

Contaminación lumínica: interacción entre plantas y otros seres vivos que altera los ecosistemas

La iluminación nocturna ha mejorado nuestra calidad de vida. Sin embargo, la contaminación lumínica, resultado del exceso y dispersión descontrolada de luz artificial, es un tema desconocido en la sociedad y merece atención urgente. En este documento, se discute cómo la luz artificial altera los ritmos naturales de las plantas: como la fotosíntesis, crecimiento, floración y sincronización con polinizadores, además de perturbar la delicada red de interacciones en los ecosistemas. La mitigación de la contaminación lumínica a través de la implementación de iluminación responsable y la conciencia pública, es esencial para proteger la biodiversidad y restaurar el equilibrio en nuestros entornos naturales.

Palabras clave:
Biodiversidad,
contaminación nocturna,
luz artificial, perturbación,
vegetación.

JONÁS ÁLVAREZ-LOPEZTELLO

Universidad Autónoma del Estado de México, Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas, Instituto Literario 100, Toluca, Estado de México, 50000, México.
jalvarezl1101@alumno.ipn.mx

Si hiciésemos un recuento de los logros más representativos del espíritu humano, difícilmente encontraríamos alguno más importante que el de la electricidad. Entre las miríadas de beneficios que ha traído a los seres humanos, podemos citar la seguridad, la comunicación y tecnología (internet, telefonía, transporte, etc.), aumento en la capacidad productiva, la comodidad y el bienestar, así como el acceso a servicios básicos como la iluminación nocturna. Además, la electricidad ha sido fundamental para el desarrollo de la medicina moderna, incluyendo el uso de equipos médicos como respiradores artificiales que han salvado millones de vidas. Sin embargo, es importante reconocer que la iluminación artificial, producida mediante la electricidad, también ha dado lugar a un efecto secundario negativo (que a menudo pasamos por alto) conocido como contaminación lumínica, término acuñado por el astrónomo estadounidense David L. Crawford en la década de 1970. Este fenómeno, resultado del exceso de luz artificial y su dispersión descontrolada (Figura 1), no sólo afecta a los animales de hábitos nocturnos, como polillas y murciélagos (Perkin *et al.* 2014, Stone *et al.* 2015), sino también a las plantas y a los ecosistemas (Hölker *et al.* 2010a) de formas que apenas empezamos a comprender.

Las plantas, al igual que los animales, poseen ritmos circadianos, un término utilizado para describir el ciclo biológico que se repite aproximadamente cada 24 horas en los seres vivos. Estos ritmos se basan en la respuesta de los organismos a las señales ambientales, como la luz y la oscuridad del entorno, y regulan muchos de los procesos fisiológicos y comportamentales que controlan sus funciones biológicas (Creux y Harmer 2019). Los ritmos circadianos son esenciales para el funcionamiento óptimo de las plantas, ya que de

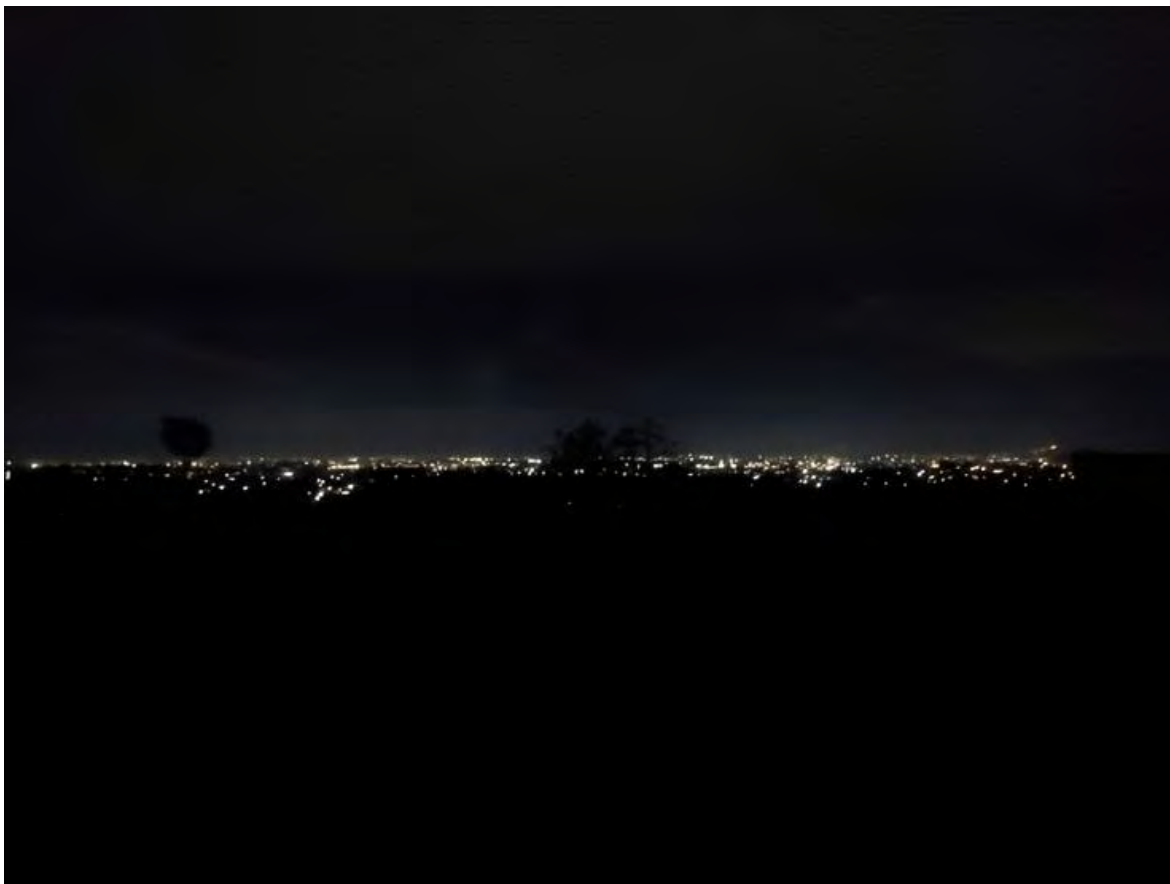


Figura 1. Imagen nocturna de la ciudad de Toluca (fotografía tomada desde Tlacotepec), Estado de México, México, destacando la intensa iluminación artificial (Fotografía por L.A. Corona-Ramírez).

ellos dependen procesos vitales como la fotosíntesis, la floración y el crecimiento. Sin embargo, la iluminación también es una ventaja competitiva en la producción vegetal, como en algunos cultivos de flores para mejorar el crecimiento de las plantas. Incluso se utiliza en la producción animal para aumentar la ganancia de peso en pollos de granja y aumentar la postura en gallinas, satisfaciendo así las necesidades de alimentación en todo el mundo.

Las investigaciones realizadas hasta ahora permiten conjeturar que la sobreexposición a la luz artificial durante la noche, afecta y altera significativamente el comportamiento fisiológico de las plantas (Figura 2) (Meravi y Kumar 2020). Por ejemplo, una disminución en la eficiencia fotosintética (capacidad de las plantas para utilizar eficientemente la luz solar y convertirla en energía química utilizable, en forma

de glucosa y otros compuestos orgánicos), lo que afecta su capacidad para producir energía a partir de la luz (Meravi y Kumar 2020). La apertura y cierre de estomas (pequeñas aberturas que se encuentran en la epidermis de las hojas, tallos y otras partes de las plantas) también se ve afectada. Los estomas son estructuras cruciales para la regulación del intercambio gaseoso y la transpiración en las plantas (Singhal *et al.* 2019).

Asimismo, la contaminación lumínica afecta negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se ha observado que provoca el acortamiento de los tallos, altera los patrones de ramificación e inhibe su crecimiento. Además, promueve la formación de hojas más pequeñas y gruesas, y puede afectar la floración, causando que esta ocurra prematuramente o de manera tardía. Por otro lado, la contaminación



Figura 2. Efectos contrastantes del exceso de luz artificial intensa versus una lámpara de luz suave sobre el crecimiento de las plantas (Elaborada por J. Álvarez-Lopezello).

lumínica dificulta el crecimiento de las raíces, lo que resulta en un sistema radicular más pequeño y menos desarrollado, limitando la capacidad de absorción de agua y nutrientes. Estos efectos pueden tener consecuencias negativas para la reproducción y la supervivencia de las plantas, así como para los ecosistemas en general (Singhal *et al.* 2019, Meravi y Kumar 2020, Wilson *et al.* 2021) (Figura 3).

La contaminación lumínica también afecta de manera negativa a otros seres vivos que desempeñan funciones vitales para las plantas, como los polinizadores (Wilson *et al.* 2021). Las luces artificiales desorientan, confunden y alteran la actividad de muchos polinizadores nocturnos, como polillas, escarabajos y murciélagos. Esto dificulta su capacidad para encontrar flores y navegar en su entorno (Perkin *et al.*

2014, Stone *et al.* 2015). Además, la presencia de luces artificiales puede provocar la muerte de muchos insectos que quedan atrapados al chocar contra las lámparas, y algunos gecos aprovechan la oportunidad para instalarse cerca de las luces y alimentarse de los insectos. Como resultado, la transferencia de polen se ve afectada, lo que a su vez tiene un impacto negativo en la reproducción y supervivencia de las plantas.

Además, la intensa luz artificial afecta a algunas especies de aves que desempeñan un papel importante como dispersoras de semillas y controladoras de plagas. Edificios iluminados, luces de publicidad y lámparas de parques y calles pueden perturbar sus patrones de vuelo. Estas aves utilizan señales naturales de luz, como la posición del sol y las estrellas,

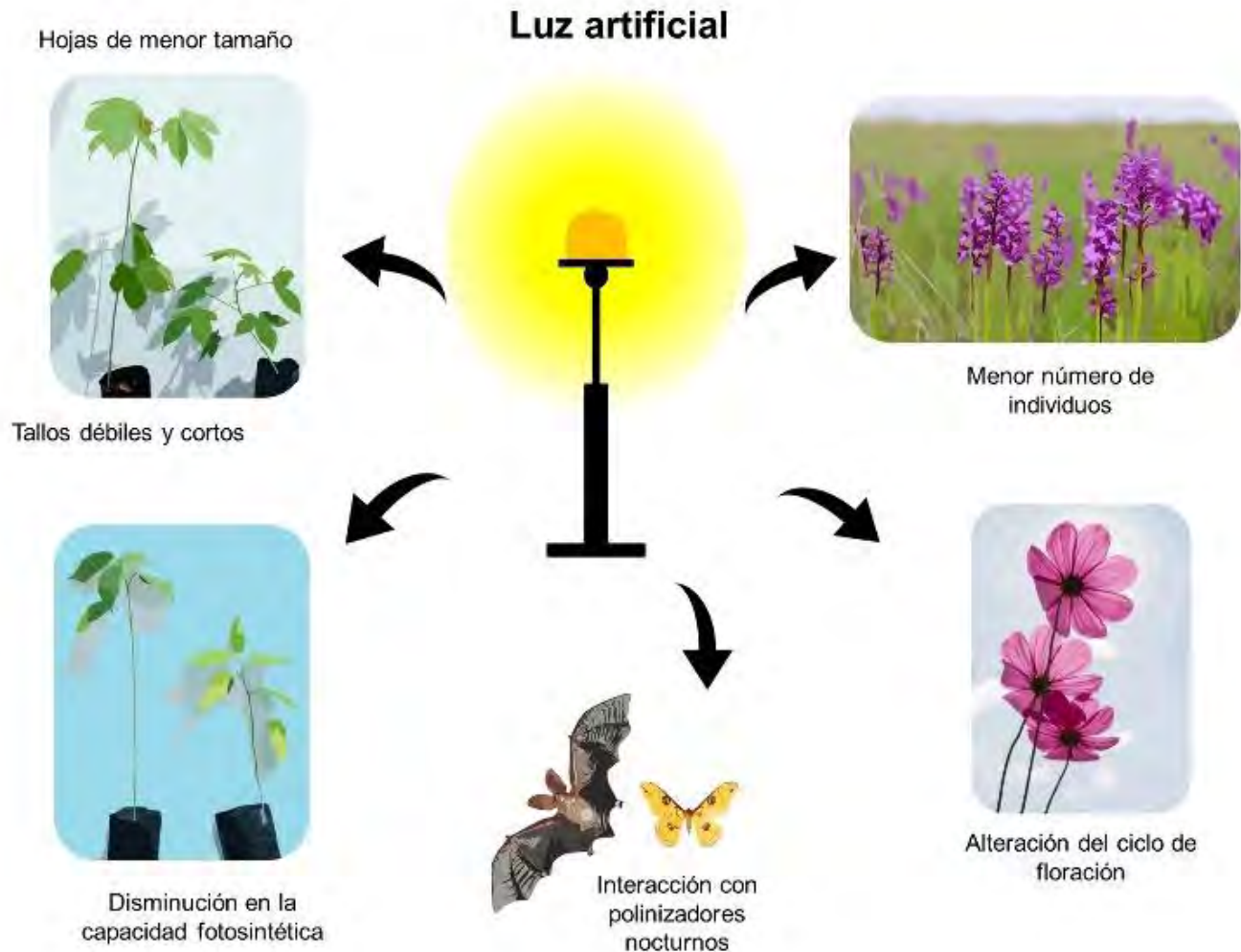


Figura 3. Impacto negativo del exceso de luz artificial sobre la morfología de las plantas (tallos débiles y hojas de menor tamaño), fotosíntesis (disminución en la eficiencia fotosintética), densidad de individuos y alteraciones en el ciclo de floración y la interacción con polinizadores nocturnos, en áreas afectadas por la contaminación lumínica (Elaborada por J. Álvarez-Lopezello).

para orientarse durante sus viajes. La exposición a la luz artificial tiene un impacto significativo en la alteración de las rutas de vuelo de varias especies, incluyendo aves e insectos (Dominoni 2015, Cabrera-Cruz *et al.* 2018). Esta alteración desvía a los insectos de su trayectoria original hacia áreas inadecuadas para alimentarse y descansar. Como resultado de esta perturbación, surge el riesgo de una disminución en la diversidad de plantas, ya que algunas especies pueden volverse más susceptibles a los ataques de plagas (insectos) y podrían ser desplazadas por especies más resistentes. Por otro lado, la falta de disper-

sores de semillas limita la capacidad de las plantas para colonización de nuevos lugares. Si faltan dispersores de semillas, muchas plantas dependerán de mecanismos de dispersión limitados, como el viento o el agua, lo que puede restringir su capacidad para alcanzar nuevos hábitats.

El exceso de luz artificial durante la noche altera y ocasiona desequilibrios significativos en los ecosistemas naturales (Hölker *et al.* 2010b). Los ritmos naturales de actividad de polinizadores, controladores de plagas y dispersores de semillas se ven fuertemente afectados, ya que algunas especies son

más sensibles a la luz artificial que otras (Perkin *et al.* 2014). Esto, a su vez, tiene efectos negativos en la reproducción de las plantas, puede conducir a un aumento en los ataques de plagas y limitar la dispersión y colonización de nuevas áreas, lo cual también puede reducir la diversidad de plantas. Considerar y contrarrestar estos impactos es fundamental para mantener ecosistemas saludables y conservar la biodiversidad (Perkin *et al.* 2014, Dominoni 2015, Stone *et al.* 2015, Cabrera-Cruz *et al.* 2018, Wilson *et al.* 2021). La contaminación lumínica también puede tener un impacto negativo en la calidad de los ecosistemas acuáticos, ya que la luz artificial puede penetrar en los cuerpos de agua y perturbar los ritmos naturales de luz de los que muchas especies acuáticas dependen (Perkin *et al.* 2014).

Por otro lado, la salud y el bienestar de los seres humanos también se han visto afectados por la contaminación lumínica. Por ejemplo, la exposición constante a la luz artificial durante la noche podría perturbar el trastorno del sueño y suprimir la producción de melatonina, una hormona que ayuda a regular el sueño (Falchi *et al.* 2011). Esto puede desencadenar en niveles más altos de estrés, irritabilidad, ansiedad y depresión. La interrupción del sueño y alteración del descanso se han asociado con

enfermedades como la obesidad, la diabetes y enfermedades cardiovasculares (Wyse *et al.* 2011, Cao *et al.* 2023). Además, la contaminación lumínica puede obstaculizar la visibilidad del cielo estrellado y la belleza natural del entorno nocturno. Esto puede resultar en una pérdida de conexión con la naturaleza, afectando la apreciación y el valor de los ecosistemas nocturnos y su biodiversidad.

Es fundamental tomar medidas para mitigar la contaminación lumínica y reducir su impacto en las plantas y los ecosistemas (Hölker *et al.* 2010a). Existen varias medidas que pueden ayudar a mitigar la contaminación por luz y reducir sus efectos negativos, como: (1) adoptar una iluminación responsable utilizando luminarias eficientes y adecuadas para cada contexto, evitando el uso excesivo de luz y dirigiéndola hacia donde realmente se necesita, esto implica utilizar luminarias con menor intensidad, apuntar la luz hacia abajo y evitar la dispersión descontrolada (Figura 4); (2) implementar el uso de sistemas de iluminación inteligente que se ajusten automáticamente a las necesidades y horarios específicos mediante sensores de movimiento y reguladores de intensidad, esto permite que la iluminación se active solo cuando sea necesario y se reduzca cuando no se requiera; (3) apagar o reducir la intensidad de

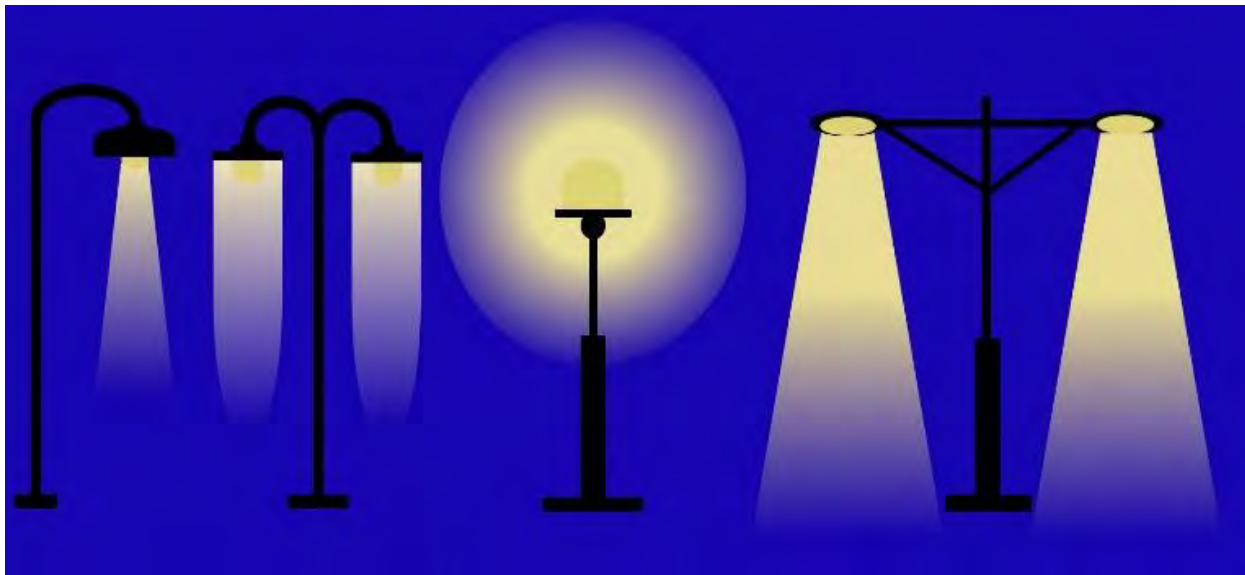


Figura 4. Comparación de la emisión lumínica entre diferentes tipos de lámparas más comunes utilizadas en las ciudades (Elaborada por J. Álvarez-Lopezello).

las luces en espacios no utilizados durante la noche, esto puede aplicarse a edificios, vallas publicitarias y áreas de estacionamiento, entre otros; (4) utilizar iluminación con luz cálida y baja emisión de luz azul (la luz azul ha sido asociada a impactos negativos en los ritmos circadianos de muchas especies) y (5) promover la educación y la conciencia pública sobre los efectos de la contaminación lumínica, incluyendo campañas de comprensión y sensibilización, programas de conocimiento, y la implementación de regulaciones y políticas que promuevan la reducción de la contaminación lumínica. Al implementar estas medidas, podremos mitigar la contaminación lumínica y proteger tanto a las plantas como a los ecosistemas de sus efectos perjudiciales (Hölker *et al.* 2010b).

En conclusión, la contaminación lumínica es un desafío emergente (y urgente) para la salud de las plantas, ecosistemas y de los seres humanos. Hoy sabemos que la alteración de los patrones de luz natural podría tener consecuencias negativas irreversibles en la interacción entre las plantas y otros organismos. Así pues, al comprender los efectos perjudiciales de la luz artificial en las plantas y tomar medidas para reducir su impacto, podemos proteger la biodiversidad, preservar los ritmos naturales de la vida y promover entornos nocturnos más saludables y sostenibles. Finalmente, es importante destacar que la mitigación de la contaminación lumínica requiere un enfoque multidisciplinario que involucre a científicos, planificadores urbanos, autoridades reguladoras y al público en general.

Referencias

- Cabrera-Cruz S.A., Smolinsky J.A., Buler J.J. 2018. Light pollution is greatest within migration passage areas for nocturnally-migrating birds around the world. *Scientific Reports* 8(1): 3261.
- Cao M., Xu T., Yin D. 2023. Understanding light pollution: Recent advances on its health threats and regulations. *Journal of Environmental Sciences* 127: 589-602.
- Creux N., Harmer S. 2019. Circadian rhythms in plants. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 11(9): a034611.
- Dominoni D.M. 2015. The effects of light pollution on biological rhythms of birds: an integrated, mechanistic perspective. *Journal of Ornithology* 156: 409-418.
- Falchi F., Cinzano P., Elvidge C.D., Keith D.M., Haim A. 2011. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of Environmental Management* 92(10): 2714-2722.
- Hölker F., Moss T., Griefahn B., Kloas W., Voigt C.C., Henckel D., Hänel A., Kappeler P.M., Völker S., Schwöpe A., Franke S., Uhrlandt D., Fischer J., Klenke R., Wolter C., Tockner K. 2010a. The dark side of light: a transdisciplinary research agenda for light pollution policy. *Ecology and Society* 15(4): 1-11.
- Hölker F., Wolter C., Perkin E.K., Tockner K. 2010b. Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology & Evolution* 25(12): 681-682.
- Meravi N., Kumar P.S. 2020. Effect street light pollution on the photosynthetic efficiency of different plants. *Biological Rhythm Research* 51(1): 67-75.
- Perkin E.K., Hölker F., Tockner K. 2014. The effects of artificial lighting on adult aquatic and terrestrial insects. *Freshwater Biology* 59(2): 368-377.
- Singhal R.K., Kumar M., Bose B. 2019. Eco-physiological responses of artificial night light pollution in plants. *Russian Journal of Plant Physiology* 66: 190-202.
- Stone E.L., Harris S., Jones G. 2015. Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions. *Mammalian Biology* 80(3): 213-219.
- Wilson A.A., Seymoure B.M., Jaeger S., Milstead B., Payne H., Peria L., Vosbigian R.A., Francis C.D. 2021. Direct and ambient light pollution alters recruitment for a diurnal plant-pollinator system. *Integrative and Comparative Biology* 61(3): 1122-1133.
- Wyse C.A., Selman C., Page M.M., Coogan A.N., Hazlerigg D.G. 2011. Circadian desynchrony and metabolic dysfunction; did light pollution make us fat? *Medical Hypotheses* 77(6): 1139-1144.

Desde el Herbario CICY, 15: 236-242 (30-noviembre-2023), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 232, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Ivón M. Ramírez Morillo, Diego Angulo y Néstor E. Raigoza Flores. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 30 de noviembre de 2023. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.