

SkyMeAPP: un proyecto de ciencia ciudadana para el estudio de la contaminación lumínica

Héctor Antonio Solano Lamphar

Resumen

La contaminación lumínica es un problema ambiental de reciente estudio a nivel mundial y que afecta no sólo la realización de actividades astronómicas, sino que también tiene impactos biológicos en organismos fotosensibles, incluyendo al ser humano. El proyecto SkyMeAPP se realiza con el objetivo de contribuir al estudio de la contaminación lumínica a nivel mundial por medio del alcance que permite la ciencia ciudadana. Lo anterior, mediante tres ejes principales: recabar información para la investigación, generar una vinculación entre el público en general y la comunidad científica, y generar un interés del público en general con respecto a este tipo de contaminación.

Palabras clave: contaminación lumínica, ciencia ciudadana, desarrollo de aplicaciones.

SKYMEAPP: A CITIZEN SCIENCE PROJECT FOR THE STUDY OF LIGHT POLLUTION

Abstract

Light pollution is a global environmental issue, which affects not only astronomical activities, but in addition, that has biological effects on all photosensitive organisms, including humans. The SkyMeAPP project has the aim of contributing to the worldwide study of light pollution, through the advantages of citizen science. Specifically, it follows three main goals: (1) to gather data for research; (2) to generate networks among the general public and the scientific community; (3) to bring attention of society regarding light pollution.

Key words: light pollution, citizen science, app development

DOI: <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2018.v19n3.a5>

Héctor Antonio Solano Lamphar

hsolano@institutomora.edu.mx

Investigador del Programa Interdisciplinario de Estudios Metropolitanos (PIEMET) y miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I. Cuenta con experiencia en el análisis experimental del brillo del cielo nocturno (BCN) y otros contaminantes. Perteneció a grupos de investigación en México, España, Eslovaquia y República Checa; con los cuales ha estado involucrado en proyectos relacionados al Impacto ambiental y al estudio experimental de la contaminación lumínica y del BCN, desarrollo sostenible, higiene industrial, ergofisiología y legislación ambiental. En los últimos años se ha dedicado al estudio del BCN y sus consecuencias medioambientales, astronómicas y sociales. En este contexto, ha realizado publicaciones en revistas de alto factor de impacto y participado en conferencias internacionales como ponente y organizador. Recientemente llevó a cabo un postdoctorado en la Academia Eslovaca de Ciencias con un proyecto relacionado a la modelización teórico-experimental del BCN por medio de la teoría de la transferencia radiativa, con fondos de CONACYT.

“El proyecto SkyMeAPP es un proyecto de ciencia ciudadana, por lo que depende fundamentalmente de la convergencia y participación del público en general y la comunidad científica internacional para lograr los objetivos generales y particulares.”

Introducción

La luz artificial comprende un complejo sistema urbano destinado a mantener a las ciudades iluminadas para que sea posible realizar actividades nocturnas en un mundo altamente industrializado. Sin embargo, durante más de una década, la iluminación artificial nocturna excesiva ha sido reconocida como un problema ambiental que ha llevado a la necesidad de formulación de prioridades de investigación para combatir la contaminación lumínica (CL). (Longcore and Rich, 2004; Navara and Nelson, 2007; Solano Lamphar, 2010; Falchi *et al.*, 2011; García Gil *et al.*, 2012; Gaston *et al.*, 2013; Pawson and Bader, 2014).

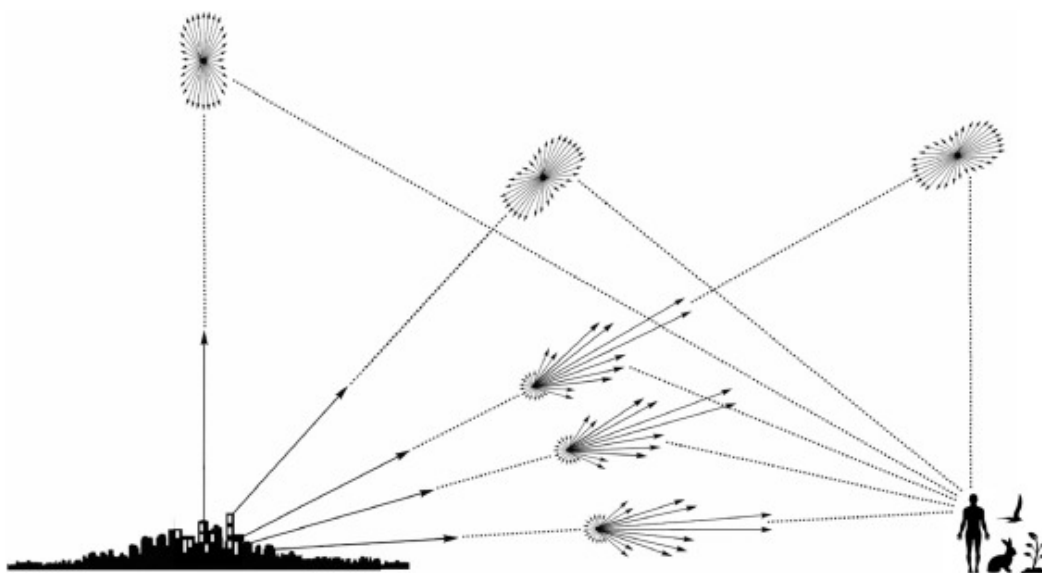
La degradación ambiental que produce la CL se ve representada en diferentes aspectos que requieren de especial cuidado y en una necesidad de un enfoque integral que permita una correcta obtención de datos para su estudio. Además de los ya conocidos efectos producidos en la astronomía, existen otros que requieren de mayor atención. La iluminación nocturna artificial afecta a aquellos organismos con patrones de vida nocturna como migración, nutrición, reproducción e interacción colectiva (Moore *et al.*, 2001; Vera *et al.*, 2010; Fox, 2012; Cho *et al.*, 2015; Solano Lamphar and Kocifaj, 2015); y a los servicios eco sistémicos (Lyytimaki, 2013), por favor véase la Figura 1.

Asimismo, debido a que la visión es el mecanismo fisiológico más utilizado por los seres humanos (Solano lamphar, 2006), la CL representa una gran afectación a los procesos biológicos humanos, que incluyen afectaciones a la correcta segregación de melatonina; una hormona de vital importancia para disminuir la

proliferación de distintas células cancerígenas (tales como las asociadas con el cáncer de mama en mujeres y cáncer de próstata en hombres (Anisimov, 2003; Solano Lamphar y Kocifaj, 2013).

Figura 1.

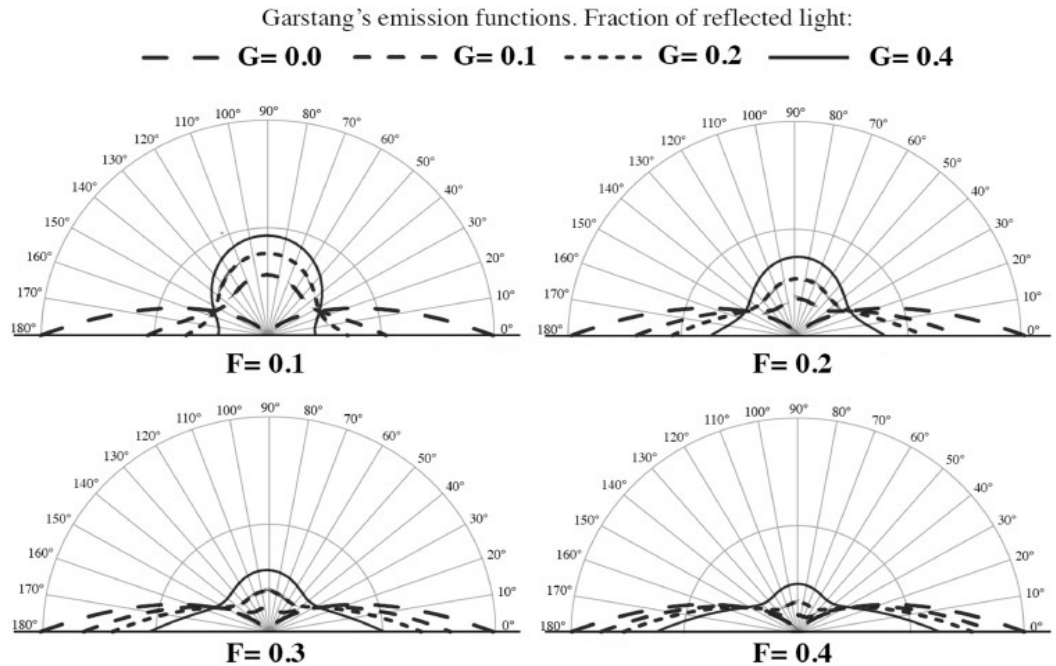
Esquema de la contaminación lumínica y los efectos de la misma en su interacción con la atmósfera.



Comprender todos los impactos ambientales que produce la luz nocturna artificial requiere vincular el conocimiento adquirido de más de un siglo de investigación experimental con un conocimiento de la intensidad, distribución espacial y composición espectral de la luz en el ambiente nocturno. En este sentido, se presta especial atención a la óptica de la atmósfera terrestre y a las interacciones entre la luz y las partículas suspendidas a nivel de la tropósfera. Básicamente, la óptica atmosférica redistribuye los patrones de emisión de la luz que se transforman a lo largo de la trayectoria de los fotones por diferentes capas atmosféricas (Seinfeld y Pandis, 2016; Alvarado et al., 2016; Kerker, 2016). Como consecuencia, las distribuciones de la CL se distorsionan de una manera compleja dependiendo de muchos factores.

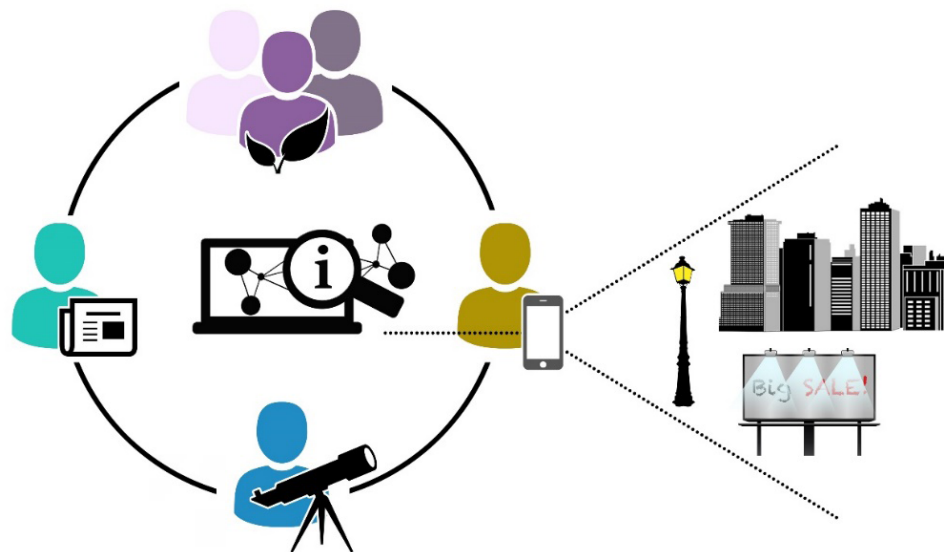
Sin embargo, además de la atmósfera, los cambios temporales y espaciales de la CL están determinados por la función de emisión de las fuentes de luz artificial terrestres (Garstang, 1986; Cinzano y Castro, 1998, Aubé *et al.*, 2005, Luginbuhl et al., 2009, Kocifaj y Solano Lamphar, 2014). Las características de la CL varían significativamente con el tipo de luz artificial y, en particular, con las características angulares de su patrón de emisión. (Kocifaj *et al.*, 2015; Solano Lamphar y Kocifaj, 2016; Kocifaj y Solano Lamphar, 2016). Junto con la atmósfera, los cambios temporales y espaciales de una fuente de luz están determinados por la función de emisión de las fuentes de luz terrestre. Entendiéndose que la parte principal de esta función es un efecto colectivo de las funciones elementales de emisión de todas las luces artificiales privadas y públicas que se distribuyen en el área estudiada. Básicamente, cada fuente de luz puede caracterizarse por una función de emisión diferente y no existe una función de emisión estándar.

Figura 2.
Representación de la función
de emisión en sus diferentes
caracterizaciones. F es la
fracción de luz emitida
directamente a la atmósfera,
G es la fracción de luz
reflejada en la superficie
terrestre y posteriormente
emitida a la atmósfera.



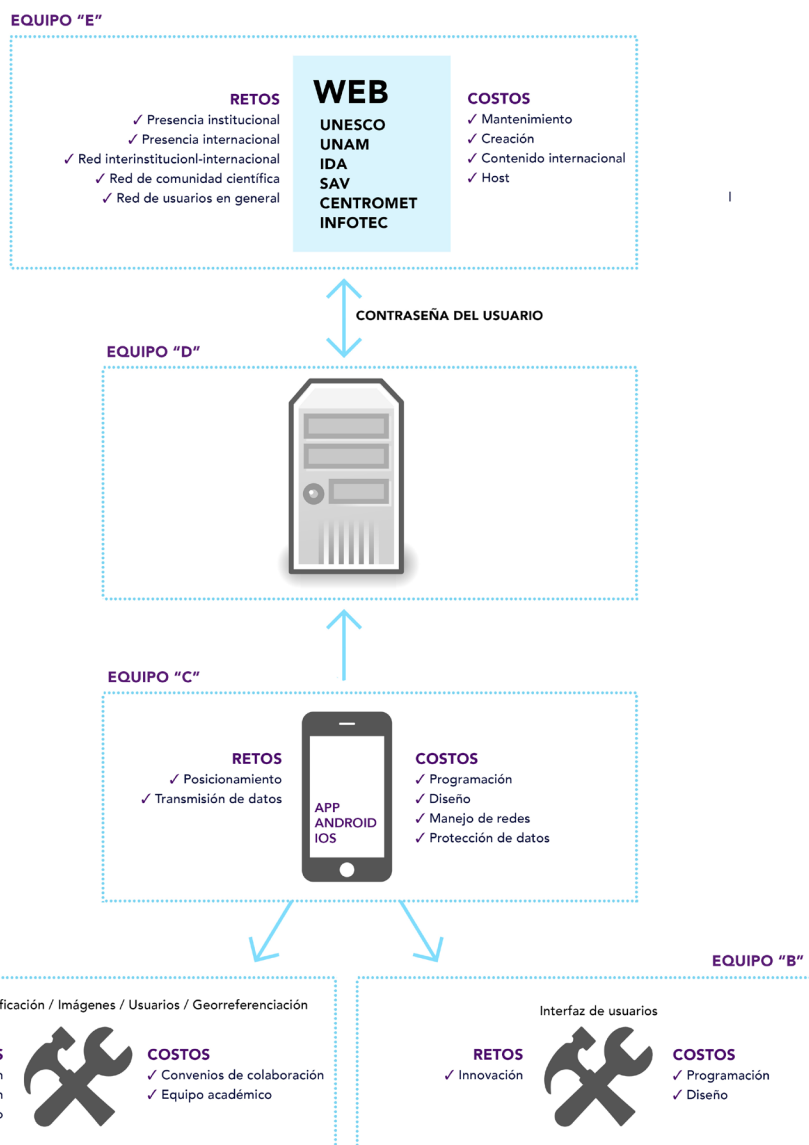
Desafortunadamente, los análisis teóricos o experimentales de las características de la función de emisión son extremadamente difíciles de obtener, debido tanto a la falta de dispositivos de medición altamente especializados, como a la carencia de datos estadísticos que representen la cantidad de iluminación pública y privada con que cuenta una urbanización. Las propiedades ópticas del medio ambiente atmosférico se encuentran en continuo cambio. No obstante, la función de emisión de las fuentes contaminantes solamente se altera cuando es modificado el sistema de iluminación artificial.

Figura 3.
Esquema general de la APP.



En la mayoría de las ciudades, se tienen datos del tipo y cantidad de iluminación pública, debido a que su infraestructura y mantenimiento es responsabilidad gubernamental (Hölker *et al.*, 2010; Ryu y Lee, 2015; Morgan-Taylor, 2015; Song & Li, 2017). Sin embargo, los datos sobre la iluminación privada se desconocen. Y, por lo tanto, los teóricos de la CL representan la función de emisión de una manera limitada que se ve sólo caracterizada por el conocimiento de la iluminación pública. El estudio teórico-experimental de dicha función es necesario y favorable, y es una fuente de motivación para proponer el presente proyecto con el que se podrá tener una configuración real para cada fuente, desarrollando una correcta simulación bajo diferentes condiciones atmosféricas. Para esto, se propone crear una aplicación que permita al público en general apoyar a la investigación científica sobre la CL generando al mismo tiempo un acercamiento a la misma y fomentando el interés por los distintos esfuerzos que se han realizado hasta la fecha por controlar este tipo de contaminación a nivel mundial (ver Figura 3).

Figura 4.
Esquema de trabajo del
desarrollo de la APP.



Argumento metodológico

Esquema del equipo de desarrollo de la aplicación

El proyecto en sus distintas etapas y partes que lo conforman ha presentado distintos retos y objetivos. Se pueden identificar cinco equipos de trabajo diferentes (ver Figura 4):

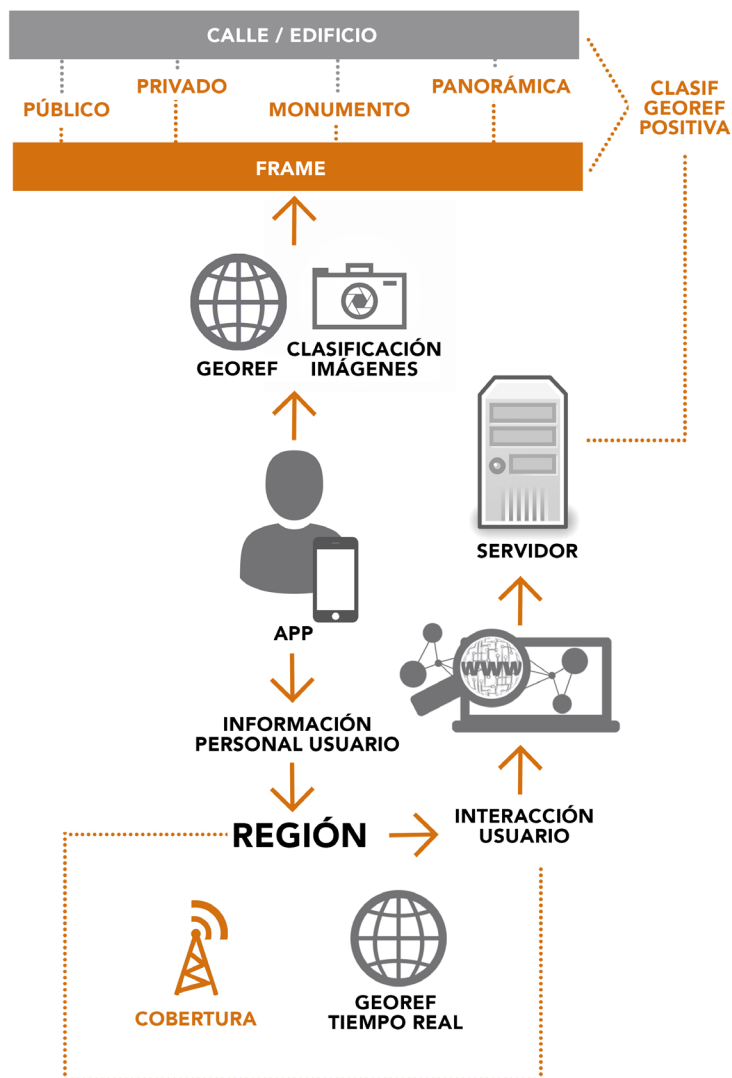
El equipo A y B forman parte de la programación y diseño de la aplicación. El equipo A tiene por objetivo la programación y funcionamiento de la aplicación destinada a la clasificación de fotografías. Está formado por un grupo de científicos interdisciplinario e internacional que realizó la programación conforme a los modelos teóricos y a consideraciones científicas fundamentadas en publicaciones robustas. El equipo B tiene por objetivo la programación y funcionamiento de la aplicación destinada al funcionamiento geolocalizado del dispositivo, así como de la interrelación con otros usuarios con respecto a su posición.

El equipo C tiene por objetivo específicamente el diseño e ilustración de la aplicación en general, así como su divulgación en redes sociales y posicionamiento entre usuarios.

El objetivo del equipo D es asegurar el correcto funcionamiento de la información recabada así como el de dar mantenimiento y actualización al servidor que forma parte del proyecto.

En el sitio web destinado al proyecto (ver Figura 6) convergen no solamente los usuarios y la comunidad científica que consulta la información recabada, sino todos los demás actores que se hayan sumado al proyecto. El objetivo del equipo E es generar conexiones interinstitucionales y académicas entre los distintos actores de investigación y no-académicos con el fin de fortalecer el vínculo entre la sociedad y la investigación.

Figura 5.
Esquema metodológico
de la APP



Metodología de SkyMeAPP

El proyecto SkyMeAPP es un proyecto de ciencia ciudadana, por lo que depende fundamentalmente de la convergencia y participación del público en general y la comunidad científica internacional para lograr los objetivos generales y particulares. Por lo tanto, se contemplan dos esfuerzos que le dan el soporte al proyecto: un sitio web y la creación y difusión de la aplicación para dispositivos móviles SkyMeAPP (ver Figura 5).

Alineado a los esfuerzos institucionales sobre el Día Internacional de la Luz, el sitio web es un espacio digital de convergencia entre los actores del proyecto: instituciones académicas, organismos no gubernamentales, comunidad científica, público en general y los usuarios de la aplicación SkyMeAPP. La página de internet funcionará en tres ejes: difusión de contenido científico internacional relacionado a la CL, vinculación interinstitucional y académica, interrelación y protagonismo de usuarios de la aplicación (ver Figura 6).

Por otra parte, la herramienta principal del proyecto es una aplicación móvil que es capaz de proporcionar a la comunidad científica de información útil, obtenida a partir de fotografías tomadas con cualquier dispositivo de datos celulares, para el

estudio de la CL y temas relacionados. La aplicación está conformada en su funcionamiento en dos grandes rubros: la clasificación de fotografías georreferenciadas y la interfaz de uso.

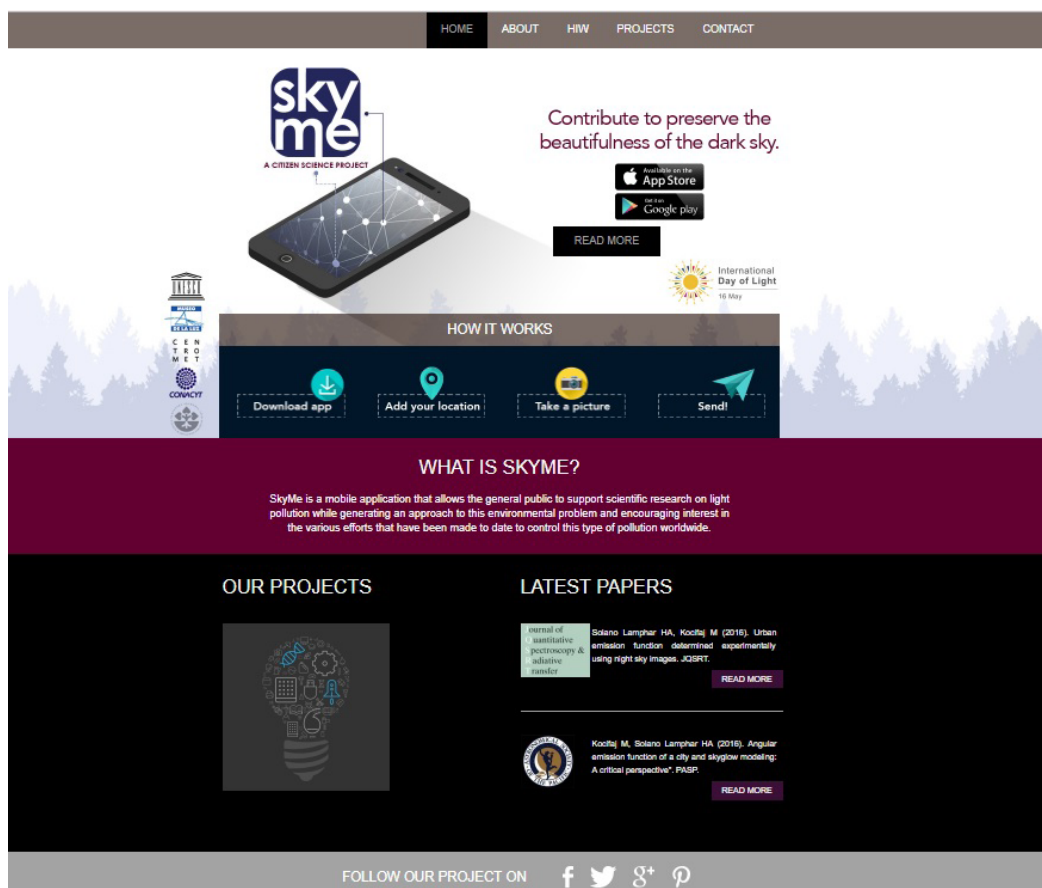


Figura 6.

Ventana principal de la
página web de la aplicación
SkyMeAPP.

La interfaz, basada en la visualización de la geolocalización del dispositivo, tiene dos objetivos primordiales. El primero, llevar a los usuarios a trabajar en equipo y generar una comunidad interesada en el uso de la aplicación. El segundo, indicar a los usuarios sobre el estado de CL de su ciudad o región con el fin de obtener la mayor información de distintos lugares y permitir que el usuario reconozca el nivel de contaminación en el que se encuentra localizado.

La figura 7 muestra la página principal de la interfaz móvil SkyMeAPP, con los íconos que abrirán todas las posibilidades de la aplicación. Se puede observar que en la página principal se encuentran los íconos básicos, los más importantes; es decir, los que nos darán la información que debe procesar una APP de ciencia ciudadana a través del envío de datos a un servidor preparado para recibirlos. Posteriormente, por medio de links de la misma aplicación, se encuentran las partes de información, el tutorial de uso y las políticas de privacidad que permitirá proteger al usuario por medio de técnicas de gobernanza de datos.

Figura 7.
Página principal de la
aplicación SkyMeAPP

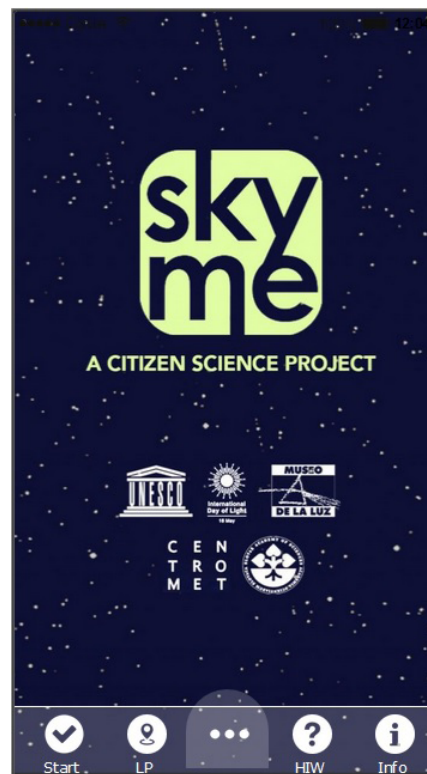
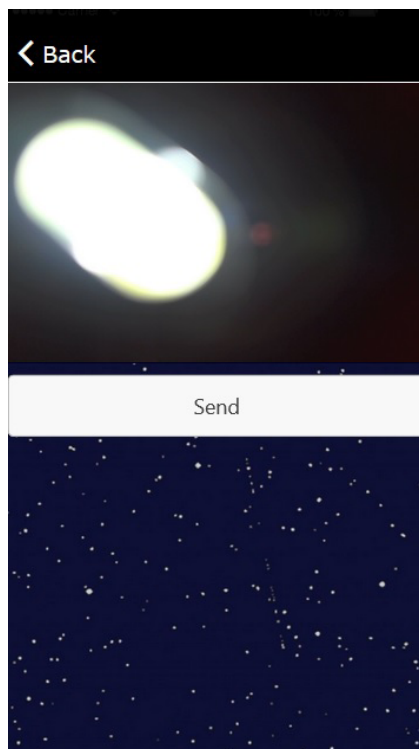
Observando la figura 7, y considerando los íconos de izquierda a derecha: 1 *Start*, inicia la toma de fotografías y los emoticones de sensaciones del usuario. 2 *LP*, indica al usuario la cantidad de *CL* que tiene en el lugar de las mediciones. 3 ícono central, dirige al usuario hacia la política de privacidad, contacto para recomendaciones y registro de usuario. 4 *HIW*, una guía rápida visual del uso de la APP. 5 *Info*, explica al usuario los objetivos de la APP, información sobre *CL* y sus efectos, comunicación sobre el Día Internacional de la Luz, un tutorial más avanzado y diferentes links para que el usuario pueda descargar, gratuitamente, artículos científicos que tratan el tema de la *CL*.

Clicando en el primer ícono, *Start*, el usuario se acerca a una fuente de luz y se toma una fotografía que posteriormente nos permitirá medir los luxes emitidos. Lo anterior se logra accediendo a la cámara del dispositivo celular y utilizándola teóricamente como medidor fotométrico. Se le pide al usuario que la fuente de luz se sitúe

en un cuadrado de la cámara programado con tal fin. Lo anterior para evitar que la fotografía quede fuera de los ejes de toma. El usuario tiene la posibilidad de observar la fotografía tomada antes de enviarla (ver Figura 8). Al clicar en *send* el dato se envía georreferenciado a nuestro servidor.

Una vez que la fotografía sea enviada, aparecerán diferentes emoticones que permitirán establecer la influencia del alumbrado urbano sobre la población (ver Figura 9). Es decir, el usuario tiene la posibilidad de comentar sobre sus sensaciones bajo la iluminación en la que se encuentra, con el fin de determinar qué efectos psicológicos tiene la iluminación nocturna en el usuario. Con la amable colaboración del usuario, podremos hacer un análisis global de la respuesta emocional que la iluminación nocturna produce en la población. Esa información se enviará georreferenciada a nuestro servidor, y con la misma será posible

Figura 8.
Página del análisis visual de
la fotografía antes de ser
enviada



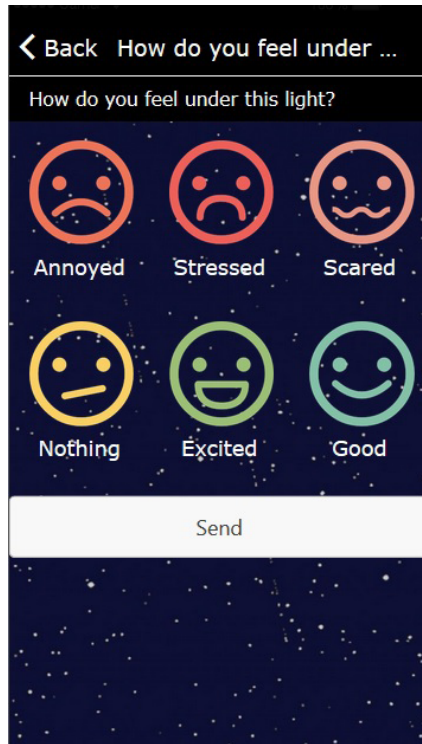


Figura 9.

Página en donde el usuario podrá comentar sobre la respuesta emocional percibida por la luz ambiental.

hacer recomendaciones importantes para generar políticas públicas sobre este aspecto.

Clicando en el segundo ícono de la parte inferior, *LP*, el usuario tiene la posibilidad de conocer un aproximado de *CL* en su área. La medición se realiza utilizando un mapa global de la *CL* que fue desarrollado por el científico esloveno, colaborador del proyecto SkyMeAPP, Jurij Stare (ver Figura 10). La medición se obtiene automáticamente en diferentes unidades; mag/arcsec^2 (medición astronómica de la *CL*) y luminancia en cd/m^2 , pero también se indica un nivel de la escala Bortle (escala que permite conocer diferentes niveles de contaminación). De esta manera, el usuario conoce la cantidad de contaminación que se tiene y que tan alta o baja se encuentra con respecto a las condiciones normales que se deberían tener.

Un elemento importante de la aplicación, y de interés al usuario, se representa en íconos especiales que darán información sobre el Día Internacional de la Luz, *CL*, permitirán al usuario descargar los artículos científicos publicados en la materia, entre otros.

Las mediciones tomadas con el dispositivo mediante la aplicación deberán cumplir con criterios de clasificación para que puedan ser consideradas automáticamente como procesables y así asegurar lo más posible que puedan ser útiles para la comunidad científica. El diseño posterior de los modelos automatizados de procesamiento así como la definición de criterios estará a cargo de un equipo científico internacional e interdisciplinario con el fin de asegurar que la información final esté, desde su concepción, lo mejor adaptada para el posterior análisis de la información.

Figura 10.

Página en donde el usuario podrá reconocer el nivel de contaminación lumínica en su punto de observación.

Finalmente, como se mencionó anteriormente, una parte fundamental del funcionamiento de la aplicación es que el usuario se sienta parte de un esfuerzo internacional por abordar la *CL*. Por lo que, desde que la aplicación esté disponible, deben diseñarse estrategias y mecanismos para que la aplicación se conciba



novedosa, actualizada y esté integrada al uso de otras aplicaciones y redes sociales. El presente proyecto de ciencia ciudadana permitirá, a los observadores individuales, ayudar a cuantificar la *CL* que se representará geográficamente en mapas que muestren diferentes niveles de contaminación. Asimismo, tal información podrá ser utilizada para rastrear los cambios de iluminación artificial nocturna en todo el mundo.

Conclusiones

El área de influencia de la luz artificial nocturna ha aumentado rápidamente en las últimas décadas junto con el crecimiento poblacional y urbano que han experimentado las ciudades. La cantidad de *CL* emitida desde cualquier urbanización depende de las acciones de los individuos socializados en el interior de la comunidad, y de todas las características que conforman de la sociedad un sistema urbano (económicas, culturales, hábitos de consumo, la estructura urbana, entre otras). La variación espacial y temporal de estos factores determinan la *CL* resultante.

La ciencia ciudadana es un recurso muy útil para generar colaboraciones de investigación entre científicos y voluntarios. En particular es requerido para ampliar las oportunidades de recopilación de datos científicos y proporcionar acceso a la información científica para los miembros de la comunidad y el público en general. Uno de los más grandes retos del proyecto SkyMeAPP es el de lograr que el público en general se involucre y se sienta parte de un esfuerzo internacional por combatir la *CL*, por lo que la aplicación es sólo una herramienta que forma parte de un proyecto mayor donde convergerán no sólo usuarios sino instituciones, comunidad científica, entre otros actores involucrados.

Referencias

- ❖ Alvarado, M. J., Lonsdale, C. R., Macintyre, H. L., Bian, H., Chin, M., Ridley, D. A., ... & Jimenez, J. L. (2016). Evaluating model parameterizations of submicron aerosol scattering and absorption with in situ data from ARCTAS 2008. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(14), 9435-9455. <https://doi.org/10.5194/acp-16-9435-2016>.
- ❖ Anisimov, V.N., (2003). The role of pineal gland in breast cancer development. *Crit. Rev. Oncol. Hematol.* 46, 221e234. [https://doi.org/10.1016/S1040-8428\(03\)00021-0](https://doi.org/10.1016/S1040-8428(03)00021-0).
- ❖ Aubé, M., Franchomme-Fossé, L., Robert-Staehler, P., & Houle, V. (2005, agosto). Light pollution modelling and detection in a heterogeneous environment- Toward a night-time aerosol optical depth retrieval method. *In Proc. SPIE* (Vol. 5890, pp. 248-256). <https://doi:10.1117/12.615405>.
- ❖ Cho, C. H., Lee, H. J., Yoon, H. K., Kang, S. G., Bok, K. N., Jung, K. Y., Lee, E. I. (2015). Exposure to dim artificial light at night increases REM sleep and awakenings in humans. *Chronobiol. Int.* 1e7. <https://doi:10.3109/07420528.2015.1108980>.

- ❖ Cinzano, P., & Castro, F. J. (1998). The artificial sky luminance and the emission angles of the upward light flux. arXiv preprint astro-ph/9811297.
- ❖ 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. *J. Environ. Manag.* 92 (10), 2714e2722. <https://doi:10.1016/j.jenvman.2011.06.029>.
- ❖ García Gil, M., San Martí Páramo, R., Solano Lamphar, H. A., Francia Payàs, P., (2012). Contaminación lumínica: una visión desde el foco contaminante: el alumbrado artificial. Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.
- ❖ Garstang, R. H. (1986). Model for artificial night-sky illumination. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 98(601), 364.
- ❖ Gaston, K.J., Bennie, J., Davies, T. W., Hopkins, J., (2013). The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. *Biol. Rev.* 88 (4), 912e927. <https://doi:10.1111/bry.12036>.
- ❖ Hölker, F., Moss, T., Griefahn, B., Kloas, W., Voigt, C. C., Henckel, D., Hänel, A., Kappeler, P., Völker, S., Schwöpe, A., Franke, S., Uhrlandt, D., Fischer, J., Klenke, R., Wolter, C., Tockner, K. (2010). The dark side of light: a transdisciplinary research agenda for light pollution policy. *Ecology and Society* 2010; 15(4).
- ❖ Kerker, M. (2016). The scattering of light and other electromagnetic radiation. Elsevier.
- ❖ Kocifaj, M., & Solano Lamphar, H. A. (2014). Skyglow: a retrieval of the approximate radiant intensity function of ground-based light sources. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 439(4), 3405-3413. <https://doi:10.1093/mnras/stu180>.
- ❖ Kocifaj, M., Solano Lamphar, H. A., & Kundracik, F. (2015). Retrieval of Garstang's emission function from all-sky camera images. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 453(1), 819-827. <https://doi:10.1093/mnras/stv1645>.
- ❖ Kocifaj, M., & Solano Lamphar, H. A. (2016). Angular emission function of a city and skyglow modelling: a critical perspective. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 128(970), 124001.
- ❖ Longcore, T., Rich, C. (2004). Ecological light pollution. *Front. Ecol. Environ.* 2 (4), 191e198. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:ELPJ2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELPJ2.0.CO;2).
- ❖ Luginbuhl, C. B., Duriscoe, D. M., Moore, C. W., Richman, A., Lockwood, G. W., & Davis, D. R. (2009). From the ground up II: Sky glow and near-ground artificial light propagation in Flagstaff, Arizona. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 121(876), 204. <https://doi.10.1086/597626>.
- ❖ Lyytimäki, J., (2013). Nature's nocturnal services: light pollution as a non-recognised challenge for ecosystem services research and management. *Ecosystem Services*, 3, e44ee48. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.12.00>.
- ❖ Moore, M. V., Pierce, S. M., Walsh, H. M., Kvalvik, S. K., Lim, J. D. (2001). Urban light pollution alters the diel vertical migration of *Daphnia*. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen*, 27 (2), 779e782. <https://doi.10.1002/9780470694961.ch1>.

- ❖ Morgan-Taylor, M. (2015). *Regulating light pollution in Europe: legal challenges and ways forward*. Routledge.
- ❖ Navara, K. J., Nelson, R. J. (2007). The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *J. Pineal Res.*, 43 (3), 215e224. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2007.00473.x>.
- ❖ Pawson, S. M., Bader, M. F. (2014). LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature. *Ecol. Appl.*, 24 (7), 1561e1568. <https://doi.org/10.1890/14-0468.1>.
- ❖ Ryu, J. S., & Lee, J. S. (2015). A Study on Status and Analysis of Local Governments Light Pollution Control Ordinance. *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 29(10), 7-16. <https://doi.org/10.5207/JIEE.2015.29.10.007>.
- ❖ Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. John Wiley & Sons.
- ❖ Solano Lamphar, H. A. (2006). Ergoftalmología: Análisis de los factores que inciden en la astenopía de los trabajadores de inspección visual en la industria electrónica de Ciudad Juárez. *Ciencia & Trabajo*, 8(21), 135-140.
- ❖ Solano Lamphar, H. A. (2010). Medición de la contaminación lumínica en espacios naturales: propuesta de un modelo predictivo. *Universitat Politècnica de Catalunya*.
- ❖ Solano Lamphar, H. S., Kocifaj, M. (2013). Light pollution in ultraviolet and visible spectrum: effect on different visual perceptions. *PLoS One*, 8 (2), e56563. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056563>.
- ❖ Solano Lamphar, H.A., Kocifaj, M. (2015). Urban night-sky luminance due to different cloud types: a numerical experiment. *Light. Res. Technol.* <https://doi.org/10.1177/1477153515597732>.
- ❖ Song, Z., & Li, X. (2017). Hazards, Causes and Legal Governance Measures of China's Urban Light Pollution. *Nature Environment and Pollution Technology*, 16(3), 975.
- ❖ Vera, L.M., Davie, A., Taylor, J.F., Migaud, H., (2010). Differential light intensity and spectral sensitivities of Atlantic salmon, European sea bass and Atlantic cod pineal glands ex vivo. *Gen. Com. Endocrinol.*, 165 (1), 25e33. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.05.021>.

Cómo citar este artículo

- ❖ Solano Lamphar, Héctor Antonio (2018). SkyMeAPP: un proyecto de ciencia ciudadana para el estudio de la contaminación lumínica. *Revista Digital Universitaria (RDU)*. Vol. 19, núm. 3 mayo-junio. DOI: <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2018.v19n3.a5>.