



## ACCESO SOLAR EN MÉXICO, CASO DE ESTUDIO QUERÉTARO

Solar Access in México, Case Study Queretaro

05

Luz Angélica Mondragón del Ángel<sup>1</sup>

Universidad Autónoma de Querétaro

Correo electrónico: [luzmondragon215@gmail.com](mailto:luzmondragon215@gmail.com)

El presente artículo es una precisión que profundiza en un artículo previamente publicado por los autores en la revista *Inventio* de la Universidad Autónoma de Morelos, en el vol. 15, número 37, noviembre 2019–febrero 2020.

ISSN: 2448-9026.

## RESUMEN

Este artículo expone la relación entre las condiciones que provocan la carencia de luz solar en el interior de una edificación y la normatividad referente al acceso solar, al igual que su relación con la disponibilidad solar en el sitio. Para ello, se tomó como caso de estudio la ciudad de Querétaro. Se revisó la importancia de la luz solar y su acceso, la situación actual del caso de estudio y las normas existentes para la edificación en México a niveles local y nacional. Además, se realizó la medición metódica de la luz solar. Los resultados indican que se requiere el fortalecimiento del acceso solar en la planificación de los procesos de construcción y de diseño de edificios y ciudades, la cual está vinculada con la legislación vigente y otros factores. Aunque existen las normativas, se requiere incrementar el rigor en su aplicación e impulsar su enfoque hacia la salud de las personas. El análisis de la disponibilidad solar en el sitio muestra que los datos favorables obtenidos en incidencia solar resultan aplicables para proporcionar espacios que respondan a la planificación con acceso solar. A su vez, este análisis se presenta como una herramienta para todos aquellos quienes promueven la consideración de la luz solar en el diseño.

**Palabras clave:** acceso solar, Querétaro, normativas, disponibilidad solar.

## ABSTRACT

This paper discusses the relation between the conditions that cause the lack of sunlight inside a building and the regulations concerning solar access, as well as its relation with solar availability at the site, for which Querétaro city was taken as a case of study. A review was made on the importance of sunlight and the access to it, the current situation of the case study and the existing norms for building in Mexico. Additionally, a methodic measurement of sunlight was performed. The results indicate that the strengthening of solar access is required in the planning and design processes for the construction of buildings and

cities. This is linked to current legislations and other factors. Although the regulations exist, rigor in their application and its focus towards the health of the people are required. The analysis of solar availability at the site shows that the data obtained favorably in solar incidence are applicable to provide spaces that accommodate planning with solar access; in turn, this analysis is presented as a tool to all those who promote solar design considering sunlight.

**Keywords:** solar access, Querétaro, regulations, solar availability

## INTRODUCCIÓN

La luz solar es uno de los elementos principales para el diseño de espacios arquitectónicos, ya que condiciona la manera en que serán percibidos y habitados. Los espacios mal diseñados pueden provocar daños en la salud, como el denominado síndrome del edificio enfermo, condición reconocida por la Organización Mundial de la Salud y relacionada con padecimientos adquiridos en un entorno de trabajo donde las circunstancias ambientales no son las adecuadas [14].

Un fenómeno de gran relevancia se origina cuando no existe acceso solar en espacios habitables: los ocupantes de estos espacios, ya sea en los que residen, trabajan o pasan la mayor parte de su tiempo, tienen que utilizar la iluminación artificial durante el día.

Por otro lado, es indispensable que los usuarios conozcan los beneficios que aporta la luz solar en su salud, en especial la población que permanece en un espacio carente de luz solar, para que identifique las afectaciones a las que está expuesta, tanto por la privación de luz solar como por la exposición frecuente a las fuentes de iluminación artificial.

Ante esta situación, diversas soluciones técnicas basadas en sistemas de iluminación natural se han desarrollado y se ofertan en el mercado para proporcionar luz natural en espacios que no la tienen. Algunas de ellas van más allá de los domos, tragaluces o claraboyas convencionales; tales son los sistemas de orientación de luz natural [15], que tienen la posibilidad de direccionar y transportar luz natural a espacios sin ventanas. Sin embargo, este tipo de soluciones, aunque eficientes, no deben sustituir a una adecuada planeación de los espacios habitables.

Por tal motivo, el presente estudio pretende examinar las posibles causas que originan espacios habitables sin luz solar. García [6] menciona algunas maneras en que se obstaculiza la incidencia solar observadas en la Ciudad de México, como son la orientación en relación a las colindancias, la generación de sombras producidas entre niveles de edificios y la inadecuada orientación de las edificaciones desde la etapa de diseño.

Otro caso señalado por Pattini, Villalba, Córlica, Ferrón & del Rosso [16] en la Ciudad de Mendoza, Argentina, es que los edificios diseñados con fachadas excesivas de cristal no consideran el impacto del confort visual y térmico; además, indican que se han contemplado sombreamientos que bloquean la entrada de luz para estas fachadas por el clima luminoso de Mendoza. Esto genera ventanas obstruidas, y con ello espacios oscuros donde es necesario emplear la iluminación artificial, desperdiciando la luz natural característica de la región.

En referencia a las situaciones mencionadas, existe la incertidumbre de qué es lo que suscita estas condiciones que impiden el acceso solar. En este sentido, para explorar si la raíz de las condiciones que provocan la carencia de luz solar al interior de una edificación se relaciona con la provisión de regulaciones en los procesos de construcción en materia de aprovechamiento solar, o con la insuficiencia de disponibilidad solar.

Para tal efecto, se tomó como caso de estudio a la ciudad de Querétaro, por ser uno de los principales ejes de desarrollo comercial de México y una metrópolis regional con importantes vías de planificación para la mejora del ambiente construido [7].

De acuerdo con lo anteriormente señalado, el artículo se estructura en cuatro secciones, la primera corresponde al análisis de la importancia de la luz solar y su acceso. En la segunda sección se describe el estado a nivel urbano de la ciudad de Querétaro en relación a situaciones que pudieran afectar el acceso solar, y los ordenamientos jurídicos. En la tercera sección se explora a detalle la disponibilidad de la luz solar en el sitio; y la última sección está dedicada a las conclusiones.

De este modo, el presente trabajo se propuso como objetivo analizar, mediante la revisión documental y obtención de datos, la relación entre la carencia de luz solar en los espacios y la normatividad en materia de acceso solar para la edificación a nivel local y nacional. A partir de ello se busca una perspectiva sobre las raíces de

la problemática, para plantear medidas que provean a los usuarios de espacios mejor diseñados y con adecuado acceso solar, a la vez que se evite adoptar otros medios resolutivos.

## METODOLOGÍA

El diseño de investigación es transversal, puesto que el propósito es obtener un panorama del grado en que las normativas y la disponibilidad solar intervienen en la existencia de espacios habitables sin luz solar, por lo que la descripción de las variables y el análisis de su interrelación se realizan en un punto temporal específico.

Tal relación se indaga por medio del siguiente método:

1. Fundamentación. Se describió la importancia del acceso a la luz solar, sus efectos y consecuencias en la salud a partir del análisis de investigaciones que abordan el tema.
2. Perspectiva teórica. Se realizó una búsqueda bibliográfica en distintos medios, como libros, revistas, normas oficiales y medios electrónicos, para estudiar la información sobre el caso de estudio y las normativas referentes al acceso solar.
3. Estudio solar-lumínico. Se revisaron los métodos de medición de acceso solar y se examinaron rangos de incidencia solar de Querétaro con los softwares Meteonorm y Climate Consultant, ya que este tipo de herramientas permiten obtener datos precisos y confiables sobre el estado climático actual de cualquier región.
4. Conclusiones.

## IMPORTANCIA DE LA LUZ SOLAR Y SU ACCESO

La luz solar y su aplicación tiene múltiples ventajas en la vida del ser humano, desde influir en el estado de ánimo, hasta la recuperación de las debilidades físicas de las personas. Dependiendo el ambiente lumínico de un espacio, el ser humano puede orientarse, realizar una actividad, sentir confort visual, sentirse seguro, tener salud y bienestar; y es que la luz para las personas influye en procesos de regulación fisiológica, actividad hormonal y comportamiento [14].

El periodo día-noche engloba el ciclo natural de luz-oscuridad; este determina la sincronización de ritmos biológicos, como los ritmos circadianos que incluyen el ciclo del sueño-vigilia y el ritmo de temperatura corporal. El ritmo circadiano corresponde a la actividad en función de la hora del día [14] y permite el buen funcionamiento del sistema endocrino, encargado de regular la secreción de hormonas, y del sistema nervioso autónomo, que tiene que ver con la actividad de diversos órganos y sistemas.

La desincronización de los ritmos biológicos puede provocar alteraciones en el equilibrio del organismo humano, causando trastornos en la salud y el bienestar psicológico de las personas. Algunos de estos son descritos en el trabajo de Murguía [14] dedicado a la luz en la arquitectura y su influencia sobre la salud de las personas, estos son el síndrome de depresión estacional, el jet lag —que se refiere al desfase de adaptación del cuerpo cuando se modifica repentinamente la franja horaria—, la privación del sueño y trastornos por la exposición prolongada a la luz artificial. Estos últimos también están relacionados con la utilización de iluminación artificial durante el día, donde a causa de espacios con iluminación deficiente, pueden provocar desajustes en el estado emocional, el nivel de estrés y la productividad de las personas.

Huang, Ruan, & Whang [9] también mencionan que las principales causas de la melancolía y el trastorno afectivo estacional son la falta de neuronas, la luz solar y la disminución de la serotonina, por lo que la exposición al sol puede reducir la posibilidad de tener melancolía.

De este modo, la luz solar y la garantía a su acceso son esenciales para la salud del ser humano, debido a que su influencia natural permite el mantenimiento de los procesos fisiológicos del organismo humano y su alteración puede provocar serios riesgos que derivan en enfermedades.

Por otro lado, es innegable la preferencia del ser humano hacia la iluminación natural ante la artificial, pues, aunque existen luminarias de espectro completo y de iluminación biodinámica que simulan la luz del sol, no hay una que iguale las características y beneficios completos que aporta la luz natural [18], debido a la estrecha relación con las emociones y percepciones que brinda la luz del sol incidente en el espacio habitado.

El concepto de acceso solar surge en Estados Unidos como una medida de protección legal para garantizar la incidencia solar y su aprove-

chamiento por parte de los propietarios de una edificación. Se define como la disponibilidad de la luz solar directa de una edificación que no sea obstruida por otros edificios, vegetación u otros elementos. El acceso solar depende de la forma y orientación de una edificación, además de la latitud y la topografía de su emplazamiento y, a gran escala, como lo es la ciudad, se suman los factores de la altura de las construcciones, así como la proporción y orientación de las calles [5].

A su vez, la ley de derechos solares de Norteamérica defiende el derecho de los propietarios de una edificación a instalar sistemas captadores de energía solar para su uso y aprovechamiento. Ciudades como Nueva York, Toronto y San Francisco, entre otras, han creado lineamientos para la protección y garantía de los derechos solares, tanto para las personas y las edificaciones, como para el espacio público [5]. Además, la aplicación de las normativas varía de enfoque de una ciudad a otra, en este contexto, cobra importancia la implementación de reglamentaciones que coincidan con el desarrollo de la región para procurar el acceso solar en todos los ámbitos.

Por tal motivo, resulta significativo identificar qué es y cómo se maneja lo existente en el marco legal de nuestro país referente al tema, así como en la legislación de las ciudades, es por eso que se ha tomado un caso de estudio en particular.

## CASO DE ESTUDIO

Hoy en día la ciudad tiene la obligación de responder ante la expectativa de una mejor calidad de vida para sus residentes y futuros habitantes. Debido a factores como el crecimiento demográfico y el fenómeno de la migración interna (rural-urbano y urbano-urbano), la ciudad se enfrenta al reto de abastecer mayor demanda de servicios públicos [20]. Además, ha de procurar los derechos y obligaciones que a cada ciudadano corresponden.

Derechos como el acceso al sol constituyen decretos para el ser humano a nivel existencial, ya sea por ahorro energético o por calidad de vida; aunque, por el deterioro del ambiente urbano, se inclina en mayor medida hacia la calidad de vida [12]. El acceso solar es un área de la política pública para regular cómo y cuándo los vecinos pueden dar sombra a otros, y debe intervenir en el control para el diseño de espacios habitables a nivel masivo; es decir, en las ciudades.

Actualmente en México, la ciudad de Querétaro es un importante nodo de conexión entre la Ciudad de México y el Bajío [7]. Esta urbe se localiza en el suroeste del estado del mismo nombre, se encuentra rodeada por los municipios de Corregidora, El Marqués y Huimilpan, y posee un clima que va desde semiseco semicálido hasta semiseco templado [10].

La ciudad de Querétaro se caracteriza por haberse expandido horizontalmente en lugar de su densificación en la altura. Las construcciones de la ciudad muestran una altura uniforme baja; sin embargo, el deseo de exclusividad social ha promovido el abandono del espacio público, por lo que "se construyen muros altos y edificios de varios niveles" [7]. Este escenario posibilita que se generen obstrucciones en el paso de la luz solar hacia las edificaciones de menor altura; no obstante, la adecuada previsión por medio de normativas pertinentes puede permitir una urbanización más adecuada.

Por otra parte, Querétaro ha originado la intensa instalación de industrias [8], por lo que nuevos asentamientos industriales se instauran en los suburbios y abren paso al desarrollo urbano. Es así como la mancha urbana se expande y tiene como consecuencia una ocupación del suelo poco ordenada en creciente segregación [7].

Los desarrolladores de vivienda dominan el ambiente urbano de Querétaro [7]. En este sentido, tres tipologías constructivas predominan, las cuales son "las zonas residenciales; las monótonas construcciones de vivienda de interés social ordenadas linealmente y las construcciones espontáneas y de autoconstrucción" [7]. Es en estas últimas donde cabe meditar sobre interrogantes como ¿hasta qué punto cuentan con las medidas de confort y habitabilidad necesarias?, y en particular, ¿hasta qué punto cuentan con los requerimientos de acceso solar?

La ciudad se encuentra en un nivel de desarrollo entre la provincia y la metrópolis. En gran parte, el crecimiento espacial de Querétaro se produjo de manera espontánea y sin un plan hasta 1990, su capacidad espacial casi se ha agotado y surge la planeación a futuro de satélites alrededor de la ciudad original [7]. Este crecimiento en progreso permite esbozar el contexto actual de la ciudad para encaminarla a través de una planificación integral que involucre un desarrollo sostenible hacia el futuro, donde haya lugar para la formación de ciudadanos capaces de construir una ciudad de calidad que satisfaga sus necesidades.

En el análisis de los cuestionamientos y los planteamientos relativos a la planeación urbana surgidos, se hace necesaria la revisión de la teoría acerca de las disposiciones concernientes a la edificación. Y en específico de la vivienda, resulta preciso conocer cuán contemplados se encuentran los derechos en relación al acceso solar para impulsar su creación o, en dado caso, discutir su aplicación.

## NORMATIVAS

En México, la política nacional de vivienda está a cargo de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), que tiene como fin impulsar que las autoridades competentes formulen y apliquen la normatividad en procesos y reglamentos de construcción [3]. Para tal efecto, se creó el Código de Edificación de Vivienda (CEV), que promueve los lineamientos generales de la edificación de vivienda en todo el país, teniendo en consideración los Reglamentos de Construcción elaborados por los gobiernos locales

El CEV contiene las consideraciones generales de sustentabilidad aplicables a la vivienda, dentro de ellas se encuentra el derecho al sol, que garantiza la no proyección a futuro, en los terrenos colindantes al oriente, sur y poniente, de construcciones que puedan obstruir la incidencia solar e imposibilitar su aprovechamiento mediante el diseño bioclimático en la vivienda [4].

Estos convenios se realizan entre los propietarios de lotes vecinos y se integran al título de propiedad, por lo que su incumplimiento puede conducir al pago de una indemnización al afectado. Para su desempeño, se tienen comités municipales con la facultad de "regular el uso de suelo y sancionar los permisos creando derechos solares" [4]. Estos comités están acreditados para limitar el desarrollo de construcciones u obstrucciones que impidan el acceso solar a una edificación.

Esta medida define un punto de partida para que los habitantes puedan lograr el cumplimiento de los derechos solares, que han surgido precisamente por la falta de congruencia con el medio ambiente y la pérdida del sentido común en la edificación. Más aún, cuando se tiene la necesidad de crecer o ampliar los espacios dedicados a la habitabilidad de manera acelerada y sin planificación, ya que, como señala [12] en referencia al tema, los edificios son indiferentes a la orientación solar, permanecen estáticos y no responden a los ritmos de su entorno, contrario a lo que

sucede en la naturaleza, que cuenta con considerables ejemplos basados en la exposición al sol.

Sobre los lineamientos de construcción en Querétaro, el Reglamento General de Construcciones del Estado sostiene que los locales en las edificaciones deben asegurar la iluminación diurna y nocturna para sus ocupantes. Además, los espacios habitables, cocinas domésticas y cuartos de hospitales deben estar dotados de iluminación natural mediante ventanas que den directamente al exterior [17].

El código urbano de la ciudad de Querétaro señala algunas medidas para evitar las obstrucciones lumínicas en las edificaciones, tales como que construcciones a partir de dos niveles cuyas fachadas colindantes integren el patio de iluminación de edificaciones vecinas deben tener acabados impermeables y en colores claros [2].

Ahora bien, las medidas y políticas en cuanto al derecho y preocupación para que los inmuebles gocen de los beneficios del sol existen y se encuentran referenciadas en los documentos pertinentes al ámbito constructivo y legal, por lo que siguiendo las normativas expuestas, los espacios escasos de luz solar no tendrían razón de existir, excepto por condiciones climáticas, topográficas o de obstrucciones naturales.

## DISPONIBILIDAD SOLAR-LUMÍNICA

En este apartado se expone la medición del acceso solar que se tiene en el lugar de estudio, para de esta manera subrayar en que, si se cuenta con los medios suficientes, como son la legislación y la disponibilidad solar-lumínica, no hay excusa para prescindir del recurso solar en la proyección y planificación de edificios y ciudades, ya que como se ha reconocido, la luz solar es un recurso benéfico para la salud; además, su utilización y aprovechamiento contribuye a la sostenibilidad y cuidado del medio ambiente, al ser una fuente renovable inagotable y gratuita.

La disponibilidad y características de la luz solar dependen de la latitud, meteorología, época del año y del momento del día [11]; por lo tanto, la cantidad de luz solar recibida varía con la situación del clima. Para el diseño de espacios tomando en cuenta la luz solar y su acceso existen diversos métodos: Franco & Bright [5] describen uno cualitativo basado en los patrones de sombra proyectada por el sol en diferentes épocas del año y otro con enfoque cuantitativo, basado

en la iluminación proporcionada solo por la radiación difusa que puede calcularse a través del factor de cielo visible, cuyo cálculo no depende de la hora del día, época del año, latitud o altitud, sino únicamente de la geometría.

Ante la necesidad de métodos más precisos, Mardaljevic, citado en [5], sugirió un método fundamentado en la suma de la radiación directa generada por el sol y la radiación difusa obtenida del cielo en el periodo de un año, a la cual se denomina irradiación total anual, medida en W/h por  $m^2$  al año, y que es equivalente a la iluminación total anual, medida en lux/horas al año. Con los resultados obtenidos se puede estimar la irradiación-iluminación total anual incidente en una superficie, medir el impacto de una nueva edificación sobre el acceso solar de los edificios vecinos y evaluar la relación entre morfología urbana, obstrucciones y captación solar.

Bajo este esquema se tienen hoy en día, de la mano de la tecnología, aplicaciones desarrolladas de manera cada vez más práctica y de fácil manejo, que incorporan procedimientos de cálculo para aplicaciones solares y diseño de sistemas y estrategias en cualquier parte del mundo y softwares que facilitan el acceso a bases de datos mundiales y que permiten a cualquier persona obtener en corto tiempo los parámetros necesarios para implementar los resultados en cualquier diseño o aplicación.

En el análisis del acceso solar para el caso de estudio se tiene de manera general que la ubicación de la ciudad de Querétaro proporciona una gran disponibilidad de radiación solar, a diferencia de otras ciudades ubicadas al norte o sur del continente. Sin embargo, no solo Querétaro posee esta ventaja: México se ve ampliamente favorecido con una alta incidencia de radiación solar en gran parte del territorio; debido a su cercanía con el Ecuador, tiene valores en promedio de 5 a 6 kWh/ $m^2$  día durante el verano [19].

Para la cuantificación del acceso solar en la ciudad de Querétaro se utilizaron programas informáticos para obtener datos visuales precisos que resulten comprensibles para su interpretación y aplicación.

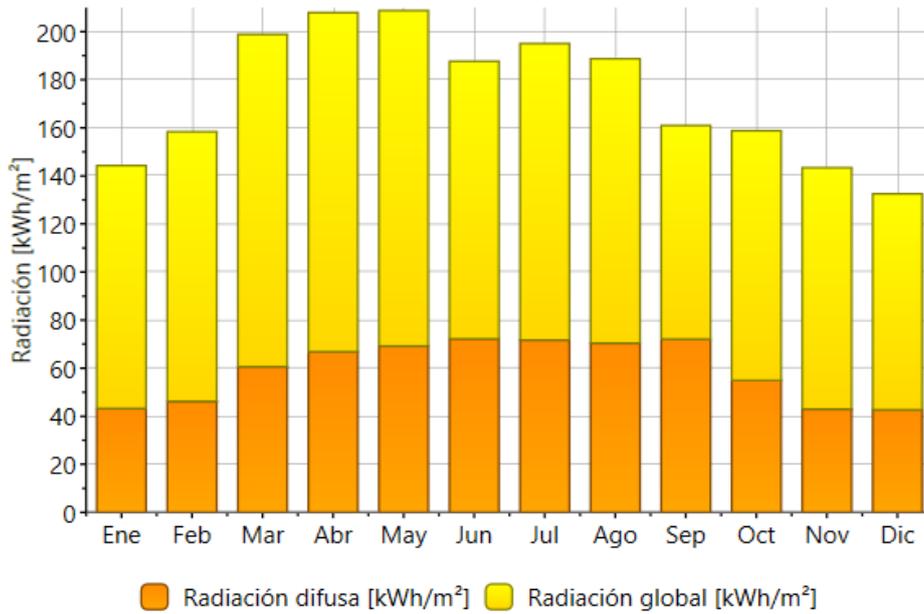
La Figura 1 muestra la gráfica de radiación mensual; se observa que la máxima radiación global se recibe en los meses de marzo, abril y mayo, con valores por encima de los 200 kWh/ $m^2$ . De igual manera, en la gráfica de radiación global diaria (Figura 2) se aprecia que en los meses correspondientes se tienen días que llegan a los 9 kWh/ $m^2$ , lo cual refleja la gran cantidad de ra-

diación solar que se recibe en el municipio; y demuestra que, por sus condiciones, es necesario protegerse de la radiación excesiva, pero también considerar aprovecharla y mediarla en las edificaciones con mayor nivel de permanencia, como es el caso de la vivienda.

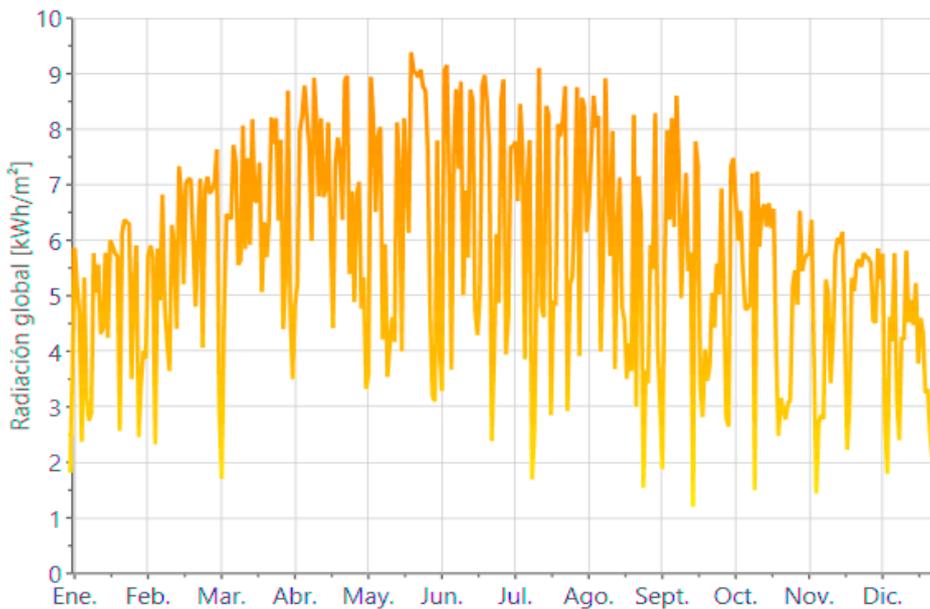
En la Figura 3 se muestran los valores mensuales de las horas recibidas de radiación solar, y con ello la duración de la luz del día para el municipio

de Querétaro, obteniendo un promedio anual de 12 horas por día de duración astronómica de la radiación solar, la cual nos permite realizar nuestras actividades cotidianas.

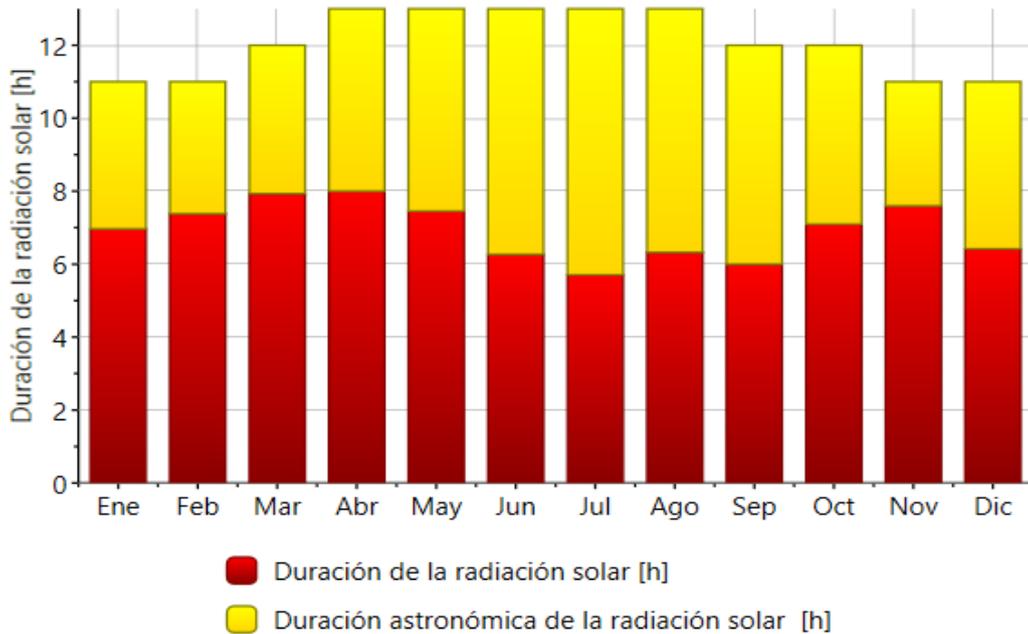
Para tener una referencia de la cantidad de iluminación en las horas diurnas del lugar, se tienen los niveles de luz de fuentes naturales medidos en luxes (Tabla 1), lo que permite comparar y comprender los rangos mensuales de iluminación en



**Figura 1.** Niveles de radiación mensual (kWh/m<sup>2</sup>) para Querétaro.  
Fuente: Elaboración propia mediante Meeonorm, 2018.



**Figura 2.** Radiación global diaria (kWh/m<sup>2</sup>) para Querétaro.  
Fuente: Elaboración propia mediante Meeonorm, 2018.



**Figura 3.** Promedio por mes de la duración de la radiación solar (h) en Querétaro.  
Fuente: Elaboración propia mediante Meteonorm, 2018.

**Tabla 1.** Niveles de luz comunes en exterior de fuentes naturales

Condición	Iluminancia (lux)
Luz de sol	107,527
Plena luz del día	10,752
Día nublado	1,075
Día oscuro	107
Crepúsculo	10.8
Crepúsculo profundo	1.08
Luna llena	0.108
Luna creciente	0.0108
Luz de las estrellas	0.0011
Noche nublada	0.0001

## CONCLUSIONES

el sitio mostrados en la Figura 4. Se observa que el mayor promedio por mes (barra amarilla) es de 83 000 lux en el mes de marzo y el menor es de 65 000 lux en el mes de junio, rangos superiores a la iluminancia que corresponde a la condición de plena luz del día como muestra la Tabla 1.

Con la investigación realizada a partir de la metodología propuesta se encontró que la causa de las condiciones que provocan la incidencia insuficiente de luz solar al interior de un espacio es la deficiencia en la planificación solar en dos vertientes principales:

- Para los procesos de creación de edificaciones, y en consecuencia de las ciudades, por parte de las autoridades a cargo.
- Para el diseño de edificios y del medio urbano, pero por parte de las personas que se dedican a laborar en el ramo.

Como se analizó para la ciudad de Querétaro, la creciente demanda de servicios, el crecimiento demográfico y la atracción continua que generan las ciudades pueden desencadenar problemas de planeación que afectan directamente el bienestar de los habitantes. En tal situación radica la importancia de conocer las normativas, el sitio y las características de las ciudades en crecimiento.

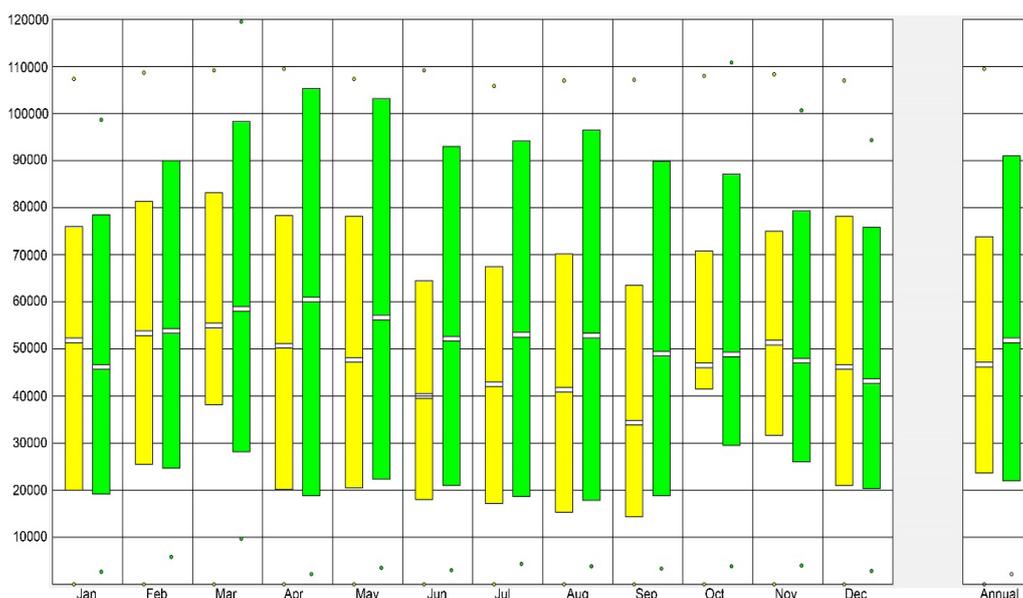
Ambas vertientes presentadas se deben en cierto punto a oquedades en la normatividad vigente, ya que, si bien los ordenamientos revisados a nivel nacional y local contemplan los derechos solares, estos son defendidos bajo fundamentos de aprovechamiento de energía y diseño bioclimático, por lo que convendría tener regulaciones claramente enfocadas al acceso solar como derecho que defiende simplemente la incidencia solar por sus beneficios naturales en el ser humano.

En otras palabras, se puede decir que es preciso establecer en los derechos solares lineamientos que defiendan el acceso solar, aunque este acceso no sea aprovechado para fines de eficiencia energética, sino que se demanda su acceso y defensa para el bienestar fisiológico de las personas. Por otro lado, la raíz del fenómeno no radica

totalmente en la normatividad, ya que también depende de factores como que se vigile con carácter obligatorio la aplicación de las normas existentes y se proporcionen los medios para que la población pueda reclamar sus derechos solares; sí a través de la divulgación de estos, pero sobre todo mediante el interés del ciudadano por conocer la legislación y la importancia del acceso solar.

En el análisis de la relación entre las condiciones que impiden el acceso solar al interior de una edificación y la insuficiente disponibilidad solar del lugar, se constató, con la cuantificación de la luz solar para Querétaro, que el municipio cuenta con gran incidencia solar-lumínica; y se describieron parámetros como son los niveles de radiación global mensual y diaria, radiación solar directa y rangos mensuales de iluminación, cuyos datos se pueden manipular según sus variaciones en cada época del año a conveniencia para planificar un mejor diseño de fachadas y de cualquier superficie del entorno urbano.

Cabe destacar que el estudio solar-lumínico se realizó para Querétaro con el fin de explorar a detalle una medición del acceso solar en aras de diseñar edificaciones y ambientes urbanos que respondan al acceso solar en beneficio de los habitantes, y proporcionar la oportunidad de diseñar considerando el acceso solar en los edificios. Como se aprecia, este tema está estrechamente ligado a la legislación ya que no se puede contemplar el diseño con luz solar si no hay marcos legales que defiendan su manejo y aprovecha-



**Figura 4.** Rangos mensuales de iluminación para Querétaro según las horas iluminadas (lux).

Fuente: Elaboración propia mediante Climate Consultant 6.0, 2018.

miento. Otra finalidad del estudio solar-lumínico fue presentar un método actual para la medición del acceso solar, ya que el uso de herramientas y métodos para su cálculo debe constituir una tarea cada vez más habitual para diseñadores, arquitectos o cualquier persona que busque utilizar de manera eficiente la luz y energía solar, ya que facilitan la comprensión del clima y parámetros meteorológicos de acuerdo con una ubicación específica, para entender su impacto en la materia construida y ayudar a crear edificios más sostenibles, eficientes y enfocados en las personas.

## REFERENCIAS

- [1] Association of Universities for Research in Astronomy (s.f.). *National Optical Astronomy Observatory*. Recuperado el 21 de noviembre de 2017. [https://www.noao.edu/education/QLTkit/es/Safety\\_Activity\\_Poster/LightLevels\\_outdoor+indoor\\_es.pdf](https://www.noao.edu/education/QLTkit/es/Safety_Activity_Poster/LightLevels_outdoor+indoor_es.pdf)
- [2] Climate Consultant 6.0. Software informático (2018). Disponible en <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/climate-consultant/request-climate-consultant.php>.
- [3] Código Urbano del Estado de Querétaro (2012). *La sombra de Arteaga, Querétaro*. Recuperado el 10 de noviembre de 2017. <http://lasombradearteaga.segob-queretaro.gob.mx/>
- [4] Comisión Nacional de Vivienda, (2010). *Código de edificación de vivienda*. 2da ed. México. Recuperado el 15 de noviembre de 2017. <https://www.gob.mx/conavi/documentos/codigo-de-edificacion-de-vivienda>
- [5] Franco-Medina, R. & Bright-Samper, P. J. (2016). *Acceso solar en la arquitectura y la ciudad. Aproximación histórica*. Revista de Arquitectura, vol. 18(2), 95-106. Recuperado el 01 de noviembre de 2018. [https://editorial.ucatolica.edu.co/ojs-ucatolica/revistas\\_ucatolica/index.php/RevArq/article/view/848](https://editorial.ucatolica.edu.co/ojs-ucatolica/revistas_ucatolica/index.php/RevArq/article/view/848)
- [6] García Alcántara, M. (2012). *Luz natural, sistema de captación, transmisión y distribución*. Tesis de Maestría. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- [7] Göbel, C. (2015). *Una visión alemana de los modelos de ciudad: El caso de Querétaro*. Gremium, Vol. 2(4), 47-60, 2015. Recuperado el 16 de julio de 2018. <https://editorialrestauro.com.mx/una-vision-alemana-de-los-modelos-de-ciudad-el-caso-de-queretaro/>
- [8] González Gómez, C. I (2012). *Querétaro metropolitano, una lectura sobre su nuevo crecimiento*. 54 international Congress of americanists, Building dialogues in the Americas. Viena, Austria.
- [9] Huang, J. T., Ruan, S. J., & Whang, J. W (2016). *Intelligent natural light illumination system*. 2nd International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid (IGBSG). pp. 1-6. Recuperado el 18 de noviembre de 2017. <https://doi.org/10.1109/IGBSG.2016.7539421>
- [10] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Querétaro, Querétaro*. Recuperado el 03 de noviembre de 2017. [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/22/22014.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/22/22014.pdf)
- [11] Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (2005). *Guía Técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios*. Madrid: Idea.
- [12] Knowles, R. L (2003). *The solar envelope: Its meaning for energy and buildings*. Energy and Buildings, vol. 35(1), pp. 15-25.
- [13] Meteonorm 7.1.11. Software informático (2018). Disponible en <http://www.me-teonorm.com/>
- [14] Murguía Sánchez, L (2002). *La luz en la Arquitectura. Su influencia sobre la salud de las personas. Estudio sobre la variabilidad del alumbrado artificial en oficinas*. Tesis doctoral. UPC, Departament de Construccions Arquitectòniques I, Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado el 01 de noviembre de 2018. <http://hdl.handle.net/2117/93420>
- [15] Neufert, E (2014). *Arte de proyectar en arquitectura*, 16ª ed. Barcelona, España: Gustavo Gill.
- [16] Pattini, A., Villalba, A., Córca, L., Ferrón, L., Del Rosso, R. Mendoza, T. C. (2009). *Elementos de control de luz solar directa en fachadas vidriadas de edificios no residenciales de ciudad oasis. Rediseño para aulas*. Revista: Avances en Energías Renovables y Ambiente, vol. 13, 05-179. Recu-

- perado el 15 de octubre de 2018: <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2009/2009-t005-a023.pdf>
- [17] Reglamento General de Construcciones del Estado de Querétaro. Querétaro, México, 1988. Recuperado el 10 de noviembre de 2017, de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/fichaOrdenamiento.php?idArchivo=31760&ambito=ESTATAL>
- [18] Sosa Domínguez, L. M. (2016). *La luz artificial como tecnología de simulación de la luz natural: evaluación de fiabilidad de los parámetros perceptivos y de confort*. Tesis de maestría. Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado el 16 de julio de 2018. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/100928>
- [19] Tejeda Martínez, A. & Gómez Azpeitia, G. (2015). *Prontuario solar de México*. México: Universidad de Colima, Universidad Veracruzana. Recuperado el 04 de noviembre de 2017. [http://www.uco.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Prontuario-solar-de-Mexico-\(noviembre-de-2015\)6.pdf](http://www.uco.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Prontuario-solar-de-Mexico-(noviembre-de-2015)6.pdf)
- [20] Varela Llamas R., Ocegueda Hernández, J. M. & Castillo Ponce R. A., (2017). *Migración interna en México y causas de su movilidad*. Perfiles Latinoamericanos, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Distrito Federal, núm. 49, pp. 141-167. México, Recuperado el 29 de noviembre de 2017. de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11549647007>> ISSN 0188-7653

