

Ana María Cetto Kramis y María Teresa Josefina Pérez de Celis Herrero



# LUCES

## sobre la ciudad

En el marco de la Red ECOS se estructuró el proyecto Luces sobre la ciudad, con el objetivo de proponer estrategias de iluminación para la Ciudad de México. Los resultados de este proceso serán un insumo clave para formular recomendaciones, normas y políticas orientadas a dotar al espacio urbano y a sus habitantes de las condiciones óptimas de iluminación.

### Introducción

Quizá a los más veteranos de quienes leen esto, la bella imagen que abre este artículo (véase la Figura 1) les evoque una experiencia lejana de cuando, siendo pequeños, aprendieron que ese fino encaje tapizado de estrellas que cruza el firmamento no es más que un fragmento de nuestra propia galaxia. Hoy, niños y niñas de la ciudad se enteran de la existencia de la Vía Láctea al navegar por internet y visitar el sitio de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) de Estados Unidos de América, o bien cuando ven las películas de héroes y villanos en el espacio extraplanetario. En las zonas urbanas, donde vive ya la mayor parte de la población mundial,<sup>1</sup> el cielo nocturno ha dejado de ser “puro”, lo que significa que la luz artificial ha rebasado el 10% de la luminosidad natural de la noche. Según los estándares astronómicos, por cada 10% que aumenta el brillo del velo nocturno se pierde el 10% de oportunidades de divisar los objetos más débiles. Este efecto es particularmente notable en la Ciudad de México, donde en una noche clara, si acaso, apenas podemos ver un puñado de estrellas.

La relevancia del problema trasciende lo astronómico; el que la **contaminación lumínica** nos “robe” las estrellas tiene también importantes consecuencias para la salud, el ambiente, la cultura, la economía y la sociedad en general. Por ello, el tema de la iluminación urbana requiere ser abordado de manera integral y sobre la base de una correcta obtención de datos para el análisis y la búsqueda de solucio-

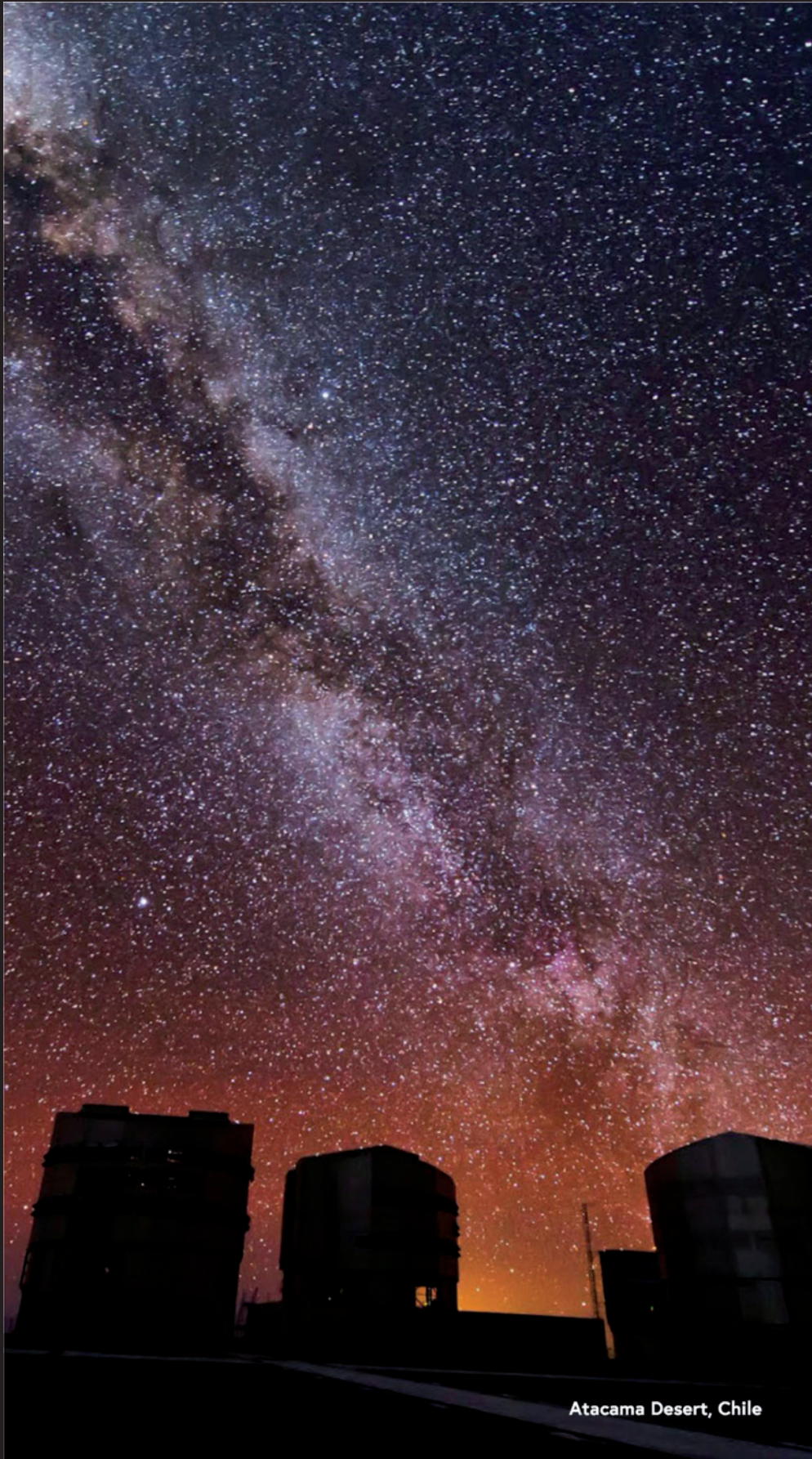
#### Contaminación lumínica

Iluminación artificial excesiva. Dícese también del brillo del cielo nocturno debido al exceso de luz artificial en la atmósfera.

<sup>1</sup> Según estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas, para 2050 cerca de 70% de la población mundial vivirá en zonas urbanas. Véase: <<https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanizationprospects.html>>.

“Un cielo sin estrellas es como un mundo sin flores.”

Silvia Torres Peimbert, investigadora emérita del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México.



**Figura 1.** Vista de la Vía Láctea desde el desierto de Atacama en Chile, sitio del Observatorio Europeo del Sur (ESO). Imagen tomada de: Schulte-Römer y cols. (2018).

Atacama Desert, Chile



nes. Sus áreas de estudio comprenden aspectos tan diversos como los patrones de emisión de las fuentes de luz; la interacción de la luz con la atmósfera; el ambiente lumínico diurno y nocturno en la ciudad; su variación espacial y temporal; los impactos en el paisaje urbano y espacios públicos, en los patrones de vida nocturna de plantas y animales, en la actividad y la salud humana, así como en la observación astronómica; el costo energético de la iluminación; el uso de fuentes alternativas de energía, y el diseño de luminarias.

La comprensión de todos estos aspectos resulta esencial para formular recomendaciones, normas y políticas orientadas a dotar al espacio urbano y a sus habitantes de las condiciones óptimas de iluminación. Lo anterior constituye, a su vez, la base para el desarrollo de campañas informativas y de concientización, así como para el diseño de programas de formación de especialistas y de capacitación técnica en los diversos ramos relacionados con la iluminación y sus efectos.

Existe en el ámbito internacional cada vez una mayor conciencia de la necesidad de atender la cuestión de la iluminación urbana y de mitigar la contaminación lumínica, como lo atestigua la actividad de numerosos organismos, tanto locales como internacionales,<sup>2</sup> así como de los programas de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) relacionados con el derecho a los cielos oscuros y el patrimonio de la humanidad. Varias ciudades y zonas urbanas han

<sup>2</sup> Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), International Association of Lighting Designers (IALD), International Astronomical Union (IAU), International Dark-Sky Association (IDA), Illuminating Engineering Society (IES), International Union for Conservation of Nature (IUCN), Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), Loss of the Night Network (LONNE), Lighting Urban Community International (LUCI), Red Española de Estudios de la Contaminación Lumínica (REECL), Lightmare, NocheZero, Starlight y STARS4ALL, entre otros.



**Figura 2.** Panorámica nocturna de la Ciudad de México. Imagen tomada de: <<https://mexicobusiness.news/logistics/news/estafeta-uses-augmented-reality-tech-warehouse-management>>.

avanzado de manera exitosa en la implementación de medidas orientadas a optimizar su ambiente lumínico. En México se han dado los primeros pasos, entre ellos: la promulgación en 2006 del Reglamento para la Prevención de la Contaminación Lumínica en el municipio de Ensenada, Baja California; la aprobación en 2015 de una zona de máxima protección para el Observatorio Astronómico Nacional, en un radio de 100 km, con luz de calidad para alumbrado público; así como la emisión en 2019 de un decreto para prevenir y controlar la contaminación por luz intrusa, por parte del Senado de la República. Sin embargo, queda mucho trabajo por hacer para la elaboración y puesta en práctica de las normas dictaminadas en esta materia (Senado de la República, 2019).

La Ciudad de México enfrenta un problema particularmente complejo, pues existen amplias zonas de iluminación excesiva y otras que adolecen de ésta (véase la Figura 2). A la vez, nuestro país cuenta con el talento de especialistas que destacan en muy diversas ramas y tienen experiencia en investigación y aplicación de soluciones, quienes, además de estar en contacto con los avances internacionales, se han familiarizado con la problemática local y nacional.

Un conjunto importante de profesionales, en asociación con una gama de instituciones en el

### Recuadro 1. Objetivos específicos del proyecto Luces sobre la ciudad

- Promover el uso de la iluminación como un factor de desarrollo social, económico y cultural.
- Realizar estudios de los diversos aspectos relacionados con la iluminación urbana, con especial atención en la Ciudad de México.
  - ◊ Caracterizar la **calidad espectral** y el **flujo fotónico** en el ambiente lumínico intrahospitalario y en aulas.
  - ◊ Determinar la **composición espectral** y el flujo fotónico de las luminarias utilizadas en la Ciudad de México y en Ciudad Universitaria.
  - ◊ Identificar las fuentes artificiales de luz que emiten longitudes de onda o flujos fotónicos que interfieren con procesos biológicos de plantas y animales.
  - ◊ Detectar la modificación de los **albedos nocturnos** generada por la iluminación artificial o la contaminación en zonas arboladas, como jardines, y en calles poco arboladas.
  - ◊ Caracterizar la disponibilidad de la luz natural en la Ciudad de México.
- Desarrollar campañas informativas, de educación y de concientización.
  - ◊ Diseñar e impartir talleres a servidores públicos (alcaldías, obras, servicios urbanos, etcétera) para desarrollar prácticas adecuadas de iluminación urbana.
  - ◊ Diseñar programas de formación de especialistas y de capacitación técnica en los diversos ramos relacionados con la iluminación y sus efectos.
  - ◊ Realizar actividades lúdicas y experimentales en escuelas para fomentar una relación más cercana con la luz.
- Formular recomendaciones, normas y políticas públicas.
  - ◊ Proponer una normativa orientada al aprovechamiento del flujo luminoso natural en la urbe.
  - ◊ Proponer e instrumentar estrategias para disminuir la exposición a la luz por la noche.
  - ◊ Incluir en la normativa la revisión del proyecto de iluminación urbana por especialistas en diseño de iluminación.

#### Calidad espectral

Color de la luz de una fuente lumínica. Varía dependiendo de la intensidad en cada longitud de onda del espectro electromagnético de la luz.

#### Flujo fotónico

Número de fotones por segundo por unidad de área. Su unidad de medida es el micromol, que equivale a  $6.022 \times 10^{17}$  fotones.

#### Composición espectral

Distribución de colores presentes en el espectro de la luz.

#### Albedo nocturno

Porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre ella; en este caso, durante la noche.

país,<sup>3</sup> ha respondido con entusiasmo a la convocatoria auspiciada por la Red ECOS para formar parte del proyecto Luces sobre la ciudad, con la intención y el compromiso de trabajar en los diversos temas aquí expuestos. El sólido grupo que sustenta el proyecto está constituido por especialistas en ecología, física, astronomía, arquitectura, ingeniería ambiental, ciencias atmosféricas, salud, energía y diseño de iluminación, entre otras materias, quienes trabajarán conjuntamente hacia la propuesta de soluciones en aspectos relacionados con la iluminación en la Ciudad

de México. En estas páginas ofrecemos una breve descripción del proyecto, esperando con ello provocar la curiosidad de quienes nos leen y, en su caso, despertar su interés por asociarse a esta iniciativa.

#### Descripción del proyecto

El proyecto Luces sobre la ciudad tiene como objetivo general abordar la problemática de iluminación urbana (espacios públicos y edificaciones) en la Ciudad de México, con el propósito de generar una estrategia de iluminación basada en la investigación científica y una adecuada práctica profesional para el diseño de políticas públicas. Dicha estrategia será integral, clara y contextual, para fomentar el uso de la iluminación como un factor de desarrollo social, económico y cultural, mitigar los efectos negativos en la salud y el ambiente y enfatizar el uso racional de la energía.

Los objetivos específicos del proyecto se enumeran en el Recuadro 1. A continuación nos referimos someramente a algunos de los temas que el grupo ha

<sup>3</sup> Entre dichas instituciones se encuentran: la Academia Mexicana de Ciencias; la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico e Innovación, el CentroGeo y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, pertenecientes al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt); Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Ideas en Luz; Lighteam; Luz Sin Fronteras-México; Día Internacional de la Luz, Nodo México; así como el Centro de Ciencias de la Atmósfera, la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, las facultades de Arquitectura y de Medicina, los institutos de Astronomía, Ecología, Energías Renovables y Física, además del Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México.

identificado como prioritarios, organizados en cuatro grandes rubros.

### Luz natural

La vida sobre el planeta ha evolucionado acompañada y alimentada por la luz del Sol, por lo que no es de sorprender que esta luz sea esencial para el funcionamiento de los organismos vivos. La luz natural es nuestra fuente primordial de energía; promueve la fotosíntesis y la producción de vitamina D, entre otros elementos vitales, al tiempo que funge un papel importante en la salud y en el estado de ánimo de las personas. El espectro completo y único de la luz del Sol crea una sensación de bienestar y genera un mejor desempeño laboral o escolar, y en el caso

de las personas enfermas acelera el proceso de recuperación. Por otra parte, la ausencia prolongada de luz natural tiende a provocar depresión, modificar el metabolismo y reducir la función reproductiva.

La Cuenca de México presenta características particulares en cuanto a la disponibilidad de luz natural. El recurso difuso disponible es apto para iluminar de forma natural incluso los ambientes interiores; sin embargo, la normativa actual para edificaciones no se basa en estudios sobre la disponibilidad de luz natural en el sitio (Guadarrama, 2018). A partir de mediciones hechas en estaciones especializadas podemos conocer las variaciones diarias, mensuales y anuales del **flujo lumínico**, así como la frecuencia de los **tipos de cielo** y las características atmosféricas que

### Flujo lumínico (o luminoso)

Cantidad total de luz que produce una fuente en un segundo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es el lumen.

### Tipo de cielo

Descripción del cielo por su distribución de luminancias, lo que permite su utilización en los cálculos y en el análisis de sus efectos en la arquitectura.

“La luz nunca es neutral. Algunos organismos son más sensibles a las longitudes de onda cortas y otros a las largas; con un espectro amplio los afectan a todos.”

Sibylle Schroer, coordinadora de Loss of the Night Network.





influyen en la calidad de la luz que recibimos. Conocer con certeza este recurso luminoso y su comportamiento en la localidad de estudio permitirá a los especialistas elaborar propuestas para su aprovechamiento en el urbanismo y la arquitectura, así como para ofrecer respuestas a las necesidades locales, que además redunden en un ahorro energético al planear ambientes lumínicamente eficientes.

### Luz artificial

El desarrollo de las modernas fuentes luminosas a base de **LED** ha dado lugar a un profuso número de aplicaciones y ha provocado un despliegue de creatividad en el uso de la luz. Todas las personas nos beneficiamos de la extensión diaria de las horas hábiles gracias a la luz artificial, pero también somos víctimas de sus consecuencias, por el impacto que tiene en nuestra salud.

Nuestro sistema circadiano realiza un monitoreo de las señales cíclicas externas y las transmite a todos los tejidos del organismo para lograr un funcionamiento coordinado y de adaptación al entorno cambiante, con respuestas eficientes a lo largo de cada ciclo de 24 horas. En particular, la oscuridad por la noche permite el descanso, el sueño, la reparación de tejidos y células y la consolidación de memorias en el cerebro. Sin embargo, actualmente cerca de 80% de la población mundial está expuesta a una alteración en los niveles naturales de iluminación durante la noche. Quienes trabajan en turnos nocturnos pertenecen a uno de los grupos más afectados; pero también un gran número de niños, niñas y jóvenes están bajo condiciones que interfieren con su ritmo circadiano; en particular, por el uso de aparatos electrónicos con pantallas que directamente irradian luz con una fuerte **componente azul**. De relevancia actual son los estudios de la correlación entre las enfermedades de origen metabólico y el estilo de vida caracterizado por cambios en los patrones de sueño y por la exposición a la luz artificial nocturna, los cuales han conducido, en particular, a la hipótesis de que estas alteraciones pueden estar involucradas en el desarrollo de la obesidad y entre las causas de la diabetes tipo 2, que están entre los principales problemas de salud pública en México y en el mundo (Vieira, 2014).

En la especie humana, el efecto de la luz sobre el sistema circadiano se mide tomando como referencia el ritmo diario de la **melatonina**. Basta una intensidad de luz azul de 1 lux (unidad de medida del nivel de iluminación) para suprimir la secreción de melatonina (Grubisic, 2019). Actualmente, en la mayoría de las casas de la ciudad las fuentes de luz emiten hasta 1 000 lux, lo suficiente para retrasar el inicio del sueño y causar serias alteraciones circadianas. A esto se suma la luz intrusa, aquella que proviene del alumbrado público y de los llamados reflectores de seguridad instalados en las fachadas, la cual penetra hasta el interior de las habitaciones. Por ello es importante estudiar el impacto de la iluminación urbana en los seres humanos y su salud, en este caso con especial atención en la Ciudad de México, para que sirva de base a la normatividad correspondiente.

No menos importante, aunque quizá menos estudiado, es el impacto de la contaminación lumínica urbana en plantas y animales. La forma como cada organismo interacciona con la luz depende de una multiplicidad de factores externos que comprenden la intensidad, la dirección de incidencia, la dispersión y la distribución espectral de la luz, así como la hora del día o de la noche, la duración, la estación del año y las condiciones atmosféricas. El exceso de luz artificial puede significar alteraciones importantes en el ritmo circadiano de plantas y animales (véase la Figura 3); por ello, las recomendaciones relativas a la iluminación de la Ciudad de México deben considerar su impacto sobre todos los organismos que conforman el ecosistema urbano.

### Contaminación lumínica

La radiación emitida desde las ciudades en ambientes nocturnos, que es reflejada y dispersada en la atmósfera, representa también un aporte al cambio climático global, ya que los combustibles fósiles son las fuentes primarias de los insumos de energía para la iluminación. Toda la luz irradiada al hemisferio superior representa un gasto completamente inútil de energía.

La contaminación lumínica conlleva un complejo cúmulo de procesos que involucra la interacción entre la luz artificial y los constituyentes de

#### Melatonina

Hormona implicada en la regulación de la oscilación entre sueño y vigilia. Se encuentra en la mayoría de los seres vivos, en concentraciones que varían según el ciclo diurno/nocturno.

#### LED

Diodo emisor de luz. Acrónimo de la expresión *light-emitting diode* en lengua inglesa.

#### Componente azul

Un componente de la luz blanca. Su longitud de onda se encuentra entre 380 nm y 475 nm, aproximadamente.

“Contaminación lumínica: la diferencia entre la iluminación que se emite, con respecto a la cantidad real que se requiere.”

Héctor Solano Lamphar, investigador del CentroGeo, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.



**Figura 3.** Aves migratorias atraídas por el Homenaje en Luz, instalado en Nueva York, en recuerdo de los atentados del 11 de septiembre de 2001. Cada uno de los 88 tubos de xenón (Xe) consume más de 7 000 watts para generar luz dirigida hacia el cielo nocturno. En 2014 el Homenaje en Luz fue trasladado a Nueva Jersey. Imagen tomada de: Van Doren y cols. (2017).

la atmósfera, incluidos los aerosoles artificiales y naturales. A menudo resulta difícil establecer una distinción entre las partículas de la troposfera que proceden de fuentes naturales y las antropogénicas; ambas contribuyen a la polución atmosférica, que hoy se reconoce como un problema grave derivado, en gran medida, de un desarrollo urbano mal gestionado. Las propiedades ópticas del medio atmosférico se encuentran en continuo cambio y afectan la calidad del ambiente lumínico; asimismo, la contaminación lumínica depende directamente de tales propiedades.

El proceso de urbanización en nuestro país muestra una tendencia a concentrar un mayor número de habitantes y actividades productivas en pocos espacios, lo cual incrementa las emisiones contaminantes, por lo que dar solución a los problemas urbanos se vuelve apremiante. Dada la complejidad del tema, los estudios ambientales deben contener una base sólida de análisis de los contaminantes para realizar un diagnóstico interdisciplinar e identificar las condiciones en que se encuentran los núcleos urbanos en materia de polución. En este sentido, es preciso analizar las condiciones existentes de contaminación atmosférica y lumínica en las ciudades para desarrollar una metodología que sea aplicable y escalable. El análisis teórico y experimental sobre la Ciudad de México no se ha llevado a cabo, por lo que se nos presenta una oportunidad de innovación en el campo y de aportación de datos fiables, necesarios para investigar la relación entre contaminación atmosférica y contaminación lumínica.

#### *Diseño de iluminación*

La iluminación urbana de la Ciudad de México suele resolverse tomando en consideración factores de muy diversa naturaleza, en escalas a veces extremas y por actores múltiples. Podemos afirmar que la iluminación del espacio público ha respondido más a la necesidad del alumbrado de vialidades como una prioridad para mitigar el problema de la inseguridad. Las soluciones han partido de criterios técnicos (principalmente, niveles de iluminación y consumo eléctrico) que emplean las tecnologías lumínicas disponibles de acuerdo con el momento. Sin em-



“Luz, la señal más precisa en la naturaleza.”

Alma Orozco, investigadora del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México.



#### Curva de emisión

Representación gráfica de la luz emitida, que muestra diferentes características relacionadas con la naturaleza de la fuente lumínica, el tipo de reflector, la óptica o el diseño de las luminarias.

bargo, no existe un marco de referencia local para fomentar el uso sustentable de la luz en el espacio público.

Una limitante que habrá que abordar es la ausencia de estándares adecuados para la caracterización de la luz ambiental y de la contaminación lumínica en particular. Ésta es una tarea multidisciplinaria que involucra a especialistas en ingeniería de iluminación, arquitectura, modelación, física teórica, ecofisiología, meteorología y otras ciencias involucradas en el estudio de las propiedades de la luz y sus efectos.

La protección de la salud y el ambiente también implica la necesidad de dar soluciones alternativas para formular políticas públicas. Se espera que la **función de emisión angular** sea consistente con las

localizaciones del alumbrado público, pero las emisiones de luz de interiores de edificios, anuncios espectaculares, automóviles o estadios deportivos influyen también en la **curva de emisión**. Por lo tanto, no debe ignorarse la contribución que la iluminación privada, las vallas publicitarias, las ventanas y los monumentos hacen al brillo del cielo nocturno. El diseño y la implementación de políticas deberán responder a los criterios de influencia en los espacios urbanos. Asimismo, se requiere realizar estudios para proponer una zonificación con criterios de iluminación que consideren el entorno y las necesidades dentro del área metropolitana de acuerdo con recomendaciones científicas. El desarrollo de nuevas regulaciones es un tema prioritario y un gran desafío para todos los agentes involucrados.

#### Función de emisión angular

Distribución angular de la intensidad radiante.



“Aunque hay un largo camino por recorrer, soy optimista y pienso que aún podemos recuperar los cielos oscuros en las ciudades.”

Fei Guo, International Dark-Sky Association/Shanghái, China.



**Figura 4.** Memorial a las Víctimas de la Violencia en México, Chapultepec, Ciudad de México. Diseño de iluminación de Lightteam/Gustavo Avilés y Anna Sbokou, 2013. Imagen tomada de: <[https://www.lamp.es/es/memorial-victimas-de-violencia-en-mexico\\_56075](https://www.lamp.es/es/memorial-victimas-de-violencia-en-mexico_56075)>.

#### ■ Metodología de trabajo

■ El objetivo planteado por el proyecto establece la necesidad de proponer estrategias sustentables que sean integrales en su concepción y realización, por lo que, además de las reuniones de trabajo colectivas y por temas específicos, el grupo se ha propuesto llevar a cabo una serie de talleres participativos que permitan:

- Establecer una metodología de colaboración para el desarrollo de proyectos de iluminación puntuales.
- Crear un laboratorio de ideas y soluciones para el abordaje de la problemática de la iluminación urbana y la obtención de datos valiosos para el desarrollo de estrategias.

- Evaluar mediante casos reales los beneficios de una estrategia sustentable e integral en el desarrollo de proyectos de iluminación urbana.

Un factor clave para el éxito del proyecto es la concientización y educación de los diversos sectores y actores involucrados. Para ello se desarrollarán de manera transversal actividades en torno a cada uno de los temas, que sirvan para tender puentes entre especialistas y la ciudadanía, tanto como parte de la educación formal y no formal, así como mediante actividades de ciencia ciudadana y proyectos de acción comunitaria que conduzcan a procesos de experimentación y aprendizaje o de los cuales emanen propuestas de solución.

Al término del proyecto esperamos proveer a las autoridades de la Ciudad de México de los elementos básicos para formular un plan maestro de iluminación urbana, basado en el conocimiento científico y la experiencia colectiva adquirida durante el desarrollo de las diversas etapas (véase la Figura 4).

### Ana María Cetto Kramis

Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México.

ana@fisica.unam.mx

### María Teresa Josefina Pérez de Celis Herrero

Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México.

tita@dgdci.unam.mx

### Referencias específicas

- Guadarrama, C. (2018), *Luz natural en la arquitectura: aportaciones científicas, tecnológicas y de diseño* (tesis de doctorado), México, UNAM.
- Grubisic *et al.* (2019), "Light Pollution, Circadian Photoreception, and Melatonin in Vertebrates", *Sustainability*, 11:6400. Disponible en: <doi.org/10.3390/su11226400>, consultado el 18 de noviembre de 2020.
- Schulte-Römer, N. *et al.* (2018), "Light pollution – A global discussion", Helmholtz Centre for Environmental Research Leipzig. Disponible en: <www.lightpollutiondiscussion.net>, consultado el 18 de noviembre de 2020.
- Senado de la República (2019), *Dictamen de las Comisiones Unidas de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático, y de Estudios Legislativos, Primera, a la minuta Proyecto de decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, 20 de junio.
- Varios autores (2018), "La transversalidad de la luz", *Revista Digital Universitaria*. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/mayo\_junio\_2018/>, consultado el 18 de noviembre de 2020.
- Van Doren, M. *et al.* (2017), "High-intensity urban light installation dramatically alters nocturnal bird migration", *PNAS*, 114(42):11175-11180. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1708574114>, consultado el 18 de noviembre de 2020.
- Vieira, E. (2015), "La importancia del reloj biológico en el desarrollo de la obesidad y de la diabetes", *Avances en Diabetología*, 31(2):60-63. Disponible en: <doi.org/10.1016/j.avdiab.2014.12.002>, consultado el 18 de noviembre de 2020.