos como cuerpos naturales independientes cada uno con una morfología única y reconociendo que son resultado de particulares combinaciones de factores formadores.

Por lo anterior, ahora se considera y estudia al suelo como un cuerpo natural, dinámico y evolucionario, resultado de efectos combinados de fuerzas y factores ambientales, con la interacción de seres vivos, que hacen uso de este recurso natural. Conti² reconoce la presencia de vida en alguna de sus formas como parte de los procesos de **pedogénesis** (formación de los suelos).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura o mejor conocida como FAO³ hace referencia en su página en español a que **el Suelo es el producto final de la influencia del tiempo, combinado con el clima, topografía, organismos (pertenecientes a los Cinco Reinos, incluyendo al humano y los impactos positivos y negativos que realizan todos estos seres vivos), además de los materiales parentales (rocas y minerales originarios)**. Esta definición se reconoce como incluyente, ya que reconoce las actividades humanas, tales como: asentamientos, producción, recreación, etc.

Así, el conocimiento de los factores medioambientales responsables de la formación del suelo, permiten predecir su vocación, tanto para el establecimiento de vegetación nativa en los ecosistemas conservados, como en

¹ Fadda, 2017a.

² Conti, 2000.

³ FAO, 2021.

la agricultura, por lo que elegir los sitios más adecuados para cultivos específicos, tomar decisiones de manejo o implementar estrategias de conservación más adecuadas, dependiendo del conocimiento del suelo.

El ¿Qué? de la formación del suelo...

El suelo es resultado de la interacción del **clima**, **organismos vivos** (llamados factores bioclimáticos generales o factores activos), **relieve**, **material originario** (llamados factores locales o pasivos) y este proceso de formación ocurre a través del **tiempo** y en un espacio definido (Figura 1). A continuación se detallan las características principales de estos factores formadores.



Fig. 1

Esquema de la interacción de los factores que forman el suelo. Modificado de Sanzano (2019a).

❖ El **clima** actúa sobre la roca madre determinando la naturaleza, intensidad y velocidad de la meteorización que ocurre, también influye sobre la elección de organismos vivos y sobre el relieve por erosión y deposición de materiales. Los dos elementos climáticos que más influyen son la precipitación y la temperatura, ambos afectando la velocidad de los procesos físicos, químicos y biológicos de formación del suelo.

❖ Los **seres vivos** (plantas, animales, bacterias, protistas y hongos) son el origen de la descomposición de la materia orgánica, el ciclaje de nutrientes y la estabilidad de la estructura del suelo. Debido a que protegen del impacto de la gota de lluvia, reduciendo la velocidad de escurrimiento y la erosión, haciendo que los nutrientes se mantengan durante más tiempo en la superficie y sean acarreados de forma más eficiente hacia las capas inferiores del subsuelo.

❖ La **roca madre** es el material mineral a partir del cual se desarrolla el suelo; o dicho de otra manera, es el estado de formación del suelo al tiempo cero y a medida que transcurre el tiempo, los efectos del material de origen van disminuyendo, por ello, es que la composición química y mineralógica de este material influye tanto en la velocidad de los procesos de meteorización como en la vegetación que ahí se asienta.



❖ El **relieve** es determinante para la precipitación efectiva ya que influye fuertemente en la relación infiltración-escurrimiento, ya que en los suelos con pendiente, el agua de lluvia escurre, así los suelos sin pendientes, depresiones o suelos bajos reciben e infiltran casi toda el agua que reciben, además de la que se escurre.

❖ El **tiempo** es importante que se considere como variable independiente, ya que no está influenciado por ningún factor ambiental, sin embargo, determina la escala de velocidad del proceso de formación, por lo que le aporta edad. Así el grado de formación es fundamental para clasificar los suelos.

❖ Por último, Sanzano⁴, propone, además de los factores anteriores, al **hombre** como factor de formación de suelo, argumentando que en zonas con uso agrícola, se adicionan residuos orgánicos provenientes de alimentación humana, productos industrializados con intenciones productivas o desechos industriales. Todos estos, compuestos que modifican la composición química del suelo, su uso y productividad. Lo anterior es respuesta a la demanda que ejerce el incremento poblacional en los suelos periurbanos y rurales; y que ha llevado a que millones de hectáreas se encuentren contaminadas por productos relacionados con actividades humanas.

A este respecto la ONU genera la siguiente infografía para ejemplificar los procesos de desarrollo del suelo asociados a las actividades humanas (Figura 2).

⁴ Sanzano, 2019a

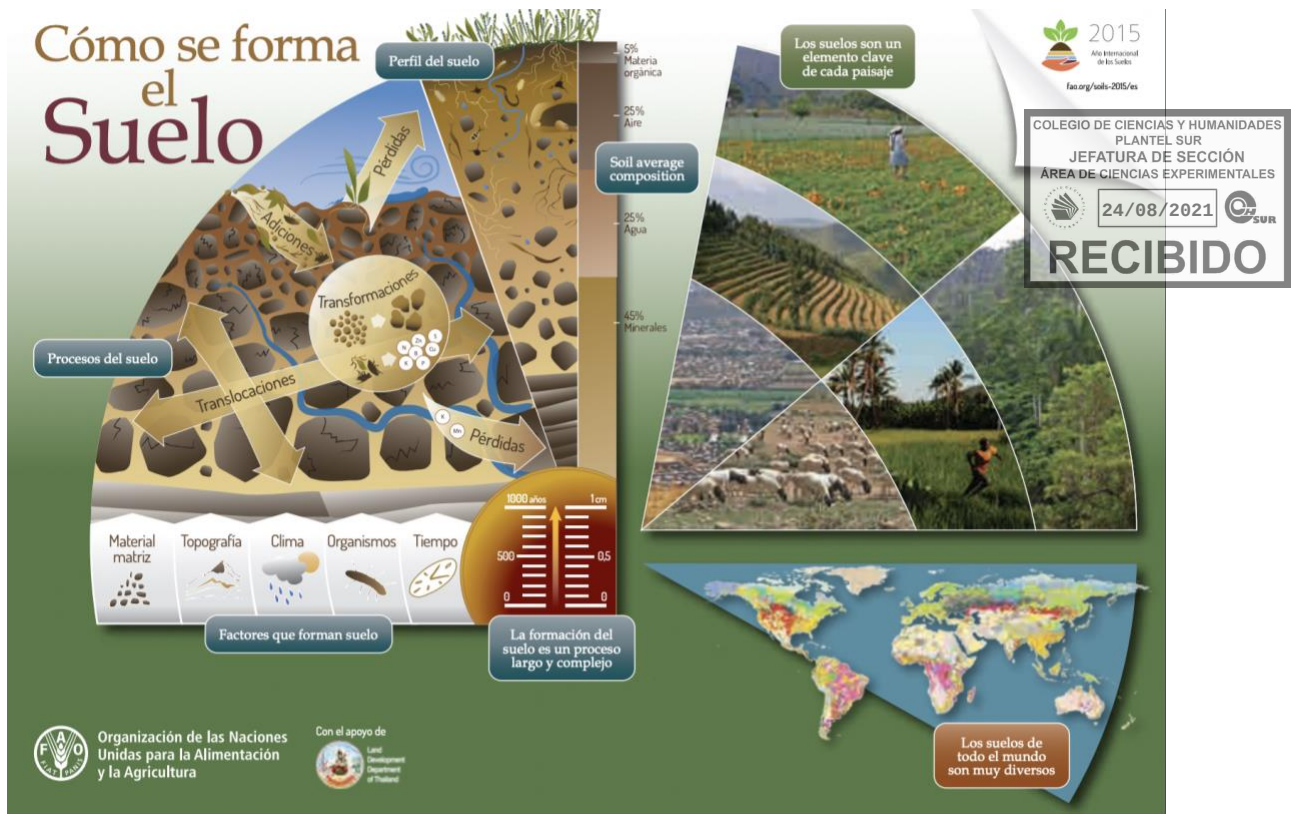


Figura 2. Formación del suelo, ONU, 2015

El ¿Cómo? de la formación del suelo...

A continuación se revisan los procesos generales y particulares que se reconocen están relacionados con la formación de suelo⁵.

Generales:

- ❖ **Adiciones o ganancias.** Es el enriquecimiento de materia orgánica y mineral, ya sea por acumulación o incorporación de sedimentos aluviales, eólicos o por mezcla orgánico-mineral sobre el suelo.
- ❖ **Pérdidas o sustracción de materia orgánica o mineral.** Se puede dar por erosión, lavado, extracción de cosechas o volatilización de elementos.
- ❖ **Traslocaciones.** Son los movimientos de los elementos o compuestos en dirección ascendente, descendente u oblicua dentro del suelo.

⁵ Sanzano, 2019a

- ❖ **Transformaciones.** Son las alteraciones o cambios químicos de material orgánico o mineral dentro del perfil del suelo.

Específicos:

- ❖ **Lixiviación** o pérdida de arcillas y de hierro por acción del agua
- ❖ **Rubefacción, Ferruginación** o liberación de óxidos de hierro, expresadas con coloración rojiza en el suelo
- ❖ **Laterización** o liberación de óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, expresadas con corazas de hierro o concreciones llamadas plintita
- ❖ **Gleyzación** o proceso de oxidorreducción de hierro, producto de las fluctuaciones del nivel freático, expresado por coloración verdosa a gris.



¿Qué propiedades caracterizan al suelo?

Las propiedades particulares⁶ del suelo se organizaron en el presente texto en físicas y bioquímicas, con la intención de denotar como los procesos de formación generan las características físicas, mientras que la presencia de seres vivos y los productos y residuos de su metabolismo generan las características bioquímicas.

Físicas

- ❖ **Densidad Aparente.** Es la relación que existe entre la masa y el volumen del suelo, y en el volumen se considera tanto el espacio que ocupa el material sólido, como el espacio poroso. Los suelos presentan problemas por compactación cuando el valor de densidad aparente es mayor a 1.6 g/cc; a medida que aumenta este valor, disminuye la porosidad, afectando la disponibilidad de agua y de oxígeno, la penetrabilidad de raíces, entre otras características.
- ❖ **Densidad real.** Es la relación entre el volumen de las partículas de suelo y el volumen de éstas sin considerar el espacio poroso, cuando no se presentan cantidades considerables de materia orgánica, fluctúa entre 2.5 y 2.6 g/cc, y alcanza el valor mayor de 2.65 g/cc en suelos arcillosos o

⁶ Ramírez-Carbajal, 1997.

arenosos con muy poca materia orgánica. En suelos con abundante contenido de hierro se pueden alcanzar valores superiores a 2.7 g/cc en suelos ferralíticos.

❖ **Textura.** Es la distribución de las partículas del suelo, expresada en porcentaje, como: arena (2 - 0.02mm), el limo (0.02 - 0.002mm) y la arcilla (0.002). Esta característica influye sobre la velocidad de infiltración de agua, la facilidad de preparación o laboreo del suelo, el drenaje, etc. Las características diagnósticas más importantes derivadas de las clases texturales (Figura 3) y que sirven para la clasificación de los suelos⁷ son:

- Una textura que es areno francosa o más grueso a una profundidad ≥ 100 cm. Arenosol.
- Una textura franco arenoso fina o más grueso en una capa u horizonte de espesor ≥ 30 cm dentro los 100 cm de la superficie del suelo. Calificador Arénico.
- Una textura limosa, franco limoso, franco arcillo limoso o arcillo limoso en una capa u horizonte de espesor ≥ 30 cm, dentro los 100 cm de la superficie del suelo. Calificador Siltíco.
- Una textura arcillosa en una capa u horizonte de espesor ≥ 30 cm, dentro los 100 cm de la superficie del suelo. Calificador Cláycico.
- Contenido de arcilla ≥ 30 por ciento dentro un espesor de 25 cm. Horizonte Vértico.
- Contenido de arcilla ≥ 30 por ciento dentro un espesor de 15 cm. Propiedades Vérticas.
- Contenido de arcilla ≥ 30 por ciento entre la superficie del suelo y un horizonte vértico. Vertisol.
- ≥ 30 por ciento de arcilla, < 20 por ciento de cambio (relativo) en contenido de arcilla sobre 12 cm de horizontes inmediatamente superior e inferior, una relación de limo/arcilla $< 0,4$. Horizonte nítico.



⁷ FAO, 2009.

- Franco arenoso o textura más fina. Horizonte ferrálico.
- Una textura en la fracción de tierra fina de arena muy fina o franco muy fino o más fino. Horizonte cámbico.
- Una textura en la fracción de tierra fina más gruesa que la arena fina o franco muy fino. Calificador brunico.
- Una textura franco arenoso o más fina y $\geq$ de 8 por ciento de arcilla. Horizonte árgico.
- Una textura arenosa, franco arenoso, franco limoso o una combinación de ellos. Horizonte plágico.
- Un mayor contenido de arcilla que el suelo inferior y diferencias relativas entre arena media, fina y muy fina y arcilla < 20 por ciento. Horizonte irrágico.
- Una textura franco arcillo arenosa, franco arcilloso, franco arcillo limoso o más fina. Horizonte takírico.
- ≥ 8 por ciento de arcilla en la capa inferior y dentro los 7,5 cm ya sea el doble de contenido de arcilla si la capa superior tiene menos de 20 por ciento o 20 por ciento (absoluto) más de arcilla. Cambio textural abrupto.
- Un cambio abrupto en la distribución del tamaño de las partículas que no está asociado solamente con un cambio en contenido de arcilla resultado de la pedogénesis o un cambio relativo de ≥ 20 por ciento en las proporciones entre arena gruesa, arena media, y arena fina. Discontinuidad litológica.
- La cantidad requerida de carbón orgánico depende del contenido de arcilla, si la capa u horizonte está saturado con agua por ≥ 30 días consecutivos en la mayoría de años. Materiales orgánicos y minerales.
- La cantidad requerida de carbón orgánico depende de la textura. Propiedades arídicas.



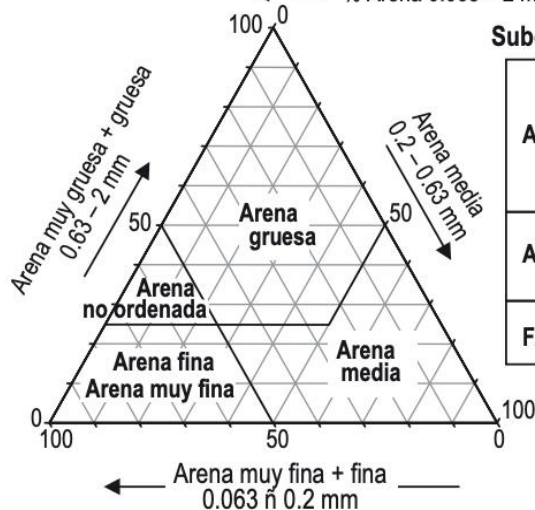
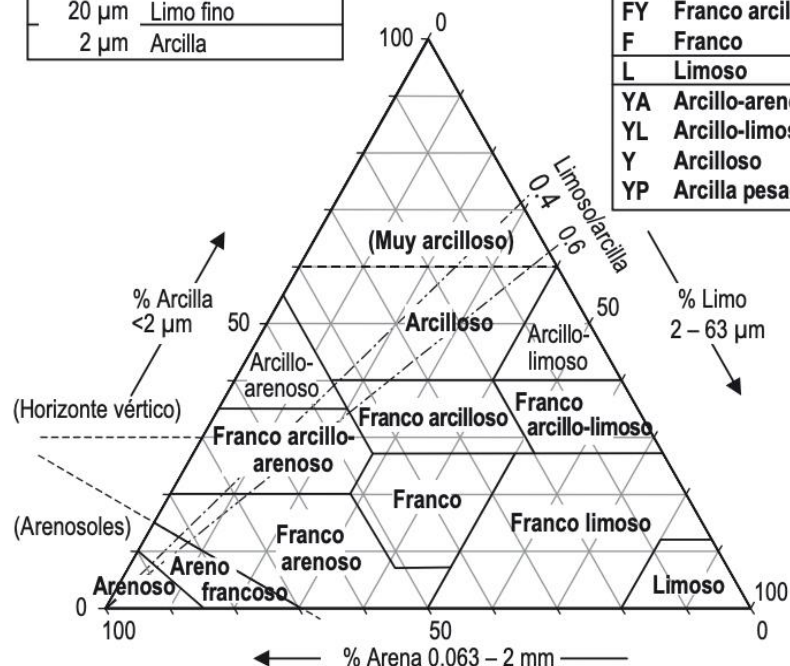
- La profundidad donde un horizonte árgico empieza depende de la textura. Alisoles, Acrisoles, Luvisoles, Lixisoles, y calificadores Alico, Acrico, Lúvico y Lístico.

Clases del Tamaño de Partículas

2 000 μm	Arena muy gruesa
1 250 μm	Arena gruesa
630 μm	Arena media
200 μm	Arena fina
125 μm	Arena muy fina
63 μm	Limo grueso
20 μm	Limo fino
2 μm	Arcilla

Clases texturales

A	Arena (no especificado)
AF	Areno francoso
FA	Franco arenoso
FYA	Franco arcillo-arenoso
FL	Franco limoso
FYL	Franco arcillo-limoso
FY	Franco arcilloso
F	Franco
L	Limoso
YA	Arcillo-arenoso
YL	Arcillo-limoso
Y	Arcilloso
YP	Arcilla pesada



Subdivisiones de la clase textural arena

AMF	Arena muy fina
AFi	Arena fina
A	Arena media
AG	Arena gruesa
AN	Arena no clasificada
AMFR	Arena muy fina franca
AF	Arena fina franca
AFF	Arena fina gruesa
AFG	Arena fina gruesa
FAF	Franco arenoso fino
FA	Franco arenoso grueso
FAG	Franco arenoso grueso

Figura 3. Relación de los constituyentes de tierra fina por tamaño, definiendo las clases texturales y las subclases de arena. Tomado FAO, 2009: 1990.



- ❖ **Estructura.** Es la forma en la cual, se agregan las partículas del suelo, y es la responsable de las relaciones de aireación, infiltración, humedad y temperatura del suelo. Se caracteriza por la estabilidad estructural, la cual se organiza en horizontes⁸, según el grado de deterioro de la roca madre y la mezcla con materia orgánica en la formación del suelo. Los horizontes se nombran con una letra mayúscula y en ocasiones dos para definir una fase (Figura 4).

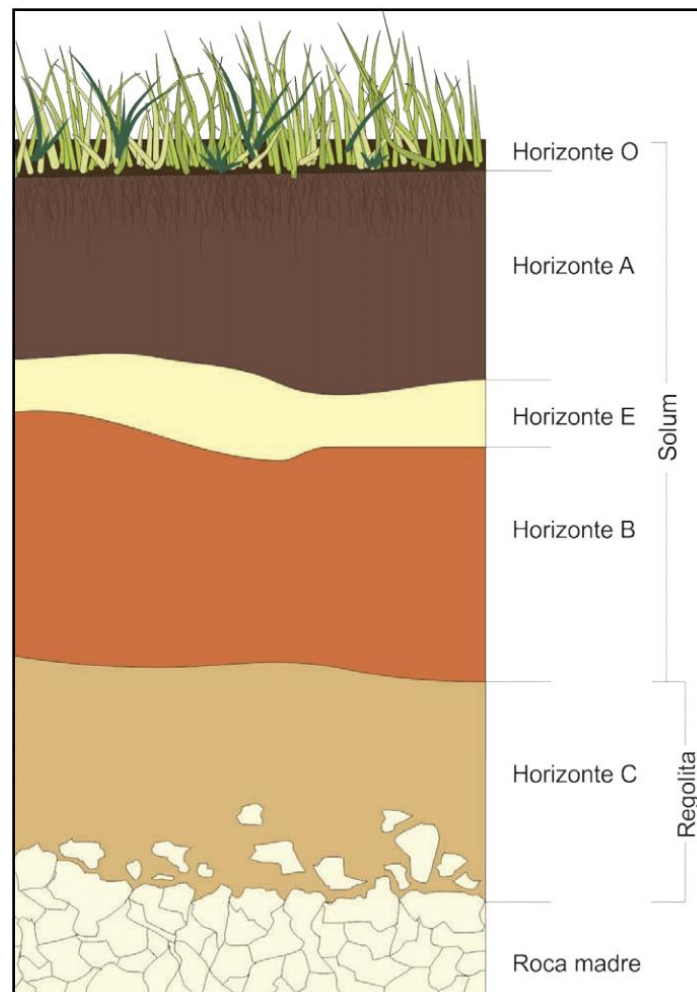


Figura 4. Horizontes Genéticos del Suelo. Tomado de: Fadda (2017b)

- **Horizontes O.** Corresponden a capas dominadas por la materia orgánica. Algunas están saturadas por el agua durante largo tiempo, o lo estuvieron y ahora están drenadas, otras nunca estuvieron saturadas. La fracción mineral de estos horizontes

⁸ Fadda, 2017b.

constituye solo un pequeño porcentaje de su volumen y generalmente bastante menos que la mitad de su peso.

- **Horizontes A.** Consisten en horizontes minerales que se han formado en la superficie o debajo de un horizonte O. En ellos ha desaparecido totalmente o en su mayor parte la estructura de la roca madre, incluida la estratificación fina de los materiales no consolidados y muestran uno o más de lo siguiente:

- Una acumulación de materia orgánica humificada, íntimamente mezclada con la fracción mineral y no dominada por las características de los horizontes E y B.
- Propiedades resultantes del cultivo, pastoreo o perturbaciones similares.

- **Horizontes E.** Horizontes minerales en los cuales el principal rasgo es la pérdida de arcillas silicatadas, hierro o aluminio, o alguna combinación de éstos, dejando una concentración de partículas de arena y limo. Estos horizontes presentan la desaparición total o de la mayor parte de la estructura del material original. Un horizonte E es comúnmente diferenciado de un horizonte B subyacente por un color más claro o más grisáceo, o ambos, por una textura más gruesa, o por una combinación de estas propiedades y contiene menos materia orgánica que el A.

- **Horizontes B.** Horizontes caracterizados por la desaparición de toda o la mayor parte de la roca madre. Se incluyen como horizontes B, cuando son continuos a otros horizontes genéticos, capas con concentración iluvial de carbonatos, yeso, o sílice, que son el resultado de procesos pedogenéticos y capas frágiles (brittle) que muestran otras evidencias de alteración como una estructura prismática o acumulación iluvial de arcilla.

- **Horizontes C.** Capas con exclusión de las rocas duras, que están poco afectadas por los procesos de formación de suelo, por lo que están formadas principalmente por minerales. Se incluyen como capas u horizontes C los sedimentos, la saprolita, roca no consolidada, y otros materiales geológicos normalmente no cementados y caracterizados por presentar una baja a moderada dificultad en la excavación.



- **Roca Madre.** Se conoce también como la matriz mineral de un suelo, ya que fue la roca que se intemperizó, erosionó, degradó, etc., para aportar la parte mineral al suelo que se sustenta sobre ella.



- ❖ **Color.** Es una de las características que guarda relación directa con la temperatura, la dinámica de los elementos y la movilidad del agua en el suelo, el contenido de materia orgánica, la cantidad de microorganismos.
- ❖ **Porosidad.** Es el porcentaje del volumen de suelo que no se encuentra ocupado por sólidos y está constituido aproximadamente del 50%, del volumen total. La porosidad del aire es la que no retiene agua y sirve para el intercambio gaseoso, por tanto, da cuenta de la proporción de poros⁹. De esta manera la característica de porosidad del suelo está generada por las fases del suelo: sólida, líquida y gaseosa (Figura 5).
 - **Sólida:** Está formada por material mineral y orgánico: El mineral está compuesto por partículas de varios tamaños, como son la arena, el limo y la arcilla, que ocupan 45% del total, en volumen; mientras que la materia orgánica ocupa el 5% e incluye seres vivos y residuos de ellos en descomposición. Los constituyentes minerales inorgánicos normalmente están compuestos de cuatro clases de partículas como son: grava, arena, limo y arcilla. La materia orgánica del suelo representa la acumulación de organismos muertos y biomoléculas, ambos, disponibles para ser utilizados como nutrientes por otros organismos.
 - **Líquida:** Está constituida por el agua de la hidrosfera que se filtra entre las partículas del suelo y que contiene sustancias en solución, el porcentaje del volumen varía de acuerdo a las condiciones físicas de cada suelo. En el proceso de lixiviación el agua acarrea sustancias entre sus diferentes capas, desplazándose entre los poros de la materia sólida.
 - **Gaseosa:** Ocupa aquellos espacios que se encuentran vacíos, es decir, los poros que no son ocupados por el agua, el gas tiene una composición similar a la del aire que respiramos, aunque con

⁹ Ramírez-Carbajal, 1997.

mayor proporción de dióxido de carbono y vapor de agua, ambos, producto de los procesos metabólicos de los microorganismos.

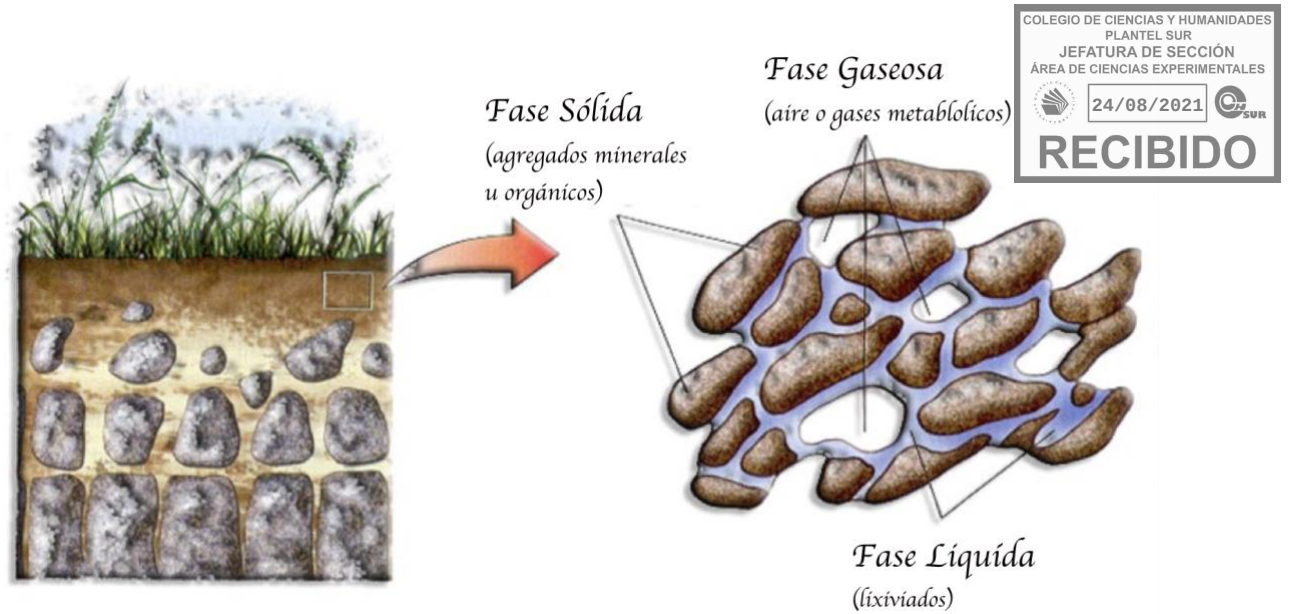
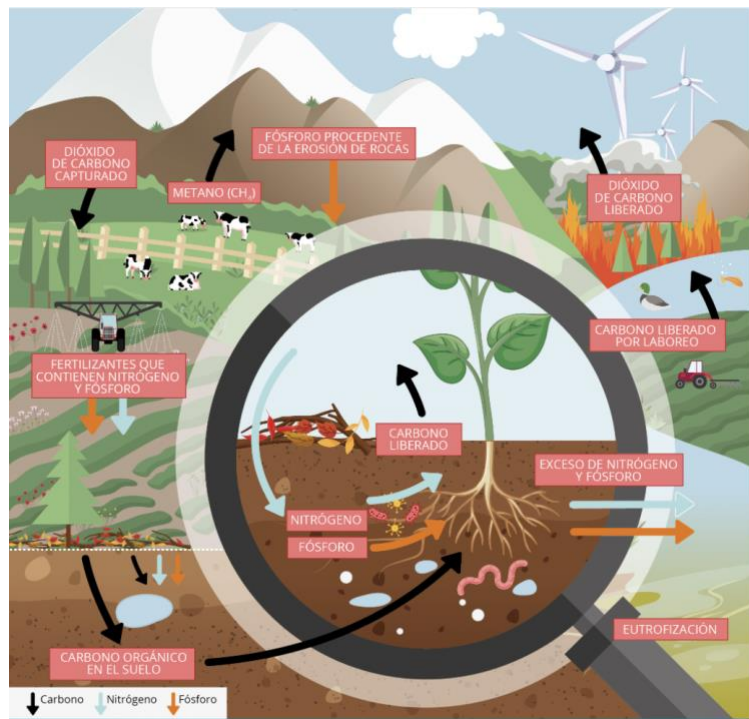


Figura 5. Fases del suelo. Tomado y modificado de Biología del Suelo (2015)

Bioquímicas

Las propiedades biológicas del suelo se relacionan con los ciclos de vida de los organismos que habitan en el sitio, y de sus poblaciones, además de las interacciones tanto entre los individuos, como entre las especies. Mientras que las propiedades químicas están generadas por los residuos o productos relacionados con el metabolismo de dichos organismos (Figura 6).

Figura 6. Tomada de AEMA (2019).



A continuación explicaremos el ciclaje de algunos de los más importantes nutrientes que son esenciales en los ecosistemas¹⁰:

- ❖ **Carbono.** Los organismos que viven en el suelo son determinantes para la circulación de nutrientes como el carbono en el suelo (Figura 7). Una gran parte de la materia orgánica originada por la descomposición anual de los residuos de organismos se acumula en la superficie del suelo o en la zona radicular y se consume casi por completo por los organismos del suelo creando así una reserva de carbono con una rápida tasa de renovación, en muchos casos, entre 1 a 3 años. Los subproductos de este consumo microbiano resultan en emisiones de dióxido de carbono, CO₂, y H₂O, y una variedad de compuestos orgánicos designados como humus. El **humus** está compuesto por sustancias difíciles de degradar y por ello resulta lenta su descomposición. Al ser formado en horizontes superficiales del suelo generalmente una parte se precipita hacia perfiles inferiores como complejos arcillo-húmicos. En los perfiles más profundos del suelo, el oxígeno suele ser menor por lo que dificulta la descomposición del humus por los organismos. Pero con el tiempo, debido a varios procesos naturales que remueven el suelo el humus se vuelve a aportar hacia horizontes superiores donde se podrá descomponer y liberar más CO₂. Es por ello que el humus constituye una reserva más estable para el carbono del suelo con duración de centenas a miles de años. En la mayoría de los suelos, la descomposición del humus rápida y lenta lleva a un tiempo de residencia de alrededor de 20 a 30 años.



¹⁰ Ramírez-Carbajal, 1997.

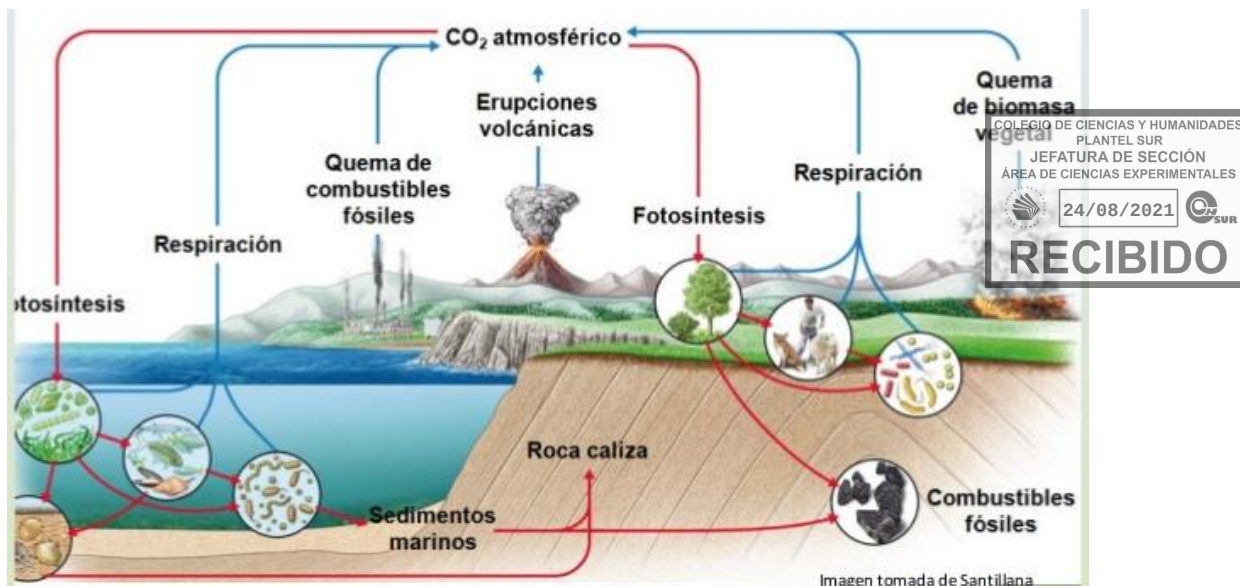


Figura 7. Tomada de Pérez Buendía (s. f.).

❖ **Nitrógeno.** Para la circulación de este nutriente es muy importante el trabajo de las bacterias (Figura 8), ya que de ellas dependen varios de los procesos:

- La **mineralización o amonificación** del nitrógeno en el suelo se define como la impregnación con amoníaco o componente de amoníaco (NH_3). Un proceso donde las formas puras de nitrógeno se transforman en amonio (NH_4^+) con la ayuda de descomponedores o bacterias. Cuando un organismo muere, o genera desechos, así, el nitrógeno se encuentra en forma inorgánica. Las bacterias u hongos, transforman el nitrógeno orgánico en amonio, un proceso denominado la mineralización o amonificación.
- La **nitrificación o nitritación** incluye un proceso en que se divide en tres etapas. En la primera etapa las bacterias transforman el nitrógeno en forma de amonio (NH_4^+) por lo que pueden ser absorbidos por las raíces de las plantas. En la segunda etapa el amonio se oxida y se forma nitrito NO_2 . En la tercera etapa mediante oxidación se forma nitrato, NO_3 .
- La **fijación** de nitrógeno ocurre con bacterias en el suelo o algas capaces de fijar el nitrógeno atmosférico incorporándolo a su organismo y depositándolo al suelo una vez muertas. Ejemplo de

esto son las bacterias *Azobacter sp.* y *Clostridium sp.*, se definen como fijadoras de nitrógeno, mientras que *Rhizobium sp.* llevan a cabo fijación simbiótica, ya que su hábitat se encuentra alrededor de las raíces del leguminosas, formando nódulos en las células corticales.



- **Desnitrificación** devuelve el nitrógeno a la atmósfera. Las bacterias anaeróbicas *Achromobacter sp.* y *Pseudomonas sp.* llevan al proceso la conversión de nitratos y nitritos como óxido de nitrógeno N_2O y N_2 . En exceso el proceso tiende a conducir a pérdidas totales de nitrógeno disponible en el suelo y en consecuencia su fertilidad.

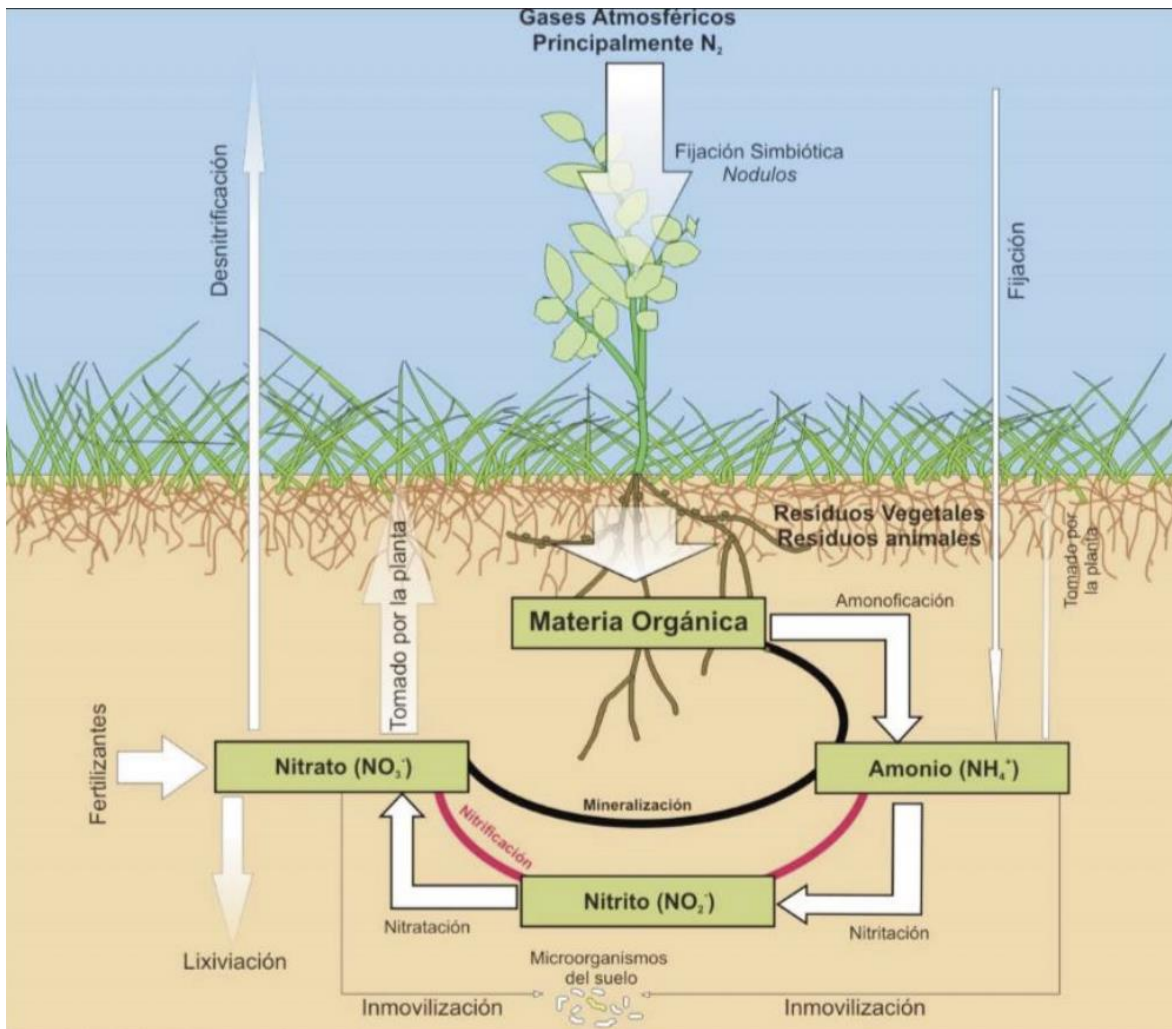


Figura 8. Tomada de Plasencia y Corbella, 2009.

❖ **Azufre.** Los residuos orgánicos son depositados en el suelo con la acción de los microorganismos, los cuales descomponen estos materiales e incorporan al suelo los compuestos azufrados. Para esto, las condiciones de aireación son factores importantes que determinan la dinámica de este elemento en el suelo, con una buena aireación, actúan los microorganismos aerobios obteniéndose como resultado los sulfatos en forma de iones libres, que son absorbidos fácilmente por las plantas (Figura 9). Pero al estar en un medio reducido, los microorganismos anaerobios son los que participan en la descomposición de la materia orgánica. A continuación se describen las etapas que conforman la descomposición del azufre:



- **Mineralización.** Es el proceso, en el cual actúan los microorganismos anaerobios y aerobios, dependiendo de las condiciones de humedad del suelo. Los sulfatos se obtienen como producto final en los procesos aerobios, donde intervienen las bacterias del género *Thibacillus*, cuando existe intervención de las bacterias anaerobias, el producto final es sulfuro y H_2S .
- **Inmovilización.** Los microorganismos incorporan los compuestos azufrados en sus estructuras y luego al morir son devueltos al suelo, quedando disponibles para la planta.
- **Oxidación de azufre inorgánico.** Los compuestos de azufre en forma mineral son oxidados en medios bien aireados, para ser transformados en sulfatos. En este proceso participan las bacterias del género *Thiobacillus thiooxidans*, *T. novellus*, *T. thioparus*, *T. denitrificans*.
- **Reducción de azufre inorgánico.** Los sulfatos que se encuentran en forma disponible son reducidos hasta transformarse en azufre elemental, el cual se pierde por volatilización hacia la atmósfera.

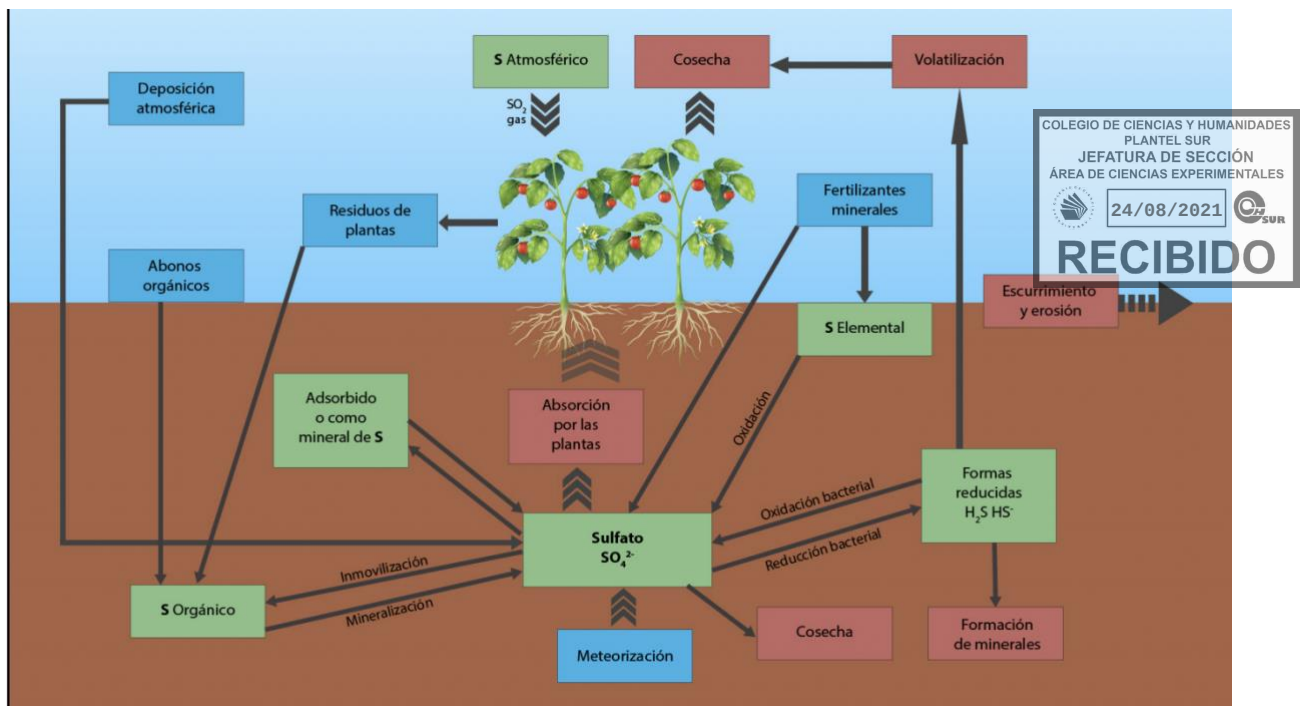


Figura 9. Tomada de Sanzano, 2019.

❖ **Fósforo.** Para este elemento, los microorganismos no necesitan de ninguna especialización, ya que solubilizan el fósforo de compuestos orgánicos insolubles, excretan ácidos orgánicos (láctico, cítrico, oxálico, etc.), los cuales actúan sobre estos compuestos dejándolos disponibles para la planta; mientras los microorganismos oxidan amonio o azufre, formando ácido sulfúrico, los cuales, liberan los iones fosfato de la roca fosfórica (Figura 10).

- **Mineralización.** Para llevarla a cabo, las bacterias necesitan de una enzima llamada fosfatasa que facilita la descomposición de la materia orgánica.
- **Inmovilización.** Los compuestos fosfatados son incorporados a las células de los microorganismos, y devuelto al suelo, cuando los organismos mueren.
- **Fijación.** Este proceso se lleva a cabo mediante la simbiosis entre las raíces de las plantas y algunos hongos, denominados micorrizas, y pueden ser de dos clases: endomicorrizas, cuando las hifas penetran al interior de las raíces y ectomicorrizas, si las hifas

se adhieren a la superficie de las raíces. En esta simbiosis, los hongos dejan asimilable el fósforo para la planta y ésta a su vez les da el alimento que ellos necesitan, aportando hasta el ~~50%~~ del fósforo necesario.

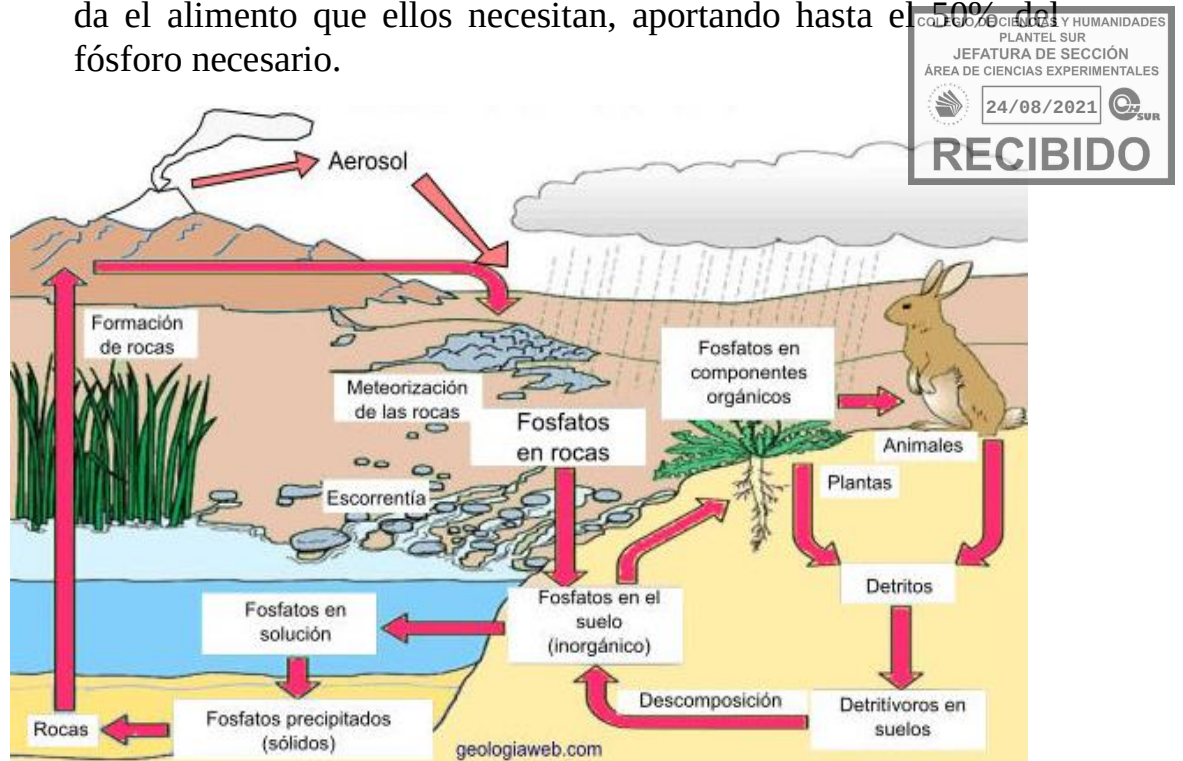


Figura 10. Ciclo del Fosforo. Tomado de: geologiaweb.com

¿Qué importancia tiene el suelo en los ecosistemas?

El suelo es el reservorio de nutrientes que soporta la supervivencia del resto de los seres vivos terrestres y algunos acuáticos, para esto, requiere la presencia de una gran cantidad de organismos descomponedores que ayudan a reciclarlos y hacerlos accesibles para las demás especies.

De esta manera, dentro de los ecosistemas, los nutrientes son reciclados entre los miembros de la comunidad, fluyendo entre los organismos y siendo utilizados para el desarrollo de los otros (Figura 11). Pero los únicos nutrientes que pueden ser utilizados son los que se encuentran retenidos en las capas superiores del suelo, los minerales disueltos en el océano y aguas dulces, lo que crea una dependencia a los nutrientes que se encuentran asimilados por organismos y mediante redes tróficas, se tienen disponibles a otras especies. Así, la supervivencia de los seres vivos depende del equilibrio ecológico generado por el ciclaje de nutrientes (ciclos geológicos) y el flujo de materia y energía (redes tróficas).



Figura 11. Tomado de: FAO, 2015.

Es importante conocer que ningún nutriente puede ser removido permanentemente del ambiente, sin crear una alteración ambiental importante para la comunidad que habitan en el sitio.

¿Qué importancia tiene el suelo para el desarrollo de la sociedad?

Los suelos son importantes para el bienestar humano, como se ilustra en el cartel publicado por la FAO (Figura 12). Sin embargo, en los estudios globales de evaluación de servicios ecosistémicos se observa que no han sido considerados con el valor que realmente tienen para el desarrollo de la sociedad actual.

Es fundamental reconocer los servicios ambientales que aporta el suelo¹¹, ya que de él depende el soporte de la cubierta forestal y la producción alimentaria. Por ello, es importante resaltar los Servicios Ambientales que son aportados por el Suelo y actualmente aprovechados por la sociedad.



Figura 12. Servicios Ecosistémicos que aporta el Suelo. Tomado FAO

¹¹ Santos-Cerquera y Aguilar., 2016

- ❖ **Producción de alimentos y biomasa.** El suelo genera soporte y suministro de nutrientes para las plantas a fin de producir alimentos y biomasa en general. Es necesario resaltar que del suelo depende en forma directa o indirecta más del 95% de la producción mundial de alimentos y su degradación amenaza la producción de alimentos en el planeta.



- ❖ **Almacenamiento o fijación de carbono.** Por la importancia que tiene el carbono y dadas las circunstancias actuales del cambio climático, surge como una función importante del suelo, aquella que se relaciona con la fijación del carbono, esto impide que el CO₂ vaya a la atmósfera. Esto es importante dado que es uno de los gases de efecto invernadero y con la intermediación de las plantas y la participación de los organismos del suelo, el carbono se transforma en materia orgánica, almacenándose en el primer metro de suelo y permitiendo la captación, infiltración y almacenamiento de agua y permite así la recarga de los acuíferos. Así, el suelo influye en la calidad del agua, ya que amortigua y atrapa ciertos contaminantes e impide que lleguen a las reservas de agua. El suelo, en estas circunstancias tiende a modular indirectamente la temperatura y la humedad, y por ello puede incidir en la mejora del aire.
- ❖ **Soporte de las actividades humanas y fuente de materias primas.** Sobre el suelo se realizan actividades industriales, se habilitan zonas residenciales y de infraestructura turística, se construyen carreteras y otras obras civiles. También, el suelo suministra materias primas como turba, grava, arena, arcilla o rocas, utilizadas en procesos productivos e industriales.
- ❖ **Reserva de biodiversidad.** El suelo es una de las reservas más importantes de biodiversidad, por el enorme número de organismos que viven en su superficie y al interior del mismo. Así, los servicios ecosistémicos que presta el suelo, dependen de las complejas comunidades de organismos presentes en este medio.
- ❖ **Depósito del patrimonio geológico y arqueológico.** Gran parte de los restos que dan cuenta de la herencia humana y de la historia ambiental reciente de la Tierra, se hallan en el suelo. La preservación del patrimonio geológico y arqueológico va a depender de los procesos de formación y degradación del suelo y va a estar muy relacionada, por ejemplo, con los efectos de la actividad biológica y la circulación del agua que ocurren, además de las acciones humanas de intervención en el suelo.

- ❖ **Entorno físico y cultural para la humanidad.** El suelo sirve de base a las actividades humanas y es asimismo, un elemento del paisaje y del patrimonio cultural. El suelo permite que los seres humanos tengan a su disposición alimentos, abrigo, espacio y hábitat para desarrollarse social e individualmente.



Las funciones que cumple el suelo no solo permite que las personas dispongan de alimento, además de servicios ambientales en beneficio de las personas, por lo anterior, este recurso es considerado por Insuasti y Burbano¹² con la categoría de **bien social** que por lo mismo amerita su conocimiento por parte de la sociedad mundial para que lo valore, lo proteja y lo conserve, como una obligación que resulta ser en los actuales momentos un imperativo ético. Entonces, se debe conocer y respetar el suelo para hacer el mejor uso posible de este recurso, sin olvidar que existe una **relación inexorable entre el sistema natural** (donde está el suelo) y **el sistema socio-cultural** (donde están las personas).

¿La conservación del suelo aporta a la Seguridad Alimentaria?

Primero debemos comprender qué es **seguridad alimentaria**, la FAO¹³ indica que es **cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos, que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana**. Lo cual, deja en claro que la disponibilidad de alimentos, está supeditada al suelo y en ello radica la importancia de conocerlo y atender los problemas ecosistémicos que enfrenta actualmente. Por ello es que la PNUD¹⁴ propone que para garantizar la seguridad alimentaria, la producción agrícola debe realizarse en un suelo sano, con una producción sostenible y con el mínimo deterioro ambiental y la FAO¹⁵ explica que los suelos sanos, además, aportan a la mitigación del cambio climático porque tiene gran capacidad para fijar carbono y evitar que este elemento vaya a la atmósfera.

Si consideramos un estimado de la población mundial de 7.79 millones de personas en este momento, este incremento poblacional ha generado que un tercio del territorio se deba destinar para producción alimentaria, lo cual ha

¹² Insuasti y Burbano, 2013.

¹³ FAO, 2011.

¹⁴ PNUD, 2015.

¹⁵ FAO, 2015a.

empobrecido los suelos, y con ello se compromete la producción para el futuro. Adicional a esto, contemplemos que según las Naciones Unidas, la población reside mayormente en las ciudades, 54% y que en 2015 pasó a ocupar el 66% en los centros urbanos, siendo un dependiente sin producción, consume muchos suministros y no produce prácticamente nada.



Frente a nuevas demandas de alimentos, Burbano¹⁶ argumenta que la capacidad para satisfacerlas es puesta en cuestión por problemas nuevos y complejos que afectan a un sistema agrícola mundial débil, que exige un **rediseño radical del sistema alimentario** vigente para no generar un mayor daño ambiental. **Los problemas por resolver son, entre otros, la escasez mundial de fósforo** (por las bajas reservas terrestres de este elemento y porque las mismas están en pocos países), **los conflictos de uso de los suelos para la producción agrícola y el cambio climático; además de la demanda de agua para sostener dicha producción**. Esta situación demanda alternativas realistas, con una visión orgánica y sistémica, en contraposición al esquema vigente de la **revolución verde**.

Los **efectos del cambio climático** sobre los suelos son, a juicio de la FAO¹⁷, una **amenaza seria para la seguridad alimentaria del planeta**, en razón que la fuerte modificación de temperatura y precipitación pluvial, puede impactar a la materia orgánica del suelo y la dinámica general del mismo, igual que a la vegetación nativa y a los cultivos establecidos sobre él. Por estas y otras razones, se insiste en una gran transformación de la agricultura y del manejo de los suelos, para propiciar el incremento del carbono orgánico del suelo con la utilización de otras opciones de agricultura que respeten los ciclos biogeoquímicos, protejan los suelos, promuevan la asociación de especies vegetales cultivadas y la biodiversidad, con suelos menos susceptibles a la degradación y que mantengan los servicios ecosistémicos, indispensables para aumentar la producción de alimentos. Una propuesta de solución a este problema es: la agroecología, la agricultura de conservación, la agricultura orgánica, la agricultura de labranza cero y la agrosilvicultura basada en sistemas agroforestales¹⁸.

Burbano¹⁹ explica que la **agroecología tiene como propósito estudiar y manejar los sistemas agrícolas, mediante teorías ecológicas, con la doble intención de volverlos más productivos y conservar los recursos naturales** (Figura 13).

¹⁶ Burbano, 2016

¹⁷ FAO, 2015b.

¹⁸ FAO, 2015a.

¹⁹ Burbano, 2016.

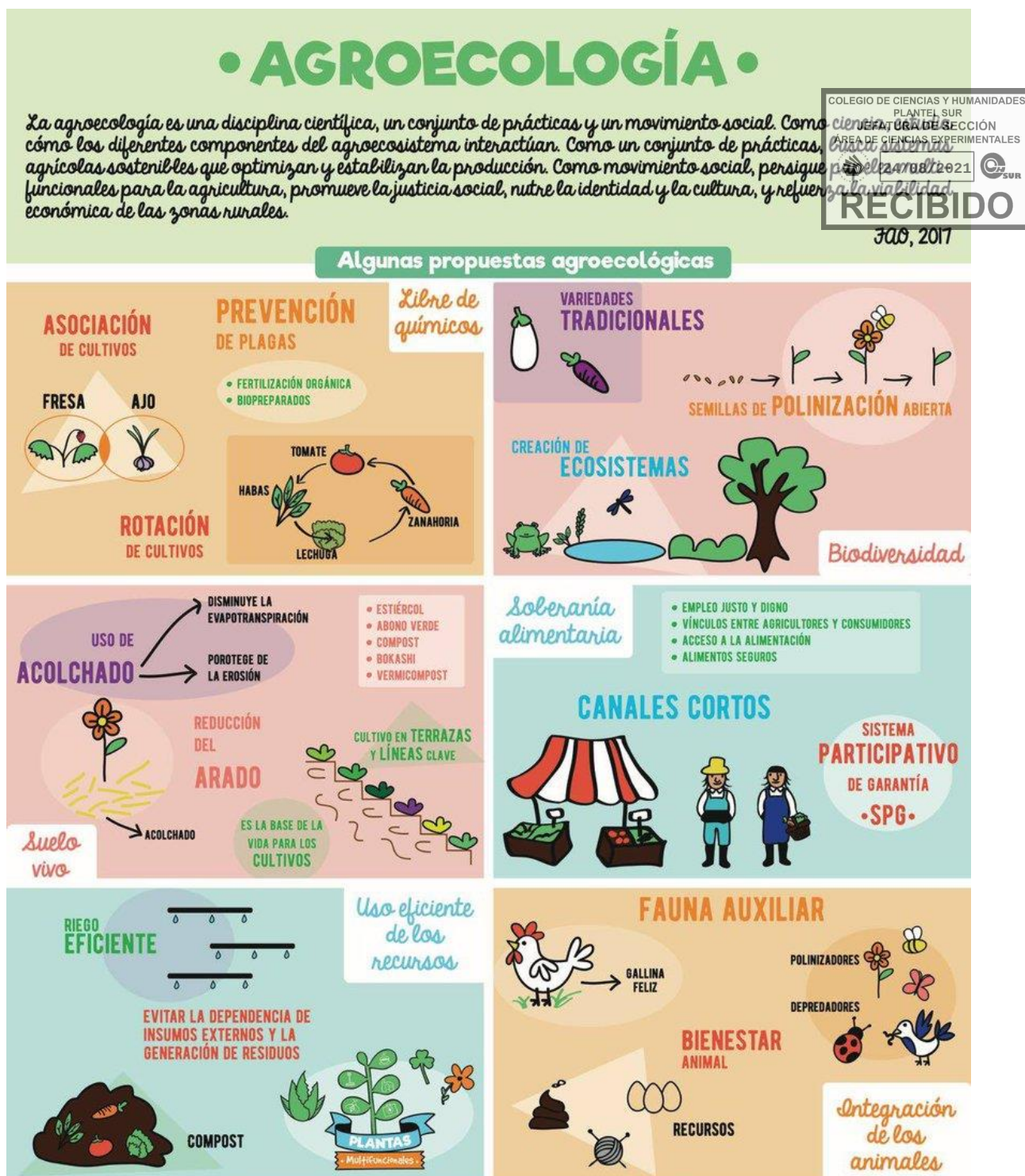


Figura 13. Agroecología. Tomado de la página de internet de ecoherencia.com.

Pero es importante aclarar que volverlos más productivos, implica que generen biomasa sin pérdida radical de nutrientes, para esto es importante recordar la vocación del suelo, así el suelo por hectárea puede ser más productivo si se siembran las plantas que han sido seleccionadas por la naturaleza por millones de años para estar en ese suelo. Si los humanos seguimos forzando a sembrar lo que se nos antoja y no lo que ese suelo puede producir, seguiremos explotando irracionalmente al recurso.



Hay una alianza entre la agroecología y la soberanía alimentaria, generado por un movimiento campesino con políticas de rescate de saberes ancestrales y respeto mutuo, tanto hacía el campesino como grupo vulnerable con altos índices de marginación; respeto al consumidor reforzando la soberanía alimentaria y ofreciendo productos sin agroquímicos o pesticidas; y respeto al ecosistema apostando a una agricultura que respete el ciclaje de nutrientes y el flujo de materia y energía, además de que apoye la resiliencia del suelo y por ende la sostenibilidad del sistema^{20 21}.

En la intención de alcanzar la seguridad alimentaria en el contexto del cambio climático, la FAO²² impulsa un enfoque unificado que se denomina **agricultura climáticamente inteligente** para que los países establezcan políticas, hagan **inversiones y desarrollen técnicas que incrementen sosteniblemente la productividad y la resiliencia al cambio climático, a la vez que en lo posible reduzcan y eliminen los gases de efecto invernadero.**

¿Cómo es el suelo en la Ciudad de México?

La Ciudad de México administrativamente se divide en suelo urbano y suelo de conservación o rural. El suelo urbano, es la región donde habita la mayor parte de la población; se ubica principalmente en la zona centro, donde hay grandes edificios, avenidas, y la mayoría de los asentamientos humanos. El suelo rural abarca áreas importantes de nueve alcaldías, donde habita casi una cuarta parte de la población; aporta servicios ambientales para la sostenibilidad de la región y capta alrededor del 70% del agua, que se utiliza para diversas actividades en la cuenca. Actualmente se encuentra sujeto a una fuerte presión, que pone en

²⁰ Holt-Giménez y Altieri, 2013

²¹ FAO, 2015a.

²² FAO, 2015b.

riesgo los servicios ambientales que nos brinda, y que representan la viabilidad futura para la ciudad²³.

Suelo Urbano. Tiene una superficie aproximada de 1,320 km², incluyendo las 16 alcaldías; se encontró que la formación y evolución de los suelos es variable y se resume en cuatro paisajes: relieve montañoso, piedemonte, planicies lacustres, planicies proluviales-lacustres y planicies lacustres²⁴; con 18 unidades morfogenéticas del relieve (relativa a su origen), las cuales incluyen 64 unidades morfoedafológicas (relacionado a las características de sus suelos), tres de ellas cubren casi el 50% de la Ciudad de México y son: llanuras lacustres (24%), lomeríos y colinas volcánico-estructurales (8.18%) y la tercera unidad comprende el complejo de cimas y laderas erosivo denudativas (15.17%).



El crecimiento de la mancha urbana en la Ciudad de México ha incrementado razonablemente los Tecnosoles y la pérdida de los beneficios ambientales que los suelos aportan. Los sitios donde se incrementa la concentración, es en los llamados suelos sellados, es decir, los que se encuentran cubiertos por casas, edificios, vialidades, estacionamientos, banquetas, industrias, comercios, etc.

Esta área sellada se extiende en 713 km² o aproximadamente 47% de la superficie total y hay alcaldías como las de Cuauhtémoc, Iztacalco, Benito Juárez y Azcapotzalco tienen más del 90% de sus suelos sellados, mientras que Milpa Alta, Tlalpan, Xochimilco y Tláhuac van de 22% al 32%.

Suelo de Conservación. Según el Atlas Geográfico del Suelo de Conservación del Distrito Federal²⁵, el suelo de conservación se refiere a las zonas que, por sus características ecológicas, proveen servicios ambientales, necesarios para el mantenimiento de la calidad de vida de los habitantes de la Ciudad de México. El suelo de conservación ocupa una extensión aproximada de 87,297.1 ha, y se localiza principalmente al sur y surponiente de la Ciudad de México (Figura 14). La distribución por delegación es la siguiente: Cuajimalpa de Morelos (7.5%), Álvaro Obregón (3.1%), La Magdalena Contreras (5.9%), Tlalpan (29.4%), Xochimilco (11.9%), Tláhuac (7.2%), Milpa Alta (32.2%), Gustavo A. Madero (1.4%) e Iztapalapa (1.4%).

²³ Reyes Jaramillo, 2019.

²⁴ Cram y col., 2008.

²⁵ Atlas Geográfico del Suelo de Conservación del Distrito Federal, 2012.

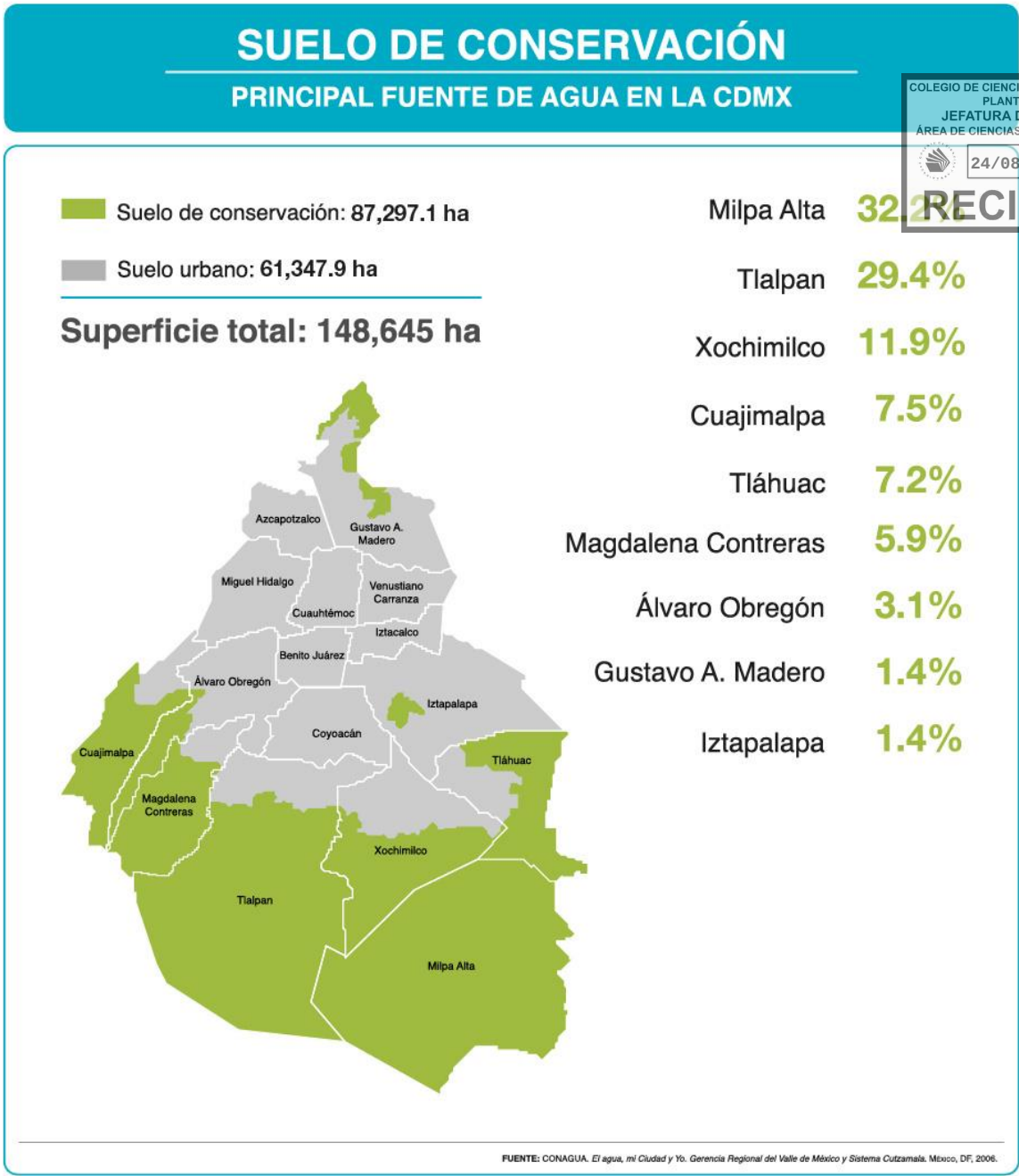


Figura 14. Distribución de áreas en la CdMx. Tomado de: CONAGUA, 2006.

Los suelos de conservación, ocupan el 59% de la entidad, de las cuales 37,452 ha son bosques templados, 17,729 ha son de uso agrícola, 13,352 ha son pastizales, 4,175 ha son matorrales y 4,175 ha tienen otros usos, entre ellos el urbano. El suelo de conservación de la Ciudad de México alberga a 1,954 especies, distribuidas en diversos ecosistemas y hábitats, por ello es que este

territorio se resguarda; con la finalidad de proteger y mantener la biodiversidad y los recursos naturales. Dicha protección se encuentra tanto en tierras de propiedad comunal, ejidos o comunidades con arraigo étnico; o en Áreas Naturales Protegidas con decreto oficial del nivel de gobierno que se responsabilice por su conservación.

Éstos territorios procuran los siguientes servicios ambientales: disminuyen las altas temperaturas de las ciudades por el efecto de isla de calor, mejoran la calidad del aire, son áreas de captación e infiltración de agua para la recarga de mantos acuíferos, son un hábitat para la biodiversidad y permiten la viabilidad de la ciudad (Figura, 15) a través del papel multifuncional de los recursos naturales que albergan²⁶.



Figura 15. Aportes de las Áreas Naturales Protegidas al Cambio Climático. Tomado de CONANP, 2018.

²⁶ CORENA, 2012.

Aun cuando los suelos de conservación están protegidos por un marco legal en el que no se permite que sean modificados, hay evidencias de que están sujetos a un proceso acelerado de urbanización²⁷. Las Áreas Naturales Protegidas en la entidad conforman 9.3% del suelo de conservación y constituyen una estrategia para salvaguardar ecosistemas que aún conservan sus condiciones naturales.



La cuenca de México ha alojado desde hace más de cinco siglos diversos grupos humanos, pero la densidad poblacional se incrementó drásticamente desde mediados del siglo pasado, al grado de que en los años 80s los campos rurales ubicados en el suelo de conservación ya presentaban importante impacto por la producción que sostenía a la primer megalópolis del continente americano²⁸. Sin embargo, a partir del terremoto de 1985, muchas personas emigraron para habitar el suelo de conservación, en busca de un suelo rocoso que ofreciera mayor estabilidad a los bienes inmuebles.

A partir de entonces, los bosques y las tierras de cultivo, muchas de las cuales ya estaban alteradas en mayor o menor medida, desaparecieron vertiginosamente²⁹, convirtiéndose en colonias nuevas, legalizadas o en asentamientos humanos irregulares, ambos demandando servicios. Este esquema urbano se modificó radicalmente y dio paso paulatinamente a una urbanización desordenada, a expensas de las zonas rurales y periurbanas³⁰.

El cambio de uso de suelo ha ocasionado la pérdida de 8,590 ha de cubierta forestal entre 1970 y 2005, lo que corresponde a 10% del suelo de conservación, principalmente en alcaldías como: Tlalpan, Milpa Alta, Cuajimalpa de Morelos y Xochimilco³¹. Dicha expansión urbana ha alterado ecosistemas tanto forestales como lacustres.

Los bosques templados han sido intensamente alterados, lo que provoca que las masas forestales sean cada vez menos densas y extensas. Los bosques mesófilos desaparecieron, al grado de que, en su revisión de la vegetación de la cuenca de México, ya no reportan este tipo de ecosistema³², cuya distribución original se

²⁷ Suárez-Pareyón 2010

²⁸ Ezcurra, E. y M. Masari-Hiriart, 1996

²⁹ Castro, 2010.

³⁰ Ezcurra, et al., 2006.

³¹ CORENA, 2012.

³² Melo y Alfaro, 2000.

concentraba en cañadas y laderas húmedas^{33 34 35}. Las alcaldías con mayor pérdida de ecosistemas forestales son: Xochimilco, Gustavo A. Madero y Tláhuac, que prácticamente no tienen bosques conservados, en tanto que Tlalpan y Milpa Alta presentan bosques poco densos pero menos perturbados.



¿Qué ejemplos de Impactos Ambientales al Suelo de Conservación existen?

Pedregal, producto del derrame lávico del Xitle. Las erupciones volcánicas producen disturbios de gran magnitud en su entorno. Los flujos de lava y los depósitos de cenizas sepultan los suelos anteriormente formados en el paisaje y destruyen o afectan severamente la cubierta vegetal como consecuencia de los incendios provocados por el contacto directo o la lluvia ácida ocasionada por los gases de dióxido de azufre^{37 38}. La pérdida de la cobertura vegetal facilita los procesos de erosión, ya que permite que la lluvia arrastre hacia las partes bajas o depresiones del terreno, materiales procedentes tanto de los depósitos de la erupción como de los suelos de las antiguas superficies que no fueron afectadas por los nuevos depósitos. Cuando la actividad volcánica y la erosión severa asociada cesan, se inicia una nueva colonización vegetal junto con una compleja dinámica de formación de suelo.

El suelo es un sistema complejo que requiere de siglos a milenios para su formación. Entre los factores que intervienen están el origen del material parental o roca madre, la topografía del terreno, el clima de la región y las comunidades vegetales. En los derrames de lava y los depósitos de cenizas volcánicas y suelos erosionados, la colonización vegetal será relativamente rápida si en los alrededores del área afectada existen fuentes de dispersión de propágulos, semillas y dispersores potenciales que los muevan. Al proceso de colonización con nuevas especies a través del tiempo y el espacio se le conoce como sucesión primaria; este fenómeno es común en los derrames de lava y los depósitos de ceniza erosionada^{39 40 41}.

³³ Rzedowsky, 1966.

³⁴ Rzedowsky, 1975

³⁵ Ezcurra, et al., 2006.

³⁶ CORENA, 2012.

³⁷ Egger, 1963.

³⁸ Johnson y Parnell, 1986.

³⁹ Cano-Santana y Meave, 1996.

⁴⁰ Kilian et al. 2006.

⁴¹ Peña-Ramírez et al. 2009

A los primeros colonizadores se les conoce como pioneros, éstos con su presencia permitirán que se acumule la materia orgánica, se fracture la roca y haya condiciones distintas de temperatura y humedad que promuevan la formación de nuevo suelo. Esta última ocurre a tasas distintas y de forma diferenciada en el terreno, en función de los factores formadores de suelo por lo que se crean sitios con una oferta diversa de condiciones que proporcionan a los organismos colonizadores espacios adecuados para el desarrollo de raíces y proveerlos con el agua, aire y nutrientes que requieren para su desarrollo.



Los sitios con una mejor calidad servirán de base para que otras especies menos tolerantes arriben al lugar. En consecuencia, las comunidades vegetales están dominadas por las especies mejor adaptadas a las nuevas condiciones de calidad de sitio definida por la profundidad, pedregosidad, contenido de materia orgánica, agregación, cantidad y distribución del tamaño de poros, entre otras características. Otro factor importante que modifica la formación de suelo y el reemplazo de las comunidades vegetales es el disturbio humano. En función de la intensidad y duración del mismo se modificarán tanto la composición como la estructura y la funcionalidad del ecosistema, tal como ocurrió en una parte del derrame de lava del Xitle⁴².

La diversidad vegetal del área cubierta por este derrame fue descrita a detalle por Rzedowski ⁴³, quien reconoció dos asociaciones vegetales dominantes: el matorral xerófilo y el bosque entre los 2,350 y 2,900 msnm. Dentro de este gradiente altitudinal existe un área que actualmente ocupa el **Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM)**, con un mosaico de sitios en distintas fases de reemplazo de las comunidades vegetales y características edáficas que son consecuencia de la erupción del Xitle y el efecto de un asentamiento urbano irregular que fue desmantelado en 1989.

Las condiciones de la vegetación en el PECM son un ejemplo de cómo la erupción del Xitle afectó en forma diferenciada la capacidad del suelo de soportar una cubierta vegetal y cómo el disturbio antrópico también afectó la diversidad de plantas en la zona media de la sierra del Ajusco. En este trabajo se presentan datos de propiedades del suelo de distintas unidades de terreno, así como de la estructura y la riqueza de las comunidades vegetales, en especial datos estructurales y florísticos de sitios que fueron diferencialmente

⁴² Mendoza-Hernández et al. 2013

⁴³ Rzedowsky, 1954.

impactados por un asentamiento urbano irregular localizado en el PECM⁴⁴. Con el análisis de la información se discute el manejo diferenciado que se les debe dar a las unidades de terreno en función de sus atributos y capacidades de calidad de sitio.



La erupción del Xitle modificó drásticamente el paisaje donde ahora se encuentra el PECM. Las lavas al enfriarse forman caprichosas formas rocosas como depresiones, grietas y promontorios que dieron lugar a distintos microhábitats para la flora. En éstas, la formación de suelo a partir de la superficie rocosa es lenta, por lo que el establecimiento inicial de plantas a partir de distintos propágulos, debió darse sobre la acumulación de partículas arrastradas por el viento o agua, dónde sólo algunas especies de líquenes, musgos y helechos fueron capaces de colonizar la roca desnuda contribuyendo con ello a la lenta formación de suelo.

En esta parte del valle de México la precipitación es abundante, como ocurre en los climas templado-húmedo, sin embargo, estas lluvias sobre la roca basáltica generan una baja disponibilidad de agua debido a la gran filtración y esto es un factor que restringe el establecimiento de especies. Por ello muchas de éstas presentan adaptaciones típicas de plantas representativas de ambientes xéricos como espinas, pubescencia o tejidos crasos.

Sistema Lacustre y Chinampero de la Ciudad de México. Desde una perspectiva histórica, se puede señalar que el sistema lacustre de la cuenca de México, que alguna vez sostuvo el desarrollo de la cultura mexicana, ha sufrido un deterioro irreversible. Antes de la colonia, el sistema formaba un solo cuerpo de agua durante la época de lluvias y abarcaba un área de 2,000 km². Bribiesca-Castrejón⁴⁵ describe que a principios del siglo XVI este gran sistema lacustre incluía al lago de Chalco en la zona suroriental, el lago de Xochimilco en la zona sur, el lago de México en la centro-occidental, y los lagos de Xaltocan y Zumpango al norte, así como el lago de Texcoco en la zona centro-oriental, con una mayor concentración de sales. Estos cuerpos de agua permitían la recolección de flora, fauna y minerales, que abundaban en el sistema lacustre y sus alrededores, mismos que representaban además un importante hábitat para charales (*Menidia jordani*, antes *Chirostoma jordani*), gallineta (*Fulica americana*), axolotes (*Ambystoma mexicanum*), rana leopardo de Moctezuma

⁴⁴ Cano-Santana et al. 2006

⁴⁵ Bribiesca-Castrejón, 1960.

(*Lithobates montezumae*), acociles (*Cambarellus montezumae*) y otros macroinvertebrados, como la chinche de agua (*Belosta flumineum*), así como venados cola blanca (*Odocoileus virginianus mexicanus*), tepalcates zacatuche (*Romerolagus diazi*) y ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*). Para el año 1889 se presentaba ya una fragmentación del sistema de lagos, quedando en la actualidad reminiscencias de los de Chalco y Xochimilco, ubicados en una misma zona geohidrológica; al este, un área muy somera del lago de Texcoco y lo que actualmente es un lago artificial, el lago Nabor Carrillo; así como la actual presa de Zumpango. En los años 1960 y 1970, en las áreas con lagos desecados y no urbanizadas, se presentaban tolvaneras en temporadas de estiaje, lo que generaba grandes cantidades de polvo que tuvieron repercusiones en la salud de los pobladores de las zonas aledañas.

En la actual zona de chinampas de Xochimilco se ha detectado la presencia de biota residual como: *Hyalinobatrachium fleischmanni* (ranita de cristal de Fleischman); *Lithobates berlandieri* (rana leopardo del río Bravo); *Kynosternon hiripes* (tortuga de pantano), que era utilizada como alimento; *Thamnophis eques* (culebra de agua); *Gallinula chloropus* (gallineta frente roja); *Podilymbus podiceps* (zambullidor), y *Butorides striata*⁴⁷. Un estudio reciente indica que la mayoría de estas especies aún se encuentra presente en el sistema. Las funciones que estas especies tenían dentro del ecosistema se han ido perdiendo paulatinamente como resultado de varios factores como la alteración o desaparición de hábitats y la degradación de la calidad del agua, directamente relacionados con la urbanización y las actividades relacionadas con ésta, como la extracción de agua, la generación de residuos, la sobreutilización de fertilizantes y otros compuestos. Entre estos últimos se encuentran los denominados disruptores endocrinos, productos que contienen compuestos que afectan el sistema de glándulas de secreción interna induciendo modificaciones a los procesos fisiológicos, tanto de humanos como de organismos acuáticos; algunos de ellos son derivados de productos de limpieza, hormonas y medicamentos derivados de actividades antropogénicas⁴⁸. En términos de servicios ecosistémicos, la productividad de zonas específicas, como el caso del humedal de Xochimilco, ha sido relativamente alta, por lo que es capaz de

⁴⁶ Rojas-Rabiela 2004

⁴⁷ Bojórquez y Villa, 1995.

⁴⁸ Zambrano et al. 2010

mantener varias poblaciones, como las de los axolotes, los charales, las ranas y las culebras. Éstos son fuente de alimento de las más de 78 especies de aves acuáticas y 115 de aves terrestres que ahí habitan. Sin embargo, los cambios hídricos del lago y la introducción de especies exóticas han alterado el flujo de energía, lo que se ha manifestado en términos de la reducción de la fauna acuática de anfibios y peces nativos. Las aves han podido sobrevivir, puesto que han encontrado otras fuentes de alimento en las especies exóticas de peces como la carpa y la tilapia, que actualmente ocupan más de 95% de la biomasa acuática. En la actualidad, el sistema acuático es utilizado por la escasa fauna que aún persiste; el agua se usa para riego y producción de alimentos en las zonas periurbanas. La actividad agrícola se conserva en áreas específicas de la cuenca, siendo las más conocidas las zonas chinamperas del sur de la ciudad⁴⁹. Conclusión Los ríos y lagos en la Ciudad de México presentan un alto grado de deterioro debido, en gran medida, a la urbanización de sus cabeceras, así como al descuido que los ciudadanos han tenido para con ellos. La gran mayoría de los ríos urbanos están intubados debido a decisiones gubernamentales a lo largo de décadas. Aquellos que sobreviven están ocultos tras mamparas de publicidad y llevan consigo diversos contaminantes de origen doméstico, de servicios, así como de hospitales y clínicas, porque reciben descargas ilegales de residuos sólidos (basura) y líquidos (aguas negras crudas) a lo largo de todos sus cauces. Por su parte, los lagos son vistos como sumideros de contaminantes, con la esperanza de que el sistema se autodepure. Debido a que el aporte de contaminantes es mayor de lo que en general los cuerpos de agua pueden depurar, existe el peligro inminente de perderlos definitivamente por una mala planeación en el modelo de urbanización.



⁴⁹ Losada et al. 2011

Referencias bibliográficas:

- Bojorquez-Castro, L. y F. Villa-Rodríguez, (1995). El ecosistema de chinampas de Xochimilco y el deterioro de las Chinampas. En: Rojas-Rabiela, T. (coord.). *El pasado y futuro de las chinampas*, México, CIESAS, 85-137.
- Bribiesca-Castrejón JL (1960) El agua potable en la República Mexicana [Potable water in the Mexican Republic]. *Ingeniería Hidráulica en México* Enero-Marzo, January–March, pp 107– 125
- Burbano, H. 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Rev. Cienc. Agr.* 33(2):117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.
- Castro R. M. E., 2010. Poblamiento frente a Medio Ambiente. ¿Megalópolis sustentable? Pp 91-136. En: *La Zona Metropolitana del Valle de México: Los retos de la megalópolis*. H. R. Einsbenshutz (coord.). UAM. México.
- Cano-Santana, Z. Y J. Meave. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xilte. *Ciencias*, 41: 41-68.
- Cano-Santana, Z., I. Pisanty, S. Segura, P. E. Mendoza-Hernández, R. LeónRico, J. Soberón, E. Tovar, E. Martínez-Romero, L. C. Ruiz y A. Martínez-Ballesté (2006), “Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle”, en K. Oyama y A. Castillo (eds.), *Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México*, México, unam y Siglo XXI, pp. 203-226.
- Conti, M. (2000). *Principios de Edafología* (2da. ed.) [Libro electrónico]. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. <http://files.bgf-info9.webnode.com/200000212-c98f3ca895/Principios%20Edafolog%C3%ADa%20M%20Conti.pdf>
- CORENA. Comisión de Recursos Naturales del Gobierno del Distrito Federal. 2012. En: , última consulta: 31 de octubre de 2012.
- Eggler, W.A. 1963. Plant life of Paricutin volcano, México, eight years after activity ceased. *American Midland Naturalist* 69:38-68.
- Ezcurra, E. y M. Masari-Hiriart, 1996. Are megacities viable? A cautionary tale from Mexico City. *Enviroment*. 38 (1):6-15 z6-35.
- Ezcurra, E., M. Masary, I. Pisanty y A. Aguilar. 2006. *La Cuenca de México*. FCE, México.
- Fadda, G. S. (2017)a. Introducción a la Edafología. *Cátedra de Edafología*, 1–8.
- Fadda, G. S. (2017)b. Morfología del suelo. *Cátedra de Edafología*, 1–15.
- FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 2009. Guía para la descripción de Suelos. Guía práctica. En: <http://www.fao.org/3/a0541s/A0541S.pdf>
- FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 2011. Los suelos ayudan a combatir y



adaptarse al cambio climático. Trabajo No. I4737. 4 p. En: <http://www.fao.org/3/a-i4737s.pdf>; consulta: marzo, 2016.

- FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 2015a. Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables. La FAO en Acción. Fao.org/soils-2015. En: <https://www.fao.org/3/a-i4405s.pdf>; consulta: enero, 2016.
- FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 2015b. Los suelos ayudan a combatir y adaptarse al cambio climático. Trabajo No. I4737. 4 p. En: <http://www.fao.org/3/a-i4737s.pdf>; consulta: marzo, 2016.
- FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 2021. *Definiciones | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Portal de Suelos de la FAO. <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- Holt-Giménez, E. y M. A. Altieri (2013): Agroecology, Food Sovereignty, and the New Green Revolution, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37:1, 90-102.
- Insuasti, L., y H. Burbano. 2013. El suelo: un bien social. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Gobernación de Nariño-Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. 30 p.
- Johnson N, Parnell RA (1986) Composition, distribution and neutralization of ‘acid rain’ derived from Masaya volcano, Nicaragua. *Tellus* 38B:106–117
- Kilian, B., Jones, C., Pratt, L., & Villalobos, A. (2006). Is sustainable agriculture a viable strategy to improve farm income in Central America? A case study on coffee. *Journal of Business Research*, 59(3), 322–330. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2005.09.015>
- Losada, A., Montorio, I., Izal, M. y Márquez-González, M. (2006). Estudio e intervención sobre el malestar psicológico de los cuidadores de personas con demencia. El papel de los pensamientos disfuncionales. Madrid: IMSERSO
- Melo G. C., Alfaro S. G. 2000. Vegetación. La Ciudad de México en el fin del segundo milenio. *El Colegio de México*, Gobierno de la Ciudad de México. Pags. 61-67.
- Mendoza-Hernández, P. E., A. Orozco-Segovia, J. A. Meave, T. Valverde y M. Martínez-Ramos (2013), “Vegetation Recovery and Plant Facilitation in a Human-disturbed Lava Field in a Megacity: Searching Tools for Ecosystem Restoration”, *Plant Ecology*, núm. 214, pp. 153-167.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009). *Guía para la descripción de suelos* (4.ª ed.) [Libro electrónico]. FAO. <http://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Peña-Ramírez, V. M., L. Vázquez-Selem, and C. Siebe. 2009. Soil organic carbon stocks and forest productivity in volcanic ash soils of different age (1835-35,000 years B. P.) in Mexico. *Geoderma* 149: 224-234.
- Programa para las Naciones Unidas. (2015, septiembre). *Objetivos del desarrollo del Milenio. Informe 2015*. PNUD. <https://undp-co-odsinformedoc-2015.pdf>



- Sangía. *Facultad de Agronomía y Zootécnica. Universidad Nacional de Tucuman*, 1–15. zano, A. (2019)a. Génesis - Los factores de formación del suelo. *Cátedras de Edafología*
<https://www.edafologia.org/app/download/7953470476/Genesis+-+Factores+de+formaci%C3%B3n+del+suelo+2019.pdf?t=1587690300>
- Santos-Cerquera, C. y A.G. Aguilar., (2016). Expansión Urbana en el suelo de conservación, en CONABIO-SEDEMA (Coords), *La biodiversidad en la Ciudad de México Vol. III.*, México (pp. 127-138)
- Secretaría del Medio Ambiente. (2007). *Agenda Ambiental de la Ciudad de México. Programa de Medio Ambiente 2007–2012*. Impreso en México. Gobierno del Distrito Federal.
http://centro.paot.org.mx/documentos/sma/agenda_amb_ciudad_mexico.pdf
- Suárez-Payerón, A. (2010, junio). Construyendo la sostenibilidad a partir de los orígenes. Una experiencia de planeación urbana participativa en la periferia de la Ciudad de México, el caso de la delegación Milpa Alta. *Cuaderno de Investigación Urbanística. Educación y Sostenibilidad*, 70(Simposio La Serena), 73–90.
<http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/view/1182/1201>
- Ramírez-Carbajal, R. (1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos* (1 Edición). Produmedios.
<http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
- Reyes Jaramillo, I. (2019). Una mirada a la problemática de los suelos de la Ciudad de México (CDMX). Contactos, *Revista De Educación En Ciencias E Ingeniería*, (111), 53 - 32. Recuperado a partir de:
<https://contactos.izt.uam.mx/index.php/contactos/article/view/39>
- Rojas-Rabiela, T. (2004). Las cuencas lacustres del Altiplano. *Arqueología Mexicana*, 12(68), 20–27.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1091322>
- Rzedowski, J., 1966. Vegetación del estado de San Luis Potosí, *Acta Ci. Potosí*, 5:5-291.
- Rzedowski, J., 1975. Flora y vegetación en la Cuenca del Valle de México. In: *Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal*. Departamento del Distrito Federal. México, D.F. Tomo 1, pp. 79- 134.
- Zambrano, L., E. Valiente y J. Van der Zanden (2010). "Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City", *Biological invasions*, 12, 3061-3069 pp.



Referencias gráficas:

- **Figura 1.** Sanzano, A. (2019)a. Génesis - Los factores de formación del suelo. *Cátedras de Edafología. Facultad de Agronomía y Zootécnica. Universidad Nacional de Tucuman*, 1–15.
<https://www.edafologia.org/app/download/7953470476/Genesis+-+Factores+de+formaci%C3%B3n+del+suelo+2019.pdf?t=1587690300>
- **Figura 2.** FAO. (2015, 17 junio). *Cómo se forma el suelo* [Infografía].

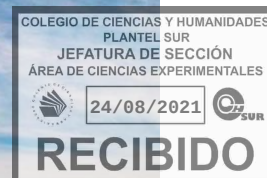
<http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/294318/>.
<http://www.fao.org/assets/infographics/pdfimg/FAO-Infographic-IYS2015-soilformation-es.jpg>

- **Figura 3.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009). *Guía para la descripción de suelos* (4.^a ed.) [Libro electrónico]. FAO. <http://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- **Figura 4.** Fadda, G. S. (2017)b. Morfología del suelo. *Cátedra de Edafología*, 1–15
- **Figura 5.** *Fases del Suelo*. (s. f.). [Ilustración]. Biología del Suelo 2015. <https://biologiadelsuelo2015.wordpress.com/fases-del-suelo/>
- **Figura 6.** Programa PROMES - Aula Abierta. (2020). El ciclaje de nutrientes como alternativa para la producción de abonos orgánicos. *Plan de formación de pimienta sostenible*, 1–24. <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/DocTecnicos/Promes/modulo2.pdf>
- **Figura 7.** Pérez Buendía, C.. (s. f.). *Ciclo de Carbono* [Ilustración]. Slideshare. https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fes.slideshare.net%2FNacho_Villablanca%2F1ciclos-biogeomiquicos&psig=AOvVaw1C79nMvRfUyQwRu0t55I_C&ust=1625454553881000&source=images&cd=vfe&ved=0CAoQjRxqFwoTCLCH9Ju4yPECFQAAAAAdAAAAABA D
- **Figura 8.** Plasencia A, Corbella R. Química del suelo. Cátedra de Edafología. Facultad de agronomía y zootecnia Universidad nacional de Tucumán. 2002 [citado 10 de julio 2012]; 1(1): [10 pantallas]. Disponible en: URL: <http://www.edafo.com.ar/Descargas/Cartillas/Introduccion%20a%20la%20Edafologia.pdf>.
- **Figura 9.** Sanzano, A. (2019)b. El azufre del suelo. *Cátedras de Edafología. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucuman*, 1–6. https://www.edafologia.org%2Fapp%2Fdownload%2F7956238276%2FEI%2Bazufre%2Bdel%2Bsuelo%2B2019.pdf%3Ft%3D1563476239&psig=AOvVaw1G5bfPtAYAVZ42_lvkpSq&ust=1625444206751000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjhqxqFwoTCLCNdmRyPECFQAAAAAdAAAAABAU
- **Figura 10.** *Ciclo del Fósforo*. (s. f.). [Ilustración]. geologiaweb. <https://geologiaweb.com/geologia-general/ciclo-fosforo/>
- **Figura 11.** FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2015, 8 mayo). *Suelos y Biodiversidad* [Infografía]. FAO en Español. <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/285729/>
- **Figura 12.** FAO. (2015b, junio 17). *Las Funciones del Suelo* [Infografía]. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/294325/>
- **Figura 13.** Ecoherencia. (s. f.). *Agroecología* [Infografía]. Agroecología y Permacultura. <https://www.ecoherencia.es/areas/agroecologia-y-permacultura/>
- **Figura 14.** CONAGUA. (2006). *Suelo de Conservacion* [Infografía]. El Agua, mi Ciudad y Yo. http://www.cuidarelagua.cdmx.gob.mx/fuentes_agua.html
- **Figura 15.** WWF. 2018. LA VIDA SILVESTRE EN EL CALENTAMIENTO GLOBAL- Los efectos del cambio climático en la biodiversidad de los Sitios



ACTIVIDAD

1



CONOCIENDO EL SUELO, DEL SUELO DE CONSERVACIÓN

Actividad: de campo curricular

Programa y contenidos que apoya:

Biología II. Unidad 2, tema 1: Estructura y Procesos en los Ecosistemas.

Componentes bióticos y abióticos.

Relaciones Intra-Interespecíficas.

Niveles Tróficos y Flujo de Energía.

Biología IV. Unidad 2, tema II: Biodiversidad de México.

Factores que explican la megadiversidad de México.

Regionalización de la biodiversidad.

Factores que afectan la biodiversidad.

Duración: 2 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: Parque Ecológico de la Ciudad de México.

INTRODUCCIÓN

La presente práctica se llevará a cabo en el **Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM)** el cual se encuentra dentro del territorio definido como **suelo de conservación** en la Alcaldía de Cuauhtémoc en la Ciudad de México. El PECM fue decretado el 28 de junio de 1989 como **Área Natural Protegida** (ANP) con la categoría de **Zona Sujeta a Conservación Ecológica (ZSCE)**, con la finalidad de conservar los ecosistemas que se generaron como producto de la **sucesión ecológica** en la zona cubierta por la erupción del volcán Xitle.



El PECM perteneciente a la Cuenca de México, la cuál, es un sistema hidrológico naturalmente cerrado que se extiende por más de 9,000 km², donde se pueden observar diversos ecosistemas, tales como: los bosques mixtos, de coníferas y de Quercus, vegetación xerófila y de comunidades lacustres; todos ellos, severamente perturbados en la actualidad.

El territorio de la cuenca se delimita al norte por la Sierra de Pachuca, al sur por la Sierra del Ajusco y Chichinautzin, al oriente por la Sierra Nevada y al poniente por la Sierra de las Cruces; además es atravesada parcialmente en forma transversal por la Sierra de Guadalupe. La cuenca se cerró durante el período terciario por formaciones de origen volcánico relativamente jóvenes (en tiempo geológico), la estructura volcánica más reciente es el volcán Xitle, el cuál tiene una edad de apenas 2,200 años. Este volcán se caracteriza por la escasez de drenajes superficiales, generado por los suelos muy permeables y la presencia de capas de roca basáltica sumamente fracturadas. Especialmente, por su elevada precipitación pluvial que es superior a los 1,200 mm anuales; la densidad de la cubierta vegetal natural que aún sobrevive, la permeabilidad del suelo y su configuración topográfica y geológica, hacen de la Sierra del Ajusco un sitio de extraordinaria importancia para la recarga de los acuíferos al sur de la Cuenca de México⁵⁰. Sin embargo, esas mismas características propician que la vegetación que habite ahí deba soportar sequías importantes a pesar de estar en una zona geográfica con alta precipitación, ya que gran parte del agua es infiltrada al subsuelo. Siendo esta la característica principal para la definición de ecosistemas que encontramos en el PECM.

⁵⁰ GOCM, 2016

Según el Plan de Manejo del ANP, se observan 4 ecosistemas: Matorral Xerófilo, Bosque de Encino, Bosque de Pino-Encino y Bosque de Encino-Matorral Xerófilo. En la presente actividad nos vamos a centrar en el matorral xerófilo, y en las especies de plantas suculentas o *Crassulaceae* que se observan con mayor distribución como: *Sedum oxypetalum* (Figura 1).



Figura 1. *Sedum oxypetalum*

Las Crassulaceae son una familia florística que dentro de muchas adaptaciones importantes con las que cuentan, está la del metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM, siglas del nombre en inglés) el cuál, es un ejemplo de adaptación al estrés ambiental como exceso de calor y escases de agua y de dióxido de carbono. Las plantas con metabolismo ácido reducen al mínimo la fotorrespiración y ahorran agua mediante la separación de estos pasos en el tiempo, entre el día y la noche.

En vez de separar las reacciones dependientes de la luz y el uso de dióxido de carbono, en el ciclo de Calvin en el espacio, las plantas CAM separan estos procesos en el tiempo. Por la noche, abren sus estomas para que el dióxido de carbono se difunda en las hojas y el ácido orgánico se almacena dentro de vacuolas hasta el día siguiente. Durante el día, las plantas CAM no abren sus estomas, pero todavía pueden llevar a cabo la fotosíntesis, debido a que los ácidos orgánicos se transportan fuera de las vacuolas y se descomponen para liberar dióxido de carbono que entra en el ciclo de Calvin. Esta liberación controlada mantiene una alta concentración de la cuál necesita ATP en varios pasos, así que, al igual que la fotosíntesis no es un "regalo" energético. Sin embargo, las especies de plantas que usan la fotosíntesis CAM no solo evitan la fotorrespiración, sino que también usan el agua de forma muy eficiente. Sus estomas solo se abren por la noche, cuando la humedad tiende a subir y la

temperatura a bajar, y ambos factores reducen la pérdida de agua de las hojas. Las plantas CAM suelen predominar en zonas muy cálidas y secas⁵¹.

En el presente proyecto acudiremos con nuestros grupos para realizar la colecta de suelo en 10 puntos elegidos al azar, mediante la página de Google Earth web, y aportandoles las coordenadas geográficas a cada equipo, para que busquen el punto, realicen la colecta y tomen la muestra de suelo para su análisis en el laboratorio.



Objetivos

Colectar muestras de suelo en 10 puntos generados azarosamente, dentro del Parque Ecológico de la Ciudad de México y obtener el porcentaje de humedad en el laboratorio.

Objetivos Particulares

- Conocer el uso de Google Earth web para obtención de coordenadas geográficas en el celular
- Ubicar los puntos geográficos asignados por el profesor
- Tomar las muestras de suelo solicitadas por el profesor
- Analizar las muestras en el laboratorio para obtener el porcentaje de humedad.

Materiales

Para campo:

- Celular por equipo con datos para internet
- Brújula de mano
- Cuerda de 30 metros, para corroborar la localización de puntos geográficos
- Horador hecho con tubo de PVC de 0.30m de 4" para toma de muestras de suelo
- Bolsas de Plástico
- Guantes de latex
- Plumón indeleble

⁵¹ Khan Academy

Para laboratorio:

- balanza
- microondas o baño maría
- tubo de ensayo
- tapón de corcho con tubo de cristal o válvula de presión



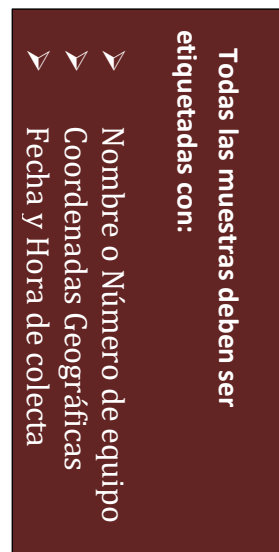
Método

1.- Tipo de vegetación observada

- Observen la vegetación que se encuentra naturalmente cerca de su punto de colecta
- Realicen anotaciones de la vegetación para que puedan buscar información sobre esas plantas y en qué tipo de suelo viven naturalmente
- Tomen fotografías para que puedan tener datos confiables del paisaje
- Traten de ubicar si encuentran plantas suculentas en el sitio

2.- Ubicación del punto de muestreo y colecta de muestra

- Ingresar a la página de Google Earth web, revisar el recuadro de coordenadas geográficas, ubicación del Parque Ecológico de la Ciudad de México y del punto geográfico donde se lleva a cabo la práctica.
- El profesor asignará un punto a cada equipo mediante el muestreo sistemático en forma de X para la toma de muestra, con la cuerda y la brújula ubicaran los puntos que se les asigne a cada equipo.
- Una vez ubicado el punto de cada equipo, se remueve toda la cubierta vegetal que pueda haber en el sitio de toma de muestra.
- El suelo debe tener cierta humedad para que la muestra se mantenga consolidada, si el suelo está seco humedecerlo antes de tomar la muestra.
- Se entierra el horador a 0.15m para la toma de muestra, intentando registrar las características de cada estrato de la columna



- Cada toma se vacía en una bolsa de plástico, intentando que la columna se mantenga para el registro de datos.

3.- Determinación de la humedad %

En el laboratorio se realizan los siguientes pasos⁵²:



- Se pesa un tubo de ensayo y se tara la balanza.
- Se pesa una muestra de suelo de 100g.
- Se seca en microondas, en horno o a baño maría (si es en microondas o baño maría debe ser con tapa y válvula de presión).
- Una vez que se percibe evidentemente seco, se vuelve a pesar la muestra se. Se asume que el peso perdido es agua contenida⁵³.

$$\text{Humedad \%} = \frac{(\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra seca})}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100$$

4.- Determinación del tipo de suelo

- Revisen la clasificación de suelos por características texturales, esto es la clasificación de suelos (Figura 1), para que puedan determinar el tipo de suelo encontraron en su sitio de colecta
- Con vernier, determinen el grueso de la partícula y ubiquen en qué clasificación se encuentra.
- Después determinen a qué clase o subclase pertenece, según la textura que observen en la muestra.
- Investiguen el tipo de vegetación que se localiza en el tipo de suelo que colectaron.

5.- Discusión sobre el tipo de vegetación y su relación con las características obtenidas en el suelo.

⁵² Valencia-Islas, 2012.

⁵³ Fernández-Linares y col., 2006

Armen en equipo una discusión en formato abierto sobre si llegaron a encontrar bibliográficamente que el tipo de vegetación que se debe encontrar en el suelo que ustedes clasificaron corresponde con el observado en campo y por qué. Den por lo menos 5 argumentos sobre las interacciones de las especies vegetales con ese tipo de suelo o caracteres adaptativos que tienen esas especies para sobrevivir en ese suelo.

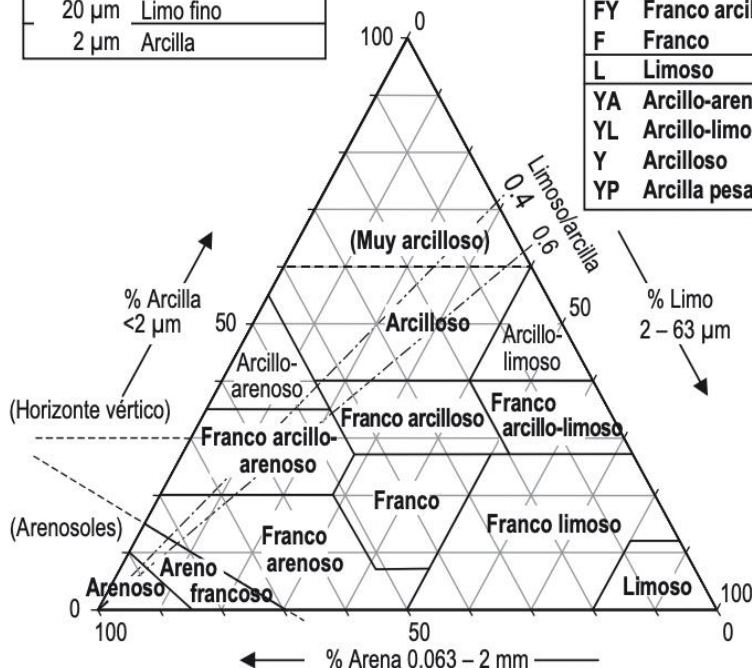
Relación de los constituyentes de tierra fina por tamaño, definiendo las clases texturales y subclases de arena

Clases del Tamaño de Partículas

2 000 µm	Arena muy gruesa
1 250 µm	Arena gruesa
630 µm	Arena media
200 µm	Arena fina
125 µm	Arena muy fina
63 µm	Limo grueso
20 µm	Limo fino
2 µm	Arcilla

Clases texturales

A	Arena (no especificada)
AF	Areno francoso
FA	Franco arenoso
FYA	Franco arcillo-arenoso
FL	Franco limoso
FYL	Franco arcillo-limoso
FY	Franco arcilloso
F	Franco
L	Limoso
YA	Arcillo-arenoso
YL	Arcillo-limoso
Y	Arcilloso
YP	Arcilla pesada



Subdivisiones de la clase textural arena

AMF	Arena muy fina
AFi	Arena fina
A	Arena media
AG	Arena gruesa
AN	Arena no clasificada
AMFR	Arena muy fina franca
AF	Arena fina franca
AFF	Arena fina gruesa
AFG	Arena fina gruesa
FAF	Franco arenoso fino
FA	Franco arenoso grueso

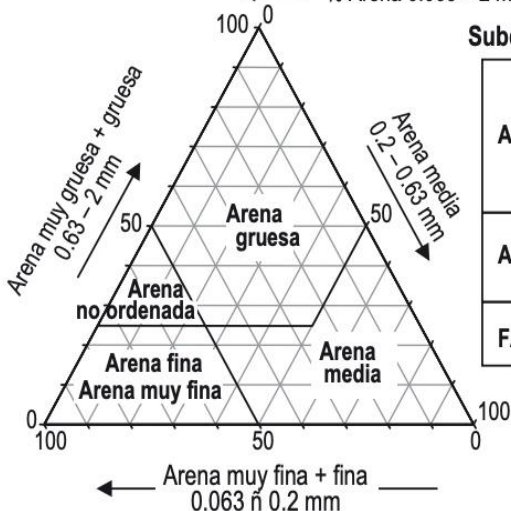
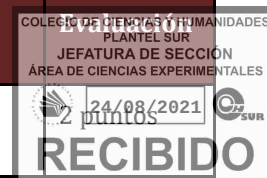


Figura 1. Relación de los constituyentes de tierra fina por tamaño, definiendo las clases texturales y las subclases de arena. Tomado FAO, 2009: 1990.

Registro de resultados

Actividad	Resultados	Gráficas	
1.- Tipo de vegetación observada			
2.- Colecta de muestras			2 puntos
3.- Determinación de humedad relativa			2 puntos
4.- Determinación del suelo			2 puntos
5.- Discusión sobre el tipo de vegetación y su relación con las características obtenidas en el suelo.			2 puntos

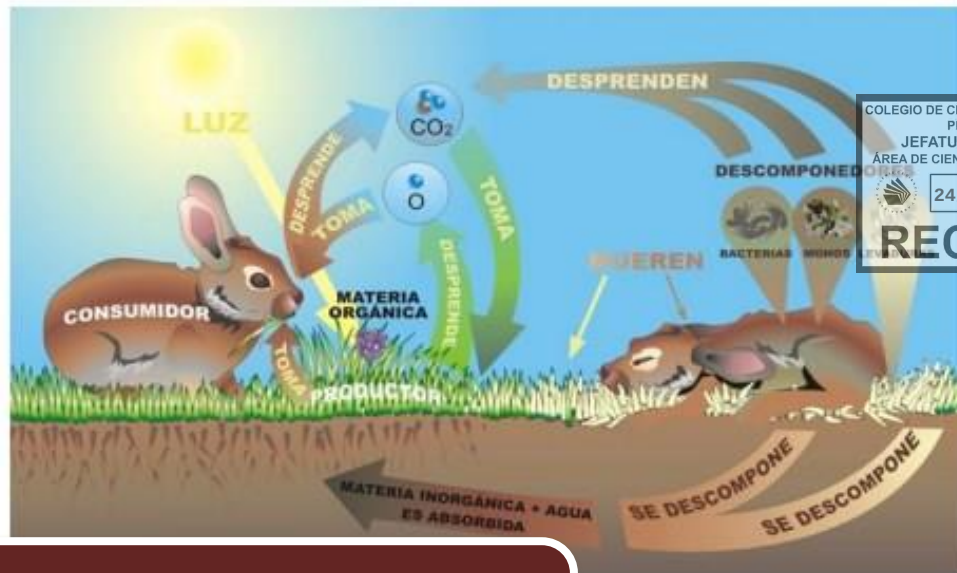


Bibliografía

- GOCM Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 19 de septiembre de 2016. Aviso por el que se da a conocer el Programa de Manejo del Área Natural Protegida con Categoría de Zona sujeta a Conservación Ecológica "Parque Ecológico de la Ciudad de México". Época XIX. No. 161. Pg. 3-96.
 - Valencia-Islas C. E., 2012. Edafología. Prácticas de laboratorio. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM, México.
 - FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 2009. Guía para la descripción de Suelos. Guía práctica. En: <http://www.fao.org/3/a0541s/A0541S.pdf>
 - Fernández-Linares, L. C., N. G. Rojas-Avelizapa, T. G. Roldán-Carrillo, M. E. Ramírez Islas, H. G. Zagarra-Martínez, R. U. Hernández, R. J. Reyes-Ávila, D. Flores-Hernández y J. M. Arce-Ortega. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México. Pp. 180.
- Khan Academy, versión modificada de "Vías fotosintéticas", de Robert Bear y David Rintoul, OpenStax CNX, CC BY 4.0. En: <http://cnx.org/contents/d0b6df3d-22b7-411f-8f28-5eed0e1c82d@9>.

ACTIVIDAD

2



CICLAJE DE NUTRIENTES + FLUJO DE MATERIA Y ENERGÍA = COMPOSTA

Actividad: curricular

Programa y contenidos que apoya:

Biología II. Unidad 2, tema 1: Estructura y Procesos en los Ecosistemas.

Componentes Bióticos y Abióticos

Relaciones Intra-Interespecíficas.

Niveles Tróficos y Flujo de Energía.

Biología IV. Unidad 2, tema II: Biodiversidad de México.

Factores que explican la megadiversidad de México.

Regionalización de la biodiversidad.

Factores que afectan la biodiversidad.

Duración: 2 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: Aula-laboratorio.

INTRODUCCIÓN

¿Qué es la composta y cuáles son sus propiedades?

Una composta se forma con la acción de seres vivos que descomponen la materia orgánica en tierra fértil. Significa que las bacterias, hongos, gusanos, insectos etc, por medio de sus enzimas pueden digerir los productos orgánicos (cáscaras, frutas, madera, servilletas, cereales o cualquier tipo de comida) y convertirlos en abono, o más fácil, simplemente en tierra.



La composta se puede definir como el resultado de un proceso de humidificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y de observación. La composta es un nutriente para el suelo que mejora la estructura y ayuda a reducir la erosión y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas⁵⁴.

¿Para qué sirve la composta?

- **Mejora las propiedades físicas del suelo.** La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura tanto de los horizontes como de la textura de los agregados del suelo, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad (permitiendo que se desarrollen mejor las raíces, los animales que realizan galerías), además de aumentar la capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.
- **Mejora las propiedades químicas.** Aumenta el contenido en nutrientes, como: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, y la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), además de ser fuente y almacén de nutrientes para el establecimiento de flora.
- **Mejora la actividad biológica del suelo.** Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización⁵⁵, ya que la alta diversidad de biota que habita en el suelo es un indicador de la fertilidad del suelo.

⁵⁴ Hernández-Hernández, 2003

⁵⁵ Fernández-Linares, et al., 2006.

¿Quién o qué genera composta?

Generalmente, el proceso de compostaje se genera (Figura 1) con el metabolismo de los microorganismos que utilizan la materia orgánica para obtener sus nutrientes, además de consumir agua y aire en el caso de organismos aerobios, esto se lleva a cabo a temperaturas mesofílicas (reacciones químicas que se llevan a cabo a temperatura ambiente) y con forme se alimentan, reproducen (generan biomasa) y liberan sustancias de desecho, se libera energía en forma de calor, se libera dióxido de carbono y agua, además de compuestos nitrogenados que sirven de nutriente a las plantas, estas reacciones se llevan a cabo en el rango termofílico (reacciones que liberan energía e incrementan la temperatura entre 45 y 60°C). En las fases tardías podemos observar organismos como: Actinomycetes, Ciempiés, Milípedos, Hongos, Sowbugs, Arañas y lombrices de tierra ayudan en el proceso, ya que al alimentarse de la biomasa generada por los microorganismos, diversifican la cantidad de nutrientes, y permiten la aereación del suelo con sus galerías.

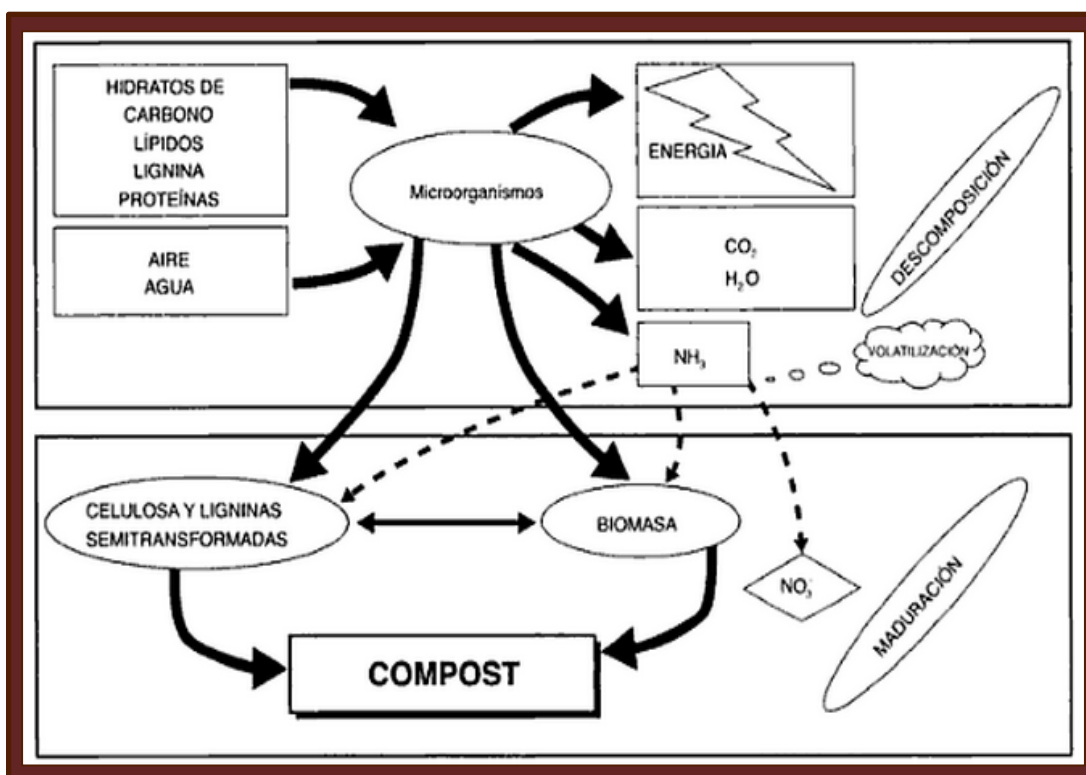


Figura 1. Esquema del proceso de compostaje. Tomado de Moreno-Casco & Moral-Herrero (2008).

El proceso de compostaje se lleva a cabo por descomponedores y ejemplo de ellos encontramos en diversos grupos de organismos como: hongos, bacterias, invertebrados, etc (Figura 1).

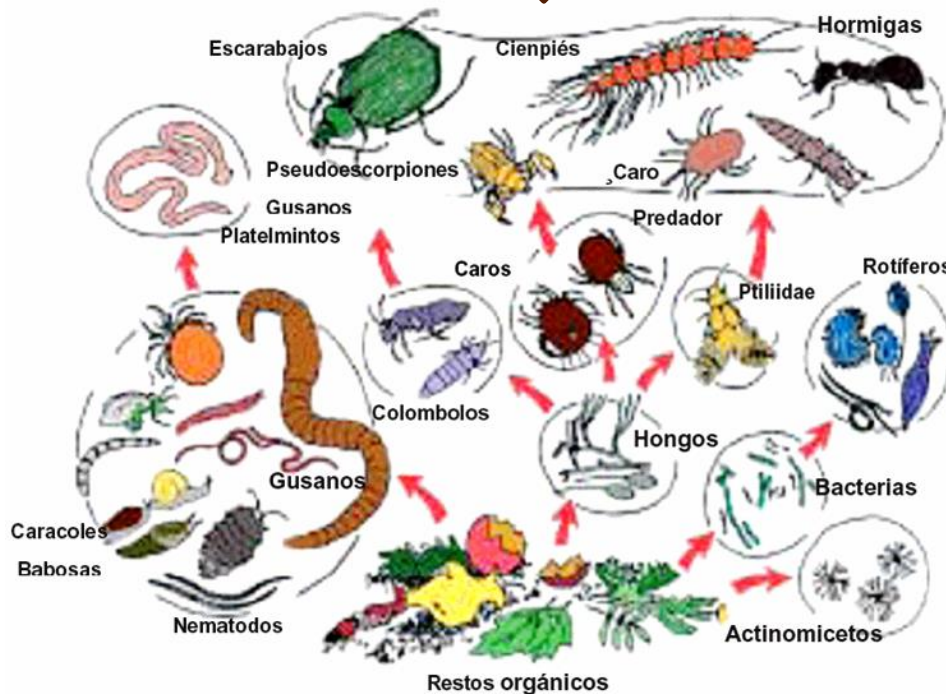


Figura 2. Imagen tomada de Autocompostaje, 2017.

Objetivo General

Crear una composta reciclando residuos orgánicos domiciliarios para así observar los ciclos biogeoquímicos que nos permiten comprender la producción de cultivos como el frijol; observar con el paso de los días como estos residuos aportan nutrientes a la tierra convirtiéndola en fértil y definir interacciones positivas o negativas entre los factores bióticos y abióticos

Objetivos Particulares

- Realizar una microcomposta
- Germinar una planta de frijol
- Utiliza nuestra composta para adicionar nutrientes

Materiales

- Tierra negra 1/2 kg / Hojarasca, pasto o hierba / Aserrín / Ceniza
- Desechos orgánicos 1/2 kg picados / Cáscara de fruta / Fruta en putrefacción / Tortillas con moho / Sobras de comida
- Semillas de frijol
- Tezontle ½ kg.
- Agua 1 lt.
- 2 Popotes
- 2 Botellas de plástico de 3lts



Método

- Realizar un corte transversal a 4 cm desde la boca de la botella.
- Colocar la tierra como primera capa de la botella con una altura de 4cm.
- Como segunda capa se colocan los desperdicios (finamente picados) con una altura de 4 cm.
- En la tercera capa se coloca tierra con una altura de 4 cm.
- Se coloca la cuarta capa de desperdicios (finamente picados) de 4 cm. de altura.
- Como última capa se coloca la tierra a 4 cm. de altura.
- Se coloca la semilla de frijol en la última capa de tierra con una profundidad de 2cm.
- Se coloca un popote a nivel de la primera capa de la materia de descomposición, y el segundo popote a nivel de la segunda capa de la materia en descomposición para que pueda haber un intercambio de gases.
- En la segunda botella se llena de tezontle, agrolita, vermiculita o cualquier material inerte, esto implica que es material que no reacciona, ni envenena, a la planta, pero tampoco le aporta nutrientes. En la parte final de la botella se ponen solo 2 cm de suelo, y ahí se coloca la segunda semilla de frijol.
- Por último, observarán y compararán la germinación de las semillas y el desarrollo de las plántulas. Discutiendo cómo contribuye la descomposición de la materia entre otros factores, para el crecimiento de nuestra planta.

Registro de resultados

Día	Observaciones		Imágenes	
	Sem. en Composta	Sem. en Tezontle	Sem. en Composta	Sem. en Tezontle
1				
2				
3				
20				



Evaluación

Puntaje	Actividades por realizar en esta práctica
2	Trabajo en el laboratorio
2	Mantenimiento de la composta y la planta
2	Registro diario
2	Observaciones

Bibliografía

- Autocompostaje, 2017. Campaña de Promoción del Autocompostaje en el Municipio de León, España. Diagrama por grupos de organismos que contribuyen al proceso de compostaje. En: <https://autocompostajeleon.wordpress.com/2017/02/20/el-compostaje-como-tecnica-para-reciclar-la-materia-organica-en-domicilios/>
- Fernández-Linares, L. C., N. G. Rojas-Avelizapa, T. G. Roldán-Carrillo, M. E. Ramírez Islas, H. G. Zagarra-Martínez, R. U. Hernández, R. J. Reyes-Ávila, D. Flores-Hernández y J. M.

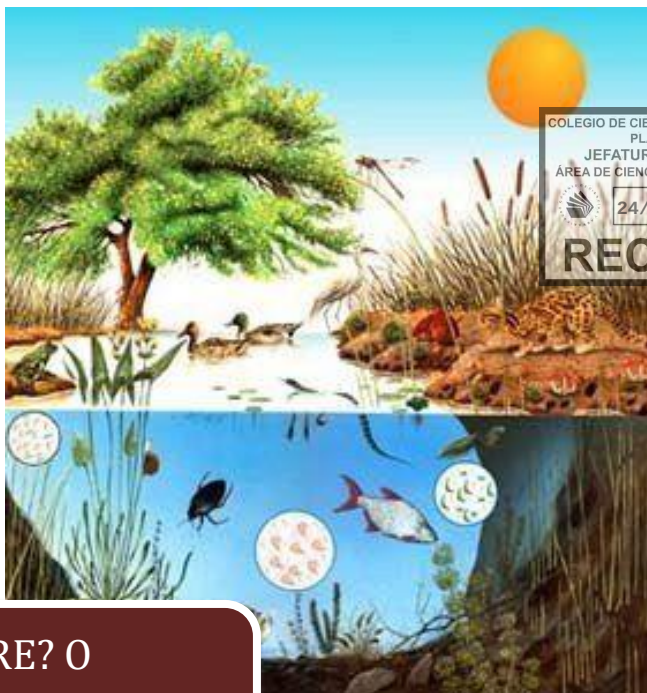
Arce-Ortega. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México. Pp. 180.

- Hernández-Hernández, A. 2003. La composta, su elaboración y beneficio. M. Coahuila, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". División de Agronomía. México. Pp. 69.
- Moreno-Casco, J. y R. Moral-Herrero, 2008. Compostaje. Ed. Mundi-Prensa Libros. Pp. 570.



ACTIVIDAD

3



¿UNO VIVE DONDE QUIERE? O

¿DÓNDE PUEDE?

Actividad: curricular

Programa y contenidos que apoya:

Biología II. Unidad 2, tema 1: Estructura y Procesos en los Ecosistemas.

Componentes Bióticos y Abióticos

Relaciones Intra-Interespecíficas.

Niveles Tróficos y Flujo de Energía.

Biología IV. Unidad 2, tema II: Biodiversidad de México.

Factores que explican la megadiversidad de México.

Regionalización de la biodiversidad.

Factores que afectan la biodiversidad.

Duración: 2 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: Aula-laboratorio.

INTRODUCCIÓN

Las **especies endémicas** son aquellas que sólo habitan en un lugar determinado. Sin embargo, el término es relativo porque una especie puede ser endémica de un continente, un país, una región, un bioma o de una localidad de unas cuantas hectáreas. De igual manera puede habitar en un océano, isla, lago, cordillera, montaña, cuenca o en algún otro sitio particular.



Para entender el origen de los endemismos hay que considerar una escala de tiempo evolutivo y comprender los grados de aislamiento ecológico, así como otros factores ambientales.

¿Qué tipos de endemismos se conocen?

Existen diversas clasificaciones de ellos, una de las más conocidas quizá sea la de la perspectiva histórica, que utiliza los conceptos de **paleo-endémicas** y **neo-endémicas**. En el primer caso se refiere a los **taxa** (conjunto de organismos que comparten un origen común) que están aislados filogenéticamente, es decir, sin parientes cercanos. En el segundo caso son taxa que evolucionaron recientemente, es decir, que tienen parientes cercanos.

Cuando se considera el territorio y su delimitación política se utilizan conceptos de endemismo como: **microendémicas**, **cuasiendémicas** y **semiendémicas**. Las especies microendémicas tienen distribución muy restringida. Las cuasiendémicas rebasan los límites biogeográficos del área escogida. Por ejemplo, algunas especies se distribuyen principalmente en México, pero una pequeña parte de su distribución está fuera del país. Para las aves se ha propuesto un límite de 35,000 km², en México viven 43 especies de aves con esta consideración. Las especies semiendémicas, se les llama así porque pasan solamente una época del año en un país o región.

¿Dónde se encuentran los endemismos más importantes del país?

En México existen territorios que debido a sus características geográficas acumulan gran cantidad de especies endémicas (Figura 1), esto es común tanto para aves como mamíferos, estas áreas son: la Sierra Madre Occidental, Planicie Costera del Pacífico y Cuenca del Balsas.

Las islas también son lugares donde existen especies que han tenido historia de aislamiento geográfico. Por ejemplo, la Isla Guadalupe situada a 260 km al Oeste de Baja California tiene una extensión de 250 km² y cuenta con especies y subespecies endémicas. Entre ellas:

- Petrel de Guadalupe (*Oceanodroma macrodactyla*), probablemente extinta
- Junco de Guadalupe (*Junco insularis*)
- Caracara (*Polyborus lutosus*), probablemente extinto
- Pinzón o gorrión mexicano de Isla Guadalupe (*Carpodacus mexicanus*), probablemente extinta
- Pájaro carpintero (*Colaptes auratus rufipileus*), subespecie probablemente extinta

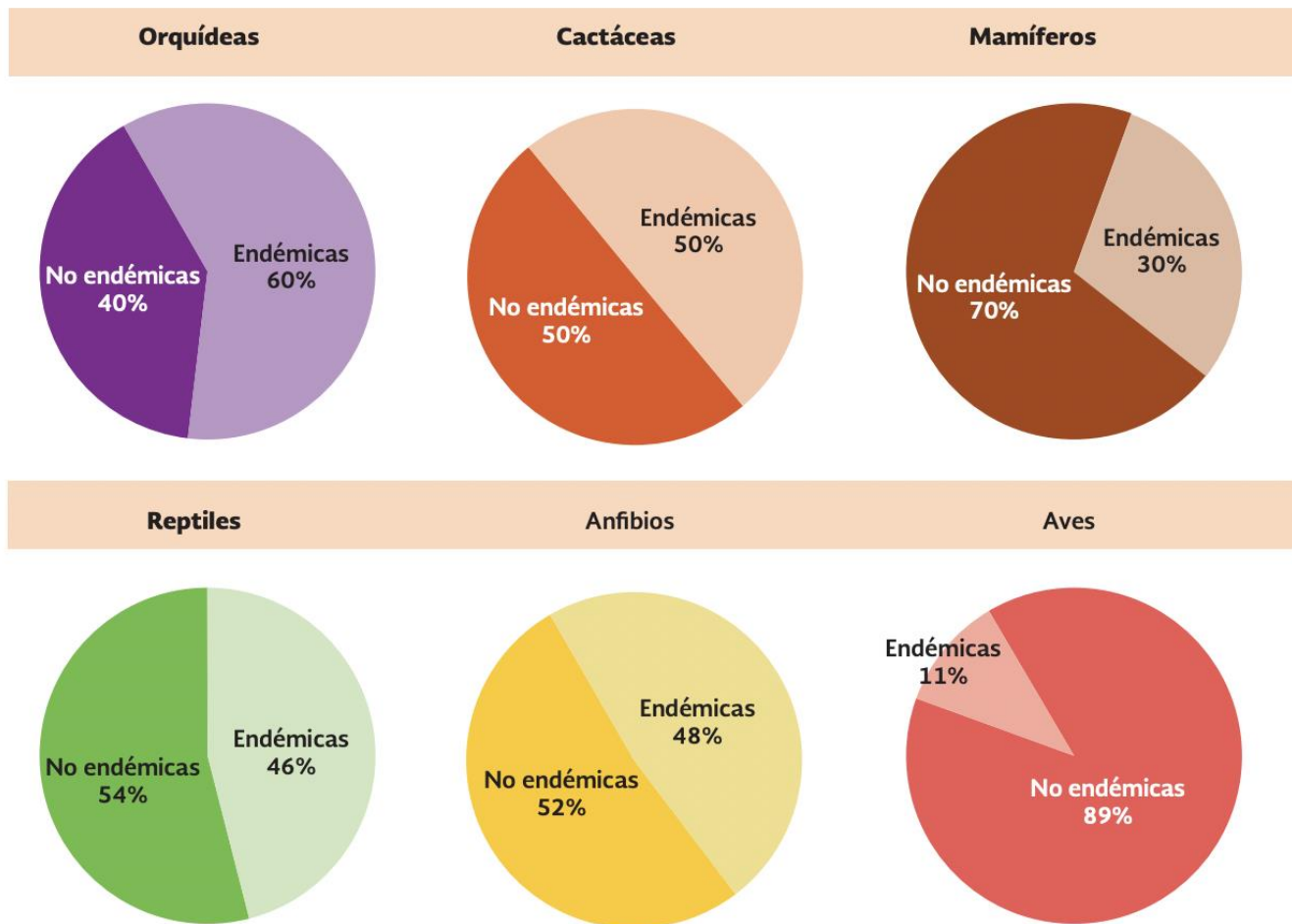


Figura 1. Porcentaje de especies endémicas o no endémicas para distintos grupos taxonómicos en México. Tomado de: Coordinación de Información y Servicios Externos, 2012.

Hay características en las especies que influyen en su capacidad de dispersión o contribuyen al endemismo, ya que frenan la dispersión, estas características son el tamaño del organismo y la capacidad de dispersión. Por ejemplo, entre anfibios y reptiles donde la mayoría de las especies son

pequeñas más del 45% de las especies son endémicas. En las aves, con gran capacidad de dispersión, sólo el 11% de ellas son endémicas. Estudios calculan que el 54.2% de las plantas vasculares de México son endémicas. Las cactáceas y los pinos destacan en riqueza y número de endemismos, la familia *Cactaceae*, endémica del continente americano, presenta 36% de todas sus especies en México, lo que lo vuelve el país con más especies de cactáceas en el continente. De las especies que habitan en el país, alrededor de 87% son endémicas⁵⁶.



Para entender la importancia de las especies endémicas es necesario comprender el concepto ecológico de **nicho**⁵⁷, el cuál es el rango de condiciones ambientales, físicas y biológicas, en las cuales una especie, puede vivir y perpetuarse exitosamente. Para referirnos al nicho de las especies frecuentemente hacemos énfasis en una o dos variables del ambiente, como las condiciones, el hábitat o los recursos que usan para su existencia. Estas variables del nicho ayudan a explicar el **principio de exclusión competitiva**: dos especies que compitan por los mismos recursos no pueden coexistir localmente a menos que ocupen nichos distintos, por tanto, especies ecológicamente idénticas no pueden vivir en la misma región a menos que se diferencien ecológicamente, o una de ellas se extinga. Entonces, se predice que una de las especies se extinguirá o **el nicho divergirá**, lo que quiere decir que una de las especies aprovechará el recurso de manera diferente o acabará viviendo en condiciones diferentes.

Objetivos

Conocer especies endémicas de México y reconocer cuales son los factores abióticos que convergen para formar el nicho ecológico de la especie

Objetivos Particulares

- Elegir una especie endémica del país que les sea interesante.
- Conocer el uso de Google Earth web para obtención análisis paisajísticos y poder reconocer factores abióticos que delimitan nichos, como el relieve.
- Investigar el nicho ecológico completo de la especie de interes
- Representar en un mapa mental las relaciones intra e interespecíficas de la especie con la comunidad y con los factores abióticos de su habitat.

⁵⁶ SEMARNAT, 03 de septiembre, 2018

⁵⁷ Oikos, 31 de mayo, 2018

Materiales

- Equipo de comunicación o cómputo con conexión para internet.

Método

- Buscar una especie endémica de su interés y su área de distribución preferentemente con un mapa donde estén ubicados puntos de localización.
- En la aplicación de Google Earth Pro o en la página web de Google Earth ubicar el área de distribución y hacer un polígono con la distribución de la especie.
- Con la función de satélite reconozcan el relieve de la zona e intenten reconocer pendientes, valles, que pudieran estar delimitando la distribución de la especie, para reconocer el nicho ecológico.
- Investigar el nicho ecológico de la especie de interés.
- Comparar o completar el nicho ecológico de la especie.
- Realizar un mapa mental donde se representen todas las relaciones intra e interespecíficas, además de las relaciones con los factores abióticos que puedan reconocer, tomando como argumentos la información investigada y la imagen satelital.



Discusión

Armen en equipo una discusión en formato abierto sobre:

1. ¿Llegaron a encontrar bibliográficamente el nicho ecológico?
2. ¿Cuáles fueron las relaciones más importantes entre los miembros de la misma especie, entre las especies de la comunidad y con los factores abiótico?
3. ¿Cuáles son los factores de ese nicho ecológico que hacen endémica a la especie?
4. ¿A qué territorio es endémica, la especie? Su respuesta debe ser congruente con la respuesta de la pregunta 3.
5. ¿La especie elegida tiene algún problema de conservación actualmente? Si su respuesta es si, propongan una opción para su protección. Si su respuesta fue

no, argumente su respuesta ¿qué factores de su nicho ecológico le ayudan a no tener problemas de conservación?

Evaluación:



<i>Puntos</i>	<i>Actividad</i>	<i>Desglose</i>
5	Mapa Mental	10 relaciones intraespecíficas o interespecíficas o con factores abióticos. 0.5 puntos cada una.
5	Cuestionario	5 preguntas. 1 punto cada una.
10	Evaluación	

Bibliografía:

- Coordinación de Información y Servicios Externos, 2012. CONABIO, SEMARNAT México.
- Oikos, 31 de mayo de 2018. Nicho Ecológico. Instituto de Biología, UNAM. En: <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/articulos/tuxtlas/17-recuadros/376-nicho-ecologico>
- SEMARNAT Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 03 de septiembre de 2018. Especies endémicas en México. SEMARNAT, México. En: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/especies-endemicas-141676#:~:text=Las%20especies%20end%C3%A9micas%20de%20M%C3%A9xico, otras%20a%20cenotes%20o%20cuevas.&text=Entre%20anfibios%20y%20reptiles%20C%20m%C3%A1s,de%20las%20especies%20son%20end%C3%A9micas.>

ACTIVIDAD

4



**CHINAMPA, TIERRA FIRME ENTRE EL
PANTANO**

Actividad: curricular

Programa y contenidos que apoya:

Biología II. Unidad 2, tema 1: Estructura y Procesos en los Ecosistemas.

Componentes Bióticos y Abióticos

Relaciones Intra-Interespecíficas.

Niveles Tróficos y Flujo de Energía.

Biología IV. Unidad 2, tema II: Biodiversidad de México.

Factores que explican la megadiversidad de México.

Regionalización de la biodiversidad.

Factores que afectan la biodiversidad.

Duración: 2 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: Asincrónico.

INTRODUCCIÓN

Las chinampas de México: un caso notable de agricultura hidráulica, ya que es un sistema estructurado como un campo elevado y drenado. Constituyó una de las más impresionantes, estéticas y eficientes soluciones agroproductivas para resolver las adversas condiciones climáticas de las zonas altas semiáridas y subhúmedas templadas de Mesoamérica⁵⁸. Fueron construidas para establecer tierra firme en pantanos y zonas permanentemente inundadas, y a pesar de que hay ejemplos similares en otros países, su construcción, uso, manejo y mantenimiento, constituyen un caso único a nivel mundial especialmente en la cuenca de México.



Las chinampas, como eje de un sistema intensivo de uso múltiple de la tierra, se convirtieron en la principal fuente proveedora de alimentos básicos para la población de la cuenca de México durante los últimos 200 años de dominación azteca. El gobierno azteca controlaba la producción mediante la construcción de infraestructura hidráulica, que permitió no solo la ampliación del sistema de chinampas en el sur de la cuenca de México, sino también, el incremento de su eficiencia a través de mano de obra pública, la organización laboral, las políticas de manejo, los tributos y la comercialización.

La chinampa es, probablemente, el sistema agrícola más estudiado, lo que sugiere que primero se realizaba la elección del lugar adecuado para la construcción de la chinampa, utilizando una vara de madera para medir la profundidad del agua deseable y establecer su tamaño mediante la colocación de postes de madera en cada una de las cuatro esquinas. Posteriormente, las vigas eran utilizadas para levantar cercas y zanjas de ramas y juncos entrelazados en donde se apilaba vegetación acuática, tiras de pasto, lodo del fondo del lago, una capa superficial de suelo de viejas chinampas, y se apilaban rocas basálticas sobre una cama de ramas entrelazadas como cimiento. Este apilado se confeccionaba hasta construir plataformas cuya altura era de 30 a 60 cm por encima del nivel del agua.

El tamaño de la chinampa era relativamente pequeño, de 100 a 500 m² y la forma estrecha y rectangular tenía como fin permitir el flujo permanente de la humedad en la subsuperficie de esa microisla. La altura sobre el nivel del agua debía permitir la irrigación permanente del suelo a cubetadas o paladas sobre la superficie total de la plataforma. El mantenimiento de la humedad del subsuelo permitía la descomposición de la materia orgánica y proporcionaba agua a las plantas y

⁵⁸ Barrera-Bassols, 2003.

árboles con raíz profunda. La irrigación permanente, así como el flujo de agua a lo largo de los cuatro canales que rodeaban la chinampa evitaban la salinización de su superficie. La acumulación de capas sucesivas de diferentes materiales naturales se asemejaba a un perfil edáfico, el cual permitía la percolación del agua subterránea a través de capas de roca basáltica con el objeto de ayudar a la descomposición de vegetación acuática y terrestre. La consistencia del suelo orgánico se mejoraba con los fértiles sedimentos lacustres. Los árboles con tolerancia a condiciones de humedad, como es el sauce o ahuejote (*Salix bonplandiana*), se plantaban a lo largo de los bordes de la chinampa con el fin de prevenir la erosión de los suelos, proporcionar sombra a otros estratos de vegetación, regular los cambios de temperatura entre el día y la noche, además de funcionar como fuente para la provisión de leña para construir nuevas chinampas y amortiguar el efecto de los vientos. La porosidad del suelo creado y la estrechez de los campos elevados permitía el flujo de agua desde los canales circundantes hasta el nivel de las raíces. El sistema de irrigación a cubeta hacía posible cultivar incluso durante las estaciones secas. Tras cuatro años después de la construcción de una chinampa se le consideraba a ésta como un suelo verdadero suficiente para la producción sostenida. El ciclo de nutrientes era el factor clave para mantener la productividad del suelo⁵⁹.



En la Figura 1 se muestra la compleja estructura de una chinampa, la cual revela no solo la enorme inversión de mano de obra, sino también la aplicación de toda una serie de conocimientos largamente robustecidos sobre el ambiente. Los procesos de formación del suelo en las chinampas fueron bien entendidos por los agricultores, sin embargo, resulta difícil evaluar las percepciones prehispánicas sobre la tridimensionalidad del suelo.

⁵⁹ Toledo y Barrera-Bassols, 2003

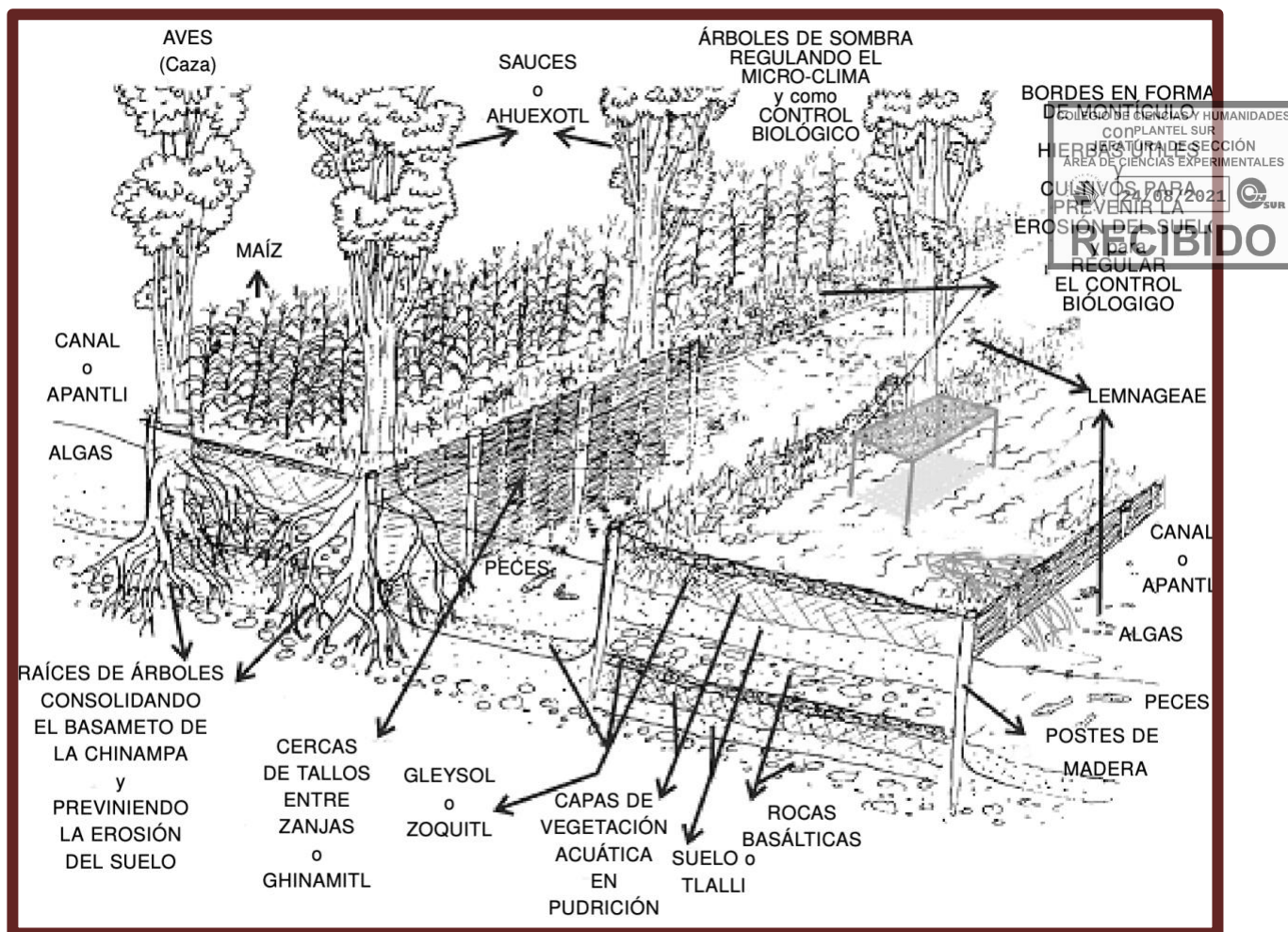


Figura 1: Elaborado por Barrera-Bassols (2003).

Objetivos

Reconocer el ingenio en estructuras, el conocimiento en materiales y trabajo de estabilización de los antiguos pobladores, al conformar las chinampas.

Objetivos Particulares

- Realizar una maqueta donde se observen los estratos u horizontes de suelo y roca que conforman una chinampa con materiales diversos.
- Representar el fenómeno de cohesión del suelo, para explicar la estabilidad de la chinampa.
- Decorar la parte alta de la plataforma a gusto del equipo, representando la siembra.
- Realizar una discusión por equipo, donde analicen los saberes ancestrales.

Materiales y Método

- Antes de iniciar con las capas, coloquen palos de paleta fijados con silicón o plastilina al recipiente a una distancia de 3cm entre cada uno, formando un rectángulo o un cuadrado.
- Van a cortar cordones de algodón de 15 cm y los van a poner fijados con silicón o plastilina en diferentes puntos dentro de la chinampa. Cada que coloquen una capa van a cuidar que los cordones se mantengan lo más verticales posible. Esto quiere decir que los cordones atravesarán de forma vertical la maqueta.
- Rocas de 1 o 2 cm de diámetro para representar las rocas basálticas, acomodadas en una capa de 2 cm aproximadamente, la capa debe ser estable y bien acomodadas.
- Tierra acomodada sobre la capa de roca en aproximadamente las mismas dimensiones, cuidando que no salga del espacio donde está la roca.
- Vegetación o materia orgánica finamente picada, y acomodada en el mismo espacio.
- Ahora se vuelve a poner tierra en una capa mas delgada y debe ser de sedimentos más finos para hacer lodo al inundar la maqueta.
- Se repite el acomodo de todas las capas como en la Figura 1.
- Posteriormente, para simular las raíces de los arboles que sirven para consolidar el basamento, con silicón caliente se unen tiras de silicón uniendo los palos de madera que sirven como soporte, esto generará un entramado como si fueran raíces que mantenga los sedimentos en la columna, dando estabilidad a la chinampa.
- Ahora, inunden su chinampa hasta el penúltimo nivel. El agua que utilicen debe estar teñida con pintura vegetal del color de su preferencia.
- Por último, decoren su chinampa ya sea simulando plantas de ornato, u hortalizas. Recuerden dejar visibles los cordones de algodón en la parte superior de la chinampa.



Discusión

Armen en equipo una discusión donde describan las propiedades del suelo que permiten la cohesión y estabilidad de la estructura de la chinampa. Utilicen la siguiente información para analizar como se expresan estas características en cada una de las capas y en su maqueta en total.



Característica Física Temas a discutir con respecto a su maqueta.

<i>Densidad Aparente</i>	Es la relación que existe entre la masa y el volumen del suelo
<i>Textura</i>	Esta característica influye sobre la velocidad de infiltración de agua, la facilidad de preparación o laboreo del suelo, el drenaje, etc.
<i>Estructura</i>	Es la forma como se agregan las partículas del suelo, y es la responsable de las relaciones de aireación, infiltración, humedad y temperatura. Se caracteriza por la estabilidad estructural, la cual se organiza en horizontes.
<i>Color</i>	Esta característica guarda relación directa con la temperatura, la dinámica de los elementos y la movilidad del agua en el suelo, el contenido de materia orgánica, la cantidad de microorganismos.
<i>Porosidad</i>	Es el porcentaje del volumen de suelo que no se encuentra ocupado por sólidos. De esta manera la característica de porosidad del suelo está generada por las fases del suelo: sólida, líquida y gaseosa.

Evaluación

Puntos	Actividad	Desglose
7.5	Maqueta	0.5 por cada punto solicitado en el método 2.5 por la creatividad en la elección de los materiales, el diseño y la presentación del trabajo.
2.5	Discusión	0.5 por cada característica física analizada en la discusión
10	Evaluación	

⁶⁰ Ramírez-Carbajal, 1997.

Bibliografía:

- Barrera Bassols, N. (2003 [2008]), «Symbolism, knowledge and management of soil and land resources in indigenous communities: ethnopedology at global, regional and local scales», ITC Dissertation Series 102, 2 vols. Enschede, Países Bajos.
- Ramírez-Carbajal, R. (1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos* (1 Edición). Produmedios.
<http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
- Toledo, V. M. y N. Barrera-Bassols, 2003. La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Icaria Editorial. Perspectivas Agroecológicas. España. Pp. 230.



ACTIVIDAD

5



LA DESERTIFICACIÓN

Actividad: curricular

Programa y contenidos que apoya:

Biología II. Unidad 2, tema 1: Estructura y Procesos en los Ecosistemas.

Componentes Bióticos y Abióticos

Relaciones Intra-Interespecíficas.

Niveles Tróficos y Flujo de Energía.

Biología IV. Unidad 2, tema II: Biodiversidad de México.

Factores que explican la megadiversidad de México.

Regionalización de la biodiversidad.

Factores que afectan la biodiversidad.

Duración: 2 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: Aula-laboratorio.

INTRODUCCIÓN

La **desertificación es la degradación de la tierra en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, es causada fundamentalmente por la actividad humana y las variaciones climáticas**. Es importante denotar que este proceso **NO hace referencia al incremento territorial de los desiertos existentes**, por el contrario, la desertificación **se debe al cambio de uso de suelo** que implica remoción de vegetación nativa para darle un uso diferente al territorio, como es el caso del establecimiento de la **agricultura intensiva**. Esta práctica agrícola **implica sobreexplotación del suelo y de sus nutrientes**, ya que se le da un uso inadecuado demandándole más nutrientes de los que circulan normalmente en él; esto al paso del tiempo hace que los campesinos abandonen las tierras, porque les implica un gasto importante la aplicación de fertilizantes, y aun así, no obtienen las cosechas esperadas. Ahora **el suelo queda sin vegetación y sin nutrientes para recibir de nuevo el establecimiento de esas especies nativas**, las cuales fueron elegidas por **selección natural** por miles o millones de años para existir en ese territorio y con esas condiciones ambientales. Al no haber vegetación en ese territorio, ni animales, hongos o bacterias viviendo en ese suelo, **la precipitación pluvial genera escurrimientos superficiales**, esto implica que el agua no se filtra, solo corre sobre el suelo generando erosión, de la misma manera **el viento al correr por esos campos vacíos secan más el suelo y le remueven los pocos nutrientes que pueda tener**. Estos dos fenómenos, conocidos como **erosión hídrica y eólica** empeoran aún más la pérdida de nutrientes y la eliminación de biota.



La desertificación del suelo es una problemática a escala mundial por sus efectos ambientales, económicos y sociales y, principalmente, por su estrecha relación con la pobreza y el hambre considerándose una amenaza para el desarrollo sostenible. El 25% del área terrestre del planeta está altamente degradada o con altos índices de degradación. Esta situación es alarmante si se considera que tan solo en América Latina, para el año 2050, el 50% de su territorio podrían estar afectadas por esta problemática⁶¹.

⁶¹ IFAD, 2010, Agosto.

Detener e invertir las tendencias actuales de degradación de la tierra y la desertificación es el próximo paso para el desarrollo nacional e internacional⁶² en miras de lograr los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Particularmente para este trabajo, aunque sin denotar lo esencial del resto de los objetivos; el Objetivo 15 (Figura 1), sugiere que la deforestación y la desertificación, provocadas por las actividades humanas y el cambio climático, han afectado las vidas y los medios de vida de millones de personas, incluso en la pagina oficial de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU se publica que desde el 2016, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) alertó de que un aumento mundial de las epidemias zoonóticas era motivo de preocupación. En concreto, señaló que el 75 % de todas las enfermedades infecciosas nuevas en humanos son zoonóticas y que dichas enfermedades están estrechamente relacionadas con la salud de los ecosistemas⁶³.

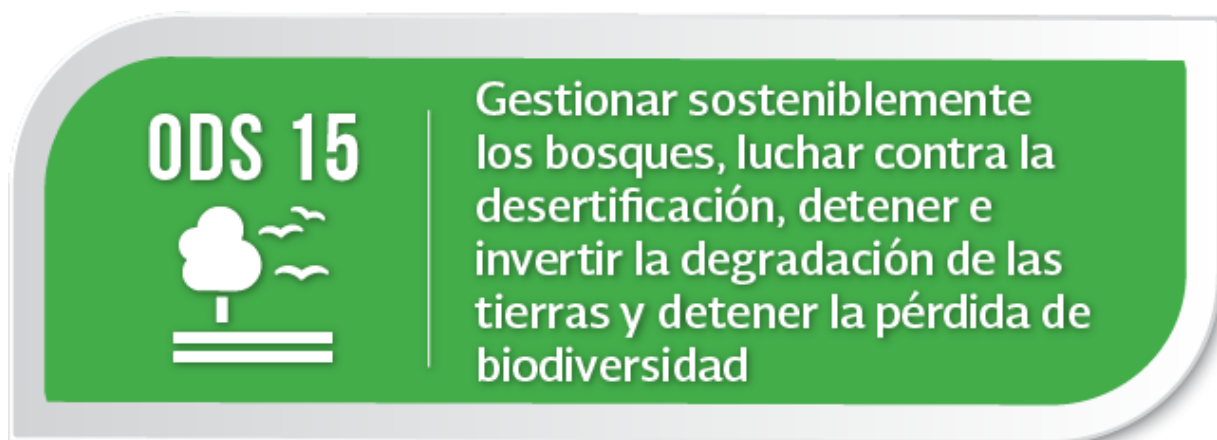


Figura 1. Objetivo de Desarrollo Sostenible 15. Vida de Ecosistemas Terrestres. Tomado de: Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2021.

Dado lo anterior en el objetivo 15 se sugiere que todos los países o al menos los que conforman la Organización de Naciones Unidas y firmaron su compromiso, busquen la manera de cumplir con las siguientes metas:

- Para 2020, **velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y los servicios que**

⁶² CNULD, 2014.

⁶³ Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2021.

proporcionan, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales.

- Para 2020, **promover la gestión sostenible de todos los tipos de bosques**, poner fin a la deforestación, recuperar los bosques degradados e incrementar la forestación y la reforestación a nivel mundial.
- Para 2030, **luchar contra la desertificación**, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo.
- Para 2030, **velar por la conservación de los ecosistemas montañosos**, incluida su diversidad biológica, a fin de mejorar su capacidad de proporcionar beneficios esenciales para el desarrollo sostenible.
- Adoptar medidas urgentes y significativas para **reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de la diversidad biológica** y, para 2020, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción.
- Promover la **participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos** y promover el acceso adecuado a esos recursos, como se ha convenido internacionalmente.
- Adoptar medidas urgentes para **poner fin a la caza furtiva y el tráfico de especies protegidas** de flora y fauna y abordar la demanda y la oferta ilegales de productos silvestres.
- Para 2020, adoptar medidas para **prevenir la introducción de especies exóticas invasoras** y reducir de forma significativa sus efectos en los ecosistemas terrestres y acuáticos y controlar o erradicar las especies prioritarias.
- Para 2020, **integrar los valores de los ecosistemas y la diversidad biológica en la planificación nacional y local, los procesos de desarrollo, las estrategias de reducción de la pobreza y la contabilidad.**
- **Movilizar y aumentar de manera significativa los recursos financieros procedentes de todas las fuentes para conservar y utilizar de forma sostenible la diversidad biológica y los ecosistemas.**



- Movilizar un volumen apreciable de recursos procedentes de todas las fuentes y a todos los niveles para **financiar la gestión forestal sostenible** y proporcionar incentivos adecuados a los países en desarrollo para que promuevan dicha gestión, en particular con miras a la conservación y la reforestación.
- Aumentar el apoyo mundial a la lucha contra la caza furtiva y el tráfico de especies protegidas, en particular **aumentando la capacidad de las comunidades locales para promover oportunidades de subsistencia sostenibles.**



Entre estos objetivos se observa la inminente necesidad de mantener la cubierta vegetal como estrategia para evitar la erosión, mantener el ciclaje de nutrientes, y el resto de la bióta asociada; ya que de esto depende el equilibrio de los ecosistemas de clima seco.

Objetivo General:

Reconocer la importancia que tiene el establecimiento de vegetación para combatir la pérdida de suelo, tanto por erosión eólica como hídrica, además de relacionar estos conocimientos con la fertilidad del suelo, la agricultura sostenible y la conservación de especies nativas.

Objetivos Particulares:

- Conocer las causas y consecuencias de la desertificación.
- Reconocer la importancia que tiene el establecimiento de vegetación como forma de combate a la desertificación
- Comprender la relación que guarda la fertilidad del suelo, la agricultura sostenible y la conservación de especies vegetales.

Actividad 1

- Demostración de por que la fertilidad del suelo es importante para la conservación.
- He aquí algunos factores que hacen importante la fertilidad del suelo para su conservación.

- ◇ Una alta fertilidad del suelo produce un mayor crecimiento de las plantas. Este a su vez ayuda a impedir que el suelo sea barrido por las agua o soplado por el viento.
- ◇ El suelo fértil absorbe el agua de la lluvia más fácilmente, reduciendo así la cantidad de agua que se pierde.
- ◇ Un fuerte crecimiento de las plantas resultante de una alta fertilidad del suelo, consume más agua que las plantas que crecen en suelos pobres. Todas las plantas eliminan grandes cantidades de agua del suelo y permiten entonces que la humedad se escape a través de las hojas. Mientras mayor sea la fertilidad del suelo, mayor será la cantidad del agua bien usada, y mayor el rendimiento de las cosechas.
- ◇ Los suelos altamente fértiles, que producen mayor crecimiento en las plantas, ofrecen mayores cantidades de materia orgánica que agregan al suelo.
- ◇ Mejorando la fertilidad del suelo, podemos cultivar más cosechas en menos tierra. Esto no sólo produce más alimentos para más personas, hay más tierra que bosque, para la vida silvestre y para la recreación.



Materiales

- 4 cajones de madera de 60 cm de largo x 30 cm de ancho y 15 cm de altura, con agujeros en el fondo.
- Tierra con abono natural y un poco de cal agrícola, suficiente para llenar un cajón.
- Tierra sin abono ni cal agrícola suficiente para llenar un cajón.
- Subsuelo procedente de un corte, tomado a un metro o más debajo de la superficie, suficiente para llenar un cajón.
- 16 matas de plantas de un vivero preferentemente que sean de la localidad de donde fue tomada la tierra.
- Regaderas.

Método

- Llene las cajas con tierra, el primero con abono natural y un poco de cal agrícola, el segundo con tierra sin abono, el tercero de tierra erosionada, y el cuarto con subsuelo procedente del corte de un metro de profundidad.
- Siembre 4 plántulas en cada una de las cajas.
- Etiquete las cuatro cajas con las siguientes leyendas, bote 1: suelo bueno fertilizado, bote 2: suelo bueno, bote 3: suelo erosionado y bote 4: subsuelo.
- Colóquelas en un lugar soleado y riéguelas cada tercer día con agua suficiente para que se conserve húmeda la tierra.
- Observe regularmente el crecimiento de las cuatro plantas, anote las características de cada una así como tamaño, color, condiciones, etc., durante cuatro semanas.



Resultados

<i>Muestras</i>	<i>Crecimiento en cms.</i>	<i>Color</i>	<i>Observaciones</i>
<i>Bote 1: Suelo bueno fertilizado.</i>			
<i>Bote 2: Suelo bueno.</i>			
<i>Bote 3: Suelo erosionado.</i>			
<i>Bote 4: Subsuelo.</i>			

Cuestionario

1. Observaste alguna diferencia en el crecimiento de las plántulas. A que crees que se deba.
2. ¿Cómo crees que afecta a la producción agrícola el tipo de suelo en el que se siembra?
3. ¿Qué importancia tiene este tipo de investigaciones para el suelo y para la producción?
4. En el experimento que realizaste ¿cuál sería el lote testigo?
5. ¿Cuáles son las variables independiente y dependiente?
6. Plantea cual hubiera sido una posible hipótesis para este experimento.

Actividad 2

Como la cobertura del suelo impide la pérdida del mismo, he aquí algunos factores de cómo la cobertura del suelo impide la pérdida del mismo.



- La lluvia tiene efectos dañinos sobre el suelo expuesto esto es, el suelo que no está protegido por hierba u otra vegetación.
- El experimento aquí indicado demuestra un principio muy básico de la conservación del suelo y el agua: la protección del suelo contra el golpeteo de las gotas de lluvia y el movimiento del agua corriente.
- Las gotas de agua son desintegradas por el suelo que está cubierto de hierba, o protegido por las hojas de otras plantas, o árboles, etc. que impiden que el suelo sea desintegrado por el impacto de la lluvia.
- Las hierbas y otras raíces abren canales en el suelo, para permitir la penetración del agua.
- El material orgánico (humus) formado por hierbas muertas, hojas podridas, etc., ayuda también a que al agua penetre más fácilmente en el suelo. (Esta es la razón por la cual la quema indiscriminada de la vegetación ayuda a causar la erosión del suelo, pues la quema destruye la materia orgánica)
- Los tallos de la hierba frenan la velocidad del agua, de modo que no corre lo bastante rápido para perturbar el suelo. (Un jardín frondoso tiene el mismo efecto al proteger el suelo desnudo del jardín).

Materiales

- Suelo
- Regaderas
- Dos cajas de madera de 50 cm de largo, 30 cm de ancho y 10 cm de altura. Con un corte en V de unos 3.5 cm de hondo, en el centro de la caja, en cada una de las cajas.
- Papel aluminio o plástico
- Siembra de grama (rollo de pasto)
- Dos recipientes de boca ancha

Método

- Forre cada una de las cajas con plástico o papel aluminio para hacerlas impermeables.
- En una caja coloque una siembra de grama que cubra la caja, recorte la grama a unos 2.5 cm de alto.
- En la segunda caja coloque una capa de suelo sin protección.
- Coloque ambas cajas en una mesa, con los extremos donde está el corte en V fuera del borde de la mesa.
- Coloque una vasija debajo de cada corte, bastante cerca.
- Levante las cajas por el extremo opuesto unos 3.5 cm de la mesa, para obtener un suave declive hacia los cortes en V.
- Con las dos regaderas llenas, derrame simultáneamente el agua desde unos 30 m de altura sobre el extremo opuesto a los cortes en V.
- Tome el tiempo que tarda en caer el agua en cada uno de los recipientes.
- Ponga el agua colectada con todo y el suelo en una probeta y mida el volumen de agua y suelo colectado.



Resultados esperados

El agua que fluye sobre la tierra cultivada tomará más tiempo en caer a la vasija y será razonablemente más limpia, pero el agua que cae sobre el suelo desnudo viajara más rápido y arrastrará consigo más suelo y el agua será lodosa.

No puede repetirse el experimento con demasiada frecuencia, por que las cajas se inundarán. Pero después de demostrarlo dos o tres veces se tendrá:

- Un efecto de erosión sobre el suelo desnudo.
- Agua razonablemente limpia, y en menor cantidad, en el caso del suelo.
- Agua lodosa y en más abundancia en el suelo desnudo.

Cuestionario:

1. Explica la manera en que la cobertura vegetal impide la perdida del suelo.
2. ¿Qué significado tiene la cantidad de suelo colectado en ambos recipientes?

3. Investiga que cantidad de suelo se pierde anualmente por erosión hídrica en la República Mexicana.
4. Enlista las principales causas de pérdida de suelo por erosión hídrica del



Actividad 3

Como el viento erosiona el suelo, he aquí algunos hechos sobre la erosión causada por el viento:

- La erosión por el viento, así como la causada por el agua, es generalmente ocasionada por el hombre. En varias formas el hombre hace que el suelo quede desnudo, y el viento arrastra el suelo suelto.
- En muchos lugares se pueden ver los resultados de la erosión por el viento (o erosión eólica). Usted puede ver donde la erosión por el viento ha dejado cicatrices permanentes en la tierra o donde la tierra se ha vuelto un desierto, con médanos de arena movediza.
- Pueden usarse árboles, setos y hierbas como rompevientos sobre las tierras cultivadas y potreros, para proteger el ganado, las cosechas y las casas, lo mismo que al propio suelo.
- Los agricultores y jardineros progresistas combaten también la erosión eólica cubriendo el suelo con cortes de pasto, por medio de cultivos rotatorios que mejoran el suelo, y usando otras medidas. El mantenimiento de la materia orgánica en el suelo (humus) es en sí mismo una gran arma contra la erosión eólica.
- Toda clase de vegetación, tal como grama, legumbres, arbustos, árboles y plantas anuales son herramientas que los terratenientes y conservacionistas usan para combatir la erosión eólica.
- Incluso los médanos de arena y los desiertos, sin embargo, pueden ser reconquistados por modernos métodos de conservación, sembrando plantas adecuadas.

Materiales

- Dos cajas de madera de unos 90 cm por 45 cm y 10 de hondo.
- Suelo fino y seco, suficiente para llenar las dos cajas.
- Dos ventiladores eléctricos de la misma potencia.
- 12 arbustos pequeños de aproximadamente 10 cm de alto con mucho follaje.

Método

- Llene una caja con suelo fino y seco.

- Llene la otra caja con suelo similar y construya sobre él un campo en miniatura siguiendo líneas como las siguientes Fig. 1.
- Plante los arbolitos juntos de manera que las copas se toquen, con la rama cerca del suelo, siembre grama fina para simular un potrero; recórtela para que quede en proporción con los arbolitos.
- Coloque los ventiladores eléctricos en la posición indicada en el dibujo, de manera que soplen horizontalmente a través de las dos cajas. Los ventiladores se conectan sólo por breves períodos cada vez; coloque los ventiladores de manera que el polvo no caiga encima de la mesa.
- Recorte una caja de 25 cm de altura aproximadamente transversalmente y colóquela en el extremo opuesto de los ventiladores con el fin de coleccionar el suelo erosionado.
- Péselo y compare las diferencias.



Cuestionario

- ¿Qué significado tiene la cantidad de suelo coleccionado en ambos casos?
- Enlistar las alternativas que hay para evitar la erosión eólica.
- ¿Cuáles crees que sean las causas de la gran pérdida del suelo por erosión?
- Plantea cuáles son las alternativas para evitar la pérdida del suelo por erosión eólica.
- Realiza un proyecto en el cual plantees soluciones prácticas de la pérdida del suelo.
- ¿De qué manera crees que afecta la pérdida del suelo a la biodiversidad?

Discusión

Armen en equipo una discusión en formato de ensayo sobre la necesidad que tiene la humanidad de combatir la desertificación.

Evaluación

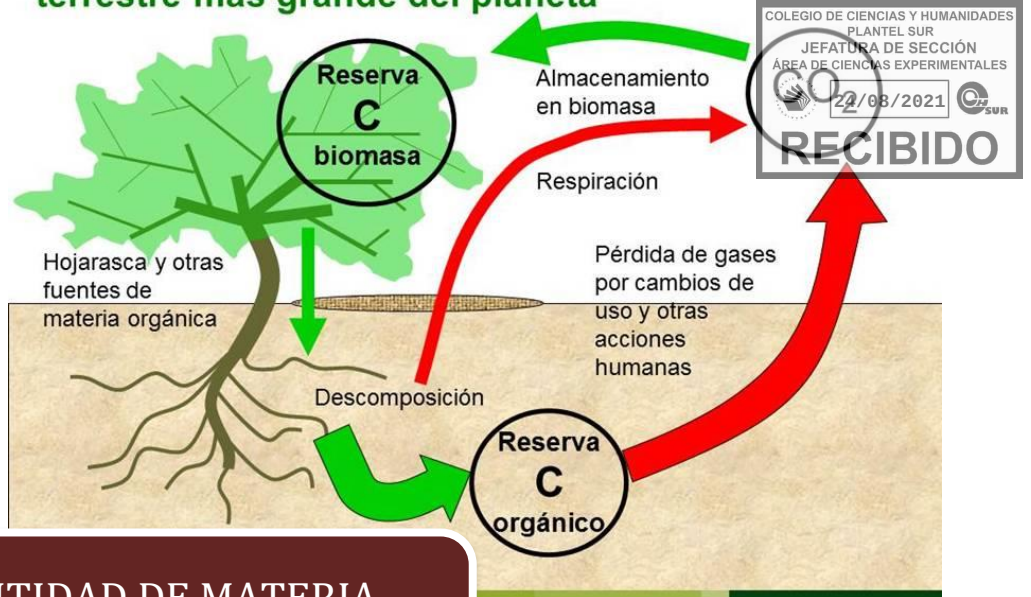
Puntos	Actividad	Desglose
3	Actividad 1	2 puntos por la realización de la actividad 1 punto por el cuestionario correcto
3	Actividad 2	2 puntos por la realización de la actividad 1 punto por el cuestionario correcto
3	Actividad 3	2 puntos por la realización de la actividad 1 punto por el cuestionario correcto
1	Ensayo	1 punto por demostrar la importancia de combatir el problema a nivel de necesidad humana
10	Evaluación	



Bibliografía:

- “La Tierra en cifras, los medios de subsistencia en su punto de inflexión”. Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la Desertificación, Alemania. 2014b.
- IFAD. (2010, Agosto). Desertification. [Online]. Available: <http://www.wmo.int/youth/sites/default/files/field/media/library/idad-desertification.pdf>
- Bolaños F. 1990. El impacto biológico. Problemas ambientales contemporáneos. UNAM. México.
- H. Ayuntamiento de Guadalajara. 1983-1985. Patronato de los centros deportivos municipales. Hazlo y muéstralo. Juegos internacionales de proyectos conservacionistas. Guadalajara Jalisco.

Los suelos son el sumidero natural de carbono terrestre más grande del planeta



ACTIVIDAD

6

ANÁLISIS DE CANTIDAD DE MATERIA ORGÁNICA EN SUELO

Actividad: curricular

Programa y contenidos que apoya:

Biología II. Unidad 2, tema 1: Estructura y Procesos en los Ecosistemas.

Componentes Bióticos y Abióticos

Relaciones Intra-Interespecíficas.

Niveles Tróficos y Flujo de Energía.

Biología IV. Unidad 2, tema II: Biodiversidad de México.

Factores que explican la megadiversidad de México.

Regionalización de la biodiversidad.

Factores que afectan la biodiversidad.

Duración: 2 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: Aula-laboratorio.

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica del suelo es la fracción del suelo que se compone de tejido vegetal o animal en diversas etapas de descomposición. La mayoría de los suelos agrícolas productivos tienen entre el 3 y 6% de materia orgánica⁶⁴.

La materia orgánica proporciona una serie de beneficios sobre las diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Figura 1).



Funciones Física	Funciones biológicas	Funciones químicas
• Mejora la estabilidad de agregados, mejorando infiltración de agua y la aireación del suelo.	• Aumenta CIC del suelo o su capacidad para retener y suministrar nutrientes indispensables tales como calcio, magnesio y potasio.	• Proporciona alimentos para los organismos que viven en el suelo.
• Mejora la capacidad de retención de agua.	• Mejora la capacidad de un suelo para resistir cambios de pH, lo que también se conoce como capacidad de almacenamiento búfer.	• Mejora la biodiversidad microbiana del suelo y actividad que puede ayudar en la supresión de enfermedades y plagas.
• Reduce la viscosidad de los suelos arcillosos haciéndolos más fáciles de cultivar.	• Acelera la descomposición de los minerales en el suelo, haciendo que los nutrientes estén disponibles para las plantas.	• Mejora el espacio de los poros a través de las acciones de los microorganismos del suelo. Esto ayuda a aumentar la infiltración y reducir la escorrentía.
• Reduce la formación de costras superficiales, facilitando preparación del suelo.		

Figura 1. Funciones de la materia orgánica en el suelo. Tomado de: Cornell University. En: Gomez Giraldo, 2013.

⁶⁴ Gomez-Giraldo, 2013.

Objetivo General:

Obtener un valor cuantificable de carbono disponible en el suelo, para comparar valores entre suelo de un ecosistema semiperturbado, compostada comprada o realizada por los alumnos y suelo severamente perturbado y/o erosionado.



Objetivos Particulares:

- Obtener muestras de suelo con diferentes grados de degradación de nutrientes
- Comparar los valores de carbono presentes en cada una
- Discutir la importancia del carbono como nutriente en el suelo y en los ecosistemas que aloja.

Obtención de muestras:

1. Obtener 100g de suelo de un área Natural Protegida de las tantas que hay en la Ciudad de México (Figura 2). Pedir permiso para poder realizar la toma de muestra, la cual, debe tomarse de una zona donde no haya transito de personas, esto implica, que se tome suelo entre la vegetación nativa. Con una pala, cuchara o navaja de campo remover la vegetación y tomar la muestra de un sitio de aproximadamente 10cm².

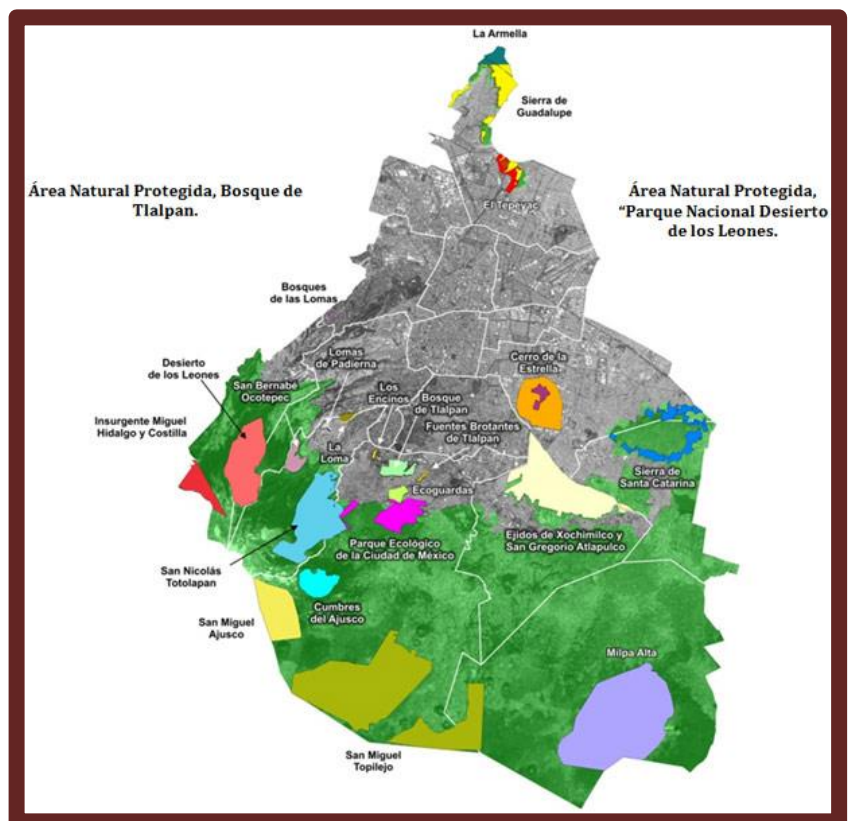


Figura 2. Áreas Naturales Protegidas de la Ciudad de México. Tomado de City Manager, Agosto 2019.

2. Comprar o realizar composta con materia orgánica domiciliaria, para utilizar 100g en el laboratorio.
3. Tomar 100g de suelo de una camellón de avenida transitada en la Ciudad de México de alguna jardinera pequeña dentro de una comunidad urbanizada.



Determinar el contenido de materia orgánica del suelo

1. Aumentar la producción de material vegetal por:

- Riego
- Fertilización para aumentar la producción de biomasa vegetal
- El uso de cultivos de cobertura
- Introducción de plantas que producen más biomasa
- Reforestación
- La restauración de los pastizales

2. Aumentar la oferta de materias orgánicas mediante:

- La protección contra el fuego
- Control de insectos y roedores
- La aplicación de estiércol animal y otros residuos ricos en carbono

3. Disminución descomposición por

- Reducción o eliminación de la labranza
- Mantener el suelo saturado de agua (aunque esto puede causar otros problemas)
- Mantener el suelo fresco, con cubierta vegetal.

Materiales:

- Dicromato de potasio 1N
- Ácido sulfúrico concentrado
- Sulfato ferroso 1N

- Indicador difenilamina sulfato de bario
- Ácido fosfórico concentrado
- Erlenmeyer de 500 ml
- Bureta



Método:

- Colocar en un Erlenmeyer 0,5 g de suelo seca y tamizado para suelos de apariencia mineral y 0,25g para suelos de apariencia orgánica; agregar 20 ml de $K_2 Cr_2 O_7$ concentrado, agitar vigorosamente durante un minuto y déjelo reposar por 30 minutos
- Agregue 200 ml de agua, 5 ml de $H_2 PO_4$ y 3 gotas del indicador difenilamina
- Titule con solución de sulfato ferroso 1N, hasta que la solución vire de color azul pardusco a verde brillante.
- Si el volumen del sulfato ferroso equivale al 75% del dicromato reducido, repetir la titulación pesando menor cantidad de suelo

Cálculo:

$$C_{orgánico} = \frac{(B - N) \times N \times 0,003 \times 1,3 \times 100}{pm}$$

Dónde:

B= Volumen de solución ferrosa gastada en el blanco

M= Volumen de solución ferrosa gastada en la muestra

N= Normalidad de la solución ferrosa

0,003= Peso en gramos de un miliequivalente de Carbono

1,3= 100/77 factor de eficiencia de oxidación del Carbono

M.O. = C. orgánico (%) x 1,724

Pm= peso de la muestra

Resultados

Muestras	Valores de C	Color	Observaciones
1: Suelo semiperturbado.			
2: Composta.			
3: Suelo erosionado.			



Discusión

Armen en equipo una discusión tomando en cuenta el ciclaje del carbono (Figura 3) como nutriente y el flujo de materia y energía, o lo que es lo mismo: el ciclo del carbono y las redes tróficas, para que puedan analizar los valores obtenidos en el laboratorio de acuerdo a la historia de donde se obtuvo cada una de las muestras. Además argumenten de acuerdo a sus valores si las ANP son importantes o no, y porqué.

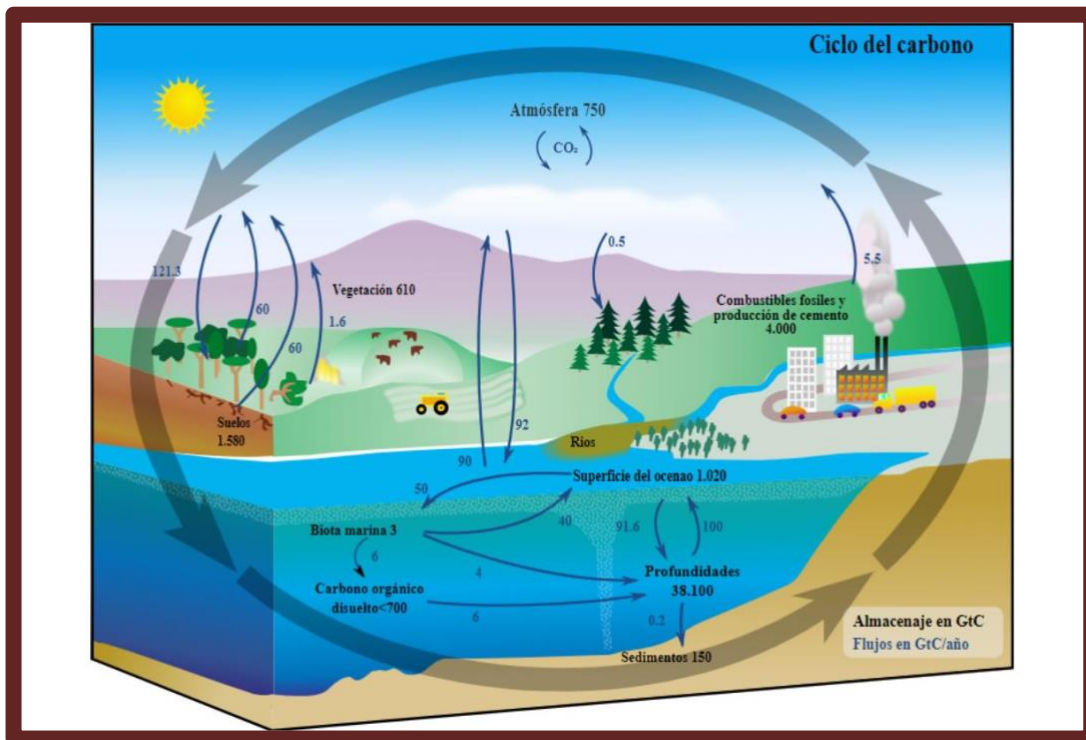


Figura 3. Ciclo del carbono

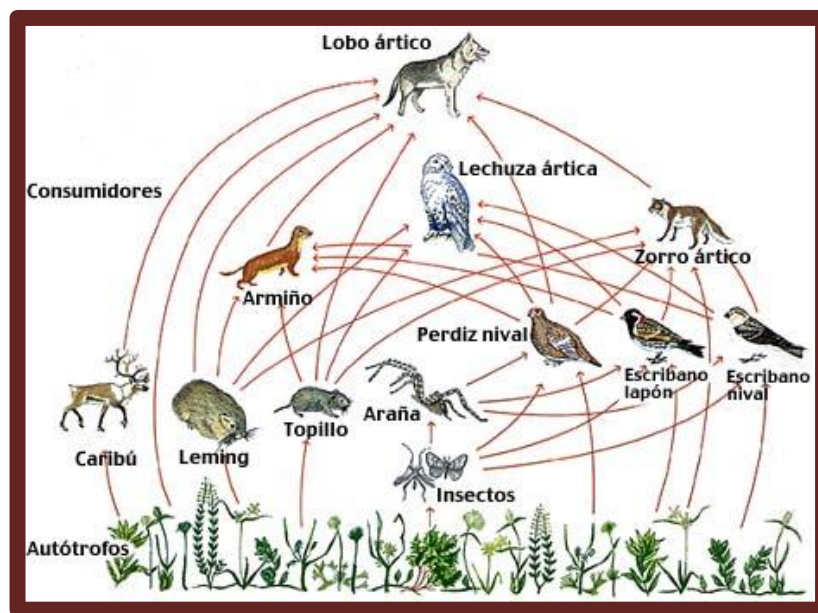


Figura 4. Red Trófica.

Evaluación

Puntos	Actividad	Desglose
2	Actividad 1	1 colecta de muestra 1 1 trabajo de laboratorio
2	Actividad 2	1 obtención de muestra 2 1 trabajo de laboratorio
2	Actividad 3	1 colecta de muestra 3 1 trabajo de laboratorio
4	Ensayo	4 ensayo demostrando el manejo de la información en cuanto al ciclaje de nutrientes y el flujo de materia y energía en el ecosistema.
10	Evaluación	

Bibliografía:

- Gómez-Giraldo, 2013. Manual de prácticas del campo y del laboratorio de suelos. Centro Agropecuario La Granja. Regional Tolima. SENA. Pp.100.
- City Manager, 2019, Agosto. Revista de Urbanismo. Revisado en: <https://revistacitymanager.com/ciudades-verdes/sabes-cuantas-areas-verdes-naturales-protegidas-y-de-conservacion-ecologica-existen-en-la-ciudad-de-mexico/>

CAPÍTULO

D. LA BIODIVERSIDAD, CONOCER PARA CONSERVAR



Escrito por México Social (2018). Recuperado de: <https://www.mexicosocial.org/proteger-la-biodiversidad/>
Proteger la biodiversidad (2019). México_Social. Español

Rosa Griselda Moreno Navarrete

Toro Badillo Silvia

1. Marco teórico

¿Qué es la biodiversidad?

La diversidad biológica o biodiversidad es un concepto que normalmente se asocia con la variedad de especies de animales y plantas. El Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas (CDB) utiliza una definición que ha sido aceptada por 190 países. Abarca la variedad de las especies vivientes, no sólo las plantas (Plantae) y los animales (Animalia), sino también los hongos (Fungi), protozoarios (Protista) y bacterias (Monera). La biodiversidad también incluye a los ecosistemas que las especies habitan y la variabilidad genética que poseen¹ (**figura 1**). También se ha propuesto incluir la variedad de plantas domesticadas, así como sus parientes silvestres (agro-biodiversidad) y la diversidad cultural (costumbres, lenguas y cosmovisiones)². También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes.



Figura 1. Niveles de organización de la biodiversidad considerados por el Convenio sobre la Diversidad biológica (CDB) (Modificado de CONABIO 1998). Genes: La Ciudad de México forma parte de unos de los centros de origen y diversificación genética de especies como el maíz (*Zea mays*), la calabaza (*Cucurbita* spp.), el chile (*Capsicum* spp.), el amaranto (*Amaranthus* spp.) y el frijol (*Phaseolus* spp.). (Foto: Adalberto Ríos Szalay/Banco de imágenes de CONABIO). Especies: pocas especies pueden ser consideradas un ícono de la ciudad como el ajolote endémico de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) (Foto: Daniel I. Manzur Trujillo). Ecosistemas: el río Magdalena es uno de los ecosistemas que proveen servicios ecosistémicos a sus habitantes (Foto: Lucía Almeida).

El concepto fue establecido en 1985, en el Foro Nacional sobre la Diversidad Biológica de Estados Unidos. Edward O. Wilson (1929), entomólogo de la Universidad de Harvard tituló la publicación de los resultados del foro en 1988 como “biodiversidad”.

La biodiversidad es el resultado de millones de años de evolución; diversos estudios muestran registros de organismos unicelulares de 3 mil 500 millones de años. Actualmente, sobreviven millones de especies distintas –muchas de ellas aún no descubiertas-, los científicos han descrito aproximadamente entre 1.7 y 2 millones de especies y cada año descubren entre 16 y 17 mil. Se calcula que podría haber entre 5 y 30 millones de especies más por descubrir, ya que existen ecosistemas que se conoce muy poco de las especies que los habitan, por ejemplo, las profundidades oceánicas.

Actualmente, se han descrito entre 6 y 28% de la diversidad mundial de especies³.

¹ https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.

² <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/que-es>.

³ <http://medioambientehbn.blogspot.com/p/bio.html>

¿Cuáles son los Niveles de biodiversidad?

Para el estudio de la biodiversidad los científicos la han agrupado en *tres niveles*: diversidad genética, de especies y ecosistemas. Como se aprecia en la **figura 2**, estos niveles no son independientes entre sí, sino que se integran unos dentro de otros.



Figura 2. Niveles de estudio de la biodiversidad

Tomado de: <http://www.semarnat.gob.mx>

En cada uno de los niveles de la biodiversidad podemos reconocer tres atributos: composición, estructura y función. La composición es la identidad y variedad de los elementos (incluye qué especies están presentes y cuántas hay), la estructura es la organización física o el patrón del sistema (incluye abundancia relativa de las especies, abundancia relativa de los ecosistemas, grado de conectividad, etc.) y la función son los procesos ecológicos y evolutivos (incluye a la depredación, competencia, parasitismo, dispersión, polinización, simbiosis, ciclo de nutrientes, perturbaciones naturales, etc.)

Diversidad genética. La diversidad no sólo se refleja en el número de especies que habitan un país o una región, sino también en las diferencias que existen entre los individuos de una misma especie. La diversidad genética es resultado de la variación en el contenido del Ácido desoxirribonucleico (DNA) de cada organismo. El DNA es como una base de datos donde se almacenan todas las características de los organismos y cada uno posee un código genético único que origina la gran diversidad de especies. Por ejemplo, las variedades de maíz, chile, calabaza, jitomate o papa son el resultado de la cruce selectiva que los agricultores han realizado durante muchos ciclos de siembra, buscando mejorar su sabor, color y propiedades nutrimentales. (**Figura 3**).

Los seres humanos hemos aprovechado la variabilidad genética y “domesticado” por medio de la selección artificial a diversas especies; al hacerlo se ha creado una multitud de razas de maíces, frijoles, calabazas, chiles y muchas otras especies. Las variedades de especies domésticas, los procesos empleados para crearlas y las tradiciones orales que las mantienen son parte de la diversidad cultural.



Figura 3. Ejemplos de variación genética: variedades de maíz y calabazas.

Tomado de <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/images/Pdfs/2017-01.pdf>

Diversidad de especies. Las especies que pueden vivir en una región determinada conforman la diversidad a nivel de especie.

Clasificación de las especies. La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 surge como respuesta al Convenio sobre la Diversidad Biológica que firmó México durante la Cumbre de Río en 1992. Esta Norma tiene por objeto identificar las especies en riesgo en nuestro país mediante la integración de listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las poblaciones mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción. Esta norma es obligatoria para todo el Territorio Nacional.



Las categorías de riesgo de las especies que se enlistan dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 son las siguientes:

- *Especies endémicas.* Es aquella cuyo ámbito de distribución natural se encuentra circunscrito únicamente al Territorio Nacional y a las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción. El endemismo se refiere a las especies que habitan exclusivamente una región geográfica. En nuestro país, la mayor parte de las zonas de alto endemismo se concentran en las zonas montañosas y desiertos. Dentro de los grupos de plantas vasculares con un alto número de especies exclusivas del país están los encinos (género *Quercus*), pinos (género *Pinus*), cícadas y orquídeas. México también es el centro más importante de diversificación de las cactáceas a nivel mundial.

En cuanto a la fauna, los grupos de mayor endemismo en el país son los anfibios y los reptiles. Con menores niveles los mamíferos y las aves.

- *Probablemente extinta en el medio silvestre.* Son aquellas especies nativas de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del Territorio Nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos en confinamiento o fuera del Territorio Mexicano.

- *En peligro de extinción.* Aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica debido a factores como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades, depredación, entre otros.

- *Amenazadas.* Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, por ejemplo, el deterioro o modificación de su hábitat o la disminución del tamaño de sus poblaciones.

- *Sujetas a protección especial.* Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación.

Diversidad de ecosistemas. El término de ecosistema fue acuñado en los años 1930's, por los botánicos ingleses Roy Clapham (1904-1990) y Sir Arthur Tansley (1871-1955). El ecosistema es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico mediante procesos como la depredación, parasitismo, competencia y simbiosis. Las relaciones entre las especies y su medio resultan en el flujo de materia y energía (**figura 4**).

Robert Whittaker (1920-1980), ecólogo estadounidense, propuso tres medidas de diversidad de los ecosistemas: α , β , y γ . Alfa (α) es la diversidad dentro de un ecosistema que generalmente se describe como el número de especies. La diversidad beta (β)

incluye la comparación de diferentes ecosistemas en gradientes ambientales, por ejemplo, en una zona montañosa, en una zona costera. La diversidad beta nos indica que tan grande es el cambio de las especies de un ecosistema a otro. La diversidad gamma (γ) se refiere a la diversidad total de una región, es decir a la diversidad geográfica. En ella se suman las diversidades alfa de varios ecosistemas (Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT 2014).

Debido a su ubicación geográfica y a su relieve, México tiene una gran diversidad de ecosistemas que van desde lo más alto de las montañas hasta los mares profundos pasando por desiertos y arrecifes de coral, bosques nublados y lagunas costeras.

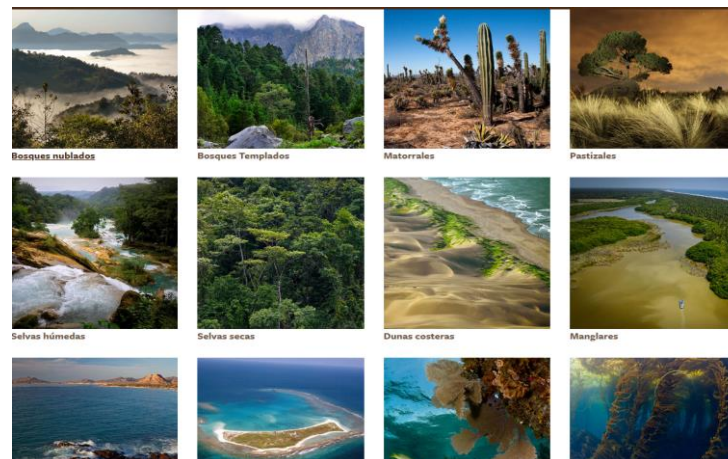


Figura. 4. Diversidad de ecosistemas.

Tomado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/ecosismex>

Diversidad cultural.

Desde su origen la humanidad ha utilizado la flora y fauna de diversas formas: como alimento, bebidas, medicinas, ropa, materiales para la construcción, combustible, etc. Una parte importante de las plantas cultivadas que sustentan el sistema alimentario mundial actual fueron domesticadas por los pueblos indígenas de América, los cuales pasaron por un largo proceso de selección, diversificación, innovación, intercambio con otras regiones, adaptación, mejoramiento genético, uso y manejo. Por ejemplo, en México el 23% de la flora tiene algún uso tradicional y hay más de 3,000 plantas medicinales. Sin pueblos indígenas y campesinos esta experiencia se perdería⁴ (**figura 5**).



Figura 5. Diversidad cultural.

Tomado de : <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/que-es>

⁴ Boege, E. 2008

El concepto de diversidad cultural surge de conjuntar cuatro evidencias:

El traslape geográfico entre la riqueza biológica y lingüística.

El traslape geográfico entre los territorios indígenas y las regiones de alto valor biológico.

La reconocida importancia de los pueblos indígenas como principales manejadores de ambientes bien conservados.

La presencia de un comportamiento orientado al conservacionismo entre los pueblos indígenas, derivado de sus creencias-conocimientos-prácticas.

La relación biocultural es consecuencia de la interdependencia entre las sociedades humanas y su entorno biológico. Los seres humanos también participamos activamente en la estructura, procesos y composición de los ecosistemas. En la actividad agrícola los campesinos han modelado y modelan el contenido genético de las poblaciones y su expresión fenotípica. Por ejemplo, en la medida en que los agricultores desarrollan sistemas y técnicas, también puede cambiar la diversidad genética de los cultivos, es decir la biodiversidad está ligada a la heterogeneidad cultural. Si se pierde la diversidad cultural, también se pierde y simplifica la diversidad biológica agrícola.

A nivel nacional los ecosistemas más ricos biológicamente, como los bosques tropicales y la vegetación del eje neovolcánico transversal, han sido ocupados por diversos grupos indígenas. Los cinco estados considerados más ricos en términos biológicos son: Oaxaca, Chiapas, Michoacán, Veracruz y Guerrero; los cuales tienen la mitad de los ejidos y comunidades indígenas del país⁵.

¿Qué es la megabiodiversidad?

La biodiversidad no se distribuye de manera uniforme en el planeta. Se ha reconocido que 17 países poseen alrededor del 70% de las especies conocidas en el planeta, es decir son megadiversos. Estos países son Australia, Brasil, China, Colombia, Congo, Ecuador, Estados Unidos, Filipinas, India, Indonesia, Malasia, Madagascar, México, Perú, Papua-Nueva Guinea, Sudáfrica y Venezuela⁶ (**figura 6**).

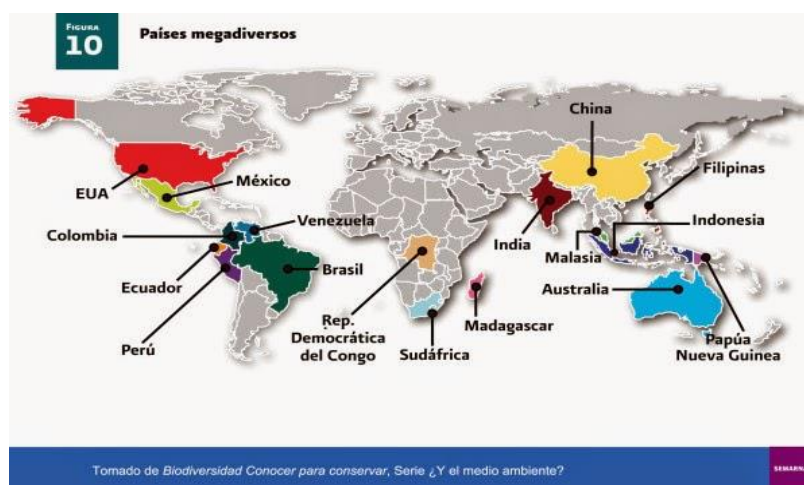


Figura 6. Países megadiversos.

Tomado de: <http://medioambientehbn.blogspot.com/2015/03/los-paises-megadiversos-albergan-en.html>

⁵ Idem

⁶ Mittermeier et al. 1997.

El principal criterio para pertenecer al grupo de los países megadiversos es el endemismo, un país debe tener por lo menos 5,000 especies endémicas de plantas. Otros criterios incluidos en el concepto son: diversidad de especies, diversidad de niveles taxonómicos superiores (géneros, familias, etc.), y diversidad de ecosistemas incluyendo la presencia los marinos y selvas tropicales⁷. **Ver figura 7.**

México es un país privilegiado por su biodiversidad, ya que es el cuarto país megadiverso después de Brasil, Colombia e Indonesia. Aunque el territorio nacional es tan solo el 1.5% de la superficie de la Tierra, alberga entre el 10% y 12% de todas las especies conocidas del planeta. Es el cuarto país en biodiversidad de vertebrados terrestres, con 535 especies de mamíferos (30% endémicas); 1,050 especies de aves (9-25% endémicas); 1,100 especies de reptiles y anfibios conjuntamente (50% y 64% endémicas, respectivamente) y 2,695 especies de peces (10% endémicas)⁸. Además, México es uno de los tres países megadiversos (junto con Estados Unidos y Colombia) con litorales tanto en el Atlántico como en el Pacífico.

País	Plantas vasculares	Mamíferos	Aves	Reptiles	Anfibios
Lugar de México	5	3	11*	2	5
Brasil	56,215	648*	1,712	630	779
Colombia	48,000	456	1,815	520	634
China	32,200	502	1,221	387	334
Indonesia	29,375	670*	1,604	511	300
México	21,989 - 23,424*	564*	1123-1150*	864*	376*
Venezuela	21,073	353	1,392	293	315
Ecuador	21,000	271	1,559	374	462
Perú	17,144	441	1,781	298	420
Australia	15,638	376	851	880	224
Madagascar	9,505	165	262	300	234
Congo	6,000	166	597	268	216

Figura 7. Posición de México con respecto a otros países megadiversos. Tomado de: Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 283-322. Revista Mexicana de Biodiversidad 2013.

Los países megadiversos contienen una o más de las siguientes características:

Posición geográfica. Muchos se encuentran en la zona tropical en donde existe mayor diversidad de especies. El trópico de Cáncer (23° 26' 22' ') atraviesa México que se extiende de los 32° Norte (Baja California Norte) a los 14° Norte (Chiapas).

Diversidad de paisajes. La complejidad de los paisajes con montañas, confieren diversidad de ambientes, de suelos y climas. México es un país eminentemente montañoso. Además, de estar rodeado de mares.

⁷ Mittermeier, R.A et al 2004.

⁸ Sierra Jiménez, et al., 2014

Aislamiento. La separación de islas y continentes ha permitido el desarrollo de flora y fauna únicas. En México se conjuntan la fauna y flora de dos continentes que estuvieron mucho tiempo aislados (Norteamérica y Sudamérica).

Tamaño. A mayor tamaño, mayor diversidad de paisajes y de especies. México ocupa el lugar número 14 de acuerdo a su tamaño (1,972,550 km²).

Historia evolutiva. Algunos países se encuentran en zonas de contacto entre dos regiones biogeográficas en donde se mezclan faunas y floras con diferentes historias. En México confluyen la zona neártica y la neotropical.



Cultura. A pesar de que el desarrollo de la cultura es reciente en relación a la formación de las especies, la domesticación de plantas y animales ha contribuido a la riqueza natural. En México se hablan 66 lenguas indígenas además de muchas variantes y es uno de los principales centros de domesticación en el mundo ⁹.

Desafortunadamente, México comparte una realidad ambiental con factores de presión y tendencias similares a las identificadas en el ámbito mundial. Lo anterior está relacionado con los modos de producción y obtención de bienes y servicios no sustentables. La pérdida de biodiversidad y degradación de los ecosistemas, también conllevan una degradación cualitativa y cuantitativa de los servicios ambientales que prestan y de los cuales depende directamente el bienestar de todas las personas.

¿Cuáles son los factores que explican la megadiversidad de México?

Los científicos consideran que la riqueza natural de México ha sido el resultado de cuando menos tres factores. El primero es el complejo relieve montañoso que caracteriza el paisaje mexicano, el segundo es la gran variedad de climas y el tercero la presencia de dos importantes zonas biogeográficas: la Neártica y la Neotropical.

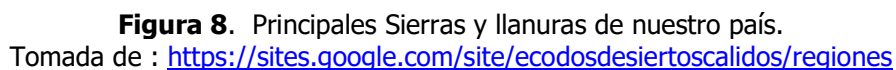
Factores geológicos. La diversidad biológica de México se explica por la influencia e interacción de diversos factores, entre los que destacan su historia geológica y su posición geográfica. En cuanto al primer aspecto, el territorio nacional se caracteriza por una variada topografía, con amplias serranías, cadenas volcánicas y mesetas. Sobresalen la Sierra Madre Occidental, que se extiende paralela a la costa del Pacífico, la Sierra Madre Oriental, que corre hacia el sur paralela al Golfo de México hasta el Escudo Mixteco, y el Eje Neovolcánico Transversal, en el que sobresalen los picos volcánicos de mayor altura en el país ¹⁰.

La Sierra Madre Occidental es una cadena montañosa que en sus 1500 km de largo recorre Arizona, parte de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Nayarit y Jalisco, lugar donde se une al Eje Volcánico Transversal. *La Sierra Madre del Sur* es una cadena montañosa localizada en el sur de México que se extiende a lo largo de 1200 km entre el sur de Jalisco y el Istmo de Tehuantepec, al oriente de Oaxaca. *La Sierra Madre de Oaxaca* corre paralela a la costa del océano Pacífico y al Eje Neovolcánico, se extiende desde la planicie costera del golfo de México hasta la región Mixteca. La sierra constituye una línea divisoria de aguas continentales y desde el punto de vista tectónico tuvo un origen similar a la sierra Madre del Sur.

⁹ México Megadiverso. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Biodiversidad Mexicana.

¹⁰ Biodiversidad Mexicana. Servicios ambientales.

CONABIO.<https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/serviciosam>



Factores geográficos. La ubicación geográfica de México y su topografía explican, en parte, su variedad de climas, los cuales van desde los cálidos húmedos hasta los fríos alpinos, pasando por los subhúmedos, templados y secos de las zonas áridas. Además, su ubicación lo coloca en una zona de transición entre dos regiones biogeográficas: la Neártica (de clima templado-frío), que abarca el centro y norte de México, las zonas templadas y frías de las sierras Madre Oriental y Occidental, y las sierras volcánicas del centro del país; y la región Neotropical que comprende las tierras bajas cálido-húmedas o subhúmedas, así como algunas zonas altas de las sierras de Chiapas y de la Sierra Madre del Sur¹².

¹¹ Lara-Lara, J.R., et, al. 2008.
¹² Sánchez, O., M. et al., 2007.

diversidad de árboles tropicales como la caoba, el cedro y el hule, entre otros ¹³. **Ver figura 9.**



Figura 9. Zonas biogeográficas.

Tomado de: <http://razacosmica.mx/2017/05/17/mexico-biodiverso/>

Todos estos factores han generado las condiciones necesarias para permitir la presencia de la mayoría de los ecosistemas reconocidos en el planeta¹⁴. Las comunidades vegetales que pueden encontrarse van desde las selvas húmedas, subhúmedas y secas, pasando por los bosques templados y mesófilos de montaña, hasta los matorrales xerófilos, pastizales, manglares y otros tipos de humedales. Los factores topográficos y climáticos son determinantes en la gran variedad de ambientes y riqueza de especies que existen en nuestro país. La complicada topografía -más de 50% del territorio nacional se encuentra en altitudes mayores a los mil metros sobre el nivel del mar-, junto con las diferencias de latitud, producen un mosaico climático con grandes variantes. **Figura 10.**



Figura 10. Distribución de climas en México

Tomado de: <https://www.unionpuebla.mx/articulo/2020/12/02/educacion/importancia-de-los-climas-en-mexico-aprende-en-casa-ii-secundaria>

Los cambios altitudinales traen consigo variaciones climáticas en cuanto a la intensidad de radiación, humedad atmosférica relativa, oscilación de la temperatura y la cantidad de oxígeno disponible, entre otros. Asimismo, los litorales y sus principales serranías influyen de manera decisiva en la distribución de la humedad y temperatura. Esto hace

¹³ <http://medioambientehbn.blogspot.com/p/bio.html>

¹⁴ Rzedowski, J. 2006.

que México tenga prácticamente todos los grupos y subgrupos de climas posibles, y que existan variaciones de climas secos a húmedos a distancias de pocos kilómetros.

La *latitud* es la encargada de determinar el grado de inclinación de los rayos del Sol y la diferencia de la duración del día y la noche. Cuanto más directamente incide la radiación solar, más calor aporta a la Tierra. Las variaciones en latitud son causadas por la inclinación del eje de rotación de la Tierra. El ángulo de incidencia de los rayos del Sol no es el mismo en verano que en invierno, una mayor inclinación de los rayos solares provoca que estos tengan que atravesar mayor cantidad de atmósfera.



¿Qué obtenemos de la biodiversidad?

Los seres humanos valoran la diversidad biológica desde tres puntos de vista:

Biológico, dado que cada uno de sus componentes constituye un reservorio de información evolutiva irremplazable.

Económico, ya que de la biodiversidad se obtienen bienes esenciales para el desarrollo de la vida diaria, materias primas, compuestos, medicinas, entre otros.

Cultural, como fuente de inspiración intelectual, literaria, creencias, mitos y cosmovisiones¹⁵.

Los servicios ecosistémicos, incluyen el mantenimiento de la calidad gaseosa de la atmósfera, la cual ayuda a regular el clima; protección de las zonas costeras por los sistemas de arrecifes de coral y dunas; generación y conservación de suelos fértiles; control de parásitos de cultivos y vectores de enfermedades; polinización de muchos cultivos; disposición directa de alimentos provenientes de ambientes acuáticos y terrestres; degradación de desechos orgánicos, fijación del nitrógeno, secuestro de dióxido de carbono y muchos más¹⁶.

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), los servicios ecosistémicos o ambientales son esenciales para la vida, por lo que la tierra, agua, aire, clima y recursos genéticos se deben utilizar de forma responsable para las presentes y futuras generaciones.

Los ecosistemas otorgan diversos servicios a la sociedad: 1) de provisión, a través de todas las materias primas como fibras, madera, agua y alimentos; 2) de regulación, como la regulación del clima, de enfermedades y control de la erosión; 3) de soporte, como la formación de suelos y reciclado de nutrientes, y 4) culturales, como fuente de inspiración artística o espiritual, sitios recreativos, entre otras.

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a continuación se describen los cuatro tipos de servicios ecosistémicos:

Abastecimiento. Son los beneficios materiales que obtenemos de los ecosistemas como agua, recursos genéticos, alimentos, medicinas, agua dulce de consumo y uso agrícola, materias primas para tejidos (algodón, cáñamo, lana, seda, etc), minerales, materiales de construcción (Madera, mimbre, esparto, etc), resinas, etc.

Regulación. Entre los servicios de regulación están el clima y la calidad del aire, el secuestro y almacenamiento de carbono, regulación del ciclo del agua, prevención de la erosión y conservación de la fertilidad de suelos, control de plagas, polinización, reducción de daños ante catástrofes naturales, regulación de los flujos del agua, etc.

¹⁵ Toledo, 1997.

¹⁶ Toledo, V. 1994.

Apoyo o soporte. Corresponde a los procesos ecológicos que son vitales para la producción de los otros tres servicios ecosistémicos: Ciclo del agua, formación del suelo, producción primaria, fotosíntesis, hábitat de especies, conservación de la diversidad genética, ciclo de nutrientes, etc.¹⁷

Culturales. Son beneficios no materiales que se obtienen de la naturaleza a través del enriquecimiento personal o espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, el disfrute de la naturaleza y los placeres estéticos que ofrecen.

La diversidad de los ecosistemas es uno de los factores determinantes en la diversidad cultural, muchos ecosistemas son la fuente de inspiración para el arte, el folklore, los símbolos nacionales y regionales. El arraigo que muchas personas sienten a un determinado lugar en muchas ocasiones es debido al entorno, a la naturaleza y a ciertos aspectos de los ecosistemas. Asimismo, algunas personas eligen pasar su tiempo libre en contacto con la naturaleza por sus servicios recreativos y de ecoturismo¹⁸ (**figura 11**).

A veces resulta complicado encerrar un servicio en un grupo, algunos pueden ser varios tipos de servicios ambientales al mismo tiempo. Por ejemplo, el agua dulce se puede catalogar en los cuatro, de soporte por el ciclo del agua, de aprovisionamiento por el consumo, de regulación por la depuración y el control del ciclo del agua y cultural por ejemplo por el uso recreativo que aporta¹⁹.

Ejemplos de algunos servicios ecosistémicos:

Polinización. Gran parte de los cultivos de hortalizas, frutas y semillas necesitan ser polinizados por insectos polinizadores para transportar el polen y favorecer la fecundación.

Control de plagas en la agricultura. Los ecosistemas se autorregulan solos a través de la biodiversidad de especies e interacción entre ellos. Cuanto más rico es el ecosistema mayor control existirá entre las especies que lo componen. Los monocultivos favorecen la aparición de plagas al existir un área grande de una misma especie, haciéndola más vulnerable a la aparición de plagas, lo cual promueve el uso de agroquímicos con sus consecuencias sobre el medio ambiente.

Gracias a la fotosíntesis se produce biomasa vegetal con un valor, bien o servicio. Ya sea como alimento, materia prima, recurso energético, recurso medicinal, valor estético, mejora de la calidad del aire, regulador del clima al ser un sumidero de carbono, entre otros servicios ambientales.²⁰



¹⁷ Servicios ecosistémicos: que son, tipos y ejemplos. <https://www.ecologiaverde.com/servicios-ecosistemicos-que-son-tipos-y-ejemplos-2998.html>

¹⁸ ¿Qué son los Servicios Ecosistémicos?. <https://www.restauraciondeecosistemas.com/que-son-los-servicios-ecosistemicos/>

¹⁹ *Idem*

²⁰ Servicios ecosistémicos: que son, tipos y ejemplos. <https://www.ecologiaverde.com/servicios-ecosistemicos-que-son-tipos-y-ejemplos-2998.html>

Tipos de servicios ambientales

	Bosques	Océanos	Tierra agrícola/cultivada
Bienes ambientales	• Comida • Agua fresca • Fuel • Fibra	• Comida	• Comida • Combustible • Fibra
Servicios reguladores	• Regulación del clima • Regulación de inundaciones • Regulación de enfermedades • Purificación de agua	• Regulación del clima • Regulación de enfermedades	• Regulación del clima • Purificación de agua
Servicios de soporte	• Ciclo de nutrientes • Formación de suelos	• Ciclo de nutrientes • Producción primaria	• Ciclo de nutrientes • Formación de suelos
Servicios culturales	• Estéticos • Espirituales • Educativos • Recreacionales	• Estéticos • Espirituales • Educativos • Recreacionales	• Estéticos • Espirituales

Fuente: Millenium Ecosystem Assesment 2005 (<http://www.millenniumassessment.org>)

Figura 11. Tipos de servicios ambientales

Tomada de:

http://www.legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=283&Itemid=340

¿Por qué se pierde la biodiversidad?

Actualmente se han impulsado estrategias acordes con los patrones económicos imperantes para convertir ecosistemas complejos en ecosistemas simples, poniendo en peligro la estabilidad de los procesos biofísicos de la vida y desencadenando la "*La crisis de la biodiversidad*". Ante esta situación, disciplinas como la economía y la ecología se empeñan en cuantificar y asignar valor a la biodiversidad, aunque para algunos autores esto es algo imposible teórica y metodológicamente de realizar²¹. No obstante, algunos estudios como el de Costanza *et al.* (1997) determinaron una aproximación de la magnitud relativa y el valor económico de los servicios ecológicos globales, lo cual ayuda a apreciar nuestra dependencia de los sistemas biológicos y establece la base para desarrollar políticas públicas con el fin de proteger esos servicios.

Algunos de los factores directos que impactan y amenazan a las especies son los siguientes:

Pérdida de hábitats: La pérdida y deterioro de los hábitats es la principal causa de pérdida de biodiversidad. Al transformar selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, lagunas y arrecifes en campos agrícolas, ganaderos, granjas, presas, carreteras y zonas urbanas destruimos el hábitat de miles de especies. Muchas veces la transformación no es completa, pero existe deterioro de la composición, estructura o función de los ecosistemas que impacta a las especies y a los servicios que obtenemos de la naturaleza.

Las últimas estimaciones señalan que en México se ha perdido alrededor del 50% de los ecosistemas naturales. Las principales transformaciones se han llevado a cabo en selvas húmedas y secas, pastizales, bosques nublados y manglares. En menor grado en matorrales y bosques templados. Los ecosistemas más accesibles, productivos, con

²¹ Toledo, V. (1998). *Economía de la biodiversidad*. PNUMA. México. 48 pp.

mejores suelos y en lugares planos han sido los más transformados. Los principales remanentes se encuentran en lugares poco accesibles o poco productivos.

La pérdida de hábitat sucede por el “cambio de uso del suelo” de ecosistemas naturales (bosques, selvas, pastizales, etc.) a actividades agrícolas, ganaderos, industriales, turísticas, petroleras, mineras, etc.

Especies invasoras. La introducción de especies no nativas (exóticas) que se convierten en invasoras (plagas) es una causa muy importante de pérdida de biodiversidad. Estas especies que provienen de sitios lejanos de manera accidental o deliberada, depredan a las especies nativas, compiten con ellas, transmiten enfermedades, modifican los hábitats causando problemas ambientales, económicos y sociales. Algunas muy conocidas son las ratas y ratones de Asia, el lirio acuático de Sudamérica y el pez león del Pacífico Oeste y Oceanía.

Sobreexplotación. La sobreexplotación es la extracción de individuos de una población a una tasa mayor a la de su reproducción. Cuando esto sucede la población disminuye. Esta ha sido la historia de muchas de las especies que se han explotado por distintas razones: ballenas, peces, venados, cactus, orquídeas, etc. Algunas especies son más vulnerables que otras por sus características biológicas como: distribución restringida, abundancia baja, tasa alta de mortalidad, tasa reproductiva baja, alta congregación de la población, entre otras.

Las actividades de cacería, tala, pesca, comercio ilegal de especies con distintos fines, afectan a las especies al sobreexplotar sus poblaciones. Los compradores de organismos y productos ilegales son cómplices de la sobreexplotación. Las regulaciones sobre el aprovechamiento de las especies mexicanas se encuentran en diversos tipos de normatividad. Existen restricciones de comercialización de las especies en riesgo a nivel nacional (Norma Oficial Mexicana 059) y a nivel internacional (CITES).

Contaminación. El aumento en la presencia de sustancias químicas en el ambiente como resultado de las actividades humanas tiene graves consecuencias para muchas especies. Las actividades industriales, agrícolas, ganaderas y urbanas contribuyen substancialmente a la contaminación de aire, agua y suelos. Actualmente la producción de contaminantes afecta a todo el planeta. Algunos contaminantes han debilitado la capa de ozono que protege a los seres vivos de las radiaciones ultravioletas del Sol, mientras que otros han provocado el calentamiento global. La contaminación del agua, del suelo y del aire afecta directamente a muchos organismos aun en lugares remotos.

Ver figura 12.

Cambio climático. Durante los pasados 100 años se ha documentado el aumento de la temperatura promedio de la atmósfera y de los océanos del planeta debido al incremento en la concentración de gases de efecto invernadero (Bióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, ozono, clorofluorocarbonados y vapor de agua) producidos por la quema de combustibles fósiles y por la deforestación, una combinación de producción en exceso y reducida capacidad para capturar la contaminación.

Las consecuencias son cambios radicales en la distribución de ecosistemas y especies, aumento en el nivel del mar, desaparición de glaciares y de grandes extensiones de corales, climas impredecibles y extremosos como sequías y tormentas. El cambio climático afecta a todos los organismos del planeta, muchos de ellos ya están respondiendo a esta nueva dinámica a través de cambios en su distribución y migraciones.



El cambio global, ha pasado a ser una de las principales amenazas a la biodiversidad. En México, gran cantidad de especies endémicas de distribución altamente restringida son susceptibles a ser afectadas por los factores indicados ²².



Figura 12. Deforestación.

Tomado de: <https://wrm.org.uy/es/articulos-del-boletin-wrm/seccion1/invirtiendo-en-biodiversidad-en-sabah-malasia/>

Biodiversidad de la Ciudad de México

¿Cuáles son las regiones de la biodiversidad en la Ciudad de México?

Aunque la Ciudad de México solamente ocupa el 0.1% de la superficie de México ha dado lugar a un diverso mosaico de paisajes y a una alta diversidad biológica con importantes endemismos debido a la ubicación geográfica, así como a la confluencia de factores climáticos, geológicos, edáficos y la interacción de un sistema natural y uno socioeconómico²³.

En 1987 el territorio la Ciudad de México fue dividido en un área de desarrollo urbano, usualmente denominado como suelo urbano y área de conservación ecológica conocida como suelo de conservación con una extensión de 41 y 59% de extensión, respectivamente. Para desarrollar el estudio de la biodiversidad y proponer estrategias para su conservación en 2016 la CONABIO propuso seis regiones (figura 10) que a continuación se indican: 1) Bosques y Cañadas, 2) Humedales de Xochimilco y Tláhuac, 3) Parques y Jardines Urbanos, 4) Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, 5) Sierra de Guadalupe y 6) Sierra de Santa Catarina²⁴.

Bosques y Cañadas

Se componen de los bosques mejor conservados y la zona de barrancas ubicadas al sur y suroeste de la Ciudad. Se localizan bosques de oyamel (*Abies* spp.), pino (*Pinus* spp.), pino-encino (*Pinus-Quercus*) y algunos relictos del bosque mesófilo de montaña en las inmediaciones de los dinamos de Contreras. Administrativamente abarca la mayor parte de las delegaciones Milpa Alta, Tlalpan, Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa.

²² ¿Por qué se pierde la biodiversidad? Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Biodiversidad mexicana.

²³ Cram, S., et al., 2016.

²⁴ Reygadas, 2016.

Humedales de Xochimilco y Tláhuac

Se encuentra integrada por la zona chinampera de Xochimilco, San Gregorio, San Luis Tlaxiátemanco, Tláhuac y tierras bajas y la cuenca lechera de Tláhuac. Se ubica en las alcaldías de Xochimilco y Tláhuac. Esta región es importante por ser una zona de regulación hidráulica, por la gran diversidad de aves y riqueza cultural, así como por su paisaje característico en la Ciudad, en el que destacan árboles como el ahuejote (*Salix bonplandiana*) y vegetación acuática subacuática de tular (*Typha latifolia*, *Schoenoplectus tabernamontani*) asociada con la actividad chinampera.



Parques y jardines urbanos

Se consideran en esta región a los parques y jardines ubicados en el suelo urbano, es decir fuera del suelo de conservación. Se incluyen áreas naturales protegidas como la Loma y Fuentes Brotantes, Histórico de Coyoacán entre otras, así como áreas de valor ambiental como río Becerra. También se consideran la continuación del sistema de barrancas del sur poniente de la Ciudad. Abarca la totalidad de algunas alcaldías como Coyoacán, Benito Juárez, Iztacalco, Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza y Azcapotzalco. En esta región los ambientes originales fueron modificados por las actividades antropogénicas y que aún mantienen características biofísicas y escénicas, las cuales contribuyen a mantener la calidad ambiental de la Ciudad y constituyen nichos para la biodiversidad.

Serranías de Xochimilco

La región se caracteriza por una gran fragmentación de los bosques y disminución del hábitat de la fauna, para el uso habitacional de los pobladores. La región incluye Xochimilco y Milpa Alta y una parte de la alcaldía de Tlalpan. Aunque se encuentra perturbada se pueden encontrar bosques de Pino (*Pinus* sp.), pino-encino (*Pinus* y *Quercus*) encino (*Quercus*), como los de los volcanes Teoca, Zompole y Yololica.

Sierra de Guadalupe

Se ubica en la alcaldía Gustavo A. Madero e incluye las áreas naturales protegidas de la sierra de Guadalupe, La Armella y el Parque Nacional del Tepeyac. Se caracteriza principalmente por matorral xerófilo conformado por palo dulce *Eysenhardtia polystachya* uña de gato (*Mimosa biuncifera*) y tuna mansa (*Opuntia streptacantha*), también se presentan remanentes de encinares mezclados con madroños, tepozán y palo loco. Se pueden encontrar plantaciones forestales con presencia de eucalipto, pino, retama de tierra caliente, cedro blando y casuarina.

Sierra de Santa Catarina

Se encuentra en las alcaldías Iztapalapa y Tláhuac, en la porción central de la Ciudad de México y junto con el área natural protegida Cerro de la Estrella conforman la sexta región de la Ciudad de México. La vegetación es semejante a la de la Sierra de Guadalupe, presentan principalmente pastizal y especies producto de la reforestación como fresno (*Fraxinus uhdei*), el trueno (*Ligustrum lucidum*), el álamo (*Populus* sp.). Se han registrado importantes endemismos, por lo que constituye una especie de isla para la conservación de la biodiversidad.

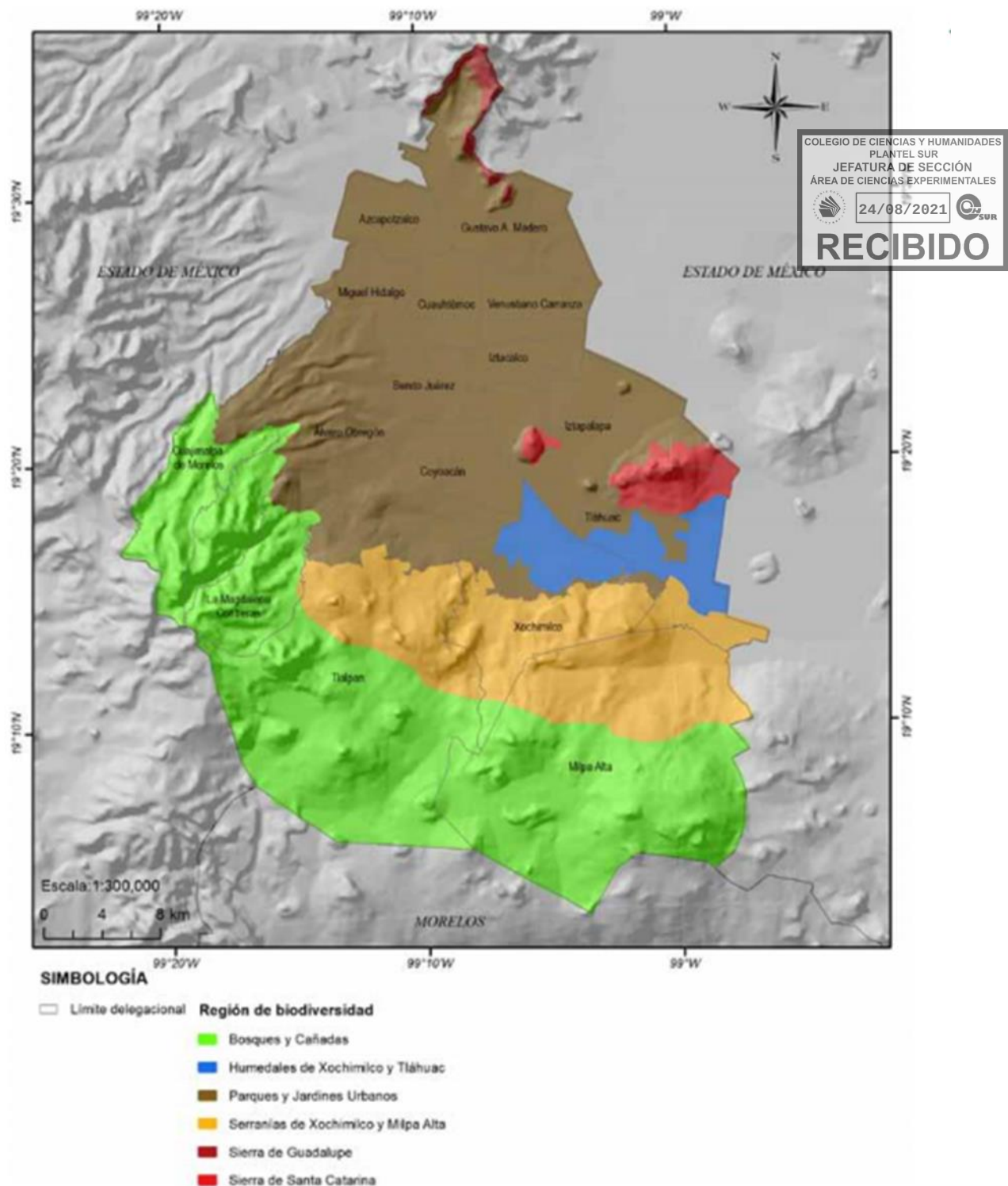


Figura 13. Regiones de biodiversidad de la ciudad de México. Tomado de Reygadas, 2016.

Dentro de las seis regiones antes mencionadas se reconocen seis tipos de vegetación: Bosques de *Abies* (oyamel), Bosque mesófilo de montaña, Bosque de *Pinus* (pino), Bosque de *Quercus* (encino), Pastizal, Matorral xerófilo y Vegetación acuática y subacuática²⁵ (Rivera-Hernández, 2016) y también hay zonas de agricultura (figura 11).

²⁵ Rivera-Hernández, 2016.

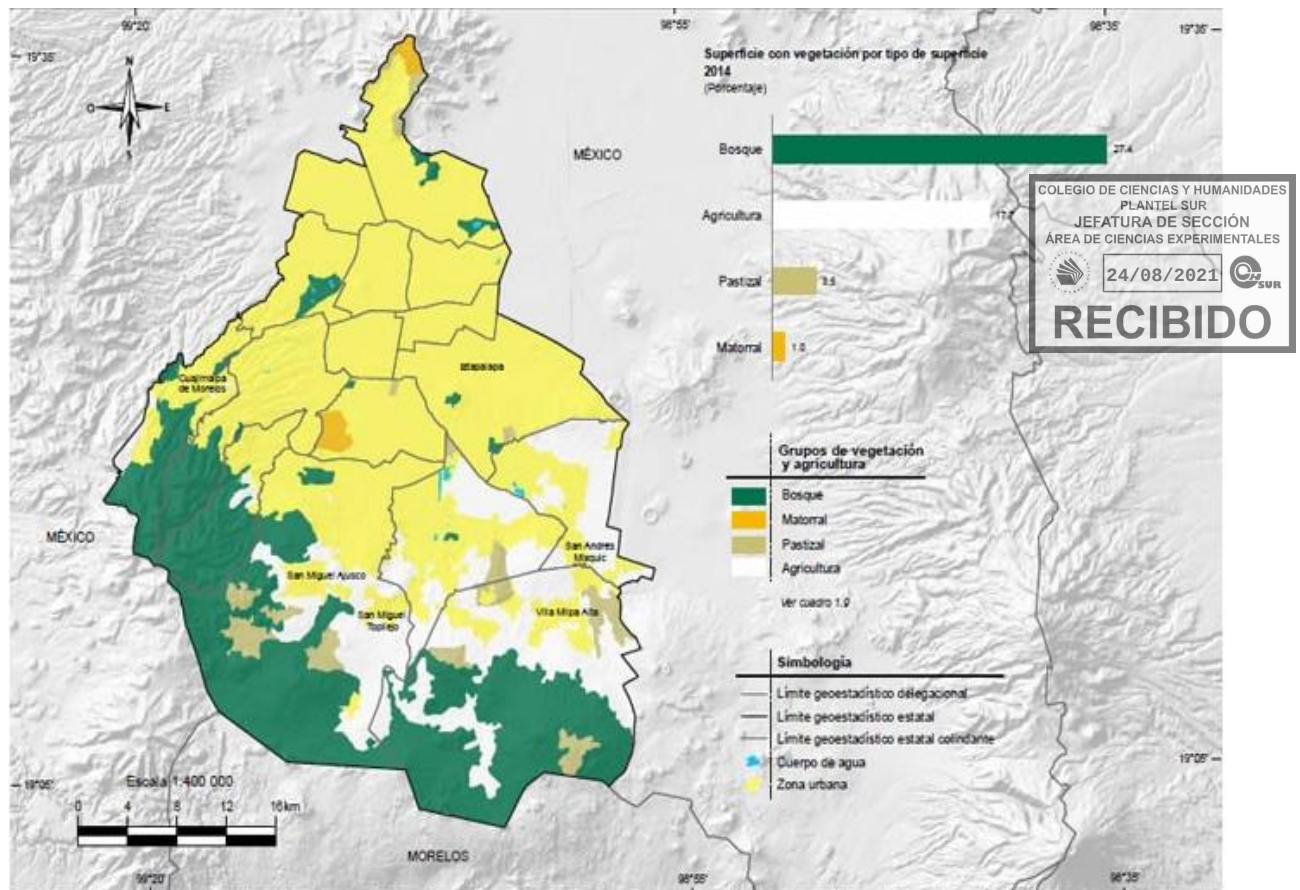


Figura 14. Mapa de la vegetación de la ciudad de México. Tomado de <https://www.paratodomexico.com/estados-de-mexico/ciudad-de-mexico/vegetacion-ciudad-de-mexico.html>

¿Cuál es diversidad de especies en la Ciudad de México?

En el estudio de estado de la Ciudad de México publicado en 2016 por la CONABIO se publicó información sobre la biodiversidad registrada para la entidad, que incluyen hongos, plantas, protozoos y animales. La biodiversidad de la ciudad en estudio se compone de especies nativas y endémicas de manera natural, sin embargo, debido a las actividades humanas que constantemente modifican las áreas de distribución de las especies, creando y destruyendo hábitats, estableciendo barreras y corredores y transportando accidental o voluntariamente a las especies a nuevos lugares, la biodiversidad de la Ciudad también incluye especies exóticas y especies invasoras. Las especies nativas son las que se encuentran dentro de su distribución natural u original (histórica o actual) de acuerdo con su potencial de dispersión natural. Dichas especies forman parte de las comunidades bióticas naturales. Las especies nativas tienen relaciones evolutivas y ecológicas con otras especies con las que han compartido su historia. Están bien adaptadas a las condiciones locales.²⁶ Por ejemplo el palo loco *Pittocaulon praecox* es nativa del Matorral Xerófilo de la Ciudad de México. Las especies endémicas se encuentra restringida a una región. El término endémico es relativo y siempre se usa con referencia a la región³¹, por ejemplo, el ajolote *Ambystoma mexicanum* es endémico de Xochimilco. Con respecto a las especies exóticas son aquellas que se encuentran fuera de su área de distribución original³¹. Muchas de las especies de plantas ornamentales y de animales domésticos son especies exóticas

²⁶ <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/distribesp>

provenientes de otros continentes, por ejemplo, los perros (*Canis lupus familiaris*) y los gatos (*Felis catus*), originarios de Asia, por lo tanto, son especies exóticas para la capital de nuestro país. Las especies exóticas se consideran invasoras cuando que se establecen, reproducen y dispersan sin control, causando daños al ecosistema, a las especies nativas, a la salud o a la economía⁴, por ejemplo, el ratón casero *Mus musculus*.

Un componente importante de la biodiversidad de la ciudad son los árboles urbanos que tienen origen nativo y exótico, los nativos son nativos de la entidad y nativos de otros estados de la república, los exóticos son los que provienen de otro país²⁷. Se han registrado 96 especies nativas y 123 especies exóticas de árboles urbanos. Uno de los primeros árboles exóticos, introducido desde la época de la conquista es el pirú (*Schinus molle*) originario de Perú, se considera naturalizado por que se propaga de forma natural.

A continuación, se presentan las especies registradas para la entidad por grupo convencional.

Hongos

Entre 1993 y 1998 los especialistas en hongos macroscópicos estimaron que en México deben existir entre 120 mil a 140 mil, pero solamente se habían estudiado seis mil especies (entre 4.2% y 5%). Desafortunadamente existen pocas instituciones y especialistas por lo que la tarea se complica. Para la Ciudad de México se han registrado 264 especies²⁸. Algunos ejemplos son *Leratiomyces ceres*, *Helvella lacunosa*, (figuras 15 y 16), *Morchella esculenta*, *Parasola plicatilis* y *Sowerbyella rhenana*. Sierra y colaboradores han estado estudiando las zonas montañosas de las delegaciones Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco y el Bosque de Tlalpan por lo que el número de especies de hongos macroscópicos registrada para la Ciudad de México aumentará a mediano plazo. Sierra, et al., 2016 indica que hay regiones que no se han estudiado como Sierra de Guadalupe, Humedales de Xochimilco y Tláhuac, Serranías de Xochimilco y Milpa Alta y Sierra de Santa Catarina (sureste de Xochimilco, Iztapalapa, Tláhuac y Milpa Alta).



Figura 15. *Leratiomyces ceres* tomado de Naturalista <https://www.naturalista.mx/observations/31521584> y <https://www.naturalista.mx/observations/7880911>



Figura 16. *Helvella lacunosa*

²⁷ Chimal-Hernández, A. y V. Corona. 2016.

²⁸ Sierra, et al., 2016.

Musgos

La revisión de la riqueza de musgos más actualizada para la Ciudad de México muestra que hay 248 especies²⁹, algunos ejemplos son *Aloinella catenula*, *Anacolia laevisphaera*, *Bryum procerum*, las cuales se localizan principalmente en ambientes montañosos en las zonas periféricas de la Ciudad (Ajusco, Magdalena Contreras y el Desierto de los Leones). Dentro de la Ciudad crecen en sustratos naturales como en las rocas del Pedregal de San Ángel o en la corteza de árboles. Así también se han encontrado 64 especies de musgos exclusivos de sustratos urbanos, los cuales crecen en jardines, paredes, ladrillos y coladeras como *Bryum argenteum* y *Funaria hygometrica* (figuras 17 y 18). Los musgos en zonas urbanas pueden dar información sobre la contaminación del suelo y del aire. Sería importante cultivarlos en parques, jardines, azoteas y como plantas de ornato en fachadas de la Ciudad de México, para enriquecer los ambientes urbanos.



Figura 17. *Bryum argenteum*



Figura 18. *Funaria hygometrica*

Fotografías de Muñiz, 2021.

Licopodios y helechos (Pteridobionta)

Las especies de Pteridobionta registrados para la Ciudad de México son 108, cinco Lycopodiophyta y el resto Polypodiophyta³⁰. Algunos ejemplos son: *Asplenium praemorsum*, *Elaphoglossum affine*, *Phlebodium pseudoaureum*, *Polypodium furfuraceum* y *Pleopeltis mexicana*. Se pueden distinguir dos regiones con mayor riqueza de este tipo de plantas, una es la del Bosque y Cañadas (73 Polypodiophyta y dos Lycopodiophyta) y la segunda son los Parques y Jardines áreas naturales (43 Polypodiophyta y dos Lycopodiophyta). Ésta última considera el matorral xerófilo y bosques de encino, así como cañadas cubiertas de bosque de encino y vegetación riparia. En el resto de las regiones se encuentran menos especies. *Cheilantes* (figura 19) es uno de los géneros encontrados en la Sierra de Guadalupe, sierra de Santa Catarina y los pedregales de San Ángel-Xitle, así también el complejo *Pleopeltis-Polypodium* (figura 20) que se localiza en la zona de Bosques y Cañadas al sur y suroeste de la Ciudad.

²⁹ Delgadillo-Moya, 2016.

³⁰ Tejero-Díez y Torres-Díaz, 2016.



Figura 19. *Cheilanthes* sp.



Figura 20. *Polypodium* sp.

tomado de Naturalista <https://enciclovida.mx/especies/151827> y <https://www.naturalista.mx/observations/31584759>

Gimnospermas

Las gimnospermas registradas para la Ciudad de México son 13 especies³¹, las principales son *Abies religiosa* u oyamel, (figura 21) y al menos siete especies de *Pinus* o pino, (figura 22). Se encuentran principalmente en la región denominada Bosques y Cañadas al sur y suroeste de la Ciudad. Los bosques de pino cubren aproximadamente 8.7% del territorio de la Ciudad, los bosques de oyamel un 3.6% aproximadamente y los bosques mixtos 12.9%. Los pinos también se encuentran en bosques de encino (*Quercus*) en altitudes de 3100 msnm. También se pueden encontrar en los Parques y Jardines Urbanos como el Bosque de Chapultepec, Bosque de Tlalpan y los viveros de Coyoacán. Algunas especies registradas de *Pinus* son: *P. ayacahuite*, *P. montezumae*, *P. hartwegii*, *P. teocote* y *P. patula*.



Figura 21. *Abies religiosa*



Figura 22. *Pinus montezuma*

Tomado de Naturalista <https://www.naturalista.mx/observations/46540058> y <https://www.naturalista.mx/observations/35838092>

³¹ Gernandt y Ortiz-García, 2016.

Grupo	Especies
Hongos macroscópicos	264
Musgos	248
Helechos y lycopodios	108
Gimnospermas	13
Angiospermas	1522



Tabla 1. Número de especies de hongos, musgos y plantas vasculares de la ciudad de México (tomado de Sierra, et al., 2016; Delgadillo-Moya, 2016; Tejero-Díez y Torres-Díaz, 2016; Gernandt, y Ortiz-García, 2016; Torres-Colín, 2016).

Angiospermas (terrestres)

Para el grupo de las angiospermas o Magnoliophyta se han registrado 1522 especies en la Ciudad de México³² (Torres-Colín, 2016). Las 9 familias más relevantes son: Asteraceae, Leguminosae, Poaceae, Orchidaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Cyperaceae, Fagaceae, Pinaceae (Tabla 2). Ejemplo de algunas especies, el palo loco *Pittocaulon praecox* (Asteraceae), el ayocote *Phaseolus coccineus* (Leguminosae) (figura 23), la cual se ocupa en la alimentación; el palo dulce *Eysenhardtia polystachya* (figura 24) de uso medicinal; la noche buena, *Euphorbia pulcherrima* (Euphorbiaceae) planta de ornato; *Quercus sp.* (Fagaceae) componentes de bosques; *Bletia urbana* (Orchidaceae).



Figura 23. *Phaseolus coccineus*



Figura 24. *Eysenhardtia polystachya*

Tomado de Naturalista <https://www.naturalista.mx/observations/76828990> y <https://www.naturalista.mx/observations/78011514>

³² Torres-Colín, 2016.

	Especies en la Ciudad de México	Especies de la Ciudad de México y endémicas de México
Asteraceae	314	138
Leguminosae	97	52
Poaceae	149	-
Orchidaceae	69	29
Euphorbiaceae	33	-
Lamiaceae	45	23
Cyperaceae	73	-
Fagaceae	16	13



Tabla 2. Familias principales de angiospermas más relevantes por su riqueza y endemismo en la flora de México y su capital (tomado de Torres-Colín, 2016).

Protozoarios

Dentro de los Protozoarios (Protozoa) se han registrado 634 especies en la entidad³³, las cuales pueden ser ubicuas, es decir pueden encontrarse en cualquier ambiente como ríos, lagos, charcos, suelos húmedos, así también se consideran cosmopolitas. Los grupos que se han registrado para la Ciudad de México son principalmente Ciliados (figura 25), Flagelados (figura 26), Amoebas, Esporozoos y Heliozoos.

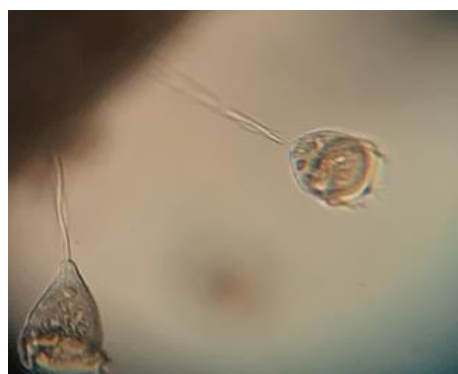


Figura 25. *Vorticella* sp.



Figura 26. *Euglena* sp.

Tomado de Naturlista <https://www.naturalista.mx/observations/17233020> y <https://www.naturalista.mx/observations/26682165>

Helmintos

Con respecto a los Helmintos, se han registrado para la Ciudad de México 41 especies de Platyhelminthes, 50 especies de Nematoda, una especie de Annelida (Hirudinea) y dos especies de Acanthocephala³⁴, solamente se consideran a las especies parásitas de vertebrados silvestres, no se incluyen a las especies de helmintos parásitas de humanos ni animales domésticos. La rana *Lithobates montezumae* y el conejo de los volcanes

³³ Mayen-Estrada, *et al.*, 2016.

³⁴ García-Prieto, *et al.*, 2016.

Romerolagus diazi son los hospederos con mayor registro helmintológico en la Ciudad de México.

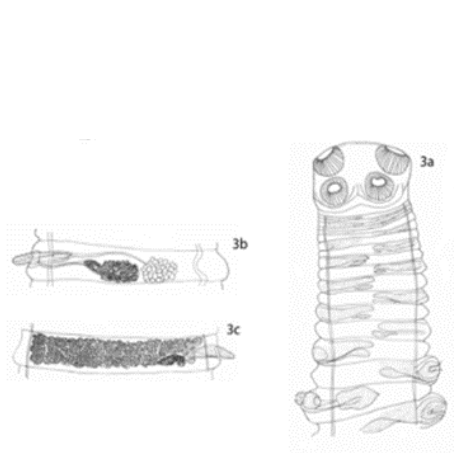


Figura 27. *Leporidotaenia romerolagi* céstodo del conejo de los volcanes



Figura 28. *Diestecostoma mexicana* hirudíneo (sanguijuela)

Tomado de García-Prieto, *et al.*, 2016

Moluscos

Los moluscos registrados para la Ciudad de México son 56 especies, cuatro especies de bivalvos dulceacuícolas y 52 especies de gasterópodos, de los cuales 41 son terrestres y 11 de agua dulce ³⁵. Algunas especies son: *Pallifera costaricensis alticola* (figura 29), *Bunnya bernadinae*, *Planorbella tenue boucardi*, *Oxyloma tlalpamensis tlalpamensis*. Catorce de las 56 especies son exóticas como *Helix aspersa* (figura 30) introducida de Europa y *Planorbella duryi* proveniente de Florida, EU. Los moluscos terrestres se pueden encontrar en las áreas verdes urbanas, ecosistemas terrestres conservados, campos de cultivo y humedales, en general se encuentran en todas las regiones de la entidad. Los bivalvos y la lapa se pueden localizar en los humedales de Xochimilco y los hábitats acuáticos de Tlalpan.



Figura 29. *Pallifera costaricensis alticola*



Figura 30. *Helix aspersa*

Tomado de Naturalista <https://www.inaturalist.org/photos/13667494> y <https://www.naturalista.mx/photos/87487554>

³⁵ Cano-Zantana, *et al.*, 2016a.

Anélidos (Oligochaeta)

Las especies de anélidos oligoquetos registradas para la Ciudad son 27 especies³⁶, siendo la familia Lumbricidae la más rica con 18 especies. Entre las especies nativas que encontramos: *Dichogaster eiseni*, *Zapotecia* sp. (figura 31). y *Protozapotecia aquilonalis* Sin embargo, la mayoría de las lombrices de tierra de la entidad son exóticas (especies) como por ejemplo *Lumbricus terrestris* (figura 32) y *Eisenia fetida*, además presenta el mayor número de especies exóticas en el país. Se pueden encontrar en los diferentes tipos de vegetación como bosque de encino, pino y oyamel, bosques de pino encino, bosques inducidos o artificiales, en general en todas las regiones donde hay áreas con vegetación excepto en el matorral de palo loco (Cano-Santana, obs. pers., en Cano-Santana, et al., 2016b) por la poca profundidad de su suelo.



Figura 31. *Dichogaster eiseni* y *Zapotecia* sp.



Figura 32. *Lumbricus terrestris*

tomado de Fragoso y Rojas 2014 y Naturalista <https://www.naturalista.mx/observations/46302718>

Grupo	Especies en la Ciudad de México
Protozoos	634
Platyhelminthes	41
Nematoda	50
Moluscos	56
Annelida (Oligochaeta)	27
Annelida (Hirudinea)	1

Tabla 3. Número de especies registradas para protozoarios y algunos invertebrados no artrópodos en la Ciudad de México (tomado de Mayen-Estrada, et al., 2016; García-Prieto, et al., 2016 *parásitos de vertebrados no humanos ni domésticos; Cano-Santana, et al., 2016a y Cano-Santana, et al., 2016b).

Arthropoda

Entre los invertebrados artrópodos (Phylum Arthropoda) registrados para la Ciudad de México, se encuentran a los arácnidos (Subphylum Chelicerata) con 417 especies, los crustáceos (Subphylum Crustacea) con 51 especies, los miriápodos (Subphylum Myriapoda) con 33 especies y a los hexápodos-insectos 2372 y hexápodos-no insectos con 121 especies.

Arácnidos

Los arácnidos mejor documentados son los ácaros con 258 especies, la arañas con 127 especies³⁷, de las cuales 64 se han registrado en las viviendas de los animales humanos. Los alacranes solamente tienen registro de dos especies, mientras que los

³⁶ Cano-Santana, et al., 2016b.

³⁷ Duran-Barrón, et al., 2016.

pseudoescorpiones 10 especies. Los opiliones tienen registradas 15 especies. Con respecto solífugos se registran 4 especies y de palpígrados solamente una especie. Algunas especies de arácnidos registrados para la Ciudad de México son: *Hemirrhagus chilango* (tarántula, figura 33), *Vaejovis mexicanus* (alacrán, figura 34), *Epichernes aztecus* (pseudoescorpión), *Ammotrechula pilosa* (solífugo), *Eukoeneria chilango* (palpígrado).



Figura 33. *Hemirrhagus chilango*



Figura 34. *Vaejovis mexicanus*

Tomado de Naturalista <https://www.naturalista.mx/observations/15961145> y <https://www.naturalista.mx/observations/80819664>

Crustáceos

En la Ciudad de México se han registrados 51 especies de crustáceos³⁸, de las cuales cuatro son terrestres (*Talitroides topitotum*, *Cylisticus convexus*, *Venezillo cacahuamilpensis* y *Oniscus* sp.) y 47 de agua dulce (*Cambarellus montezumae*, figura 35; *Daphnia pulex*, figura 36), Las especies dulceacuícolas se pueden encontrar principalmente en los humedales de Xochimilco y Tláhuac, y el lago de Chapultepec. Las cochinillas de la humedad se encuentran en ambientes terrestres y húmedos y ricos en materia vegetal muerta³⁹, y son abundantes en Parques y Jardines Urbanos. *T. topitotum* es una especie exótica para la Ciudad de México.



Figura 35. *Cambarellus montezumae*



Figura 36. *Daphnia pulex*

Tomado de https://www.researchgate.net/figure/Picture-of-Cambarellus-montezumae-collected-in-Xochimilco-Lake-2016_fig4_318381275 y <https://www.naturalista.mx/observations/259285>

³⁸ Cano-Santana, et al., 2016c.

³⁹ Hogue, 1993 en Cano-Zantana et al., 2016c.

Miriápodos

Las especies de miriápodos registradas para la Ciudad de México son 33, siendo 16 especies de milpiés (Clase Diplopoda, figura 37), 15 de ciempiés (Clase Chilopoda), de las cuales nueve son endémicas, dos de sínfilos (Clase Symphyla) y no hay registros de paurópodos (Clase Pauropoda)⁴⁰. Probablemente se pueden encontrar o distribuir por toda la entidad, sin embargo, los registros identificados son principalmente de las regiones de Parques y Jardines Urbanos, Bosques de Cañadas y Pedregal de San Ángel, Santa Rosa, Tacubaya y Chapultepec. Algunos ejemplos de las especies de miriápodos de la capital son: *Garrina monachus* y *Scolonpendra virilis* (Chilopoda, figura 38), *Mexicoiulus dampfi* (Diplopoda), *Scutigereilla mexicana* (Symphyla)



Figura 37. Milpiés



Figura 38. *Scolonpendra virilis*

Tomado de Naturalista <https://www.naturalista.mx/observations/13244038> y <https://www.naturalista.mx/observations/79592982>

Hexápodos (Entognatha)

Dentro del suphyllum Hexapoda tenemos dos clases Entognatha e Insecta, de ambas clases se tienen registros para la Ciudad de México. La clase Entognatha se distinguen principalmente por tener la cabeza con la base de sus apéndices bucales ocultos y sin ojos a excepción de los colémbolos; mandíbulas con articulación simple. Cuerpo sin alas y sin túbulos de malpigio o poco desarrollados, principalmente edáficos⁴¹. Los tres órdenes de Entognatha se encuentran registrados para la Ciudad de México, los Protura tienen una especie *Acerentulus christensoni* y los Diplura (figura 39) presentan seis especies ejemplo: *Evalljapyx dolichodduus*⁴². Los Collembola (figura 40) en la Ciudad de México tienen 114 especies⁴³, siendo uno de entidades más estudiadas para este grupo, por ejemplo: *Brachystomella gabriellae* y *Friesea xitlensis* ambas endémicas de la Ciudad de México. Se encuentran principalmente en la región de los Bosques y Cañadas en el suelo y el mantillo, y en la región de Humedales de Xochimilco y Tláhuac. También se pueden encontrar en los cultivos de chinampas, Jardines y Parques urbanos, así como en la Reserva del Pedregal de San Ángel.

⁴⁰ Cano-Santana, et al., 2016c.

⁴¹ Rivas y Hoffmann, 2007.

⁴² Cano-Santana, et al., 2016d.

⁴³ Palacios, 2016.



Figura 39. Diplura.

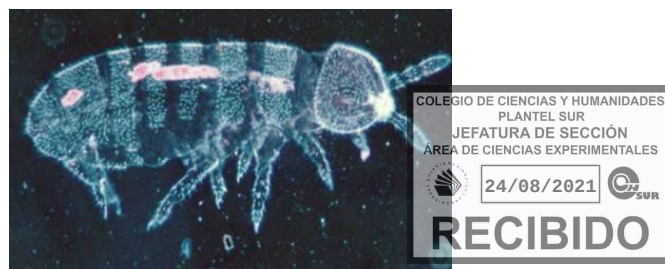


Figura 40. *Proisotoma* sp. (Collembola)

Tomado de foto Lopes-Ferreira en Cano-Santana, et al., 2016d. /Tomado de Palacios-Vargas, 2016.

Hexápodos (Insecta)

Con respecto a la clase Insecta en el estudio publicado por CONABIO sobre la biodiversidad de la Ciudad de México, se registran 25 órdenes (tabla 4), recordemos que los insectos son el grupo más diverso ya que se han registrado a nivel mundial aproximadamente 1 millón de especies, siendo los únicos invertebrados que tienen la capacidad de volar. Los grupos con mayor número de registros son las palomillas o mariposas nocturnas con 667 especies (*Acronyctodes mexicanaria*, figura 41), las moscas y los mosquitos con 350 especies, las abejas y avispas con 269 especies y los escarabajos con 230 especies (*Cotinis mutabilis* figura 42). Al contrario de estos grupos con una gran diversidad, hay otros como los mantoideos y los phasmidos que solamente registran una especie. Los otros grupos muestran registros de más de una especie. Hay algunos órdenes (Raphidioptera, Embioptera y Zoraptera) que no se han registrado para la Ciudad de México⁴⁴, por falta de estudios, por lo que es una oportunidad para investigarlos.

Dada la gran diversidad de los Insectos los podemos encontrar en todas las regiones y hábitats de la Ciudad, por ejemplo, terrestres (termitas, tijerillas, grillos, trips, escarabajos, hormigas), en los diferentes cuerpos de agua (hemípteros acuáticos, patinadores, chinches de agua) a las orillas de los cuerpos de agua (libélulas), parásitos (piojos de aves y mamíferos), cañadas (mariposas diurnas), zonas urbanas y otros (mariposas nocturnas, abejas y avispas).

⁴⁴ Cano-Santa, et al., 2016d.



Figura 41. *Acronyctodes mexicanaria*



Figura 42. *Cotinis mutabilis*

Tomado de Naturalista <https://www.naturalista.mx/observations/83179489> y <https://www.naturalista.mx/observations/79654372>

Grupo	Especies en la Ciudad de México
Arácnidos (Arachnida)	417
Crustáceos (Crustacea)	51
Miriápodos (Myriapoda)	33
Protura	1
Diplura	6
Collembola	114
Pescaditos de plata (Thysanura)	4
Efímeras (Ephemeroptera)	7
Mosca de las piedras (Plecoptera)	3
Cucarachas (Blattodea)	16
Termitas (Isoptera)	5
Mantis (Mantodea)	1
Tijerillas (Dermaptera)	5
Insectos palo (Phasmida)	1
Moscas de Dobson (Megaloptera)	2
Crisopas (Neurópteros)	27
Estrepsípteros (Strepsiptera)	1
Moscas escorpión (orden Mecoptera)	1
Frigáneas (Trichoptera)	17
Libélulas (Odonata)	43
Piojos (Phthiraptera)	26
Piojos de los libros (Psocoptera)	75
Chinches y chicharritas (Hemiptera)	152
Tryps (Thysanoptera)	97

Escarabajos (Coleoptera)	230
Ortópteros (Orthoptera)	47
Pulgas ectoparásitas de aves y mamíferos (Siphonaptera)	52
Mariposas Diurnas (Rhopalocera)	155
Palomillas o mariposas nocturnas (Lepitodpera)	667
Hormigas (Formicidae)	16
Abejas y avispa (Hymenoptera)	269
Moscas y mosquitos (Diptera)	350



Tabla 4. Número de especies registradas para artrópodos de la Ciudad de México. (tomado de Durán-Barrón, *et al.*, 2016; Palacios-Vargas, 2016; Cano-Santa, *et al.*, 2016d; González-Soriano, 2016; Rivera-García, 2016; Cano-Santana y Romero-Mata, 2016e; García-Aldrete, 2016; Cano-Santana y Romero-Mata, 2016f; Johansen-Naime, 2016; Zaragoza-Caballero, 2016; Trujano-Ortega y Luis-Martínez, 2016; Romero-Mata y Cano-Santana, 2016; Castaño-Meneses, 2016; Cano-Santana, 2016g; Ávalos-Hernández, *et al.*, 2016).

Vertebrados

Peces

México tiene una gran variedad de peces aproximadamente 2723 especies, de los cuales 506 son especies de agua dulce y de estas 336 son endémicas. Para la Ciudad de México se han registrado 15 especies nativas⁴⁵, pero solamente dos subsisten: *Girardinichthys viviparus* (mexclapique, figura 43) y *Chirostoma jordani* (charal, figura 44), y todavía se pueden encontrar en los cuerpos de agua del el Valle de México y en el centro del país respectivamente. Otras especies se consideran extintas como *Evarra bustamantei* y *Evarra thahuacensis*. También hay 7 registros de especies exóticas-invasora como *Cyprinus carpio* (carpa común) y *Oreochromis niloticus* (tilapia del Nilo). Las especies existentes y extintas generalmente se han registrado en los humedales de Xochimilco y Tláhuac. Actualmente el mexclapique y el charal también se encuentran en Parques y Jardines Urbanos, como el lago de Chapultepec, el mexclapique también se encuentra en las Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, Bosques y Bosques y Cañadas.



Figura 43. *Girardinichthys viviparus* (mexclapique)

Figura 44. *Chirostoma jordani* (charal)

Tomado de Naturalista <https://www.naturalista.mx/taxa/101459-Girardinichthys-viviparus> y <https://www.naturalista.mx/observations/259281>

⁴⁵ Huidobro-Campos, L, *et al.*, 2016.

Anfibios

México es el cuarto país en el mundo con mayor riqueza de anfibios, se han registrado 361 especies. En la Ciudad de México se han encontrado 18 especies⁴⁶, la rana *Litobathes tlaloci* y el ajolote *Ambystoma mexicanum* (figura 45) se distribuyen exclusivamente en la Ciudad de México y en el Estado de México, solamente hay una especie endémica de la entidad, la rana *Eleutherodactylus grandis* (figura 46). La mayoría de los registros de las especies se encuentran en los Parques y Jardines Urbanos, como el Bosque de Chapultepec, el bosque de Tlalpan y el Pedregal de San Ángel, siendo este último el lugar donde habita la especie endémica *E. grandis*. También se encuentran en la región de Bosques y Cañadas, Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, así como los Humedales de Xochimilco-Tláhuac.



Figura 45. *Ambystoma mexicanum*



Figura 46. *Eleutherodactylus grandis*

Tomado de Naturalista <https://www.naturalista.mx/taxa/26777-Ambystoma-mexicanum> y <https://www.naturalista.mx/observations/2088684>

Reptiles

México es el segundo país más rico de reptiles con 864 especies. Para la Ciudad de México se han registrado 39 especies⁴⁷, de las cuales 14 son lagartijas, por ejemplo: *Barisia imbricata*, *Sceloporus torquatus* (figura 47) 23 serpientes (ejemplo: *Pituophis deppei* (figura 48), *Thamnophis eques*, *Crotalus aquilus*) y dos tortugas. Se han registrado 32 especies endémicas de México en la entidad. Se pueden encontrar principalmente en la región de Bosques y Cañadas (Desierto de los Leones y la cañada de los Dinamos). La segunda región son los Parques y Jardines Urbanos (Bosque de Chapultepec y la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel). Por otra parte, también se localizan en la Sierra de Guadalupe, Santa Catarina, Sierras de Xochimilco y Milpa Alta, así como en la región de Humedales de Xochimilco y Tláhuac, donde se han registrado dos especies invasoras de tortugas: *Kinosternon integrum* y *Trachemys scripta*.

⁴⁶ García-Vázquez, et al., 2016.

⁴⁷ García-Vázquez y Méndez de la Cruz, 2016.



Figura 47. *Sceloporus torquatus*



Figura 48. *Pituophis deppei*

Tomado de <https://www.naturalista.mx/observations/82312783> y <https://m.facebook.com/REPSA.CU/photos/a.489677491133360/503866696381106/?type=3>

Aves

En México se han registro 1100 especies de aves, de las cuales 355 se encuentran en la Ciudad ⁴⁸ en ambientes terrestres (264 especies) y dependientes de los hábitats acuáticos (91). La avifauna constante de la Ciudad son 271 especies. Es importante señalar que 19 especies de la Ciudad son endémicas de México. Aunque hay registros en otros estados, *Xenospiza baileyi* (figura 49) se considera que se encuentra restringida a la Ciudad. La región que registra la mayor riqueza (229) son los Humedales de Xochimilco y Tláhuac ya que habitan las especies acuáticas (figura 50) y dependientes de los humedales. En la región de los Bosques y Cañadas, también se encuentra una gran riqueza de especies (206), así también en la región de Parques y Jardines Urbanos (169) y en Serranías de Xochimilco y Milpa Alta (145). En la Sierra de Santa Catarina y Sierra de Guadalupe se han registrado menos especies que en las tres regiones antes mencionadas (81 y 64 respectivamente).

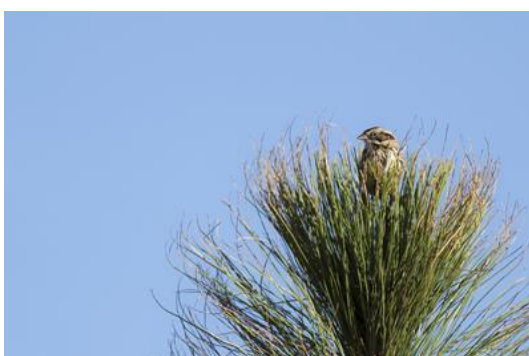


Figura 49. *Xenospiza baileyi*



Figura 50. *Egretta thula*

Tomado de Naturalista <https://www.naturalista.mx/observations/33772926> y <https://www.naturalista.mx/observations/72590064>

⁴⁸ Meléndez-Herrada, et al., 2016.

Mamíferos

México es el tercer lugar en el mundo en número de especies de mamíferos, se han registrado 525. En la Ciudad de México se registran 83 especies de mamíferos, no se consideran las especies introducidas⁴⁹, algunos ejemplos son *Didelphis virginiana* (tlacuache, figura 51), *Baiomys taylori* (ratón), *Leptonycteris nivalis* (morcegato), *Bassariscus astutus* (cacomixtle) *Lynx rufus* (lince). Dentro del territorio de la entidad también se ha documentado la presencia de especies endémicas de México, por ejemplo, las tuzas *Cratogeomys merriami*, *C. fumosus* y *Thomomys umbrinus* y a *Romerolagus diazi* (figura 52) de la Franja Volcánica Transversal que incluye la Ciudad de México. Los mamíferos se han registrado en mayor número de especies en la Región de Bosques y Cañadas, Parques y Jardines Urbanos y Serranías de Xochimilco y Milpa Alta. También se han registrado en la Sierra de Guadalupe y Humedales de Xochimilco y Tláhuac, pero en menor número.



Figura 51. *Didelphis virginiana*

Tomado de Naturalista <https://www.naturalista.mx/observations/74951683> y <https://www.naturalista.mx/observations/53110478>



Figura 52. *Romerolagus diazi*

Grupo	Especies
Peces	22
Anfibios	18
Reptiles	39
Aves	355
Mamíferos	83

Tabla 5. Número de especies de vertebrados en la Ciudad de México (tomado de García-Vázquez y Trujano-Ortega, 2016).

¿Cómo es la conservación de la biodiversidad en la Ciudad de México?

En México el artículo 3º de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) define la conservación como la protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats

⁴⁹ Guevara López, et al., 2016.

las especies y las poblaciones de la vida silvestre dentro o fuera de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden sus condiciones naturales para su permanencia largo plazo⁵⁰. Por otra parte, la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal artículo 5° define la conservación como conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones, de detección, rescate, saneamiento y recuperación, destinadas a asegurar que se mantengan las condiciones que hacen posible la evolución o el desarrollo de las especies y de los ecosistemas propios del Distrito Federal.



Actualmente la biodiversidad se encuentra en la crisis más grande que ha tenido, ya que se están perdiendo de manera acelerada la variedad genética, de especies y de ecosistemas, por lo que conservarla y hacer un uso sustentable de ella, son herramientas imprescindibles para lograr un desarrollo económico y social que sea ambientalmente responsable⁵¹. Dado que México es un país megadiverso y que la ciudad de México tiene representantes de dicha diversidad, las estrategias de conservación a nivel federal y local son necesarias.

La conservación de la biodiversidad puede ser "*in situ*" la cual se entiende como la conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas⁵². También puede ser "*ex situ*" entendiéndose como la conservación de componentes de la diversidad biológica fuera de sus hábitats naturales³, mediante el uso de recursos, técnicas e infraestructuras especializadas para mantener recursos genéticos en bancos de germoplasma; así como el manejo de especies de forma confinada, con el objetivo de disminuir el riesgo de extinción o reintroducir y restablecer poblaciones en su hábitat natural⁵³.

Dentro de las estrategias de conservación *in situ* presentes en la ciudad de México tenemos a las Áreas Naturales protegidas (ANP), Áreas verdes urbanas (AVU), Áreas de valor ambiental (AVA), Recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA), Sitios RAMSAR. (ver cuadro x).

Con respecto a las estrategias de conservación *ex situ*, se tienen las Unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), Predios o instalaciones que manejan vida silvestre (PIMVS). (ver cuadro 1).

Tipo de conservación	Tipo de instrumento	Objetivo de conservación	Ejemplo
<i>In situ</i>	Áreas naturales Protegidas (ANP)	Proteger y conservar los ambientes naturales representativos de las regiones biogeográficas y Ecosistemas frágiles.	Parque Nacional Desierto de los Leones Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Santa
	Áreas verdes urbanas (AVU)	Áreas de esparcimiento y contacto con la Naturaleza para los cuidados que contribuyen a la conservación al proveer, entre otros servicios ambientales, sitios de alimentación, promoción y refugio para la fauna silvestre.	Parque España Parque México Alameda Central
	Áreas de valor ambiental (AVM)	Áreas verdes que mantienen ciertas características biofísicas y escénicas que les permiten contribuir a mantener la calidad ambiental de la ciudad, pero que han sido modificadas por el ser humano y por lo tanto requieren de restauración y protección.	Barranca de Mixcoac Río Becerra de la Loma Bosque Nativitas

⁵⁰ SEMARNAT, 2000 en Ribera-Rebolledo, *et al.*, 2016a.

⁵¹ CONABIO, 2000 en Méndez-Cárdenas, *et al.*, 2016.

⁵² CONABIO, 2008.

⁵³ Lascurain, *et al.*, 2009.

	Recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA)	Conservación del material genético de las poblaciones silvestres de los cultivos nativos y tradicionales.	Conservación de las razas de maíz criollo a través del proyecto de rescate de maíces criollos, transferencia de la tecnología y diversificación productiva.
	Sitos RAMASAR	Humedales que por sus características e importancia biológica son incluidos en la Conservación RAMSAR; para la conservación y uso sustentable de los mismos y todos los recursos que proveen.	Sistema Lacustre Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco.
Ex situ	Unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA)	Predios o instalaciones de carácter privado que Operan de conformidad a un plan de manejo Aprobado para el aprovechamiento y conservación de algunas (s) especies (s).	Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal y Alimentos del Altiplano (CEIEPAA), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Centro de educación ecológica "Desierto de los Leones-Peteretes". Vivero del Jardín Botánico de la UNAM.
	Predios o instalaciones que manejan vida silvestre (PIMVS)	Instalaciones que mantienen a distintas especies Fuera de su hábitat natural y que no tienen como objetivo principal la reintegración de las mismas a la vida silvestre.	PIMVS de cactáceas y suculentas de Xochimilco Biodiversidad al aire: mariposas del Ajusco medio.

Cuadro 1. Principales estrategias de conservación en la ciudad de México, tomado de Rivera Rebollo et al., 2016a.

Ahora abordaremos algunos ejemplos de estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* en la ciudad de México, que puedan ser considerados para el proceso aprendizaje-enseñanza de los estudiantes de bachillerato.

REPSA conservación *in situ*

Se conoce como Pedregal al territorio de 80 km² que cubrió la lava del volcán Xitle (xictli=ombliguito en Náhuatl) y conos adyacentes, los cuales hicieron erupción hace alrededor de 1670 años. Esta extensión de roca volcánica, ubicada al suroeste de la Cuenca de México, cubrió desde las faldas del Ajusco hasta lo que hoy es la Avenida Miguel Ángel de Quevedo, probablemente haciendo contacto con el Lago de Texcoco.

La REPSA es una reserva natural urbana que pertenece a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En ella se resguardan 237 hectáreas de un ecosistema único, el matorral xerófilo de palo loco, habitado por al menos 1500 formas de vida nativas adaptadas a las condiciones naturales del sur de la Cuenca de México. La REPSA abarca la tercera parte del campus universitario y representa el patrimonio natural de la Universidad Nacional y por consiguiente de la sociedad mexicana.

La REPSA significa una oportunidad para educarnos y recrearnos en un ámbito diferente a la naturaleza artificializada que encontramos en los parques, camellones y áreas verdes de la ciudad. Su paisaje natural, el cual está circunscrito a la dinámica de Ciudad Universitaria y al de la mega urbe de la Ciudad de México, es un fiel reflejo del paisaje anterior a la transformación del Valle de México.

El matorral xerófilo de palo loco es el ecosistema que protege la REPSA. Se clasifica como matorral a esta comunidad vegetal porque las plantas que crecen en ella son en su mayoría de baja altura, siendo arbustos y hierbas principalmente. Es xerófilo porque las plantas que en él habitan están adaptadas a la vida en un medio seco (*xeros* del griego seco); en el Pedregal tenemos una temporada seca de por lo menos seis meses. Es de palo loco (*Pittocaulon praecox*, antes *Senecio praecox*) porque era la especie dominante y típica de esta parte del Pedregal cuando el botánico Jerzy Rzedowski, en 1954, estudió y clasificó las diferentes comunidades vegetales del Pedregal.

El particular paisaje de la REPSA surge debido a dos características fundamentales, una es la diversidad espacial, dada por las formas caprichosas en las que la lava se solidifica; esto promueve una gran diversidad de espacios y condiciones para la vida. La otra es la diversidad temporal dada por la disponibilidad de agua (en la Cuenca de México la temporada lluviosa sólo dura seis meses, de mayo a octubre) y por el proceso de sucesión natural al cual están sujetos los ecosistemas.

La diversidad topográfica hace que el Pedregal sea el lugar florístico más diverso de la Cuenca. Esta alta diversidad también se debe a su ubicación ya que en esta zona del país convergen dos reinos biogeográficos: el neártico y el neotropical; es decir, en este punto conviven especies originadas y adaptadas a climas fríos y tropicales. Por ejemplo, de las familias de plantas presentes en la Reserva más de la mitad tienen afinidades tropicales, mientras que alrededor del 20% son de origen templado y el resto son cosmopolitas⁵⁴.



Figura 53. Algunas plantas de la REPSA



Figura 54. Vista panorámica de la REPSA

<https://www.gaceta.unam.mx/la-repsa-ecosistema-unico-en-el-planeta/>

JARDINES BOTÁNICOS conservación *ex situ*

Los jardines botánicos son un gran ejemplo de la conservación *ex situ*, ya que son instituciones dedicadas al estudio de las plantas y su conservación⁵⁵. Son espacios que exhiben colecciones de especies vegetales con información documentada y actualizada, cada ejemplar cuenta con información que permite reconocerla (nombre científico, nombre común, origen, distribución geográfica y usos). A demás se cuentan con programas de cultivo, de educación ambiental y de investigación⁵⁶.

Los jardines botánicos son considerados museos vivos, ventanas a la biodiversidad vegetal e instrumentos para la conservación. Estos apoyan a la conservación de diversas maneras estudian la diversidad vegetal y cuáles son las especies amenazadas o raras⁵⁷; generan protocolos de cultivo y reproducción de especies silvestre poco conocidas, como miras a la reintroducción y restauración⁵⁸ y promueven la difusión de conocimientos por medio de educación ambiental y exposiciones⁵⁹.

⁵⁴ <http://www.repsa.unam.mx/>

⁵⁵ Vovides *et al.*, 2010.

⁵⁶ Reyes-Santiago, 2016.

⁵⁷ Marris, 2006 en Reyes Santiago, 2016.

⁵⁸ Bramwell, 1991 en Reyes Santiago, 2016

⁵⁹ Vovides *et al.*, 2010

Reyes-Santiago, 2016 indica que en la ciudad de México hay siete Jardines Botánicos con diferentes colecciones, aunque no todos cumplen con características antes mencionadas:

El Jardín Botánico del Palacio Nacional tiene una exhibición de plantas ~~suculentas~~ mexicanas y un pequeño arboretum.

El Jardín Botánico de Chapultepec tiene colección de plantas nativas, ~~exóticas~~ y orquídeas.



El Jardín Botánico de plantas medicinales de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía del Instituto Politécnico Nacional alberga plantas medicinales, principalmente europeas.

El Jardín Botánico de la Benemérita Escuela Nacional de Maestros muestra plantas nativas y exóticas con fines didácticos.

El Jardín Botánico De la Cruz-Badiano de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM, cuenta con cactácea, plantas medicinales, árboles frutales, ornamentales y un arboretum.

El Jardín Botánico del Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, A. C. alberga agaváceas, crasuláceas, plantas exóticas, plantas de agricultura, medicinales entre otras.

El Jardín Botánico del Instituto de Biología tiene varias colecciones, sus principales colecciones de exhibición son cactáceas, agaváceas, crasuláceas, dalias, plantas medicinales, un arboretum de pináceas e invernaderos con especies tropicales (figura 55). También alberga especies de orquídeas, especies ornamentales rupícolas, y acuáticas.

En dicho Jardín se realiza investigación y se realiza la conservación *ex situ* de 577 de las 7320 especies endémicas de México, así como la conservación de al menos 266 especies en riesgo incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059.

Los trabajos de investigación tienen un enfoque etnobotánico, taxonómico sobre cactáceas, agaváceas, orquídeas y palmas. Así también se realizan investigaciones sobre anatomía, citología y cultivo de tejidos.

En el Jardín Botánico del IBUNAM se realizan trabajos de investigación por estudiantes de nivel licenciatura y posgrado por lo que la docencia también tiene lugar, por otra parte, se desarrollan actividades de difusión para el público en general. Por todo lo anterior es pertinente destacar que el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM es el único en la ciudad de México que se puede considerar como tal.



Figura 55. Jardín Botánico del Instituto de Biología UNAM. Tomado de <http://ciencia.unam.mx/leer/812/jardin-botanico-de-la-unam-un-museo-vivo>

El Seminario Ciencia y Tecnología Ambiental: Ecología del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur tiene vinculación académica con el Jardín Botánico del IBUNAM a través de la M. C. Aída Téllez (figuras 56) quien es la técnica académica encargada de la Colección viva de Orquídeas del Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM. La maestra Téllez participa en el seminario, ha impartido conferencias, cursos, talleres sobre orquídeas tanto a profesores como estudiantes del CCH Sur.



Figura 56. Maestra Aída Téllez con estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades plantel sur, en la colección de orquídeas del Jardín Botánico. Fotografía C. Garduño.

ZOOLÓGICOS conservación *ex situ*

Antiguamente los zoológicos eran espacios recreativos y de exhibición de animales no humanos, pero en 1992 se estableció el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) que incluye el compromiso de considerar a los zoológicos como parte de las herramientas de la conservación *in situ*⁶⁰. Por lo que actualmente los zoológicos son centros de conservación *ex situ* con objetivos enfocados en la recuperación de especies prioritarias y en peligro de extinción, en la protección de los ecosistemas naturales y en la educación ambiental⁶¹.



La ciudad de México tiene tres zoológicos importantes y reconocidos: el zoológico de Chapultepec, el zoológico San Juan de Aragón y el zoológico Los Coyotes, los cuales se encuentran registrados ante la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) y de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) como una unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) y se rigen por la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México (SEDEMA), a través de la Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre (DGZVS)⁶².

Por otra parte, también se cuenta con la Dirección de Bioética y Vida Silvestre (DBVS) y la Dirección Técnica y de Investigación (DTI). La DBVS coordina los proyectos de conservación *in situ* y *ex situ*, los programas de educación ambiental y las actividades relacionadas con el bienestar y la protección a los animales. La DTI se encarga de la colaboración interdisciplinaria e interinstitucional para el intercambio de especies prioritarias, así como la conducción del plan de manejo de la colección animal y de la generación y participación en proyectos de investigación⁶⁷.

De acuerdo con Rivera-Rebolledo, *et al.*, 2016b. Los tres zoológicos de la Ciudad de México albergan alrededor de 2261 individuos de 293 especies, de las cuales 105 (35.8%) son mamíferos, 45 (15.4%) reptiles, 133 (45.4%) aves, 6 (2%) anfibios y 4 (1.4%) arácnidos. Del total 10 especies son endémicas de México.

Zoológico de Chapultepec

El zoológico de Chapultepec se encuentra al poniente de la Ciudad de México en la primera sección del Bosque de Chapultepec, en la alcaldía Miguel Hidalgo. Cuenta con aproximadamente un total de 1284 ejemplares de 247 especies de fauna silvestre. Del total de especies 102 (41.3%) se distribuyen de manera natural en el territorio nacional, de las cuales 33 habitan en la ciudad y cinco son endémicas de esta entidad⁴⁰. Además, alberga fauna de todo el mundo (figura 58). Algunas especies se han logrado reproducir en el zoológico lo que contribuye a su conservación.

Algunos ejemplos de las especies albergadas en el zoológico que se encuentran en peligro de extinción son: *Romerolagus diazi*, (el conejo de los volcanes) y *Ambystoma mexicanum*, (ajolote de Xochimilco) exclusivos de la Cuenca de México; *Canis lupus baileyi*, lobo mexicano (figura 57), *Tapirus bairdii* (tapir centroamericano) *Gymnogyps californianus* (cóndor de California) entre otros de distribución nacional; *Ailuropoda*

⁶⁰ PNUMA 2012, CONABIO 2012 en Ribera-Rebolledo, *et al.*, 2016b.

⁶¹ WAZA 2005, Lascurain, *et al.* 2009 en Ribera-Rebolledo *et al.*, 2016b.

⁶² Rivera-Rebolledo, *et al.*, 2016b.

melanoleuca, el panda gigante y *Vultur gryphus* el condor de los andes de distribución internacional.

Por otra parte, el zoológico cuenta con un mariposario y un herpetario, exhibiendo diferentes especies.

El zoológico es considerado como uno de los mejores de América Latina, recibe un promedio de 5.5 millones de visitantes, para quienes se programan actividades lúdicas y recreativas como parte de los programas educativos.



Figura 57. *Canis lupus baileyi*



Figura 58. *Giraffa camelopardalis*

Fotografía G. Moreno

Zoológico de San Juan de Aragón

El zoológico de San Juan de Aragón se ubica al noriente de la Ciudad, en la alcaldía Gustavo A. Madero al lado del bosque San Juan de Aragón. Se encuentran albergadas 708 ejemplares de 152 especies diferentes de fauna silvestre, de las cuales 89 (58.6%) se distribuyen naturalmente en México; de estas especies nacionales 24 (27%) habitan en la cuenca de México y cuatro (4.5%) son endémicas de la entidad. Algunas de las especies con distribución en México que se pueden encontrar son: *Antilocapra americano* (el berrendo, figura 59) *Cynomys mexicanus* (perrito de las praderas), *Zalophus californianus* (lobo marino de California, figura 60), *Aquila chrysaetos* (águila real) y *Ara militaris* (guacamaya verde) y *Ara macao* (guacamaya roja). Entre las especies internacionales se encuentran *Giraffa camelopardalis* (jirafa), *Panthera leo* (león africano), *Hippopotamus amphibius* (hipopótamo) y *Equus quagga* (cebra). Es el único zoológico que exhibe al berrendo en México y el único en la ciudad que tiene al elefante africano (*Loxodonta africana*) ya que es el zoológico de mayor tamaño (36.1 ha).



Figura 59. *Antilocapra americana*.



Figura 60. *Zalophus californianus*.

Tomado de http://data.sedema.cdmx.gob.mx/zoo_aragon/index.php/aprende/coleccion-animal/41-berrendo y http://data.sedema.cdmx.gob.mx/zoo_aragon/index.php/aprende/coleccion-animal/67-lobo-marino

Zoológico los Coyotes

El tercer zoológico denominado los Coyotes se encuentra al sur de la ciudad, en la alcaldía de Coyoacán. Se resguardan 269 ejemplares de 56 especies de fauna silvestre nacional, 34 (60.7%) tienen distribución en la cuenca de México y ocho (14.3%) son endémicas de la región. No alberga especies internacionales por lo que se considera un zoológico regional. Entre las especies albergadas se encuentran: lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*), el ajolote (*Ambystoma mexicanum*), el conejo de los volcanes, el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*, figura 61), el águila real (*Quila chrysaetos*), el puma (*Puma concolor*, figura 62) y el coyote (*Canis latrans*). También cuenta con un pequeño herpetario.

Este zoológico además de cumplir con sus tareas de educación ambiental ofrece a sus visitantes actividades deportivas, campismo, atención a grupos scout y otros servicios por lo que se le considera como multimodal.



Figura 61. *Odocoileus virginianus*



Figura 62. *Puma concolor*

Tomado de http://data.sedema.cdmx.gob.mx/zoo_coyotes/index.php/aprende/coleccion-animal

Los zoológicos ubicados en la ciudad de México han ampliado sus objetivos y la visión de los antiguos zoológicos, sin embargo, los defensores de la vida silvestre consideran que no se puede educar a la población mostrando a los animales de vida libre confinados a espacios reducidos, los cuales no son adecuados comparándolos con las áreas que ocupan de manera natural. Por lo que es necesario que tanto profesores como

estudiantes reflexionemos sobre la pertinencia de acudir a un zoológico con la idea de aprender sobre los animales de vida silvestre cuando se tienen en condiciones de confinamiento.

Bibliografía

Acosta-Gutiérrez, R. 2016. *Pulgas ectoparásitas de aves y mamíferos (Siphonaptera)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 331-334.

Ávalos-Hernández, O., Hernández-Ortiz, V. y M. Trujano-Ortega. 2016. *Moscas y mosquitos (Diptera)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 363-369.

Boege, E. (2008). *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) Comisión Nacional Para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), México.

Cano-Santana, Z., Romero-Maya, A. y A. Rivera-García. 2016a. *Caracoles, babosas y almejas (Mollusca)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 208-218.

Cano-Santana, Z., Romero-Mata, A. y D. Fernández y Fernández. 2016b. *Lombrices de tierra (Oligochaeta)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 224-228.

Cano-Santana, Z., Romero-Mata, A., y V. López-Gómez. 2016c. *Crustáceos y miriápodos (Crustacea y Myriapoda)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 259-267.

Cano-Santana, Z., Romero-Mata, A., González-Salas, R., López-Gómez, V. y D. Torres-González. 2016d. *Neurópteros, frigáneas, cucarachas, efímeras, dipluros y otros Hexapoda*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 268-284.

Cano-Santana, Z. y A. Romero-Mata. 2016e. *Piojos (Phthiraptera)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 297-300.

Cano-Santana, Z. y A. Romero- Mara. 2016f. *Chinches y chicharritas (Hemiptera)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 306-313.

Cano-Santana, Z. y A. Romero-Mata. 2016g. *Abejas y avispas (Hymenoptera)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 357-362.

Castaño-Meneses, R. G. 2016. *Hormigas (Formicidae)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 353-356.

Costanza, R. et al., (1997). *El valor de los ecosistemas y el capital natural del mundo*. (1997). Naturaleza 387. PP 253-26.



Cram, S., Reygadas, P. D. y P. Fernández-Lomelí. 2016. *Resumen ejecutivo. Contexto físico*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol I. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 25-28.

Delgadillo-Moya, C. 2016. *Musgos (Bryophyta)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 80-86.

Durán-Barrón, C. G., Montiel-Parra, G., Valdez Mondragón, A., Villedas-Guzmán, Paredes-León, R. y T. M. Pérez. 2016. *Arácnidos (Arachnida)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 229-238.

Fragoso, C. y P. Rojas. 2014. *Biodiversidad de lombrices de tierra Annelida (Crassiclitellata)*. Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl. 85: S197-S207,

García-Aldrete, A. N. 2016. *Piojos de los libros (Psocoptera)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 301-305.

García-Prieto, L., Mendoza-Garfias, B., Romero-Mayén, A., y G. Pérez-Ponce de León. 2016. *Helminths*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 219--223.

García-Vázquez, U. O., Trujano-Ortega, M. y G. Casas-Andreu. 2016. *Anfibios*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 383-389.

García-Vázquez, U. O. y F. Méndez de la Cruz. 2016. *Reptiles*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 390-397.

Gernandt, D. S. y S. Ortiz-García. 2016. *Pinos (Pinaceae)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 99-105.

González-Soriano, E. 2016. *Libélulas (Odonata)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.285-289.

Guevara-López, L., Botello, F., y J. M. Aranda. 2016. *Mamíferos*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 421-429.

Johansen-Naime, R., Mojica-Guzmán, A. y E. Mejorada-Gómez. 2016. *Thrips (Thysanoptera)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.314-319.

Huidobro-Campos, L., Valencia, S., Álvarez-Pliego, N. y H. Espinosa-Pérez. 2016. *Peces*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 337-382.

Lara-Lara, J.R., et al. 2008. *Los ecosistemas marinos*. En: Soberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets. Capital Natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México.



Lascurain, M., R. List, L. Barraza 2009. Conservación de especies *ex situ*. En: Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México.

Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. (2008). *Estado del conocimiento de la biota, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322. Revista Mexicana de Biodiversidad 2013.

Mayén-Estrada, R., Reyes-Santos, M., Vicencio-Aguilar, M. E. y R. Aguilar-Aguilar. 2016. *Protozoarios (Protozoa)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 204-208.

Méndez-Cárdenas, M. G., Rivera-Rebolledo, J. A., Bernal-Stoop, J. F., Montijo-Arreguín, C. M. y M. B. Vega-Rosales. 2016. Estrategias de conservación de la biodiversidad. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. III. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 279-284.

Mitteermeier, R., Goettsch y P. Robles. 1997. Megadiversidad. *Los países biológicamente más ricos del mundo*. CEMEX. México.

Palacios, J. G. 2016. *Insectos cola de resorte (Collembola)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 249-258.

Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1ra. edición digital. CONABIO. México.

Reyes-Santiago, J. 2016. *Jardines Botánicos*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. III. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 336-343.

Reygadas, P. D. 2016. *Delimitación del área de estudio y regionalización*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol I. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 30-35.

Rivas, G. y A. Hoffmann. 2007. *Phylum Arthropoda*. En: Fernández-Álamo, M. A. y G. Rivas. Niveles de organización en animales. Las prensas de Ciencias, UNAM. México, pp. 233-253.

Rivera-García, E. 2016. *Ortópteros (Orthoptera)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.290-292.

Rivera-Hernández, J. E. 2016. *Flora y vegetación*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, 24-48.

Rivera-Rebolledo, J. A., Cabrera-Aguirre, E. G., Vega-Rosales, M.B. y C. M. Montijo-Arreguín. 2016a. *Introducción de las experiencias y oportunidades de conservación*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. III. CONABIO/SEDEMA, México, pp.262-266.

Rivera-Rebolledo, J. A., Cabrera-Aguirre, E. G., Vega-Rosales, M.B. y C. M. Montijo-Arreguín. 2016b. *Zoológicos*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. III. CONABIO/SEDEMA, México, pp.344-357.

Romero-Mata, A. y Z. Cano-Santana. 2016. *Palomillas o mariposas nocturnas (Lepidoptera)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 343-352.



Sánchez, O., M. Herzig, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (Eds.) (2007) *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. INE, Semarnat. México.

Sierra Jiménez, et al., (2014). *México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas*. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Número 60 (16-22).

Sierra, S., Castro-Santiuste, S., Izquierdo-San Agustín, L. y I. Rodríguez-E. González-Mendoza y J. Cifuentes. 2016. *Hongos macroscópicos (Fungi)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 67-78.

Tejero-Díez, J. D. y A. N. Torres-Díaz. 2016. *Licopodios y helechos (Pteridobionta)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 87-98.

Toledo, V. M. 1997. *La diversidad ecológica de México*. Pp. 111-138. En: El Patrimonio Nacional de México, Vol. 1. E. Florescano, (ed.). México.

Toledo, V. M. 1998. *Economía de la biodiversidad*. PNUMA. México. 48 pp.

Toledo, V. M., P. Alarcón-Chaires, P. Moguel, A. Cabrera, M. Olivo. E. Leyequine y A. Rodríguez Aldabe, (2001). *El Atlas Etnoecológico de México y Mesoamérica*. Etnoecológica 8: 7-41.

Torres-Colín, R. 2016. *Diversidad de especies vegetales vasculares*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 56-60.

Trujano-Ortega, M. A. y A. Luis-Martínez. 2016. *Mariposas diurnas (Rhopalocera)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 335-342.

Volvides, A. P., Linares, E. y R. Bye. 2010. Jardines Botánicos de México: historia y perspectivas. Secretaría de Educación de Veracruz, México.

Zaragoza-Caballero, S. 2016. *Escarabajos (Coleoptera)*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 320-326.

Ciberografía

1. Mastretta-Yanes y Acevedo, F. 2020. ¿Qué es la diversidad natural y cultural? CONABIO, Cd de México. Contenido: Actualizado 08/07/2021. 06:12 horas. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/que-es>
2. Hugo Nieto 2008. Glosario de términos de bioseguridad. Biodiversidad CONABIO. Recuperado el 23 de junio de 2021 <http://medioambientehbn.blogspot.com/p/bio.html>.
3. CONABIO. 2021. Distribución de las especies. Recuperado el 20 de julio de 2021 de <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/distribesp>
4. REPSA, 2021. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Consultado en mayo de 2021 de <http://www.repsa.unam.mx/>



D. LA BIODIVERSIDAD, CONOCER PARA CONSERVAR



Escrito por México Social (2018). Recuperado de: <https://www.mexicosocial.org/proteger-la-biodiversidad/>
Proteger la biodiversidad (2019). México_Social. Español

ACTIVIDADES CURRICULARES

Programa y contenidos que apoya:

Biología II. Unidad 2. Tema 2: Biodiversidad y conservación biológica

Aprendizaje: Identificar el concepto de biodiversidad y su importancia para la conservación biológica.

Biología IV. Unidad 2. Tema II: Biodiversidad de México

Aprendizaje: Identifica acciones para el uso y la conservación *in situ* y *ex situ* de la biodiversidad en México.

ACTIVIDAD 1



Imagen tomada de:

<https://www.gob.mx/inpi/es/articulos/guia-ilustrada-de-plantas-medicinales-en-el-valle-de-mexico-descarga-el-nuevo-libro?idiom=es>

ESTUDIO DE PLANTAS MEDICINALES EN EL JARDÍN BOTÁNICO DEL INSTITUTO DE BIOLOGÍA DE LA UNAM, COMO EJEMPLO DE BIODIVERSIDAD

Duración: 2 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: Jardín botánico del Instituto de Biología de la UNAM.

INTRODUCCIÓN

La extracción no sostenible de recursos naturales, el cambio en el uso del suelo, el calentamiento global del planeta y otros factores derivados de las actividades humanas han alcanzado un punto crítico y está poniendo en riesgo a por lo menos 60 000 especies vegetales en todo el mundo. Este proceso alcanza niveles alarmantes en México, uno de los cinco países con mayor biodiversidad del planeta. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010), al menos 985 de las más de 22 000 especies de plantas mexicanas están en algún nivel de riesgo, ya sea que están extintas en el medio natural, en peligro de extinción, amenazadas o requieren alguna protección especial.

Frente a las altas tasas de deforestación y extinción de especies a nivel mundial, los Jardines Botánicos tienen un papel muy importante en la conservación *ex situ* de la

flora, manteniendo en sus colecciones plantas endémicas, raras o en peligro de extinción. Actualmente existen más de 1,800 jardines botánicos en 148 países del mundo. En conjunto, mantienen más de 4 millones de especímenes de plantas vivas. En estas colecciones hay representantes de más de 80,000 especies, casi un tercio de las especies de plantas vasculares del mundo ⁶³.

México cuenta con alrededor de 40 jardines botánicos, siendo el de la UNAM el más completo e importante de América Latina y de nuestro país. El Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM fue fundado en 1959 por los doctores Faustino Miranda Miguel Ruiz Oronoz y Efrén del Pozo. Desde sus inicios, el propósito del Jardín fue mantener una colección de plantas vivas representativas de la diversidad vegetal de México, la cual sirve de apoyo a la investigación y a la educación Botánica.

El Jardín Botánico tiene una superficie de 12.7 hectáreas y es una de las zonas de amortiguamiento de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA). Actualmente, el área habilitada para exhibición al público es de 2.7 hectáreas. En sus colecciones exteriores y en el invernadero, se cuenta con más de 300 camellones o jardineras, en las cuales se mantienen alrededor de 5,000 individuos correspondientes a más de 1,200 especies de plantas mexicanas que pertenecen a 112 diferentes familias botánicas.

Con más de 70,000 visitantes al año, el Jardín Botánico tiene un papel muy importante en la educación y la divulgación del conocimiento científico. Representa uno de los pocos espacios educativos y de esparcimiento donde la población de la ciudad puede estar en contacto con la naturaleza. Además de la atención directa a los visitantes, sobre todo a grupos escolares de diferentes niveles educativos. **Figura 1.**



Figura 1. Jardín Botánico de la UNAM

Tomado de: <https://desinformemonos.org/el-jardin-botanico-de-la-unam-y-mas-alla/>

El Jardín Botánico cumple un papel activo en la conservación de la biodiversidad, sobre todo de aquellos grupos de plantas amenazadas por la destrucción de sus hábitats naturales, el saqueo y comercialización ilegal. Además, colabora con las autoridades federales en el resguardo de decomisos de plantas. Por otra parte, también se llevan a cabo programas de propagación y venta de plantas de especies en peligro de extinción, como una contribución para desalentar el comercio ilegal ⁶⁴.

Uno de los principales grupos vegetales que son de interés humano es el de las plantas

⁶³ BGCI. 2002.

⁶⁴ Caballero, J. y Balcazar T.

medicinales, del cual existe una colección viva en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM. Estas plantas han sido utilizadas en la medicina tradicional y está presente en todas las culturas del mundo.

La medicina tradicional se le define como el conjunto de conocimientos y prácticas usadas en la prevención, diagnóstico y eliminación de algunas enfermedades. Es transmitido de generación en generación, en forma oral o escrita. **Figura 2.**



Figura 2. Área de plantas medicinales en el Jardín Botánico de la UNAM.

Tomado de: <https://twitter.com/FacMedicinaUNAM/status/1033354611975966720/photo/1>

Actualmente en nuestro país sobreviven generaciones de personas que aportan el conocimiento, la sabiduría y el don de curar, atendiendo tanto los males del cuerpo, como el espíritu y alma. La medicina tradicional, presente en todos los pueblos originarios de México, es un sistema de creencias y de prácticas que han ayudado a enfrentar la amenaza de las enfermedades, accidentes, desequilibrios o la muerte.

Los pueblos han compartido sus saberes con la población no indígena y así los beneficios de sus conocimientos sobre plantas medicinales, se han extendido entre los diversos sectores de la población. El Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI), se ha dado a la tarea de impulsar los trabajos de difusión del conocimiento de médicos tradicionales y parteras indígenas, con absoluto respeto a su cosmovisión y saberes que deben continuar resguardados por decisión propia ⁶⁵.



Figura 3. Plantas medicinales.

Imagen tomada de: <https://www.brunoticias.com/mexico-segundo-lugar-mundial-en-plantas-medicinales/>

⁶⁵ Gobierno de México. (2020).

En México, algunas instituciones educativas como la Universidad Autónoma de Chapingo, del Estado de México, llevan a cabo estudios sobre las cualidades de este tipo de plantas, y se han consolidado trabajos de investigación que han demostrado que se puede combatir y controlar enfermedades como el cáncer, la diabetes, etcétera.⁶⁶

OBJETIVOS

1. Comprender la importancia y la diversidad de las plantas medicinales en la Ciudad de México.
2. Realizar observaciones directas en el Jardín Botánico, en la sección de plantas medicinales para complementar lo revisado en el aula⁶⁷.
3. Realizar una visita a un mercado tradicional, por ejemplo el de Sonora, donde se vendan plantas medicinales. Hacer una lista de las principales plantas observadas, importancia, uso y aplicación. Puedes utilizar la *Guía ilustrada de plantas medicinales en el Valle de México* ⁶⁸.

MATERIALES

1. Libreta de campo
2. Lupa
3. Cámara fotográfica
4. Hojas
5. Lápices con goma.

MÉTODO

1. Conociendo el Jardín Botánico

A. Resolver el siguiente cuestionario:

1. ¿Qué es un jardín botánico? y ¿Cuáles son sus objetivos?
2. ¿Cuál es la importancia de las plantas medicinales?
3. ¿Consideras que en el Jardín Botánico están representadas todas las plantas medicinales que hay en nuestro país? ¿Por qué?
4. ¿Qué plantas medicinales conoces que no se encuentran en el jardín botánico?
5. ¿Las plantas observadas pueden vivir en cualquier ambiente? ¿Por qué?
6. ¿Qué pasaría con las plantas medicinales si se destruye su hábitat natural?

B. Visita al Jardín Botánico

El primer paso es formar equipos de tres personas y distribuir a los estudiantes en la sección de Plantas Medicinales del Jardín Botánico de la UNAM. Realizar un recorrido observando las plantas, leer los letreros de identificación y tomar fotografías de las plantas medicinales que más les interesen.

2. Investigación documental de una planta medicinal útil en la vida cotidiana.

Por equipo seleccionar mínimo cinco plantas medicinales presentes en el jardín botánico y realizar una investigación bibliográfica. Por equipo realizar una monografía de cada planta que incluya lo siguiente: título, clasificación taxonómica, características, distribución, importancia, actividades humanas que la afectan, si es una especie en peligro de extinción, ilustraciones, nombre de los autores, fecha y bibliografía.

⁶⁶ Patricia Muñetón Pérez.

⁶⁷ Guerrero, T. A. y Taboada, A. S. (2003).

⁶⁸ Guía ilustrada de plantas medicinales en el Valle de México (2020). I



3. Presentación de resultados

Presentación de los resultados de la investigación en 10 minutos de exposición y 5 para preguntas.

4. Visita un mercado tradicional

Si es posible, visitar un mercado tradicional de tu comunidad o algún pueblo cercano donde puedas adquirir plantas medicinales, tomar fotografías y preguntar: ¿cómo se llama la planta? y ¿Para qué se utiliza?



SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Participación en el trabajo de campo y en el aula.
- Elaboración y discusión del cuestionario.
- Presentación de la investigación sobre las plantas medicinales
- Trabajo en equipo

BIBLIOGRAFÍA

1. BGCI. (2002). **Estrategia Global para la Conservación Vegetal**. Botanical Garden Conservation International. Islas Canarias, España. 13 p.
2. Caballero, J. y Balcazar T. **Jardín Botánico de la UNAM uno de los más importantes del mundo**. Ciencia y Tecnología.
www.medigraphic.org.mx
3. Gobierno de México (2020). **Instituto Nacional de los Pueblos indígenas. Guía ilustrada de plantas medicinales en el Valle de México** (Descarga el nuevo libro).
4. Guerrero, T. A. y Taboada, A. S. (2003). **El jardín botánico del Instituto de biología de la UNAM, como apoyo para el estudio de las plantas medicinales. En: Actividades prácticas para alumnos del bachillerato**. En el Jardín botánico del Instituto de Biología de la UNAM. Linares, E. y Hernández, C.
5. Muñetón Pérez P. **Plantas medicinales: un complemento vital para la salud de los mexicanos**. Entrevista con el Dr. Erick Estrada Lugo.
<http://www.revista.unam.mx/vol.10/num9/art58/art58.pdf>
6. <https://www.gob.mx/inpi/es/articulos/guia-ilustrada-de-plantas-medicinales-en-el-valle-de-mexico-descarga-el-nuevo-libro?idiom=es>

ACTIVIDAD 2



Imagen tomada de:

<https://www.facebook.com/LosPalosLocos/photos/a.317882848628694/748974978852810/>

ESTRUCTURA Y PROCESOS EN EL ECOSISTEMA

Duración: 2 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: Sendero Ecológico del Plantel Sur

INTRODUCCIÓN

Ecosistema presente en el Sendero Ecológico del Plantel Sur del CCH

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) es uno de los últimos refugios de una extraordinaria riqueza biológica, se ubica en el campus universitario y coexiste con uno de los sistemas urbanos más complejos y contaminados del mundo. Se localiza al Sur de la Ciudad de México, sobre una zona de roca basáltica producto de la erupción del volcán Xitle hace aproximadamente 2,300 años. El Pedregal de San Ángel es el más grande de los pedregales y contiene el mayor número de especies vegetales que cualquier otra área de igual extensión en el Valle de México, es decir, es la zona florística más rica de la cuenca.

El Pedregal de San Ángel incluye la zona de vegetación de matorral xerófilo, el cual cuenta con un número importante de especies. Presenta un sustrato muy heterogéneo

y el estrato arbóreo es casi inexistente debido a la escasez de suelo, el estrato arbustivo está bien representado por la especie típica llamada “palo loco”, *Senecio praecox*.

En relación a la fauna, cuenta con gran cantidad de especies de insectos, aves, reptiles y mamíferos⁶⁹. Por lo anterior, nuestro Plantel representa un privilegio y una responsabilidad para su manejo y conservación.

En un esfuerzo por proteger y conservar *in situ* la flora y fauna nativas del Pedregal de San Ángel en el Plantel Sur del CCH, un grupo de profesoras se dio a la tarea de desarrollar un proyecto de conservación en un área verde. Se diseñó un proyecto para su rescate, conservación y utilización académica y recreativa a través de la habilitación de un Sendero Ecológico. El área elegida cuenta con una superficie de 2 mil 710 m² y se encuentra localizada en el extremo noroeste del Plantel, colindando con el Jardín Botánico Exterior, la Reserva Ecológica de la UNAM y las canchas deportivas del Plantel.

El 5 de junio del 2000 se logró que esta área se decretará como Área de Reserva y se inició la construcción del Sendero Ecológico, el cual fue inaugurado el 17 de octubre del 2003.

En el Sendero Ecológico se encuentran representadas muchas de las especies características de la REPSA, algunas de las cuales se encuentran amenazadas o en peligro de extinción; de ahí la importancia de contar con este espacio para el cuidado y conservación de las especies y para realizar labores de investigación, docencia y difusión.

El sendero Ecológico Interpretativo es un camino destinado al conocimiento de las especies vegetales de la zona, sus interacciones e importancia. Está conformado por 12 estaciones en las cuales se señalan las especies presentes en el área.

El ecosistema del Pedregal de San Ángel presenta dos estaciones climáticas a lo largo del año: la época de secas que abarca del mes de noviembre a principios del mes de mayo y la época de lluvias que inicia a finales de mayo y se extiende hasta octubre ⁷⁰.

OBJETIVOS

1. Conocer las características del ecosistema del Sendero ecológico del Plantel Sur.
2. Identificar los niveles de organización ecológica, niveles tróficos y flujo de energía
3. Explicar las relaciones intra e interespecíficas que se pueden establecer en la comunidad.
4. Valorar la importancia de conservar las especies del Pedregal de San Ángel presentes en el Sendero.

MATERIALES

- Libreta de campo.
- Lápiz.
- Cámara fotográfica y/o de video.
- Binoculares.
- Gorra, ropa y zapatos cómodos.
- Impermeable (época de lluvias).
- Botella de agua.
- Guía para el profesor para la visita al Sendero Ecológico.

⁶⁹ Rojo A. y Rodríguez, J. 2002.

⁷⁰ Garduño, A. C. et al., (2006).



PROCEDIMIENTO

Actividades de apertura

Ubicar a los estudiantes en el puente del Sendero Ecológico para que puedan contestar las siguientes preguntas:

- ¿Qué emociones sientes al observar la diversidad biológica del Sendero?
- ¿Cuál crees que sea la importancia de conservar el área?
- ¿Qué actividades propones para su conservación?



Actividades de desarrollo

Actividad 1. Niveles de organización ecológica

Organizar a los estudiantes por equipos y asignar al azar una de las estaciones del sendero.

Los alumnos observan la figura 1 y posteriormente identifican los niveles de organización ecológica y los describen en el siguiente cuadro.

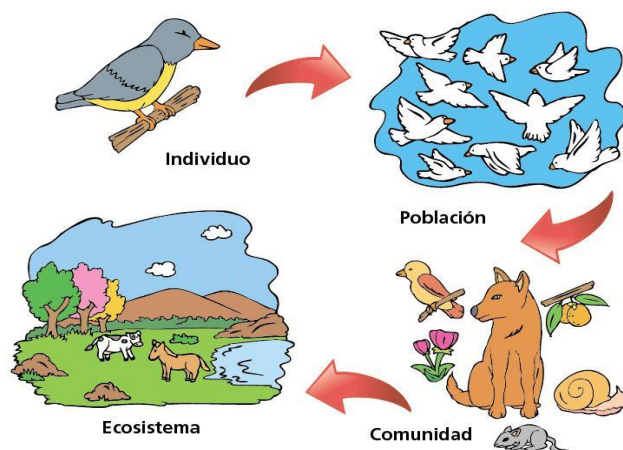


Figura 1. Esquema de niveles de organización.

Tomada de <https://images.app.goo.gl/e6VPLabPMDmKfSkA7>

Actividad 2. Componentes del ecosistema

Escribe los factores bióticos y abióticos observados en el Sendero ecológico. Ver **figura 2**.

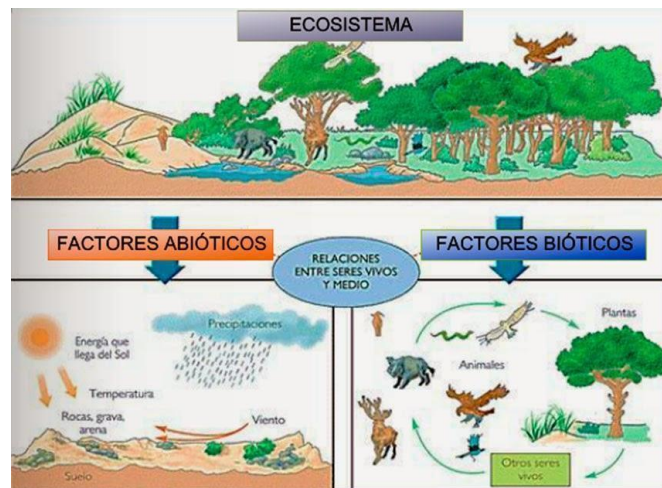


Figura 2. Factores abióticos y bióticos

Tomado de: <https://brainly.lat/tarea/21814833>

Factores abióticos	Factores bióticos
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

Actividad 3. Flujo de energía

A partir del estudio de dos estaciones del Sendero ecológico realizar un esquema del flujo de energía. Ver **figura 3**.



Figura 3. Flujo de energía en los ecosistemas.

Tomado de <http://ecologianayelii.blogspot.com/2014/06/piramide-trofica-y-piramide-alimenticia.html>

Flujo de energía



Actividad 3. Relaciones intra e interespecíficas

1. En las siguientes fotografías identifica el tipo de relación (intra o interespecífica) que se presenta en el Sendero Ecológico

Tipo de relación identificada: _____

Organismos implicados: _____



Tipo de relación identificada: _____

Organismos implicados: _____



Toma fotografías de otras tres relaciones intra o interespecíficas que identifiques y señala lo siguiente:

Tipo de relación identificada: _____

Organismos implicados: _____

Tipo de relación identificada: _____

Organismos implicados: _____

Tipo de relación identificada: _____

Organismos implicados: _____

Nota: para la sesión de cierre lleva en un USB las fotografías tomadas para comparar los resultados en las diferentes estaciones.

Actividades de cierre

En el salón de clases se discuten las actividades realizadas en el sendero ecológico.
Contestar en plenaria las siguientes preguntas

¿Cuáles son las principales características de las estaciones observadas?

¿Te gustaron las actividades realizadas en el sendero ecológico? ¿Por qué?

¿Qué acciones podemos realizar para conservar el Sendero?

Bibliografía

1. Rojo A. y Rodríguez, J. 2002. **La flora del Pedregal de San Ángel.** INE_SEMARNAP. México.
2. Garduño, A. C. et al., (2006). **Guía para el profesor para la visita al sendero ecológico.** Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur, UNAM.



ACTIVIDAD 3



Fotos tomadas por Tototl

OBSERVACIÓN DE AVES EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Duración: Una sesión mensual

Sitio donde se llevará a cabo: Diferentes áreas de la Ciudad de México

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la población humana habita principalmente en las ciudades. Lo anterior ha provocado un desconocimiento sobre el medio que nos rodea y las especies que lo habitan. Sin embargo, uno de los grupos de animales con el que más contacto tenemos son las aves. El alto número de especies y su movilidad hacen que su detección visual y auditiva sea más fácil de identificar que otros grupos de animales⁷¹.

En México habitan alrededor de 1100 especies de aves, siendo uno de los 10 países con mayor diversidad. De éstas, poco menos de 100 son endémicas de México, es decir, habitan única y exclusivamente en nuestro país. Las aves utilizan diversos ambientes a lo largo y ancho del territorio nacional, desde desiertos hasta selvas húmedas, desde las costas hasta las montañas e incluso compartimos con ellas las ciudades en donde vivimos.

Vivir en las ciudades representa un gran reto para las aves, por lo que no todas las especies son capaces de sobrevivir en ellas. No obstante, es posible observar una gran cantidad de especies al interior de las grandes urbes. En nuestro país, el crecimiento de las ciudades aumenta de forma vertiginosa y desordenada, poniendo en riesgo no solo la conservación de la vida silvestre, sino la calidad de vida de sus habitantes.

⁷¹ López Mendoza I.

Actualmente la mayor parte de la población mexicana habita en ciudades, lo cual incrementa la presión que ejerce la urbanización sobre los ecosistemas naturales ⁷².

La Ciudad de México (CDMX) “casi siempre se asocia al crecimiento urbano y sus consecuentes problemas medioambientales y sociales”, sin embargo, también está compuesta por un mosaico paisajístico originado de la sinergia de condiciones del ecosistema natural que favorece la existencia de al menos 355 especies de aves encontradas en áreas verdes periurbanas y urbanas⁷³.

La observación de aves es una actividad que permite relajarte y conectarte con la naturaleza en medio del caos de la ciudad. Gustavo Hernández integrante de Tótotl comenta que «en el mundo existen más de 10 mil aves, de las cuales más de 1100 especies se pueden ver en México. Es decir, el 10% de todas las aves se encuentra en nuestro país. Y precisamente *en la CDMX, se pueden ver más de 300 especies de aves, es decir, el 30 % de las especies que hay en el país*. Esto se debe a que aquí existen muchos cuerpos de agua que las atraen»⁷⁴.



¿Dónde y con quién podemos observar las aves?

En el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Sur, un grupo de profesores realiza recorridos programados en las áreas verdes que conservan vegetación nativa, como el Sendero ecológico y el jardín botánico, con el propósito de observar e identificar aves. Esta actividad es parte de una estrategia integral para el estudio de los temas de Biodiversidad, deterioro ambiental y conservación de los programas de Biología II y IV.

Tótotl es un grupo de biólogos y aficionados a las aves que se dedica a organizar y dirigir la observación de aves llamadas pajareos. La actividad se realiza en diferentes áreas de la Ciudad de México de manera gratuita y abierta a todo público.

Tototl tienen un convenio con la UNAM y la Secretaría de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) para realizar una salida cada primer sábado del mes dentro de la Universidad. Los pajareos se anuncian en su página de Facebook y en la página de la REPSA, por ello los profesores tenemos la oportunidad de programar con anticipación esta actividad con nuestros alumnos. A los pajareos pueden acudir todo tipo de público, desde biólogos, ornitólogos, estudiantes, hasta novatos o aficionados. Además, Tototl también hace salidas al Parque Ecológico de Xochimilco, la Laguna de San Gregorio Atlapulco, Parque Ecológico de la CDMX y Viveros de Coyoacán, lo cual permite que los estudiantes que viven cerca de estos lugares puedan asistir con su profesora, previo aviso al Colegio y permiso de sus padres ya que son menores de edad⁷⁵.

La organización de **estudiantes de licenciatura de Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) llamados UAMeros Pajareros** organizan pajareos que pueden consultarse en su página de Facebook ⁷⁶. Pajarear, observar y disfrutar para preservar revela un trabajo arduo de los UAMeros pajareros, grupo autónomo conformado por estudiantes que promueven actividades para el conocimiento y conservación de las aves. La actividad se realiza en el Jardín Botánico de la UNAM, el

⁷² Ortega Álvarez R. et al. (2015).

⁷³ Dirección de Comunicación Social. (2020).

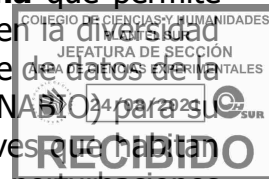
⁷⁴ Martínez García N. (2017).

⁷⁵ Martínez García N. (2017).

⁷⁶ <https://www.facebook.com/UAMerospajareros/>

Bosque de Chapultepec, el Parque Ecológico de Xochimilco, los Humedales de Tláhuac, la Laguna de Zumpango, Coajomulco y el Lago de Texcoco ⁷⁷.

El Museo de Historia Natural ofrece un programa de Monitoreo participativo de aves en el Bosque de Chapultepec. Es una actividad de **ciencia ciudadana** que permite capacitar a los visitantes en la observación de aves, registrar cambios en la diversidad y su número. Los datos obtenidos son registrados e ingresados a la base de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) para su posterior análisis, el cual permite conocer las diferentes especies de aves que habitan en determinada localidad, además de facilitar la detección de perturbaciones ambientales. En este estudio, algunas especies sirven como indicadores dada su capacidad para reaccionar a los cambios en el entorno.



Pueden participar todas las personas que lo deseen mayores de 15 años, que adquieran el compromiso de ser constantes en los monitoreos a fin de que los datos obtenidos sean precisos. La participación del público es importante ya que con sus observaciones contribuyen al listado de aves del Bosque de Chapultepec. Asimismo, a través del conocimiento de la avifauna, los participantes comprenden mejor el papel ecológico que juegan estos organismos dentro del ambiente, además de desarrollar sus sentidos, ya que observar aves favorece una mejor percepción del entorno.

Esta actividad se lleva a cabo los viernes de todo el año, de 08:00 a 11:00 h, en los alrededores de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, a lo largo de un recorrido de aproximadamente 4 kilómetros. El monitoreo tiene un costo de \$11.00 pesos. Para mayores informes los profesores interesados pueden comunicarse al Área de Investigación y Colecciones al 5515-0739 ext. 114 ⁷⁸.

El Programa de Aves Urbanas (PAU) que, bajo un esquema de "**ciencia ciudadana**", invita a la población en general de distintas ciudades del país a participar en uno o varios de sus proyectos para recabar datos sobre las aves que viven con nosotros en las urbes ⁷⁹.

El PAU propuesto e impulsado por la CONABIO, es una iniciativa que comprende un conjunto de proyectos cuyo objetivo principal es el de promover el interés y la participación ciudadana en la observación de aves para brindar opciones recreativas a las personas que viven en ciudades y simultáneamente conocer más sobre las aves urbanas. Los proyectos que comprende el PAU son: 1. Grupos de observadores de aves, 2. OOIR aves: Oye, Observa, Identifica y Reporta a las aves de tu calle. 3. Todos los Parques, Todas las Aves. 4. Volando entre el Campo y la Ciudad. 5. Exploradores del Parque. 6. Las más Buscadas y Plumas Ambulantes ⁸⁰.

Naturalista. La Conabio se encarga de difundir a través de diversos medios de comunicación la invitación a la ciudadanía para participar en el Programa de Aves Urbanas. Los interesados observan, escuchan y reportan las **aves presentes en su localidad**, así como la riqueza y la abundancia de éstas. La participación de alumnos

⁷⁷ Dirección de Comunicación Social. (2020). Pajarear: una vista desconocida de la urbe y sus aves. Boletines UAM. Número 059.

⁷⁸ Gobierno de la Ciudad de México. Secretaria del Medio Ambiente. Monitoreo participativo de aves <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/museodehistorianatural/index.php/actividades/talleres/monitoreo-observacion-aves>

⁷⁹ Ortega Álvarez R. et al. (2015).

⁸⁰ *Idem*

promueve el reconocimiento de la importancia de la vegetación en los parques y zonas urbanas, la sobrevivencia, reproducción y la necesidad de la participación ciudadana en proyectos que permitan conocer más y mejor la diversidad de aves en la ciudad⁸¹.

Por lo anterior, es de gran importancia que los profesores y alumnos del CCH participemos en los proyectos de la red de ciencia ciudadana de observación de la naturaleza que promueven la UNAM y la Conabio.

La observación de aves es una actividad recreativa y formativa que se puede realizar individualmente o en grupos, ya sea desde la ventana de una casa, en un parque, jardín o cualquier área verde. Esta actividad ha sido una herramienta adecuada para que los alumnos del bachillerato de la UNAM, comprendan aspectos básicos sobre la adaptación de las aves a su entorno natural y por otro lado, sirve de modelo para entender la importancia de la conservación de la biodiversidad de nuestro país, así como sus relaciones con el ambiente y otras especies de plantas y animales⁸².



OBJETIVOS

1. Promover la reflexión y el pensamiento crítico de los alumnos a través del estudio, observación e identificación de las aves, para conocer su diversidad, problemática y proyectos de conservación.
2. Comprender la importancia de los ecosistemas a partir del estudio, observación e identificación de aves.
3. Identificar la presencia de las aves más comunes en el medio urbano y conocer sus principales funciones ecológicas.
4. Conocer las características físicas externas de las aves y las adaptaciones morfológicas según su lugar de vida y su alimentación.
5. Valorar el impacto que las actividades humanas producen en la población de aves urbanas.
6. Disfrutar del ambiente paisajístico de la vegetación y tener un contacto estrecho con la naturaleza.
7. Fomentar la adquisición de una serie de valores que motiven el interés y la preocupación por el medio ambiente.

MATERIAL

- Libreta de campo y lápiz.
- Cámara fotográfica y/o de video.
- Binoculares.
- Gorra, ropa y zapatos cómodos.
- Impermeable (época de lluvias).
- Botella de agua.

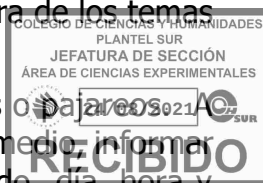
⁸¹ Bonilla Hidalgo J. (2021).

⁸² Becerril González M. (2018)..

PROCEDIMIENTO

A continuación, se presenta el procedimiento detallado de los pajareos en las diferentes áreas de la Ciudad de México:

1. Estudiar las aves urbanas en el salón de clase como actividad integradora de los temas de biodiversidad, deterioro y conservación (ver tabla número 1).
2. Programar una salida con alguno de los grupos de observación de aves o pajareos, a partir de la información publicada en el boletín REPSA, Facebook u otro medio; informar y organizar con los alumnos la salida de observación de aves acordando día, hora y lugar. Solicitar el permiso correspondiente en la dirección del Plantel y con los padres de familia.
3. Llevar ropa cómoda y de colores neutrales, así como calzado adecuado para clima y terreno inestable.
4. Se recomienda llevar cámara fotográfica, agua, bloqueador, sombrero o gorra.
5. Se sugiere que los alumnos que tengan binoculares los lleven a los recorridos, pero si no cuentan con este material, los coordinadores de los pajareos les pueden proporcionar este material.
6. Las aves observadas son identificadas a través guías que integran fotografías de las especies, diferencias entre hembras y machos, nombre común y científico, etc. Previamente proporcionarles a los alumnos la liga para imprimir la "*Guía de campo de aves comunes de la Ciudad de México*" http://www.paismaravillas.mx/assets/pdf/guia_aves_comunes.pdf (ver la guía en la **figura 2)** ⁸³.
7. Durante el recorrido se pueden tomar fotos o sólo realizar las observaciones o escuchar el canto de las aves.
8. Hacer el registro de las aves observadas.
9. También se recomienda consultar la página de CONABIO, titulada "Cantos de aves de la Ciudad de México", en esta página se han seleccionado 20 especies para reconocerlas por sus cantos ⁸⁴.
10. Realizar el registro de acuerdo al formato número 1.
11. Discusión de las observaciones de las principales especies de aves observadas, características del ecosistema y problemática



⁸³ *Guía de campo de aves comunes de la Ciudad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).*
www.biodiversidad.gob.mx

⁸⁴ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Biodiversidad Mexicana. Ciencia Ciudadana
https://www.biodiversidad.gob.mx/assets/images/especies/aves_cdmx/img_md_f_b.png

Tabla núm. 1 Estudio de las aves

¿Quiénes son las aves?	Para descubrir la presencia de las aves como compañeros en la ciudad y conocer sus funciones ecológicas.
¿Cómo son las aves?	Para identificar las aves más comunes en nuestro territorio y conocer sus características físicas externas.
¿Dónde viven las aves?	Para analizar las adaptaciones morfológicas de las aves según el lugar que habitan.
¿Qué comen las aves?	Conocer cómo se alimentan las aves e identificar aves según sus picos.
¿Para qué están las aves en el mundo?	Identificar las funciones ecológicas de las aves.
¿A dónde van las aves?	Conocer las rutas migratorias de las aves que llegan a nuestro territorio y valorar las capacidades y el esfuerzo físico en el proceso de migración.
Los "dolores de cabeza" de las aves.	Descubrir los problemas de caza, vida en cautiverio, cableado eléctrico, desecación de humedales, tala y demás problemas a los que se enfrentan las aves para su supervivencia. Proponer alternativas de ayuda a las aves.



La Clase Aves es uno de los grupos de vertebrados mejor conocidos en el mundo

(10)

Pedrete corona negra
Black-crowned Night-heron
Nycticorax nycticorax
56 - 64 cm

Garza verde
Green Heron
Butorides virescens
38 - 43 cm

Garza blanca
Great Egret
Ardea alba
84 - 100 cm

Garza ganadera
Cattle Egret
Bubulcus ibis
45 - 53 cm

Garceta pie-dorado
Snowy Egret
Egretta thula
48 - 60 cm

Pelicano blanco
American White Pelican
Pelecanus erythrorhynchos
95 - 115 cm

Anatomía de las aves

Categorías

Residencia	Endemismo	Categoría de riesgo
Residente todo el año	Endémica de México	Norma Oficial Mexicana (NOM)
Migratoria visitante de verano	Exótica	Sujeta a protección especial
Migratoria visitante de invierno	Microendémica (Hábitat y Mito Alto Naturales sub-puntuales monarca)	En peligro de extinción

Conoce más sobre las aves

Comparte tus observaciones en

aVerAves

<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/aves.html>

Concepto: Humberto Berlanga, Victor Vargas, Vicente Rodríguez, Carlos Galindo Leal
Ilustraciones: Marco Pineda • Diseño gráfico: Bernardo Terroba Arechavala

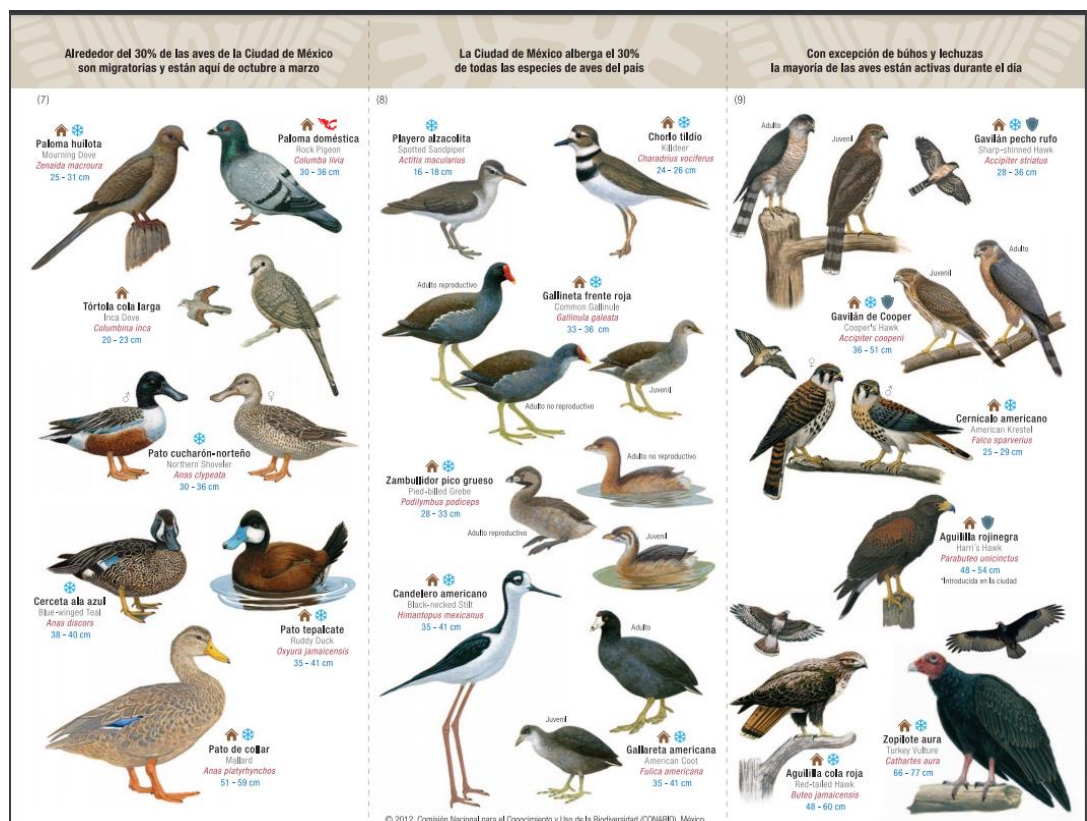
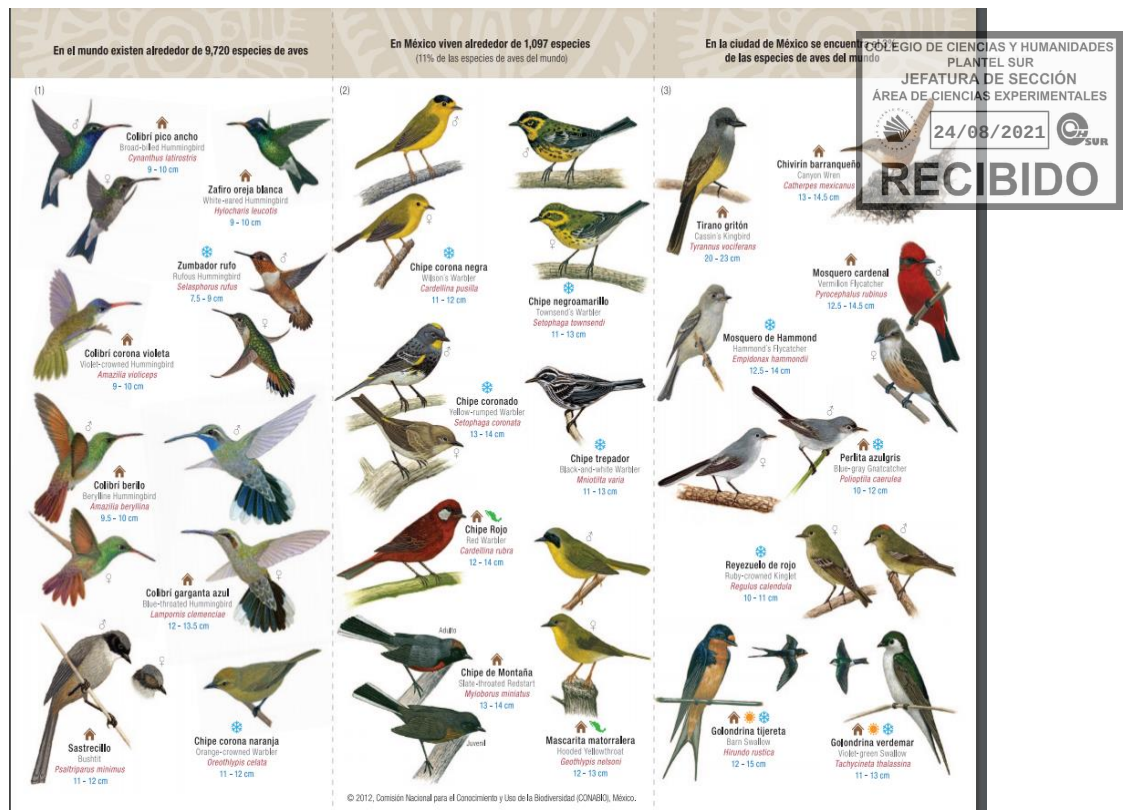
CONOCE LA RIQUEZA NATURAL DE MÉXICO
www.biodiversidad.gob.mx

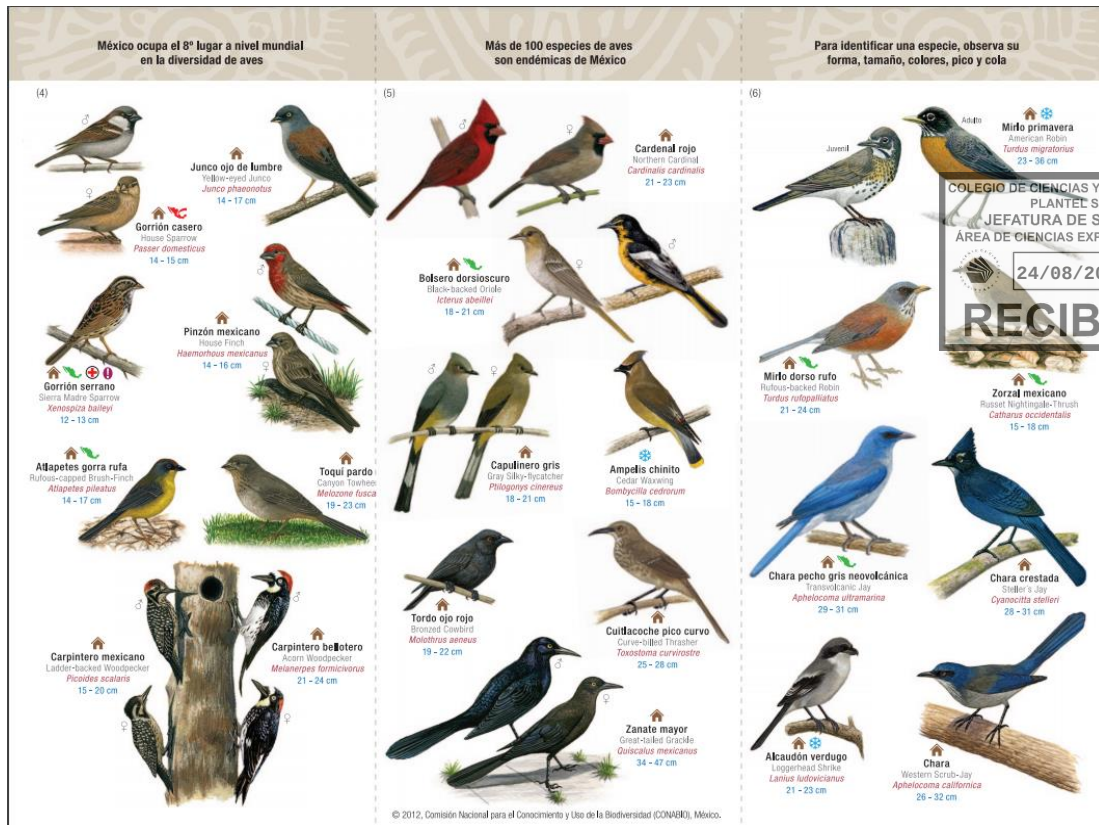
BIODIVERSIDAD MEXICANA

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

CONASIO
GOBIERNO FEDERAL

Figura 2. “Guía de campo de aves comunes de la Ciudad de México”
 Tomada de : http://www.paismaravillas.mx/assets/pdf/quia_aves_comunes.pdf





FORMATO NÚMERO 1. AVES OBSERVADAS

Especie: _____

Nombre común: _____

Localidad: _____

Fecha: _____

Hora: _____

Observador: _____

Actividad del Ave: _____

Número de ejemplar: _____

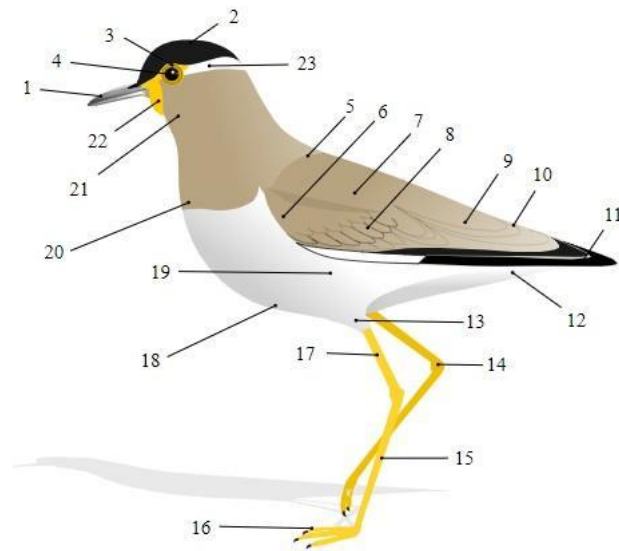


Imagen tomada de: <https://www.lifeder.com/sistema-respiratorio-aves/>

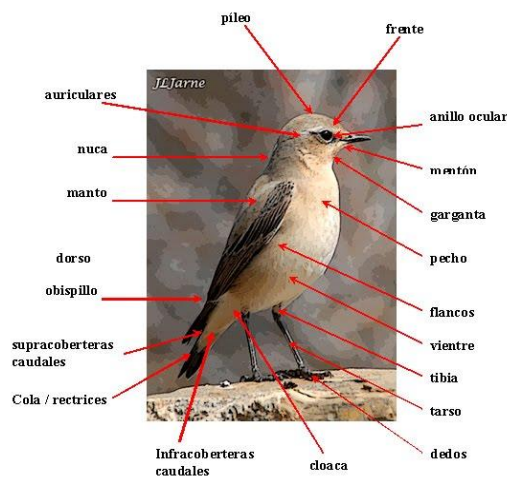


Imagen tomada de: <https://ccnn2010.blogspot.com/2013/03/aves-morfologia-externa.html>

SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Asistencia y participación en los pajareos
- Registro de sus observaciones de acuerdo al formato
- Reporte escrito por equipos y presentación de resultados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bonilla Hidalgo J. (2021). **Disfrutan contar las aves urbanas**. Gaceta CCH. 03 mayo.
2. Becerril González M. (2018). **Manual de prácticas de laboratorio para apoyo a las asignaturas de Biología III Y IV. Secretaría de apoyo al aprendizaje**. Departamento de laboratorios Técnicos académicos. Colegio de Ciencias Humanidades Plantel Sur. UNAM.

3. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Biodiversidad Mexicana. Ciencia Ciudadana
https://www.biodiversidad.gob.mx/assets/images/especies/aves_cdmx/img_md_f_b.png
4. Dirección de Comunicación Social. (2020). **Pajarear: una vista desconocida de la urbe y sus aves**. Boletines UAM. Número 059.
5. Gobierno de la Ciudad de México. Secretaría del Medio Ambiente. Monitoreo participativo de aves.
6. López Mendoza I. **Proyecto de iniciación a la educación ambiental "taller de aves urbanas un acercamiento a la naturaleza de nuestras ciudades**. Asociación Española de Educación Ambiental, Aptdo. 533, 18080, Granada.
7. Martínez García N. (2017). **¿Te gusta pajarear en la CDMX?** Cinco opciones para hacerlo pro. Chilanga.
8. Ortega Álvarez R. et al. (2015). **Programa de aves urbanas (PAU). Manual ilustrado**. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) iniciativa para la conservación de las aves de américa del norte – México (nabci – México).



ACTIVIDAD 4



**Ecosistema xerófilo del Parque Ecológico de la Ciudad de México.
Fotografía tomada por García Pérez Lizbeth**

Diversidad paisajística producto del derrame lávico del Xitle

Duración: 2 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: Parque Ecológico de la Ciudad de México.

INTRODUCCIÓN

La zona de la Cuenca de México es considerada una de las regiones más ricas en biodiversidad. Una de las principales razones es que se superponen las regiones neárticas y neotropical, lo que la convierte en una zona de transición muy rica en especies nativas y endémicas⁸⁵.

El principal aspecto en relación a la vegetación existente en la zona, es la presencia de un matorral xerófilo. Rzedowski (1978) agrupa bajo este concepto a las comunidades vegetales arbustivas de regiones de clima árido y semiárido de México. Estos matorrales xerófilos se caracterizan (como su nombre lo indica: xeros=seco y filo=amigo) por establecerse en climas secos, en donde la precipitación media anual es inferior a 700 mm y en muchos casos sólo entre 100 y 400 mm ⁸⁶.

⁸⁵ Calderón de Rzedowski y Rzedowski, J. (2001).

⁸⁶ Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Ed. Limusa, S. A. 1ra edición digital 2005.

El matorral xerófilo de la Cuenca contrasta con los matorrales xerófilos de otros estados del país por sus características particulares sobre todo de precipitación, ya que presenta una precipitación media anual de 733 mm, del cual el 89 % corresponde a los meses de mayo a octubre y 11 % en la época restante del año⁸⁷. Lo anterior lo hace un matorral xerófilo no tan seco, más bien húmedo que se encuentra por encima del promedio de precipitación de los matorrales xerófilos y muy por encima de muchos según precipitaciones menores a 400 mm. Esta característica es una de las causas de la gran riqueza florística que presenta este matorral. En este mismo sentido, Rzedowski (1954) hace mención que los pedregales son lugares privilegiados para el desarrollo de una flora muy rica y variada, por lo que afirma que el número de especies vegetales presentes en el pedregal de San Ángel es más elevado que cualquier otra área de igual extensión dentro de la Cuenca de México. Este mismo autor, explica que el factor principal que interviene para tal riqueza florística es la gran diversidad de hábitats que ofrece la superficie de lava, en donde se pueden distinguir además macro y micro hábitats. La parte de pedregal que corresponde al fondo de la cuenca alimenta una vegetación totalmente distinta de la que cubre la parte correspondiente a sus laderas situadas a una altura cercana de los 3,000 msnm, donde la temperatura y la humedad alcanza valores diferentes.

La ubicación del *Parque Ecológico de la Ciudad de México* es privilegiada, ya que dentro de sus límites encontramos las comunidades vegetales propias de las partes bajas (matorral xerófilo) y las comunidades vegetales de las partes medias y altas (bosques de encino y de pino), así como las zonas de transición de composición mixta entre estas comunidades, lo cual le confiere una gran riqueza florística.

Otro punto importante es la presencia de bosque de encino considerado por Rzedowski (1991), como el tipo de vegetación con el mayor número de especies de plantas, aproximadamente 7,000 especies, lo que representa alrededor del 24% del total de la flora de México. Los bosques de encino también ocupan el primer lugar en número de endemismos a nivel de especie, con alrededor del 70% de especies endémicas del total de especies reportadas para este tipo de vegetación, pasando por encima de los bosques tropicales caducifolios y los bosques mesófilos de montaña. Por otra parte, este tipo de vegetación, a pesar de estar presente en cada uno de los estados y territorios de la República, a excepción de Yucatán y Quintana Roo, se encuentra en grave peligro de desaparecer en el territorio de la Ciudad de México; al respecto Rzedowski (1978) menciona que los encinares desde tiempos inmemoriales, han sido de los tipos de vegetación más afectados ya que ocupan muchas áreas particularmente favorables para el desarrollo de la agricultura y porque cubren regiones de climas atractivos para la población humana. Desgraciadamente, esto también pasa en el territorio de la Ciudad de México, en donde sitios de bosque de encino han sido reemplazados por asentamientos humanos o bien, por tierras para la agricultura, quedando en la actualidad sólo fragmentos aislados y bastante perturbados en la delegación Tlalpan, Magdalena Contreras, Xochimilco, Álvaro Obregón y Cuajimalpa⁸⁸.

⁸⁷ Rzedowski J. (1954). Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional 8:59-129.

⁸⁸ Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Ed. Limusa, S. A. 1ra edición digital 2005.

OBJETIVO GENERAL

Observar la diversidad paisajística del *Parque Ecológico de la Ciudad de México* donde convergen tres ecosistemas: Matorral Xerófilo, Bosque de Encino y Bosque de Pino

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Comprender cuales son los factores abióticos que determinan el establecimiento de cada tipo de vegetación dominante.
2. Observar las interacciones internas y externas de los ecosistemas.
3. Reconocer los tres niveles de biodiversidad
4. Comprender la importancia de la pérdida de biodiversidad

Material y Método

- Avisar previamente a la Comisaría del Ejido de San Andrés Totoltepec para contar con vigilancia que contribuya al cuidado de los alumnos.
- Solicitar y agendar una plática sobre los siguientes temas: frecuencia de incendios en los suelos de Conservación de la Ciudad, así como la forma de prevenirlos, qué hacer en caso de incendio, causas de la pérdida de biodiversidad y las consecuencias para los habitantes de la Ciudad. La plática se puede agendar a través del Comando Único de Incendios Forestales, al teléfono 56305360 o personalmente en Carretera Picacho-Ajusco km 5.5, Col. Amp. Miguel Hidalgo 2da. Secc. C.P. 14250. Ciudad de México.
- Solicitar los permisos necesarios del Colegio y padres de familia.
- Contratar el servicio de transporte.
- En el Mirador, observar los ecosistemas de bosque de encino y matorral xerófilo, los cual permite realizar registros fotográficos del paisaje.



Paisaje xerófilo del Parque Ecológico de la Ciudad de México fotografía tomada por García Pérez Lizbeth

- Hacer una caminata dentro del bosque y apreciar ambos ecosistemas. Realizan transectos por línea de Canfield, donde al azar se tienden líneas y se reportan las plantas que se encuentran bajo la línea en cada ecosistema, para que los alumnos de cada equipo puedan observar las diferencias de vegetación entre cada ecosistema.





Bosque de encino del Parque Ecológico de la Ciudad de México. Foto tomada por García Pérez Lizbeth



Fotografía tomada por García Pérez Lizbeth

Actividades de evaluación

Realizar un trabajo para entregar con información sobre los factores abióticos que determinan el establecimiento de cada tipo de vegetación dominante.

Reconocer y explicar los tres niveles de biodiversidad

Una reflexión sobre la pérdida de biodiversidad y la importancia de su conservación.

De manera grupal hacer promover la discusión sobre los aspectos que más interesaron a los estudiantes, así como el planteamiento de propuestas para su conservación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Calderón de Rzedowski y Rzedowski, J. (2001). **Flora fanerogámica del Valle de México**. 2da Ed. Co-edición entre el Instituto de Ecología y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
2. Rzedowski, J. (1978). **Vegetación de México**. Ed. Limusa, S. A. 1ra edición digital 2005.
3. Rzedowski J. (1954). **Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México)**. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional 8:59-129.



ACTIVIDAD 5



Árboles urbanos en el entorno de nuestro Colegio

Sitio donde se llevará a cabo: áreas verdes del plantel o parque o jardín cercano al plantel.

INTRODUCCIÓN

Algunas de las regiones de biodiversidad de la Ciudad de México son los Parques y Jardines Urbanos, que principalmente abarca el suelo urbano, fuera del suelo de conservación. Ocupa una superficie de 60 728.8 ha, con excepción de Milpa Alta, se distribuye en las 15 alcaldías, abarcando la totalidad de algunas como Coyoacán, Benito Juárez, Iztacalco, Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza y Azcapotzalco. Dentro de esta región se encuentra la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y el Bosque de Chapultepec, que contribuyen con flora y fauna nativa.

Las áreas verdes de la región Parques y Jardines Urbanos presenta modificaciones de los ambientes originales, debido a las actividades antropogénicas, sin embargo, todavía

mantienen características biofísicas y escénicas, las cuales contribuyen a mantener la calidad ambiental de la ciudad y constituyen nichos para la biodiversidad⁸⁹.

Los Parques y Jardines Urbanos inicia con Nezahualcóyotl cuando formó jardines botánicos como el Bosque de Chapultepec, después de la conquista se crearon jardines-huertos. Un siglo después las casonas tenían grandes jardines-huertos en donde sembraban diferentes especies exóticas.

Actualmente se pueden distinguir dos tipos de árboles urbanos los nativos y los exóticos. Los árboles nativos representativos de la región en Parques y Jardines Urbanos son el Fresno, el Cedro blanco, Colorín, Pinos y Encinos entre otros. Los árboles exóticos representativos de la región son Eucalipto, Casuarina, Trueno, Jacaranda, Álamo de Canadá, Ficus benjamín, Acacia, Palma canaria, Pirú del Brasil, Olmo chino, Nispero.

Según Chimal y Corona 2016, la problemática que presentan los árboles urbanos de la ciudad de México son a) la falta de humedad y debilidad de raíces b) Pérdida de árboles centenarios como Fresnos y Ahuehuetes por el muérdago y poda inadecuada c) Aumento de las podas altas (2.5 m) 4) Infestación de tripas de Judas principalmente en el pirú.

La mayoría de la población humana de la ciudad de México habita en la región de Parques y Jardines Urbanos. Hemos dejado de ser una cultura en donde la mayoría de la gente conocía los nombres de muchas plantas, así como sus usos y propiedades, para convertirnos en una cultura en donde se tiene muy poco conocimiento del mundo natural⁹⁰, por lo que es importante que los estudiantes de nivel bachillerato conozcan las especies de árboles que hay en su entorno, ya que son parte de la biodiversidad que pueden conocer para contribuir a su conservación.

Los árboles son importantes porque son seres vivos al igual que los animales, pero también son apreciados por todo lo que nos proporcionan como energía, sombra, humedad, alimento, combustible, utensilios, muebles y recreación⁹¹, y por supuesto el oxígeno para los sistemas biológicos con respiración aerobia.

Los árboles y los arbustos forman las áreas verdes de las ciudades, las cuales son superficies urbanas recreativas o bien extensiones no urbanizadas con vegetación primaria o secundaria. Las áreas verdes urbanas son elementos fundamentales para mejorar el bienestar de la población urbana, especialmente en grandes ciudades. Sin embargo, son escasas en las grandes ciudades de América Latina, producto de la historia de urbanización precaria y explosiva de la segunda mitad del siglo XX⁹².

Es importante que valoremos y consideremos a las áreas verdes como una estrategia para mejorar la calidad de vida en las ciudades. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se requieren de al menos 16 m² de áreas verdes por habitante para garantizar su bienestar. Actualmente en las ciudades, se tienen 5m², lo que está muy

⁸⁹ Reygadas. 2016.

⁹⁰ Rodríguez y Cohen, 2003.

⁹¹ Rodríguez y Cohen, 2003.

⁹² PNUMA, 2010 en <https://www.sema.gob.mx/SRN-CON-REDPARQUES-INDEX.html>



por debajo de lo recomendado por la OMS⁹³, ya que la mayoría de las ciudades han crecido desordenadamente y en ausencia de criterios ambientales previamente establecidos.

OBJETIVOS

- Apoyar el proceso de enseñanza- aprendizaje de los temas de biodiversidad incluidos en los programas de Biología II y IV.
- Realizar un recorrido en las áreas verdes del plantel o en un parque o jardín cercano al plantel para conocer las especies de árboles nativos y exóticos de la ciudad de México.
- Reconocer la importancia de los árboles urbanos como parte de la biodiversidad de la Ciudad de México.
- Valorar la biodiversidad de la Ciudad de México tanto nativa como exótica.

MATERIAL

- Cámara fotográfica o teléfono con cámara
- Libreta de campo
- Lápiz
- Ropa cómoda, botas ó tenis
- Gorra
- Agua
- Guía de árboles y arbustos de la zona metropolitana de la Ciudad de México.
https://www.researchgate.net/publication/339314593_Guia_de_arboles_y_arbustos_de_la_zona_metropolitana_de_la_CDMXL_RodriguezE_Cohen
- Guía de identificación de los árboles de la Ciudad de México (CONABIO)
https://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/cienciaCiudadana/urbanos/pdf/GuiaArboles_v3.pdf

MÉTODO

1. En grupos cooperativos investigar las características de las Gimnospermas y Angiospermas y elaborar un cuadro comparativo. Revisar en plenaria antes de salir al recorrido.
2. Realizar un recorrido con un grupo de estudiantes a las áreas verdes del plantel o visitar un parque o jardín cercano al plantel.
3. Identificar si los árboles que se encuentren en el recorrido presentan flores o conos.
4. Tomar fotografías de los árboles, de las flores o conos, hojas y anotar el número de fotografía en la hoja de registro (ver anexo).
5. Con la ayuda de la guía de árboles de la ciudad de México (CONABIO) y la guía de árboles y arbustos de la Ciudad de México identificar las especies de árboles o arbustos con base en las características observadas como tipo de hoja, flor o cono, tamaño del árbol.

⁹³ <https://www.gob.mx/conanp/articulos/ciudades-verdes-y-sustentables>



6. Durante el recorrido también se pueden observar otros seres vivos como hongos, líquenes, animales asociados a los árboles, anotar en la libreta de campo u hoja de registro los organismos observados.
7. En caso de no lograr reconocer la especie o no conocer el nombre común se puede enviar las fotografías a Naturalista para ayudar a la identificación.
8. En el aula-laboratorio, guiar el análisis de resultados con ayuda de las siguientes cuestiones:
 - a) De los árboles que lograron identificar ¿cuál es el porcentaje de especies nativas y exóticas?
 - b) ¿Por qué las especies exóticas se logran adaptar a nuevos ecosistemas?
 - c) Consideras que ¿puede existir competencia entre las especies nativas y las exóticas? si o no y ¿por qué?
 - d) ¿Qué especies son más importantes las nativas o las exóticas?
 - e) Menciona algunas sugerencias para ayudar a conservar tanto a las especies nativas como a las exóticas que son parte actualmente de la biodiversidad de la Ciudad de México.
 - f) Los estudiantes elaborarán un informe sobre los árboles registrados durante el recorrido. En los resultados incluir el nombre común, nombre científico de las especies encontradas, si es nativa o es introducida, y el número de especies total encontradas por grupo taxonómico (Gymnospermas y Angiospermas). (Ver Anexo) Se sugiere ocupar el siguiente formato:



- a) Título
- b) Introducción
- c) Objetivos
- d) Método
- e) Resultados
- f) Análisis de resultados
- g) Conclusión
- h) Bibliografía

SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

Cuadro comparativo de gimnospermas y angiospermas.

Participación en el recorrido.

Participación en la plenaria.

Informe de la actividad.

BIBLIOGRAFÍA

Chimal-Hernández, A. y V. Corona. 2016. *Árboles urbanos*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol I. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 122-145.

Rodríguez, L. M. y E. J. Cohen. 2003. *Guía de árboles y arbustos de la zona metropolitana de la Ciudad de México*. REMUCEAC/UAM/Gobierno del Distrito Federal. 384 p.

Reygadas, P. D. 2016. *Delimitación del área de estudio y regionalización*. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol I. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 30-35.

CIBEROGRAFÍA

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2018. Ciudades verdes y sustentables. Recuperado 24 de julio 2021 de <https://www.gob.mx/conanp/articulos/ciudades-verdes-y-sustentables>

CONABIO. 2012. Guía de árboles urbanos. Recuperado el 28 de junio de https://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/cienciaCiudadana/urbanos/pdf/GuiaArboles_v3.pdf

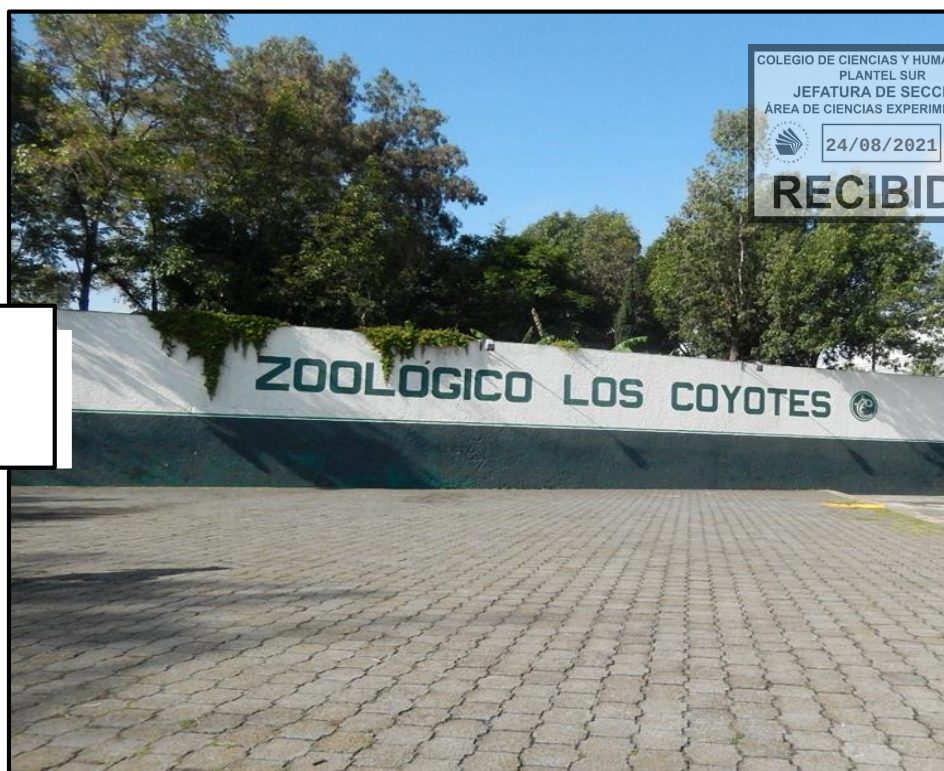
Secretaría de Medio Ambiente. Gobierno del Estado de Coahuila. 2015. Red estatal de parques y bosques urbanos. Recuperado el 24 de julio 2021 de <https://www.sema.gob.mx/SRN-CON-REDPARQUES-INDEX.html>

ANEXO

Fecha	# Fotografía	Tipo árbol	Nombre común	Nombre científico	Nativo o Exótico	Organismos asociados al árbol



ACTIVIDAD 6



Zoológico los Coyotes, Ciudad de México, conservación ex situ

Duración: 2 sesiones.

Sitio donde se llevará a cabo: Zoológico Los Coyotes.

INTRODUCCIÓN

El Zoológico Los Coyotes fue inaugurado el 2 de febrero de 1999. A diferencia del Zoológicos de Chapultepec y San Juan de Aragón, este Zoológico solo exhibe especies de fauna silvestre nativas o endémicas de la Cuenca del Valle de México, región que alberga al 2% de la biodiversidad en nuestro país⁹⁴, de allí su importancia para que lo conozcan los alumnos de nivel bachillerato y la población en general que habitan en la gran Ciudad de México.

La cuenca o valle de México se encuentra en la provincia fisiográfica denominada Eje Volcánico, ubicada entre los meridianos 98°15' y 99°30' y los paralelos 19°00' y 20°15'

⁹⁴ http://data.sedema.cdmx.gob.mx/zoo_coyotes/index.php/quienes-somos/historia-del-zoologico

⁹⁵. La cuenca de México es una formación hidrológica cerrada (ahora drenada artificialmente), cuya extensión es de aproximadamente 9600 km². Se reconocen 10 tipos principales de vegetación, la cual es importante como regulador del ciclo hidrológico y como hábitat para la fauna silvestre⁹⁶.

La fauna de la cuenca de México ha sufrido graves transformaciones debido al cambio ambiental provocado por los humanos, que posiblemente son más profundas que las experimentadas por la vegetación⁹⁷. Estas transformaciones no sólo han sido producto de la moderna expansión urbana, con los fenómenos asociados a la contaminación y degradación del hábitat, sino que también han resultado de la larga ocupación humana de la región, desde la llegada de los primeros cazadores-recolectores al Nuevo Mundo⁹⁸.

La pérdida de la biodiversidad ha llegado a todos los ecosistemas y uno de los procesos más preocupantes es la extinción de especies a causa de las actividades humanas, por lo que actualmente los zoológicos son centros de conservación *ex situ* con objetivos enfocados en la recuperación de especies prioritarias y en peligro de extinción, en la protección de los ecosistemas naturales y en la educación ambiental⁹⁹. En el caso del zoológico de los Coyotes de la ciudad de México se resguardan especies en peligro de extinción como el lobo mexicano (*Canis lupus baylei*), el conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*), el ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*) que se han logrado reproducir. Así también se albergan especies amenazadas como el puma (*Puma concolor*), el linco rojo (*Lynx rufus*) el águila real (*Aquila chrysaetos*). Por otra parte, hay especies que no se encuentran en peligro de extinción ni amenazadas como el pato real (*Cairina moschata*), Pato Carolina (*Aix sponsa*), Cernícalo americano (*Falco sparverius*) pero son parte importante de la biodiversidad de la Cuenca de México.

El Zoológico Los Coyotes ha sido caracterizado como un Zoológico Multimodal, que además de realizar las actividades características de un zoológico moderno también ofrece a sus visitantes actividades deportivas, de campismo, de escultismo y de convivencia familiar y social.

OBJETIVOS

- Apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los temas de biodiversidad incluidos en los programas de Biología II y IV.
- Realizar una visita al Zoológico Los Coyotes que alberga fauna nativa de nuestro país y de la Ciudad de México.
- Reconocer la importancia del zoológico Los Coyotes como parte de la estrategia de conservación *ex situ* de la biodiversidad (fauna) de México.
- Valorar la biodiversidad de la Ciudad de México.

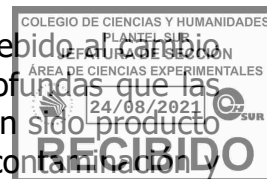
⁹⁵ Imaz, 1989.

⁹⁶ Ezcurra, *et al.*, 2006.

⁹⁷ Halffer y Reyes Castillo, 1975 en Ezcurra, *et al.*, 2006.

⁹⁸ Ezcurra, *et al.*, 2006.

⁹⁹ WAZA 2005, Lascurain, *et al.* 2009 en Ribera-Rebolledo *et al.*, 2016b.



MATERIAL

- Cámara fotográfica o teléfono con cámara
- Libreta de campo/formato de registro de fauna
- Lápiz
- Ropa cómoda, botas o tenis
- Gorra
- Agua



MÉTODO

1. En grupo cooperativo investigar la ubicación de la Cuenca de México y la fauna característica, así como los objetivos del Zoológico Los Coyotes. Revisar en el aula-laboratorio.
2. Con un grupo de estudiantes, realizar una visita al Zoológico Los Coyotes ubicado en la Alcaldía Coyoacán, solicitar previamente los permisos para la práctica de campo.
3. Elaborar un registro de las especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos y otros animales que alberga el zoológico (ver anexo). Tomar fotografía de los animales que sean visibles durante la visita al zoológico.
4. Participar en un taller de educación ambiental impartido en el zoológico.
5. Al finalizar la visita, guiar el análisis de resultados con ayuda de las siguientes preguntas:
 - a) ¿Cuáles son los objetivos del Zoológico Los Coyotes?
 - b) Consideras que se cumplen los objetivos del zoológico, si o no ¿por qué?
 - c) ¿Cuál es la importancia de un zoológico regional?
 - d) Consideras pertinente la visita al Zoológico para aprender sobre la fauna de la Cuenca de México si o no ¿por qué?
 - e) ¿Por qué se encuentran en peligro de extinción o amenazadas algunas de las especies albergadas en el Zoológico Los Coyotes?
 - f) Con lo aprendido durante la visita al Zoológico Los Coyotes, ¿cómo podrías ayudar a conservar la fauna nativa y endémica de la Cuenca del Valle de México?
 - g) Elaborar un informe sobre la fauna característica de la Cuenca del Valle de México registrada durante la visita al Zoológico Los Coyotes, con los siguientes elementos:
 - a) Título
 - b) Introducción
 - c) Objetivos
 - d) Método
 - e) Resultados
 - f) Análisis de resultados
 - g) Conclusión

h) Bibliografía

SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

Investigación sobre la Cuenca del Valle de México y fauna característica

Participación durante la visita al Zoológico Los Coyotes.

Participación en la plenaria al finalizar la visita.

Informe de la actividad



BIBLIOGRAFÍA

Ezcurra, E., Mazari-Hiriart, M., Pisanty, I., y A. G. Aguilar. 2006. La cuenca de México. Aspectos ambientales críticos y sustentabilidad: trad. De Rosa Ana Domínguez. México, FCE. 286 p.

Imaz, M. 1989. Historia Natural del Valle de México. Ciencias 15:15-21.

Rivera-Rebolledo, J. A., Cabrera-Aguirre, E. G., Vega-Rosales, M.B. y C. M. Montijo-Arreguin. 2016. Zoológicos. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. III. CONABIO/SEDENA, México, pp.344-357.

CIBEROGRAFÍA

Gobierno de la Ciudad de México y Zoológico Los Coyotes. 2021. Historia del Zoológico. Recuperado 23 de julio 2021 de http://data.sedema.cdmx.gob.mx/zoo_coyotes/index.php/quienes-somos/historia-del-zoologico

Anexo

Fecha	Especie observada	Nombre común	Especie Nativa de CM	Especie Endémica de CM	Categoría (peligro de extinción, amenazada, etc.)

CVM Cuenca de México.

CAPÍTULO



E. EL AMBIENTE URBANO Y SU PROBLEMÁTICA.



**Estrada Avila Claudia Aimée
Garduño Ambriz Cecilia**

1. Marco teórico.

La historia de las sociedades humanas es la historia de cada una de ellas y de sus relaciones con el medio natural en el que se desarrollan¹. Dichas relaciones siempre han generado problemas, básicamente por la falta de valoración de la especie humana hacia el medio que la sustenta y del cual forma parte. Por ello, en la actualidad el *Medio* no solamente se concibe desde el punto de vista ecológico sino también histórico, a la luz de una *dimensión temporal*.



Si además del aspecto histórico, cuando se habla de *Medio* ó *Ambiente* se toman en cuenta los *aspectos económico, social y político*, aunados al *ecológico*, estamos hablando de la **Dimensión ambiental** y es con este enfoque integral con el que se deben abordar los problemas ambientales. Es importante estudiar las relaciones humanas con el medio con un enfoque holístico, en donde el tiempo histórico y el ecológico sean una misma unidad.

Como **sociedad**, a nivel general se entiende el número total de personas distribuidas en el planeta, entre las que existe una amplia diversidad de características, de formas de distribución y de interrelaciones con naturaleza. En la sociedad actual, la explotación de los ecosistemas con fines económicos predomina por sobre cualquier otra consideración; el valor de uso de los factores ambientales se eclipsa con el valor de cambio o en términos de capital². La gran diversidad de necesidades humanas se unifica en términos económicos más que ambientales. El desarrollo económico mundial actualmente polariza a la sociedad y disminuye el bienestar en términos generales.



La *artificialización* como resultado de la connotación actual de civilización, a través del uso múltiple de los recursos y de su transformación en capital, ha conducido tanto a la sobreexplotación como a la subexplotación de los recursos naturales, lo que repercute en una compleja problemática ambiental, destacando el problema de la contaminación.

La sociedad actual muestra una creciente tendencia a vivir en **ciudades**. A inicios del siglo XX, casi la mitad



¹ Boada y Toledo. 2003.

² Herrera K.I, 1998.

de la población mundial era urbana; hoy esta población se ha incrementado en casi el 10%, en países en vías de desarrollo. De la población mundial actual (7730 millones de personas, según la ONU) el 55% (cerca de 4200 millones de habitantes) viven en Ciudades y se prevé que para 2045 aumentará en 1.5 veces hasta llegar a 6000 millones de personas. De seguir esta tendencia para 2050, siete de cada diez personas vivirán en ciudades³, por lo que es necesario planificar su crecimiento y proporcionar los servicios básicos⁴. La historia de la Ciudad es un compendio de memoria económica, psicosocial, social, arquitectónica y urbanística. Las estructuras urbanas son el resultado de largos procesos históricos y su futuro es inexorablemente, el futuro de la sociedad.



En el año de 2020 había 1934 metrópolis en el mundo con más de 300,000 habitantes, lo que representa aproximadamente el 60% de la población urbana del mundo y un tercio de la población global. De ellas 34 metrópolis han superado los 10 millones de habitantes; mientras que 51 tienen una población de 5 a 10 millones; 494 de 1 a 5 millones y 1355 de 300,000 a 1 millón.

Entre 2000 y 2015, las ciudades crecieron un 1,5% anual en términos de área. El crecimiento del suelo cubierto por ciudades fue mayor en países de ingreso bajo (2,6%) que en países de ingreso medio (1,9% en medio-bajo y 1,5% en medio-alto) o países de ingreso alto (1%)⁵. Debido a esa expansión, muchas ciudades han crecido más allá de los límites de su municipio central. En marzo de 2020, la Comisión de Estadística de la **ONU avaló una definición global de ciudades para facilitar la comparación internacional**. Esta definición captura la extensión total de una ciudad, incluidas las áreas densas más allá de los límites municipales y define un área metropolitana como una ciudad y su zona de desplazamiento, que incluye áreas suburbanas, periurbanas y rurales vinculadas económica y socialmente. Este enfoque es apoyado por autoridades y expertos metropolitanos y por las Perspectivas de la Urbanización Mundial (WUP). La WUP usa el término aglomeración urbana para ciudades cuyo territorio contiguo ha superado los límites "propios de la ciudad" e **incluye las áreas suburbanas y periurbanas adyacentes**. También utiliza el término área metropolitana para **incluir áreas rurales vinculadas social y económicamente**.^{6,7} Por su

³ Banco mundial. Desarrollo urbano. 2021

⁴ <https://www.google.com/search?q=poblaci%C3%B3n+urbana+mundial+2019>

⁵ Comisión Europea, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, CE OCDE, 2020.

⁶ ONU, 2018

⁷ Aglomeración urbana - Wikipedia, la enciclopedia libre

población, la Ciudad de México (CDMX) y su área metropolitana o zona metropolitana del Valle de México (ZMVM) se encuentra entre los 10 primeros lugares de las Ciudades más pobladas del mundo con 21.8 millones de habitantes.



Una vez que se construye una ciudad, su estructura y patrones del uso del suelo pueden permanecer durante generaciones, dando lugar a una expansión insostenible. La expansión del consumo de suelo urbano supera el crecimiento de la población hasta en un 50 %, por lo que se espera que en tres décadas se añadan al mundo 1,2 millones de km² de nueva superficie urbana. Esa

expansión ejerce presión sobre la tierra y los recursos naturales, lo que produce resultados indeseables: las ciudades son responsables de dos tercios del consumo mundial de energía y de más del 70 % de las emisiones de gases de efecto invernadero.

A finales del milenio pasado, la Ciudad se situó al centro de las preocupaciones de los científicos y de los gestores sociales. La elevada concentración de población existente en las zonas urbanas ha provocado problemas ambientales como: la concentración progresiva de residuos, una gran dependencia energética, la dificultad de movilidad diaria y la contaminación del entorno y de los elementos vitales como el agua y el aire.

La **Figura 1.1** ilustra algunos de los principales problemas urbanos de la civilización occidental y sus repercusiones en el ambiente o deterioro ambiental, entre los cuales están: la carestía, el tamaño de la población, la inmigración, la marginación y delincuencia, el estrés en el que viven las poblaciones vegetales y animales que en ella habitan, la falta de áreas verdes y deportivas, la aglomeración del transporte, la contaminación, la generación de basura, la problemática para dotar a sus habitantes de agua, alimento y energía, la degradación y pérdida de ecosistemas, entre muchos otros.



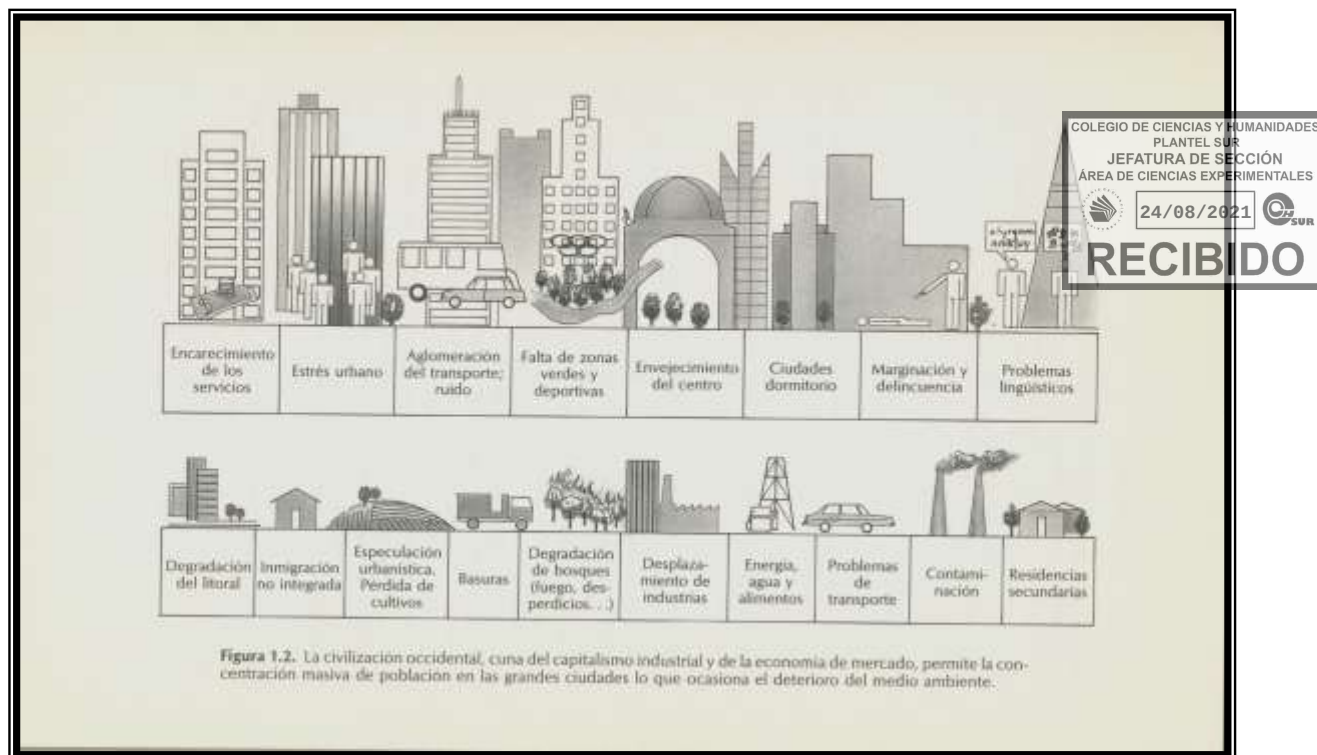


Figura 1.2. La civilización occidental, cuna del capitalismo industrial y de la economía de mercado, permite la concentración masiva de población en las grandes ciudades lo que ocasiona el deterioro del medio ambiente.

Figura 1.1 Problemas urbanos y deterioro ambiental.



Por otra parte, el crecimiento desordenado de las ciudades provoca áreas marginales, insalubridad de las viviendas, déficit de servicios básicos y en general un deterioro de la calidad de vida. Para superar la crisis ambiental es necesario que mejore la calidad de vida en las ciudades. Sus habitantes deben conocer su funcionamiento pues solo así podrán involucrarse y responsabilizarse en esta problemática de manera más eficiente.

La sociedad moderna se caracteriza por su enorme capacidad para producir cambios, lo cual se refleja en la naturaleza por la magnitud de los impactos producidos en la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera. Asimismo es una sociedad de consumo imparable por lo que produce una cantidad excepcional de *residuos* (alimentarios, textiles, farmacéuticos, etc). La llamada crisis ecológica es una crisis socio-ambiental⁸.

⁸ Boada y Toledo. 2003.

Para conocer una **Ciudad** se debe tomar en cuenta cual es su *estructura y funcionamiento*, **Figura 1.2**. En cuanto a su **estructura**, se considera a la parte de infraestructura (vivienda, calles, puentes, etc.) y a las **poblaciones de seres vivos que viven en ella** (plantas, animales domésticos o "callejeros" e incluso silvestres y el hombre); en cuanto al **funcionamiento**, se tiene que ver la forma en la que la Ciudad dota a sus habitantes de alimentos, energía, salud, educación y esparcimiento entre otros servicios, lo cual tiene que ver con los aspectos político, económico y socio-cultural. La calidad de vida y los patrones de consumo así como el deterioro ambiental que provoca, son otros aspectos importantes a considerar en el estudio de una Ciudad. Para ello se deben analizar las entradas y salidas de materia y energía que la mantienen y el costo ambiental que ello implica.⁹



Figura 1.2 Componentes de la estructura y para el funcionamiento de la Ciudad.

Desde el punto de vista de la **Ecología Urbana** la comprensión de las relaciones entre los patrones de urbanización y los procesos ecológicos que se dan en la ciudad puede abordarse desde las perspectivas de **Ecología en la Ciudad** encargada de estudiar los procesos ecológicos en la misma principalmente el balance de energía y **Ecología de la Ciudad** que incluye el estudio de la energía requerida para realizar las actividades de la misma, los recursos que se traen de otros lugares, la distribución y abundancia de sus plantas y animales, la contaminación, los parches ecológicos, la interacción de especies exóticas con nativas, la huella ecológica, etc. El **diagrama 1** resume estas perspectivas de la Ecología Urbana.

⁹ Garduño C.1979 y 2005.

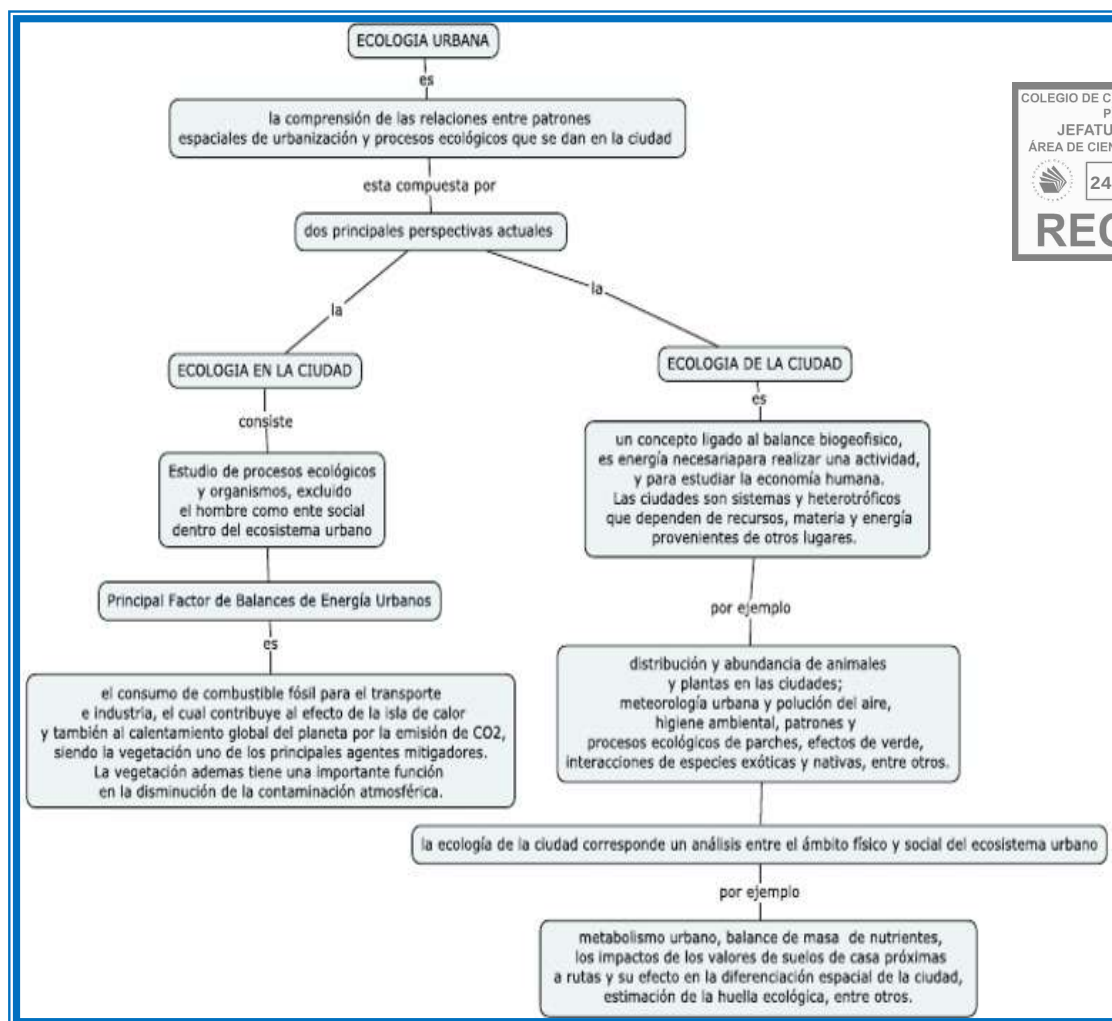


Diagrama 1. Perspectivas actuales de la Ecología Urbana.

¿Qué aspectos son importantes en el estudio de la ecología urbana de la CDMX?

La Ciudad de México ó CDMX es una de las más grandes del planeta, tiene una superficie de 1485 Km² y está formada por 16 alcaldías que van desde la de Tlalpan que ocupa 312 Km², hasta la de Iztacalco de solo 23.3 km². A su vez la Zona Metropolitana del Valle de México ZMVM es el área metropolitana formada por la Ciudad de México y por 60 municipios conurbados o aglomerados, uno de ellos en el Estado de Hidalgo, los restantes en el Estado de México. Según los resultados del censo elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía en el 2020¹⁰, ocupa una superficie de 15,707Km².¹¹

¹⁰ https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_metropolitana_del_valle_de_M%C3%A9xico

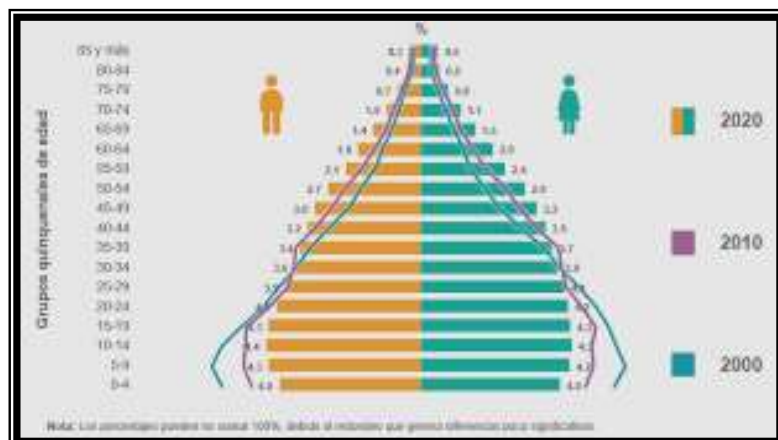
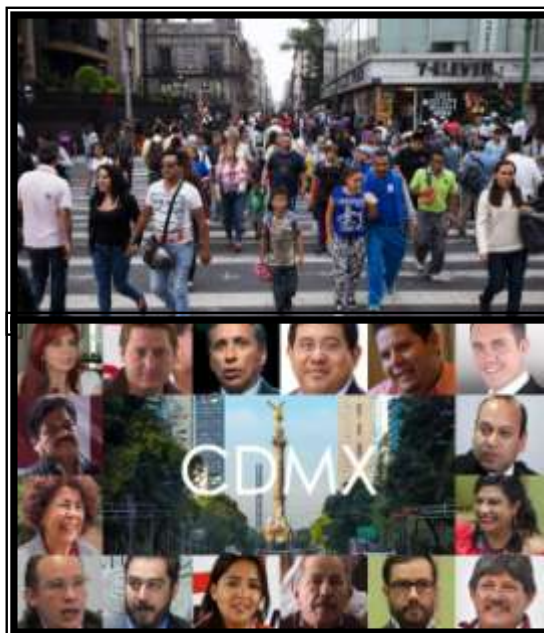
¹¹ Heisenger y González, 2015.

En la ZMVM viven más de 21 millones de personas y el 43%, 9 209 944 habitantes, se ubican en la CDMX¹², ocupando el 2do lugar en **población** a nivel nacional. De esta población, 4 millones 805 mil 017 son mujeres (52.2%) y 4 millones 404 mil 927 son hombres (47.8%). Del año 2010 al 2020 la Ciudad de México tuvo un crecimiento absoluto de 358 864 residentes, con una tasa de crecimiento de 0.4, la cual refleja que el ritmo de crecimiento de la población capitalina ha ido descendiendo durante las últimas décadas. La densidad de población es de 6 163.3 habitantes por kilómetro cuadrado en la capital del país, y contrasta con la media nacional de 64.3 y con las entidades de Estado de México 760.2, Morelos 404.1, Tlaxcala 336.0, Aguascalientes 253.9 y Baja California Sur 10.8 habitantes por kilómetro cuadrado. Las demarcaciones territoriales Iztacalco (17,523), Cuauhtémoc (16,784), Benito Juárez (16,260) e Iztapalapa (16,220) tienen una densidad superior a los 16 000 habitantes por kilómetro cuadrado.



De acuerdo a su población las alcaldías se agrupan de la siguiente manera:

Alcaldía	Habitantes
Iztapalapa	1 835 486
Gustavo A. Madero	1 173 351
Álvaro Obregón	759 137
Tlalpan	699 928
Coyoacán	614 447
Cuauhtémoc	545 884
Venustiano Carranza	443 704
Xochimilco	442 178
Benito Juárez	434 153
Azcapotzalco	432 205
Miguel Hidalgo	414 470
Iztacalco	404 695
Tlahuac	392 313
Magdalena Contreras	247 622
Cuajimalpa de Morelos	217 686
Milpa Alta	152 685



La **pirámide poblacional** del Censo 2020 muestra que la proporción de personas de 0 a 14 años ha disminuido y que se ha incrementado la proporción de personas de 25 años y más, así como también las

COLLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
JEFATURA DE SECCIÓN
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

24/08/2021

RECIBIDO

COLLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
JEFATURA DE SECCIÓN
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

24/08/2021

RECIBIDO

COLLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
JEFATURA DE SECCIÓN
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

24/08/2021

RECIBIDO

COLLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
JEFATURA DE SECCIÓN
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

24/08/2021

RECIBIDO



En cuanto a **infraestructura y servicios** en 2020 había en la Ciudad 2 756 319 **viviendas** particulares habitadas con una **tasa de crecimiento promedio anual de 1.2 %**. Durante los últimos 20 años, el promedio de ocupantes por vivienda muestra un descenso gradual que implica que de 4.0 ocupantes en promedio en 2000 pasa a 3.3 en 2020. Durante la última década las tres demarcaciones territoriales con mayor tasa de crecimiento medio anual de viviendas particulares habitadas son: Cuajimalpa de Morelos, Benito Juárez y Milpa Alta con 2.4, 2.3 y 2.1 % respectivamente. En sentido opuesto se encuentran Iztapalapa, La Magdalena Contreras, Gustavo A. Madero y Coyoacán las cuales reflejan una tasa menor a un punto porcentual. Del total de viviendas particulares habitadas en la Ciudad de México, el 40.6% resultó tener piso de cemento o firme. El 58.7% tienen pisos de mosaico, madera u otro recubrimiento, entre 2010 y 2020, estas viviendas registran un incremento de 6.1 puntos porcentuales. El porcentaje de viviendas con piso de tierra decreció al pasar de 1.0% en 2010 al 0.6% al 2020, indicador muy por debajo de la media nacional que es del 3.5 por ciento. El **servicio de energía eléctrica** en las viviendas particulares habitadas en la Ciudad de México, es del 99.9%. Las demarcaciones territoriales Benito Juárez y Azcapotzalco, junto con nueve demarcaciones territoriales más, registraron los mayores porcentajes de disponibilidad de energía eléctrica, por encima del dato promedio de la Ciudad de México (99.93%). En tres demarcaciones territoriales, el porcentaje de viviendas que disponen de energía eléctrica está entre 99.6 y 99.8 por ciento. El porcentaje de viviendas particulares habitadas, que disponen de **agua entubada** en 2020 en la Ciudad de México es del 98.9%, cifra que se ve rebasada en las demarcaciones territoriales: Benito Juárez, Coyoacán, Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo, en las cuales las viviendas disponen de agua entubada mayor a 99.9 por ciento. Milpa Alta presenta un porcentaje del orden del 89% de viviendas con agua entubada. El servicio de **drenaje** se ha ampliado en los últimos 20 años, ya que la proporción de viviendas particulares que disponen del mismo creció de 98.2 a 99.7% entre 2000 y 2020. Se observa que este crecimiento va aparejado al crecimiento de otros servicios como la energía eléctrica o el agua entubada. En cuanto al **transporte público** la **CDMX** está llena de opciones: trolebús, metro (12 líneas y 125 estaciones), tren ligero, ecobici, metrobús (7 líneas), microbús, combis, RTP e incluso taxis, mototaxis y bicitaxis, sin embargo resulta insuficiente sobre todo en las "horas pico" debido a la enorme cantidad de personas que se mueven en la ZMVM.

En cuanto a la **salud**, en los últimos 10 años el porcentaje de la población afiliada en la Ciudad de México aumentó considerablemente, ya que en el 2010 el 63.8% de la población era afiliada, y en 2020 es el 72.6%, que en números absolutos representa 6.7 millones de personas con acceso a servicios de salud.

En lo relativo a **educación**, los resultados del censo reflejan el esfuerzo realizado por la Ciudad de México en materia educativa, ya que muestran indicadores muy



favorables a nivel nacional y de manera generalizada en sus 16 demarcaciones territoriales, tal es el caso de la población de 6 a 14 años con 94.9% que asiste a la escuela. La población de 15 a 24 años que asiste a la escuela se ha incrementado en los últimos 20 años ya que en el 2000 asistía el 47.7% y en el 2020 es el 55.3%. Esta última cifra ubica a la entidad por encima de la media nacional que es del 45.3 %. El incremento en la cobertura de la educación básica y la implementación de las campañas de alfabetización se refleja en la tasa de **analfabetismo** que pasó del 2.9% en 2000 a un 1.4% en el 2020. De entre las demarcaciones territoriales, Benito Juárez presenta una tasa de analfabetismo de sólo el 0.4 por ciento. Por su parte, la demarcación de Benito Juárez tiene en promedio de escolaridad más alto con 14.5 años, le siguen Miguel Hidalgo (13.1 años), Coyoacán (12.5 años) y Cuauhtémoc (12.4 años).



En cuanto a **tecnología**, 96 de cada 100 viviendas en la Ciudad de México cuenta con televisor; el refrigerador y la radio están disponibles en el 93.7% y 78.7% de las viviendas respectivamente. En 47 de cada 100 viviendas se posee automóvil y el porcentaje de las viviendas que declararon tener computadora e internet es de 59.9% y 75.7% respectivamente, en tanto que la media nacional de viviendas que cuentan con computadora es de 37.6% y la de internet es del 52.1 %. Para este Censo 2020, se captó la disponibilidad de horno de microondas (67.0%), servicio de televisión de paga (46.9%), Servicios de películas, música de paga por internet (34.8%) entre otros.

La tasa de **participación económica** de la población de 12 años y más del Censo 2020, comparada con la de 2010, revela que la oferta de trabajo se ha incrementado, pasando de 56.7% (2010) a 64.4% (2020). Por sexo, corresponde el 74.3% de la población masculina y 55.6% de la femenina.

En cuanto al suministro de alimentos, en la CDMX y su área conurbada se producen **alimentos** como el maíz, frutales, hortalizas y animales para el autoconsumo familiar y venta local y también hay una producción a mayor escala de nopal (chumbera), amaranto, hortalizas, hierbas y plantas ornamentales que surten los mercados urbanos y regionales¹³, sin embargo la ciudad no es sustentable y la cantidad de alimento producido no es suficiente para mantener a su población por lo que se tienen que traer los suministros necesarios de diferentes regiones del país con el consiguiente gasto de energía.

En cuanto a la problemática ambiental que las ciudades representan no solo para sostenerse, con el consiguiente impacto que genera el dotarlas de materiales y energía, se suma el problema del **crecimiento de la mancha urbana** mismo que impacta las áreas naturales cercanas a las mismas. La Ciudad de México se ha expandido de forma caótica y gran parte de sus habitantes se han tenido que

¹³ <https://mxcity.mx/2018/12/cdmx-es-territorio-agricola->

trasladar a la periferia en donde no hay centros de trabajo ni educativos. En la década de 1990 esta Ciudad tenía cerca de 9 millones de habitantes, casi los mismos que en la actualidad, mientras que la población del Estado de México creció en un 50% en el mismo período (1990 a 2015) ya que se habían sumado 23 municipios del mismo a la ZMVM.¹⁴ En los últimos 16 años la mancha urbana tuvo un incremento general del 170%¹⁵. Según el Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2014-2018 (CONDUSE) vivimos en un modelo de ciudad extendida que eleva considerablemente, tanto para los individuos como para los gobiernos, los costos de los servicios básicos y los tiempos de trasportación. Por otro lado, también se desaprovecha infraestructura, aumentan los problemas ambientales y sociales y se afecta la calidad de vida de los habitantes. Gran parte del problema del crecimiento de la mancha urbana tiene que ver con que la oferta de vivienda en la Ciudad, que no satisface a la demanda. Otros problemas son la industrialización de la ciudad, los cambios de uso de suelo habitacional a comercial y la existencia de vivienda deshabitada o desaprovechada. Así, la vivienda continúa desarrollándose hacia el exterior. La **Figura 1.4** muestra el crecimiento urbano de la Ciudad de México durante el último siglo, la **Figura 1.5** muestra la huella urbana de la misma hasta 2017.



Figura 1.4 Crecimiento urbano de la CDMX en el último siglo.

¹⁴ Heisinger y González, 2015.

¹⁵ Comisión ambiental de la megalópolis, 2018.

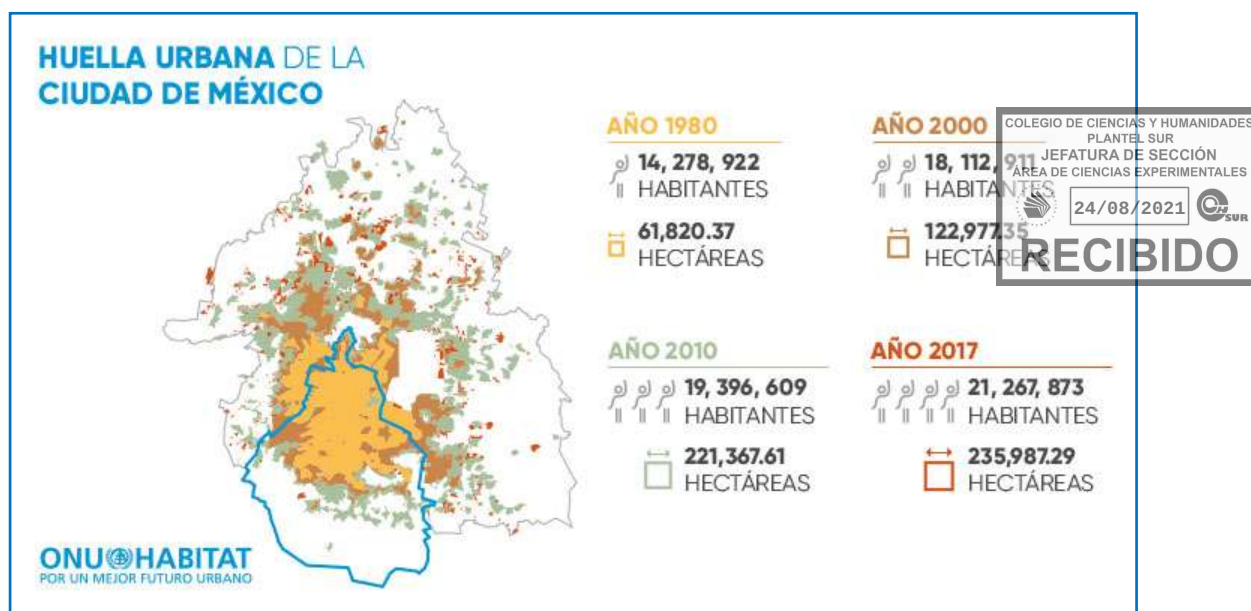


Figura 1.5 Huella Urbana de la CDMX de 1980 a 2017.

Es innegable que se necesita una Ciudad autosustentable con un ordenamiento territorial que haga frente a los problemas de urbanización relacionados con los servicios, como el agua potable, la calidad de aire, la competitividad económica y empleos, incluso de seguridad y gobernabilidad.

En los capítulos anteriores se abordaron temas referentes al deterioro ambiental y a la contaminación del agua, el aire y el suelo; por lo que en este capítulo solo se presentará una síntesis sobre el complejo problema que en la actualidad representan los residuos sólidos, principalmente de los que se producen en la CDMX.

¿Cuántos residuos sólidos se generan en la CDMX?

Hoy en día uno de los problemas ambientales más complejos a los que se enfrenta la especie humana es el control y tratamiento de los residuos sólidos que produce. Por el hecho de que muchas de las comunidades humanas actuales se han transformado en asentamientos urbanos, se ha visto interrumpida la realización natural de los ciclos de materia a través de los cuales es posible reintegrar los desperdicios en forma orgánica al ambiente, lo que ha generado una compleja problemática social¹⁶ y medio ambiental.

Los **residuos sólidos** son objetos o partículas que se acumulan en el sitio donde se producen y se clasifican de acuerdo al sector que los genera, por lo que podemos encontrar de extracción, agricultura, manufactura y municipales. Los

¹⁶ Aguilar, 2002.

residuos sólidos municipales (RSM), están conformados por todos los materiales y artículos que la gente de una región ya no desea y por los **desperdicios domésticos**, los de los establecimientos comerciales, de instituciones (hospitales, escuelas) y de algunas fuentes industriales. De los desechos sólidos producidos, una parte puede ser reciclada o reutilizada y al remanente que no se utiliza se le conoce como **basura**.



El estudio de los residuos sólidos arroja información relevante acerca de la sociedad que los produce¹⁸. Las Naciones con altos estándares de vida tienden a generar más residuos sólidos por persona que las naciones menos desarrolladas¹⁹. Estados Unidos ocupa el primer lugar de producción de basura en el bloque capitalista, con 263 millones de toneladas al año, consumiendo el



30% de los recursos naturales mundiales. Rusia ocupa el segundo lugar con 200 millones de toneladas al año y a inicios de este siglo su producción subió a 207.4 millones de toneladas debido a su creciente clase media y su sociedad capitalista. Japón, está en el tercer lugar ya que produce alrededor de 52.36 millones de toneladas de basura al año y enfrenta una crisis de desechos al no contar con espacios suficientes para procesarlos. Le siguen Alemania, Reino Unido, México, Francia, Italia, España y Turquía. **México ocupa el sexto lugar con 32.7 millones de toneladas al año**, siendo el primer lugar en Latinoamérica. En el informe emitido por el Banco Mundial se determinó que México es el país que genera más basura **per cápita** en toda América Latina, con un promedio de **1.40 kilogramos de basura diarios**. El Top 5 lo completa Chile (1.15), Argentina (1.14), República Dominicana (1.08) y Brasil (1.04).²⁰ En este informe se señalan entre las causas de que en estos países se produzca tal cantidad de residuos y basura el tener una población flotante (turismo), el poder adquisitivo y los patrones de consumo de la población. Además de la cantidad de basura que puede generarse diariamente en los hogares, las grandes empresas transnacionales tienen un gran peso en las cifras de generación de basura en un país, llegando a afectar más en sus sedes externas que en su país de origen. El Banco Mundial estima que, de continuar al mismo ritmo, generaremos casi el doble de basura para el año 2050 (actualmente se generan 2010 toneladas anuales, que incrementarían a 3040).

¹⁷ Leal, 2002.

¹⁸ Suarez, 1974.

¹⁹ <https://www.recolecciondebasuraseredecom.com>.

²⁰ <https://www.recolecciondebasuraseredecom.com.mx/por-que-se-dice-que-mexico>

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la zona metropolitana de la CDMX (ZMCM) es uno de los cinco asentamientos humanos que genera más basura en el mundo y ello se debe principalmente a su número de habitantes.²¹ A inicios de siglo, en la **ZMCM** se producían más de 19,000 toneladas de basura al día, proviniendo el 43.3% de las casas, el 23.5% de los comercios, el 10.4% de los mercados públicos, el 10.6% de parques y jardines, el 1% de los hospitales y el 11.2% se generaba en actividades diversas. Hoy se producen 20,166 toneladas de basura en esta zona y mucha de ella es muy voluminosa y parcialmente no degradable. En su composición abundaban restos de comida, vidrio y cartón y ahora la composición ha variado a gran variedad de plásticos, latas, empaques y gran cantidad de "chácharas" de difícil degradación. A pesar de ello, alrededor del 40% de la basura que se producía en la Ciudad era orgánica, hasta antes del COVID.



Hoy en día, en la **CDMX** se producen 13,149 toneladas al día de residuos sólidos urbanos, con lo que se podrían llenar más de tres Estadios como el Azteca a diario. Los camiones recolectores cargan un promedio de tres toneladas de desechos por viaje, lo que significa que solo para la CDMX se requieren más de 6300 viajes diarios para recolectar los residuos que se generan y en 2016 se tenían solo 2652 camiones recolectores.²²

Las Alcaldías en donde se generaba mayor cantidad de basura eran Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc con el 18%, 13% y 10% respectivamente (41% en total), mientras que Cuajimalpa de Morelos, Magdalena Contreras y Milpa Alta aportaban solo el 4%²³. Per cápita, se ha calculado que los habitantes de esta Ciudad producen de 0.86 a 2.44 kg al día, siendo Cuauhtémoc la Alcaldía con mayor generación de desperdicios por habitante al día y Milpa Alta y Álvaro Obregón las de menor generación **Figura 1.6**. En cuanto a su procedencia, como puede verse en la **Gráfica 2**, el **48% de los desechos eran de origen doméstico**, el 26% de comercios, el 14% de servicios (recreación, restaurantes, oficinas públicas, centros educativos, etc.), el 5% de diversos (manejo especial y áreas verdes), el 4% se generaba en la Central de Abastos y el 3% restante eran controlados (unidades médicas, laboratorios, terminales de transporte, etc.). En cuanto a los residuos domésticos, es frecuente encontrar pañales desechables, los

²¹ Leal, 2002.

²² Sedema,cdmx, 2016.

²³ [IRS-2016.pdf \(cdmx.gob.mx\)](#)

cuales pueden tardar más de 500 años en degradarse; se calcula que un niño de clase media o alta utiliza 6,500 pañales desde su nacimiento hasta los 3 años.

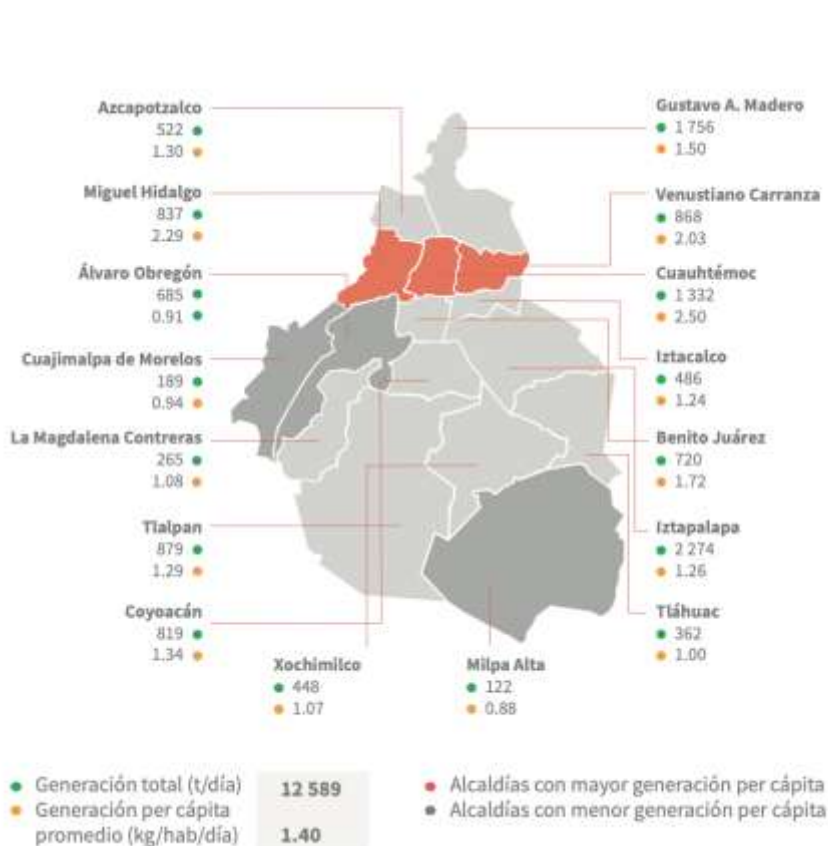
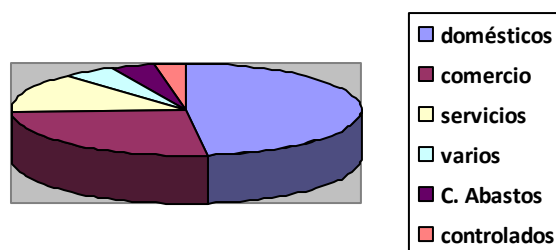


Figura 1.6 Generación de residuos per cápita por alcaldía



Gráfica 2. Tipos de desechos sólidos en CDMX.

Es importante señalar que la basura se considera un **problema de contaminación** ya que en ella se desarrollan muchos organismos nocivos para la salud humana. Al descomponerse la materia orgánica produce gases tóxicos, humos y mal olor; al filtrarse los productos de la fermentación de esta a través del suelo, se contaminan las aguas subterráneas con microorganismos patógenos y sustancias químicas; si se deposita en tiraderos, los microorganismos que ahí se

generan son transportados por el viento y contaminan el aire, suelo, agua e incluso nuestros alimentos. Entre las enfermedades que se transmiten al ser humano por el aire contaminado, las chinches, los piojos, los mosquitos, los hongos, las bacterias, las ratas, las moscas, las cucarachas y los ratones, de la basura están: la malaria, la amibiasis, las infecciones intestinales y de la piel, la rabia, la tifoidea, el paludismo, la encefalitis, la peste, la fiebre y la parasitosis.



Así mismo la basura es una carga para toda la sociedad por el costo económico que representa su manejo. En la sociedad industrializada muchos productos se desechan cuando están descompuestos o desgastados; otros tienen un uso temporal y solo sirven para aumentar la cantidad de desechos sólidos. Las grandes áreas metropolitanas tienen altas dificultades en el manejo de sus residuos sólidos, debido al gran volumen que producen y al desafío de encontrar sitios adecuados para su disposición (rellenos sanitarios). El manejo de los residuos sólidos, involucra la generación y flujo de residuos, métodos de recolección, transporte, transferencia, sistemas de separación, valorización, aprovechamiento y disposición final, de los cuales derivan beneficios ambientales, sociales y económicos.

En cuanto a la disposición final de los residuos, en toda la historia de la humanidad el medio más fácil ha consistido en tirar los residuos sólidos fuera de la ciudad o poblado. Con frecuencia estos tiraderos son a "cielo abierto", pueden estar en humedales adyacentes a un río o lago y ser fuentes de contaminación. Para minimizar el volumen de los residuos, el vertedero muchas veces es incinerado. En la actualidad, en pro del Ambiente se han tratado de mejorar las tecnologías de disposición de desperdicios y de cambiar los valores. Sin embargo, desde hace miles de años no existen nuevas formas de manejar los residuos, las opciones son limitadas y hoy básicamente se utilizan 5 tecnologías : **1.** Rellenos sanitarios, **2.** Incineración, **3.** Producción de mantillo y composta, **4.** Reducción de la fuente y **5.** Reciclado.



Vertedero de basura a "cielo abierto". Vertedero de basura de relleno sanitario.

²⁴ Aguilar, 2002.

Para el manejo de sus residuos la **CDMX** cuenta con 12 estaciones de transferencia, dos plantas de selección y dos compactadoras, ocho plantas de composta y cinco sitios de disposición final. De 13,000 toneladas de basura que se producen en la CDMX, el 68% (8600 toneladas) son enviadas a los **rellenos sanitarios**²⁵. Desde el cierre definitivo de la IV etapa del relleno sanitario Bordo Poniente, la CDMX no cuenta con un espacio en donde disponer sus residuos, por lo que tiene convenios con los Estados de México (Chicoloapan, Cuautitlán, Villagro y Cañada) y Morelos (Cuautla) para usar estos 5 rellenos sanitarios.



El problema de la basura en la CDMX es muy complejo y no aminorará mientras se sigan produciendo y mezclando los desechos. De no reducir la basura que se genera, ésta seguirá siendo un foco de contaminación ambiental y atentará contra la salud pública. Es urgente reflexionar sobre la cantidad de desechos que generamos y sobre cómo se pueden reducir, así mismo hay que valorar la idea del reciclaje el cual puede contribuir a disminuir y aprovechar nuestros desechos.²⁶

¿Qué opciones tenemos para un mejor uso y manejo de los residuos?

Durante todo el ciclo de vida de un artículo o producto, desde la extracción de materias primas para su elaboración, el transporte para su procesamiento, su fabricación y uso, se generan desperdicios. La manera más simple de reducirlos es evitando que se conviertan en basura. La **Reducción en la fuente** es la práctica de diseñar, fabricar, adquirir, reutilizar y reciclar los materiales, de manera que la cantidad de desperdicios generados o su toxicidad disminuyan.

La elección al comprar los productos es otra forma de reducir la cantidad de desperdicios. Por ejemplo, comprar productos cuyo empaque ayude a reducir el desperdicio que se produce (tamaños grandes del empaque en lugar de varios pequeños); o bien el planear la cantidad de producto que se compra para no tirar el excedente. Asimismo buscar las alternativas menos peligrosas para artículos como pesticidas y de limpieza, usar el mínimo de productos que generen residuos químicos peligrosos y seguir las instrucciones para tratar los sobrantes, en lugar de tirarlos, son otras formas de Reducción de la fuente.



La **Reducción en la fuente** es la práctica de diseñar, fabricar, adquirir, reutilizar y reciclar los materiales, de manera que la cantidad de desperdicios generados o su toxicidad disminuyan.

La **Reutilización** de artículos es también un medio de reducir el desperdicio debido a que se retarda la entrada de estos artículos al sistema de desechos. El uso de materiales de tal forma que no se generen desperdicios cobra cada día más importancia. En muchas industrias se realiza un intercambio de "desperdicios" de

²⁵ <https://www.obras.cdmx.gob.mx/storage/app/media/RSU/RSU%20CDMX%20.pdf>

²⁶ Leal, 2002.

manera que los artículos que una desecha, se aprovechen en la otra como materia prima. Además las industrias se han tenido que volver más eficientes en el aprovechamiento de materiales, así como en la disminución de la producción de desechos, ya que la regulación para los residuos de producción tiene ahora normas más estrictas y además ello representa un incentivo económico para las industrias.



El **Reciclado** se consideró como uno de los mayores éxitos ambientales del Siglo XX. Reciclar es crear un producto nuevo a partir de otro ya usado, para evitar el empleo de más recursos naturales. En el 2001, un 30% de los residuos sólidos en EUA fueron procesados a través del reciclado y la composta, disminuyendo el flujo de residuos hacia los rellenos sanitarios y los incineradores. La práctica del reciclado tiene importantes beneficios ambientales como la conservación de los recursos, la reducción de contaminantes, el ahorro de energía, la creación de fuentes de trabajo y la reducción de rellenos sanitarios e incineradores. Los productos que más comúnmente se reciclan son el papel, el vidrio, metales (acero, aluminio, cobre, plomo, fierro, antimonio, bronce y latón) y el plástico. A pesar del éxito de este método, existen problemas económicos y técnicos asociados al mismo, por ejemplo: no todos los plásticos pueden reciclarse al mismo tiempo pues hay diferentes tipos de este material y se tratan de diferente forma; por otro lado, la recolección de algunos materiales para reciclar, en países en vías de desarrollo, puede causar la acumulación de los mismos cuando su demanda no va a la par de su recolección y ocupar grandes espacios.

En la CDMX se están llevando a cabo acciones para tratar de separar la basura y fomentar las tres Rs, se tienen 2800 camiones recolectores donde se separan 1400 toneladas al día de papel, plástico, PET, vidrio y metal para su reciclaje y tres plantas de separación donde se procesan mecánica y manualmente 500 toneladas al día. Así mismo se producen 1400 toneladas de composta al día, utilizada en las áreas verdes urbanas y para la reforestación. Entra las acciones propuestas por el Plan para la CDMX 2019-2024 están: potenciar la separación de origen, valorizar productos como el vidrio y el polietileno de alta densidad, transformación de materiales aprovechables por el Gobierno de la Ciudad de México, como mobiliario público y materiales de construcción, transformación de la materia orgánica en materiales como biocarbón, mediante nuevas tecnologías²⁷.

²⁷ Gobierno CDMX, 2019.

2. Reflexiones y actividades.

Reflexiones



1. Durante la historia de la humanidad ¿Se ha dado una valoración adecuada al Ambiente?
2. En los estudios modernos del Ambiente ¿es importante tomar en cuenta el componente histórico? ¿Por qué?
3. ¿Cuál es el valor que predomina en la sociedad moderna en relación a los recursos naturales?
4. ¿Cuál es la tendencia actual en relación a la población urbana y rural en el planeta?
5. ¿Cuáles son los componentes estructurales y funcionales de un sistema urbano o ciudad?
6. La crisis ecológica es también una crisis_____.
7. Menciona 5 problemas ambientales que se den en las grandes ciudades, debido a la elevada concentración de personas.
8. ¿Qué trae como consecuencias el crecimiento desordenado de la ciudad?
9. En una sociedad con altos patrones de consumo se produce una alta cantidad de_____.
10. ¿Qué son los residuos sólidos municipales?
11. ¿Qué tipo de naciones generan más residuos sólidos?
12. ¿Qué información aporta el estudio de los residuos sólidos que produce una población?
13. ¿Qué es la basura?
14. ¿Qué son las tres R's?
15. Menciona dos acciones con las que puedes hacer una reducción de la fuente.
16. ¿Cuál es la producción diaria de desechos sólidos (domésticos) en la Ciudad de México?
17. ¿Cuál es el principal desecho sólido que produce la sociedad mexicana?
18. ¿Qué porcentaje de los residuos sólidos que produce la Ciudad de México podría reciclarse?
19. ¿Cuánto tarda en promedio un pañal desechable en degradarse?
20. ¿De quien depende el reciclaje en la Ciudad de México?

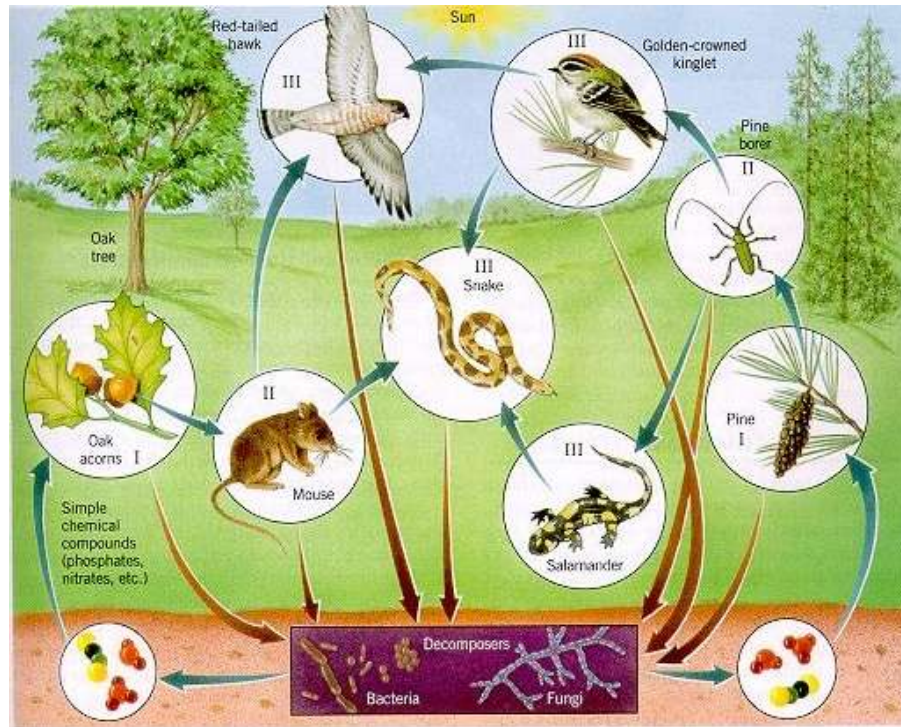
Investiga

1. El significado de los términos: ambiente, calidad de vida, civilización, contaminante, costo ambiental, dimensión ambiental, deterioro, holístico, sociedad, sociedad de consumo, urbanización.

2. Cuales eran las características del Valle de México y de tu Ciudad en las épocas: precolombina, de la colonia, antes y después de 1940 y en la actualidad.

Actividades

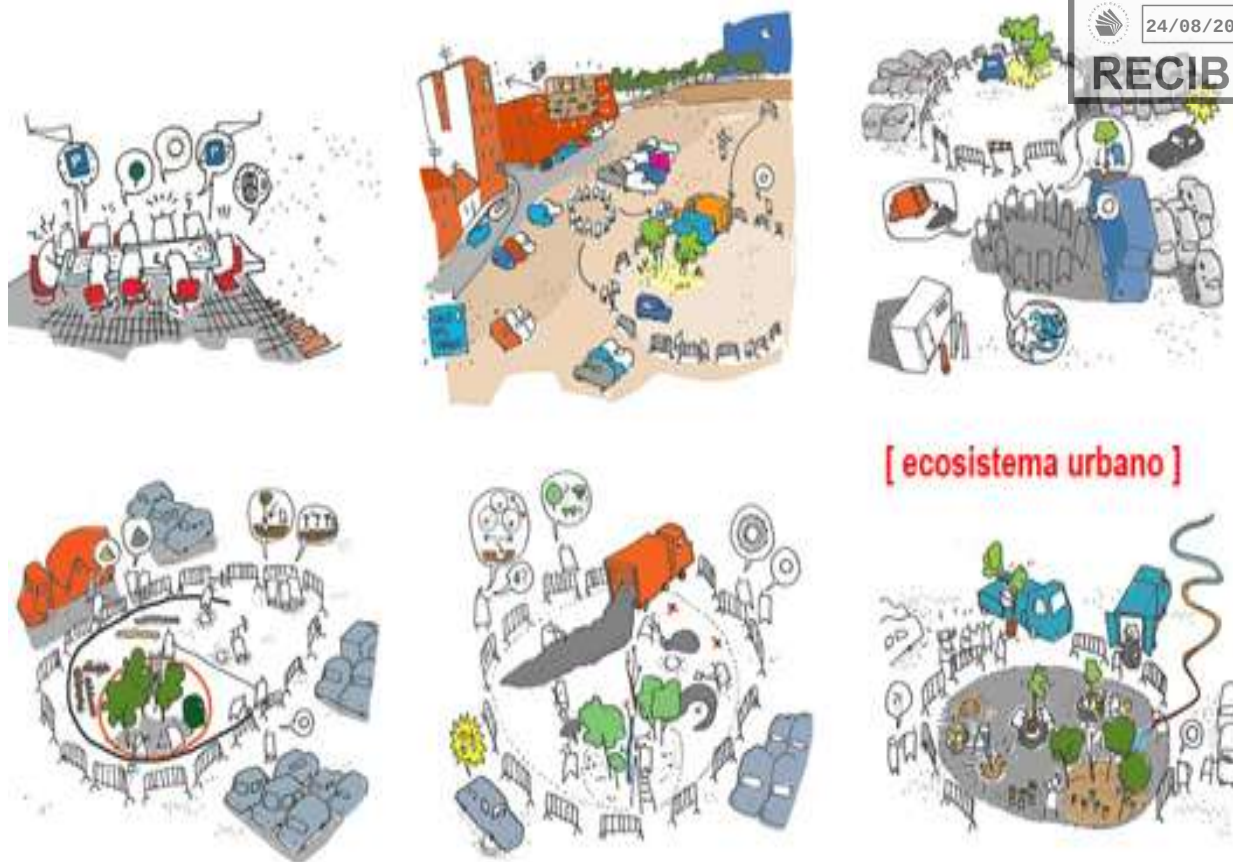
- a. Pon los nombres que consideres necesarios y explica el siguiente diagrama del ecosistema.



- b. Ahora haz lo mismo con el siguiente diagrama



c. Pon los nombres que consideres necesarios y redacta las situaciones que en relación al ecosistema urbano se presentan en las siguientes figuras. Señala algunas entradas y salidas de materia y energía en este ecosistema.



3. Actividades prácticas

1. Flujo de materia y energía en la Ciudad.
2. Ambiente y contexto urbano en una zona de una Alcaldía de la Ciudad de México.
3. El mercado público como indicador de los productos de consumo básico que sustentan a la población de la Ciudad de México.
4. Crecimiento poblacional al restringirse el alimento y el espacio.
5. La ruta de los residuos.
6. Residuos sólidos orgánicos para elaboración de composta.
7. Calculando Huella de carbono ¿podemos reducirla?

4. Bibliografía

- Aguilar, R. M. y Salas, V. H. 2002. **La basura. Manual para el reciclamiento urbano.** Trillas. México.
- Boada, M. y Toledo V. 2003. **El planeta, nuestro cuerpo: la ecología, el ambientalismo y la crisis de la modernidad.** La Ciencia para todos/194. SEP-Fondo de Cultura Económica-CONACYT. México. 237 pp.
- Castillo, H. 1990. **"La sociedad de la basura"**. *Ciencias* 20:25-30 pp.
- Comisión Ambiental de la Megalópolis. 2018. **Análisis de la dinámica de cambio de uso del suelo urbano para proyectar políticas públicas.** Gobierno de México, México.
- INEGI, 2021.**Comunicado de prensa** núm. 98/21. 29 de enero de 2021 Ciudad de México.
- Enkerlin, E., Cano, G., Garza, R. y E. Vogel. 1997. **Ciencia ambiental y desarrollo sostenible.** Ed. International Thomson Editors. México. 690 pp.
- Enkerlin, E., Cano, G., A. Correa y Robles A. 2000. **Vida, ambiente y desarrollo en el siglo XXI: lecciones y acciones.** Ed. Grupo Editorial Iberoamericana. México. 251 pp.
- Garduño A. C. 1979. **El ecosistema urbano y la enseñanza del método experimental.** Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM.
- Gobierno de CDMX. 2019. **Manejo de residuos sólidos en CDMX.** México.
- González F y Medina L. 1995. **Ecología.** McGraw-Hill. México.365 pp.
- Heisinger S y González T.L. 2015. **El crecimiento de la mancha urbana de la Ciudad de México.** Centrourbano.com
- Heres P. A. 2006. **Seminario de Educación Ambiental.**_Pub. Cultural. México.247 pp.
- Herrera K. I. 1998. **Factores Ambientales y la otra mitad del medio ambiente.**_Trillas. México. 197 pp.



- Leal, M., Chávez, V., y Larralde, L. 2002. **Temas ambientales. Zona metropolitana de la Ciudad de México.** Gobierno Edo de México, Gobierno Ciudad de México, Fideicomiso Ambiental, Programa Universitario del Medio Ambiente, SEMARNAP. México.
- López de Juanbelz, R. 1990. **"El impacto de los desechos sólidos sobre el ambiente"**. *Ciencias* 20: 37-41.
- Miller Jr. G. Tyler. 1994. **Ecología y medio ambiente.** Ed. Grupo editorial iberoamericana. México. 867 pp.
- SEDUE, 1992. **"Residuos sólidos"**. Dirección General de Promoción Ambiental y Participación Comunitaria.
- Smith, Enger. 2006. **Ciencia ambiental. Un estudio de interrelaciones.** Ed. Mc Grow Hill Interamericana. México, D. F. 476 pp.
- Suarez, L. 1975. **La contaminación.** Fondo de Cultura Económica. México. 35-63 pag.
- Valverde, T., Cano-Santana, Z., Meave, J. y Carabias J. 2005. **Ecología y medio ambiente.** Ed. Pearson Prentice-Hall. México, 230 pp.



<https://www.google.com/search?q=poblaci%C3%B3n+urbana+mundial+2019&srf=ALeKk01Y->

<https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>
Banco mundial.Desarrolllo urbano, feb 2021

ONU: 68% de población mundial vivirá en zonas urbanas para 2050|
Spanish.xinhuanet.com

Aglomeración urbana - Wikipedia, la enciclopedia libre

<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/08/gsm_-_folleto_de_datos_poblacionales_2020_0.pdf Folleto de datos poblacionales ONU-
Hábitat 2020. Nairobi

<https://lanzateyviaja.com/mundo/ciudades-mas-grandes>

<https://www.viajablog.com/ciudades-mas-pobladas-mundo/> México 5to 2020, ONU

https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_metropolitana_del_valle_de_México

<https://mxcity.mx/2018/12/cdmx-es-territorio-agricola-que-cultiva-maiz-amaranto-nopal-y-maguey/#:~:text=Ecolog%C3%ADa-,La%20CDMX%20es%20territorio%20agr%C3%ADcola%20que%20cultiva%20ma%C3%ADz%20amaranto%20nopal,existen%20en%20toda%20la%20CDMX.>

<https://www.recolecciondebasuraseredecom.com.mx/top-ten-de-los-paises-que-producen-mas-basura.> Sofía Reyna. Julio 2020.

<https://www.recolecciondebasuraseredecom.com.mx/por-que-se-dice-que-mexico-es-el-pais-que-genera-mas-basura-en-america-latina-cual-problema-se-esconde>

<https://www.obras.cdmx.gob.mx/storage/app/media/RSU/RSU%20CDMX%20.pdf>

Inventario de residuos sólidos. IRS-2016.pdf (cdmx.gob.mx)

Animal político, 2017. Reglas para separar la basura en la CDMX - e Contenedores - Contenedores de Basura



ACTIVIDAD

1



FLUJO DE MATERIA Y ENERGÍA EN LA CIUDAD.

Actividad: curricular

Programa y contenidos que apoya:

Biología II. Unidad 2, tema1: Estructura y procesos del ecosistema: ecosistema natural y urbano. Ambiente y Dimensión Ambiental.

Unidad 2, tema2: Impacto de la actividad humana en el ambiente.

**Biología IV. Unidad 2, tema II: Factores que afectan la biodiversidad.
Uso y conservación de la biodiversidad.**

Duración: 2 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: En el aula-laboratorio.

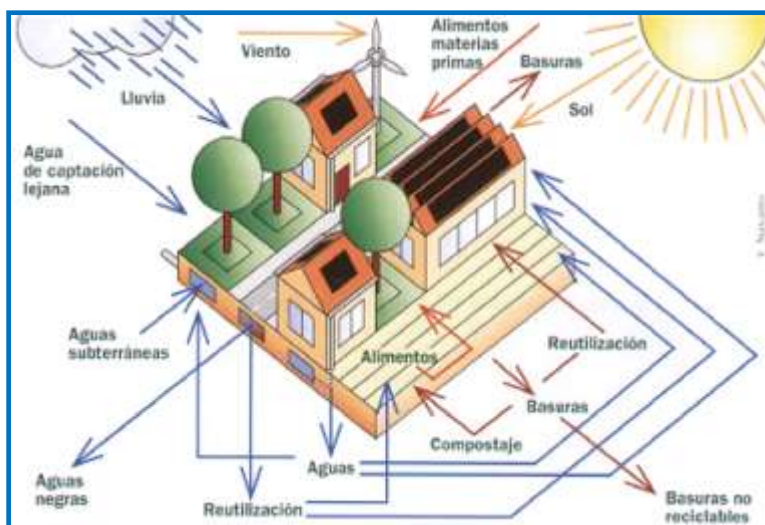
INTRODUCCIÓN



Un ecosistema es una unidad de la naturaleza organizada en el espacio y el tiempo por componentes bióticos y abióticos interrelacionados, a través de los cuales **fluye la energía y circula la materia**¹. El ecosistema es el punto de unión e intersección entre el mundo vivo y no vivo, ambos componentes son mutuamente dependientes y cambiantes en un entramado indisociable. En un ecosistema hay un flujo unidireccional de energía que

va de los organismos autótrofos hacia los heterótrofos; así mismo, los materiales se mueven desde el medio abiótico, pasan a través de los organismos y regresan al medio abiótico; este reciclado depende en gran parte de los organismos descomponedores, los cuales degradan la materia orgánica generando compuestos inorgánicos.

En la ciudad se tiene un medio urbanizado (espacio que comprende a la ciudad y sus alrededores; que cuenta con servicios como luz, drenaje, pavimentación, etc. y con más de 2500 habitantes)², cuyos habitantes se dedican a actividades secundarias y terciarias como la administración, el comercio, el turismo y la industria. Así mismo se incluye a una serie de seres vivos, con sus interacciones y relaciones, en donde el ser humano es parte fundamental. En la ciudad se realizan actividades internas urbanas y hay un funcionamiento basado en intercambios de materia, energía e información. En este sentido, sus características son parecidas a las de un ecosistema natural, siendo el hombre y sus sociedades subsistemas



¹ Curtis *et al.* 2016.

² Definición de espacio urbano - Qué es, Significado y Concepto (definicion.de)

del mismo. Sin embargo la ciudad no cumple los dos de los requisitos determinantes de la definición de un ecosistema natural: en **primer lugar no posee un metabolismo de ciclo cerrado** (o circular) y en **segundo lugar no tiene una fuente de energía inagotable** (como el Sol), que garantice indefinidamente su funcionamiento. Las ciudades desarrolladas tienen como principal particularidad los **grandes recorridos horizontales que tienen que hacer los recursos** que las sustentan como el agua, los alimentos, la electricidad y los combustibles, y que son capaces de **explotar otros ecosistemas lejanos** para su sustento, provocando importantes **desequilibrios territoriales** a escala planetaria. Lo anterior significa que la ciudad tiene un metabolismo lineal.

La sostenibilidad de los sistemas agrarios había marcado tradicionalmente la **sostenibilidad local** de los asentamientos humanos, hasta que la Revolución Industrial introdujo un cambio en la escala territorial de los sistemas urbanos, estableciendo redes que facilitaban el transporte horizontal de abastecimientos y de residuos. Por lo tanto, su metabolismo lineal es doble, tanto para los suministros como para los residuos o excedentes dejando a su paso una **huella ecológica**. Por otro lado, las ciudades constituyen organizaciones muy complejas y sus conexiones se extienden sobre todo el planeta influyendo en espacios lejanos gracias a la tecnología y a las nuevas redes de transporte. Así mismo, el funcionamiento de la ciudad está basado en energías secundarias (no primarias), como la electricidad, el petróleo, o el gas. El consumo masivo de energía secundaria es lo que permite el crecimiento y mantenimiento de las ciudades, a base de transportar recursos desde cualquier punto del planeta y trasladar sus desechos a zonas circundantes³. El siguiente diagrama ilustra la propuesta ideal de un metabolismo urbano circular/reciclable.

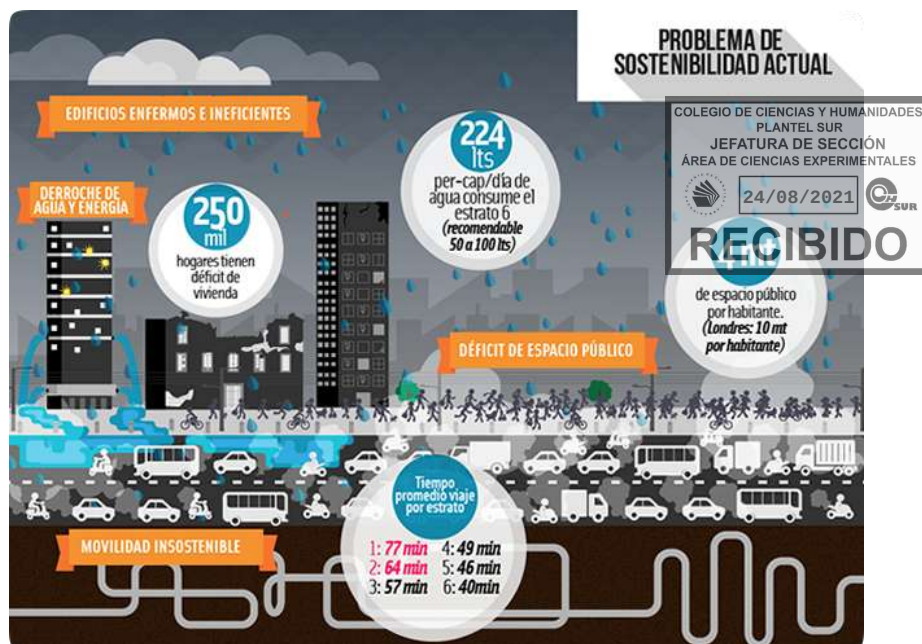


³ Higuera, 2009.

La idea de analizar a la ciudad como un ecosistema no tiene solo interés cultural o científico. Es útil también para aportar soluciones propias del funcionamiento interno de la ciudad, por ejemplo, para establecer qué limitaciones se pondrán al tráfico y al estacionamiento de los vehículos, en dónde se situará la actividad productiva, qué combustibles se pueden, qué servicios colectivos van a potenciarse, qué tasas deben pagar los

usuarios, cómo disminuir los costos de mantenimiento, que usos se deben dar al suelo, etc. Cualquier decisión parcial, tiene repercusiones directas e indirectas sobre otros sistemas urbanos, por lo tanto se considera que la solución ecosistémica es la única solución válida ante los problemas ambientales actuales. En el planteamiento de soluciones al **problema de la insostenibilidad urbana**, es oportuno plantear enfoques ecosistémicos.

Como en los ecosistemas naturales, en el ecosistema urbano también hay ciclos. Los principales ciclos del ecosistema urbano son cuatro: el ciclo atmosférico; el ciclo hidrológico; el de la materia orgánica y los residuos y por último el ciclo energético. La calidad ambiental del medio urbano, es algo que progresivamente se va estructurando por las demandas de la sociedad. Hoy en día se requiere tener al menos los siguientes valores de referencia: ciudad no ruidosa (nivel sonoro diurno < 60 dbA y nocturno < 50 dbA); ciudad sin contaminación (control de las emisiones de gases CO₂, CO, NO_x, CHF); zonas verdes con calidad y cantidad adecuadas (beneficio ambiental y psicológico, la OMS recomienda 9 m² por habitante⁴), etc. Además habría que añadir un factor de calidad de la zona verde, considerando su consumo de agua, la aclimatación al lugar, la accesibilidad a la población, su gasto en mantenimiento, su evolución temporal, etc. y calles limpias y seguras, entre otros. Es necesario conseguir el máximo rendimiento de los recursos y por otro lado, la mínima perturbación de los ecosistemas, así como la estabilidad social que se refiere al aumento de la diversidad (de gentes y usos) y propiciar una cohesión social que permita crear las condiciones para fundamentar la igualdad de oportunidades. Se requiere **generar un metabolismo circular en**



⁴ 4.1.3.1 (semarnat.gob.mx)

la ciudad⁵. No existe un modelo único de ciudad habitable y sostenible, sino que la idiosincrasia de las poblaciones, el clima y los factores ambientales, entre otros, determinan las soluciones a la problemática que se presenta en cada una de ellas⁶.

La Ciudad de México CDMX alberga una población de 9 209 944 habitantes en su núcleo central y a diario debe dotarlos de materia, energía y servicios, impactando ecosistemas cercanos y lejanos. En 2018, las políticas de la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) estuvieron orientadas a sentar las bases para lograr una **Ciudad sustentable y resiliente** (capacidad para adaptarse a las situaciones adversas con resultados positivos). Nuestro futuro como Ciudad y país sólo es posible si gobierno y sociedad actuamos con determinación, responsabilidad y compromiso para cumplir con los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por Naciones Unidas para el 2030. Es la única manera en que seremos capaces de darle viabilidad y sustento a un desarrollo que garantice nuestra calidad de vida y el bienestar colectivo, en el corto, mediano y largo plazo⁷.



OBJETIVOS

- Investigar cuales son los requerimientos de materia y energía que mantienen a la Ciudad de México, CDMX.
- Elaborar una representación de los flujos de materia y energía en la CDMX.
- Detectar los principales problemas ambientales que representa el abasto de materia y energía para la CDMX.
- Analizar algunas posibilidades de solución a dicha problemática.
- Reflexionar sobre posibles soluciones hacia la sustentabilidad en la CDMX.

⁵ Pavón P.C., 2017

⁶ Higuera, 2009.

⁷ Muller, 2018.

MATERIAL

- Acceso a internet y bibliografía sobre el tema.
- Vídeos sobre la CDMX y Ecociudades.
- Cartulina.
- Ilustraciones sobre la temática.
- Lápices o marcadores de colores.
- Fotos de diversas problemáticas en la CDMX.



MÉTODO

Previo a la primera sesión los alumnos harán una consulta bibliográfica y virtual sobre la temática, reunirán información y buscarán ilustraciones sobre la misma. Se sugiere analizar la información incluida en la introducción de esta actividad.

Primera sesión: aula-laboratorio.

- Análisis de vídeos sobre la CDMX como: La Ciudad de México y los problemas ambientales (<https://www.youtube.com/watch?v=7TV-Hedg8ug>) y las Ciudades Sustentables y Ecociudad (<https://www.youtube.com/watch?v=qCvkM9eVuX8>).
- Formar equipos y analizar la información y materiales recabados sobre materia y energía que mantienen a la CDMX.
- Elaborar un diagrama ilustrando las entradas y salidas de materia y energía en la CDMX, considerando los trayectos que siguen y sus modificaciones. Consultar bibliografía e Internet para completar la información.
- Enlistar los principales problemas ambientales que derivan de dotar a la CDMX de los suministros que la mantienen.
- En casa, reflexionar sobre alternativas para construir una CDMX más sustentable y escribir las propuestas.

Segunda sesión: aula-laboratorio.

- Presentación de diagramas ante grupo y análisis de la problemática ambiental que en ellos se marca.
- Discusión grupal y conclusiones acerca de la situación de insostenibilidad de la CDMX y presentación de las propuestas para mejorar esta situación.

SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Exposición de los diagramas y calidad de la información presentada sobre la problemática ambiental generada y posibles alternativas hacia la sustentabilidad de la CDMX.

- Participación en el trabajo en equipo.
- Respeto y responsabilidad mostrados en el desarrollo del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Curtis, H., Barnes, S., Schnek, A. y Massari A. 2016. **Invitación a la Biología en contexto social**. Editorial Médica Panamericana. México. 736-754 pp.
- Higuera, G. E. 2009. **La ciudad como ecosistema urbano**, en El reto de la ciudad habitable y sostenible. Editorial DAPP, ETSAM. UPM.
- Müller G. T. 2018. **6to informe de Gobierno**. Secretaria del Medio Ambiente. SEDEMA. México.
- Pavón, P. C. 2017. **Hacia un metabolismo circular del medio ambiente**. Seminario de Gobernanza y Gestión de Áreas Metropolitanas. Universidad Wageningen, Holanda.
- Ruza T., F. *et al.* 1993. **Tratado del Medio ambiente en México**. Vol.8: El Medio Urbano. Reza Editores. Guanajuato, México.
- Vázquez T. 1993. **Ecología y Formación Ambiental**. Mc. Graw Hill. México.
- Varios. 1998. **Medio ambiente de la Ciudad de México 1994-1997**. Limusa. México.
- Turk-Turk. Wittes. 1998. **Tratado de Ecología**. Interamericana. México

CIBERGRAFÍA

- https://www.google.com/search?q=características+ambientales+de+la+ciudad+de+méxico&ei=vCGUyMzOIMOUSAX3hJioCg&oq=características+medio+ambiente+en+cdmx&gs_lcp=
- Foro 2020 para la planeación del desarrollo sustentable en la CDMX https://www.facebook.com/watch/live/?v=1521077314730404&ref=watch_permalink



ACTIVIDAD

2



AMBIENTE Y CONTEXTO URBANO EN
UNA ZONA DE UNA ALCALDIA DE LA
CIUDAD DE MÉXICO.

**Actividad: de
campo curricular**

**Programa y
contenidos que apoya:**

Biología II. Unidad 2, tema1: Estructura y procesos del ecosistema: ecosistema urbano. Ambiente y Dimensión Ambiental.

Unidad 2, tema2: Impacto de la actividad humana en el ambiente.

**Biología IV. Unidad 2, tema II: Factores que afectan la biodiversidad.
Uso y conservación de la biodiversidad.**

Duración: 2 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: Una Alcaldía de la CDMX y aula-laboratorio.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas el hombre se ha preocupado cada vez más por su futuro en relación al ambiente ya que de no ser así, ese futuro no existirá. Uno de los principales factores para promover un futuro más promisorio es el tipo de desarrollo que sigan las aglomeraciones urbanas. Un **área** o zona **metropolitana** es una región urbana que engloba a una ciudad principal o metrópolis y a una serie de ciudades que pueden funcionar como ciudades dormitorio, industriales, comerciales y de servicios. También se conoce como red urbana.¹



Generalmente las **zonas urbanas** se caracterizan por estar habitadas por más de 2000 habitantes y, acorde a los modelos actuales de desarrollo urbano, su densidad de población, su extensión geográfica y la infraestructura con la que cuentan (servicios como luz, agua drenaje, pavimentación, salud, educación y recreación, etc.) son factores clave para delimitar a este tipo de áreas², pero sobre todo se caracterizan por la particularidad de las funciones urbanas, especialmente las económicas, concentrándose la actividad y el empleo más en la industria y el comercio que en actividades agropecuarias. Generalmente las zonas urbanas ofrecen un mayor abanico de recursos para la supervivencia de sus habitantes así como para tener una mejor calidad de vida.

En las áreas metropolitanas se presentan constantes interacciones entre la población humana y las demás poblaciones vivas, así como con los factores que constituyen el medio ambiente tanto natural como sociocultural y es en este marco de acción en el que se desarrollan millones de personas. Los resultados que señalan algunos trabajos de **Ecología Urbana** muestran que las plantas, los animales y otros componentes naturales del medio tienen influencias físicas, psicológicas y conductuales en el hombre y que a su vez, las actividades económicas, políticas y socio-culturales que el hombre realiza interactúan con el medio natural.

El uso que se da al suelo, la densidad de población, el tipo de actividades que se llevan a cabo en las urbes y la creciente industrialización han repercutido en el ambiente, dando un deterioro gradual del agua, el suelo, la atmósfera, el clima y las poblaciones vivas, y este deterioro puede empezarse a frenar si se logra una toma de conciencia de la nocividad de las actividades humanas actuales y si cada ciudadano contribuye, motivado por tal conocimiento, a la urgente tarea de mejorar las relaciones entre el hombre y el medio circundante.

El estudio de las ciudades como un **Ecosistema Urbano** agrupa sistemas en tres esferas:

- a) el medio ambiente natural.
- b) el entorno edificado.
- c) el entorno socioeconómico.

¹ https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rea_metropolitana

² Pérez, 2012.

Algunas características del Ecosistema Urbano son: los Ecosistemas Urbanos pueden relacionarse de manera simbiótica o explotar a otros ecosistemas lejanos provocando desequilibrios territoriales; los estilos de vida, los sistemas productivos y los sistemas de transporte guardan un alto grado de correlación con la presión directa sobre la explotación de recursos naturales y los correspondientes impactos, directos e indirectos, sobre el medioambiente; los alimentos no se producen ahí, tienen origen externo y por ello se dan los niveles tróficos de consumidores; en la ciudad además del hombre, viven otras especies como, gatos, perros, insectos, roedores o aves, algunas consideradas como plagas; por su infraestructura, en las ciudades se produce el efecto “Isla de Calor” como consecuencia de la acumulación de calor por la inmensa mole de hormigón; los árboles y zonas verdes (parques, plazas arboladas o cubiertas verdes) tienden a reducir este efecto purificando el aire y generando ahorro de energía.



El desafío al que se enfrentan hoy los Ecosistemas Urbanos es la restauración de servicios, tan necesarios para el bienestar humano, los cuales se han ido perdiendo por el diseño del modelo actual de nuestras ciudades, como son: la regulación del aire, las aguas y el suelo, tan impactados por las actividades urbanas; la capacidad de volver a producir alimentos, energía o equilibrar el ciclo hidrológico en sus demandas de grandes cantidades de aguas superficiales y subterráneas; las funciones biológicas propias de los ecosistemas que se desarrollan en su interior (zonas verdes, jardines, etc.) como la polinización o el control biológico de plagas y enfermedades y las actividades recreativas y de disfrute estético que en la actualidad generan un flujo de visitantes urbanos a los entornos naturales y especialmente a los espacios protegidos. Todo ello equilibrando su metabolismo para disminuir la presión sobre el resto de los ecosistemas, a escala local y global.

La **Ciudad de México (CDMX)** es una ciudad de servicios, la actividad económica de la capital del país se concentra alrededor del comercio, los servicios financieros y de seguros, el transporte y el turismo. Estas actividades (terciarias) aportan poco más del 90% del total del producto interno bruto (PIB) de la Ciudad. A partir de los años noventa del siglo pasado, una serie de políticas ambientales relacionadas con la calidad del aire y la escasez de agua, sumadas a la apertura económica que fomentó el comercio internacional, generaron el cierre y salida de numerosas fábricas del Valle de México. De igual manera, la burocracia disminuyó su tamaño e importancia y el estado privatizó las empresas que permanecían en su poder. El mejor ejemplo es la industria automotriz, que hasta entonces estaba concentrada en la CDMX y que ahora se encuentra dispersa por buena parte del territorio nacional. Este cambio, en apenas unas cuantas décadas, llevó a la economía de la Ciudad a una estructura donde los servicios aportan el 83% de su PIB, la industria manufacturera el 10% y la industria de la construcción el 6%. El sector primario, es decir la agricultura, prácticamente no aporta nada y solo es para consumo local.

Con esta estructura basada, predominantemente en los servicios, finanzas, comercio, transporte, educación, recreación, cultura, salud y turismo, se crea la riqueza de la Ciudad, con ella se generan la mayoría de los empleos de quienes ahí habitan y es el sustento de la base fiscal que mantiene a la Ciudad de México. A esta estructura se debe sumar el sector informal al que la mayoría de los análisis calculan en por lo menos el 23% de la producción informal, informalidad abarca, no solo a los vendedores ambulantes que proliferan en la capital, sino también a muchas actividades artesanales y de servicios que no pagan impuestos; ello sin contar los recursos provenientes de actividades ilegales, que deben ser combatidas. Obviamente, esta estructura económica se aloja en **edificios e infraestructuras: torres de oficinas, centros comerciales, terminales de autobuses, escuelas y universidades, parques, estadios, auditorios, teatros, cines, hospitales, hoteles; así como en casas, pequeños talleres, azoteas y garajes**, de ahí la importancia de permitir, de manera ordenada, el libre crecimiento de la oferta del espacio dedicado a estas actividades ya que, de no hacerlo, se crean graves distorsiones a la economía y en última instancia se limita su crecimiento y además, se inhibe la recaudación de impuestos: sobre todo del predial, que bien cobrado y bien invertido puede mejorar las condiciones de vida en la Ciudad, sobre todo para las familias de escasos recursos. También, las políticas públicas deben reconocer al sector informal no criminal como parte de la economía urbana, y no como un componente aislado, entendiendo la interacción entre este sector y la economía formal, por ejemplo, buena parte de la proveeduría de negocios formales como el turismo, las exposiciones, el teatro, los restaurantes, la construcción o el diseño de interiores, se genera en pequeñas fábricas informales de carpinteros, herreros, costureras, sastres o electricistas, que se alojan en amplios territorios de la Ciudad, incluyendo el centro histórico formando cadenas en donde interactúan ambos sectores. Con base en lo anterior, será difícil planear el futuro de la Ciudad si no se cuenta con un cabal entendimiento de cómo funciona su economía³.



Por su crecimiento y forma de vida la CDMX enfrenta hoy peligros como la falta de agua, la contaminación y los efectos del desarrollo urbano. No existen propuestas de largo plazo para enfrentar su situación. El futuro de la Ciudad de México está en peligro y está en nuestras manos conocerla y, en base a ello buscar soluciones a su problemática.

³ <https://www.google.com/search?q=características+ambientales+de+la+ciudad+de+méxico>

OBJETIVOS

- Conocer una zona del medio urbano que habitas, en alguna de las Alcaldías de la CDMX.
- Detectar algunos aspectos de las características y de la problemática ambiental de dicha zona.
- Analizar algunas posibilidades de solución a dicha problemática.
- Socializar los resultados en el grupo con el fin de conocer diferentes zonas de la Ciudad.



MATERIAL

- Mapa de la Alcaldía a estudiar.
- Libreta de campo.
- Hojas de papel blancas o milimétricas.
- Lápices de colores.
- Celular o grabadora.
- Cámara fotográfica.
- Encuesta diseñada por el equipo.

MÉTODO

Primera sesión: Trabajo de campo.

- Formar equipos y elegir una Alcaldía para trabajar.
- En un mapa de la Alcaldía elegida, seleccionar una zona de estudio, que incluso puede ser la colonia en que habitas. El mapa deberá conseguirse previamente en el centro de la Alcaldía, en una guía-roji, en una biblioteca o de existir, vía Internet.
- Desplazarse a la zona de estudio y marcar un cuadro de 6 x 6 calles. Realizar en equipo un reconocimiento rápido de la misma, anotar observaciones.
- En una hoja de papel, hacer el croquis de la zona y marcar claramente en el mismo, la orientación de la zona de estudio y las calles que la delimitan.
- En base al croquis, elaborar un mapa del uso del suelo⁴ y marcar con lápices de diferentes colores: las áreas verdes, las viviendas, los comercios, etc. (un color por tipo de uso).
- Recorrer de nuevo la zona ahora para hacer apreciaciones acerca del grado de urbanización que presenta, para ello se pueden hacer anotaciones en el cuadro "A",

⁴ Usos del suelo se refiere a los diferentes usos urbanos que se da a la tierra como el de habitación, comercio, recreación, administración, salud, etc.

anexo a este instructivo. En este cuadro se asigna a cada factor observado un valor del 1 al 5, mismos que en porcentajes corresponde a:

$$5 = 100\% \quad 4 = 75\% \quad 3 = 50\% \quad 2 = 25\% \quad \text{y} \quad 1 = 0\%$$

- Investigar en internet el n° de habitantes de la Alcaldía y el área que ocupa, con estos datos calcular su densidad de población utilizando la fórmula:



$$\text{Densidad: } \frac{\text{Número de habitantes}}{\text{Superficie (Km}^2\text{)}}$$

- Investigar si existe actividad industrial en la zona de estudio y a qué tipo de actividades económicas se dedica la población que habita la misma.
- Investigar el tipo de actividades socio-culturales que se desarrollan en la zona.
- Para completar las investigaciones anteriores, elegir una manzana dentro de la zona de estudio y realizar una encuesta con los moradores de la misma, tomando en cuenta:
 - La actividad a la que se dedican,
 - Tipo de plantas y animales domésticos que tienen.
 - Principales problemas sociales de la zona,
 - Principales problemas ambientales como: contaminación, basura, plagas de los animales, enfermedades de plantas-animales y hombre, etc.,

Para tal fin ir en equipos e identificarse con los moradores de la zona, explicando para que son los datos recabados.

Tratamiento de resultados (extra-aula)

- Elaborar el croquis de la zona estudiada así como el mapa del uso del suelo.
- Anexar el cuadro A, con las observaciones registradas acerca del grado de urbanización.
- Registrar la densidad de población y las actividades que se realizan en la zona.
- Contestar el siguiente cuestionario, en base a las observaciones realizadas, a los datos recabados en las oficinas de la Alcaldía y a la bibliografía y cibergrafía consultadas.

CUESTIONARIO

1. ¿Qué criterios se utilizan para definir a un poblado como rural o urbano?
2. ¿Qué es una ciudad?
3. ¿Qué entiendes por ambiente? ¿Qué es la dimensión ambiental?
4. ¿Qué tipo de ambientes encuentras en las ciudades?
5. En relación al estudio realizado ¿La zona puede considerarse urbana? ¿Por qué?
6. Menciona 5 problemas ambientales detectados en tu zona de estudio
7. ¿Cómo podrías contribuir a la solución de estos problemas?

Segunda sesión: Trabajo en el aula.

- Presentación de resultados más relevantes en 15 minutos, por equipo, ~~con apoyo de~~ materiales audiovisuales (cuadros, imágenes, mapas, presentaciones, etc.).
- Discusión grupal y conclusiones del estudio.



Sugerencias de evaluación

- Presentación de un informe escrito, por equipo, que incluya:
 - Título
 - Introducción
 - Objetivos
 - Metodología
 - Resultados (de acuerdo a lo señalado arriba)
 - Discusión y conclusiones
 - Bibliografía
- Exposición de los resultados de la investigación.
- Participación en el trabajo de campo y en equipo.
- Respeto y responsabilidad mostrados en el desarrollo del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Benítez. F. 1984. **Historia de la Ciudad de México**. Salvat. México.
- Benítez. F. 1977. **Viaje al Centro de México**. Fondo de Cultura Económica.
- Información actualizada sobre la Alcaldía como: datos de población y vivienda, uso del suelo, censos económicos e historia. Esta información se encuentra generalmente en las oficinas del centro de la Alcaldía.
- Lorenz. K. 1978. **Los 8 pecados morales de la humanidad civilizada**. Rotativa, México.
- Ludenid A. M. 1998. **El cambio global en el medio ambiente introducción a sus causas humanas**. Alfa-Omega. México.
- Ruza T., F. *et al.* 1993. **Tratado del Medio ambiente en México**. Vol.8: El Medio Urbano. Rezza Editores. Guanajuato, México.
- Vázquez T. 1993. **Ecología y Formación Ambiental**. Mc. Graw Hill. México.
- Varios. 1998. **Medio ambiente de la Ciudad de México 1994-1997**. Limusa. México.
- Turk-Turk. Wittes. 1998. **Tratado de Ecología**. Interamericana. México

CIBERGRAFÍA.

- Julián Pérez Porto y María Merino. Publicado: 2008. Actualizado: 2012. Definicion.de: Definición de zona urbana (<https://definicion.de/zona-urbana/>)

- https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rea_metropolitana#:~:text=Un%20%C3%A1rea%20o%20zona%20metropolitana,se%20conoce%20como%20red%20urbana.
- https://www.google.com/search?q=características+ambientales+de+la+ciudad+de+méxico&ei=vCGUYMzOIM0usAX3hJioCg&oq=características+medio+ambiente+en+cdmx&gs_lcp=
- https://www.google.com/search?q=características+ambientales+de+la+ciudad+de+méxico&ei=vCGUYMzOIM0usAX3hJioCg&oq=características+medio+ambiente+en+cdmx&gs_lcp=



Cuadro A

Ambiente y grado de urbanización en una zona de una Alcaldía de la Ciudad de México (CDMX).

Instrucciones: Registra tus impresiones inmediatas y anótalas como sigue:



Tipo de medio	5*	4*	3*	2*	1*	
Artificial o creado						
Nuevo						Viejo
Quieto						Ruidoso
Bonito						Feo
Nivel socio-económico alto						Nivel socio-económico bajo
Casas de 2 pisos o mas						Casas de un piso
Con servicios médicos						Sin servicios médicos
Con comercios						Sin comercios
Con transporte						Sin transporte
Áreas de recreación						Sin áreas de recreación
Pavimentado						Sin pavimentar
Luz eléctrica						Sin luz eléctrica
Drenaje y alcantarillado						Sin drenaje ni alcantarillado
Agua potable						Sin agua potable
Otros servicios urbanos						No
Físico o natural						
Caluroso						Frío
Sombreado						Sin sombra
Limpio						Sucio
Inodoro						Malos olores
Comunidades bióticas						
Densidad humana alta						Densidad humana baja
Con otros mamíferos						Sin otros mamíferos
Con aves						Sin aves
Con insectos						Sin insectos
Presencia de plagas						Sin plagas
Muchas áreas verdes						Sin áreas verdes

5*=100%

4*=75%

3*=50%

2*=25%

1*=0%

ACTIVIDAD

3



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
JEFATURA DE SECCIÓN
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
24/08/2021
RECIBIDO

**EL MERCADO PÚBLICO COMO INDICADOR
DE LOS PRODUCTOS DE CONSUMO BÁSICO
QUE SUSTENTAN A LA POBLACIÓN DE
LA CIUDAD DE MÉXICO**

Actividad: de campo curricular

Programa y contenidos que apoya:

Biología II. Unidad 2, tema 2: Biodiversidad.

Impacto de la actividad humana en el ambiente.

Sustentabilidad.

Biología IV. Unidad 2, tema II: Uso y conservación de la biodiversidad.

Importancia de la biodiversidad.

Duración: 2 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: Un mercado o tianguis y aula-laboratorio.

INTRODUCCIÓN

La dimensión del abasto en la Ciudad de México (CDMX) puede entenderse si se reflexiona sobre el hecho de que las 25.000 toneladas que a diario se distribuían y consumían en la misma a inicios del siglo, serían suficientes para cubrir las necesidades de alimentación de un día, de 5 ciudades grandes de Europa: Copenhague, Berlín, Madrid, Roma y Atenas.¹ Resolver esta problemática es uno de los principales retos para la CDMX a inicios del siglo XXI.



El **abasto** es el proceso de distribución de bienes y productos y la vinculación de las zonas productivas con los centros de consumo. El abasto en la CDMX como lo conocemos data de la época postrevolucionaria, a partir de 1925, cuando aunado al desarrollo de carreteras se desarrolla el abasto en las modalidades de producción, distribución y consumo, sumándose nuevos mercados a los ya existentes. Generalmente como **mercado** se conoce al lugar público donde se reúnen los productos de consumo básico, principalmente alimentos, que sustentan a una población humana. También se ha considerado como mercado a la reunión de comerciantes que van a mercar o vender productos propios o ajenos, en determinados sitios y días.

En México; la existencia de mercados es muy antigua y en la época prehispánica todos aquellos productos derivados de la manufactura o del cultivo de la tierra se vendían en los grandes mercados existentes en las principales ciudades. Cada artículo tenía asignado un lugar en particular para su venta y las transacciones se llevaban a cabo con justicia y respeto, bajo la inspección de magistrados asignados para tal fin. La adquisición de artículos se hacía por trueque, aunque también existía el uso de “monedas”, que podían ser plumas transparentes rellenas de polvo de oro o de trocitos de estaño, sacos de cacao, etc. Las monedas tenían valor temporal ya que estaban hechas de materiales perecederos y no se podían guardar o acumular. La profesión de mercader era de las más respetadas. Los mercaderes aztecas viajaban por toda la superficie del Anáhuac e incluso más allá y llevaban consigo un rico surtido de paños, joyas, esclavos y otras mercancías consideradas preciosas. El mercader además llevaba siempre algún presente de su rey para los gobernadores y jefes de las provincias que visitaba y a cambio recibía otros presentes y el permiso para mercar o traficar.

¹ Vázquez, 1991.

El mercado de Tlatelolco revistió gran importancia para la gran Tenochtitlán pues en el mismo podían encontrarse todos los productos del gran Valle de México, e incluso de otras regiones distantes. Cabe señalar que éste fue uno de los mercados que más llamó la atención de los conquistadores españoles debido a su gran organización, su limpieza, orden y por la gran variedad de productos que ahí se expedían².



Hoy en día, en el México contemporáneo, existe una gran diversidad de mercados que van desde las **Centrales de Abastos** hasta los **pequeños mercados locales** de las zonas o colonias periféricas. Además se cuenta con los **mercados ambulantes o tianguis**, que semanalmente se establecen en diferentes regiones de las ciudades o poblados. La Ciudad de México cuenta con una gran variedad de mercados y se ha observado que en los últimos años sus viejos y aglomerados mercados, mismos que fueron construidos durante el siglo XIX y hasta antes de la Revolución, han resultado insuficientes, por lo que se han ido demoliendo y sustituyendo por construcciones modernas y funcionales, en todos los rumbos de la ciudad.

Uno de los mercados más grandes y tradicionales con los que cuenta la CDMX es el mercado de **“La Merced”**, llamado así por su proximidad al convento del mismo nombre. Este mercado había crecido invadiendo y taponeando 110 calles y cinco plazas (550,000 m²), entre la anarquía y suciedad, y fue en los años 60 del siglo pasado que el área se regeneró y se erigieron 7 unidades que incluían 5525 locales, clasificados de acuerdo a las mercancías que expendían. Otros dos mercados de importancia son el de **“Jamaica”**, abastecedor de legumbres al mayoreo y que originalmente se estableció en un predio de 55,000 m², y el de **“San Juan”**, en el cual se expenden pescados y mariscos, curiosidades mexicanas y comestibles, tanto de todas las regiones del país como diferentes partes del mundo. Además en las últimas décadas se han construido otros mercados como el de la **Central de Abastos**, principal abastecedor hoy en día de productos básicos de nuestra ciudad.

El estudio de los mercados y del tipo de productos que en ellos se expenden reviste gran interés sobre todo en las ciudades, ya que a pesar de que en las mismas se concentra un elevado número de habitantes y se desarrolla una intensa actividad industrial y comercial, no se producen bienes de consumo básico como los alimentos, por lo que dependen de los

² William, 1968.

productos y recursos naturales de las zonas aledañas e incluso de regiones distantes, para su sustento.

Dada la alta concentración de población que existe en las zonas urbanas y el modo de vida que las caracteriza, la demanda de alimentos y bienes de consumo es excesivamente elevada y para satisfacerla muchas veces se tienen que sobreexplotar los recursos naturales, causando un gran impacto en el ambiente. Solo conociendo el tipo y procedencia de estos recursos, podrá hacerse una evaluación del impacto que su explotación genera y se podrá contribuir a una planeación adecuada para su uso y conservación.



OBJETIVOS

- Conocer algunos de los productos de consumo básico, principalmente alimentos, que sustentan a la población de la CDMX.
- Indagar la procedencia de estos productos, así como algunos aspectos relevantes de su comercialización, en un mercado de la CDMX.
- Correlacionar estos aspectos con la problemática ambiental que en torno a ellos se genera.
- Reflexionar sobre la importancia de la sustentabilidad de una población.

MATERIAL

- Libreta de campo
- Celular o grabadora
- Hojas de papel
- Cámara fotográfica
- Lápices de colores
- Cinta métrica

MÉTODO

- Formar equipos.
- Elegir alguno de los siguientes mercados: La Merced, Jamaica (viejo), Jamaica (nuevo), Xochimilco, San Juan, Central de Abastos (una zona), Sonora o en tu colonia.
- Buscar información sobre el mercado elegido (ubicación, historia, tipos de productos que expenden, etc.).

Primera sesión: trabajo de campo

- a) Reunirse en el mercado elegido llevando: papel, lápiz, lápices de colores, cámara fotográfica y/o celular y de ser posible una pequeña grabadora.
- b) Realizar las siguientes actividades:
 1. Hacer un reconocimiento general de la zona de estudio.
 2. Elaborar un esquema del mercado y mapear las zonas por productos (frutas, legumbres, flores, hierbas, carnes, etc.). Utilizar un color diferente para cada zona.
 3. Trazar una línea imaginaria o transecto a lo largo del mercado, o de una zona que consideres representativa del mismo y mapear los puestos que se encuentran a los lados del transecto.
 4. Elaborar listados de los principales productos perecederos (que tiene duración limitada) que se expendan en esos puestos.
 5. Platicar con los vendedores de algunos de los puestos sobre la procedencia, dificultades del transporte y otros aspectos relacionados con la problemática que conlleva el abasto de algunos de estos productos. Apuntar todos los datos relevantes que emanen de estas pláticas. En caso de ser factible, grabar estas entrevistas, con autorización del entrevistado.
 6. Completar el desarrollo de las actividades anteriores tomando fotos de lo observado.



Segunda sesión: trabajo en el aula

1. Organizar los resultados del trabajo de campo en tablas en las que se contemple: el nombre común de los principales productos detectados (frutas, verduras, flores), el nombre científico y algunas observaciones o datos complementarios sobre los mismos.
2. Sistematizar los datos emanados de las pláticas con los mercaderes y tratar de interpretarlas en el marco de la dimensión ambiental y de la problemática ambiental detectada (aspectos ecológicos, socioeconómicos, políticos, ideológicos e históricos).
3. Presentar por equipos, en 15 minutos, un resumen de sus resultados y observaciones más relevantes en torno a la zona estudiada, su importancia y problemática a la que se enfrenta y que a su vez genera.
4. Elaborar en casa por equipo un reporte de la investigación realizada, bajo el siguiente esquema:
 - Título de la investigación
 - Introducción o antecedentes (sobre el mercado elegido)
 - Objetivos
 - Metodología
 - Resultados (incluir los mapas, tablas elaboradas, encuestas realizadas, fotos y cuestionario resuelto)

- Discusión de los resultados y conclusiones
- Bibliografía y cibergrafía.

CUESTIONARIO

1. ¿Qué es un mercado y cuál será la importancia de su existencia para las ciudades?
2. ¿Los productos perecederos que se expenden en el mercado en estudio se producen en la zona? ¿De dónde provienen?
3. Menciona por lo menos tres aspectos de índole ambiental que hayas considerado importantes para estudiar el mercado elegido, así como tres problemas ambientales que se relacionen con este mercado.
4. Menciona por lo menos tres posibles soluciones o acciones para contribuir a solucionar la problemática ambiental detectada en torno a los mercados y al abasto en las ciudades.
5. ¿Qué productos alimenticios mantienen básicamente a la población humana que habita en esta zona de la Ciudad de México?
6. ¿Cuál será la importancia del estudio realizado? ¿Cómo crees que apoya el mismo, tanto a los temas del curso como al aspecto de tu formación?



SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN:

- Participación en el trabajo de campo y en el aula.
- Elaboración del informe y resolución del cuestionario.
- Presentación y discusión de resultados.
- Trabajo en equipo y respeto y responsabilidad mostrados en el desarrollo de las actividades.

BIBLIOGRAFÍA

- Novo, S. (1968) México: **Mercados**. Destino, Barcelona España. 421-425 pp.
- Vázquez, T. I. (1991) **El Abasto en la Ciudad de México**. Coordinación General de Abasto y Distribución del Distrito Federal. México. 107 pp.
- William, H. P. (1972) **El mundo de los aztecas: la agricultura, las artes mecánicas, el comercio y costumbres domésticas**. Minerva, México: 89-92 pp.

ACTIVIDAD

4



**CRECIMIENTO POBLACIONAL AL
RESTRINGIRSE EL ALIMENTO Y EL ESPACIO**

Actividad: experimental extra-curricular

Programa y contenidos que apoya:

Biología II. Unidad 2, tema 2: Crecimiento poblacional.

**Impacto de la actividad humana en el ambiente.
Sustentabilidad.**

Biología IV. Unidad 2, tema II: Factores que afectan la biodiversidad.

**Sobrepoblación.
Importancia de la biodiversidad.**

Duración: 1 sesión por semana, haciendo observaciones durante 5 semanas.

Sitio donde se llevará a cabo: Laboratorio SILADIN o aula-laboratorio.

INTRODUCCIÓN

Nuestro planeta tiene una **capacidad limitada** para generar materia prima y cada año el déficit de recursos naturales es mayor debido al consumo de los mismos a un ritmo más rápido del que el planeta es capaz de generarlos. El **agotamiento de los recursos naturales** es el principal efecto de la sobrepoblación, por su consumo desigual y desmedido. La **sobrepoblación** ejerce una presión desmedida por el control de los recursos. Por un lado, trae consecuencias como la deforestación y desertización, la desaparición de especies animales y vegetales, cambios en el ciclo de agua, etc., a lo que se une una consecuencia más directa de la emisión de grandes cantidades de gases de efecto invernadero, el calentamiento global. En la mayoría de los países del mundo esto trae consigo un aumento del costo de la vida: pocos recursos, escasez de agua, acumulación de mucha gente en un espacio limitado y falta de dinero, por lo que sólo un porcentaje de la población podrá cubrir todas sus necesidades. Por otro lado, en el aspecto positivo, la alta concentración de gente en entornos urbanos trae también consigo la investigación y el desarrollo que busca soluciones a las demandas de las personas, como por ejemplo la popularización de las tecnologías de la comunicación, la generación, recolección y aprovechamiento de datos a gran escala –Big Data- con fines sostenibles, la aparición de las ciudades inteligentes o Smart Cities, adaptadas para garantizar buenas condiciones de vida para su creciente número de habitantes, etc. Además, la poca población de las zonas rurales en favor de las ciudades, paradójicamente puede suponer un grave problema para esos lugares ya que genera que existan cada vez más infraestructuras subutilizadas por culpa de las migraciones de las zonas rurales a las urbanas, dejando que la naturaleza antes domesticada se pierda sin el cuidado del ser humano. **La sobrepoblación es, por lo tanto, uno de los mayores desafíos a los que ya se enfrenta la humanidad y que amenaza el futuro más próximo** de todo el planeta en términos económicos, ambientales y sociales.¹

El crecimiento acelerado de la población mundial es un fenómeno relativamente reciente. Según algunas estimaciones, desde el inicio de nuestra Era y hasta el año 1000, la población no había rebasado los 300 millones de personas y su crecimiento estaba limitado por la

¹ <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/causas-consecuencias-sobrepoblacion/>



capacidad de carga del ecosistema, pero sólo 500 años más tarde, el número de habitantes ya había crecido, según diversas estimaciones, a entre 424 y 484 millones. En 1750, esta cantidad ya se había incrementado en poco más de 200 millones llegando a **cerca de 700 millones** de personas. Para inicios del siglo XX esta población se había incrementado **poco más de dos veces** llegando a 1 550 millones de habitantes. Sin embargo, el crecimiento más acelerado comenzó en 1950, impulsado principalmente por el aumento de la natalidad y la disminución de la mortalidad (a causa de un mayor uso de vacunas, antibióticos e insecticidas) en todas las regiones del mundo. Esta tendencia de crecimiento se mantuvo y para finales del siglo XX ya se habían rebasado los 6000 millones de habitantes y al finalizar el año 2011, el planeta albergaba 7 000 millones de personas.² Hoy, en la segunda década del siglo XXI la **población mundial ha alcanzado los 7.8 mil millones de personas**³. El incremento poblacional ha traído consigo una mayor demanda de recursos naturales, lo que presiona fuertemente sus reservas en la naturaleza. Por ejemplo, para cubrir el requerimiento de alimentos tanto para uso humano como animal, el sector agrícola utiliza actualmente el 11% de la superficie terrestre y el 70% del agua total extraída de los acuíferos, ríos y lagos, lo que lo convierte en el mayor usuario de los recursos naturales del mundo. La FAO ha calculado que para satisfacer las necesidades de la población se requeriría aumentar para el año 2050 la producción mundial de alimentos en 70%, en comparación con los niveles de 2009 (FAO, 2011). Algo similar sucede con la ganadería. La siguiente gráfica muestra el crecimiento poblacional en relación a la capacidad de carga del planeta.



El crecimiento poblacional



² SEMARNAP,

³ <https://www.enterat.com/actualidad/poblacion-mundial-paises.php>

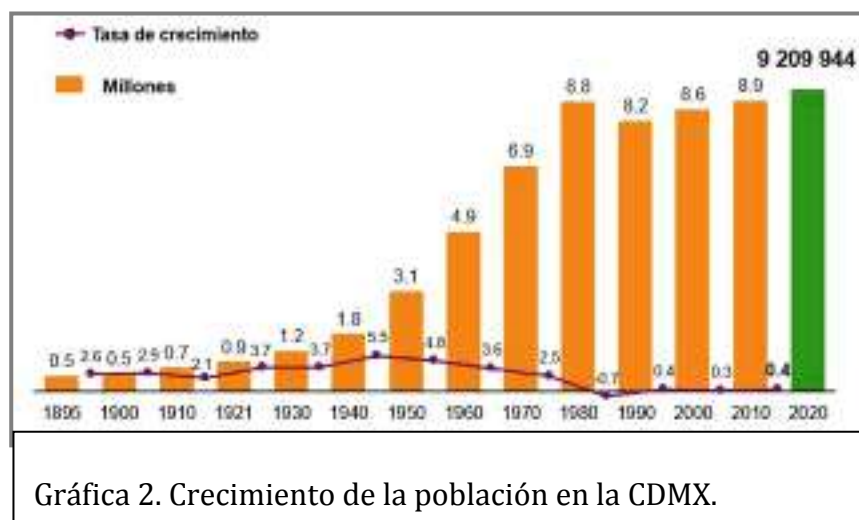
Cabe recordar que en la naturaleza, en condiciones ambientales óptimas de espacio y recursos, las poblaciones crecen sin un límite aparente, pero cuando llega el momento en el cual se agotan los recursos y se acumulan los deshechos producidos por el metabolismo, se detiene bruscamente el crecimiento por falta de alimento y por la acumulación de residuos venenosos. En otras palabras, mientras una población está por debajo de la capacidad de carga del ecosistema, su crecimiento es exponencial; a medida que se acerca a la capacidad de carga, comienza una restricción ambiental y al ser rebasada esta capacidad la población decrece, pudiendo incluso llegar a la extinción.

México no ha sido ajeno al crecimiento poblacional mundial ni al impacto de la población en el ambiente. A comienzos del siglo XXI, la tasa de crecimiento nacional era de 1.2%, muy similar a la que había a inicios del siglo XX, pero con una población entre siete y ocho veces mayor. De acuerdo con los indicadores nacionales de crecimiento poblacional, la población mexicana se encuentra en una fase avanzada de transición demográfica, en la cual tanto la tasa de mortalidad como la de fecundidad tienden a valores bajos, sin embargo en el país habitan más de 126 millones de personas de acuerdo al Censo 2020 (Gráfica 1). Las proyecciones del Consejo Nacional de Población (Conapo) señalan que el crecimiento poblacional seguirá hasta el año 2050, cuando alcanzará aproximadamente 150.84 millones de habitantes (Conapo, 2013).



Gráfica 1. Crecimiento de la población en México

En lo que a la CDMX se refiere, en el Censo de 2020 alcanzó una población superior a los 9 millones de personas, sin embargo del año 2010 al 2020 la Ciudad de México tuvo un crecimiento absoluto de 358 864 residentes, con una tasa de crecimiento de 0.4% anual, lo que refleja que el ritmo de crecimiento de la población capitalina ha ido descendiendo durante las últimas décadas⁴ (Gráfica 2).



Por lo anteriormente expuesto, es de interés y sumamente formativo llevar a cabo trabajos experimentales sencillos que nos permitan visualizar los efectos del crecimiento explosivo de las poblaciones en el ambiente en que viven y como esto a su vez repercute en la población misma, a fin de hacer extrapolaciones para el caso de la población humana.

OBJETIVOS

- Conocer la curva de crecimiento de una población de la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*, en relación al tiempo y los recursos (alimento y espacio).
- Detectar que sucede con esa población cuando se limita el espacio y el alimento y se rebasa la capacidad de carga de su medio.
- Correlacionar los resultados obtenidos con el problema del crecimiento y la sobrepoblación humana, en relación a la capacidad de carga del planeta.

⁴ Censo CDMX, 2020.

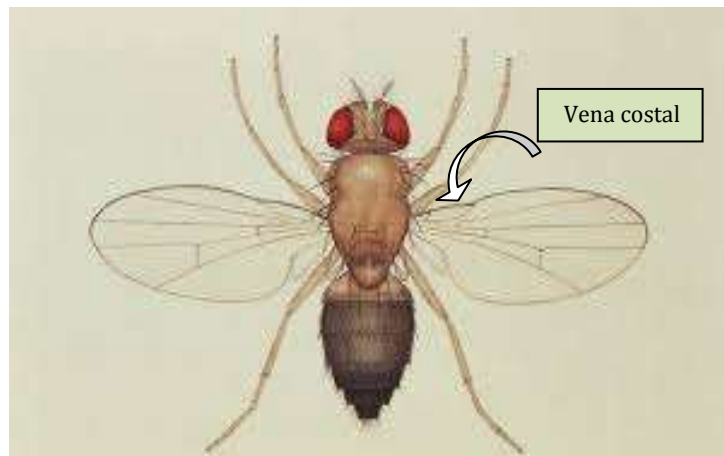
- Aplicar le metodología científica en trabajos experimentales y de investigación documental.

Información sobre la mosquita de la fruta *Drosophila melanogaster* y su manejo.



La mosca de la fruta es un insecto que pertenece al Orden de los Dipteros (en los que solo el primer par de alas es funcional) y a la familia Drosophilidae. El género *Drosophila* incluye varias especies en las que la vena subcostal está degenerada, incompleta o ausente, las de la especie *melanogaster* tienen dos interrupciones en la vena costal⁵.

Taxonomía	
Reino:	Animalia
Filo:	Arthropoda
Clase:	Insecta
Orden:	Diptera
Suborden:	Brachycera
Familia:	Drosophilidae
Subfamilia:	Drosophilinae
Género:	<i>Drosophila</i>
Subgénero:	<i>Sophophora</i>
Complejo específico:	<i>melanogaster</i> complex
Especie:	<i>D. melanogaster</i> MEIGEN, 1830 ^[1]



Las especies de *Drosophila* son cosmopolitas o con **amplia distribución** aunque se localizan principalmente en frutas suaves donde ha dado inicio la fermentación o donde hay ácido acético.

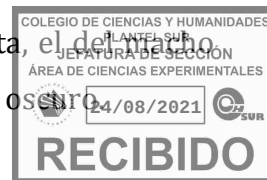
Su **ciclo de vida** dura de 9.5 a 10 días, a una temperatura controlada de 25°C y humedad relativa de 60%. El ciclo consta de huevo (un día), larvas 1 y 2 (dos días), larva 3 (2.5 a 3 días), pupa (3.5 a 4.5 días) y adulto.



⁵ Ramos *et al.*, 1993.



Presentan dimorfismo sexual o sea que las hembras y los machos son diferentes. Las hembras son de mayor tamaño- El abdomen de la hembra tiene seis segmentos y termina en punta, el del macho tiene solo tres 3 segmentos y es más redondeado y oscuro.



Medio de cultivo.

Por su rápido ciclo de vida y la relativa facilidad del manejo de este tipo organismos, se han utilizado en diversos tipos de estudios tanto poblacionales como de genética, para lo cual se han desarrollado numerosos medios para su cultivo a base de plátano, harina de maíz, crema de trigo, melaza y avena descortezada. Los medios deben contener la cantidad de azúcar necesaria para permitir el crecimiento de levaduras, alimento principal de las larvas; tener la consistencia adecuada para que no se desprendan al golpear el frasco, lo que se logra con agar-agar o carragenina en combinación con harina de maíz (fuente de carbohidratos) e inhibir el crecimiento de hongos y bacterias que pueden impedir o retardar el desarrollo de las moscas.

Para **24 frascos lecheros de un cuarto de litro** se requiere: 1250 ml de agua, 15 gr de agar o carragenina, 70 gr de azúcar, 105 gr de harina de maíz, 66 gr de levadura en polvo anhidra, 4 ml de ácido propiónico y 4 ml de nipagín simple (al 10%, en alcohol etílico).

Preparación⁶:

1. Mezcle bien, en seco: agar o carragenina, azúcar, harina y levadura.
2. Añada a la mezcla el agua fría y revuelva.
3. Caliente hasta ebullición y cuente 15 minutos a fuego moderado
4. Retire del fuego y agregue el ácido propiónico y el nipagín (no es necesario dejar enfriar el medio para agregar los ácidos).
5. Vierta el medio de cultivo en frascos lecheros de un cuarto de litro de capacidad (previamente esterilizados en un horno, con calor seco o estufa a 150°C, por 30 min.), la cantidad no debe sobrepasar los dos cm de altura o 60 ml.

⁶ Ramos *et al*, 1993.

6. Tape con algodón y regrese los frascos al horno apagado; déjelos enfriar lentamente hasta el día siguiente.

7. Agregue una gota de suspensión concentrada de levadura de pan, fresca más una pizca de azúcar sobre la superficie del medio ya solidificado y espere a que se seque este paso garantiza que el desarrollo del cultivo sea óptimo. El medio está listo para usarse.



Manejo de las moscas.

Para el manejo de las moscas en el laboratorio se requiere: microscopio de disección, caja de petri, pincel de cerdas suaves y punta redondeada, eterizador y frasco gotero con éter etílico.

Elaboración del eterizador:

a) Material: embudo de plástico de 4 ó 5 cm de diámetro, de cola corta; recipiente de plástico con tapa (vaso cilíndrico y traslúcido ó de conseguirse, un envase de rollo de película) de aproximadamente 8 cm de altura y 3 cm de diámetro (figura a); pegamento para plástico; algodón.

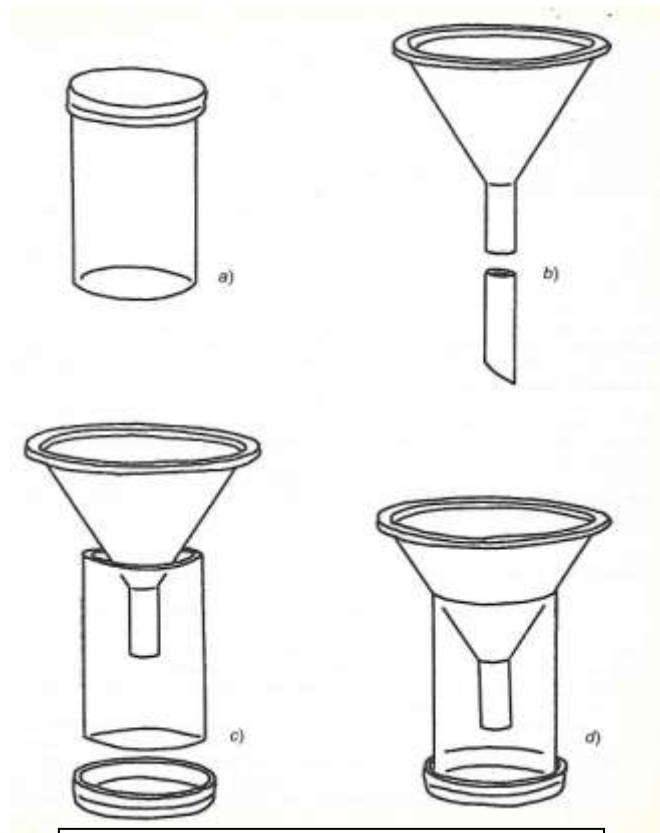
b) Instrucciones:

1. En un embudo de plástico, con un diámetro igual al del frasco lechero de un cuarto de litro, realice un corte diagonal en el tubo del embudo a 2.5 cm de la base (figura b).
2. Remueva el fondo del vaso cilíndrico e introduzca el embudo, pegando perfectamente ambas partes (figura c).
3. Coloque un poco de algodón alrededor del tubo del embudo, por adentro del vaso cilíndrico.
4. Ajuste la tapa del recipiente cilíndrico, suavemente pero firme; si es necesario haga pequeños cortes en el borde interno de la tapa (figura d).

Para apoyar la construcción del eterizador y el manejo de las moscas es importante consultar los vídeos:

<https://www.youtube.com/watch?v=dyWskzLiSq8> (eterizador).

<https://www.youtube.com/watch?v=kxBdYHufOBo> (manejo de las moscas).



Elaboración del eterizador.



Las moscas pueden conseguirse en el Banco de Moscas. Laboratorio de Genética de la Facultad de Ciencias de la UNAM (<http://bancodemoscas.fciencias.unam.mx/>).

MATERIAL POR EQUIPO PARA LA OBSERVACIÓN DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL

- 5 parejas de la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*.
- Un frasco con medio de cultivo.
- Un eterizador.
- Frasco gotero con éter etílico.
- Microscopio de disección.
- Caja de Petri.
- Pincel de cerdas suaves y punta redondeada
- Algodón.
- Cuaderno.
- Hojas de papel milimétrico.
- Cámara fotográfica

MÉTODO

- Formar equipos.
- Leer cuidadosamente el instructivo.
- Preparar con el profesor el medio de cultivo, llenar los frascos y esterilizar, según las instrucciones anteriores.
- Construir el eterizador.
- Dormir a las moscas.
- Observar al microscopio y seleccionar 5 machos y 5 hembras.
- Colocarlas en el frasco con medio de cultivo y tapar. El frasco debe estar recostado mientras las moscas estén dormidas. Cuando despierten se puede colocar en posición normal.
- Dejar el frasco en el Laboratorio, de preferencia a temperatura controlada, observar y apuntar una vez a la semana lo que está pasando. Hacer un cuadro de observaciones por fecha.
- A los 11 días, proceder a dormir a las moscas, hacer un conteo de las mismas y regresarlas a su frasco. Iniciar la gráfica de crecimiento poblacional y anotar observaciones de los recursos existentes en el frasco.
- Repetir el procedimiento anterior hasta que el crecimiento se estabilice y/o comience a decaer.
- Buscar información sobre lo ocurrido y hacer una interpretación de los resultados.



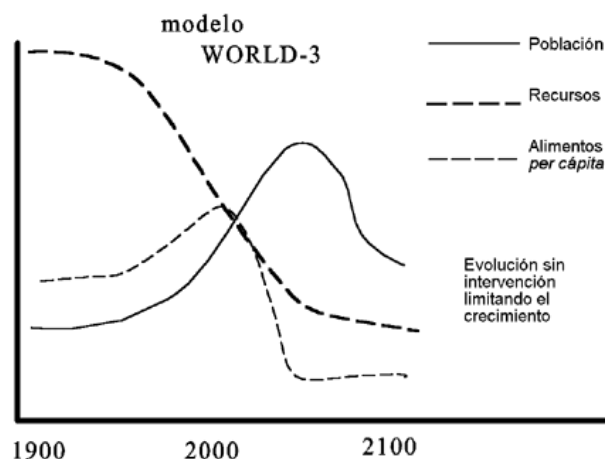
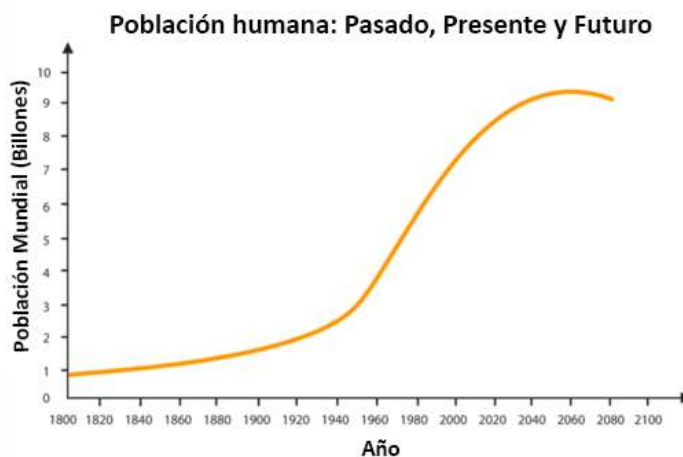
MANEJO DE RESULTADOS

Los resultados incluirán: la tabla de observaciones, la gráfica del crecimiento de la población, una interpretación de los mismos en relación a los recursos y su correlación con el crecimiento y sobrepoblación humana y los recursos del planeta.

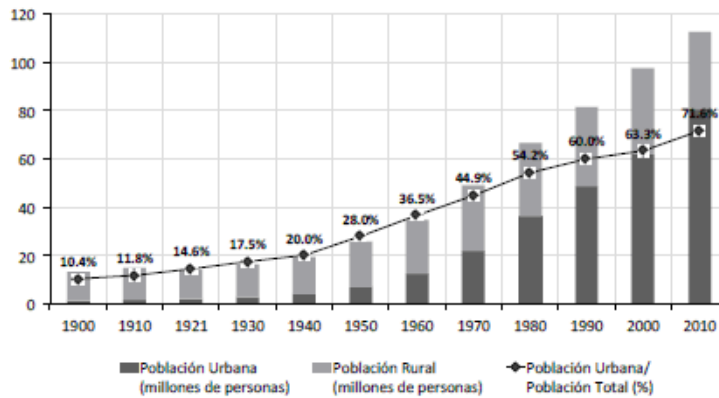


CUESTIONARIO

1. ¿Qué es la superpoblación y la sobrepoblación?
2. Explica a que se refiere el término capacidad de carga del ecosistema.
3. Menciona algunos factores que aceleraron el crecimiento de la población mundial a partir de 1950.
4. En la actualidad ¿qué sucede con el crecimiento de la población en la CDMX? ¿a qué crees que se debe?
5. Interpreta las siguientes gráficas:



Evolución de la población urbana y rural en México



Urbanización en México



6. ¿Qué es sostenibilidad y sustentabilidad?
7. ¿Cuál será la importancia del estudio realizado? ¿Cómo crees que apoya el mismo, tanto a los temas del curso como al aspecto de tu formación?

SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN:

- Participación en el trabajo de laboratorio y en el aula.
- Elaboración del informe y resolución del cuestionario. El informe deberá incluir: título, introducción, objetivos, material y método, resultados, interpretación de resultados, conclusiones y bibliografía.

- Presentación y discusión de resultados.
- Trabajo en equipo y respeto y responsabilidad mostrados en el desarrollo de las actividades.



BIBLIOGRAFÍA

- Ramos, p. *et al.* 1993. **Manual de laboratorio de genética para *Drosophila melanogaster***. McGraw-Hill. México.

<https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/causas-consecuencias-sobrepoblacion/>

https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap1_poblacion.pdf

<https://www.enterat.com/actualidad/poblacion-mundial-paises.php>

<https://www.imu.org.mx/urbanizacion-ciudad-mexico-minuto/> En un minuto

ACTIVIDAD

5



LA RUTA DE LOS RESIDUOS

Actividad: de investigación y en campo.

**Programa y contenidos
que apoya:
Biología II. Unidad 2,**

**tema 2: Biodiversidad.
Impacto de la actividad humana en el ambiente.
Sustentabilidad.**

Duración: 3 sesiones

Sitio donde se llevará a cabo: en casa y en aula-laboratorio.

INTRODUCCIÓN

Los **residuos** son todos aquellos materiales o productos que el poseedor desecha y se encuentran en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, que se contienen en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptibles de ser valorizado o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final. Los residuos se clasifican de acuerdo con sus orígenes en tres grupos: **residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especiales (RME) y residuos peligrosos (RP)**¹.



La CDMX en el año 2019 generó diariamente **13 149 toneladas de residuos sólidos**, es decir un promedio de 1.40 kg/hab/día, de los cuales los **residuos domiciliarios** (es decir los generados en nuestros hogares) **correspondieron al 48.10% del total** de residuos. El menor porcentaje fue para los **residuos de manejo especial** provenientes de unidades médicas, laboratorios, transporte aéreo-terrestre y centros de readaptación con un **3.05%**.

En casa se produce todo tipo de desperdicios: desde las sobras de la vida cotidiana, como empaques, botellas, latas, plásticos y materia orgánica, hasta muebles y alfombras viejas o electrodomésticos inservibles. Entre el 50 y 55% de estos desperdicios que se generan en casa son de origen orgánico y provienen básicamente de la cocina y el sanitario².

A partir de nuestros patrones de consumo hemos desarrollado cierta indiferencia hacia lo que consumimos y desechamos, sin embargo los impactos ambientales y en la salud humana ocasionados por la eliminación inadecuada de los residuos, han llevado a establecer regulaciones para su control y manejo ambiental idóneo, así como políticas para reducir su producción y fomentar el reúso, reciclado y recuperación de materiales con valor económico; así en marzo del 1988 entró en vigor la *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente* referente al manejo de residuos sólidos.

En la CDMX la política en materia de residuos sólidos del Gobierno de la Ciudad de México va encaminada hacia la prevención y **minimización de los residuos sólidos**, a través de acciones, operaciones y procesos que permiten disminuir su cantidad en cada una de sus etapas: generación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición adecuada.

¹ Inventario de residuos CDMX, 2019.

² Leal, 1996.

Además, cuenta con un marco regulatorio actualizado y la coordinación interinstitucional de las áreas administrativas involucradas, bajo un esquema de supervisión y vigilancia. De esta manera, **fomenta una cultura ciudadana que contribuye a la reducción y reuso de los materiales que consume diariamente**; la responsabilidad compartida del sector servicios, comercio y establecimientos mercantiles para la elaboración de sus planes de manejo, y la investigación científica y tecnológica para el aprovechamiento y la valorización de los residuos³.



La mayoría de nuestros desperdicios se pueden reutilizar o reciclar, pero para ello debemos saber distinguirlos y separarlos esto además de facilitar su recolección, permite en el caso de los residuos orgánicos su compostaje.

OBJETIVOS.

- Conocer la manera adecuada de separación de los residuos generados en casa (orgánicos e inorgánicos).
- Investigar la ruta de los desechos sólidos.
- Correlacionar estos aspectos con la problemática ambiental que en torno a ellos se genera.
- Proponer soluciones para reducir la generación de residuos.
- Identificar y reflexionar sobre los patrones de consumo individuales y familiares.

MATERIAL.

- Computadora o dispositivo con acceso a internet.
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica.

MÉTODO

- Se trabajará de manera individual y en equipo.
- Presentación de los resultados e investigación al resto del grupo.

³ Programa de gestión de residuos sólidos para la Ciudad de México 2016-2020.

Individual.

- a) Cada uno de los integrantes del equipo, realizará de manera **individual y durante** una semana el registro de los desechos sólidos que se generan en sus respectivos hogares. El siguiente cuadro puede ser de apoyo, en el caso de **inorgánicos** considera las categorías: papel, cartón, vidrio plástico, metal, textiles, PET, tetrapack, etc. Para los **orgánicos** emplea las categorías: restos de comida (verduras, hortalizas, frutas, cascarones, huesos, etc.) y restos de jardinería (hojarasca y ramas). Toma fotografías para complementar tu registro y observaciones.

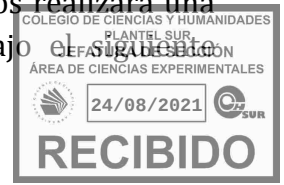


Residuos generados en casa							
Semana del _____ al _____ del _____							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Inorgánicos (papel, cartón, vidrio plástico, metal, textiles, PET, tetrapack)							
Orgánicos restos de comida (verduras, hortalizas, frutas, cascarones, huesos, etc.) y restos de jardinería (hojarasca y ramas).							
Sitio donde colocamos los residuos (bote, bolsas, cajas, etc.)			Día y forma en que se colectan los residuos (camión, carrito, se lleva a tiradero, etc.)				

- b) Al finalizar el periodo de registro, todos los integrantes del equipo reunirán sus datos para presentarlos al resto del grupo.

En equipo.

- a) De manera paralela al registro individual, cada uno de los equipos **realizará una investigación sobre la ruta de los residuos en la CDMX**, bajo el siguiente esquema:
- Título de la investigación.
 - Introducción o antecedentes.
 - Objetivos.
 - Metodología.
 - Resultados (incluir los datos y observaciones realizados de manera individual, se pueden incluir tablas, gráficas, fotos y cuestionario resuelto).
 - Discusión de los resultados y conclusiones
 - Bibliografía y cibergrafía.
- b) Indicar a los diferentes equipos que la ruta de los residuos en la CDMX deben incluir información sobre:
- Estaciones de transferencia.
 - Plantas de selección.
 - Plantas de composta.
 - Islas de reciclaje.
 - Sitios de disposición final.
- c) Presentar al resto del grupo los resultados de su investigación, así como los datos de los residuos domésticos obtenidos en cada uno de los equipos.



NOTA: cada uno de los equipos puede investigar los diferentes pasos en la ruta de la los residuos o puede asignarse un paso diferente a cada uno de los equipos.

CUESTIONARIO

1. ¿Cuál es la diferencia entre basura y residuos?
2. ¿Por qué es necesario separar los residuos en nuestros hogares?
3. Una vez que entregas tus residuos al camión de la basura ¿cómo se procesan?
4. De manera general describe ¿qué sucede en cada uno de pasos de la ruta de los residuos?
5. A partir de los datos recabados en equipo sobre los residuos en el hogar ¿hay diferencias entre los integrantes del equipo sobre la cantidad de residuos generados? ¿a qué se debe?
6. ¿Con qué sitios de disposición final de residuos cuenta la CDMX?
7. ¿cuál es la relación entre los patrones de consumo y los residuos generados en casa?
8. ¿Qué puedes proponer para reducir los residuos en casa?

SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN:

- Participación de manera individual y en equipo.
- Elaboración del informe y resolución del cuestionario.
- Presentación y discusión de resultados.
- Trabajo en equipo y respeto y responsabilidad mostrados en el desarrollo de las actividades.



BIBLIOGRAFÍA

- Secretaría del Medio Ambiente (2020). **Inventario de residuos CDMX, 2019**. México, CDMX. Recuperado el 15 de junio 2021 de https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/DGCPCA/InventarioDeResiduosSolidosDeLaCiudadDeMexico_2019.pdf 20 de junio 2021
- Leal, M., Chávez, V. y Larralde, L. (1996). **Temas ambientales. Zona Metropolitana de la Ciudad de México**. México, UNAM: Programa Universitario del Medio Ambiente.
- Secretaría del Medio Ambiente (2020). **Programa de gestión de residuos sólidos para la Ciudad de México 2016-2020**. Recuperado el 15 de junio 2021 de http://www.paot.org.mx/centro/programas_a/2016/GOCDMX_19_10_16.pdf?b=po

ACTIVIDAD

6



**RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA
ELABORACIÓN DE COMPOSTA**

Actividad: de investigación y en campo.

Programa y contenidos que apoya:

Biología II. Unidad 2, tema 1: Estructura y procesos en el ecosistema.

Niveles tróficos y flujos de energía.

Unidad 2, tema 2: Biodiversidad.

Impacto de la actividad humana en el ambiente.

Sustentabilidad.

Duración: a desarrollarse a lo largo del semestre.

Sitio donde se llevará a cabo: en casa y en aula-laboratorio.

INTRODUCCIÓN

La palabra **composta** proviene del latín *componere*, que significa “juntar. Una **composta** es la aglomeración de restos de **materia orgánica** que se descomponen de manera natural por la actividad de microorganismos¹. La **materia orgánica** es uno de los más importantes componentes del suelo, en ocasiones se considera que es un solo compuesto, sin embargo su composición es muy variada, ya que cuenta con una diversa composición y es ahí donde radica su importancia, ya que los animales, plantas y microorganismos presentes en el suelo son los que realizan la acción de descomposición².



En la naturaleza se producen anualmente cantidades enormes de materia orgánica como resultado del proceso de fotosíntesis, materia orgánica que acabará en el suelo en forma de humus, proceso de humificación lento; sin embargo este puede ser acelerado, amontonando la materia orgánica, y promovido en ella el proceso denominado composting, que consiste en la humificación artificial y acelerada de materia orgánica por una población microbiana en condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación³.

La mayoría de nuestros desperdicios se pueden reutilizar o reciclar, pero para ello debemos saber distinguirlos y separarlos esto además de facilitar su recolección, permite en el caso de los residuos orgánicos su compostaje.

La CDMX cuenta con plantas de compostaje, son sitios donde se cuenta con la infraestructura para el aprovechamiento y tratamiento de los residuos orgánicos recolectados de diferentes fuentes de generación (hogar, escuelas, restaurantes, etc.). En las plantas de composta los compuestos orgánicos complejos se degradan de forma aerobia (en presencia de oxígeno) hasta compuestos sencillo como el dióxido de carbono, agua y nutrientes para las plantas⁴.

El aprovechamiento de los residuos orgánicos a través de plantas de composta es uno de los beneficios que trae consigo la separación apropiada de los residuos, entre los beneficios que podemos obtener tanto para nosotros como par el medio ambiente se encuentran:

¹ Hernández, 2003.

² Román, 2013.

³ Canovas *et al*, 1993, citado por Hernández, 2003.

⁴ Inventario de residuos CDMX, 2019.

- Estimular la diversidad y actividad microbiana.
- Beneficia la estructura del suelo y favorece la filtración del agua.
- Reduce la cantidad de materia orgánica que va a disposición final.
- Reduce el uso de fertilizantes inorgánicos.
- Aporta los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas de forma natural.
- Reduce los costos y emisiones generadas por el transporte de residuos.



La CDMX realiza este proceso de compostaje en ocho plantas ubicadas en: Bordo Poniente IV Etapa, Bosque San Juan de Aragón, Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Iztapalapa, Milpa Alta (2) y Xochimilco, estas plantas reciben 316,711 toneladas al año, provenientes de estaciones de transferencia, mercados, áreas verdes, podas y pastos. Con dicha cantidad de residuos anualmente se produce un total de **121,657 toneladas de composta** de las cuales se destinan 8,640 toneladas para **mejorar los suelos** de camellones, áreas verdes de la red vial primaria, parques, jardines y en menor medida a la actividad agrícola y la producción agropecuaria⁵.

Existen numerosas formas de hacer composta en esta práctica nos ocuparemos del compostaje doméstico, hecho de manera casera y sencilla.

OBJETIVOS.

- Conocer la importancia biológica de los procesos de compostaje.
- Relacionar el proceso de compostaje y descomposición con los niveles tróficos y flujos de energía.
- Identificar el reuso y/o reciclaje potencial de los residuos orgánicos.
- Comprender y reconocer la importancia de los procesos de descomposición para el retorno de nutrientes en el suelo.
- Correlacionar estos aspectos con la problemática ambiental que en torno a ellos se genera.

⁵ SEDEMA, 2019.

MATERIAL.

- Desechos orgánicos generados en casa.
- Bote o cubeta.
- Libreta de campo.
- Cámara fotográfica.
- Huacales de madera (reuso).
- Cartón o cartones de huevo (reuso) o tetrapack.
- Hojas secas
- Agua
- Tierra



MÉTODO

- Se trabajará de manera individual.
- Entrega de los resultados e investigación al resto del grupo.

Inicio

- a) Presentación de dos videos sobre la importancia de utilizar los residuos orgánicos para compostaje y un caso de compostaje en México:
 - a. **Reduce, reutiliza, composta.** En este video se describe brevemente la importancia de reutilizar los desechos orgánicos de manera adecuada, así como su relación con gases de efecto invernadero
<https://youtu.be/rA2FbRrBQJ0>, (duración 3min.22seg.)
 - b. **Hagamos composta, proyecto que apuesta por el medio ambiente.** Video que muestra un proyecto de elaboración de composta en México, describiendo el uso y beneficio para la comunidad y el medio ambiente
<https://youtu.be/HQv6LSCXsl4> (duración 2min.38seg.)
- b) El alumno realizará la búsqueda de los materiales para la elaboración del compostero casero, pueden ser los indicados en esta práctica u otros que los alumnos propongan y que sean fáciles de transportar; es importante considerar materiales que sean de reuso, o reciclaje y evitar plásticos.
- c) Los alumnos pueden proponer otro tipo de materiales para elaborar su compostero.

Desarrollo.

- a) Los alumnos llevarán un registro de los desechos orgánicos generados en casa durante una semana y apoyándose del siguiente cuadro.



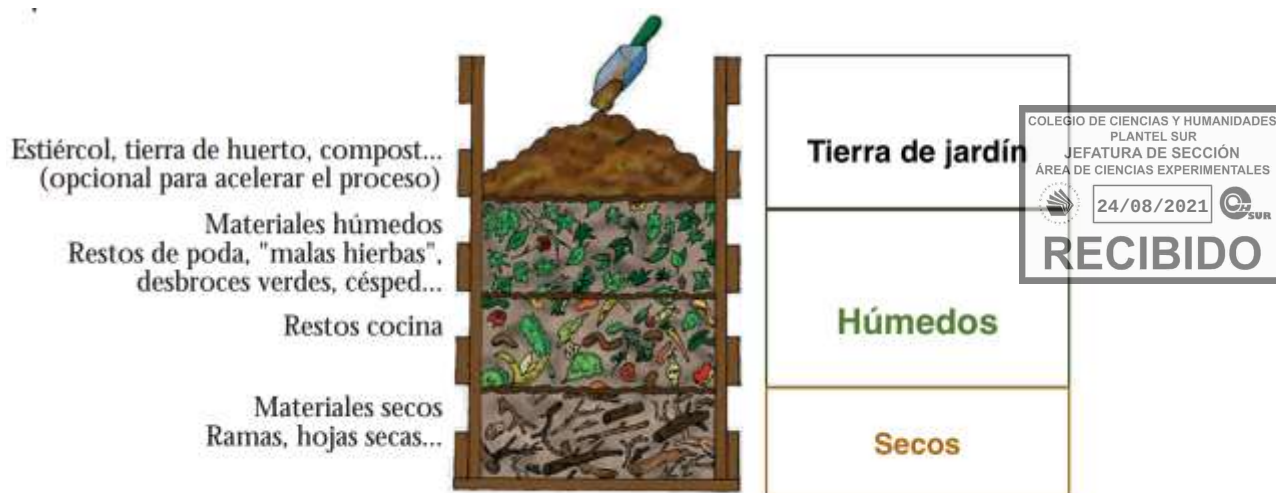
Residuos orgánicos generados en casa							
Semana del _____ al _____ del _____							
Fecha de inicio de preparación de la composta: _____							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Orgánicos Indicar el tipo de residuos que se incluyen en el compostero: -restos de comida: verduras, hortalizas, frutas, cascarones, huesos, etc. -restos de jardinería: hojarasca y ramas.							

- b) Se colectarán los residuos orgánicos generados en un bote o cubeta, es importante que los alumnos seleccionen los residuos adecuados para la composta (no desechos de comida o carne, lácteos o aceites).
- c) A la par de este registro los alumnos elaborarán su compostero.

Preparación de la composta.

Una vez armado el compostero y al finalizar la semana de registro de los desechos orgánicos, los alumnos comenzarán con la composta, para esto en una sesión demostrativa se explicará el proceso.

- a) La estructura de la composta debe conformarse con la siguiente secuencia: residuos secos-residuos húmedos - tierra de jardín (véase la figura 1).



**Figura 1. tomada y editada de Manual básico para hacer compost
(Ministerio de Medio Ambiente, 2004)**

- b) Asegurarse de colocar la composta en un lugar con sombra y protegido de la lluvia.
- c) Los alumnos deben llevar un registro a lo largo del proceso de compostaje, pueden apoyarse del siguiente cuadro

Composta casera					
Fecha de inicio de preparación de la composta: _____					
Semana del _____ al _____ del _____					
Fecha de revisión: _____					
Orgánicos depositados en la composta: _____					
Observaciones					
*recuerda acompañar de fotografías					
	Seca	Húmeda		Sin olor	Mal olor
Aspecto de la composta			Olor		
	Ausentes	Presentes		Ausentes	Presentes
Moscas			Hormigas		
Observaciones generales					

Cierre.

- a) Evidencia del resultado del compostaje.
- b) Entrega de la investigación, bajo el siguiente esquema:
 - Título de la investigación.
 - Introducción o antecedentes.
 - Objetivos.
 - Metodología.
 - Resultados (incluir los datos y observaciones realizados, se pueden incluir tablas, gráficas, fotos y cuestionario resuelto).
 - Discusión de los resultados y conclusiones
 - Bibliografía y cibergrafía.



CUESTIONARIO

1. ¿Qué es la composta?
2. ¿Cuál es la importancia biológica de los procesos de descomposición de la materia orgánica?
3. ¿Cuál es la ventaja de hacer una composta casera?
4. ¿Todo tipo de desechos orgánicos deben incluirse en una composta? ¿por qué?
5. ¿Qué tipo de nutrientes se recuperan en una composta? ¿se relacionan con algún ciclo biogeoquímico?
6. ¿cuál es la relación entre los patrones de consumo y los residuos generados en casa?
7. ¿Podemos diseñar comporteros con materiales reciclados o de reuso? Anota tus ideas

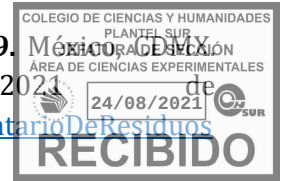
SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN:

- Elaboración del informe y resolución del cuestionario.
- Trabajo en equipo y respeto y responsabilidad mostrados en el desarrollo de las actividades.

BIBLIOGRAFÍA

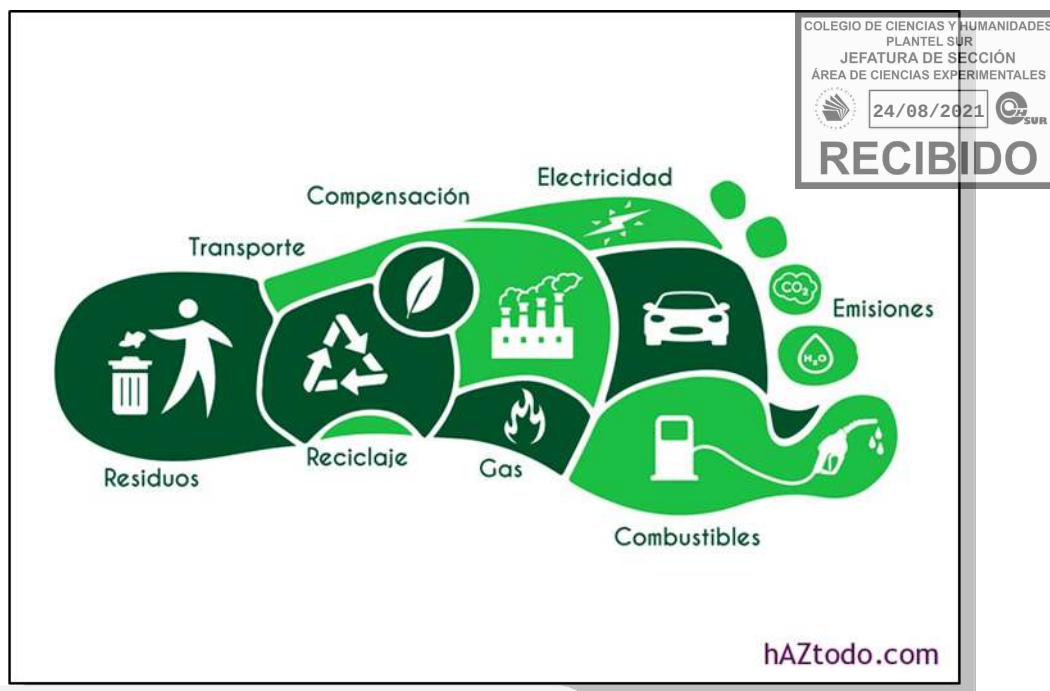
- Hernández, A. (2003). **La composta, su elaboración y beneficio**. México: UAA. Tesis de Ingeniero Agrónomo en Producción.

- Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). **Manual de compostaje de agricultor. Experiencias en América Latina**. Santiago de Chile, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Secretaría del Medio Ambiente (2020). **Inventario de residuos, 2019**. México, CDMX. Recuperado el 15 de junio 2021 de https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/DGCPCA/InventarioDeResiduosSolidosDeLaCiudadDeMexico_2019.pdf 20 de junio 2021
- Ministerio del medio ambiente (2004). **Manual de compostaje**. España, Recuperado el 26 de junio 2021 de https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24_tcm30-185556.pdf
- SEDEMA, 2019. **Infraestructura para el manejo de los residuos sólidos**. Recuperado el día 26 de junio 2021 en <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/programas/residuos-solidos/inventario-residuos-solidos-2014/3-Capitulo2.pdf>



ACTIVIDAD

7



CALCULANDO LA HUELLA DE
CARBONO
¿PODEMOS REDUCIRLA?

Actividad: de
investigación y en
línea.

**Programa y
contenidos que apoya:**
Biología II. Unidad 2, tema 2: Biodiversidad.

**Impacto de la actividad humana en el ambiente.
Sustentabilidad.**

Duración:

Sitio donde se llevará a cabo: en casa y en aula-laboratorio.

INTRODUCCIÓN

La **Huella de Carbono (HdC)**, definida de forma muy general, representa la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera y derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios, y es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de dichos gases (Espíndola y Valderrama, 2012).



El **efecto invernadero** se origina porque la energía que llega del sol está formada por ondas de frecuencias altas que traspasan la atmósfera, sin mucha resistencia, la energía remitida hacia el exterior, desde la Tierra está formada por ondas de frecuencias más bajas y es absorbida por los gases, produciendo el efecto invernadero. Esta retención de la energía hace que la temperatura aumente. En forma simple, el efecto invernadero provoca que la energía que llega a la Tierra sea devuelta más lentamente, por lo que es mantenida más tiempo junto a la superficie elevando la temperatura (Bolin et al. 1986).

El **Protocolo de Kyoto** aprobado el 11 de diciembre del 1997, pone en funcionamiento la **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**, compromete a los países industrializados a limitar y reducir las emisiones los GEI, vincula así a los países desarrollados y les impone una carga más pesada en virtud del principio de "responsabilidad común pero diferenciada y capacidades respectivas", ya que se reconoce que son los principales responsables de los actuales altos niveles de emisiones de GEI en la atmósfera (UNFCCC). Los **principales GEI** son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3), hay además en la atmósfera una serie de GEI creados íntegramente por el humano, como los halocarbonos y otras sustancias con contenido de cloro y bromo (Benavides y León, 2007). No todos los GEI tienen la misma capacidad de provocar calentamiento global, pero su intensidad depende de su poder de radiación y el tiempo promedio que la molécula del gas permanece en la atmósfera; al promedio de calentamiento que pueden causar, se le conoce como "Potencial de Calentamiento Global" o PCG por sus siglas en inglés, el cual es obtenido matemáticamente y es expresado en relación con el nivel de **CO₂** (Espíndola y Valderrama, 2012).

La **HdC** generada en el medio ambiente a partir de diversas actividades (individuales, colectivas, eventuales), hace referencia a la cantidad en toneladas o kilos de **CO₂**, producidos

en el día a día, generados a partir de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, calefacción y transporte entre otros procesos. Actualmente se menciona la **HdC individual** la cual se conforma por la suma de dos partes, la huella primaria y la **Huella secundaria**. La **Huella primaria** es la medida de las emisiones directas de CO₂, a partir de la quema de combustibles fósiles, incluyendo el consumo doméstico de energía y transporte (el auto, avión, tren), sobre los cuales tenemos control directo. La **Huella secundaria** es la medida de las emisiones indirectas de CO₂ de todo el ciclo de vida de los productos que consumimos (asociados con la manufactura y eventual descarte), se refiere a las emisiones de CO₂ de los procesos productivos de los bienes y servicios que consumimos (Schneider y Samaniego, 2010).



En la siguiente actividad práctica podrás calcular tu **HdC** y proponer como reducirla.

OBJETIVOS.

- Conocer el concepto de huella de carbono y su importancia.
- Identificar el impacto de acciones diarias en la generación de la huella de carbono individual.
- Calcular la huella de carbono en herramientas digitales disponibles.
- Relacionar el cálculo de la huella de carbono con los patrones de consumo.
- Correlacionar estos aspectos con la problemática ambiental que se vive actualmente.
- Proponer alternativas para la reducción de la huella de carbono.

MATERIAL.

- Libreta.
- Pluma.
- Computadora o dispositivo con acceso a internet.

MÉTODO

- Se trabajará de manera individual.
- Llevar un registro de actividades diarias (véanse los diferentes cuadros de registro)
- Entrega de los resultados en reporte de práctica.

Inicio (en el aula).

- a) Lluvia de ideas sobre **cambio climático** y **huella de carbono**. Los alumnos anotarán ideas sobre estos conceptos generales (en pizarrón o pizarra virtual).
- b) Presentación de videos introductorios:
- Así está la cosa: Protocolo de Kioto.** Video que muestra brevemente el propósito del Protocolo de Kioto, su situación actual y su relación con la economía. <https://youtu.be/Egqh4HpL58> (duración 2min.52seg.).
 - ¿Qué es la huella de carbono?.** En este video se describe brevemente que es la huella de carbono, como la generamos y su relación con los gases de efecto invernadero <https://youtu.be/nQ1pPLb1Fo4>, (duración 3min.25seg.).



Desarrollo (extraclase).

Registro de datos para calcular huella de carbono.

- a) El alumno realizará durante una semana, el registro de diversas actividades diarias entre la cuales se encuentran la alimentación, alojamiento, transportación, uso de electricidad, generación de basura y movilidad. Se apoyarán de diferentes cuadros de registro.

- Alimentación.**

Alimentación							
Semana del _____ al _____ del _____							
Marca los días en que consumes con una X, así como el tipo de alimento.							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Consumo de alimentos pecuarios (carne roja, cerdo, pollo, pescado, huevo, productos lácteos).							

Alimentos envasados (anota los alimentos que vienen envasados o empaquetados)							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Consumo de alimentos envasados o empaquetados (cajas de cereal, botes de leche, envolturas, cajas de cartón o en bolsas o empaques de plástico o unicel, etc.).							

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
 PLANTEL SUR
 JEFATURA DE SECCIÓN
 ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
 24/08/2021
RECIBIDO

- Hogar/vivienda.

Hogar/vivienda		¿Cuántas personas vive en tu hogar? Indica un número: 1-10 (o +)
		¿Qué tipo de vivienda describe tu hogar? marca con una X
		Independiente, sin agua corriente
		Independiente, con agua corriente
		Departamento de varios pisos
		Duplex, casa adosada, o edificio con 2-4 unidades
		Condominio de lujo
		¿Con qué material está construida tu casa? marca con una X
		Paja/bambú
		Madera
		Adobe
		Ladrillo/cemento
		Acero/otro
		¿Cuál es el tamaño de tu casa? marca con una X
		5m ² -10 m ² (pequeñita)
		15m ² -50 m ² (pequeña)
		51m ² -140 m ² (mediana)
		141m ² -460 m ² (grande)
		461m ² -1394 m ² (gigante)
		¿Qué tan eficiente es tu casa en el consumo de energía? marca con una X
		Ineficiente (aislamiento deficiente, pocas lámparas LED, sistemas de calefacción/ refrigeración utilizados a menudo)
		Por debajo del promedio (iluminación ineficiente, electrodomésticos estándar)
		Promedio (electrodomésticos modernos, controles climáticos)
	Por encima del promedio (iluminación y electrodomésticos bien aislados y eficientes, uso cuidadoso)	
	Centrado en la eficiencia (calefacción/refrigeración pasiva, control avanzado de temperatura y ventilación, bajo consumo de electricidad)	
	¿qué porcentaje de la electricidad de tu casa proviene de fuentes	

		renovables? marca con una X
		0-25%
		26-50%
		51-75%
		76-100%



• **Movilidad.**

Movilidad	¿Qué tan lejos viajas en automóvil o motocicleta a la semana? (considera un aproximado, si solo caminas o andas en bicicleta marca 0)	
	Auto	0 kms.
		1-10 kms.
		11-100 kms.
		101-200 kms.
		201- +500 kms.
	Motocicleta	0 kms.
		1-10 kms.
		11-100 kms.
		101-200 kms.
		201- +500 kms.
	¿Cuál es la economía de combustible promedio de los vehículos que usas con más frecuencia? (es decir cuántos km/litro rinde el combustible)	
	Auto	24 lts/100 kms.
		20 lts/100 kms.
		16 lts/100 kms.
		12 lts/100 kms.
		- 8 lts/100 kms.
	Motocicleta	24 lts/100 kms.
		20 lts/100 kms.
		16 lts/100 kms.
		12 lts/100 kms.
		- 8 lts/100 kms.
	Al viajar en auto ¿compartes el viaje con otros?	
	SI () NO ()	
	¿Qué distancia viajas en transporte público a la semana? (toma como ejemplo tu recorrido al colegio)	
		0 kms.
		1-10 kms.
		11-100 kms.
	101-200 kms.	
	201- +500 kms.	
Si tu y tu familia viajaron en avión en el último año ¿Cuántas horas fueron de viaje? (si no viajaron en avión, marca 0)		
	0 hrs.	
	1-10 hrs.	
	11-100 hrs.	
	101-200 hrs.	
	201- +500 hrs.	

- Desechos/generación de basura.

Desechos/generación de basura	Comparado con tus vecinos ¿cuánta basura generas? (considera un aproximado)	
		Mucho menos
		Menos
		Igual
		Más
		Mucho más

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
 PLANTEL SUR
 JEFATURA DE SECCIÓN
 ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
 24/08/2021
RECIBIDO

- b) A partir de los datos registrados los alumnos anotarán sus datos en la calculadora virtual para conocer su huella de carbono **Ecological Footprint Calculator** disponible en <https://www.footprintcalculator.org/>
- c) Los alumnos anotarán los resultados obtenidos para incluirlos en su reporte de práctica, tomando a consideración:
- Día de sobregiro personal.
 - Número de planetas Tierra necesario para vivir.
 - Gráfica comparativa entre las diferentes categorías de consumo.
 - Huella de carbono en hectáreas globales (gha).
 - Huella de carbono en emisiones de CO₂ (toneladas por año).

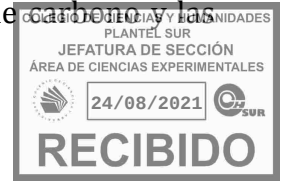
Cierre.

- a) Entrega del reporte de práctica, bajo el siguiente esquema:
- Título.
 - Introducción o antecedentes.
 - Objetivos.
 - Metodología.
 - Resultados (incluir los datos y observaciones realizados).
 - Discusión de los resultados y conclusiones
 - Bibliografía y cibergrafía.
- b) En equipos proponer alternativas para reducir la huella de carbono.
- c) Discusión en plenaria sobre las propuestas.

CUESTIONARIO.

1. ¿Qué es la huella de carbono (HdC)?
2. ¿Qué es el efecto invernadero?
3. ¿Cuáles son los gases de efecto invernadero (GEI)?
4. ¿Cuál es la relación entre los GEI y el cambio climático?
5. ¿Cómo surgió el acuerdo para reducir los GEI? ¿Qué países participan?

6. ¿A qué hace referencia el *Día de sobregiro personal* en la calculadora de huella de carbono?
7. En los resultados obtenidos ¿cuál es la relación entre tu huella de carbono y las diferentes categorías de consumo?
8. ¿Qué acciones propones para reducir tu huella de carbono?



SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN:

- Elaboración del reporte de practica y resolución del cuestionario.

BIBLIOGRAFÍA.

- Bolin, B., Döös, B., Jäger, J. y Warrick, R. (1986). **The greenhouse effect, climatic change and ecosystems, International Council of Scientific Unions, Paris (France)**. Scientific Committee on Problems of the Environment. 574 pág.
- Espíndola, C. y Valderrama, J. (2012). **Huella de Carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas**. Información tecnológica. Vol. 23, No. 1: 163-176 pág.
- Schneider, H. y Samaniego, J. (2010). **La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios**. Comisión económica para América y el Caribe. Chile. 49 págs.
- United Nations Climate Change (UNFCCC). **¿Qué es el protocolo de Kyoto?**. https://unfccc.int/es/kyoto_protocol
- **Ecological Footprint Calculator** disponible en <https://www.footprintcalculator.org/>