

# De Este a Oeste, de Norte a Sur, ¿en donde aparece el Sol?

Nicté Luna, Guillermo Barrios del Valle y Miriam Verónica Cruz-Salas  
Instituto de Energías Renovables, UNAM.

**N**icté Luna es Mtra. en Filosofía de la Ciencia en el área de Comunicación de la Ciencia. Guillermo Barrios es Investigador Titular A dentro del grupo Energía en Edificaciones, donde desarrolla investigación básica y aplicada para alcanzar el confort térmico en edificaciones usando el mínimo de energía. Miriam Verónica Cruz-Salas es Arquitecta con Doctorado en Ingeniería en Energía en el área de Diseño de Edificios Bioclimáticos e investigadora posdoctorante. Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

Apenas se asomaba el primer rayo de Sol detrás del majestuoso Popocatepetl cuando Porfirio, habitante de Temixco, Morelos, se preparaba para iniciar la jornada laboral. Cada mañana se levantaba, tomaba un jarro de café de olla con una pieza de pan, agarraba su sombrero de paja y partía rumbo a la construcción de la obra en turno. Este ritual lo había practicado durante los 20 años que tenía en el oficio de construir casas. El Maistro, como era conocido por sus trabajadores, tenía la filosofía de empezar el día con el primer rayo de luz, y regresar a casa pasadas las 15:00 horas para compartir los alimentos con su familia.

Además de los conocimientos técnicos que se requieren para practicar la albañilería, el Maistro utilizaba el Sol como herramienta para proponer a sus clientes la construcción de una casa que tuviera la orientación adecuada, es decir, que la fachada quedara con una alineación Norte-Sur, con ventanas al Norte y Sur y con protecciones solares en ellas para evitar la radiación directa, para que en la temporada de calor se pudiera sobrevivir al infierno de 38 °C que se llega a alcanzar en verano en aquel lugar; para ello, el Sol era su mejor aliado. Porfirio había observado la trayectoria del Sol en el cielo, y había notado que el Sol, aunque siempre sale por el Este y se oculta por el Oeste, algunos días sale más hacia el Sur y otros más hacia el Norte. El Maistro era un observador amateur de lo que técnicamente se conoce como *trayectoria solar aparente*.

Todos sabemos que la Tierra es la que se mueve alrededor del Sol, pero desde la Tierra, lo que parece que se mueve es nuestra estrella. La trayectoria solar aparente, percibida por Porfirio, tiene su origen en el movimiento de tras-

lación de nuestro planeta y en el ángulo de declinación solar. Recordemos que la rotación es el giro que da la Tierra sobre su propio eje y que nos da el día y la noche, mientras que el movimiento de traslación es aquel donde ésta se mueve alrededor del Sol.

Los cambios que podemos percibir en la posición del Sol durante el año dependen de la latitud del lugar en que estamos y también de lo que se conoce como ángulo de declinación solar, del que hablaremos con detalle en la siguiente sección. La latitud mide qué tan al Norte o al Sur se encuentra un punto geográfico o un observador, Porfirio en este caso, y se mide con el ángulo que se forma entre el sitio donde se encuentra Porfirio y el plano del ecuador de la Tierra.

## Inclinación del eje de rotación de la Tierra y el ángulo de declinación solar

El eje de rotación de la Tierra tiene un ángulo de 23.4° y apunta siempre hacia la estrella polar, esto hace que, para un lugar fijo en nuestro planeta y a la misma hora, no incida la misma intensidad de radiación solar a lo largo del año.

El movimiento de rotación de la Tierra (Figura 1), tomando como referencia al Sol y a un meridiano (líneas que atraviesan la Tierra de polo a polo), toma 23 horas, 56 minutos y 4 segundos y se le conoce como *día solar*. Uno suele pensar que el día tiene 12 horas y la noche otras 12 horas, pero debido a la inclinación del eje terrestre, durante el año, hay días en los que cierta superficie terrestre tiene más horas de luz solar, por lo que el día puede ser más largo a 12 horas o más corto.

conserva su inclinación durante el movimiento de traslación, el ángulo de declinación solar varía desde los 23.4 a los -23.4° a largo del año y es el mismo para todo el planeta. Los equinoccios y solsticios suceden cuando el ángulo de declinación es cero o alcanza el valor de +- 23.4°, respectivamente. Durante los equinoccios la duración del día y la noche son iguales y marcan el inicio de la primavera (equinoccio de primavera) y del otoño (equinoccio de otoño) y durante los solsticios sucede el día más largo (solsticio de verano) y la noche más larga (solsticio de invierno).

De esta forma la traslación de nuestro planeta y la declinación solar son las causas de las cuatro estaciones del año, de la trayectoria solar aparente, así como del cambio en la duración del día solar a lo largo del año.

estereográfica solar. Con esta herramienta, se puede mapear dicha trayectoria en un plano, vista desde el nadir (el punto que se encuentra bajo nuestros pies), para cualquier latitud de la superficie terrestre, y por lo tanto se puede ubicar al Sol para cualquier día y hora del año y se utiliza para el cálculo de las protecciones solares de ventanas.

Veamos un ejemplo de gráfica solar aparente trazada en una gráfica estereográfica solar se vería como en la Figura 3. Imaginemos que nos encontramos el punto donde se intersecan los ejes de los puntos cardinales: Norte (N), Sur (S), Este (E) y Oeste(O). El círculo exterior de la gráfica representa el límite en el

ángulo de declinación es 23.4° (22 de junio) y cuando es -23.4° (22 de diciembre). Lo primero que podemos notar es que el 21 de marzo y el 23 de septiembre el Sol tiene la misma trayectoria solar aparente y si contamos las líneas curvas verticales notaremos que nos dan 12 horas de día y por lo tanto 12 horas de noche (equinoccio). También se puede hacer notar que en la trayectoria solar aparente el Sol sale exactamente por el Este y se pone exactamente por el Oeste y que durante su trayectoria aparente el Sol se localiza hacia el Sur. El 22 de Junio corresponde a la línea curva horizontal que se encuentra más al Norte, se puede notar que para esta fecha el día tiene más de 12 horas de duración (el día más largo) y le corresponde la noche más corta del año. El 22 de Diciembre corresponde al día más

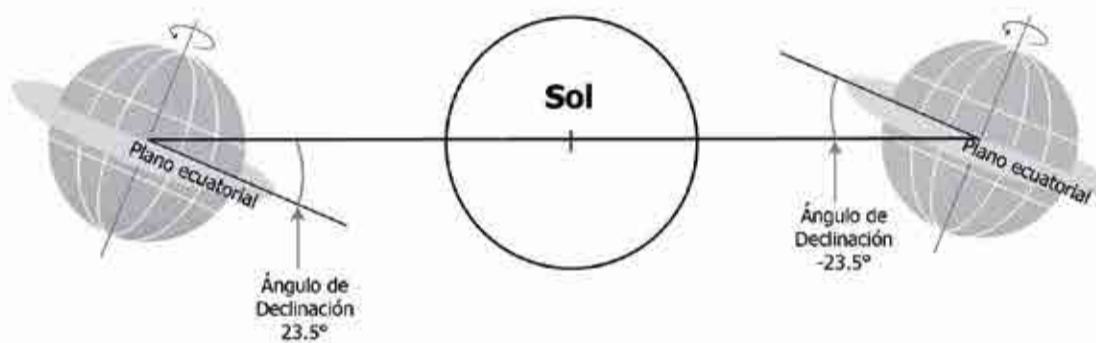


Figura 2. Ángulo de declinación solar

**De Este a Oeste, de Norte a Sur**  
Para calcular la posición del Sol en cierto día, es necesario conocer la latitud del lugar en donde nos encontramos y el ángulo de

horizonte. Las líneas curvas horizontales dibujan la trayectoria aparente del Sol para los días que ahí se anotan, y las líneas curvas verticales representan las horas

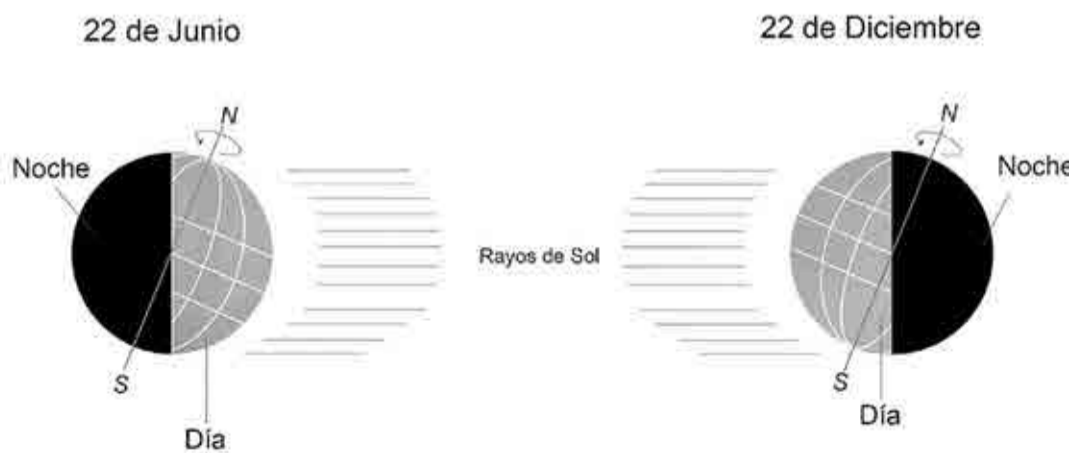


Figura 1. Diagrama sobre la incidencia de la radiación solar para los solsticios de verano (izquierda) e invierno (derecha)

Ahora bien, describamos qué es el ángulo de declinación solar. Este ángulo se forma entre el plano ecuatorial y una línea imaginaria que va del centro de la Tierra al centro del Sol. (Ver Figura 2). Debido a que el eje de rotación

declinación para esa día, y por medio de ecuaciones es posible calcular la posición y, por lo tanto, la trayectoria solar aparente para los 365 días del año. Una de las herramientas que se utilizan para visualizarla es la gráfica

del día, que van de las 6 horas en el lado Este, a las 18 horas en el lado Oeste.

Vamos a localizar los dos días en que el ángulo de declinación es cero (21 de marzo y 23 de septiembre) y los días en que el án-

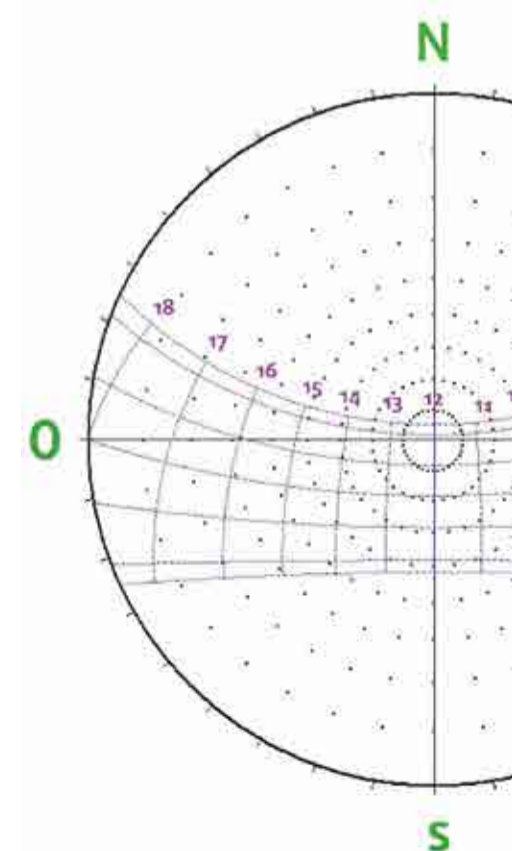


Figura 3. Gráfica solar estereográfica para Temixco, Morelos, latitud 18.85° Norte.

## ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial @acmor.org.mx



corto del año y además el Sol sale por el Sur y durante toda su trayectoria aparente lo localizamos al Sur.

### Bajo la sombra de una protección solar

Las largas horas de trabajo bajo los intensos rayos del Sol hicieron a Porfirio valorar la sombra, algo cotizado en aquel lugar por la escasa presencia de árboles frondosos. Lo que había eran apenas unas cuantas varas con contadas hojas que se erguían presumiendo ser algo parecido a un árbol. Por ello el Maistro sabía que, dependiendo de la orientación de las fachadas de sus construcciones y del uso de ventanas y protecciones solares en ellas, estas podrían hacer de las casas un oasis en medio del infierno o la extensión del mismo.

Porfirio ya había notado que la temperatura del ambiente suele alcanzar su valor máximo unas dos o tres horas después del mediodía solar, por lo que evitaba poner ventanas al oeste para que no entrara la radiación solar directa a estas horas. Además, había observado que al inicio del verano, si él veía hacia el Sur, el Sol le quedaba por detrás, mientras que en el invierno el sol estaba al frente (Ver Figura 4), también se había dado cuenta de que la mayor parte del año el astro rey se encontraba al Sur. Por ello, aunque las fachadas de sus casas tenían una orientación Norte-Sur con la finalidad de evitar las ganancias de calor por la incidencia de la radiación solar sobre la casa, acostumbraba poner una protección solar horizontal, conocida como alero, en las

a veces un poco más pequeña si no le importaba al dueño, en las ventanas al Norte, esto ayudaba a hacer las casas más frescas. El cálculo de Porfirio era más bien empírico, por lo que no siempre le atinaba.

única forma de protección solar, existen también los “quebra-soles” que son elementos arquitectónicos verticales que los protegen durante las primeras y últimas horas del día, es decir, durante el amanecer y el atarde-

múnmente con una gráfica solar, una mascarilla de sombreado, las dimensiones de las ventanas y estableciendo los horarios y la época del año en el que se desea el sombreado sobre la ventana.

Al ángulo que forman los rayos solares con el horizonte se le llama altura solar y vale  $0^\circ$  a la hora de la salida y puesta del Sol y alcanza el valor máximo al mediodía solar. Conociendo este ángulo y la altura de la ventana podemos calcular la longitud del alero para diferentes fechas, como se muestra en la Figura 5. Imaginemos que en Temixco, Morelos (latitud de  $18.85^\circ$  Norte) tenemos un ventanal de un  $1 \times 1$  m con orientación sur y queremos protegerla de los rayos del Sol al mediodía solar durante los solsticios de invierno (22 de Diciembre) y el de verano (22 de Junio) y los equinoccios, como se muestra en la Figura 5. El 22 de Diciembre al mediodía solar, el Sol tiene una altura solar de  $48^\circ$ , por lo que para proteger la ventana de 1 m de altura, se requiere un alero horizontal de 90 cm, como el mostrado en la Figura 5. El 22 de Junio al mediodía solar, el Sol tiene una altura solar de  $95^\circ$  pero se encuentra al Norte o atrás de la ventana, por lo que la radiación directa no es capaz de entrar. Para los equinoccios, la altura solar al mediodía es de  $72^\circ$  por lo que se requeriría un alero horizontal más corto, 50 cm, del que ya se había colocado. La longitud del alero se calcula con funciones trigonométricas que involucran la altura de la ventana y el ángulo solar.

lugar del planeta con temperaturas altas y con altos niveles de irradiación solar, como sucede en Temixco, Morelos.

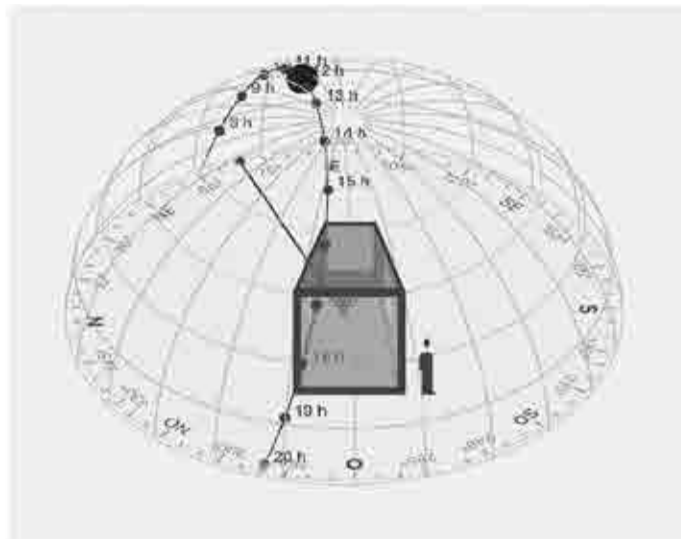
Conociendo la trayectoria aparente del Sol, la ubicación (latitud), orientación y dimensiones de una ventana, es posible calcular las dimensiones de las protecciones solares que contribuyan a la construcción de una casa fresca, aunque otros elementos como el color de las paredes exteriores, los materiales usados en muros y techos, la ventilación cruzada y la altura de los techos también juegan un papel importante. En las vísperas del solsticio de invierno, hemos explicado en este artículo, la ciencia detrás de las observaciones y experiencia del Maistro Porfirio, que hacen la diferencia cuando se vive en un lugar con tanto calor que puede parecer un verdadero horno.

*Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.*

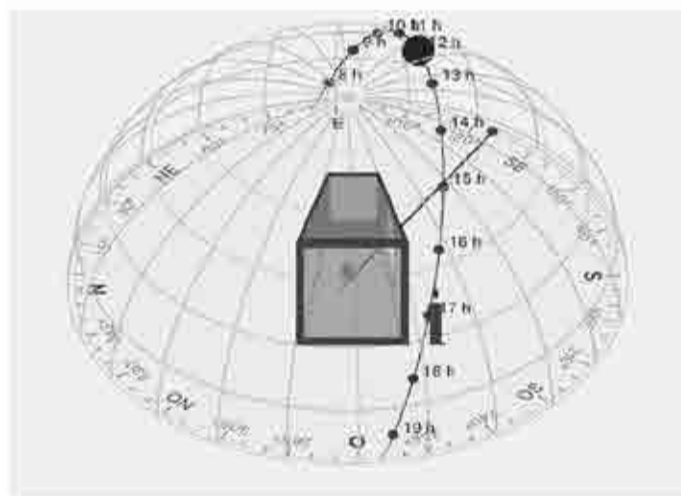
### Lecturas recomendadas

García, M., Huelsz, G., Díaz, S., Cruz-Salas, M., Valdez, M., Castillo, J. (2016).

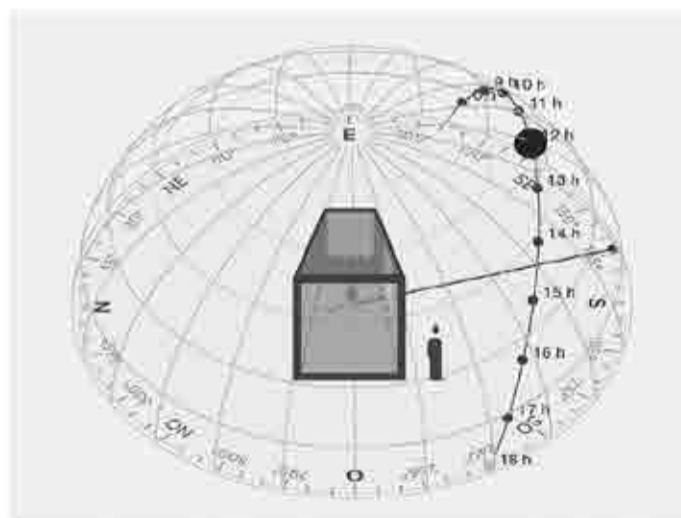
Estancia de verano de la investi-



Solsticio de verano



Equinoccio de primavera y otoño



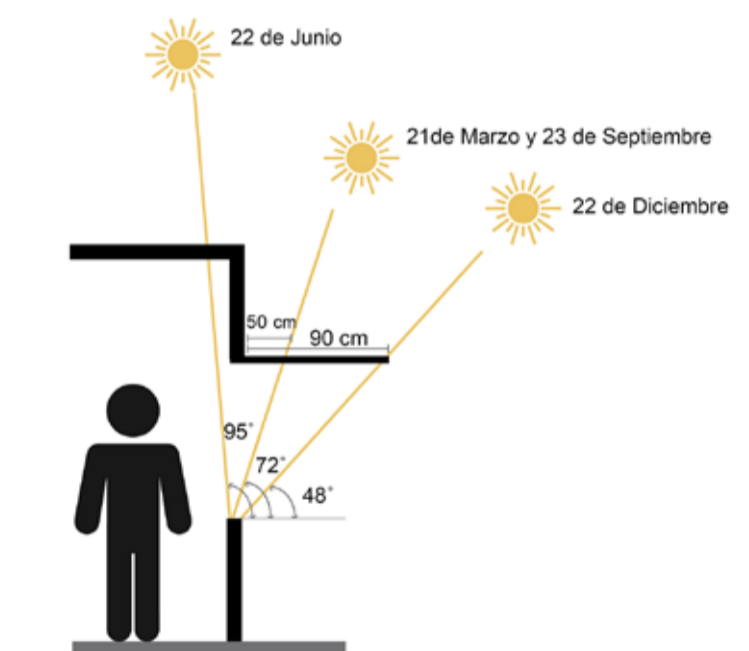
Solsticio de invierno

**Figura 4.** Trayectoria solar aparente en Temixco, Morelos durante el inicio de las estaciones del año. Se puede ver como los rayos del sol inciden sobre una casa. Obtenidas de la app *Sunrveyor Lite*.

Los aleros son quizá las protecciones solares más conocidas, tienen la finalidad de brindar protección de los rayos solares, principalmente cuando la orientación de los ventanales es Sur y Norte. Sin embargo, no son la

única forma de protección solar. Pero, ¿cuál es la longitud que debe tener un alero para evitar la radiación directa del Sol si la trayectoria solar aparente cambia a lo largo del año?

El dimensionamiento de las protecciones solares se realiza co-



**Figura 5.** Ventana de 1 m de altura orientada al Sur y la posición del Sol al mediodía solar para los solsticios y equinoccios.

De esta forma, colocar una protección solar a una ventana de una vivienda evitará el ingreso de una gran cantidad de calor debido a la radiación solar directa, y junto con otras estrategias bioclimáticas será como estar en un oasis, esto se aplica en cualquier

gación científica trabajando en el tema “Energía y confort térmico en edificaciones”, Disponible en: <https://goo.gl/VXQQoB>

Duffie, J. y Beckman, W (2013). Solar Engineering of Thermal Processes. Editorial Wiley.

ventanas al Sur para proteger de la luz directa del Sol y otra igual,