



Química

La Revista Digital de Investigación Documental
Volumen 1, número 4, 2022

Organismos candidatos
para la
biodegradación del DDT
p6

Una síntesis sobre algunos efectos de los
plaguicidas en las aves
asociadas a zonas de cultivo.
p18

Los cubrebocas y los polímeros en
la prevención y protección
contra la COVID-19
p32





Sobre la revista

Química: la Revista Digital de Investigación Documental editada por profesores del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), Plantel Sur, UNAM, es una publicación trimestral arbitrada por pares, sobre contribuciones originales asociadas con los temas de agua, aire, suelo, medicamentos, alimentos, industria química, metalurgia, control de procesos químicos, petróleo y polímeros. Los manuscritos relacionados con estos tópicos serán bienvenidos. La revista brinda un espacio para que los estudiantes y profesores puedan publicar sus trabajos, impulsando la difusión de la ciencia.

UNAM

Rector

Dr. Enrique Graue Wiechers

CCH

Director General

Dr. Benjamín Barajas Sánchez

PLANTEL SUR

Directora

Q.F.B. Susana Lira de Garay

Equipo editorial

Editores jefes

María Angelina Torres Ledesma
Bianca Xiutec Valderrama García
Ibrahim Guillermo Castro Torres

Editor creativo

Quinatzin Baroja Cruz

Comité editorial

Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades
Plantel Sur
María del Pilar Román Guerrero
Berenice Martínez Cuatpotzo
Ángeles Adriana Reyes Álvarez
Ailed Berenice Flores Chávez
Carmela Crisóstomo Lucas
Sandra Guzmán Aguirre
Félix Morales Flores
Jared Israel Bobadilla Montoya
Ricardo Arturo Trejo De Hita
Víctor Alberto Castro Torres
CCH, Plantel Oriente
Griselda Chávez Fernández
CCH, Plantel Naucalpan
Miryam Yoliztli Villalpando Muñoz
Adriana Jaramillo Alcantar
Teresa Campos Tepox
Iris Alejandra Rojas Eisenring
Ivonne Retama Gallardo

Escuela Nacional Preparatoria
Plantel 2 "Erasmu Castellanos Quinto"
Luis Gerardo Sánchez Pacheco

Plantel 8, "Miguel E. Schultz"
Celia Sánchez Mendoza

Plantel 6, "Antonio Caso"
María de Jesús Beltrán De Paz

Instituto de Educación Media Superior
María de Lourdes Juárez Martínez
Diana Rosalba Vega Hernández
Jorge Sandín Gómez
Rufino Trinidad Velasco

CBTIS 253 "Miguel Hidalgo y Costilla"
Idalia Arakachi Cruz

Universidad Nacional Autónoma de México
Gabriela Josefina Mendoza Rangel

Preparatoria Xalapa
Karina Benítez Pérez

Colegio de Bachilleres, Plantel 8
María Guadalupe Luna Sandoval

Editorial

En este cuarto número, la Revista Digital de Investigación Documental se complace en presentar estudios interesantes e importantes para la sustentabilidad de cultivos, ya que por años se han atacado las plagas con el insecticida DDT, plaguicida que, aunque tiene excelentes efectos, provoca daños al ambiente y a la salud, además de tener un tiempo de degradación mayor a los 30 años. En este artículo se presentan estudios para reducir este tiempo con estrategias de biodegradación mediante el uso de bacterias, algas marinas, hongos, plantas y lombrices de tierra.

Otro tema relacionado con el anterior es el estudio de diferentes materiales usados como plaguicidas, pesticidas y fertilizantes, y los efectos nocivos que estos producen en las aves, ya que los resultados que se manifiesten pueden extrapolarse a otras especies,

como la muerte de abejas y otros insectos polinizadores, acción que puede evitarse, como alternativa amigable, conociendo diferentes especies de aves, y la acción de cada una contra plagas.

Por otro lado, un tema vigente, por la propagación del virus SARS-CoV-2 es referente a los cubrebocas, los materiales de los cuales están fabricados y las ventajas y desventajas que pueden proporcionar como medio de contención y prevención ante el COVID-19.

Esperamos que sea de su interés y que disfruten de estos tres artículos.

Maria Angelina Torres Ledesma



18

Una síntesis sobre algunos efectos plaguicidas aves asociadas a zonas de cultivo



6

Organismos candidatos para la biodegradación del DDT



32

Los cubrebocas y los polímeros en la prevención y protección contra la COVID-19



Organismos candidatos para la biodegradación del

Arantxa Valentina Murillo-Martínez¹, Ailed Berenice Flores-Chávez¹

Resumen

El diclorodifeniltricloroetano o DDT, es un plaguicida de amplio uso que controla las plagas de insectos en diferentes cultivos. Su degradación es lenta, provocando la contaminación de ecosistemas y afectando la salud de los seres vivos. Ante ello, es pertinente la investigación sobre la biodegradación del DDT, como un método donde intervienen microorganismos, como hongos y bacterias, quienes pueden degradarlo hasta sustancias inofensivas para el medio y la salud. En esta investigación documental discutimos y analizamos el impacto que puede tener el biodegradar este plaguicida, aportando un trabajo que puede servir de base, para que otras personas establezcan líneas de trabajo relacionadas con el rescate de nuestro planeta y la protección de la vida.

Palabras clave:

DDT,
PLAGUICIDA,
BIODEGRADACIÓN,
CONTAMINACIÓN

¹ Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur Estudiante y profesora, Universidad Nacional Autónoma de México.

Desarrollo del trabajo

El DDT es uno de los plaguicidas más importantes del mundo, debido a que es utilizado para controlar enfermedades causadas por insectos y erradicar plagas en diferentes cultivos; sin embargo, los daños que produjo en el ecosistema y la salud, llevaron a su prohibición emergente por la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos en la década de los 70's, no obstante, se siguió y se sigue utilizando en muchos países, entre los que se incluye México. El tiempo de degradación del DDT va más allá de los 30 años. Por esta razón, es necesario desarrollar técnicas que aceleren la degradación del plaguicida, una de estas puede ser mediante el uso de microorganismos, es decir, técnicas de biodegradación. Con base en esto ¿Es posible implementar estos métodos para degradar el DDT de manera rápida y eficaz? La biodegradación ofrece una metodología rápida y sustentable para poder quitar contaminantes plaguicidas del medio, sin embargo, es pertinente saber si puede implementarse con facilidad en los laboratorios y bajo qué condiciones podríamos considerarla como alternativa para limpiar el ecosistema del DDT, para ello nuestra investigación se respaldará de los estudios publicados. Por lo tanto, nuestro problema es degradar el DDT mediante el uso de microorganismos, pero este planteamiento tendrá que ser discutido y analizado a lo largo de este trabajo, dejando en claro el impacto ambiental y ecológico que puede tener a largo y corto plazo.

Desarrollo del trabajo

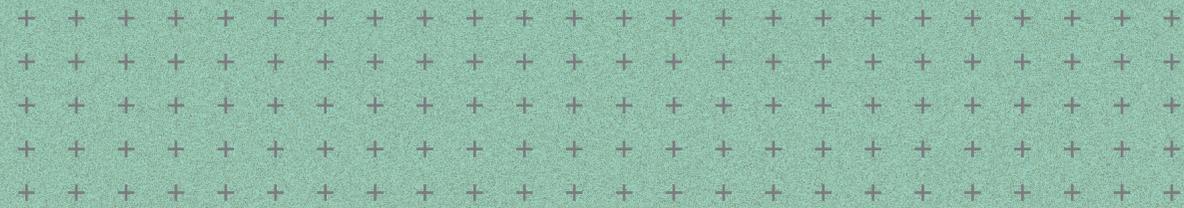
El DDT es uno de los plaguicidas más importantes del mundo, debido a que es utilizado para controlar enfermedades causadas por insectos y erradicar plagas en diferentes cultivos; sin embargo, los daños que produjo en el ecosistema y la salud, llevaron a su prohibición emergente por la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos en la década de los 70's, no obstante, se siguió y se sigue utilizando en muchos países, entre los que se incluye México. El tiempo de degradación del DDT va más allá de los 30 años. Por esta razón, es necesario desarrollar técnicas que aceleren la degradación del plaguicida, una de estas puede ser mediante el uso de microorganismos, es decir, técnicas de biodegradación. Con base en esto ¿Es posible implementar estos métodos para degradar el DDT de manera rápida y eficaz? La biodegradación ofrece una metodología rápida y sustentable para poder quitar contaminantes plaguicidas del medio, sin embargo, es pertinente saber si puede implementarse con facilidad en los laboratorios y bajo qué condiciones podríamos considerarla como alternativa para limpiar el ecosistema del DDT, para ello nuestra investigación se respaldará de los estudios publicados. Por lo tanto, nuestro problema es degradar el DDT mediante el uso de microorganismos, pero este planteamiento tendrá que ser discutido y analizado a lo largo de este trabajo, dejando en claro el impacto ambiental y ecológico que puede tener a largo y corto plazo.

Biodegradación de DDT

Antes de discutir el efecto de los organismos para degradar el DDT, se discutirá en breve sobre la metodología más utilizada para medir la concentración de este plaguicida en las zonas contaminadas. La detección del DDT puede realizarse por medio de cromatografía de gases masas (GC-MS/MS), metodología que se implementa para analizar residuos de estas sustancias en materia orgánica con gran frecuencia, gracias a

su rapidez, facilidad y bajo costo. Esta metodología ayuda al análisis de la frecuencia que tienen estos plaguicidas para contaminar y a identificar la facilidad que tiene el ser humano y otros organismos vivos al estar contacto con esta vía de riesgo que puede provocar repercusiones tanto a largo como a corto plazo.

De igual forma nos es útil para posibilitar los métodos de biodegradación en medios contaminados, ya que es una técnica de bajo costo y con una eficacia bastante elevada, (Simó, 2018).



Biodegradación por medio de bacterias

Nivel del suelo

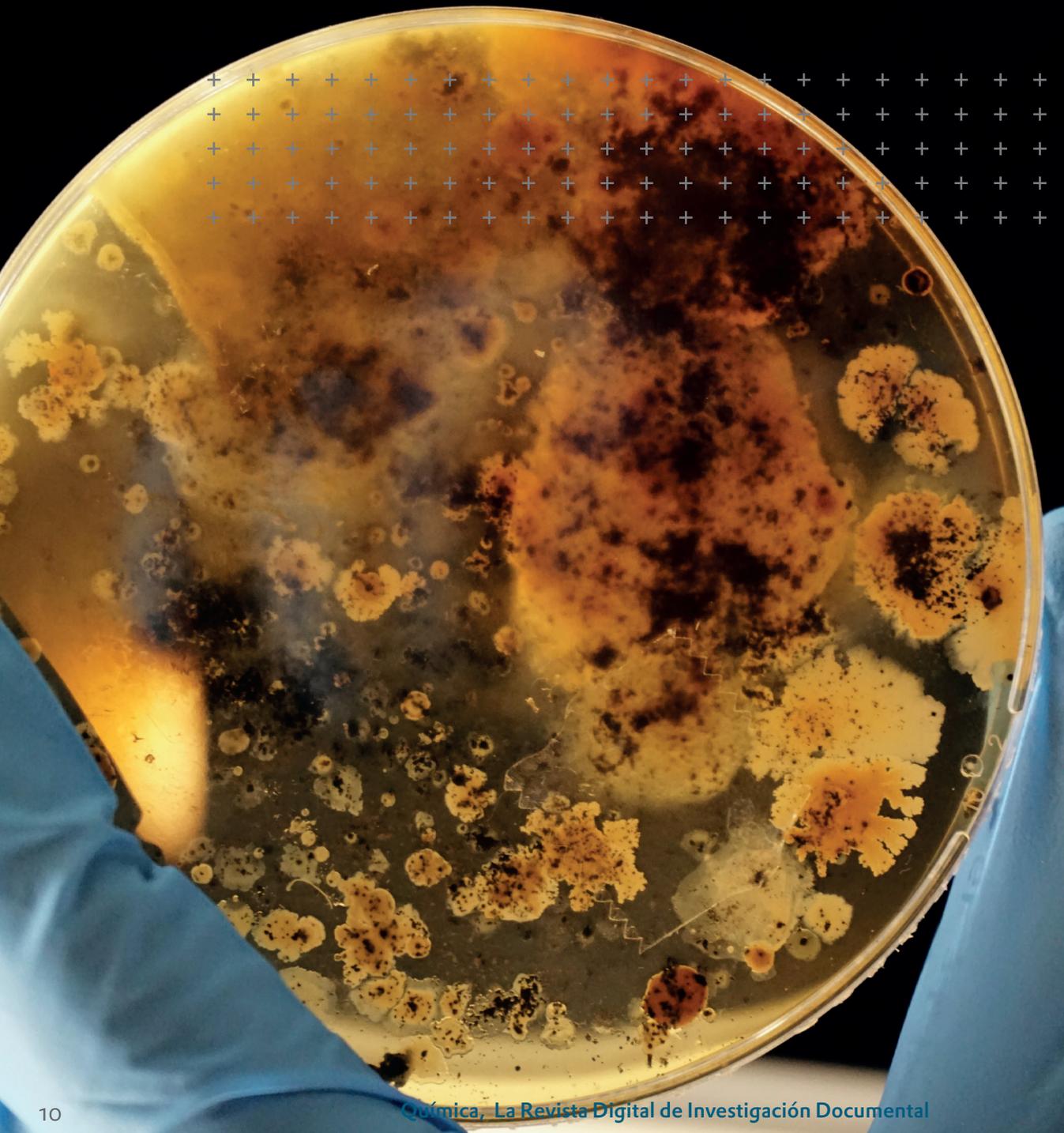
En una investigación para la biodegradación del DDT, se ha encontrado una bacteria denominada *Serratia marcescens* NCIM 2919, que fue capaz de degradar el 42% de una muestra de DDT incubada a una concentración de 50 mg/L, la incubación tuvo una duración de 10 días. Esta misma bacteria se estudió en muestras de suelo contaminado con DDT y se mostró una reducción del 74,7% de los 12 mg/kg iniciales de DDT después de 18 días de tratamiento (Grewal, et al., 2016). Los hallazgos sobre esta bacteria son impresionantes y se deja abierta una brecha para seguir con su investigación, a continuación, se presenta la información taxonómica de este mi-

croorganismo, con la finalidad de dejar precedentes en la

investigación de otras bacterias de su mismo género. Esta bacteria tiene una capacidad alta para la biodegradación del DDT, además de que es un microorganismo fácil de encontrar en todo el entorno biológico y tiene grandes capacidades para adaptarse a cualquier medio y se reproduce con facilidad. Es por ello, que es un candidato ideal para el estudio de la degradación del plaguicida. Así mismo, el uso de la bacteria puede aplicarse tanto en suelo como en un medio acuoso porque tiene una naturalidad de ser efectiva en condiciones húmedas y secas, así como de crecer en temperaturas elevadas y bajas.

Se pueden implementar otras bacterias similares a estas, que pertenezcan al mismo género o especie; pueden ponerse a prueba para lograr un mayor porcentaje en la degradación de los plaguicidas, como el DDT, e incluso llegarían a ser más costeables para la industria de la agricultura. Se descubrió una bacteria marina la cual es utilizada para la biorremediación del agua. Esta bacteria fue identificada como *Paracoccus sp. DDT-21*. El microorganismo fue

capaz de consumir al DDT como fuente de nutrientes; degradó más del 80% del DDT, a una concentración de 50 mg/L en MSM (metilsulfonilmetano) en 72 horas. Este estudio demostró que el crecimiento dependiente del tiempo y el contaminante DDT indicó que la bacteria *Paracoccus sp.*, DDT-21 biodegrada significativamente este plaguicida; de igual forma se encontró que esta cepa de bacteria tiene una capacidad de degradación es de 5 10 15 25 50 mg/L DDT.



También se observaron cuatro metabolitos que fueron degradados (DDE, DDD, DDMU, DDA). Este estudio con base a los resultados obtenidos indica que la bacteria *Paracoccus sp. DDT-21* es gran candidato prometedor para la biodegradación del DDT en este medio (Al-Rashed, et, al.,2021).

Es importante tomar en cuenta que la bacteria tiene una gran posibilidad de biodegradar este tipo de plaguicidas y a sus metabolitos, ya que en un corto tiempo demuestra sus favorables resultados ante la biodegradación del DDT. Es posible aplicar esta bacteria en diferentes niveles acuosos, como lo son los mares, aunque estos a veces no llegan a cumplir las características que la bacteria necesita para poder sobrevivir y reproducirse, también en lagos, lagunas y sobre todo aguas contaminadas porque es su principal función el tratamiento de aguas residuales. Su capacidad para degradar en los diferentes medios sería factible y sobre todo eficaz, ya que depende de su metabolismo y no de los recursos que la rodean.

Otra optativa para este medio acuoso, además de las bacterias que proliferan rápidamente, pueden ser las algas marinas, ya que son capaces de degradar ciertas sustancias químicas para su alimentación y presentan una forma de reproducción asexual y sexual lo que sería más eficaz para disminuir los residuos contaminados en este medio.

Influencia de los hongos en la degradación del DDT

Los hongos son otra clase de organismos capaces de degradar al DDT. Con base en un estudio, se utilizaron tres géneros del reino fungí: *Penicillium*, *Phanerochaete* y *Trichoderma*. Estos hongos degradaron al DDT, utilizando el método de irrigación para mantener las condiciones óptimas para cada género. Con 13 semanas de observación los resultados demostraron que el tratamiento óptimo fue el del género *Phanerochaete* para la biorremediación de suelos contaminados, siendo el que redujo significativamente el DDT (Britio, 2018). Con base a este estudio es importante destacar que la biodegradación del DDT también se puede llevar a cabo por medio de hongos que poseen ciertas características esenciales, sin embargo, conforme a los resultados se observa que es más tardado este proceso a comparación con las bacterias, ya que estas se proliferan más rápido y el hongo se reproduce con menos rapidez.

En un reciente trabajo se investigó la relación entre hongos y protozoarios

que biodegradan al DDT y los resultados son favorecedores. El hongo *Pleurotus eryngii* y el protozoario de biosurfactantes *Ralstonia pickettii* fueron estudiados en esta relación.

Se agregó el hongo *Pleurotus eryngii* a una muestra in vitro en un medio de agar de dextrosa de papa contaminado por DDT, donde se observó que después de 7 días de incubación hubo una degradación del 43%. Consecutivamente se agregaron 7 mL de cultivo del protozoario *Ralstonia pickettii* y se obtuvo una degradación del 78% de DDT en la muestra. Con esto se comprobó que *Ralstonia pickettii* promueve el crecimiento del hongo *Pleurotus eryngii* hacia la colonia de bacterias sin ningún contacto directo entre el micelio y las células bacterianas, por lo tanto, se indica que la bacteria mejora la biodegradación del DDT por el hongo (Purnomo, et al., 2019) En otro estudio se desarrolló de igual forma la interacción sinérgica de la bacteria *Ralstonia pickettii* y un hongo denominado *Fomitopsis pinicola* para la biodegradación del DDT. Se comprobó que efectivamente la bacteria al ser inducida a la muestra acelera el proceso de degradación. Se utilizó el mismo medio y el tiempo de muestra, en un inicio el hongo solo degradó un 42% y posteriormente se agregó 3 ml de la bacteria en la muestra, dejándola actuar en el lapso de 7 días junto con el hongo y se observó una reducción del 61% haciendo que cada vez el DDT se fuera convirtiendo en metabolitos menos complejos hasta llegar a su degradación (Purnomo, et al., 2020). Ambos estudios nos demuestran una relación de confrontación con enfrentamiento de crecimiento por ambas partes, tanto la de la bacteria y la de los hongos. Los organismos tienen capacidades diferentes de biodegradar este plaguicida, sin embargo, al actuar juntos en la biodegradación se llega a un mejor resultado. La metodología llevada a cabo se podría implementar en medios terrestres como lo son las cosechas y huertos que están contaminados, por otra parte, tanto la bacteria como los hongos tienen características de reproducción y adaptación que con gran facilidad se llevan a cabo y por ello el método de implementar ambos es de bajo costo y eficiente.

Con los resultados que se obtienen en los estudios se puede implementar esta bacteria no solo en estos tipos de hongos sino en otros que se asemejen entre

sí y puedas llevar a cabo la degradación. Las plantas también funcionan para degradar medios contaminados. La fitorremediación es una técnica para salvar ambientes contaminados; en un estudio se evaluó el efecto de *Solanum lycopersicum*, conocida como planta tomatera, y a la *Cucurbita pepo* comúnmente denominada planta de calabacín para la biodegradación del DDT y de sus metabolitos. Ambos vegetales se cultivaron en una muestra de suelo contaminado por DDT y metabolitos, durante un periodo de 15 días; donde se cuantificaron ciertas proteínas, que modificaron su concentración ante la presencia de contaminantes, por ejemplo, la glutatión reductasa, glutatión Stransferasa, glutatión peroxidasa y catalasa. Se observó que la planta *Cucurbita pepo* no presentó ningún cambio ante la exposición al contaminante, sin embargo, *Solanum lycopersicum*

presentó diferentes repuestas en la glutatión reductasa y glutatión peroxidasa tanto en tallos como en hojas; el contenido proteico y la catalasa no tuvieron ninguna actividad. Como resultado ante las respuestas antioxidantes que presentó la planta tomatera por efecto del plaguicida, se puede considerar útil para la degradación de dicha sustancia (Mitto, et al. 2017). Este estudio revela una técnica que se puede implementar con facilidad para biodegradar medios contaminados, ya que posee un bajo costo y es fácil de implementar. Sin embargo, se podría aplicar la metodología con otras plantas que tengan características similares y que contengan proteínas que cumplan con la misma función, como las de la calabaza y la planta tomatera, con ello poder comprobar si son candidatos ideales.

Degradación por medio de lombrices de tierra En un estudio se puso a prueba



a las lombrices de tierra denominadas por su nombre científico como *Eisenia foetida* para reducir la contaminación del DDT en el suelo. El tamaño de la muestra fue una hectárea de suelo en una cosecha de café con los residuos del plaguicida, se aplicaron diferentes muestras cuantitativas de lombrices y se midió un lapso de tiempo. Lo que se obtuvo fue que la mayor reducción se dio en un periodo de 30 días con la aplicación de 15 kg de lombrices de tierra y el resultado fue de 62.6% del DDT (Dávila, et al., 2019). La lombriz de tierra es un buen prospecto para la biodegrada-

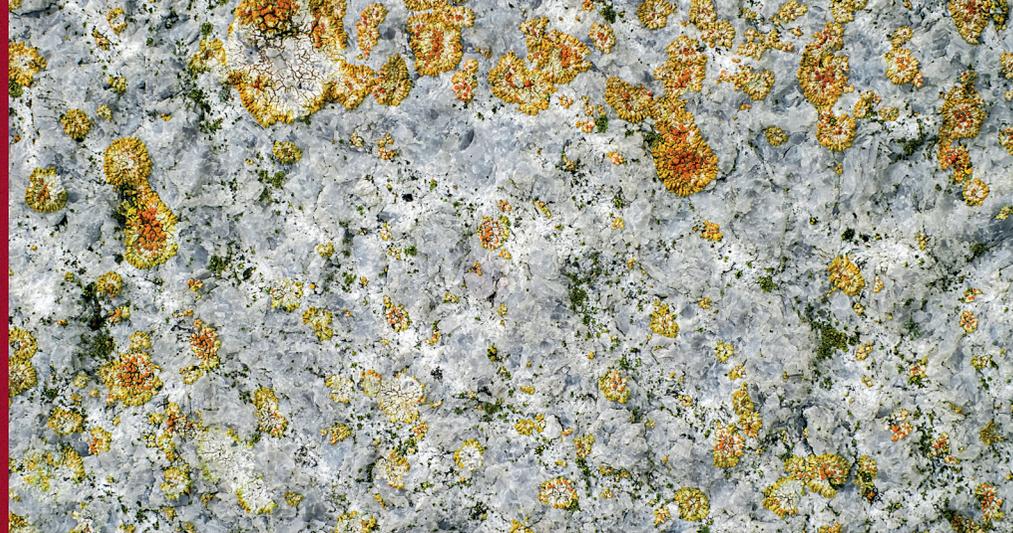
ción del DDT, no solo para cosechas de café, sino que puede ser aplicado en otro tipo de recolectas donde se desarrollen vegetales que son ingeridos por el ser humano y que a su vez pudieran contener residuos del DDT y de sus metabolitos. Así mismo se podría implementar estos organismos en todo tipo de medio terrestre que este contaminado por sus bajos costos y por los beneficios que ofrecen las lombrices a la tierra los cuales son nutrientes y sirven como fertilizadores. La única desventaja de este organismo es que no se podría implementar en un medio acuoso ya que la lombriz no tiene las características adecuadas para vivir en este hábitat; sin embargo, se puede buscar una lombriz de agua que se asemejen sus características para que pueda biodegradar el DDT en un medio acuoso y ser sujetas de estudio.

La biodegradación del DDT podría complementarse con el uso de catalizadores magnéticos para acelerar su efecto, por ejemplo, la aplicación de nanopartículas superparamagnéticas de Fe_3O_4 (óxido de hierro III) y de Pb (paladio) en nanoesferas mesoporosas,

que pueden capturar y degradar catalíticamente al DDT en el agua. Estas sustancias pueden separarse magnéticamente de la dispersión después de haber sido utilizadas. Se separan por medio de adsorción y posteriormente se regeneran. El uso de estos catalizadores magnéticos no requiere de condiciones específicas en un laboratorio, se ahorra energía, por lo que se deduce que es un tratamiento viable (Tian, et al., 2015). Los resultados indican que existen diferentes organismos de todos los reinos biológicos, capaces de degradar el DDT de manera parcial o total, por lo que representarían estrategias sustentables para quitar este plaguicida del medio, en aquellos países como México, que siguen utilizando esta sustancia en sus cultivos. En este estudio se demostró que las bacterias, tales como *Serratia marcescens* y *Paracoccus* sp, el protozoario *Ralstonia pickettii*, diferentes hongos de los géneros *Penicillium*, *Phanerochaete* y *Trichoderma* y el organismo *Fomitopsis pinicola*, así como las plantas *Solanum lycopersicum* y *Cucurbita pepo* y el animal *Eisenia foetida*.

En este trabajo encontramos que el uso de bacterias podría acelerar la degradación del DDT, debido a que son microorganismos que pueden reproducirse a gran escala; los hongos se reproducen con menos velocidad que las bacterias, pero también serían una excelente estrategia.

Algunas sustancias en las que se degrada el DDT también son sustancias peligrosas y en este trabajo encontramos que algunos organismos también degradan esos metabolitos nocivos, es decir, se van hasta una degradación total. Los resultados sobre estrategias sustentables para degradar al DDT son prometedores; sin embargo, si hablamos de la aplicación de metodologías a nivel de laboratorio, trabajar con microorganismos requiere condiciones adecuadas, no sólo de



reactivos, sino también de equipos e infraestructura general. Mitigar la contaminación por el plaguicida requiere de un trabajo multi e interdisciplinario, para lo cual se deben estudiar de manera adecuada y a profundidad, los temas de viabilidad. Sobre las bacterias que mostraron ser capaces de degradar al plaguicida en diferentes ecosistemas, tales como agua y suelo se debe discutir más a fondo, pues valdría la pena reconocer si se comportan igual en diferentes ecosistemas acuáticos contaminados, donde el nivel de salinidad puede ser diferente, o bien, donde otros contaminantes pudieran inhibir su efecto. Los resultados sobre la unión de dos microorganismos para degradar el DDT deben profundizarse más y destacar una participación que sea equitativa, sin que un microorganismo le reste importancia a otro, porque de lo contrario, sería pertinente que se hicieran ensayos por separado.

Las plantas que son capaces de modificar algunas enzimas ante la presencia del DDT, pueden utilizarse en diferentes sembradíos, cuidando de que no generen ningún tipo de asociación ecológica con los cultivos.

Conclusión

El DDT es un plaguicida con excelentes efectos para erradicar las plagas de los cultivos, pero con notables efectos negativos al ambiente y la salud humana, por lo que las estrategias de biodegradación con diferentes organismos de los cinco reinos biológicos, se nos presentan como metodologías verdes que pueden acelerar la degradación del DDT, permitiendo a los países que lo siguen utilizando, contar con una solución ante la responsabilidad que se tiene por contaminar lo que nos rodea y a nosotros mismos.



Referencias Bibliográficas en:
Anexo 1 p. 48

PALABRAS CLAVE:

PLAGUICIDAS,
ORGANOFOSFORADOS,
CARBAMATOS,
CULTIVOS,
AVES BIO-INDICADORAS.

Una síntesis sobre algunos
efectos de los
plaguicidas en las
aves
asociadas a zonas de cultivo.

Manuel Becerril-González¹

¹Profesor del Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://orcid.org/0000-0002-0245-0756>

Fotografía de Golondrina Tijereta, Hirundo rustica ave que se alimenta de insectos plaga voladores, Municipio de Zitácuaro, Michoacán (2017, autoría propia). Imagen 11 en texto.

Resumen

Los compuestos químicos utilizados en zonas de cultivo para controlar plagas pueden tener efectos negativos sobre las aves que se alimentan o se distribuyen en dichos lugares. Contar con conocimientos sobre los plaguicidas minimiza los riesgos ambientales y puede evitar una futura crisis en la disponibilidad de alimentos. En el mundo se reconocen los efectos para el ambiente, la flora y la fauna por el uso de organofosforados y carbamatos que también pueden afectar la salud de las personas que los consumimos. Las aves son consideradas como modelos o especies bio-indicadoras para abordar temas de toxicología y bio-acumulación de pesticidas. Los datos encontrados en la revisión bibliográfica no son concluyentes en lo referente al uso, producción e innovación de pesticidas, no obstante, el desarrollo de la agricultura moderna y plaguicidas de última generación muestran experiencias devastadoras para los ecosistemas y tienen repercusiones económicas importantes, además se promueve la extinción de especies útiles para el desarrollo de la humanidad y el ambiente. Existen alternativas sustentables para minimizar los efectos negativos a los ecosistemas, pero eso depende de lo que como sociedad se decida hacer, eso sí, siempre informados y con el consentimiento de que las cosas pueden cambiar.

Desarrollo del trabajo

Dentro de las diversas moléculas sintetizadas por el hombre y la mujer, muchas han sido de gran ayuda para la industria química, la alimentaria, la bioquímica, la petroquímica y la investigación biomédica entre otras, no obstante, aquellos compuestos químicos denominados genéricamente plaguicidas han sido un dolor de cabeza para aquellos que se dedican al estudio de sus efectos en la flora y la fauna silvestres; para empezar, debemos decir que los plaguicidas son compuestos químicos utilizados mayormente en zonas agrícolas para ayudar a eliminar o controlar diversos



tipos de "plagas" entre las que contamos a: insectos (grillos, saltamontes o langostas – Orden Orthoptera (Imagen 1), chinches – Orden Hemiptera, escarabajos – Orden Coleoptera (Imagen 2), larvas o adultos de mariposas – Orden Lepidoptera) ácaros, moluscos, nemátodos (*i.e.*, gusanos redondos), hierbas, hongos, bacterias, virus, roedores, etcétera.

Fue después de la Segunda Guerra Mundial que en todo el mundo se intensificó la agricultura a gran escala apoyada también por las propuestas de la Revolución Verde incentivada por Norman Borlaug, y con ello, el uso de una serie de compuestos químicos que ayudaron a mantener el control sobre los cultivos agroalimenticios y todos los procesos asociados a dicha actividad. Pese a que dichos compuestos han sido desarrollados quizá con las mejores intenciones para su aplicación en el campo de la producción de frutos y vegetales, recordemos los efectos provocados por el uso de insecticidas organoclorados como el dicloro difenil tricoloroetano, conocido como DDT, y sus efectos sobre aves rapaces en Norteamérica entre los años de 1940 a 1980 (Tassin de Montaigne & Goulson, 2020) lo que



Imagen 1. Fotografía de Chapulín de Antenas Cortas (Familia: Acrididae) su voracidad en las zonas de cultivo es bien conocida y se utilizan diversos pesticidas para erradicarla, Municipio de Malinalco, Estado de México (2017, autoría propia).

Imagen 2. Fotografía de Escarabajo Mayate, *Cotinis mutabilis* alimentándose de frutos (tunas) de un nopal, Municipio de Zitácuaro, Michoacán (2015, autoría propia).



en su momento provocó severos daños a las especies y al ambiente en general, una de las evidencias más llamativas fue la reducción de las poblaciones de aves asociadas a las zonas de cultivo. No obstante, tampoco debemos satanizar el uso de dichos compuestos, pues es necesario tener controles adecuados y estudios que fortalezcan nuestros conocimientos sobre los mismos, sólo de esta forma se minimizan los riesgos ambientales y se evita una futura crisis en la disponibilidad de los alimentos para las futuras generaciones.

Muchos de los estudios de campo que se han realizado sobre los efectos de los plaguicidas han sido enfocados en diferentes grupos, entre ellas las aves, ya que parte de los resultados se pueden extrapolar a otras especies (Borges *et al.*, 2014), por ello, es importante conocer las rutas de exposición a estos compuestos, así como su posible bioacumulación, ya que esto determina el estado de salud de las especies que denominamos bio-indicadoras¹. Lo anterior ayuda para la toma consciente de decisiones en lo referente al uso de estas sustancias en zonas de cultivo.

¿Y por qué ser conscientes? sólo en los E.E. U.U. en lo referente a las aves

¹ Las especies bio-indicadoras nos permiten evaluarlas matemáticamente por métodos cuantitativos y cualitativos e interpretar el estado de salud de dichas especies y su relación con el ecosistema.

canoras (*i.e.*, aves que cantan) se ha registrado un aumento de la mortalidad de 3 a 16 veces más debido principalmente a la intoxicación por carbofurano, uno de los carbamatos más tóxicos utilizados en los cultivos de maíz en aquel país (Mineau, 2005).

Pero eso no es todo, en el resto del mundo se pueden reconocer dos grandes grupos de plaguicidas neurotóxicos: los organofosforados y los carbamatos, ambos están relacionados con el aumento de las muertes en aves (Mineau *et al.*, 1999) y en años recientes se ha evidenciado la presencia de dichos neurotóxicos debido a: i) la existencia de cuerpos intoxicados próximos a las zonas de cultivo, ii) el aumento en las tasas de mortalidad y iii) el diagnóstico por medio de los análisis químicos. En México, al igual que en otros países latinoamericanos el mayor uso de plaguicidas coincide con su prohibición en países como los Estados

Unidos de América, Canadá y la Unión Europea, lo que exhibe claramente una falta de control comercial y una política ambiental miope sobre su uso y efectos.

Por si esto fuera poco, el uso de pesticidas organoclorados y fertilizantes ha aumentado considerablemente, cabe destacar que muchas de las empresas dedicadas a la síntesis de estos productos presentan información parcial y en pocos casos se mencionan de manera específica los riesgos para la salud y los ecosistemas, al parecer algunos de ellos ni siquiera están regulados por leyes ambientales, basta recordar el uso del FURADAN 350 L (*i.e.*, Carbofuran: 2-3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil-metil carbamato) para luchar contra los nemátodos "gusanos redondos" en África que ha causado la muerte de leones y un número aún no determinado de buitres de diversas especies, rompiendo así el equilibrio ecológico; este producto en México es utilizado en diversos cultivos (*e.g.*, cacahuete, café, caña de azúcar, chile, calabaza, melón, pepino, sandía, fresa, maíz, papa, plátano y trigo entre otros) sobre todo por su disponibilidad y bajo precio (\$ 978.00 pesos por litro/cotizado a diciembre de 2021 en Mercado Libre) no obstante, aún se desconocen todos sus efectos específicos en la flora y fauna silvestres.

Uno de los problemas con los pesticidas es que son sustancias altamente contaminantes que permanecen en el ambiente con efectos a corto, mediano y largo plazo sobre la fauna y flora de un sitio determinado, además, con el paso del tiempo se han registrado mayores cantidades y concentraciones de uso de plaguicidas, un ejemplo es el uso no controlado de los compuestos organofosforados y carbamatos (Imagen 3) (Borges *et al.*, 2014).

Una de las graves consecuencias registradas en aves y asociadas a los organofosforados y carbamatos, es la

presencia de anticolinesterasa, un inhibidor de la enzima relacionada con la transmisión de señales entre células nerviosas y las musculares, lo que a su vez genera contracción permanente del cuerpo – parálisis – y finalmente asfixia (Imagen 4), en otros casos el mismo inhibidor se ha detectado en el cerebro de aves en zonas o ecosistemas protegidos (Umar *et al.*, 2021) lo que sugiere su amplia dispersión en otros ecosistemas.

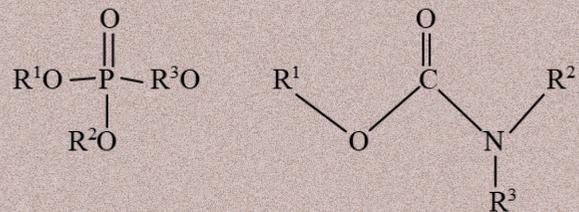


Imagen 3. Izquierda.- Estructura química de organofosfato, Derecha.- Estructura química de carbamato (2021, autoría propia).

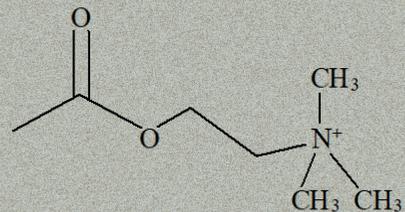


Imagen 4. Anticolinesterasa, molécula inhibidora de la enzima colinesterasa, en aves provoca alrededor de 23 efectos negativos (Migneau & Tucker, 2002) en el metabolismo celular (2021, autoría propia).

Los efectos de la molécula inhibidora se ha presentado en aves residentes y migratorias, tal es el caso del Chipe Rabadilla Amarilla (Imagen 5) en donde se han observado varias carcargas con la rigidez característica que evidencia la presencia del inhibidor mencionado en zonas de cultivo, y aunque actualmente no se han realizado estudios detallados del tema, basta mencionar el caso del uso de estos compuestos organofosforados (que pueden contener hasta 39 sustancias activas) y carbamatos (usados en algunos productos comerciales como Baygon) en el estado de Michoacán, en donde se utilizan en los cultivos de: maíz, jitomate, frijol, guayaba, café y aguacate (Imagen 6). Por cierto, estos compuestos han sido restringidos para su uso en la agricultura en los países que conforman la Unión Europea (Tassin de Montaigu & Goulson, 2020) debido a sus efectos toxicológicos en fauna silvestre, no así en nuestro país.

Por el contrario, el uso de los compuestos organofosforados se ha incrementado en diversos países, pese a que la evidencia científica indica que han aumentado

en los campesinos y sus familias los problemas de salud asociados a pesticidas como enfermedades de vías respiratorias, desordenes en la memoria, infecciones dermatológicas, cáncer, depresión, déficit neurológicos, abortos y defectos en los nacimientos, esto mencionado en los medios de comunicación públicos a través de El Consejo Nacional de Investigación de los E.E. U.U. (United States National Research Council por su nombre en inglés) en donde la población más afectada son niños y niñas en Latinoamérica que ingieren directamente en sus alimentos dichos compuestos químicos. En todo el mundo se cuenta con evidencia de que anualmente son responsables de la muerte de 300 000 personas (Goel & Aggarwal, 2007).

Cabe destacar que halcones y gavi-lanes, aves rapaces que se encuentran en la cima de la trama alimenticia, así como aves insectívoras, es en donde más se han registrado rastros de plaguicidas, demostrando con ello, efectos negativos en la salud de las especies y sus poblaciones naturales.

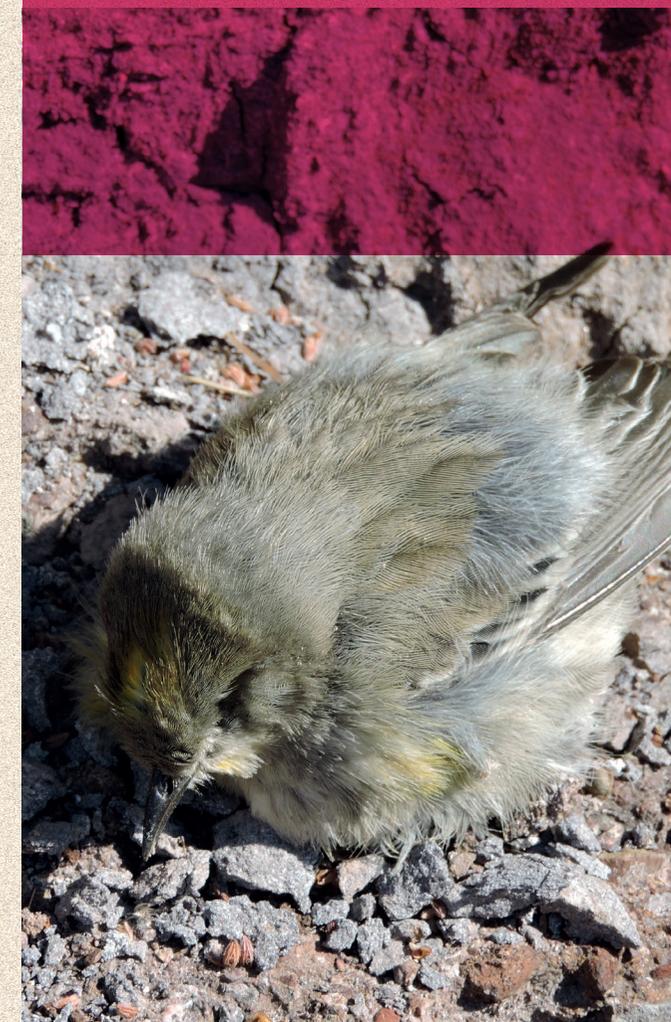
Es conocido que en las aves los plaguicidas tienen efectos altamente tóxicos en vías respiratorias, además de alterar el sistema neuromuscular actúan sobre la fertilización y desarrollo de huevos, causan anomalías en el desarrollo embrionario del producto y también provoca anomalías en el desarrollo de las gónadas en hembras y machos, induce la feminización de los individuos machos, genera pérdida de peso, disminuyen las nidadas, reducen la tasa de sobrevivencia de pollos, hay acumulación de compuestos tóxicos en sangre y reducción de densidad espermática, entre otros efectos (Chaiyarat *et al.*, 2014, López-Antia *et al.*, 2013,

Ljubojevic *et al.*, 2016, Tokumoto *et al.*, 2013).

Esto plantea un reto en el estudio de los plaguicidas y su toxicología en aves y otros vertebrados, así como en la bioacumulación en plantas y sus efectos sobre la salud de las personas que consumimos dichos productos agrícolas.

En algunos estudios realizados en aves con diversas dietas (piscívoras, omnívoras e insectívoras) se ha registrado la persistencia de 16 moléculas relacionadas con pesticidas organoclorados en

Imagen 5. Fotografía de Chipe Rabadilla Amarilla, *Setophaga coronata* individuo con rigidez en el cuerpo, característica sintomatológica por la presencia de envenenamiento por algunos plaguicidas, Municipio de Zitácuaro, Michoacán sitio con grandes cultivos de guayaba y aguacate (2018, autoría propia).



muestras de tejido graso de la cavidad abdominal (Chaiyarat *et al.*, 2014).

Uno de los casos que recientemente se han trabajado (Moller *et al.*, 2021) es la relación entre los plaguicidas que afectan a insectos voladores y su relación con aves que se alimentan de ellos, tal es el caso de la Golondrina Tijereta *Hirundo rustica*, cuyas poblaciones han disminuido drásticamente en todo el mundo y dicha tendencia desafortunadamente se mantiene constante.

¿Qué es un plaguicida?

Son compuestos químicos orgánicos utilizados generalmente en zonas de cultivo para prevenir, controlar, mitigar o eliminar flora, fauna, bacterias, virus, hongos o cualquier patógeno considerado "plaga" y que causan daños parciales o totales a especies agrícolas con valor económico.

Se tiene documentado que desde el año 500 de nuestra era los humanos utilizaban azufre a manera de pesticida para prevenir daños en cultivos. Fue a partir del siglo XV que se utilizaron químicos tóxicos como el arsénico y el mercurio para eliminar pestes, para

el 2014 algunos datos sugieren que la industria de los plaguicidas produce 2.5 millones de toneladas anuales.

En los E.E. U.U. se calcula que anualmente se generan gastos por 1.3 billones de dólares en el desarrollo, compra-venta, distribución y transporte de plaguicidas (The Cornell Lab of Ornithology, 2019). Muchos de ellos están prohibidos o su uso es restringido, derivado de lo anterior, en muchos países sobre todo en los denominados emergentes, se han convertido en compuestos químicos ilegales de amplio uso.

En el Reino Unido la lista de plaguicidas utilizados al año 2020 es de alrededor de 424, de los cuales han persistido en el ambiente 383 en el periodo de 1990 a 2016 (Tassin de Montaigu & Goulson, 2020), es decir, que el 90.33% puede permanecer y causar efectos sobre la flora y la fauna de los ecosistemas a largo plazo.

Homo homini lupus - El hombre es el lobo del hombre

Con el desarrollo de la agricultura moderna y sus nuevos y más potentes plaguicidas hemos comenzado una nueva era en donde estamos exterminando lo que más necesitamos, para muestra un botón: sólo la muerte de abejas y otros insectos polinizadores le ha costado a la Comunidad Europea alrededor de 153 billones de euros en pérdidas económicas (Gallai *et al.*, 2009), derivadas obviamente de los cultivos dependientes de insectos polinizadores, esto es apenas un ejemplo de lo que esperamos para el futuro. En E.E. U.U. la situación es alarmante, ya que desde el año 2010 la mortalidad en las colonias de abejas ha

Imagen 6. Fotografía de Chipe Gorra Canela, *Basileuterus rufifrons* individuo alimentándose de insectos en zona de cultivo de guayaba, Municipio de Zitácuaro, Michoacán (2017, autoría propia).

aumentado sobre un 20% (Bruckner *et al.*, 2018) aunque se ha propuesto que la alta tasa de mortalidad de abejas (Imagen 7) en todo el mundo puede deberse a causas multifactoriales, la tendencia muestra una relación muy estrecha entre la presencia de algunos parásitos y el aumento a la exposición de plaguicidas.

Pese a que compañías como BAYER (Breukelen-Groe-



neveld & Maus, 2017) han introducido en el mercado internacional productos como los neonicotinoides que dicen ser "amables con las abejas y otros insectos polinizadores" y cuya discusión la han querido llevar hacia otros aspectos relacionados con: efectos del clima, malas prácticas agrícolas, plagas, enfermedades, nutrición, condiciones del hábitat, factores genéticos y malas prácticas agrícolas, en el Reporte de American Bird Conservation de 2015 basado en casi una veintena de trabajos de campo y laboratorio de alrededor 50 expertos en

el área se ha demostrado que los neonicotinoides tienen efectos tóxicos en las abejas y otros insectos polinizadores, además se han registrado efectos negativos sobre la conducta forrajera de colibríes, aves muy importantes en la polinización de especies de plantas de origen americano (English, *et al.*, 2021).

El uso descontrolado de los plaguicidas ha eliminado a muchos "insectos plaga" ¡que por cierto tienen su propio papel en el ecosistema! éstos al ser suprimidos "se llevan consigo" a otras especies de insectos, invertebrados,





Imagen 7. Fotografía de Abeja Europea *Apis mellifera* polinizando flor de Cielos Azules, o bien Cielo Azul o Hierba del Pollo *Cornelia coelestis*, CCH Sur, Sendero Ecológico Interpretativo (2021, autoría propia).

peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos y hasta otras plantas.

Existen estudios en donde se han analizado más de 150 compuestos químicos que conforman parte de algún plaguicida, y aunque los resultados observados en aves son diversos por su tolerancia fisiológica, en general causan daños letales a corto, mediano o largo plazo dependiendo de los tiempos de exposición (Mineau et al., 2001). En el caso de los 22 insecticidas y 2 fungicidas más utilizados en los Estados Unidos de América en el 100% de casos las aves son las que resultan mayormente intoxicadas con dichos compuestos.

Una propuesta totalmente natural, casi gratuita y sostenible a largo plazo

Recientemente Baumgartner y colaboradores (2019) iniciaron una propuesta viable y totalmente sostenible sobre el cuidado, la reintroducción y el manejo de plantas silvestres nativas para atraer a las aves, cuya dieta abarca un gran número de especies que consideramos plagas para los cultivos de importancia económica. Por ejemplo, se han detectado que algunas

de las aves asociadas a zonas de cultivo incluyen dentro de su dieta a 29 especies de mariposas en su estado larvario y son capaces de remover en áreas agrícolas hasta el 80% de las orugas por metro cuadrado (Garfinkel & Johnson, 2015).

Imagen 8. Fotografía de Mirlo Primavera, *Turdus migratorius* ave que controla las poblaciones de orugas en zonas de cultivo, CCH Sur, UNAM (2019, autoría propia).



Podemos entonces apreciar la importancia de algunas especies de aves que controlan insectos en zonas agrícolas y áreas silvestres, al valorar la presencia de las aves podemos calcular el número de individuos considerados plagas, así como el porcentaje y los costos económicos que podrían representar su pérdida en el caso de omitir la información científica actual.

Algunos estudios (Garfinkel & Johnson, 2015) demuestran que aves como el Mirlo Primavera (*Tur-*

us migratorius,) reduce en un 24% la presencia de orugas en los campos de cultivo. En asociación con otras especies de aves el Gorrión Cantor (*Melospiza melodia* Imagen 9) reduce insectos pestes de un 34 a 98%; a través de la aplicación de modelos bio-matemáticos se calcula que las poblaciones de chapulines se reducen en un 20 a 26% por la presencia del Gorrión Cejas Blancas (*Spizella passerina*, Imagen 10).

El caso de la Golondrina Tijereta (*Hirundo rustica*, Imagen 11, en portada) es muy particular, si bien consumen insectos plaga voladores disminuyendo sus poblaciones del 18 al 84%, es desafortunado saber que estas aves también han ido disminuyendo sus poblaciones en todo el mundo debido al envenenamiento con plaguicidas.

La presencia del Cernícalo Americano (*Falco sparverius*, Imagen 12), una rapaz de pequeño tamaño que de vez en vez consume grillos, pero sobre todo roedores, en los campos de Michigan en donde se cultiva cereza dulce reduce los daños calculados entre los 2.2 y 2.4 millones de dólares anuales.

En promedio las aves que reducen en un 25% plagas, evitan pérdidas anuales de 125 dólares por acre de cultivo (un acre es igual a 0.4047 hectáreas, una hectárea es igual a 10 000 m²) (Spurr & Coleman 2005).

Lo cual nos lleva a la siguiente reflexión: si conocemos a las aves de zonas de cultivo y propiciamos su presencia mediante un manejo adecuado de la flora nativa del sitio de interés, ahorramos insumos y la compra directa de uso y aplicación de plaguicidas, evitando así la contaminación de los ecosistemas por dichos productos químicos, es básicamente una solución que involucra planeación intelectual, trabajo físico,



Imagen 9. Fotografía de Gorrión Cantor, *Melospiza melodia* ave que se alimenta de diversas especies de insectos considerados plaga, Parque Ecológico de Xochimilco, CD MX (2016, autoría propia).

pocos recursos económicos y beneficios en el mediano y largo plazo. Apostemos a este tipo de modelo que nos ayudará paulatinamente a evitar en general el uso de compuestos químicos agresivos que pueden tener efectos negativos sobre la salud de otras especies, el ambiente y nosotros mismos.

Conclusión

Al parecer el conocimiento sobre las especies nos puede ayudar a ir sustituyendo plaguicidas costoso que causan daños al ambiente y por ende a la humanidad, siempre y cuando tengamos la sabiduría de analizar los datos y confiar en la información científica que evidencia esta situación.

Debemos ser conscientes de que los plaguicidas provocan la pérdida de interacciones ecológicas al extinguir especies claves para su funcionamiento y en medidas extremas puede afectar enormemente la fenología de la vegetación, y por lo tanto, los ciclos reproductivos de varios insectos y otras especies.



Imagen 12. Fotografía de Cernícalo Americano, *Falco sparverius* ave que se alimenta de algunos insectos, reptiles y roedores entre otras plagas, Alcaldía Tlalpan, CD MX (2016, autoría propia).

El manejo de las zonas de cultivo debe considerar periódicamente realizar inspecciones físicas y biológicas, contar con asesoramiento técnico, tomar acciones reales e inmediatas, así como un monitoreo permanente, se debe propiciar el uso de pesticidas inorgánicos que contienen elementos naturales menos agresivos para el ambiente y más manejables.

La educación ambiental de los ciudadanos es uno de los caminos para hacernos conscientes en lo referente al uso de los plaguicidas en general, debemos aprovechar las oportunidades de incentivar lo que en el mundo de hoy se denomina "eco friendly" esta postura nos ayuda en general a promover entre todos el cuidado del ambiente a través de acciones individuales o grupales, locales o a una escala mayor, buscando puntos de convergencia en pro de la conservación del ambiente.

Es importante considerar que, aunque algunos datos referentes al uso de plaguicidas pueden estar incompletos y probablemente se subestima la situación en diversos países de todo el mundo debemos tomar acciones sobre su implementación e intentar cambiar usos y costumbres arraigadas en nosotros mismos, los insectos y arácnidos no son enemigos, tienen una función propia en el ecosistema y desconocerla no debe permitir que cerremos los ojos a esta realidad.

Es responsabilidad de todos los actores mantener los ecosistemas sanos, debemos prevenir, realizar acciones y evaluar permanentemente el uso de los plaguicidas, se trata de mantener un buen control de los mismos y en algunos casos existen alternativas amigables para su sustitución y uso.

Referencias Bibliográficas en:
Anexo 2 p. 51



Los cubrebocas y los polí meros

en la prevención y protección
contra la COVID-19

Resumen

Hoy en día, el uso de los cubrebocas es primordial como parte integral del compendio de medidas sanitarias que se han implementado alrededor del mundo en la lucha contra la propagación del SARS-CoV-2 (COVID-19), así como también es una medida preventiva de riesgo de contagio.

En este trabajo de investigación documental recabamos información acerca de los materiales poliméricos con los cuales están conformados los cubrebocas; éstos pueden ser algodón, poliéster, neopreno, poliamidas, polietileno, polipropileno. Al tener conocimiento de las características y propiedades fisicoquímicas de los materiales poliméricos; así como de las ventajas y desventajas que ofrecen, podremos tener una visión más amplia e instruida en el momento de elección de uno o varios de ellos para la fabricación, selección y uso correcto de los cubrebocas.

José Eduardo Reyes-Ibarra¹, Eduardo Dante Reyes-Melena¹, Jessica Chávez-López¹, Bianca X. Valderrama-García¹, Sandra Guzmán-Aguirre¹

Palabras clave:

CUBREBOCAS

POLÍMEROS

MATERIALES

PROTECCIÓN

COVID-19

¹Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur, UNAM

Desarrollo del trabajo

El presente trabajo de investigación documental tiene su justificación en la necesidad de saber qué cubrebocas es el más adecuado para usar como parte de las medidas de protección ante el COVID-19 basado en las propiedades fisicoquímicas, características y especificaciones de los polímeros que los conforman. Al saber esto, se puede dar una información más amplia a la población en general basada en datos científicos que apoyen y sustenten la utilización de los cubrebocas.

Consideramos que es imperante que la población esté siempre informada de manera veraz, sobre cualquier tópico, siendo; en este caso en particular, el por qué se utilizan ciertos polímeros en la fabricación de los cubrebocas y no otros. Así, se podrá comprender de una mejor forma el por qué es necesario y útil el usar estos implementos y con ello lograr una concientización mayor en los habitantes basada en datos y hechos científicos, sin necesidad de que alguien de algún modo se sienta bajo algún tipo de coerción al imponérsele el uso de determinado tipo de cubrebocas.

Hace ya más de dos años que la población mundial se encuentra en una situación de contingencia sanitaria debida al brote de enfermedad por coronavirus SARS-CoV-2 (COVID-19), registrada oficialmente el 31 de diciembre de 2019. (WHO.int, 2019).

Esta situación se fue agravando día con día, aumentando la tasa de contagios y mortalidad drásticamente, y con el fin de contener y prevenir el contagio y propagación de este virus, la OMS, emitió un comunicado en mayo de 2020, en el cual se instrúa acerca del uso del cubrebocas o mascarillas como parte de una estrategia integral de medidas a tomar para poder evitar la transmisión del nuevo virus y así poder contribuir a salvar vidas; haciendo especial énfasis en que el uso del cubrebocas por sí solo no basta para proporcionar una protección total contra la COVID-19, sin embargo, es una medida muy útil y necesaria como medio de contención y prevención. (WHO.int, 2020)

Debido a esta problemática, es necesario saber qué tipo de mascarillas son las más adecuadas para utilizar como medida de protección contra este virus; es así que el presente trabajo se plantea ahondar en esta cuestión al realizar una investigación sobre los distintos mate-

riales utilizados en la elaboración de los cubrebocas que la mayoría de las personas estamos utilizando, y conocer cuáles son las características fisicoquímicas que contribuyen o no a que el uso de ellos nos brinde protección ante el coronavirus.

Los objetivos de esta investigación documental son:

- Recuperar y recabar información acerca de los materiales poliméricos que se utilizan en la fabricación de los cubrebocas.
- Analizar y comprender las propiedades fisicoquímicas de los materiales que conforman a los cubrebocas.
- Diferenciar los distintos materiales entre sí y debatir acerca del uso de ellos.
- Justificar el empleo de los cubrebocas explicando el cómo contribuyen o no en la protección contra el COVID-19.

En distintos estudios podemos encontrar investigaciones en donde se ha comprobado que el virus se puede transmitir de persona a persona a través del contacto físico y también mediante gotículas respiratorias cuando una persona está en cercanía (<1m) con otra persona que se encuentre infectada y expulse estas gotículas al toser, estornudar o simplemente al hablar acercándose mucho, por lo tanto, la transmisión del virus entra por la nariz, boca o los ojos (Huang C, 2020), (Chan JF, 2020).

Es posible, además, que el virus se transmita también por objetos contaminados que hayan estado en contacto con la persona infectada (Ong SWX, 2020). De acuerdo con esto la transmisión de COVID-19 puede suceder directamente entre personas sanas e infectadas o al tocar objetos infectados o que se utilicen para diagnosticar a los pacientes.

El utilizar cubrebocas (mascarillas) como medida de prevención y control puede limitar la difusión de enfermedades respiratorias causadas por virus, en este caso hablamos del COVID-19. Además, los cubrebocas también pueden proteger a las personas sanas al estar en contacto con alguna persona infectada o para no



contagiar a otros si la persona infectada los usa. El uso de las mascarillas no es suficiente para obtener una total protección o control de fuentes, para ello es necesario adoptar otro conjunto de medidas sanitarias tanto a nivel personal como en interacción con otras personas como se pueden ser el tener buena higiene física con particular énfasis en las manos, la llamada "sana distancia" (distanciamiento físico) y otras medidas de prevención que son útiles. Sin embargo, el realizar una correcta elección del cubrebocas que utilizamos es primordial para contener la transmisión de virus respiratorios. Por ello el conocer qué beneficios, ventajas y/o desventajas presentan los distintos cubrebocas que circulan actualmente en el mercado es primordial. Estos beneficios están ligados a las propiedades fisicoquímicas de los polímeros utilizados.

Un polímero es una sustancia constituida por la unión entre sí de moléculas sencillas llamadas monómeros los que conforman largas cadenas llamadas "macromoléculas" o polímeros. Las propiedades de los polímeros varían según sus componentes. Analizando sus orígenes y principios de obtención, podemos distinguir entre polímeros naturales y polímeros elaborados mediante una síntesis química.

Los polímeros naturales son indispensables para la vida abarcando desde las macromoléculas proteicas, el ADN, estructuras de queratina o cartílagos, hasta la seda fabricada por algunos animales y la celulosa presente en las plantas y también el algodón. Los polímeros sintéticos, por su parte, presentan una gran variedad de compuestos equiparable a la de sus homólogos naturales. Desde su primera aplicación médica durante la segunda guerra mundial, han resultado de gran interés, debido a su versatilidad, ya que los polímeros sintéticos pueden diseñarse a medida, permitiendo adaptar sus propiedades fisicoquímicas en los compuestos y productos que nos sean necesarios, todo esto se logra al combinar distintos monómeros (Lendlein, 2010).

Las amplias y distintas funcionalidades obtenidas nos ofrecen particularidades complejas como la memoria de forma (A. Lendlein, 2010), o estrés mecánico (Weder, 2009). La gran ventaja de los polímeros ya sean naturales o sintéticos utilizados en productos médicos es su estructura orgánica basada en carbono, el cual se encuentra en mayor proporción en los sistemas biológicos que los compuestos inorgánicos. Esto es de gran interés cuando

se busca crear un producto que tendrá interacción con el cuerpo humano, sin embargo, puede también conllevar algunos problemas asociados a la presencia de restos de monómeros o procesos degradativos indeseados (Langer, 2004).

Así, los polímeros sintéticos empleados son variados, entre ellos están las familias de poliésteres, poliéteres, poliamidas, vinílicos, acrílicos, poliamidas, poliuretanos y siliconas (O'Neil, 2010) y la lista aumenta día con día aunada a las nuevas tecnologías como la impresión 3D.

Al ser esta una investigación documental, nos dimos a la tarea de recopilar información bibliográfica sobre los materiales poliméricos con los que están fabricados los cubrebocas, éstos son: algodón, polietileno, poliamidas, polipropileno, poliéster, neopreno.

A continuación, basados en la literatura presentamos las principales caracte-

terísticas fisicoquímicas de los polímeros seleccionados y su asociación con el empleo de ellos en los cubrebocas.

Algodón

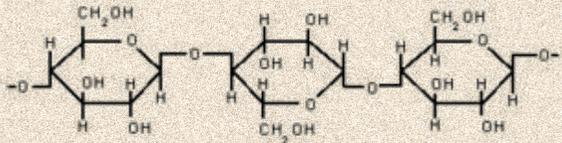
Es una fibra textil de origen vegetal producida por una familia de plantas del género *Gossypium* y perteneciente a la familia de las malváceas, conocidas como algodonales, algodoneros o plantas de algodón.

El algodón está formado por celulosa pura, un biopolímero compuesto por moléculas de glucosa, que surge en forma de motas blancas de tejido suave, esponjoso, sumamente permeable al aire, por lo que absorbe rápidamente la humedad. Las fibras del algodón representan la forma natural más pura de la celulosa, conteniendo más del 90 % de este glúcido. (CONACYT, 2019), (Weigmann, 2021).



Existen más de 40 especies de plantas de algodón, de las cuales sólo cuatro poseen un valor comercial (*G. hirsutum*, *G. barbadense*, *G. arboreum* y *G. herbaceum*)

Formula química $C_6H_{10}O_5$



Entre las propiedades y principales características del algodón encontramos que es una fibra polimérica, elastómera, inflamable, de origen natural, biodegradable, con alta transpirabilidad, absorbente, hipoalergénica, suave, térmica, baja o nula toxicidad, fácil transformación, encogimiento y arrugado.

El algodón, al ser un material biodegradable, suele tener un tiempo de degradación de aprox. 2 meses en el medio ambiente, pero dependerá de la climatología del lugar y del tamaño y grosor de la tela de algodón (Roper, 2020).

El algodón contiene ciertas impurezas o materias extrañas como tierra, polvo, residuos de cáscara, fragmento de hojas, deposiciones de insectos, entre otros. Cuanta más impurezas tengan las fibras de algodón, más bajo será su valor comercial.

Polietileno

El Polietileno es un polímero sintético termoplástico que se obtiene por polimerización del etileno.

Es el más simple de los polímeros desde un punto de vista químico, es un material parcialmente cristalino y amorfo, de color blanquecino y translúcido. Los diversos tipos de Polietileno que se en-

cuentran en el mercado son el resultado de las diversas condiciones de síntesis, llevadas a cabo en la reacción de polimerización por adición.

La estructura química del Polietileno es $-(CH_2-CH_2)-_n$

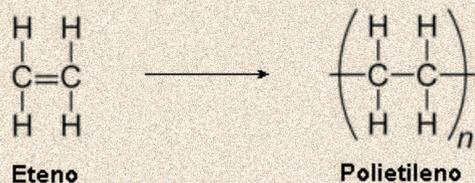
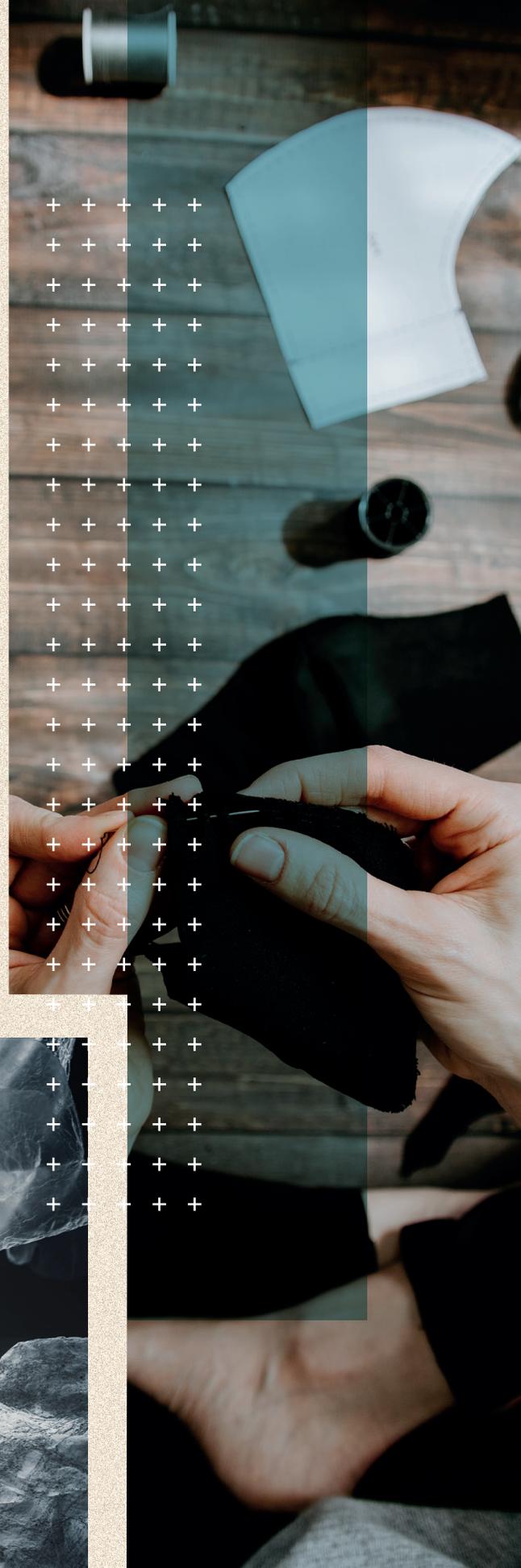


Fig. 5. Estructura del polietileno.



- Fórmula: $(C_2H_4)_n$
- Masa molecular: variable (polímero)
- Punto de fusión: $85-140^\circ C$
- Densidad: $0.91-0.96 \text{ g/cm}^3$
- Punto de inflamación: $341^\circ C$
- Temperatura de autoignición: $330-410^\circ C$

El polietileno es un elastómero, altamente flexible, resistente a la abrasión, al impacto y al desgaste, resiste bajas temperaturas conservando su forma y cristalinidad, presenta una baja absorción de agua y buena resistencia a los cambios climáticos, estable bajo condiciones normales, baja densidad, impermeable al agua, reciclable, resistente a ácidos y bacterias (Ramírez, 2010).

Este polímero no es fácilmente degradable, tanto así que, en condiciones óptimas de oxidación, más del 99% del polietileno permanecerá intacto después de estar expuesto a acciones microbianas, el proceso de biodegradación de los polímeros puede involucrar daño mecánico a los componentes del polímero debido al crecimiento bacteriano, efectos directos de las enzimas sobre la integridad del polímero y efectos ocasionados por productos metabólicos que pueden cambiar el pH o las condiciones redox (Yamada-Onodera K., 2001).

No se han observado la aparición de productos tóxicos como consecuencia de su degradación.

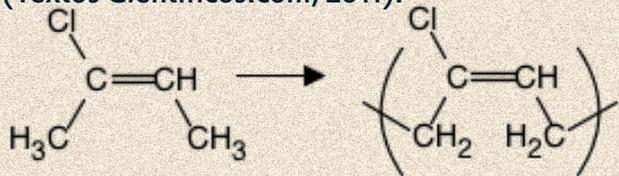
Ventajas: Facilidad de procesamiento Excelente resistencia al rompimiento por caída de los envases Excelente flexibilidad Buena barrera al vapor de agua. Gran resistencia a los productos químicos. Excelentes propiedades eléctricas. Ligereza de peso. Bajo costo. Es muy estable (Seymour, 1995).

Desventajas: Baja barrera a los gases, como oxígeno, dióxido de carbono. Baja barrera a los olores, sabores, aromas. Es un material difícil de degradar por medios naturales (Nadya, 2012).

Neopreno

Polímero termofijo, derivado del monómero del cloropreno, cuya fórmula química es 2-clorobuta-1,3-dieno, por lo que se le conoce como policloropreno. El neopreno es incoloro y con un color parecido al del éter. Fue descubierto por A. M Collins en 1930 durante

una investigación de las propiedades del 2-cloro-1,3-butadieno cuando este líquido fue polimerizado por accidente (Textos Científicos.com, 2011).



- Punto de ebullición: $\geq 80^\circ\text{C}$
- Punto de inflamación: -20°C
- Densidad; 1.068 mg/mL
- Toxicidad: no se considera tóxico.

El neopreno es resistente a la exposición solar, a abrasivos químicos que puedan alterar su estructura, resistencia a los cambios climáticos, flexible, resistente a la deformación mecánica, es un material que puede sentirse como viscoso cuando se encuentra húmedo. Por otra parte, el neopreno se utiliza para la elaboración de artículos deportivos, debido principalmente a que es impermeable y muy ligero, resistente a la degradación por estar expuesto al sol, al agua salada y a la intemperie en general, es flexible y resistente a las roturas por torsión, aislante, estable ante una amplia gama de temperaturas, facilita la transpiración, sus propiedades aislantes permiten mantener la temperatura corporal (Neopreno.net, 2018).

Entre algunas desventajas del neopreno encontramos que tiende a corroerse con el sol y la lluvia, teniendo graves efectos contaminantes, y tarda muchos años (miles) en degradarse, además impide la transpirabilidad y es un material que tiende a calentarse.

Polipropileno

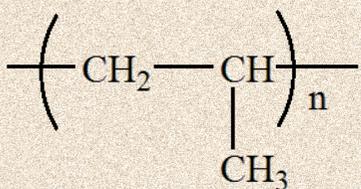


Fig. 7. Estructura del Polipropileno.

El polipropileno, se obtiene a partir de la polimerización por adición del propileno, es un termoplástico parcialmente cristalino con un elevado punto de fusión que lo hace adecuado para trabajar con él a altas temperaturas.

- Punto de fusión: $160-170^\circ\text{C}$
- Punto de inflamación: -20°C
- Densidad; 0.895-0.92 g/mL
- Toxicidad: no se considera tóxico

Este polímero presenta baja absorción de humedad, por lo que no se daña con el agua, alta resistencia química tanto a sustancias ácidas como básicas, tiene una gran versatilidad en su procesamiento lo cual le confiere usos diversos, es muy ligero debido a su baja densidad y sirve como aislante eléctrico, tiene una alta resistencia microbiana, tardan en degradarse en un lapso de más de mil años ya que no es biodegradable y el plástico queda reducido a moléculas sintéticas, invisibles pero presentes.

Poliéster

El nombre común con el cual conocemos a esta fibra es poliéster y el nombre científico es polietilentereftalato (PET). El poliéster se obtiene de la copolimerización por condensación de monómeros de ácido tereftálico y glicol etilénico, obteniéndose así este polímero termoplástico.

Esta fibra química proviene de un polímero formado a partir de derivados hidrocarbonados extraídos del petróleo, la cual constituye una de las fibras sintéticas más importantes dentro de la industria textil.

Los tres tipos de poliéster más empleados son:



Poli-etilentereftalato (PET)
 Poli-1,4-ciclohexilendimetilentereftalato (PCHDT)
 Poli-butilentereftalico (PBT).

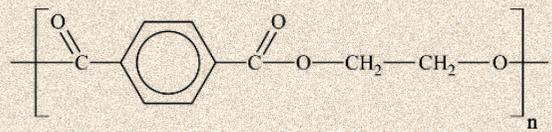


Fig. 8. Estructura química del poliéster.

- Fórmula química: $(C_{10}H_8O_4)_n$
- Densidad: 1.22 a 1.33 g/mL
- Punto de fusión: 260°C
- Toxicidad: nula
- Inflamable
- Ventajas:
- Es de bajo costo
- Resistente y liviano
- Se puede realizar mezclas
- No se deforma, ni se encoge
- Resistente a la abrasión
- De fácil lavado, no se arruga

El poliéster es una de las fibras que más se usa nivel mundial por sus extraordinarias propiedades para su aplicación en el campo textil, posee una baja absorción del agua y permeabilidad del 0.4% a 0.6% por lo cual se seca rápidamente. Es un elastómero y su resistencia y su tenacidad es muy alta tanto en condiciones húmedas como secas, presenta pronta recuperación después de alguna deformación además de una buena resistencia a los microorganismos, mohos y bacterias, a la luz solar y la intemperie, debido a esto, el poliéster tarda entre 3 a 7 años en degradarse.

Poliamida o nylon

Las poliamidas son un tipo de polímeros que contiene enlaces tipo amida, se pueden encontrar en la naturaleza como la lana o la seda, y también en compuestos sintéticos como el Nylon o el Kevlar. Pueden ser obtenidos de forma sintética mediante reacciones de polimerización por condensación. La poliamida más conocida es el nylon, polímero proveniente de la copolimerización entre el ácido adípico y la hexa-



metilendiamina, y es una fibra química textil sintética, resistente y ligera con la que se fabrican distintos tejidos.

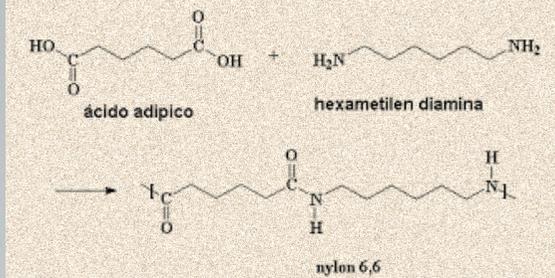


Fig. 9. Estructura del Nylon (una poliamida).

- Fórmula Química del nylon: $(C_{12}H_{22}N_2O_2)_n$
- Nombre químico: Polihexametileno diamida
- Punto de fusión: 250°C
- Densidad: 1.14g/cm³
- Absorción de la humedad: 3- 4.5% por lo que se seca más lento en comparación con el poliéster
- Inflamable
- Tiempo de degradación entre 100 y 500 años

Las poliamidas son polímeros elastoméricos termoestables, resistentes tanto al rozamiento y al desgaste, así como a los agentes químicos. Se considera un material inerte y no tóxico. Los nylons también se llaman poliamidas, debido a los característicos grupos amida en la cadena principal. Las proteínas, tales como la seda a la cual el nylon reemplazó, también son poliamidas. Estos grupos amida son muy polares y pueden unirse entre sí mediante enlaces por puente de hidrógeno. Debido a esto y a que la cadena de nylon es tan regular y simétrica, los nylons son a menudo cristalinos, y forman excelentes fibras (Mariano, 2011).

Los polímeros y su relación con los cubrebocas

¿Por qué utilizar estos polímeros en los cubrebocas?

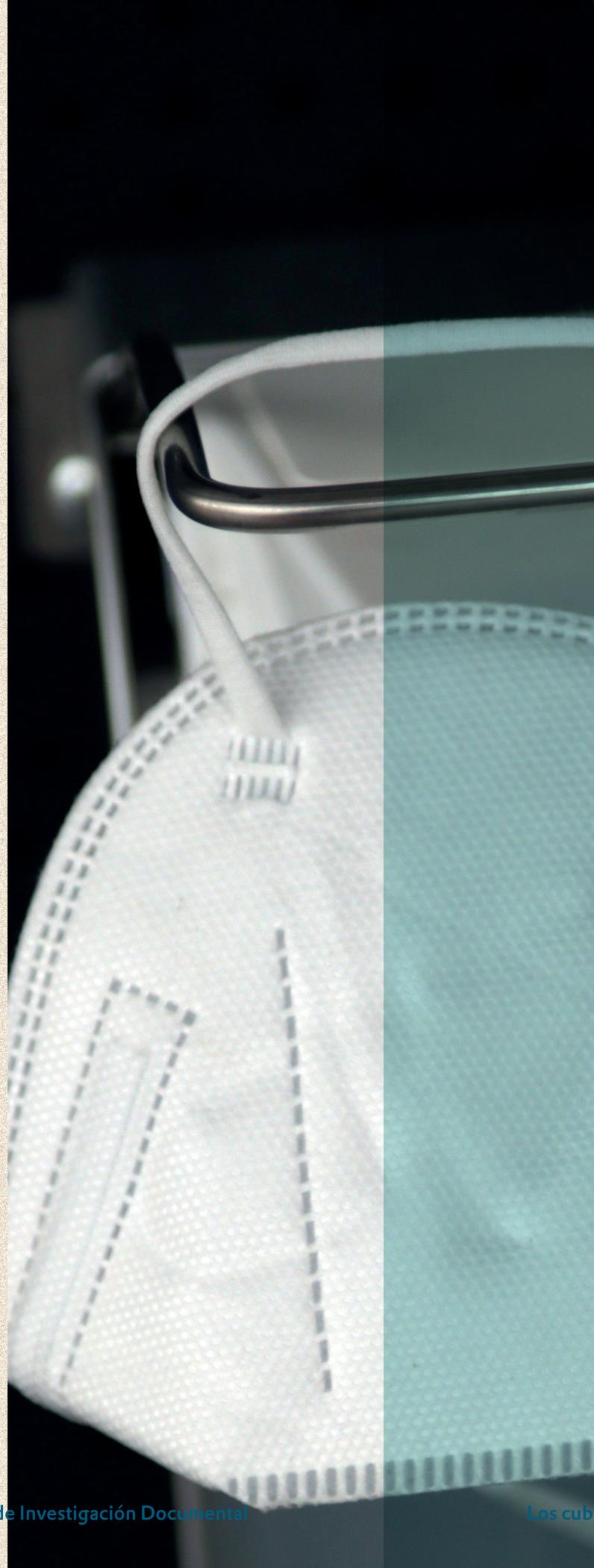
Los cubrebocas hechos de algodón son una buena alternativa debido a que las telas hechas de algodón pueden tener una buena densidad de hilos, aproximadamente 600 lo que permite una buena transpiración adicionándole las propiedades propias del algodón como son la absorción, suavidad, durabilidad, tejido hipoalergénico, nula toxicidad, haciendo que los cubrebocas de algodón sean una opción viable para la fabricación de éstos en la época de pandemia.

La capacidad de filtración que tienen estos cubrebocas es similar o mayor a la de los cubrebocas fabricados con fibras sintéticas como el poliéster o el nylon y cabe destacar que su tiempo de degradación es mucho menor que el de estas dos fibras. El algodón, es un material polimérico natural que exhibe excelentes propiedades de absorción, transpirabilidad, economía, ligereza, fácil hilado y procesado, sin embargo, al ser un material permeable no ofrece una alta filtración y por ende protección ante la COVID-19.

El nylon al igual que el poliéster surgió como una alternativa para la fabricación de mascarillas ante la escasez de cubrebocas quirúrgicos comerciales. Se optó por usar este tipo de tela ya que poseía una mayor repelencia a los fluidos, por su mejor textura también porque en comparación con el poliéster su transpirabilidad es mayor y puede ayudar a que no se sientan sofocados las personas que usan este material en sus cubrebocas sin embargo este material permite la reproducción de bacterias o microorganismos y su capacidad de filtración está por debajo de otros textiles.

Los cubrebocas de fibras sintéticas como el poliéster se empezaron a utilizar como una alternativa de tela ante la falta de cubrebocas quirúrgicos comerciales. Además de que su costo de producción es bajo.

Este polímero se empezó a utilizar ya que las telas hechas con este material poseen propiedades impermeables y por sus diversas aplicaciones en el campo textil, sin embargo, tienen una menor capacidad de filtración en comparación con otras telas y un nivel medio de transpirabilidad que hace que algunas personas sientan dificultad al respirar cuando usan los cubrebocas hechos con esta tela.



Con base en la información recopilada podemos determinar que, los polímeros tanto naturales como sintéticos son parte fundamental en la elaboración de los cubrebocas como medida contra el COVID-19, las propiedades fisicoquímicas de los polímeros nos muestran que con cualquiera de ellos se pueden fabricar mascarillas, pero debido a sus particulares propiedades inherentes algunos presentan más ventajas sobre los otros.

Podríamos pensar que cualquier cosa u objeto que cubra nuestro rostro puede contribuir a evitar la propagación del coronavirus al bloquear las partículas (aerosoles) que son expelidas a través de los estornudos o de la tos o simplemente hablando, de una persona que se encuentre infectada, es importante tener en cuenta las distintas investigaciones en las cuales se dice que hay variaciones en la protección contra el coronavirus que ofrecen los cubrebocas, esto dependiendo de la calidad del material del cual están hechos y también de cómo se ajusta al rostro.

La OMS a través de sus comunicados informó que existen evidencias sobre los diferentes materiales y el nivel de protección que ofrecen ante el COVID-19 (OMS, 2020), y revisiones en la literatura nos hablan también acerca de los polímeros utilizados en los filtros como el algodón, fibra de vidrio, poliestireno, polipropileno, neopreno y muchos otros, las fibras son colocadas y empacadas en forma perpendicular al flujo de aire, de forma que las partículas puedan ser atrapadas en ellas (NIOSH, 2003).

Si bien es cierto que, existen cubrebocas con mejor capacidad de filtración que otros, su función varía significativamente según el modelo y el uso dado, y algunos investigadores ya han compartido sus descubrimientos al respecto, (van der Sande M, 2008).

Cabe mencionar que en el Instituto de Física de la UNAM junto con la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, se realizaron estudios en los cuales midieron la filtración de partículas en diferentes telas, para determinar qué combinaciones tienen con mejores resultados, encontrando que 3 capas de poliéster tienen una efectividad de protección de 93% (UNAM, 2020).

Los polímeros más adecuados para considerar en la fabricación de un cubrebocas eficaz son el polipropileno, el algodón y el poliéster, explicando que lo ideal es combinar varias telas haciendo que el cubrebocas tenga tres capas (IPN, 2020), en la parte interna debe estar el material más absorbente (por ejemplo, el algodón) en contacto con la boca, lo que hará que, si el individuo tose o estornuda, las gotas de saliva o de secreciones nasales se queden allí, así, el material más repelente debe ir en la parte exterior, como puede ser un material repelente al agua, por lo cual se puede emplear el poliéster, mientras que como material filtro (en la parte media) se puede utilizar el polipropileno, que es un material que se utiliza en las mascarillas quirúrgicas.

Investigadores estadounidenses (Abhiteja Konda, 2020) encontraron que el algodón, la seda natural y la gasa pueden proporcionar una

buena protección, generalmente por encima del 50% y la eficiencia de filtración de materiales híbridos para partículas menores a 300 nm ($0.3 \mu\text{m}$) y mayor a 90% para partículas mayores a 300 nm, por lo tanto, de acuerdo con este estudio el uso de máscaras de tela puede proporcionar una protección significativa contra la transmisión de virus en un intervalo de tamaño de las partículas que se expulsan por vías respiratorias.

En el caso del SARS-CoV-2, que es el virus que causa la COVID-19, el coronavirus tiene un diámetro aproximado de entre 60 y 100 nm (Zsuzsanna Varga, 2020), y aunque el coronavirus tiene este tamaño, flota por doquier en una amplia variedad de tamaño, desde $<100\text{nm}$ hasta varios cientos de nm, pues las personas liberan el virus en gotículas respiratorias líquidas.

Es bien sabido que existen además, mascarillas (cubre bocas), especializadas conocidas como N95 o similares, las cuales filtran al menos un 95% de partículas, La mascarilla/cubre bocas N95 requiere una malla fina de fibras de polímeros sintéticos, también conocida como tela de polipropileno no tejida, que se produce a través de un proceso altamente especializado llamado soplado en fusión que forma la capa de filtración interna que filtra las partículas peligrosas (Tecnomedicina, 2020).

Referencias Bibliográficas en:
Anexo 3 p. 53



Conclusión

Fue recabada información veraz e importante sobre los polímeros con los cuáles están fabricados los cubrebocas que se utilizan como medida de protección ante el COVID-19.

Los polímeros utilizados presentan ventajas y desventajas en su uso en los cubrebocas, así podemos decir que el polímero que por sí solo ofrece una mejor protección es el polipropileno al presentar una alta filtración a las partículas (95%) y alta resistencia microbiana, sin embargo, su tiempo de degradación es muy grande. Concluimos finalmente que no es necesario utilizar materiales costosos para la protección contra COVID-19, es decir, un cubrebocas bien elaborado con tela de poliéster o algodón (no importando si es reciclado) resulta ser muy útil, aumentando su efectividad si es elaborado con 3 capas de materiales poliméricos, absorbente-filtro-impermeable.

Anexo 1

Organismos candidatos para la biodegradación del DDT

1. Al-Rashed, S., Marraiki, N., Syed, A., Elgorban, A.M., Prasad, K. S., Shivamallu, C., & Bahkali, A. H. (2021). Características de biorremediación, influyendo en los Organismos candidatos para la biodegradación del DDT factores de eliminación de diclorodifeniltricloroetano (DDT) mediante el uso de *Paracoccus* sp. *Chemosphere no autóctono*, 270, 129474.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129474>
2. Anguiano, O. L., Souza, M., Ferrari, A., Soleño, J. I. M. E. N. A., Pechen, A., & Montagna, C. (2005). Conociendo los efectos adversos de los plaguicidas podremos cuidar nuestra salud y la del ambiente. Argentina: Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería, Escuela Superior de Salud y Ambiente.
3. Blus, L. J. (2011). DDT, DDD, and DDE in birds. In *Environmental contaminants in biota* (pp. 425-446). CRC Press.
4. Borges, É. N. (2011). Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT): vindas e idas de sua história para contextualizar o ensino de Química.
5. Brito, F. T. M. (2018). Biorremediación con *Penicillium* spp, *Phanerochaete* spp y *Trychoderma* spp de suelos contaminados con DDT. Moyobamba-2016.
6. Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Portico.
7. Davila Rojas, P. V., & Vilchez Delgado, H. (2019). Utilización de lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) para la reducción de la concentración de DDT en suelos del Centro Poblado Las Malvinas, Moyobamba, 2019.
8. Díaz-Barriga, F. (2002). Factores de Exposición y Toxicidad del DDT y de la Deltametrina en Humanos y en Vida Silvestre. Informe Técnico Apoyado por la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Bolivia.
9. Durán, M. J. (1988). Obtención y caracterización de compuestos de estructura ddt piretróide. Aspectos fisicoquímicos de los procesos de reparto (Doctoral dissertation, Universidad de Granada).
10. Fernandez Brito, T. M. (2018). Biorremediación con *Penicillium* spp, *Phanerochaete* spp y *Trychoderma* spp de suelos contaminados con DDT. Moyobamba-2016. Organismos candidatos para la biodegradación del DDT
11. Fitzhugh OG, Nelson AA. (1947). La toxicidad oral crónica del DDT (2,2-bis(pclorofenil-1,1,1-tricloroetano). *Journal of Pharmacology and Experimental Therapy*, 89(1), 18-30.
12. Franco, S. (1985). La apoteosis del DDT y el problema de la erradicación del paludismo en América Latina. *Nueva Antropología*, 7(28), 129-152.
13. Gamboa, N. (2014). DDT, a historical review.
14. Grewal, J., Bhattacharya, A., Kumar, S., Singh, D. K., & Khare, S. K. (2016). Biodegradación de 1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)etano (DDT) mediante el uso de *Serratia marcescens* NCIM 2919. *Revista de ciencias ambientales y salud. Parte.B, Plaguicidas, contaminantes alimentarios y desechos agrícolas*, 51(12), 809-816. <https://doi.org/10.1080/03601234.2016.1208455>
15. Hayes, W. J. (1955). El estado actual de nuestros conocimientos sobre la intoxicación por DDT. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP)*; 38 (4), abr. 1955.
16. Latham, J. (2002) El fracaso de las políticas de control y regulación de los productos químicos: del DDT al BPA (y IV).
17. Mitton, F. M., Gonzalez, M., Monserrat, J. M., & Miglioranza, K. (2018). DDTs induced antioxidant responses in plants and their influence on phytoremediation process. *Ecotoxicology and environmental safety*, 147, 151-156. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.08.037>
18. Organización Mundial de la Salud. Instructions for determining the susceptibility or resistance of adult mosquitoes to organochlorine, organophosphorus and carbamate insecticides. Establishment of the base-line. Geneva: OMS; 1981.
19. Purnomo, A. S., Maulianawati, D., & Kamei, I. (2019). *Ralstonia pickettii* Enhance the DDT Biodegradation by *Pleurotus eryngii*. *Journal of microbiology and biotechnology*, 29(9), 1424-1433. <https://doi.org/10.4014/jmb.1906.06030>
20. Purnomo, A. S., Sariwati, A., & Kamei, I. (2020). Interacción sinérgica de un consorcio del hongo de podredumbre marrón *Fomitopsis pinicola* y la bacteria *Organismos candidatos para la biodegradación del DDT Ralstonia pickettii* para la biodegradación del DDT. *Heliyon*, 6(6), e04027. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04027>
21. Ritter, L., Solomon, K., & Forget, J. (1995). CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES: Informe de evaluación sobre: DDT, aldrina, dieldrina, endrina, clordano, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex, toxafeno, bifenilos policlorados, dioxinas y furanos. Canadian Network of Toxicology Centres.
22. Sánchez, E., Waliszewski Kubiak, S. M., Trujillo, P., & Infanzón Ruíz, R. M. (2003). El DDT: su uso y legislación.
23. Tian, H., Chen, J., He, J. y Liu, F.

(2015). Nanocompuestos mesoporosos magnéticos cargados de Pd: Un catalizador magnéticamente recuperable con enriquecimiento efectivo y alta actividad para la eliminación de DDT y DDE en condiciones suaves. *Revista de ciencia de coloides e interfaces*, 457, 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2015.07.024>

24. Velasco Trejo, J. A. (2017). Estudio de los mecanismos de degradación de DDT y sus intermediarios en suelos contaminados mediante la estimulación de poblaciones microbianas para proponer estrategias de remediación. *Concentración de Recursos de Información Científica y Académica, UAM Cuajimalpa*. <http://ilitia.cua.uam.mx:8080/js-pui/handle/123456789>

Anexo 2

Una síntesis sobre algunos efectos de los plaguicidas en las aves asociadas a zonas de cultivo.

American Bird Conservation. (2015). A Report by American Bird Conservation. Neonicotinoid insecticides, Harmful to Birds and Bees, Found in Congressional Cafeteria Food, pp. 6-16.

Baumgartner, J.O., Kross, S., Heath, S., & Connor, S. (2019). Supporting beneficial birds and managing pest birds. Wild Farm Alliance. United States of America, pp. 4-57.

Breukelen-Groeneveld, C. & Maus, C. (2017). BAYER-BeelInformed. No.3, pp. 1-11.

Borges, S.L., Vyas, N.B., & Christman, M.C. (2014). The influence of study species selection on estimates of pesticide exposure in free-ranging birds. *Environmental Management* 53: 416-428.

Bruckner, S., Steinhauer, N., Aurell, S.D., Caron, D.M., Ellis, J.D., Fauvel, A.M., Kulhanek, K., Rose, R., McArt, S.H., Mullen, E., Rangel, J., Sagili, R., Tsuruda, J., Willkes, J.T., Wilson, M.E., Wyns, D., Rennich, K., van Engelsdorp, D. & Williams, G.R. (2018). United States honey bee colony losses 2018-2019: preliminary results. Abstract PDF.

Chaiyarat, R., Sookjam, C., Eiam-Am-

pai, K., Damrongphol, P. (2014). Bioaccumulation of organochlorine pesticides in the liver of birds from Boraphet wetland, Thailand. *ScienceAsia* 40: 198-203.

English, S.G., Sandoval-Herrera, N.I., Bishop, C.A., Cartwright, M., Maisonneuve, F., Elliott, J.E., & Welch Jr., K.C. (2021). Neonicotinoid pesticides exert metabolic effects on avian pollinators. *Nature* 11: 2914-2924.

Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., & Vaissière, B.E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68: 810-821.

Garfinkel, M & Johnson, M. (2015). Pest-removal services provided by birds on small organic farms in northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 211: 24-31.

Goel, A., & Aggarwal, P. (2007). Pesticide poisoning. *The National Medical Journal of India* 20: 182-191.

Ljubojevic, D., Pelic, M., & Kapetanov, M. (2016). Link between pesticide use and the survival of grey partridge *Perdix perdix*. *World's Poultry Science Journal* 72: 615-618.

- López-Antia, A., Feliu, J., Camarero, P.R., Ortiz-Santaliestra, M.E., & Mateo, R. (2016). Risk assessment of pesticide seed treatment for farmland birds using refined field data. *Journal of Applied Ecology* 53: 1373-1381.
- Mineau, P. (2005). Birds and pesticides. USDA Forest Services General Technical Reports. PSW-GTR-191. 1065-1070.
- Mineau, P., Baril, A., Collins, B.T., Duffe, J., Joerman, G., & Luttik, R. (2001). Pesticide acute toxicity reference values for birds. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 170: 13-74.
- Mineau, P., Fletcher, M.R., Glaser, L.C., Thomas, N.J. Brassard, C., Wilson, L.K., Elliott, J.E., Lyon, L., Henny, C.J., Bollinger, T., & Porter, S.L. (1999). Poisoning of raptors with organophosphorus and carbamate pesticides with emphasis on Canada, US, and U.K. *Journal of Raptor Research* 33: 1-37.
- Mineau, P. & Tucker, K.R. (2002). Improving detection of pesticide poisoning in birds. *Journal of Wildlife Rehabilitation* 25: 4-13.
- Moller, A.P., Czeszczewik, D., Flenssted-Jensen, E., Erritzoe, J., Krams, I., Laursen, K., Liang, W., & Walankiewicz, W. (2021). Abundance of insects and aerial insectivorous birds in relation to pesticide and fertilizer use. *Avian Research* 12: 2-9.
- Spurr, E.B., & Coleman, J.D. (2005). Cost-effectiveness of birds repellents for crop protection. *Proceedings of the 13th Australasian Vertebrate Pest Conference*, 2-6 May 2005, Wellington, New Zealand. Pp. 227-233.
- Tassin de Montaigu, C., & Goulson, D. (2020). Identifying agricultural pesticides that may pose a risk for birds. *PeerJ* 8: 1-14.
- The Cornell Lab of Ornithology (2019). 7 Simple Actions to Help Birds. Ithaca, New York. United States of America. Trifold.
- Tokumoto, J., Danjo, M., Kobayashi, Y., Kinoshita, K., Omotehara, T., Tatsumi, A., Hashiguchi, M., Sekijima, T., Kamisoyama, H., Yokoyama, T., Kitagawa, H., & Hoshi, N. (2013). Effects of exposure to clothianidin on the reproductive system of male quails. *Journal of Veterinary Medical Science* 75: 755-760.
- Umar, M., Hussain, M., & Maloney, S.K. (2021). Assessment of cholinesterase inhibition activity of birds inhabiting pesticide exposed croplands and protected area in hot semi-arid region of Pakistan. *Brazilian Journal of Biology* 83: 1-8.

Anexo 3

Los cubrebocas y los polímeros en la prevención y protección contra la COVID-19

- WHO.int. (31 de diciembre de 2019). Obtenido de <https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>
- WHO.int. (mayo de 2020). Obtenido de [WHO/2019-nCov/IPC_Masks/2020.4](http://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/clinical-management)
- Huang C, W. Y. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel. *Lancet.*, 497-506
- Chan JF, Y. S. (2020). A familial cluster of pneumonia associated with the 2019. *Lancet*, 514-523.
- Ong SWX, T. Y. (2020). Air, Surface Environmental, and Personal Protective Equipment Contamination by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From a Symptomatic Patient. *JAMA*.
- Lendlein, A. (2010). Polymers in biomedicine. *Macromolecules Bioscience*, 993-997.
- A. Lendlein, M. B. (2010). Shape-memory polymers as a technology platform for biomedical applications. *Expert Rev. Med. Devices*, 357-379.
- Weder, C. (2009). Mechanochemistry: Polymers react to stress. *Nature*, 45-46.
- Langer, R. a. (2004). Designing materials for biology and medicine. *Nature*, 487.
- O'Neil, C. (2010). Medical Device and Diagnostic Industry. Obtenido de <http://www.mddionline.com/article/so-many-polymers-so-little-time>
- CONACYT, (2019), Obtenido de <https://www.conacyt.gob.mx/cibio-gem/index.php/algodon>.
- Weigmann, H. H. (2021). Cotton. Obtenido de *Encyclopedia Britannica*: <https://www.britannica.com/topic/cotton-fibre-and-plant>
- Ropero, P. S. (2020). Ecología verde. Obtenido de <https://www.ecologia-verde.com/cuanto-tarda-en-degradarse-el-algodon-3171.html>
- Ramírez, A. N. (2010). Consejo Nacional para el Entendimiento Público de la Ciencia. Obtenido de <http://www.comprendamos.org/alephzero/57/polietileno.html>
- Yamada-Onodera K., M. H. (2001). Degradation of polyethylene by a fungus. *Polymer Degradation and Stability*, 323-327.
- Seymour, R. (1995). *Introducción a la Química de los Polímeros*. España:

Reverté.

Nadya. (octubre de 2012). Slideshare. Obtenido de <https://es.slideshare.net/Nadya868/plasticos-polietileno-yneopreno#:~:text=Desventajas%3A%20El%20neopreno%20tiende%20a,el%20mundo%20que-dar%C3%A1inundado%20de%20pl%C3%A1sticos>

Neopreno.net. (2018). Obtenido de <https://neopreno.net/usos-propiedades/#:~:text=Propiedades%20del%20Neopreno,usan%20un%20traje%20de%20neopreno>

Mariano. (julio, 2011), Tecnología de los Plásticos, obtenido de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/nylon.html>

NIOSH. (abril de 2003). Centers for Disease Control and Prevention. Obtenido de <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-136/>

Van der Sande M, T. P. (2008). Professional and home-made face masks reduce exposure to respiratory infections among the general population. PLoS One, 2618.

UNAM. (2020). grupos covid unam. Obtenido de <https://gruposcovidunam.mx/propuestas-de-proyectos-medio-ambiente/qu-tela-debes-usar-para-un-cubrebocas-seguro>

IPN. (junio de 2020). gob.mx. Obtenido de

<https://www.ipn.mx/assets/files/ccs/docs/comunicados/2020/06/c-096.pdf>

Abhiteja Konda, A. P. (2020). Aerosol Filtration Efficiency of Common

Fabrics Used in Respiratory Cloth Masks. ACS Nano , 6339-6347.

Zsuzsanna Varga, A. F. (2020). Electron microscopy of SARS-CoV-2: a challenging task . The Lancet. 99.

Tecnomedicina. (2020). Obtenido de <https://www.tecnomedicina.mx/que-es-un-cubrebocasn95/#:~:text=La%20mascarilla%20cubrebo-cas%20N95%20requiere,que%20filtra%20las%20part%C3%ADculas%20peligrosas.>



Química