

¿COMO IMPACTA LA FABRICACION DE LENTES OFTALMICOS LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL?

Autores

Andrea Carolina Ibáñez Leal, Johana Sánchez Yate, Iván Darío López Tobar

aibanez7@estudiantes.areandina.edu.co, jsanchez124@estudiantes.areandina.edu.co

ilopez40@estudiantes.areandina.edu.co

RESUMEN:

Introducción Los defectos visuales de refracción, cuya incidencia va en aumento, son catalogados como deficiencias leves y son diagnosticados y corregidos mediante la prescripción de unos lentes externos por parte un optómetra u oftalmólogo después de una consulta (Organización Mundial de la Salud, 2013). Los materiales utilizados para la fabricación de lentes oftálmicos han ido cambiando con el tiempo, por razones de seguridad de quien los usa, propiedades de refracción y peso se pasó del vidrio al plástico; el impacto ambiental derivado de estos avances es motivo de estudio.

Objetivo: Determinar el impacto ambiental que generan los residuos, producto de la fabricación de lentes Oftálmicos.

Metodología: Se realizó una investigación descriptiva, mediante análisis de contenido basada en una revisión documental.

Resultados: En Colombia no se ha cuantificado la cantidad de residuos que generan los laboratorios de óptica o de fabricación de lentes oftálmicos, debido a que estos desechos no se separan del resto de desechos porque son considerados ordinarios. A nivel mundial se han realizado pocos los estudios y mediciones sobre el impacto ambiental que genera la industria de fabricación de lentes oftálmicos.

Conclusiones: A pesar de que la contaminación ambiental por residuos plásticos está alcanzando niveles críticos a nivel mundial, el reciclaje y la disposición de los residuos de los lentes oftálmicos, no ha sido cuantificada ni desarrollada.

Palabras clave: policarbonato, lentes oftálmicos, reciclaje, impacto ambiental, residuo plástico

INTRODUCCION:

La salud visual da al ser humano calidad de vida, le otorga independencia para interactuar en el medio ambiente, le permite disfrutar de su entorno e interrelacionarse con lo que está a su alrededor; sin embargo, en no pocas oportunidades su afección puede fácilmente pasar desapercibida. La OMS en el primer informe mundial sobre la visión, publicado en octubre de 2.019, estima que cerca de 2.200 millones de personas, cerca de un 30% de la población mundial, padecen algún problema visual o ceguera (Organización Mundial de la Salud, 2019). En Colombia se han tomado diversas acciones encaminadas a abordar la problemática visual, entre ellas, el Congreso de la República, a través de la Resolución 5521 de 2013, definió que dentro del Plan de Beneficios de Salud, antes Plan Obligatorio de Salud, se debía dar cobertura a los lentes oftálmicos básicos prescritos, en vidrio o plástico cada determinado tiempo. (Congreso de la República de Colombia, 27 de diciembre de 2.013, Resolución 5521, Artículo 59). De acuerdo con el Programa Nacional de Atención Integral en Salud Visual 2016-2022, en Colombia habían registrados 1.836 optómetras (Ministerio de Salud de Colombia, 2016); las principales causas de consulta por patologías del sistema visual, en el periodo comprendido entre 2009 y 2014, se debió a los problemas de refracción como miopía, hipermetropía y astigmatismo; los cuales en gran medida podían ser corregidos con la prescripción de lentes oftálmicos de uso externo (Ministerio de Salud de Colombia, 2017). El autor Marin N. (2015), estima que a nivel nacional hay aproximadamente 5.000 ópticas y 120 laboratorios de lentes oftálmicos de alta y mediana complejidad, cerca de 15 millones de personas usan gafas como corrección visual y las remplazan en promedio cada 3 años.

Los laboratorios de óptica a través de los años se han inclinado por trabajar lentes de plástico debido a su peso liviano, alta durabilidad y bajo costo, dejando de lado el uso de los cristales como el vidrio (Mishra V. et al., 2018). Dentro de éstos materiales se han utilizado polímeros especiales que son componentes plásticos con diferentes índices de refracción, calidad, resistencia a la abrasión, propiedades ópticas y físicas de mejor resultado, tales como el policarbonato, CR

39 o carbonato de alilo diglicol (ADC), y Trivex, que pueden polimerizar por medio de radicales libres, aportándoles además propiedades de termorigidez con altos índices de resistencia al calor y firmeza, como es el caso del policarbonato y las materias orgánicas no biodegradables (Mena Nieto. & Capuz Rizo, 2018).

Los lentes antes de ser desgastados y pulidos son similares en tamaño a un disco de hockey. Durante el proceso de biselado para la obtención de un lente formulado, se obtiene gran cantidad de residuos de viruta o polvo, ya que más de la mitad del material inicial es desbastado hasta conseguir el grosor ideal. Estos desechos pudieran ser reutilizados en la mayoría de los casos, sin embargo en la elaboración de los lentes oftálmicos se les han adicionado otros componentes que hacen que estos queden contaminados de rastros de CR-39, metales, aceite vegetal hidrosoluble, cinta altamente adhesiva entre otros materiales, que los hacen inadecuados para reciclar o extraer otro producto (Coll Rovira, 2013).

De acuerdo a lo planteado, es importante preguntarnos entonces ¿Cómo impacta la fabricación de lentes oftálmicos en la sostenibilidad ambiental?

En Colombia, así como a nivel mundial cada día surgen nuevas organizaciones destinadas a la producción de lentes correctivos de uso externo, pero pocas han descrito procesos de investigación respecto del reciclaje de dichos residuos. Sin embargo, Lacerda, Oliveira, Faulstich y Da Silva (2019) afirman que pueden llegar a ser muy favorables las reducciones en el impacto ambiental y los beneficios económicos para las empresas como consecuencia de la reutilización de residuos plásticos como el policarbonato. De igual manera, la compañía ReVision está investigando métodos seguros y amigables con el ambiente para extraer las toxinas de las virutas para que sea seguro para la reutilización.

En ese sentido, la revisión bibliográfica nos ayuda a determinar el impacto ambiental que generan los residuos producto de la fabricación de lentes Oftálmicos, el tipo de materiales, su factor biodegradable y la posibilidad de

contaminación nos dará respuesta a dicha problemática.

METODOLOGIA:

Se realizó una investigación de tipo descriptivo, obteniendo la literatura a través de revisión documental en bases de datos como Google Scholar, ScienceDirect, Scopus, ProQuest, PubMed (MEDLINE), LILACS, Scielo y paginas oficiales del Ministerio de Salud y Protección Social. Como estrategia de búsqueda se tuvieron en cuenta términos relacionados con los impactos medioambientales de los residuos de lentes oftálmicos, a través del uso de operadores booleanos AND y OR, y combinaciones como (viruta AND lentes), (polycarbonate lentes AND manufacturing), (policarbonato AND reciclaje), (ambient AND impact AND polycarbonate). Los documentos base para las conclusiones y resultados fueron delimitados por fecha de publicación o antigüedad de máximo 5 o 6 años.

Los artículos, fuentes primarias y secundarias encontradas en Google Scholar fueron 20, ScienceDirect 12, Scielo 10, descartando aquellos que no incluían la fabricación de lentes o el concepto de sostenibilidad como factor principal de análisis. Del total de literatura encontrada se tomaron finalmente 35 revisiones, que cumplían con las palabras clave y los criterios de inclusión, como son artículos científicos, libros, documentos de investigación y trabajos de grado. De igual manera se tuvo en cuenta la información obtenida por parte de las directivas de un laboratorio óptico cercano a uno de los autores.

Se usó un procedimiento de análisis de datos cualitativo, a través de las siguientes etapas: obtención inicial del documento a través de la búsqueda en bases de datos, revisión del contenido, extracción de datos de acuerdo a los criterios establecidos en la Matriz Anexa, organización de los documentos, categorización de los mismos y ponderación de los hallazgos para la respectivas conclusiones y resultados.

Base de datos	Criterios de búsqueda (palabras clave)	Enfoque metodología que uso el investigador	Titulo	Autores	Año	Objetivo y Resultados	País	Resumen	Metodología	Link	Consideraciones / Para que me sirve/ variables que tiene

RESULTADOS:

Los laboratorios para fabricación de lentes oftálmicos son supervisados por la Superintendencia de Salud, controlados por el INVIMA y vigilados por la Secretarías de Salud. Los requisitos que deben cumplir los dispositivos para la salud visual y ocular así como los materiales que se utilizan para la elaboración de los mismos están regulados por el INVIMA, apoyado en diferentes normas como: el Decreto 1030 del 30 de marzo de 2007, la Resolución 4396 del año 2008.

Los lentes oftálmicos extra oculares, son utilizados por las personas para mejorar la capacidad visual, para protección de los rayos solares por efectos de la radiación UV, como accesorio moda y para la protección ocular como equipo de protección personal en lentes de seguridad industrial. Como elemento de protección personal, debe cumplir con las normas OSHA y ANSI para brindar una adecuada seguridad a los trabajadores que los usan. (Johnson, 2006).

La compañía ReVision Solutions, con sede en Boulder Colorado, Estados Unidos, estima que la industria de fabricación de lentes oftálmicos arrojará más de 35.000 toneladas de desechos plásticos en los vertederos en los próximos cinco años, es por eso que tiene como objetivo desarrollar procesos para limpiar los desechos de policarbonato o desarrollar un nuevo compuesto que se use en otros productos (Foster, 2016) . En el artículo "Global Ophthalmic Lens Market 2019-2023" publicado en Escocia en 2019, los analistas en publicidad y mercadeo han realizado proyecciones del mercado de lentes oftálmicos y pronostican que este tendrá un crecimiento de casi el 5% para 2023. Este crecimiento es impulsado por

las iniciativas creadas por organismos de salud pública y por diferentes medios de comunicación que buscan crear conciencia en la población sobre la importancia del cuidado de la salud visual.

El plástico contaminada, excedente del tallado y biselado.

Los lentes oftálmicos extra oculares son fabricados con una base plástica, que puede ser policarbonato (PC), CR 39 (dietilen glicol bisalilo carbonato), poli metilmetacrilato (PMMA) y bisfenol A o BPA (Johnson, 2015) La base más utilizada es el policarbonato, con estructura química repetitiva de moléculas de Bisfenol A, es un plástico transparente, muy liviano, fácil de manejar, con una alta dureza y gran resistencia al impacto. El policarbonato también se le utiliza para la fabricación de botellas reutilizables, teteros, contenedores de alimentos, ventanas de invernaderos, bandejas de cafeterías, tableros de canastas de básquet, techos ligeros transparentes para terrazas, entre otros. (Elgegren et al., 2012).

Todos los lentes oftálmicos plásticos son susceptibles a rayarse y empañarse por lo que necesitan tratamientos especiales con capas adicionales de plástico que aumenten su durabilidad. Las partes frontal y posterior del lente requieren tratamiento y pueden ser necesarios varios recubrimientos para obtener otras propiedades deseables, como un recubrimiento de espejo y resistencia a las manchas (Johnson, 2015). Otro de los recubrimientos especiales que necesitan los lentes oftálmicos plásticos es el anti reflectantes. Para Samson F, (2016) entre mayor sea la cantidad de filtros y tratamientos especiales que cubran el lente, mejor será la durabilidad mecánica y mejor será comportamiento físico de la superficie plástica; lo que conlleva a un mayor valor económico en el comercio.

En su informe de investigación de 2014, Mejía J., grafica el proceso de elaboración del lente oftálmico que consiste en desgastar una base plástica de policarbonato. A dicha base plástica, que pesa aproximadamente 16 gramos y es semejante a un disco de hockey, se le pegan metales y cintas adherentes que

sirven para estabilizarla al equipo que se llama generador. En el generador la base plástica se lamina, se moldea y se le da al lente el espesor y curvatura. Para el proceso de laminado en el generador se utilizan cuchillas de diamante (Venkatesh, 2003) que “desgastan” la base plástica, mientras que el agua reciclada y un refrigerante a base de aceite vegetal hidrosoluble evitan que el plástico se queme (D’amato, 2019). En este proceso la base plástica pierde cerca el 50% del peso (Maza 2.014). La cinta altamente adhesiva y metal son retirados con agua a alta temperatura. El lente es pulido y brillado con lijas, felpas y materiales como oxido de aluminio. El lente finalmente es recortado y biselado en los bordes para un posterior acoplado a la montura oftálmica.

Más de la mitad de la base de plástico inicial queda como residuo, en forma de polvo y “virutas”, estos desechos son los que se pretenden reutilizar. Las virutas y polvo plástico residuales son principalmente de policarbonato, que contienen impurezas como: la cinta adhesiva, restos de metal, capas de protector anti rayas, filtros UV, anti reflectante y antiempañante. En caso de que este plástico fuese “puro”, se podría fundir y reutilizarlo. El reto es retirar las impurezas y obtener un residuo puro que sea susceptible de reciclar y no enviarlo al botadero de residuos corrientes. (Coll Rovira, 2013).

Estudios de Curry S. (2016) en la Universidad de Colorado, muestran que estos excedentes de virutas y polvo plasticos, son materiales dificiles de reciclar porque son restos compuestos por tres o más tipos de plástico que responden de manera diferente al calor, por lo que no se puede derretir simplemente. Además de los tipos de plástico esos residuos también contienen refrigerante y agua, por lo que se debe idear un proceso eficiente de limpieza y secado si se desea reutilizar.

Manejo del residuo plástico

“Se utilizan cinco estrategias fundamentales para el manejo de residuos plásticos. Estas estrategias incluyen: reciclaje, depósito en vertederos, incineración,

degradación microbiana y conversión en materiales útiles” (Ilyas, 2018)

Gunasegaram et al. (2000) encontraron que el CR-39 perdía algunas de sus propiedades de contracción de acuerdo con el historial de calentamiento, lo que no lo hacía candidato a ser reciclado como material para lentes oftálmicos. Las virutas de policarbonato no se biodegradan. Trishul A. & Mukesh D. (2009) en sus estudios de la degradación de policarbonato, registraron una pérdida de peso de 5% en promedio de unas piezas de policarbonato sumergido por 12 meses en aguas del mar de Bengala; adicionalmente en su superficie hallaron oligoelementos plásticos que mostraban su lenta y difícil biodegradación.

Actualmente en Colombia los desechos plásticos de los laboratorios fabricantes de lentes oftálmicos no se separan del resto de residuos porque son considerados desechos ordinarios y son llevados a los rellenos sanitarios.

Rolsky C. (2017) estudiante de doctorado de la Universidad del Estado de Arizona, manifiesta que los plásticos de más de 5 mm de tamaño por efecto de la luz solar se descomponen con el tiempo en piezas más pequeñas de menos de 5 mm siendo igual o más perjudiciales que las de mayor tamaño porque pueden acumular contaminantes a concentraciones muy altas y afectar a los organismos los ingieren. Los restos de policarbonato, se transforman en bisfenol A o BPA que pueden filtrarse a la capa freática subterránea e impactar el ecosistema, acuático, estas partículas se han encontrado en todo el mundo, aguas continentales, aguas costeras, superficie y fondo del océano.

Lorenzo M. (2018) en diferentes análisis realizados nos indica que el policarbonato es tóxico para las microalgas marinas, ocasionando aumento de la temperatura, e invita a realizar más estudios para obtener más datos ya que los estudiados no son suficientes para hacer un análisis estadístico concluyente. Martínez de Paz (2014) de la UNED de España, evaluó la actividad ecotoxicológica de los diferentes componentes plásticos, concluyendo que estos deterioran de

diferentes maneras la salud del aire, agua, suelo, plantas y animales, siendo el ecosistema acuático el más vulnerable ya que constituye uno de los principales sitios en donde se dejan los residuos. En el mismo artículo manifiesta que el policarbonato en el medio ambiente se degrada entre otros en bisfenol A, y llega a nuestro cuerpo causando problemas endocrinos, alteraciones en la reproducción y el desarrollo, en el sistema inmune y en el sistema nervioso.

La OMS en un comunicado de prensa emitido en agosto de 2019, dice que los pedazos o trozos de microplásticos suponen un "riesgo mínimo para la salud" al ser ingeridos porque no son digeridos y anima a investigar sobre los mismos y a reducir drásticamente la contaminación por plásticos. No obstante lo anterior, diferentes investigaciones muestran que el bisfenol A o BPA componente del policarbonato es una sustancia teratogénica, que produce alteraciones endocrinas, causa obesidad, cáncer de mama e infertilidad (Gómez Mercado et al., 2018)

DISCUSION:

El poder económico adquisitivo mundial ha aumentado, mejorando los niveles de vida, lo que ha contribuido al aumento de la producción de plástico, que de alguna manera, han mejorado la calidad de la vida cotidiana, su carácter de uso único, han llevado a un aumento sustancial de los residuos plásticos y sólidos. (Narancic T. et al. 2020)

Los laboratorios oftálmicos, que cuentan con los recursos económicos, optan por hacer la recolección y separación del residuo plástico, pero no lo reutilizan, por la inexistencia de un programa completo de reciclaje. El impacto ambiental generado por los laboratorios oftálmicos de la ciudad de Quito, no está cuantificado (Maza, 2014).

Entre los pocos procesos de investigación respecto del reciclaje de los residuos de fabricación de lentes oftálmicos, la organización ReVision Solutions, fundada y

presidida por Foster B. (2016), ve como una fuente de negocio muy prospero el reciclaje de las "virutas" plásticas de los laboratorios ópticos. Además de verlo como un negocio lo ven como una ayuda al impacto medio ambiental que se está generando ya que conocen de la contaminación que se genera. Los consultores y asesores de esta empresa están diseñando procedimientos, para que los laboratorios ópticos vean beneficio en separar los residuos y que además no se le generen sobrecostos en el transporte y el procesamiento por el volumen de estos materiales.

Vasquez E. (2016) en España, hizo la recuperación y reciclaje de los residuos de policarbonato desechados por los laboratorios de lentes oftálmicos de las ópticas policircuits. Después del reciclaje de ese producto y evaluó sus capacidades de resistencia a la corriente eléctrica y la conductividad de la misma. Posterior a esto, analizó los resultados y pruebas obtenidas, para así catalogar el policarbonato reciclado como parte aprovechable, óptimo para su uso industrial la ingeniería como base para circuitos.

Datos de mediciones, registro de volúmenes o peso de los desechos de material micro plástico generado no están disponibles y cuantificar esa masa es un desafío, dice Mason S. (2016), profesora de química en la Universidad Estatal de Nueva York en Fredonia. "El método [de los investigadores de los estudios] para hacer suposiciones y estimaciones es bastante razonable".

Cuando estos micro plásticos se mantienen en el medio ambiente, pueden ser consumidos por animales, pájaros o insectos y llegar a la cadena alimentaria. (Cornelius, 2018).

Las empresas cada vez estan mas preocupadas por optimizar los procesos y utilizar metodos efectivos para verificar sus impactos ambientales y las principales fuentes de emisión. Se realizó un analisis comparativo de los impactos ambientales generados para producir policarbonato utilizando 2 escenarios: En el

escenario 1 el proceso utiliza el 100% de policarbonato virgen como materia prima; En el escenario 2 usa solo el 20% de la materia prima virgen, el resto son residuos de Policarbonato. Con los resultados obtenidos y el análisis comparativo realizado, fue posible verificar los beneficios en la reducción de los impactos ambientales del uso del reciclaje en el escenario 2, en comparación con el escenario 1; principalmente debido a la disminución de la necesidad de producir materia prima, policarbonato virgen. Esto conlleva a tener los beneficios ambientales que impactan en la categoría de "cambio climático". (Lacerda, Oliveira, Faulstich y Da Silva, 2019).

Para el caso Colombiano proponemos que para disminuir el impacto ambiental generado por los residuos producto de la fabricación de lentes Oftálmicos, la asociación Acoplásticos lidere junto con las Universidades un plan piloto que permita hacer el adecuado reciclaje de los micro plásticos y desechos generados. Dicho material plástico reciclado puede ser utilizado en la fabricación de bloques de plástico para construcción de vivienda social. El fabricante o proveedor del insumo primario o base plástica, debe ser partícipe de la solución que se dé al manejo de los residuos generados por los laboratorios, ya que tiene una responsabilidad medioambiental.

CONCLUSIONES:

El plástico tiene sus méritos y ofrece muchos servicios especialmente en el campo de la salud, en donde han ayudado a reducir la propagación de enfermedades o gérmenes. Actualmente los lentes oftálmicos realizados con materiales plásticos a base de policarbonato son la mejor opción que se tiene.

En Colombia y en el mundo no se tienen registro y medición confiable de la cantidad de residuo de plástico que se genera. En los laboratorios de lentes oftálmicos se puede cuantificar la generación de desechos, se necesita direccionar la gestión de los residuos plásticos, sensibilizando a los grupos de interés del impacto que tiene en el medio ambiente para que se mejoren los

programas de reciclaje de estos desechos.

La falta de documentación, la escasa información disponible, la inexistencia de registros confiables de medición de residuos de la fabricación de lentes oftálmicos, no nos permite tener resultados estadísticos.

Los fabricantes de las bases plásticas sobre las que se tallan los lentes pueden proporcionar información a los laboratorios de lentes oftálmicos sobre cómo desechar adecuadamente los excedentes del tallado y biselado, indicando como separarla de otros desechos sólidos ya que no es un residuo ordinario que vaya al relleno sanitario.

A nivel de ecosistemas acuáticos es evidente que existe un impacto ambiental generado los residuos de plásticos producto de la fabricación de lentes Oftálmicos en Colombia.

Bibliografía

Coll Rovira, D. (2013). Plan de mantenimiento de una industria óptica -proyecto final de carrera. Barcelona: Universidad Politecnica de Cataluña. Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522019000601103&script=sci_arttext&tIng=pt

Congreso de la República de Colombia. (2013). Resolución 5521 del 27 de Diciembre de 2013: por la cual se define, aclara y actualiza integralmente el Plan Obligatorio de Salud (POS). Recuperado de http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_ef628946408a039ae0430a010151039a

Cornelius, K. (2018). Los lentes de contacto son una fuente sorprendente de contaminación. Scientific American. Recuperado de <https://www.scientificamerican.com/article/contact-lenses-are-a-surprising-source-of-pollution/>

- Curry, S. (2016) La asociación 'busca' crear nuevo material a partir del desperdicio de lentes. Universidad de Colorado Boulder . CU Boulder hoy. Recuperado de <https://www.colorado.edu/today/2016/08/04/partnership-looks-creating-new-material-eyeglass-lens-waste>
- D'amato, R . Wanga C, Calvo R, Valášek P & Ruggiero A. (2019). Characterization of vegetable oil as cutting fluid. 8a Conferencia Internacional de la Manufacturing Engineering Society, MESIC 2019, Madrid, España. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com.proxy.bidig.areandina.edu.co/science/article/pii/S2351978919310704>
- Elgegren M., Tiravanti, G., Ortiz, B., Otero, M., Wagner, F., Cerrón, D. & Nakamatsu, J. (2012). Reciclaje químico de desechos plásticos. Revista de la Sociedad Química del Perú, 78(2), 105-119. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2012000200005&lng=es&tlng=es
- Foster, B. (2016). ¿Qué tan grande es el problema?. ReVision Solutions. Recuperado de <https://revisionsolutionsdotorg.wordpress.com/why-recycle/>
- Global Ophthalmic Lens Market 2019-2023: Focus on Developing Antibacterial and Night-Vision Contact Lenses. (2019). PR Newswire. Recuperado de <https://link-gale-com.proxy.bidig.areandina.edu.co/apps/doc/A583653824/PPES?u=fuaa&sid=PPES&xid=ac0e0e7>
- Gómez Mercado, C, Sandoval, G., Segura Cardona, A., Arando, C., Hernandez, S., Patiño, D. & Villareal, A. (2018). Exposición a Bisfenol A (BPA) en mujeres embarazadas y su relación con la obesidad en sus hijos: Revista Facultad Nacional de Salud Pública, 36(1), 66-74. Medellín. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v36n1a08>
- Gunasegaram D., Bidhedia NJ & McCaffrey. (2000). Modelado del proceso de fundición de lentes oftálmicas de plástico. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Australia. Recuperado de <https://www.sciencedirect-com.proxy.bidig.areandina.edu.co/science/article/pii/S0890695599000978>
- Ilyas, M., Ahmad, W., Khan, H., Yousaf, S., Khan, K., & Shah, N. (2018). Los desechos plásticos como una amenaza significativa para el medio ambiente: una revisión sistemática de la literatura. Reviews on

Environmental Health; Tel Aviv Tomo 33, N.º 4 : 383-406.

Recuperado de : <https://search-proquest-com.proxy.bidig.areandina.edu.co/docview/2168031312/fulltextPDF/B2944E8043054602PQ/6?accountid=50441>

Johnson, P. (2006). Keeping an eye on lens coating technology: choosing the right lens coating can impact safety, functionality and employee comfort. Occupational Hazards. Recuperado de <https://link-gale-com.proxy.bidig.areandina.edu.co/apps/doc/A154332538/PPES?u=fuaa&sid=PPES&xid=f937cb64>

Johnson, P. (2015). Aerospace and Defense Companies; Patent Issued for Ophthalmic Lenses, Ophthalmic Lens Coating Compositions, and Methods for Manufacturing Ophthalmic Lenses. Defense & Aerospace Week. Recuperado de <https://search-proquest-com.proxy.bidig.areandina.edu.co/docview/1710709813/abstract/F756F56A6B3043A8PQ/1?accountid=50441>

Lacerda, L., Oliveira Nunes, A., Faulstich de Paiva, J., & Aparecida da Silva Moris, V. (2019). Evaluación de los impactos ambientales de un proceso industrial utilizando policarbonatos vírgenes y reciclados como materia prima. *Ing. Sanit. Ambiente. vol.24 no.6 Rio de Janeiro* . Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522019000601103&script=sci_arttext&tlng=pt

Lorenzo, M. (2018). Efecto del contaminante Bisfenol A, a distintas temperaturas, sobre la micro alga marina. Facultad de Ciencias Universidad de La Coruña. Recuperado de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/21321/LorenzoRodriguez_M%c2%aaMelisa_TFG_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Marin N., Chico R., González S. (2015). Propuesta de generación de valor aplicado a Lentes de Contacto HSM SAS. Recuperado de <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00002470.pdf>

Martínez de Paz, P. J. (2014). Tesis doctorales:" Evaluación de la actividad citotóxica y genotóxica del nonilfenol, triclosán y bisfenol: identificación y caracterización de biomarcadores moleculares de ecotoxicidad". Revista 100cias@ uned, 7, 29-33 Recuperado de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:revista100cias-2014-numero7ne-5045/Tesis_Pedro_Martinez.pdf

Mason, S. (2016). La contaminación microplástica se detecta ampliamente en los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales de EE. UU Environmental Pollution Volume 218, Páginas 1045-1054. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749116309629>

Maza, G. (2014). Estudio del impacto ambiental generado por los laboratorios oftálmicos de la ciudad de Quito, 2014. Creación de un programa de reciclaje para el Laboratorio óptico del Itsco. Instituto Tecnológico Superior Cordillera. Recuperado de : <http://www.dspace.cordillera.edu.ec/bitstream/123456789/499/1/19-OPT-14-14-1003267117.pdf>

Mejia J.D. (2014). Propuesta de mejoramiento en procesos y logística interna en la compañía Centro Visual de Occidente – Laboratorio óptico. Universidad EAN. Recuperado de <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/7025/MejiaJuan2014.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Mena Nieto. , A., & Capuz Rizo, S. (2018). Sustainability and chemical industry: the polycarbonate life cycle case. Valencia españa: área: proyectos de ingeniería.universidad de huelva. Recuperado de: https://www.aepro.com/files/congresos/2005malaga/ciip05_1367_1377.285.pdf

Ministerio de la Protección Social. (2007). Decreto1030: “Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que deben cumplir los dispositivos médicos sobre medida para la salud visual y ocular y los establecimientos en los que se elaboren y comercialicen dichos insumos y se dictan otras disposiciones”. Recuperado de https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto_1030_2007.htm

Ministerio de la Protección Social. (2008). Resolución 4396 Por la cual se adopta el Manual de Condiciones Técnico – Sanitarias de los establecimientos en los que se elaboren y comercialicen dispositivos médicos sobre medida para la salud visual y ocular. Recuperado de https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MPS_4396_2008.pdf

Ministerio de Salud de Colombia. (2016). Programa Nacional de Atención Integral

en Salud Visual 2016-2022. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/programa-nal-salud-visual-2016.pdf>

Ministerio de Salud de Colombia. (2017). ASIS: “Análisis de situación de las Alteraciones de la Salud Visual en Colombia”. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/presentacion-asis-visual-2016-05-09.pdf>

Mishra, V., Sharma, R., Khatri, N., Garg, H., Karar, V., S Khan, G. & Sarepaka, R. (2018). Procesamiento de policarbonato por mecanizado de ultra precisión para aplicaciones ópticas. Materials today. Delhi India. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221478531832618X>

Narancic T., Cerrone F., Beagan N. & O'Connor K. (2020). Advances in Bioplastics: Application and Biodegradation. Polymers; Basel Tomo 12, N.º 4, Recuperado de <https://search-proquest-com.proxy.bidig.areandina.edu.co/docview/2391765497/5163CE07601046AEPQ/1?accountid=50441>

Organización Mundial de la Salud. (2019). Primer Informe Mundial sobre la Vision. Ginebra Suiza. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/detail/08-10-2019-who-launches-first-world-report-on-vision>

Organización Mundial de la Salud. (2013). Salud ocular universal: un plan de acción mundial para 2014-2019. Recuperado de https://www.who.int/publications/list/universal_eye_health/es/

Organización Mundial de la Salud. (2019). La OMS anima a investigar sobre los microplásticos y a reducir drásticamente la contaminación por plásticos. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/detail/22-08-2019-who-calls-for-more-research-into-microplastics-and-a-crackdown-on-plastic-pollution>

Rolsky, C. (2017). Preguntas y respuestas: ¿Cómo afectan los micro plásticos al planeta? ASU Now, Universidad del Estado de Arizona . Recuperado de: <https://asunow.asu.edu/20170703-qa-how-do-microplastics-affect-planet>

Samson F. (2016) Revestimientos de lentes oftálmicos. Surface and Coatings Technology , Volume 81, Páginas 79-86 .Recuperado de <https://www->

[sciencedirect-
com.proxy.bidig.areandina.edu.co/science/article/pii/0257897295025324](https://www.sciencedirect.com.proxy.bidig.areandina.edu.co/science/article/pii/0257897295025324)

Trishul, A. & Mukesh, D. (2009). Ensuciamiento y degradación de policarbonato en agua de mar: estudios de campo y laboratorio. Journal of Polymers and the Environment (Vol. 17, Issue 3). Recuperado de: <https://link-gale-com.proxy.bidig.areandina.edu.co/apps/doc/A233081319/PPES?u=fuaa&sid=PPES&xid=65840959>

Vasquez, E., Carrillo, A., Solís, J. Verde, & J.F. (2016). Utilización de residuos desechados en las ópticas Policircuits. Revista Industriambiente. Recuperado de <https://www.industriambiente.com/articulos/20161018/utilizacion-residuos-desechados-opticas-policircuits#.XwKDxGQzbDc>

Venkatesh V. (2003) Fabricación de precisión de superficies esféricas y asféricas sobre plásticos, vidrio, silicio y germanio. Ciencia actual Vol. 84, núm. 9 Paginas 1211-1219. Recuperado de <https://www-jstor-org.proxy.bidig.areandina.edu.co/stable/24108424>